

NIST SP 939

U.S. Department of Commerce Technology Administration
National Institute of Standards and Technology

STEP

The Grand Experience

Edited by Sharon J. Kemmerer

平成12年3月



財団法人日本情報処理開発協会

企業間電子商取引推進機構

NIST Special Publication 939

STEP

The Grand Experience

Edited by

Sharon J. Kemmerer

Manufacturing Engineering Laboratory
National Institute of Standards and Technology
Gaithersburg, MD 20899-0001

July 1999

U.S. Department of Commerce

William M. Daley

Technology Administration

Gary R. Bachula, Under Secretary for Technology

National Institute of Standards and Technology

Raymond G. Kammer, Director

National Institute of Standards
and Technology
Special Publication 939
Natl. Inst. Stand Technol.
Spec. Publ. 939
187 pages (July 1999)
CODEN: NSPUE2

U.S. Government Printing Office
Washington: 1999

For sale by the Superintendent
of Documents
U.S. Government Printing Office
Washington, DC 20402

献 辞

Because this Product Date Exchange effort has already crossed into its third decade, the United States standardization participants have felt the unfortunate loss of their colleagues. Many of these individuals were still active contributors to the national and international efforts when they died. This dedication serves as a small token of our appreciation for their professional contributions to the national and international product date exchange standardization efforts, and for their personal contributions in touching our lives.

Robert Colsher
(IGES)

William Conroy
(IPO Chair, NIPDE General Manager, US TAG Chair)

Bert Gibbons
(Electrical/Electronics)

Dick Justice
(US TAG Chair)

Bryan Martin
(Validation)

Richard Winfrey
(Presentation)

Timothy Wise
Liaison for TC172/SC1 and TC184/SC4/WG3/T9

目 次

献 辞	iii
第1章 序 論	1
1.1 背景	1
1.2 文書アプローチ	2
1.3 文書の内容	3
1.4 対象読者	5
1.5 本書の権利放棄	5
第2章 まず最初は製品データ交換が行なわれた	7
2.1 製品情報共有の発展	7
2.2 発展の基盤を作った初期の業績	9
2.3 その他の国際的な立役者	14
2.4 The PDES Initiation Effort	15
2.5 如何にして電気的コンテンツを STEP に組込んだか？	16
2.6 STEP への継承	19
2.7 結 論	20
第3章 STEP の開発—合意の集大成	23
3.1 はじめに	23
3.2 STEP の始まり	23
3.3 The PDES Initiation Effort	25
3.4 統合製品情報モデル (IPIM : The Integrated Product Information Model)	28
3.5 文脈型統合モデル (CDIMs : Context Driven Integrated models)	31
3.6 PDES 統合タスクグループの統合モデル	31
3.7 ISO のアプリケーションプロトコル (APs : Application Protocols) コンセプトの承認	33
3.8 この通りに STEP プランニングモデルを構築できるか？	34
3.9 一般的製品データモデル(GPDM : The Generic Product Data Model)	35
3.10 面白くて、専門的で、素晴らしいもの	37
3.11 爆発までのカウントダウン—ISO 10303 第1版	41
3.12 第1版リリース後も休むことなく	43
3.13 結 論	45
第4章 STEP のビルディングブロック	47
4.1 STEP への挑戦	47
4.2 ISO 10303 の構成要素	48
4.3 STEP のメソドロジー	54
4.4 STEP が直面するアーキテクチャの課題	57
4.5 結 論	58
第5章 モデリング—製品データ要件を表す方法	61
5.1 データ共有に対する情報モデルの役割	61
5.2 STEP にはしっかりとしたモデリングが極めて重要	61
5.3 モデリング代替案	61
5.4 モデリング情報—何が求められているのか？	65
5.5 なぜ EXPRESS の生まれたか？	65
5.6 モデリングと STEP	66
5.7 STEP のモデリングへの貢献	66
5.8 実施	67

5.9	EXPRESS-コンピュータ可読言語	68
5.10	EXPRESS と確認	69
5.11	何を生成できるか？	72
5.12	些細な問題点	73
5.13	結 論	73
第 6 章	データ交換とデータ共有	75
6.1	はじめに	75
6.2	STEP コンテキストのデータ交換	75
6.3	STEP コンテキストのデータ共有	76
6.4	共有データと交換データの比較	77
6.5	STEP 実装レベル	77
6.6	SDAI への進化	78
6.7	SDAI-意図された目的	79
6.8	SDAI と標準ファミリー	80
6.9	EXPRESS と SDAI 互換性	80
6.10	AP への SDAI サポート	82
6.11	ISO 10303-21 と ISO 10303-22 の比較	82
6.12	ISO 10303-22 における実装クラス	82
6.13	SDAI のテスト	83
6.14	結 論	83
第 7 章	ユーザーの視点	85
7.1	アプリケーションプロトコルの背景	85
7.2	アプリケーションプロトコルの目的と仕組み	85
7.3	アプリケーションプロトコルの構成要素	86
7.4	アプリケーションプロトコルの開発	91
7.5	AP プロジェクトを計画し管理する	93
7.6	結 論	94
第 8 章	適合性とインターオペラビリティの検証	97
8.1	はじめに	97
8.2	テスト	98
8.3	適合性テストとインターオペラビリティテスト	99
8.4	ISO 10303 実装のインターオペラビリティテスト	101
8.5	STEP 適合性要件	103
8.6	STEP 実装の適合性テスト	103
8.7	ISO 10303 実装のインターオペラビリティテスト	104
8.8	製品の正式認証	109
8.9	テストの利点とコスト	110
8.10	結 論	111
第 9 章	製品を標準に保つための管理プロセス	113
9.1	目的達成のため方法 -- SC4 の組織化と運営	113
9.2	インフォメーション・テクノロジー(IT)の開発	121
9.3	人的資源の投資	126
9.4	結 論	127
第 10 章	STEP の将来	129
10.1	STEP 開発	129
10.2	データ共有	133
10.3	EXPRESS	134
10.4	上位互換性	135
10.5	インターオペラビリティ	135

10.6	変更管理	136
10.7	STEP に影響を及ぼすアーカイバル要件	137
10.8	エンジニアリング解析	138
10.9	設計意図およびパラメタ	139
10.10	標準部品	140
10.11	エレクトロニクス	140
10.12	サプライチェーン	142
10.13	製品データ管理	143
10.14	高速プロトタイピング	144
10.15	STEP 製品支援	145
10.16	他のグループおよび標準とのインタフェース	146
10.17	結 論	150
第 11 章	おわりに	151
 付 録		
付録 A	アクロニウム（省略用語）	155
付録 B	用語集	159
付録 C	参 照	165
付録 D	著 者	171
著書目録		177

第1章

序 論

1.1 背景

STEP (Standard for the Exchange of Products model data 製品モデルデータ交換標準) の開発についてまとめた本書は、国内規格と NIST (National Institute of Standards and Technology) の努力の結集をまとめたものである。NIST に関係する 20 名以上のスタッフは、積極的に貢献し、本書を作成した。Manufacturing Engineering Laboratory 理事の Richard Jackson 博士がこの作業に着手し、その作業への導入として次のように述べている：

「今こそ、STEP によって明らかになった事実を十分に検討する時期である。これまでの 10 年以上におよぶ製品データ交換における技術および規格委員会の努力の結果、この問題に関する最終的な成果をまとめる段階に至った。この作業は、技術的問題と解決策および規格を明確かつ正しく明らかにするためにも討議が必要である…」 (1996 年 10 月)

本書の内容は、STEP 作業における NIST の役割に焦点を当てているが、STEP 開発に向けて NIST と共に働いた様々なパートナーたちの役割や努力についても明らかにしている。さらに本書は、STEP と他の類似の標準との将来的な関わりを決定づける上で、NIST が進むべき方向も検討している。製品データ交換の標準化における NIST の努力により、物理的測定および較正におけるその役割が、下記のような領域にまで広がっている：

- 確認、適合性および操作共通性試験
- IT (Information Technology 情報技術) 規格の実装を支援するツールの開発
- 規格に関する情報の普及
- 製造に向けた IT 計測学におけるプログラム推進の開発

さらに本書には、各企業が製品を製造し利用する能力を高めるためにも、規格の重要性について読者にお知らせしたいという目標がある。世界が 21 世紀に向けて動き出そうとしている今、新たな製造テクノロジーは生産性と競争力の強化を求められている。情報とコンピュータの時代には、各企業は国内および世界中で情報を交換し、共有することになる。現在生産されている自動車や航空機、船舶および建築物などの複雑な製品の製造には、この能力が必要とされているのである。生産期限に間に合わせるためには、CAD および製造ツールなどを利用して製品を概念から立ち上げ、設計、試作、製造、試験および顧客によって求められる支援などのプロセスを進行させる必要がある。この情報交換プロセスは、有益なものであれば当然開発に拍車がかかるはずである。今日、既存の製品およびテクノロジーは、有効期間が迫るのを前にして大半が姿を消す。これは製造市場の競争的性質が後押ししている部分もある。

敏速な製造、共同設計およびチーム作業が求められる現代では、多様なコンピュータ環境において迅速かつ効率よく製品データ情報を共有する能力こそが、いかなる協力体制であっても不可欠な要素である。このような協力体制は、企業内または通常のビジネスおよび取引において、協力し合う各企業間でも念頭に置かれなければならない。製品データのデジタル形式での表現は、統合に向けた企業の社内計画および世界との外的な関係のいずれにも基本となるテクノロジーである。製造に協力体制を採用する上で必要な規格およびテクノロジーを実装するには、製品データ交換が何よりも重要な要因である。

NIST は米国の経済成長を促進させるという歴史的使命を帯びていることから、STEP 開発の主導的立場を担ってきた。NIST はテクノロジーや計測および規格の開発と適用に対し、産業界と力を合わせこれまで最善を尽くしてきた。特にここ数年間、NIST 機関は IT および製造産業の基本的ニーズに取り組む努力に、なおいっそう専念してきた。STEP

は両業界を統合する理想的な標準例である。NIST は、相互に依存性を深めている世界経済の観点からも、STEP のような標準の開発は国際的な領域で達成されるべきだと考えている。

STEP プロジェクトは立ち上げ当初から、幅広い知識や技能を提供してくれる多数の専門家の支援を受けてスタートした。誰もが情熱を燃やし、我を忘れてこの仕事に全てを注いだ。委員会が発足した時点では、チームの中には規格開発の経験者などほとんどいないに等しい状態であった。ISO (International Standards Organization) プロセスの複雑さを学ぶことに多大な時間を費やしたことを考えると、これはある意味では我々にとって障害であったのかもしれない。しかし見方を変えれば、事務局や技術チームが他の規格委員会で通常行われているやり方に拘束されず、自由に取り組めたという点で大きな利点でもあったといえる。STEP 作業はいくつもの業績の先駆者となったのである。STEP は以下のことを実現した最初の ISO 標準である：

- 開発における正式な情報モデリング技術の利用
- 情報モデリング言語の規格発行
- 規範的形式へのデジタル情報の包含
- 適合試験への仕様の包含

このマニュアルは STEP 開発の歴史を振り返るものである。途中の成功や失敗、その他主要な問題を取り上げている。最後に、NIST は STEP が製品データ交換問題の技術的解決策として、さらに規格開発プロセスへの一つの貢献としてなお発展していくものと確信している。

1.2 文書アプローチ

第 3 章では、Ad Hoc Complainers and Grippers Committee として知られる PDES/STEP コミュニティからの代表グループが紹介される [1]。彼らは、STEP の多くの標準部分を統合するための特別アプローチに対して類推を行なった。まさにこの類推が、本書に採用されたアプローチを適切に説明している。

PDES¹ の開発とは、例えば会議の結果をまとめた文書のように、数人の著者による文献を編集する作業といえる。その文献は下記のような作業を通じて作成される：

1. 編集者は提示された全ての論文を 1 冊にまとめるだけである。
2. 編集者は提示された論文をいくつかに分けて選択し、これらを 1 冊の文献として出版する。
3. 編集者は各章の概要を決定し、その概要に沿って章の記述を行うよう著者に求め、その結果をまとめて出版する。
4. 編集者はその文献の主題を決めて各章の概要を作成する。委託された著者らはその概要に沿って文章をまとめ、各章を編集して相互の矛盾点などを解決し、相互に適切な参照を与え、見落された見解を補足しながら一貫した「スタイル」を確立し、最終的にその成果を出版する。

STEP 統合に向けた Ad Hoc Complainers and Grippers Committee 推奨のシナリオを学ぶためには、読者は第 3 章まで読み進まなければならない。ただし編集者は、本書を編集する目的としてシナリオ 4 を追求しようと試みている。著者らに関する付録 D を参照することで、読者は各章の貢献者を特定し、読後に生じた疑問を直接投げかけることができる。編集者は著者の技術的および歴史的見解を可能な限り保持しようと努めている。しかしシナリオ 4 にみられるように、特定の章に関連した著者の見解の一部が、作品を一つに統合していく本来の意図を反映しない場合もありうる。

¹ PDES (Product Data Exchange using STEP) は、米国で実施された STEP 標準化作業の初期の略語である。今日では、PDES は STEP を使った製品データ交換を意味している。

1.3 文書の内容

過去において、企業はほとんど社内の保有資産から産み出される規格を用いて業務を運営してきた。しかし今日、グローバル市場の出現を前に、開かれた世界標準に向けての劇的なパラダイムシフトに遭遇している。図 1-1 はこのような傾向を示している。標準はもはや二次的なテクノロジーでもなければ、事実を追いかけて文書化するだけの作業でもない。企業内および企業間の有効かつ効率的なコミュニケーションを実現する上で、標準は重要な基盤となるのである。

標準および製品の開発プロセスは大いに発展を遂げている。テクノロジーと標準化を同時に進展させる試みは平凡な作業ではない。後の章では、過去または現在もお進展するテクノロジーと平行して、STEP 開発が標準化という点においていかなる試みであるか述べられている。

国際標準に向けた動き

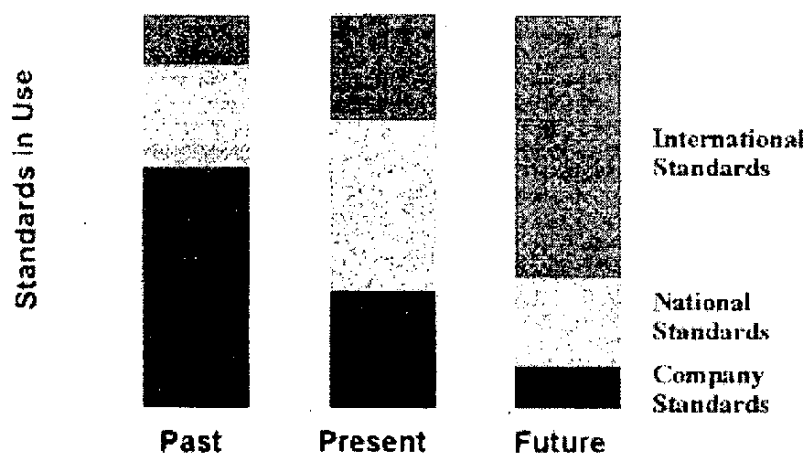


図 1-1: 国際標準に向けた動き (協力 PDES, Inc.)

STEP の潜在的な影響力は計り知れず、その成果は世界においてもまだ認識され始めたばかりである。米国および欧州における 50 以上の生産実装により、STEP は既にライフサイクルコストおよび市場への製品化を短縮すると共に、フレキシビリティおよび俊敏さの増大に寄与している。以下にいくつかの例を挙げる：

- Lockheed Martin 社の F-22 型機プログラムは、STEP により継続的な節減効果を得ている。複合物に対して 50% のプロセス縮小、および CAD/CAM システムのツールデザインにおいて予定された 27% の節減効果である。
- Boeing 社は 767 および 777 型機プログラムにおいて、STEP を用いたエンジン供給者からの設計処理に 75% の時間短縮の結果を明らかにしている。
- Boeing 社は C-17 型機プログラムにおいて STEP [2] を使うことにより、部品構成表の転送時間を数週間から数分間に短縮している。

NIST は、これまで費やされた苦難と得られた成果の両方を補足する本書が、情報管理製品データ交換における今日の我々の立場を実現するものと願っている。

本書の残りの章は主に4つのセクションに分かれている：

- 第2章と第3章は、製品データ交換基準とSTEP開発の歴史を理解するための基礎的な内容である。
- 第4章から第8章までは、STEP開発に向け、さらに製造、エレクトロニクスおよびプロセスプラントなどの分野へのITの促進に寄与するための技術的革新とされる側面に焦点をあてて書かれている。これらの章では、ISO 10303に特有の技術的な奥深い問題も取り上げられている [3]。
- 第9章は、STEPおよび関連する規格開発ツールに従事するStandards Development Organization (SDO) について考察している。
- 第10章は将来への展望を提示している。既存の影響を免れない将来には何が待ち構えているのか。第11章では、過去およびSTEP作成に従事したNISTの業績を振り返っている。

本書は巻末に略語および専門用語の用語集、各章の背景を説明する補足的参照文献、各著者の略歴、索引および各章に引用された関係書などの一覧を添えて締めくくられている。

以下は各章の簡単な内容を述べたものである。

第2章はSTEPへの投資につながった製品データ交換規格の歴史を取り上げている。

第3章では、製品データ交換の国際標準に関する合意達成までのプロセスにおいて起こった各開発段階の特徴を述べている。開発の焦点は、STEPが体系化される以前は何度も変更された。この章ではその変遷、技術的実装および現在のSTEPにつながる最終的な決定を明らかにする。

第4章はSTEPの体系的構成部品および方法の概要を示し、STEP体系によって取り組まれてきた条件や、その体系の基本的原理などを述べている。ここでSTEPの第1版リリースは数年間国際標準となってきたが、現在の構造に存在する認知された問題点の一部にも対処している。

第5章はSTEP成功への鍵はモデリングであったと捉えている。ただしモデリングは非常に複雑な分野で、現在もなお研究が行なわれている。それぞれが異なる経路を持った矛盾する条件や様々な提案などにあふれたがゆえに、STEPのために作成され、STEPによって使用されるモデリング言語、EXPRESSが形成された。最終的にはSC4²の考え方が、モデリングという難しい領域において妥協と革新の両者を包含するにいたった。第5章ではさらに、STEPの基礎の1つとしてEXPRESSについて詳しく述べている。SC4団体がEXPRESS開発からどれだけの恩恵を受けたか、またEXPRESSが自動コード生成およびモデル確認のニーズを満たせる限界はどこまでかという点にも触れている。

第6章はデータの共有、および情報の実装対情報のモデリングという点を中心とした内容である。特にSTEPのデータ共有インタフェース基準であるSDAI (Standard Data Access Interface)、ISO 10303-22を強調している。

第7章はAP (Application Protocol) 方法論の目的と原理を説明し、STEP構造にAPを追加する決定の背景を述べている。この章ではAPプロジェクトの計画と管理、およびAP方法論から学ぶことのできた成果の一部に対する機構もまとめている。

第8章は、試験を通じて得ることができた方法やツール、標準ベースの製品の統合を導入している。システム統合を実現するための2つの主要な手段は、適合試験と操作共通性試験である。この章では試験の目的を明らかにし、STEPの観点から適合性と操作共通性試験の関係を説明している。

² ISO TC 184/SC4：産業オートメーションおよびシステム統合に関する技術委員会 184、産業データに関する小委員会 4。

第9章は、国際標準化団体において STEP の標準化プロセスに貢献する方法、労働力、資料およびツールなどを取り上げている。この章は、STEP の標準化を取り巻く全てのものは膨大な規模であり、複雑さを尊重して実施されているという理解および評価なしに読むことはできない。通常の ISO 標準は長さも適用範囲も小規模であり、ほとんどの ISO 小委員会はそれほど会合を開くこともなく、技術専門家の数も比較的少ないため、SC4 はその標準化プロセスに取り組むために革新的な方法を見つけなければならなかった。

第10章が提示するのは STEP の将来の展望--2000 年以降、産業および行政にどのような影響を投げかけるのかという点である。ここには開発および実装の両方の見通しだけでなく、将来の製品の方向づけに関する意見も述べられている。また STEP がこれから関連グループや将来の標準とどのように関わり合うのかという予測も記述されている。

第11章はエピローグにすぎない。STEP 作業の膨大さ、およびその作業に従事した NIST の役割をまとめた記述である。

1.4 対象読者

本書は、規格開発プロセスを基本的に理解していることを前提に書かれている。本書の対象となる読者は規格開発者である。これらの開発者には、STEP または製品データ交換の基礎知識がある人となない人がいる。特に予想される対象読者の中には次のような人がいる：

- ISO TC 184/SC4 関連組織
- SC4 に関連する ISO/IEC 技術委員会
- ISO TC 184/SC4 技術専門家およびそのマネージャー
- IPO 技術専門家およびそのマネージャー
- US PRO メンバー
- U.S.産業協会およびその他の SC4 に関連する候補者
- IT ベンダー
- 国際 CALS 団体
- 世界各地の STEP センター
- 製品データ標準化に関心を持つその他の国内政府機関

本書は、大学レベルでの製品データ概念および規格導入の教材としても役立つと考えられる。

1.5 本書の権利放棄

本書の製品、企業またはサービスに関する言及は、全国規格および NIST による推奨または批准を示唆することを目的としたものではない。本書は特定の項目に関する図面および他の文書、他組織の関与および他の製品データツールおよびサービスから引用した内容を豊富に掲載している。読者はそれらの引用が、全て提示される資料の理解を高め、製品データ交換の標準化における NIST の役割の前後関係をつなげるために適用されていることを前提にする。

第2章

まず最初は製品データ交換が行なわれた

2.1 製品情報共有の発展

「産業改革の夜明けを前にして、設計作業は製品の物理モデルによって再生されるものと定義された。例えばライフルの銃身を製造している労働者は、カリパスを用いて銃身の寸法をモデル銃身の寸法に一致させ、その寸法を次から次へと伝達する。この方法が、大型製品の一般的な構成部品ではなく、特定の製品タイプを製造している労働者の概念を強化した。

1801年、Gaspard Monge は近代の設計作業図面における最初の論文として、「画法幾何学」を著した。この本には、ある物体を3つの面に投影し、その形状描写にサイズ仕様を付記するという理論が記述されていた。機械的作図法により、作業に対する客観的な性能標準が確立され、モデルを使用する必要がなくなった。その図面で、部品どうしを交換できるような製品の設計が可能になった。組立て用に別々の部品を製造することができる下請け業者を使った作業が実施されるようになった。こうして現在行われている製造プロセスの断片化が実現したのである。

機械的作図の概念は200年近く継承されている。前述のように、高品質製品の開発に向けた製造プロセスは、製品を描写する手法と絡み合っていた。図面は設計工程のアウトプットであると同時に、製造工程へのインプットになった。図面が工程計画書になり、それが製造作業のプログラムや手順書へと形を変えていった。こうしてどのような工程にも独自の製品データ図面が作られるようになった。このように図面が全部異なっていると、異なるプロセスに関する知識を設計者にフィードバックすることが困難になってきた。今日の産業分野では、ある製品に対するライフサイクルプロセスが同じグループによって実行されることはない。事実、このプロセスは各工場間のネットワークを通じて分散される。

21世紀を迎えようとする今、生産性と競争力を向上させる新たな製造テクノロジーが求められている。この情報およびコンピュータ時代において、各企業は国内で情報を交換し、共有し合う。この能力は、現在生産されている自動車や航空機、船舶および建築物などの複雑な製品の製造には欠かせないものである。既存の製品やテクノロジーは、製造者が市場で競争を激化させる結果、その使用期限をまたずに交換されてしまうことが多いため、このような情報交換プロセスの発展促進が強く求められている。生産期限に間に合わせるため、製品を概念から立ち上げ、設計、試作、製造、試験を経て、最終的に顧客に求められる支援にいたるまで、CAD ツールが用いられている [4]

製品データの表現はこの同じ200年間で徐々に発達してきた(図2-1参照)。1800年以前は、製品の有形の具体的なモデルが製品描写を定義していた。1800年代初期に設計図面が考案されたことで、より正確な製品描写ができるようになった。この正確さが、具体的なモデルを使って製品を定義する方法に比べ、生産性を6倍にも増大させた。

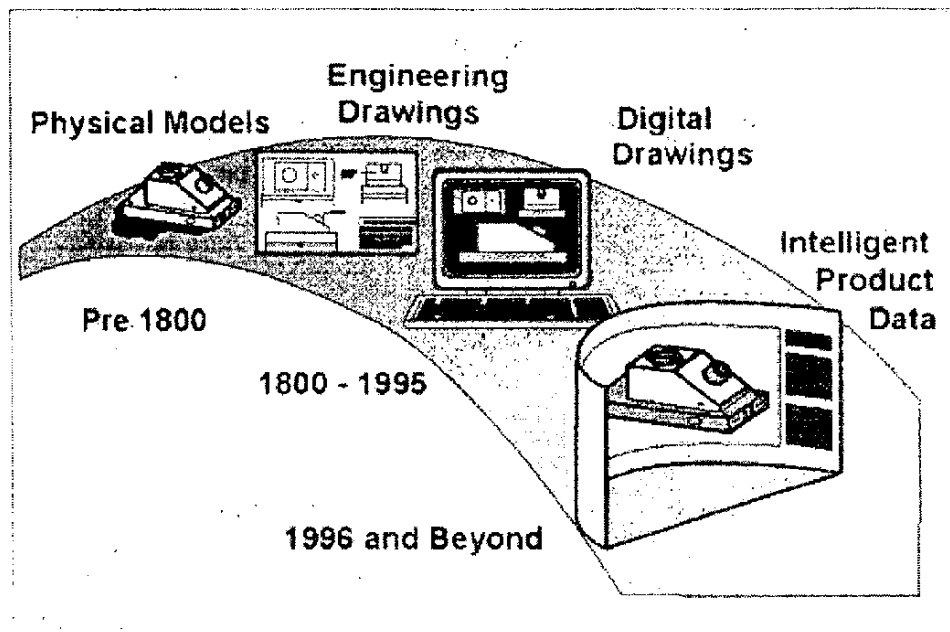
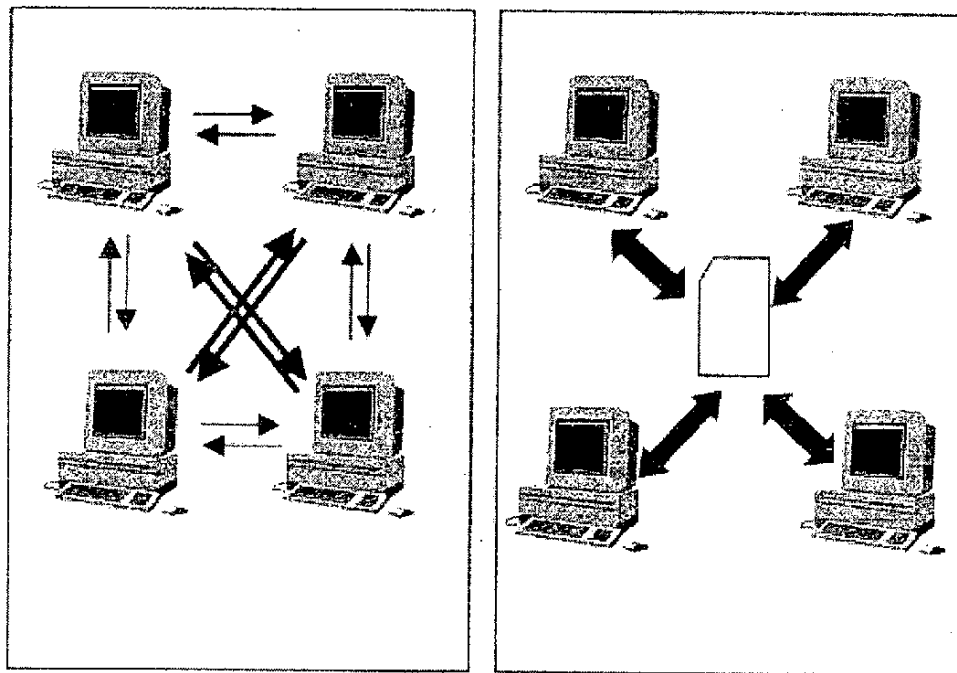


図 2-1: 製品定義能力の発達

CAD (Computer Aided Design) ツールで作成された図面は、紙に書かれた図面より変更および保存が簡単なことから、生産性が大幅に向上した。また CAD ツールは、製造方法を自動的に引き出し、図面から直接実行できるようにした。それでもなお、計算機設計および製造ツールがより複雑かつ多様な設計ニーズを満たすように増えていくにつれ、各ツールが製品データの捕捉および保存に用いる形式も増大した。紙の図面には鉛筆で誰でもしるしをつけることができるが、必要な CAD ツールで解釈できない製品モデルはまったく役に立たない。様々な CAD および CAM (Computer Aided Manufacture) ツール間で設計を共有する団体の場合には、製品モデルはツールが認識できるような方法でフォーマットされていなければならない。大規模メーカーが合併事業に乗り出してビジネスチャンスに取り組み、サプライチェーンにおけるパートナーどうしが複雑さを増す一連のサービスの提供を求められている現代では、この条件が不可欠なものになりつつある。

ほとんどの企業が、社内で共通の CAD/CAM ツールセットの使用を義務づけることは難しいと考えており、まして(複数の) サプライチェーンや合併事業のパートナー間であるということになればいっそう困難になるとしている。共通のツールセットが足りないために、中間ファイル交換用の共通形式が必要になる。STEP がデータアクセス機構と共に提供しようとしているのは、まさにこの共通形式なのである。図 2-2 に示すように、必要なトランスレータの数を減らせることから、コストの面でも利点がある。この図は、中間ファイル交換を用いることにより、トランスレータ (N システム用) の数を N^2 から N に減らすことができることを示している。システム間での情報転送用として中間標準を使用すれば、トランスレータに対する需要は大幅に減少する。

Efficiency of a Neutral Format for data Exchange



... By Direct Translators

... By Neutral Format

Source: Department of Trade and Industry, "Product Data Exchange, An Introductory Guide," Finalay Publications, Ltd.

図 2-2: データ交換用中間形式の効率

2-2 発展の基盤を作った初期の業績

設計オートメーションツール間の共通出力形式に対する強い要望は、STEP で始まったものではない。STEP は多くの点で、米国の各種産業や政府および国際的努力の成果として捉えることができる。例えば 1970 年代には、ANSI (American National Standards Institute: 米国規格協会) の X3/SPARC 委員会が、特定の用途やコンピュータテクノロジーに頼らない方法でデータを記述するべきだという概念を確立した。SPARC は一つの基本的な概念的情報モデルを様々なコンピュータテクノロジーで実現し、各種のフィルターを通してユーザーに提示するという 3 スキーマ方法論を提案した。このように同じ情報を違った方法で見るとは、概念的、内的小および外的ビューと呼ばれた (図 2-3 [5] 参照)。

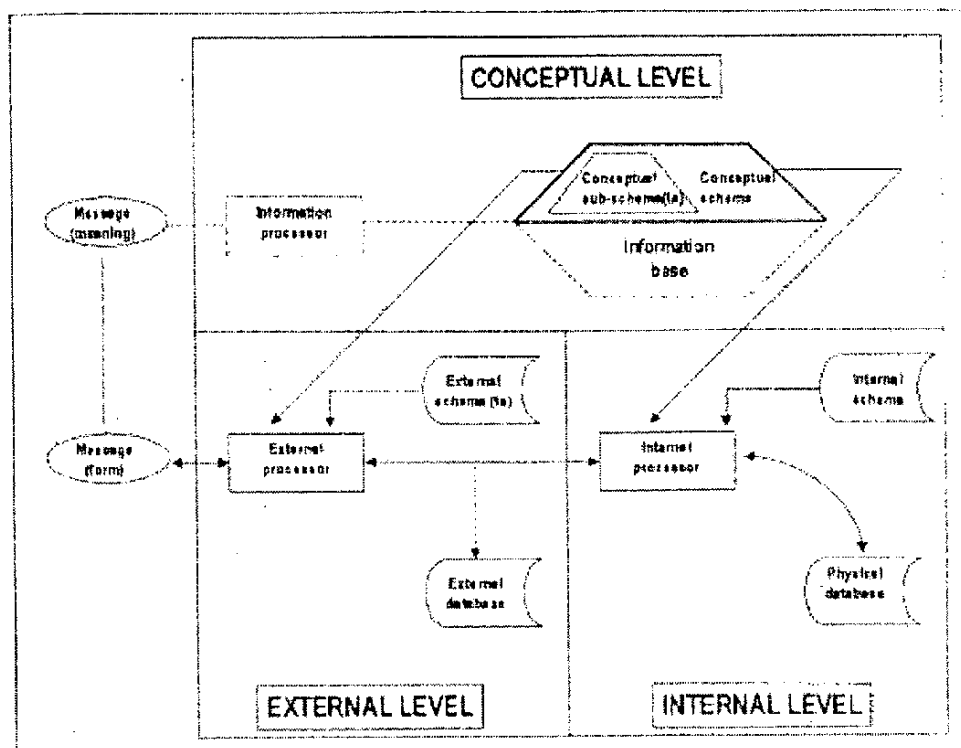


図 2-3: 3 スキーマ方法論

米空軍は、その統合 CAM (ICAM) プログラムの一環として、情報モデリング用の正式な方法を開発することにより、ANSI/X3/SPARC 方法論を打ち立てた。ICAM の意図するところは、全体的な調達コストを下げる新たな製造オートメーションテクノロジーの開発であった。新しいシステム設計方法を決定したプログラムは、新しいテクノロジーの開発に必要とされたが、これは条件を定義する新しい方法を示唆していた。この作業の結果、一連の形式的な方法が生まれた：モデリング活動に対する IDEF0、モデリング情報に対する IDEF1 (後に拡張されて IDEF1X となる)、およびモデリングシステム変遷に対する IDEF2 である。ICAM はこれらの新システム設計方法の利用を必要とする一連の契約を締結した。この契約のなかには、STEP の開発に直接的な影響を及ぼすものがあった。これは他のプログラムにもあてはまった。例えば NASA が資金を投入した航空宇宙車両設計統合プログラム (IPAD) プロジェクトは幾何に焦点をあて、システム統合に向けた情報モデリングの最初の使用例とされた。

ICAM、および PDDI (Product Definition Data Interface) および GMAP プログラムなどを含むその後の契約が、後に STEP に適用されるツールおよび方法に多大な成果をもたらした。その他の努力も、CAD システム内で共有する必要がある情報の正式な記述に大いに貢献した。CAM-International は、1970 年代初期に着手された幾何モデリングプロジェクトを通じて、B-REP データの正式記述に重大な恩恵をもたらした。標準幾何および位相の数学的表現であった CAM-I 投資作業の成果は時代の先端をいくものとされ、現代の通常の CAD システムが解釈できるよりも多くの情報を明確に捕捉した、これはデータ交換機構として標準化するため、ANSI 委員会 Y14.26³ に提出された。CAM-I 仕様に交換機構は含まれていないが、交換できるデータの基本的記述は含まれていた。

³ ANSI Y14.26 委員会名は「製品定義データの伝達に対するデジタル表現」であった。

1979 年、CAD ベンダーおよびユーザー団体に CAD データ交換用の最初の国際標準作成を促すようなあるできごとが起こった。CAD システムは誕生から 10 年を経たおらず、ある程度市場に浸透した製品はわずかに一握りであった。このような初期段階においても、ユーザーはこれらのツールおよび彼らが独自に開発したデータベース間でのデータ共有の難しさに圧倒されていた。1979 年 9 月に開かれた 2 日間の空軍 ICAM Industry Days Meeting の席上、フラストレーションは頂点に達した [6]。会議の初日に General Electric (GE) 社は、本質的に Computer Vision、Applicon、Gerber などからなる CAD ベンダー委員団に対し、交換メカニズム進展の妨害を中止し、協力してその発展に向け努力するという難問をつきつけた。このニーズはユーザーの観点からは直感的にわかるものであるが、データベースの構造を広く共有するということが製品競争における有利さを放棄するに等しいと恐れていた CAD ベンダーたちにとっては、非常に脅威的な提案であった。この問題をうまくごまかすことは簡単であったろうが；結局主要なベンダーたちは CAD 標準を担当する ANSI 委員会に代表者を送り込んだ。代わりに Computer Vision の代表は自らの挑戦で応えた：Boeing 社と GE 社（および他の数社）が CAD トランスレータに貢献していれば、彼らは既に開発を終え、ベンダーはデータベース構造を共有していたであろう。

この申し出に至らしめたのは、ビジネス上の動機と隠された議題の絶妙な結合であった。それは CAD パネルの前の晩に、CAD ベンダー代表者が（未発表の）新規ロボット工学会社の従業員を熱心に募集しているときに起こった。会社設立に際し、彼はユーザーの展望を入手した：彼の製品は CAD データへのアクセスを必要としていたのだ！ CAD ベンダーがそのデータベース構造を公開するためのお膳立てをすることができれば、彼の新しい会社が成功するチャンスが増大する；しかし交換標準は CAD ベンダーの最大の関心事でもあった。CAD ベンダーは、顧客への忠誠心にもとづいて互いに区別しあうように努めてきた；しかしこれにはエンドユーザーをばらばらにするというマイナスの影響もあった。水平線上に大きな海軍の契約がぼんやりと見えてきており、顧客の要求に応えたくないベンダーはいなかった。

討論会後の夜、数人の関係者が煙草の煙が充満する部屋に集まり、共通のトランスレータが本当に可能なのかどうか意見を交わし合った。この夜に、この部屋でこれだけの人とアイデアが集まったことが幸運であった。この中には空軍 ICAM、海軍および NASA の代表者が含まれており、この事業にそれぞれが 2 万 5000 ドルずつの融資を申し出た。米国連邦標準局 (NBS)⁴ の代表者は、自宅にいた寝ぼけ頭の上司に電話して承認を取りつけた後、議長兼コーディネータとしてグループを率いることを快諾した。こうして 1980 年春には、NBS により IGES 組織が結成された。その基盤を共通トランスレータにおき、会話の内容は、この新しいトランスレーションプロジェクトの命名に移っていった。グループは、Y14 標準に向けて既に着手されている事業と置き換わる手段としてのプロジェクトと解釈するかも知れない ANSI 内の関係者に対抗するのを避けるため、「汎用トランスレータ」という提案は却下した。穏健なアプローチが提案された：

- I - 暫定的な、ANSI の事業に代わるものではないということを示唆する。
- G - 幾何ではなく図式、学会が優れた数学的記述を提供してくれることを確認する。
- E - 交換、ベンダーがその内部データベースをどう実施するかを示すものではないことを指示する。
- S - 仕様、標準として強制するものではない。

パネルは翌日報告を行ない、遂に "IGES" を結成する動きが始まった。パネルがいったん共通トランスレーション機構が可能であると判断したら、顧客の熱意と期待が込められた勢いを止めることはできなかった。Applicon と Computer Vision は内部データベースの公開に同意し、GE 社は内部データベース構造の提供を申し出て、Boeing 社は CIIN (Computer Integrated Information Network) データベース構造を提供した。GE と Boeing の両社は既存のトランスレータを提供した。NBS (Roger Nagel)、Boeing (Walter Braithwaite) および GE (Phil Kennicott) 各社からの代表で構成される中心チームが結成された。メンバーは内部統合プロジェクトにおいて、ベンダー各社とも密接に協力して作業を進めた。これまでの経験が、解決策を考案するために必要な専門知識と信頼を、極めて短い期間に達成し、自社が不当に不利になったと感じるベンダーは皆無であった。

⁴ 商務省の米国連邦標準局は、1988 年の Omnibus 貿易競争条例により、連邦標準および NIST (National Institute of Standards and Technology)(NIST) と改名された。

ICAM 産業記念日の直後、NBS は米国科学アカデミー (National Academy of Sciences) での公開会議を招集した (1979 年 10 月 10 日)。およそ 200 名の人々が IGES 誕生の先触れに出席した。全員が賛成派というわけではなかったが、会場は異常な興奮につつまれていた。さらに白熱した論議が展開されたが、名称は「仮の」が「初期」にわずかに変更されただけで承認された。

2 回の重要な審議を経て、IGES チームは 1980 年に、幾何、図式データおよび注記を含む最初の草案を発表した。IGES 仕様は標準化のために ANSI Y14.26 に持ち込まれ、それによって委員会は、IGES 作業および CAM-IB-REP 記述作業によって具体化された様々な見解の調整に努めることを余儀なくされた。IGES の初版が標準 (Y14.26M-1981⁵) として採用されたとき、「セクション 5-基本的な形状記述」と題された 5 番目のセクションとして、CM-I 作業を添付 (統合ではない) された IGES 草案を承認した。ANSI Y14.26M の以降の版では、この第 5 セクションは削除されている。

事業への投資は行なっていたが、CAM-I は IGES 第 1 版のセクション 5 は、現行の CAD システムで使用される形状記述方法とは相容れないものがあると認識していた。このため CAM-I はそれに代わる仕様を開発し、1982 年の試験的境界ファイル (XBF) が生まれた [7]。この仕様は IGES と同じ形式およびファイルを使っていたが、IGES の何年も前にその機能を取得していた立体モデルの交換に対応していた。CAM-I XBF は立体モデルデータ交換におけるその後の多様な作業に影響を及ぼし、最終的には STEP パート、ISO 10303-42 [8] を左右した。

CAD モデリングシステムへの標準化されたプログラミングインタフェースへの提案である、AIS (Application Interface Specification) における CAM-I での作業は既に早くから始まっていた。この提案は、実質的には試験利用に対する ANSI 標準草案として、1992-1994 年の月日を費やした [9]。この AIS は、STEP 用に開発している新しいパラメタ機能の一部としての拡張および更新のために、ISO TC184/SC4/WG12 のパラメタグループに対して最近発表されている (第 10 章参照)。

規格文書の技術的内容が合意されたら、ほとんどの人は仕事が終わったと考える。文書の最終編集にどれだけの作業が必要とされるかを理解している人はほとんどいない。

細かい詳細図にまで最新の注意を払わなければならない苛酷な作業である。例えば IGES 標準のシーアサイズに数多くの図面および内部参照が加わると、編集作業は悪夢そのものになる。製品データ団体は、Bob Colsher、Joan Wellington、JC Kelly、Phil Kennicott、Dennett Harrod、Brad Smith、Gaylen Rinaudot、Kent Reed および IGES の各版の最終製作に専念したその他の人々に負うところが大きい。各自が本文および図表のある各章の編集および再編集という骨の折れる作業に、何の見返りも求めず、何日も何週間も、何ヵ月も捧げてくれたのである。

Brad Smith recalls... When I think back on the early versions of IGES, I remember one of those editing sessions. It was Version 3.0. We were running late as usual, and I had committed to be in London for an SC4 meeting. I had also just taken delivery of the first laptop computer we ever had in our group. I decided to take the master copy of the IGES document with me, along with the laptop, so as to have the editing done by the time I got back home. At the last minute, I realized the laptop only ran on 115 VAC power, so I hit an electronics store on the way to the airport. The first night in the London hotel room, I felt rather smug as I settled into the IGES editing after hooking up all the adapters, converters, and cables. Unfortunately, I soon noticed the plastic case on the new power converter had started to melt. Not wanting to stop, I put the converter into the small room refrigerator, slammed the door on the cords, and went on editing the document for the next three days.

2.2.2 PDDI (PDDI)

IGES は、交換ファイル形式をもって完成する、CAD データ交換用の実用的な最初の解決策を提示した。この最初の草案が考案されたスピードには驚くべきものがあつた！ それはある意味では、仕様の範囲が比較的限定されていたことと、それを開発する委員会が小規模であったことにもよる。さらにこのスピードに拍車をかけたのは、契約締結 3 ヶ月以内に書類を発行するという契約条件であった。これが広がりつつある団体の精密な審議を受けることによってその弱点が特定され、新しい標準への着手が実質的に正当化され、それが IGES での伝統を打ち破ることになった。空軍の ICAM プログラムは、ここでも製品データ交換標準の発展に大いに貢献したが、今回は、McDonnell 社との

⁵ ANSI/US PRO/IPO 100 として改訂され再発行されて以来。

PDDIを通じてであった。PDDIの目的は、工作と製造との通信機構としての青写真(ブループリント)に代わる手段を開発することであった。青写真(現在では設計図と呼ぶ方が一般的である)に記載された全ての情報との交換が追求された。PDDIは情報モデル、EXPRESS [10]に寄与したモデリング言語、交換されるデータをその定義と区別するための交換ファイル形式、およびデータ共有用のアプリケーション機構という集合を開発した。

この契約の作業の1つに、現行の実装のコンテキストにおけるIGESの評価があった。この結果、詳細なレポート [11]と、IGESへの変更に対する多数の建設的な要求が生じた。発展活動は、団体がIGESの欠点を明確に定義することも助けた：

- フレーバリング-IGESには同じ情報を捕捉するいくつかの方法があったが、このことによって、正しい解釈が、前処理系および後処理系の特定の「フレーバー」に大きく依存するようになった。
- ファイルサイズ/処理時間-IGESは当時市販されていた平均的な計算能力で説明するために、何時間も何日もかかるような大容量ファイルが必要とすることにより、強く批判されていた。
- 交換中の情報の消失-本質的に能力の異なる2つのCADシステム間で伝達されている間に、どうしても情報が失われる。
- 秩序、アーキテクチャの欠落-IGESはきびしい技術的秩序によらず開発されたため、正式な情報モデリングが必要であるという認識があった。
- 情報の整合性-IGESの初期版と適合するファイルを解釈するために何世代ものプロセッサが必要であることから、その後の版での広がりや変更の速度が妨げられてきた。
- 自動化された用紙システム-IGESは設計図面を交換する手段であり、解釈への人の介入を減らすまたはなくしたりするような最新のオートメーションを使用可能にするための完全製品データ(管理情報を含む)を捕捉することはできないと考えられていた。

PDDIは1981-1987の研究作業であったが、後にSTEPへと発展する母体に、理解、機構およびモデルなどをもたらした。つまりIGES組織に対して「次は何か？」を考えさせる「きびしい試練」であった。PDDIチームからのその動きが、将来のPDE標準に真の衝撃を与えるチャンスを秘めていた。

IGESには、Peter Wilsonがその論文で後に特定した、これ以外の欠点もあった：

- 部分集合-ベンダーは、IGES全体の一部だけを選択して実装したため、何を交換するかを事前に決定していなければ、2システム間の交換ができなくなった。
- プロセッサ試験-2プロセッサ間でプロセッサを試験したり、誤りを解決したりする機構がなかった [12]。

IGESには事実、長年の間、解決困難な問題があった：IGESは設計図面に表示される線や記号(接続関係などの電気的 개념は除く)のデータ交換は行なうが、設計図面が伝えようとする情報の意味を伝達することはできなかった。PDDIの研究の結果「製品機能」は幾何で送信しなければならないため、計算機基盤のアプリケーションは工作図面を「理解」できたことが明らかになった。例えば、IGES表現を見ているアプリケーションは、単純にある部品の上に円を見ているだけである。望まれる結果は、その円が表面的なしるしなのか、穴なのかを区別できることであった。

2.2.3 部分集合およびAP

IGESエンティティの形式化された部分集合の使用により、平行移動の品質および予測性改善への1つのアプローチが提示された。NBSは米国国防省計算機援用CALS(Continuous Acquisition Life Cycle Support)プログラムの後援により、IGES組織⁶を国防用のIGES部分集合およびアプリケーションの構築に導いた。

⁶ IGESバージョン1.0での作業には、IGESの機能を拡張し、そのオリジナルバージョンで明らかになった誤りを訂正する作業委員会と、操作を監督する管理委員会という2つの委員会の結成が求められた。作業委員下院は主に2つの小委員会：編集委員会および試験、評価および支持委員会があった。作業委員会と管理委員会はIGES組織と総称される。

米国国防省は実質的に、その軍事標準の CALS 領域において、技術的図表や電気/電子アプリケーションなどの各種アプリケーション分野に対する IGES 部分集合を規定した。部分集合は IGES プロセッサを、それらが全面的に支援し、送り手と受け手の間の定義ずみの文書での合意として機能する機能性によって分類できるようにした。

AP (Application Protocol) という STEP の概念は、IGES エンティティ部分集合および米国海軍向けに NIST が実施した初期の IGES AEC (Architectural, Engineering, Construction) AP 作業に関して学んできた内容から発展した。第 7 章では、主に STEPAP によって与えられた概念および利点の詳細が記述されている。

2.3 その他の国際的な立役者

製品データ交換標準の発展には、それ以外にもいくつかの国際的な支援が貢献した。

2.3.1 幾何データ交換調査グループの AECMA レポート

1977 年に欧州の航空宇宙産業は、協力的なプロジェクト間における形状表現の交換に主要な問題点があることを認識していた。AECMA (European Association of Aerospace Industry) は、協力企業が簡単な表面幾何を交換することができるような共通の交換形式を開発した。この形式はいくつかの用途に用いられたが、ベンダーシステムに統合されたより複雑な表面タイプの出現により、やがて使用されなくなった。それでもなお、AECMA が果たした成果は大きかった。英国は、国際的な製品モデルデータ標準作成に向けた、国際標準化機構 (ISO) への、幾何データ交換調査グループの AECMA レポートに貢献した [13]。

2.3.2 Flachenschnittstelle des Verbandes der deutschen Automobilindustrie (VDA-FS, VDA-IS)

ドイツの標準化 Flachenschnittstelle des Verbandes der deutschen Automobilindustrie (VDA-FS) は、自動車産業で必要とされた自由形表面および自由形曲線の交換に取り組んだ。VDA-FS は IGES を基盤にしていたが、IGES のものと競合する交換ファイル形式を提示した。VDA は 1982 年に、CAD/CAM システムの設計工程の効率および有用性を増大させるために設立された。ドイツは VDA-FS を国際的な土俵にのせ、国際製品モデルデータ標準化作業に貢献した [14]。

ドイツ自動車産業は、VDA-IS (IS-IGES 部分集合) を通じて、自動車製造における各種アプリケーションに関連する注記エンティティの部分集合を定義した。これらの部分集合は、コンプライアンスが試験できるように作成された。これらの部分集合によって満たされた特定のデータ効果要件には、図面情報、二次元および三次元幾何および分析的および自由形表面などがある [15]。

2.3.3 標準 d'Echange et de Transfert (SET)

フランスの標準 d'Echange et de Transfert (SET) プロジェクトは、1983 年に航空宇宙局においてスタートした。航空宇宙局には各種の CAD システム間での共通データベース機能が必要とされていた。彼らは IGES の正式な試験を実施し、それが機能しないことを確認した。少しでも正確にするために、彼らは 2 ベンダーからの最初のベータ IGES 実装を試験したが、書類によれば、点、線、弧、およびテキストノートだけを実装していた。(設計図面の主な情報量は、これらのわずかなエンティティが完全かつ正確に実装されたとしても、失われてしまう)。この試験で、航空宇宙局は、IGES 仕様は役に立たないという結論に達した。結果的に、仕様を書き、標準化し、実装し、試験し、生産におけるその使用を支援するのはフランスの仕事になった。IGES 仕様の問題点に取り組むために設計された、SET の主要な産業的牽引車となったのは自動車および航空宇宙産業であった。この標準は、異なる CAD/CAM システム間

でのデータ効果条件、およびこれらのデータを保存するという必要性の結果を示している。SET のバージョン 1.1 は、国際的な製品モデル標準に向け、国際的な土俵に上げられた。その中には：

- 機械的分野に対する詳細な仕様
- 採用されるデータ構造および概念についての補助的な情報
- 将来の開発における一貫性を保証するための、仕様に関して提供された規則および推奨事項 [16]

などが含まれていた。

GOSET (Operation Group for the Standard for Exchange and Transfer) は、SET の継続的な開発、保持および実装試験を支援するために、フランスにおいて産業および政府が設立した組織である。GOSET 代表者は STEP の開発および適合性試験 ISO 10303 へのサービスを試験する積極的な協力者でもある [17]。

2.3.4 CAD*I

1984 年に欧州委員会は、欧州 6 カ国から 12 の参加組織を得て、CAD インタフェース (CAD*I) と呼ばれる ESPRIT プロジェクトを設立した。このプロジェクトは主に、製品モデルデータ交換および有限要素分析に対するデータ交換において作業を行なった。STEP の場合と同様に、データの転送は、データモデリング言語を用いて正式に定義されたスキーマの使用を基盤にしていた。1987 年に、このプロジェクトは異なる CAD システム間で、初めての B-REP 立体モデルの転送に成功した。CAD*I 関与者は、ISO TC184/SC4 の作業の最初から STEP 開発に携わっており、その一部は現在も活躍中である。STEP の形状モデリング機能の大半は CAD*I 作業 [18] にもとづいており、プロジェクトも有限要素分野における STEP 開発に多大な影響を及ぼした。

2.3.5 IGES はなぜ世界中で採用されないか？

以下の現実が共通の国際標準にとっての機動力になった：

- 世界規模の商業および増大するアウトソーシングが、データ交換をより不可欠なものにしている。
- 複数の設計規範間での調整を必要とする、より複雑な製品。
- 多機能ソフトウェア、複数産業およびアプリケーションに適用される設計または設計システム。
- 製品開発のあらゆる段階における供給者への信頼。
- ライフサイクル支援へのニーズ。

さらにこれらは一般的なものである。既に述べたように、IGES は国際標準に対する世界的競争者でもあり、同時に技術的な欠陥も多数持っている。

2.4 The PDES Initiation Effort

1984 年までに、これらの多くの努力が成果を生み、国際的コミュニティは CAD データ交換に向けた共通の解決策の確立を目指して、委員会の設立に向け準備を行っていた。1984 年 5 月には、IGES 組織編集委員会の深夜会議が開かれた。その結果：Boeing 社の代表であ

Larry O'Connell (then of Sandia Laboratories) recalls... I remember the IGES quarterly meeting aboard the landlocked Queen Mary liner near Long Beach, CA. Most of us slept in staterooms aboard the elegant vessel and strolled to the daily plenary session after power walking around the ship and having breakfast on board. Much of the paneling in the less pricey staterooms was bird's eye maple. At least one of the plenary sessions was held in the grand ballroom under massive crystal chandeliers. Many representatives from across the Atlantic and some from across the Pacific attended to give the conference a truly international flavor. Brad Smith outlined his notion of what should be done to expand the scope and vision of the next version of "the standard." In the months that followed, a select few (guided by Kal Brauner of Boeing) began defining the requirements of what is now known as ISO 10303. In early 1985, the Queen Mary was a fitting setting for the launch of such a gigantic venture.

る Kai Brauner が、IGES の制約から解放され、プロセッサの情報整合性を提供するためには、次世代の IGES がどのようなものかを紙に書く作業を受け持った。この非形式の要求は、PDDI の結果および欧州での作業からの圧力に対処するためのものであった。最初の PDES (Product Data Exchange using Step) は 1984 年 7 月に発行され、1984 年 11 月には第二レポートが出された。これらのレポートは、PDDI に類似した PDES 開始作業に対する基盤を形成し、より広範なオートメーション目標と情報モデリングの規範にもとづいた基準の確立における理論的な作業とみなされた。PDES 開始作業では、捕捉される「論理的な」情報と、データ交換用の「具体的な」機構の両方に対する中核として、単純な機械加工された部品が使われた。また電気スキーマアプリケーションモデルも使用された。開始作業はモデリングを通じ、電気接続関係と機械的「結合」の両者が共通の位相モデル構造を共有するという概念を批准した。

作業に従事した関係者は当初、この次世代標準は IGES バージョン 3 になるものと予測していた。しかし作業の結果、PDES として知られる別の米国国内作業が誕生した。PDES は実質的に、STEP の開発および標準化を担当する ISO TC184/SC4 によって主導された国際的な業務であった。第 3 章では、PDES の影響およびこの開始作業に関してさらに詳しく記述する。

2.5 如何にして電氣的コンテンツを STEP に組込んだか？

電氣的内容が、国際電氣標準会議 (IEC) 標準ではなく、ISO にまとめられたことを不思議に思う人がいるかもしれない。STEP の場合と同様に、そのルーツは IGES にさかのぼる。IGES のオリジナルバージョンには、電氣および電子製品に関するデータを含め、CAD ツールからの機械読み取り可能な全製品データへの簡単なアクセス方法が記載されていた。電氣接続関係の情報を記載しようという予備的な試みがなされたのは IGES の第 2 版になってからであった。IGES 組織電氣アプリケーション小委員会⁷の主導のもと、開発者は 1983 年の情報モデリングを使用して、IGES の後のバージョンにおける電氣構成要素の品質改善を実施しはじめた。

構成要素の品質とは別に、EAC は他の標準化作業との重なり合いや重複を懸念していた。1983 年後半には、EAC は作業調整を試みるために、IPC (Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits) と会合した。IPC が引き続き CAD-AM インタフェースに重点をおき、IGES EAC はモデリングおよび CAD-CAD 問題を取り上げていくという方針が決まったのはこのときであった。EAC のメンバーも、集積回路設計用の相互交換形式開発に向けたシリコン製造による試みについては聞き及んでおり、その作業が、IGES が開発しようとしていた内容と重複したり、捕捉しあったり、または矛盾するのではないかと案じていた。

2.5.1 調整活動

1984 年 4 月に、米国 IEEE 規格調整委員会は会議を召集し、それが IGES 組織に他の標準作業との対話を行なう場に引き出すことになった。特に関心があったのは、IGES と比較的新しい EDIF (Electronic Data Interchange Format) 作業との微妙な調整であった。EDIF の代表はこの会議において、標準化活動が EDIF 開発スケジュールを遅らせるのではないかと懸念して合同参加という提案を却下したが、その事実上は IGES と EDIF の両者から、関連標準作業における本当の意味での調整を妨げつつけている。他の電氣標準代表には IEEE プロジェクト承認要求 (PAR) P1076 によって承認された IEEE VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) VHDL (VHSIC Hardware Description Language)、ATLAS (Abbreviated Test Language for All System)、および TISSS (Tester Independent Support System) などがあった。

ほとんど同時に、Westinghouse 社の代表者が、大西洋を越えて他の関連する標準化作業に到達しようとしており、CAM-I によって発行された何冊かの関連論文を書いていた。彼は IGES 組織 EAC と IEC TC3、文書化および図式記号間の討議へとつながる接点を開発していた。特に NBS は他の役員と共に、ロサンゼルスで開かれた TC3 小委員

⁷ 後に EAC (Electrical Ad-Hoc Committee) として知られるようになる。

会 SC3B の会議に出席した。これが後に、ISO TC184/SC4 内の ISO/IEC 共同作業グループにおける TC3 の関与を促すことになった。

ANSI を含む多くの組織および多数の個人が、関連する電気標準化作業における認識および協力体制の強化方法を見つけようとしたが、目立った成果は得られなかった。電気および電子製品データの標準化における側面で作業を行っている各グループには、ボランティアやそのスポンサー、および予定された納品物を既に所有した感覚の顧客などが含まれていた。ほとんどの部分では、同じ目標をもって別の 2 つの作業が開始されたわけではなかったが、そのユーザーのニーズに対応するうえで、重複し合う領域へと発展してきた。さらに賛助する規格団体は規格書類の販売からの収入に一部依存していた。組織の認知された階層に関するある程度の妬みが、成果と努力を分かち合おうとする作業レベルの人々の意志を妨害する部分もあった。結果的に得られたのは一連の矛盾した重複標準であったため、市場は統合力のある標準相互交換方法を支援することを見合わせ、データ交換の負担の大半は、電気 CAD システムを使用した製造者の肩にかかることになった。

1988 年 2 月には、ANSI/ASME Y14.26 (IGES を標準化した委員会) は以下の書簡で、ANSI 管理について言及した：

「調整の取れていない重複規格作業が同時に進行していることに懸念を感じている。特に初期図式交換仕様 (IGES) 電気アプリケーション部分集合、電子設計交換形式 (EDIF)、電子回路交換およびパッケージ協会 (IPC) 35X シリーズの仕様および VHSL/VHDL (VHDL) などが重なり合っている」

明記された規格は単に該当する作業というだけでなく、それらは ANSI 自体が承認し、政府が CALS 軍用規格で要求した仕様であった。この書簡から、1988 年には EIA 本部において「調整」会議が開かれることになった。CAM-I の電子オートメーションプログラム (CAM-I EAP) マネージャーは議長を務めることを申し出た。参加者は Boeing、Mc Donnell Douglas、Allied Signal、イーストマンコダック、ヒューレットパッカード、Northrop、The Plessey Company、Westinghouse 社、および NIST であった。1989 年 2 月には、EIA は「調整された CALS 製品データ記述標準」と題された評価レポート結果を発行した。

CALS/EIA レポートは「予想した以上にはるかに重複しており、EDIF は複数の標準と 78 回重複している」と述べている。このレポートは ANSI 標準の 4 つのいずれによってライフサイクル段階が捕捉されているかを示す行列を提示し、この行列にもとづいて各標準の適用範囲を示し、調整が有効に行なわれたことを宣言した。この提案された解決策は、レポートの結論を批判した CAM-I EAP R-90-EAP-01 において明記されたように、産業により拒否された。Boeing の Milton Piatok は、1989 年の ANSI への書簡で、産業界の見解を要約した：

「様々なコンピュータシステム、ワークステーションおよび工場 NC [数値制御] 機械およびロボットなどを用いて設計プロセスにおける全ての段階を実施する電子会社は 4 つの標準を全てサポートしなければならない。最悪の場合、これは各標準を支援するソフトウェアのみならず、各ペア間のトランスレータの実装までも求められることを意味している。このような方法 (実行可能であれば) は非常に煩雑で、誤りが起こりやすく、時間もコストもかかる」

Howard Bloom recalls... When I was asked by the CALS program manager to lead the harmonization effort, I had no realization of the sensitivity of each of the standards development organizations. I had to be extremely careful at the early meetings with the words that I used. One phrase that might favor one specific standard sent the consensus building activity "two steps back." It took hard work, keen listening, and great diplomacy to drive the activity towards accepting HPS-100. I don't think it would have been possible if I had been from any other organization other than NIST.

1989 年 11 月、NIST は調整作業を主導することを承認し、それが後に、ANSI の産業オートメーション計画パネル (IAPP) のもとでの製品データ標準 (HPS) 調整組織として正式に認められた。

HPS は 3 つの委員会を設立し、それに対して NIST は引き続き事務局の役割を務めた：3 委員会とはビジネスニーズおよび計画、標準開発および調整、ツールおよびテクノロジーである。McDonnell Douglas (現在は NIST から) のバラ・ゴールドシュタインがツールおよびテクノロジー委員会を主導した。

HPS 組織の主な業績は、4 つの ANSI 標準を調和させる方法およびプロセスを提案し、ASI/HPS-100「HPS 情報連合モデル記述」として調整情報モデルの第 1 版を出版したことであった。

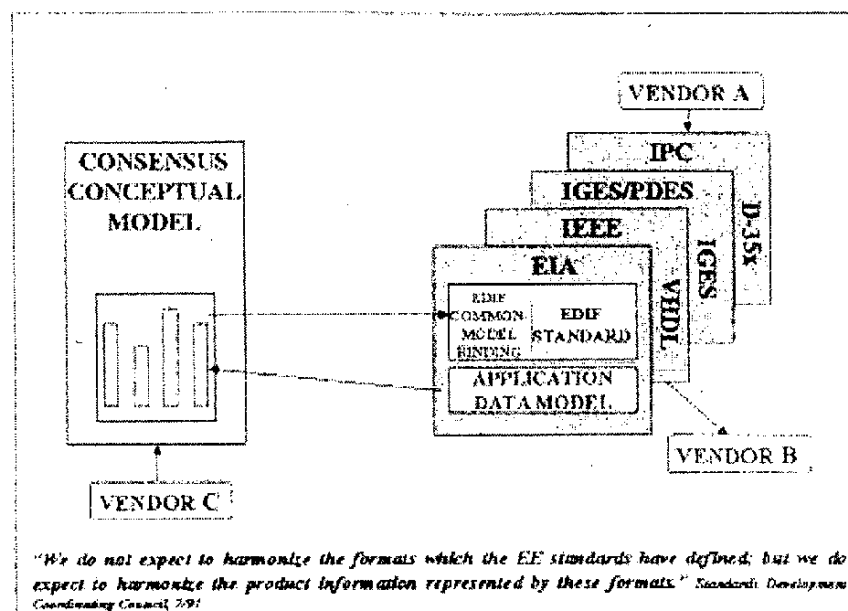


図 2-4: 調和への操作上の手段

HPS は調和を進めるものとして次のようなプロセスを提案したが、これは 4 つの標準が実質的に STEP 内で全面的に提示されたものというグループの初期の信念を反映している：

プロセス	調和への指針
収集モデル	関連する標準組織のそれぞれから、現在焦点をあてている主題領域に対する検証ずみの概念的モデルを収集する。
連合	各要素がデータディクショナリの連合モデルに追加される。要素は分類される。独自の、同一および矛盾する対象範囲が識別される。矛盾点は、各矛盾要素を写像できる総称要素を作成することで解決される。連合モデルには解決要素のほかに、各矛盾要素が入っている。
試験	連合モデルの総称部分を通じて標準間の写像を定義する。最初の標準における関連主題領域の試験車両 (試験例) を作成する。 試験実施： 送信標準モデル ↔ 連合モデル ↔ 連合モデルの総称部分 ↔ 連合モデル ↔ 受信標準フォーマット 試験車両文書写像の前後ファイルを比較する。
調和	試験された、連合モデルの総称部分から、調和モデルを導出する。
標準化に向けて提出	準備ができしだい、STEP におけるアプリケーション参照モデル (ARM) 候補として調和モデルの一部を提出する。調和モデルは国内標準向けに提出することもできる。公開審査が開かれる。
STEP との統合	STEP 内で標準化のために提出された調和モデルの一部は、STEP 手続きに準じて STEP リソースモデルと統合される。

プロセス	調和への指針
AP, CDIM を開発する	該当する主題分野に対して、AP (AP) およびコンテキスト駆動情報モデル (CDIM) を開発する。AP は調和モデルと各標準との写像を参照する。標準がカバーしない情報の間隙を特定する。

表 2-1: 調整プロセス (V1.1)

後に、個々の組織の自主性を優先させることを反映した「連合」とされる、情報モデルおよび調和への指針の両方が、国際的協力体制を維持する基盤を支えた。HPS は ANSI の CIM 標準委員会のもとで動かされ、さらにその領域でのリーダーシップとして非活動化されたが、IEC 技術委員会 (TC) 93のもとで国際的領域に移転した。その作業グループを通じて、IEC TC93 は引き続き、電気情報交換標準の操作共通性を支援する連合モデルの開発を行なった。NIST 代表者は、支援する電気および電子標準確立のために、IEC TC93 において活発な主導的役割を果たしている。

2.5.2 IGES から STEP への電氣的移行

該当するメーカーがその従業員に STEP を使った計算機統合製造への準備を行なわせるのを助けるため、EAC は階層電気製品 AP (LEP AP) を発表し、これが IGES バージョン 5.3 に引用された。この発表にこぎつけるまでの初期の EAC 主導権はエネルギー部門サンディア研究所が受け持ち、後に Curt Parks により NIST が担当した。このモデルは、IGES の旗印のもとで働く大勢のボランティアによる長年の開発、およびその他様々な旗印のもとでの作業結果生まれた。ANSI HPS に関与した人々は、モデルにつぎ込まれた多大な努力について言及した。このモデルに対する顕著な資金のおよび道徳的起動力となったのは、IGES ハイブリッドマイクロサーキット AP の開発に向けて契約した、米国海軍コマンド、管理 & 海洋調査センター、研究開発試験 & 評価部門であった [19]。この IGES AP は LEP STEP AP の最も直接的な継承者であった。

2.6 STEP への継承

ANSI/HPS-100 モデルが登場する以前でも、IGES EAC の初期の作業は、標準の設定における情報モデリングに関して学習したいくつかの一般的な貴重な知識を提供していた：

- チームの多様性—多彩な背景が必要 (プログラマー、DBMS、サブジェクト関係の専門家、供給者、顧客、試験管、促進者、書記、空想家など)。
- 委員会リソース—委託リソースのある安定したプロジェクトチーム (6 人から 12 人) が必要である。
- 熟練チーム。熟練従事者が必要：それ以外の場合は、頻繁に方法トレーニング (新人向け) を行なうため開発が遅れる。
- 強大なリーダーシップ—知識に裏付けられた監督が必要である。
- 長期委託—管理側からの長期間の委託が必要である。
- 活発なコミュニケーション—チーム内で頻繁に時宜を得たコミュニケーションを取る。
- 強大な大衆との関係—大衆が意図、日程および作業範囲を認識していることが必要である。
- 必要なモデリング—情報モデリングは容易でないが、コンピュータ統合製造には、万全ではないにしろ必要なものである。

IGES 開発により与えられたその他の内容：

- 標準は、機が熟せばすぐに作成できる。何が「機を熟させる」のか？
 - 標準の適用範囲が非常に限定されている。
 - 実装可能 (最低 3 システム間での実装) と証明できるものしか標準に含めていない。
 - 合意確立に向けた遊びの領域が比較的小さい—CAD ベンダー数社しか存在せず、CAD テクノロジーを適用する数社ユーザーしかいない。
 - 高レベルの専用パイプラインが存在する。

IGES だけからの技術的継承でも、次世代の製品データ標準には豊富にあった：

- 条件は文書化されなければならない。
- サブセットでは不十分で、AP が必要である。
- 標準を解釈するための解釈を減らすまたはなくすために、仕様の精度向上が求められる。
- 製品データ交換標準は、下記に対する必要性を含めた最新の機能的能力を備えているものとする：
 - コンテキストおよびビューポイント (表現は同じ意味ではない)
 - 特定の構文
 - 三次元立体モデル交換
 - 3D 公差作成および寸法決め
- 標準へのコンプライアンス査定は必要で、その条件は標準の第 1 版に記載される必要がある。
- システム継承への移行経路は必須条件である。

2.7 結 論

NIST はこの段階における重要な立役者であった。NIST 従業員は本章で述べた支援組織のいくつかにおいて、主導的立場を維持していた：

- ANSI ASME Y14.26 の議長
- IGES 組織の議長
- IGES 組織の事務局
- IGES 仕様への変更管理マネージャー
- IGES 組織の構造、設計&建造 (AEC) 小委員会の副議長
- IGES 組織の構造、設計&建造 (AEC) 小委員会の事務局
- IGES/PDES 組織の議長
- IGESS/PDES 組織の事務局
- IGES/PDES 組織運営委員会の議長
- 書記電気調整作業の議長
- ANSI 製品データ標準調整調和組織のツール&テクノロジー委員会議長

NIST の貢献、IGES の技術開発およびその他海外の国内標準作業、未だ成果をあげていない標準調整作業および STEP の開発などは、貢献者たちの関係した開発から切り離すことはできない。図 2-5 は、製品データ標準活動に貢献した数々の事象の歴史的な流れを図式で示したものである。

Historical Overview

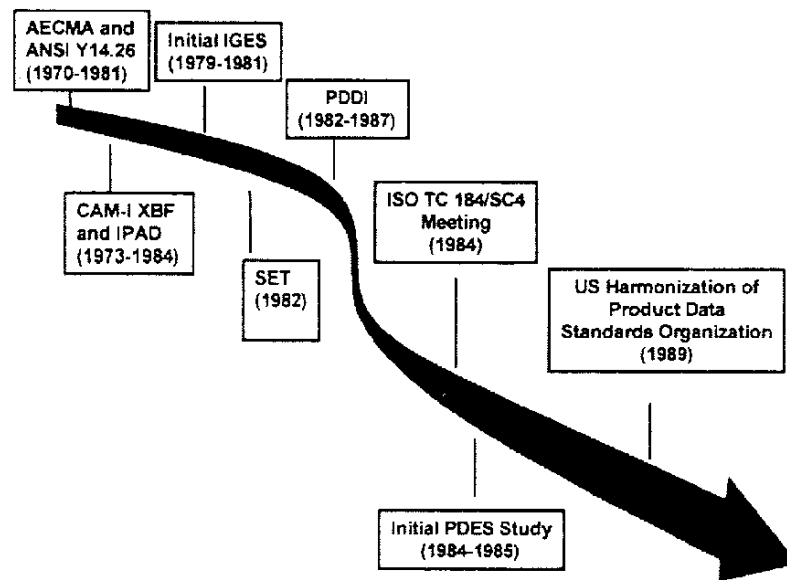


図 2-5: 製品データ標準の歴史

新しい領域に乗り出す際の興奮がみなぎっていた：エンジニアは雇用者から解放され、研究開発に没頭した。熱意はあふれていた。ベンダーは初期に、そのシステムを一般に公開することにより、市場を失うのではなく、市場をより簡単に獲得できるのだということを認識した。煙草の煙が満ちた部屋での深夜の話し合いは、関係者が互いに信頼を深めたという意味で、この初期の標準の誕生に重大な役割を果たした。STEP の継承者によってその実行可能性が証明され、正式に標準化された CAD 交換能力を求める産業界の強いニーズが、世界を STEP 開発に向けて後押しした。1984 年には、やがて明らかになる事象の規模の大きさや長い寿命を理解しているものは、まだ誰一人としていなかった。

第3章

STEPの開発—合意の集大成

3.1 はじめに

非公式にはSTEP⁸として知られるISO 10303は、芸術や文学および音楽などの学校が行なうように、いくつものサイクルのコンセンサスを経て、出現したアイデアを一般化しようとする人々のグループによって開発されてきた。このようなアイデアが実質的に現状になり、それが新しいアイデア、またはリサイクルされたアイデアを持った人々のグループに受け継がれ、現状になっていくというサイクルが続いていく。第2章ではこのようなグループの集まりとそのアイデアの公式および非公式な変遷について述べた。このようなコンセンサスのサイクルは、PDESがイニシアチブを取り、米国が初期に支配していた。当初、米国のPDESと国際団体のSTEPとは区別されていた。後にこの区別はISO TC184/SC4作業グループ内でのみ適用されるようになった。その歴史を通じて、CS4はSTEPおよび他のPDE標準開発における強調移行手段として、その組織的構造を利用してきた。

この章では、STEP開発におけるコンセンサスサイクルを簡単に説明し、歴史的なコンテキストを確立する[20]⁹。ISO 10303は、その継承を20年以上さかのぼることのできる標準である（STEPの基盤については第2章を参照する）。これは単純な図面システム間の幾何を求める必要性によって生まれた。ISO 10303のように、STEPは先行する全ての関連国内標準の能力を、統合力のあるパッケージ、たとえ大きなパッケージにでも入れて提供する！STEPは我々の国内IGES中心能力を超えた幅広い機能を提供する。最も重大な相違点は、STEPが、データが何であるかを重視するだけでなく、データが何を意味し、互いにどう関連づけられるかを考慮するという点である。

3.2 STEPの始まり

1984年7月11日に、最初のISO TC184/SC4会議がNISTにおいて開かれた。参加国はカナダ、フランス、ドイツ、スイス、英国および米国であった。この会議の目的は、製品のライフサイクルを通じ、完全性およびインテグリティを失うことなく、中間的な形式でコンピュータ化された製品モデルを構成する情報の捕捉を可能にする、国際標準を確立することであった。いくつかの解決策(21)はこの新しい作業に対する使命や目標、目的を述べていた。

⁸ STEPはISO 10303のもとで出版された標準文書のまとまりを指している。略語は2種類の参照のいずれかと共に表示される。最初の参照は「製品モデルデータ交換の標準」である。製品モデルのアイデアは、CAD (CAD) システムの使用から生まれたもので、そこではデータの集まりはいつでも製品モデルであった。もう1つの参照は「製品データ交換の標準」への哲学的な切り替えである。ここでは全体的な製品の交換から、製品データへと焦点が移動している(どのような製品データ量でも交換できることを示唆している)。ここでSTEPに使われるのは2番目の参照であるが、「モデル」という語は略字の中に入ったままである。「モデル」はスキーマを指すようになっている(すなわち製品モデルの場合のような実際のデータ例ではなく、形式的な記述言語を用いた情報表現条件である)。

⁹ この章の一部、特に1984から1990年の部分は、Danner, W.F.「STEPへの提案された統合枠組み(製品モデルデータ交換の標準)」Nat'l.Inst.Stand&Technol.(U.S.) NISTIR 90-4295; 1990年4月から直接引用したものである。

決定 1: (Gaithersburg-1984 年 7 月)

SC4 は製品モデルデータの外的表現の新しい標準に対する必要性を認識した。この標準は、米国の IGES および PDDI、フランスの SET、ドイツの VDA/BDMA-FS および英国の NEDO を含む既存のデータ交換イニシアチブにもとづくものになる¹⁰。

決定 2: (Gaithersburg-1984 年 7 月)

SC は以下の目標および目的を採用した:

目標: 製品のライフサイクルを通じ、完全性とインテグリティを失うことなく、中間的な形式においてコンピュータ化された製品モデルを構成する情報の捕捉を可能にする標準の作成。

目的: パージョン 1 に対する草案提示が、1985 年末までに、SC4 の無記名投票用に求められた。

その他の決定は、STEP 開発に際しての重要な関与者、寄与者、リーダーとして NIST を確立した。

決定 5: (Gaithersburg-1984 年 7 月)

ISO TC184/SC4 はブラッドフォード・スミス氏 (NIST の) に対し、この会議の議長を務めたことに対する労をねぎらい、以後 3 年間の ISO TC184/SC4 の議長に同氏を指名することを提案した¹¹。

解決 1 は世界中で、国内標準として既に開発中または確立されているいくつかの作業を特定した。作業はいずれも重要で、各貢献プログラムまたは国家は製品記述条件を満たすという共通の意志によって動機づけられているが、各アプローチはそれぞれ大きく異なっている。既存の作業によるコンセンサス開発の相当な努力を重ねた結果、焦点は移動した。

米国での IGES 組織は、決定 2 の実現を重視した。この作業に関心を示した IGES 組織会議への出席者には、STEP の ISO 開発を支持する多数の国からの専門家が含まれるが、米国では、新しい標準は PDES (PDES) として特定された。この新たな方向を強調するため、IGES 組織は IGES/PDES 組織 (IPO) になった。コンセンサスは最初から IGES 改善ではなく、PDES 開発に向けられた。このような哲学的移行の意図は、最新データモデリング技法を使うことであった。実質的に、PDES は米国から、ISO TC184/SC4 への、ISO 10303 の主要草案として正式に提案されている。

William Burkett recalls... I remember we were sitting in that small, hot hotel conference room in New Orleans, Wednesday night, May 2, 1984, about 11:00 pm or later, in a meeting of the IGES Edit Committee. In response to the challenges raised against IGES, Phil Kennicott, Chair of the Edit Committee, asked Kal Brauner (Boeing) to research and prepare a report on the "next generation of IGES." This, for me, was the "start" of STEP.

決定 5 は SC4 議長としての作業におけるリーダーとして NIST を確立した。NIST は SC4 事務局 (ANSI の代わりに) も務めた。NIST は最終的に、ブラッド・スミス氏を通じて、小委員会結成が提案されたため、SC4 の議長および事務局として務めを終えている。米国は NIST の提案により技術委員会 184 から SC4 事務局に任命され、ANSI は NIST のその受理を認めている。過去のこの段階では、産業および学術のいずれの面でも、優れた製品データ標準を構築するために、10 年以上にもわたる NIST の主導権および活発な関与が必要になるとは、誰も予想しなかった。この段階では、製品データ標準の規模や複雑さを本当に理解しているものはなかった! 新鮮な気持ちで、準備万全態勢の、情熱あふれる SC4 は、包括的な STEP 開発への謎に満ちた旅に出たのである。

¹⁰ 英国立経済開発事務所 (NEDO) は、リード大学のスーザン・プロアおよびその他の支持を得て、1980 年代初期にイニシアチブを取り、建設産業におけるデータ交換の分類を行なった。これは後に国内全体の作業になったが、本書で後述される CAD-CAM データ交換技術センター (CADDETC) につながるレポートおよび数組の指針を発表している。

¹¹ NIST の Manufacturing Engineering Laboratory のスミス氏は、1995 年 10 月まで議長および秘書を務めていた。

3.3 The PDES Initiation Effort

第2章で既に述べたように、PDES 開始作業 [22] は、それによって PDES が PDES に発展する方法論を批准するための、IGES 組織内の特別作業として始まった「コンセプト証明」プロジェクトであった。初期作業では、2つの側面を中心に、情報モデリングに信頼性が導入された：形式的記述言語と製品データ記述方法論である。

3.3.1 開始作業構造

論理階層開始作業グループ [23] の最終レポートは、PDES 開始作業の主な産物である。この中には3つの明確なモデルカテゴリーのある情報モデル構造の定義が含まれていた (図 3-1)。ここには規範モデル、リソースモデル、およびグローバルモデルがあった。規範モデルは規範専門家のアプリケーション固有の見解¹²を捕捉するものであった。リソースモデルは複数の規範モデル (幾何および位相) によって共通に使用される製品規範の側面を表現するものであった。論理階層を形成するリソースモデルは、多数

Curt Parks recalls... I remember fondly the meeting that took place in a red brick schoolhouse on the Kansas prairie. As part of the PDES Initiation Task, several of us had been asked to assemble teams to construct domain models. When he had completed his preliminary work on the models received from the teams, John Zimmerman, as technical lead on the Initiation work, called the model's team leaders and others to meet with him to go over his "qualified and interpreted" candidate integration models. John's company had leased a vacant school in an almost rural area for activities that would not require a security clearance. Obtaining a deep understanding of electrical connections in terms of topology theory was not easy. Occasionally the meetings would drain folks to the point of dead silence. We would take a breather, gazing at our surrounds: at rolls of oilcloth maps on the front of the room and the long wood-trimmed windows which were opened with the use of a tall pole with a cast iron hook on its top. Or the glimpses from the wide hallway, past the door with the worn and waxed asphalt flooring, and lockers lining the walls. This environment provided the gentlest pull back to reality and values that only a prairie schoolhouse could evoke.

のアプリケーションエリアに共通な包括的エンティティおよび構造だけを得るためのものであった (すなわち論理階層には規範固有のエンティティは存在しない)。グローバルモデルは、規範モデルと論理階層モデル間の通信の非形式的記述を表現した。

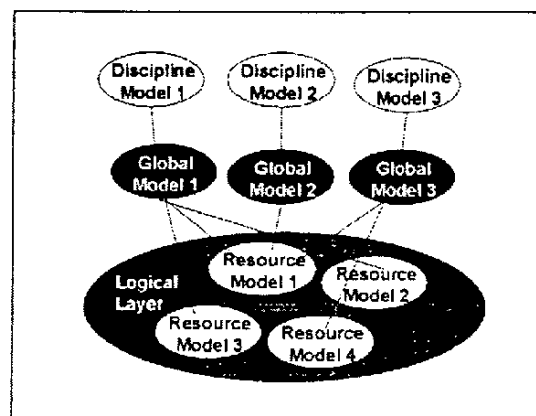


図 3-1: PDES 開始作業の構造

¹² PDES および STEP におけるアプリケーションは、特定の目的に対するデータの使用を意味している。

グローバルモデルの開発に関する技術的詳細についてはよく理解されていなかった。したがって、この問題に取り組む全体的な計画がないため、モデル開発プロセスは規範およびリソースモデルとは別々に進められた。規範モデルは機械的製品内のアプリケーション、アーキテクチャ、工作&建造 (AEC) 製品、および電気製品に対して開発された。これら3つの広範なアプリケーションエリアは、IGES イニシアチブとして開始されたものを拡大した引継ぎ作業であった。リソースモデルには幾何、位相、製品構造、および製品記述の共通の側面に対応するその他のモデルが含まれた。しかしほとんどのモデルは、明確な規範モデルでもリソースモデルでもなく、提案されたアーキテクチャから独立した製品データ表現という特定の側面での作業に投資していた参加者によって促進されたものであった。モデル開発への過去のアプローチは、現在も SC4 コミュニティに絶えず関与している。SC4 にとって、方針および優先事項を確立し、保持することは困難であることが多い。テクノロジーにより側面ごとの標準を構築するうえでの膨大な実験にはそれだけの価値がある。

NIST からの関与はこの段階では主に規範固有であった。現在の建築および火災研究所からの関与は、AEC 委員会での作業に貢献し、AP 方法論の開発につながった。同様に、製造設計研究所および電子/電気設計研究所からの参加は、機械的および電氣的製品委員会での作業に貢献した。

3.3.2 モデリング -- 何が必要とされ、何が利用できるのか

モデルに関しては2つのことを明記しておかなければならない。1つは、モデルが現実世界の現象の再生または理想化であり、現象ではないということである。もう1つは、モデルが現実世界の現象を単純化または抽象化したものであり、現象の顕著な側面を全て表現するものではなく、表現することもできず、むしろ一定の目的に対してこれらのいくつかの側面から選択するものだということである。

最初から、SC4 は STEP の複雑さをサポートするための、ローバストなデータモデリングが必要であると認識していた。多くのモデリング言語 (ADM, ER, IDEFIX, NIAM) などが存在するが、それらについては第5章で説明する。それぞれの言語は不完全であるか、あるいはそうでない場合は STEP に関連する重要なエリアに取り組んでいた。例えば ER は継承階層をサポートすることができなかった (後の拡張ではこのコンセプトを追加した)。ASN.1 [24] は ISO 公式モデリング基準に最も近いものであったが、やはり不完全で、例えば関係を表現する手段などに欠けていた。不十分ではあっても、NIST は ASN.1 を、開発にレバレッジを導入するための土台、および既に通信標準から入手可能なソフトウェアツールとして使用するよう推奨した。国際的に認証された開始点が既に存在したにもかかわらず、なぜ最初から開発をやり直したのか？ NIST は既存の言語を促進する点では孤立しており、この方針において SC4 に影響を与えることはできなかった。SC4 団体からの多くの発言でおそらく最初のものは：「我々は他のものとは違う。我々はより複雑である」というものであった。

PDES 開始作業は一つの形式的記述言語を特定することはしなかった。NIAM [25]¹³ および IDEFIX [26] (統合 DEFINITION 1X) は既に使用されているモデリング言語に対する主要な候補であった。これらの言語はいずれも図式構文を用いていた。EXPRESS [27] になる計算可能な言語 (すなわち図式構文より字句構文のあるもの) を開発する新たな作業が始まった。

当時存在したデータモデリング技法のなかで、本質的に欠落していたり、十分に支持されていない側面の一つに実装可能性があった。データモデル作成に相当な時間を費やした後では、モデルのチェックおよび変換を、知的に操作することのできるソフトウェアに自動化することが望ましかった。一般にこれは不可能とされた。例えば、モデリング言語で直接表現することのできない制約やアルゴリズムを表示するテキスト記述の共通問題点を考察してみる。ほとんどのシステムでこのようなコメントを添付することができるが、それらは本質的に実装不可能であるため、この添付をコンピュータソフトウェアに変換する自動的な方法はなかった。

¹³ オブジェクトロールモデリング (ORM) は、当時は NIAM (Nijssen 情報分析方法) と呼ばれていたものの現在の呼称である。

プログラミング言語およびデータベース言語 (いずれもモデリングおよび照会用) も不十分と考えられていた。特にプログラミング言語は、Ada [28] および C++ [29] などの言語がモデリングに必要なパワーに近づいていると考えられていたため、関心を集めていた；しかし、実装言語としての本来の性質が、本質以外の詳細を省略した抽象を作成するための使用とは矛盾を示した。一方で、プログラミング言語およびデータベース言語は実際の言語であり、いくつかは既に標準化されるか、あるいは標準化のプロセスにあった。SC4 作業に便乗する考え方には、時間と労力の大幅な節減があった。

しかしモデリング言語とプログラミング言語両者のトレードオフの討議には膨大な時間が費やされた。この内容は詳細に記録されていないため、同じ話題が何度も取り上げられ、しかも実を結ばなかった。それは短期間に、現実世界のコンテキストにより技術的根拠を記録しないという結果を生んだ。通常そうであるように、このような文書化への投資は長期間にわたって見返りがあるものであるが、これは苦しんだ結果、後で明白になることである。

規範という観点から、AEC モデルは NIAM の中に入る傾向があった；電気および製造規範モデルは IDEF1X に入る傾向があり；幾何および位相リソースモデルは EXPRESS という常に変化する字句形式を用いた。国内の関心がこの規範分離をさらに悪化させ、米国は主に IDEF を用い、欧州諸国は主に NIAM を用いるという事態が生まれた。米国国内では、NIAM ユーザーは主として学術団体の関係者であり；IDEF ユーザーは国防省の関係者であった。データモデリング言語の使用における STEP の聖戦を待ち受ける状況が出来上がりつつあった。

NIST スタッフはモデリング言語に関する 2 つのレベルに関与していた。つまり EXPRESS 開発に貢献する技術的「言語開発」専門家として従事するものもあれば、情報モデリングの技術専門家として従事し、情報要件の意味捕捉を容易にする形式的な記述言語の能力を保証することに焦点をあてているものもあった。

NIAM は言語学にその端を発しているため、簡単に英語記述に変換することができた。NIAM 図式構文は制約を表現する能力において特に優れていた。データベーステクノロジーへの方向づけを強化して開発された IDEF1X は、関連 (およびその他の) データベース実装の開発に特に適している。コンピュータプログラミングの分野では、EXPRESS は多くの人々により、抽象的データタイプのルーツから発展してきたものと考えられていた。多くの人々により、EXPRESS は情報条件の計算可能な表現に対する条件を満たす唯一の字句言語ともみなされていた。

3 つの主要モデリング言語にはそれぞれ支持者がいた。NIAM、IDEF1X および EXPRESS は、情報条件の表現問題を形式的に解決する 3 つの手段であった。いくつかのグループは、NIAM および IDEF1X が実装考察のない意味論を捕捉する概念的レベルで使用するために設計されているものと確信し、両者を優先する傾向にあった。彼らは EXPRESS を構文的アプローチとみなし、包含される実装考察の論理レベル記述に適していると考えていた。これは主に、そのデータタイプの明白な宣言によるものである。EXPRESS は意味論に関してより正確な使用規定を要求するものと期待された。PDES 開始作業が論理階層という語を使用したという事実は、それが記述したものは本質的に概念的な性質を持っていると考えられたため、火に油を注ぐだけであった。ISO 10303 で概念モデルと論理モデルの両方が開発されていれば、実装に関する多数の問題点はこれほど深刻にはならなかったかもしれない。

EXPRESS には、NIAM および IDEF1X での宣言的制約アプローチに比べ、多くの情報モデリングシステムの目には望ましくないものと写った、手続き上の制約仕様能力があった。しかし他の人は、EXPRESS におけるデータ型表現および手続き制約の構文的正確さを優先した。したがって、STEP 用に開発されたモデルは、標準開発に従事する人々によって決定された各種の抽象レベルにおける多様な情報条件を反映し、これら 3 つの形式的記述言語に関する表現優先事項も反映していた。振り返ってみると、他のモデリング言語の方が適していたのだろうか？ おそらくより最適な選択肢は、C++ などの従来のプログラミング言語であったかもしれない (ただし C++ もこの段階ではまだ安定していなかった)。

STEP 活動が始まった頃、関係者には、標準化および承認を含めて、数年間で満足なモデリング言語を作成できるだろうという非現実的な期待があった。

どうしてこのように無知であったのか？ おそらく無知であったというよりも、適切な時期に主要製品データ交換標準を確立し、完成させたいという熱意がそう思わせたのであろう。

現代のモデリング言語の一部は数年間にわたって改良されており、STEP 開発者たちは、IDEFIX のように「充分近づいて」いた既存の言語のいずれか一つに焦点を当てることができたかもしれない。EXPRESS は最終的に McDonnell Aircraft の PDDI プログラム (当初 RASCAL として知られ、やがて DSL と改称された) (データ仕様言語、またはユーモラスな観察により Doug Schenck¹⁴ 言語) から発展した。振り返ってみると、PDDI は適切な開始地点ではなかった。現在の作業は、PDDI の寄与によるところはほとんどない。

もう一つ、関係者の背景という問題があった。NIST では、関係者はモデリング専門家ではなく、主としてエンジニアであった。ほとんどの時間が自己教育に費やされた。ローバスタなモデリング言語の作成に関してはほとんど専門知識がなかった。モデルを実行することができる人にとっては、仕事をするうえでのモデリング専門知識が充分ではなかった。NIST は議長および事務局の立場から技術的作業を主導したが、それには STEP のモデリング標準化の方向を左右する大きな能力と責任があった。NIST 関係者の技能や知識および背景などは、この段階で他の関与者の大半を代表するものであった。このため、「エンジニアがエンジニアを主導する」という状態が生まれた。これは、数年間活動を遅らせた資源管理問題につながった。

3.4 統合製品情報モデル (IPIM : The Integrated Product Information Model)

1988 年 10 月までに、PDES および STEP 内で開発された情報モデルは、統合製品情報モデル (IPIM) という単一モデルにまとめられていた。これはその PDES 開始作業最終レポートにおける IGES 組織の提案からは離れたシフトを表していた。このシフトがここでは EXPRESS にどのような種類のモデルを解釈し、実装者が有効なデータ交換のためにそこから引き出すことのできる単一のエンティティプールに結合するかということを検討した。IPIM は、統合に関する ISO TC184/SC4/WG1 小グループ (SG) 6 内で開発されたが、SC4 のコンセンサスは、やがてまったく異なる体系へとつながっていく、別の SC4/WG1 小グループが提示したアイデアへと変更されていくように思えた。

3.4.1 IPIM アーキテクチャ

IPIM は偉大な「ビッグダディ」-- 抽象レベルを問わない全てのモデル (EXPRESS で表現された) の要約であった。主に IPIM の仕様に対して採用されたエンティティプールコンセプトにより、どのモデルまたはエンティティも別のモデルにとってのリソースになる可能性を秘めていた。エンティティを特別なベースで引き出して新しいモデルを作成することができた。モデルは IPIM の中に、所定のオブジェクトに関連するとみなされるものと、そうでないものの区分を確立した。このエンティティプール手法はモデル開発者にかなりのフレキシビリティを与えたが、統合および、区分の作成および内容に特に注意しなければならなかった。互いに独立して開発されたモデルは、同じ目標を達成するための、複数の、矛盾する可能性のある方法を作成することが考えられた。モデリングシステムにとってのフレキシビリティであったものが、実装者およびユーザーにとっては不明瞭で冗長なものになってしまった！

¹⁴ Doug Schenck は EXPRESS の開発に着手した SC4 作業グループの議長であった。

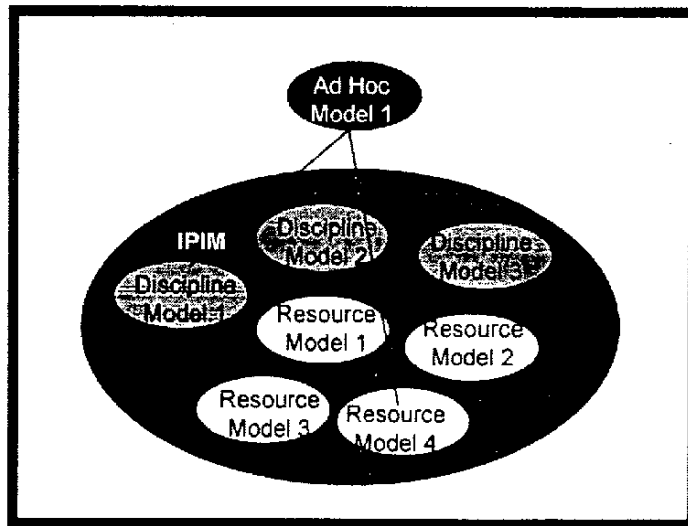


図 3-2: ISO TC184/SC4/WG1 の IPIM アーキテクチャ

IPIM での統合は、モデルの「表面構造」の結合に限定されていた。つまり、エンティティの意味はモデリングシステムによって定義されたりテラルな意味で見直された。2 つのモデルが同じオブジェクトに対して別の名前を使っている場合、解決を必要とする命名の矛盾が存在した。コンセプトの基盤となる意味の分析が必要であることは明らかになったが、実行はされなかった。したがって、例えば AEC と接続関係の電気規範モデリング間の相違を解決するための矛盾解決は、包括的なエンティティが両方の規範に共通に定義されていたため必要とされなかった。

IPIM のエンティティレベルの審査には、2 つの主要基準が適用された。1 つはエンティティのスキーマ独立性であり、各エンティティ名は IPIM を通じて独自のものである。もう 1 つはエンティティ制約のコンテキスト独立性で、各エンティティには、コンテキストから独立した制約だけが含まれる。いずれの基準も規範固有のモデル開発におけるエンティティのどのような組み合わせも利用できる能力を維持していた (すなわちモジュール性が重要であった)。その他の基準には、最小冗長性があるが、時間およびリソース限界はその使用を禁じた。

Jim Nell recalls... In the middle of the integrated-resource wars we were continually trying to fix on consistent meanings for entities. The UK team of Howard Mason and Nigel Shaw distributed the following cricket rules at the meeting prior to Heathrow to highlight the integration problems. (I wonder if a machine could parse a product file such as this.)

Ins and Outs of Cricket

Two teams of 11 players toss a coin to see who goes in first.

Team that is not in goes out.

First two players of the team that is in, go out. These two stay in until one of them is out then he comes in and another player that is on the team that is in goes out.

This goes on until only one man is left in, then they are all out, apart from the man who is not out and both teams come in.

Then the team that was in goes out, and the first two players of the team that are no in go out.

Scoring appears to be unimportant, but the team who runs the most wins.

Often it rains. Then both teams come in and depart to the inn.

(Who said integration was complicated?)

特定の規範という観点から開発されていた情報モデルは、アプリケーションモデルと呼ばれた。リソースモデルとは、アプリケーションモデル間で使用される能力を備えたモデルであった；しかしこの区別は、アプリケーションモデルが別のリソースモデルを使用したため、相対的な意味でのみ適用された。この区別は IPIM 方法にとって特に重要とは思われなかった。両者の間に通信が確立された、アプリケーションモデルと論理階層モデル間の形式的な区別は、見かけ上は廃止されている。

3.4.2 この段階での米国の活動

1980 年代半ばの PDES 開始プロジェクトにおいて、Kal Brauner (Boeing) は IPO における PDES プロジェクトマネージャーを務めていた。1980 年代半ばに彼が辞職したときは、Thurber Moffet (Northrop) がこれを引き継いだ。彼が PDES プロジェクトの主導権を握ってからは、彼は積極的に PDES 開発の加速に集中する独自の米国組織結成に向けて活動した。彼の努力は PDES, Inc. として結実した。PDES, Inc. は疑いもなく標準の形成時期 (1988-1992) において STEP に顕著な影響を及ぼしており、今日も影響を与えつづけている。PDES, Inc. の説明はこの章の後半で述べる。フィル・ケニコットおよび Peter Wilson らの努力が IPIM のコンセプトおよび内容の開発にいたり始めたのもこの時期であった。

3.4.3 IPIM の形式的記述言語

IPIM は登場した EXPRESS データ仕様言語を用いたが、これはモデルが、EXPRESS が開発されているのと同じように引き続き変更されていたということの意味している。IPIM は最終的には、IPIM 文書化および後に東京草案 [31] として知られる最初の SC4 投票を明確な目的とした、EXPRESS [30] の凍結バージョンと呼ばれたものを使用した。東京草案は、ISO 草案定義書 (DP) として登録されるため、SC4 決定 29 によって認証された。このとき、下記の部分が初期草案の部分として承認されていた：

- ISO TC184/SC4/WG1 N279 (物理ファイル構造)
- ISO TC184/SC4/WG1 N280 (EXPRESS から物理ファイル構造への写像)
- ISO TC184/SC4/WG1 N283 (序文、適用範囲および定義)
- ISO TC184/SC4/WG1 N285 (試験方法)
- ISO TC184/SC4/WG1 N287 (EXPRESS)
- ISO TC184/SC4/WG1 N284 (IPIM) ユーザー定義エンティティの例外

SC4 は NIST を事務局として指名し、ISO 指令に準じて書簡無記名投票のために DP を回覧した。この投票には DP の 4 節の各節および各セクションへの投票が含まれていた。初期草案投票は 3 ヶ月で開票された。この投票が、7 年間の国際標準作成への ISO 「時計」をスタートさせた。皮肉なことに、SC4 団体でこのような重要な出来事が起こっていたのに、米国は次に PDES の最新バージョンで SC4 投票を行なうことへの支持において意見が分裂していた。米国の技術諮問グループ (TAG)、特に NIST TAG 代表者の多くは、PDES を国際的な精査にかけるまでにはなお技術的に改善の余地があると感じていた。一方、多数の人々は別の国によって別の全面的に異なる手法が提示されるのに先だって、PDES/IPIM を SC4

Sharon Kemmerer recalls... The Tokyo meeting has the most historical significance because of this landmark resolution. It also had a humorous (to some!) start. I arrived in the hotel lobby after almost 24 hours spent in airports and flight. The hotel clerk, noticing my American accent, pleasantly greeted me with a message: Jerry Weiss, the WG1 Convener, was not able to leave the United States and someone else would have to run the weak-long meetings. It seems he to New York from his origin in Texas, only to learn that he needed, and did not have, a Japanese visa! So, upon depositing my bag in my room, I ran back downstairs to gather any leadership-type bodies that may be hanging around in the lobby. My search yielded people like Nigel Shaw and Howard Mason from the United Kingdom. We met there in the lobby, wrapping up close to midnight with an agenda in the hands of our newly appointed ad hoc leader: Howard Mason. It proved to be an interesting start to a very interesting meeting

団体に提示すべきだと考えていた。5 時間におよぶ TAG 会議の結果、東京に向かおうとする米国代表団に与えられた指針は、上記の決定に「ノー」と投票することであった。しかし決定 29 の国家投票に対する歴史書をチェックする者があれば、米国は「イエス」と投票したと明記したであろう。規定された投票でのこのような変更は当時の国内では歓迎されなかったが、今我々には後知恵がある。PDES 草案の公開を支持した米国の「イエス」の投票は、この段階において技術的にも政治的にも重要かつ適切であった。この事実は、一つの国際的な製品データ標準を作成するという世界のほかの諸国との米国の連帯感を示していた。

3.5 文脈型統合モデル (CDIMs : Context Driven Integrated models)

NIST および PDES, Inc. (いずれもこの章で後述する) での国内 PDES Testbed は、プロトタイプ実装の開発を通じた IPIM の有効性を試験することを規定した。いずれの組織も、全面的な IPIM の実装は困難だけでなく、同じアプリケーション条件を表現する際に矛盾する複数のアプローチを提示するものであるという結論を出した。PDES, Inc. は 1989 年にコンテキスト駆動統合モデル (CDIM) のアイデアを開発する方法を導き出し、アプリケーションコンテキスト見地からの PDES のさらなる開発、実装、評価および批准を追求しようとした。CDIM は明示的な目的に向けて、IPIM の有効部分を識別するために開発された。これらは AP の先駆者であり、CDIM 開発方法論が AP のより深い理解へと導いた。CDIM は、そのコンテキストの情報条件を満たすような IPIM の明示アプリケーションコンテキストおよび部分集合を定義した。CDIM 概念の導入により、フラットな単一エンティティプールアーキテクチャから、もとの PDES 開始作業アーキテクチャにより近いものへの移行が始まった (図 3-3)。最初の CDIM はその適用範囲として、構成制御環境における 3-D 製品設計データの交換を開発していた。この CDIM が、最初の 2 つの ISO 10303 AP : 10303-203 の一つに発展していった。

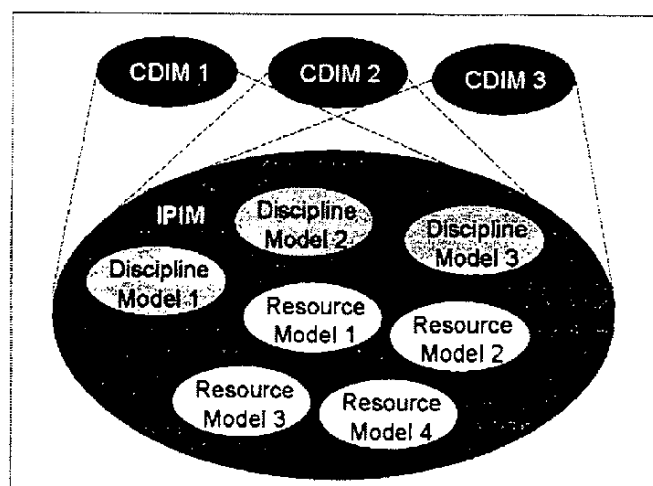


図 3-3: 米国実装試験台の構造

3.6 PDES 統合タスクグループの統合モデル

SC4/WG1/SG6 の保護のもとで、IPIM は開発され、IPIM 実装用のアプリケーションコンテキスト部分集合開発に向け、試験作業が進行中であった。同時に IPO は統合作業グループ (ITG) を結成した。この作業グループは、真の「リソースモデル」と考えられた選択モデルの構文的統合を扱うものであった。米国の PDES は今や開発に向けた国際的傘下にあったが、米国は政治的には、その PDES 開発作業を全て中止してしまうことに抵抗を感じていた。米国はなお、製品データ表現の理解においては稚拙なレベルにあり、指先や爪先を一つずつ見つけては興奮する子供のようなであった。さらに PDES には何百万ドルもの産業および政府の資金が既に投入されていた；販売された解決策は既に PDES を売り込んでおり；その名前 (PDES, Inc., IPO, ナショナル PDES 試験台など) における PDES との目に見えるエンティティが存在していた。何が実施されたかを誰もが知っている略語が多数作成されたら、略語はそのままに

して意味を変更する。PDES が SC4 決定 29 によって包含されてから 1 年以上後に、“PDES” は STEP を使った製品データ交換になった。今では政治的に正当なものとして、米国の単一国際標準への技術的委託が再確認されている。

ITG はモデル開発レベルにおいて、いくつかの規範モデルの統合作業に着手した。彼らは、多くのアプリケーションコンテキストで利用できるリソースモデルに適していると思われる抽象レベルのモデルを選択した。米国はこの活動において主導権を握ったが、その結果は SC4 段階に継続的にフィードバックされていた。

Mike Pratt recalls... In 1984, when Brad Smith gave a talk in Europe about some IGES data transfer experiments. The final stage of the experiment was the manufacture (by machining) of the modeled part. Brad commented on the size of the part, and said that it was actually machined half-size – even so, it was some 18 inches long. The audience laughed heartily at this, and Brad was totally taken aback. But they mostly knew that the part concerned belonged to an aircraft door locking mechanism. It was dimensioned in millimeters, not inches, and the real part was only about 1.5 inches long! I believe that STEP avoids this problem by demanding that units be specified.

アプリケーションおよびリソースモデルは統合候補であった。統合されるモデルはモデルの開発状態と安定性の両者にもとづいて選択された。6 つのモデルが検討された。その中には製品構造および構成管理 (PSCM)、有限要素、素材¹⁵、公差、形状特性、幾何および位相などが含まれていた。形状表現インタフェースモデルは 1988 年 1 月までに完了され、IPIM の一部になった。PDES 開始作業によるアプリケーションモデルとリソースモデルの区別は、PDES ITG 作業によって再確認された。リソースモデルは、その表現に関して製品の形状を定義するための必要な機能を提供した。アプリケーションモデルは製品の定義に関係していた。

1988 年 7 月までに、PDES ITG は IPO の統合委員会になった。1989 年 1 月には、統合リソースおよび統合実施の 2 つの小委員会を結成した。統合リソースは PDES プロジェクトが包括的リソースモデルの統合に関する技術的問題を討議するためのフォーラムの役割を果たした。これは統合に向けた戦略開発を担当した。統合実施は統合リソースが開発した戦略を実施した。統合実施にはモデリングの専門家や、統合プロセス中に特定のモデルに関して専門家として働く責任を負ったモデル開発委員会のメンバーが含まれていた。統合は小規模なプロジェクトチームで行われた。これらの IPO 小委員会は、機能的に SC4/WG4 と同じものであった。米国は WG4 を召集することにより、IPO および SC4 作業における一貫性を提供した。

統合リソースにより開催された討議の初期段階に、IPIM のモデルが一般化の連続、(すなわち所定のアプリケーション固有のコンセプトよりも、包括的コンセプトがどこまで包含されるかという程度) と共に変動することが明らかになった。船舶構造システムモデルのように特有のモデルもある。しかしその他はそれぞれ AEC、電気および機械製品規範から専門家によって開発された汎用 AEC 参照モデル (GARM)、電気機能モデル (EFM) および PSCM モデルなどのように、より総称である。ある製品の総称側面を特定するための複数の手法がなお開発されている。PSCM は本来総称であり、製品構造およびその構成管理の階層化の明確な仕様に重点をおいてきた。GARM は本来総称であるが、製品構造のモデリングでは異なる手法を実施していた。さらに GARM には、その製品ライフサイクル考察から得られた、包括的な特徴づけと多くのエンティティが含まれていた。

極めて固有のアプリケーションモデルをより総称的なモデルと統合することは、明白でなく、一貫性もない。例えば AEC 委員会では、船舶構造システムモデルなどの特定のモデルを GARM と統合させる試みは非常に時間がかかっているか、まったくなされていないかのいずれかである。一般化の異なるレベルでモデルを統合する方法はなかった。このことは、PDES 開始作業の大域モデルのようなものによる製品の特定表現と総称表現間で関係確立の機能がなお関連していることを示していた。

¹⁵ 最初の有限要素モデル (FEM) は素材を扱っていた。統合作業グループは素材モデルおよび FEM への分割を提示した。

3.7 ISO のアプリケーションプロトコル (APs : Application Protocols) コンセプトの承認

「バラの花は、バラと呼ばれなくてもその香りはかぐわしく...」(ウィリアム・シェークスピア)

1984年にSTEPプロジェクトが開始されたときには、その意図する適用範囲の総称記述しか存在しなかった。この適用範囲には、製品の完全ライフサイクルにおける全てのアプリケーションに対するどのような製品にも、完全に定義するために必要なあらゆる製品データの表現および交換が含まれていた。

1988年12月の東京会議までに、SC4はアプリケーションプロファイルに対する必要性を認識し、決定34を通過させた。SCはSTEPのアプリケーションプロファイルがSTEP標準の別の部分を形成し、適合性試験に向けた基本を提供するということを決定した。「アプリケーションプロファイル」という語の使用は、用語アプリケーションプロファイルの平行するISO/IEC JTC1¹⁶の使用までの短期間の試みであった。使用する正確な用語は、実際にNIST内の技術的論争点であった；しかしNIST内で最終的には合意に達し、NISTは1990年1月のSC4パリ会議において「修正への旗印」を引き渡した。決定54はこのフレーズAPの結合を示している：「SC4決定34で識別された「アプリケーションプロファイル」という語は、「AP」と置き換えられる」。¹⁷

1989年6月の、ドイツフランクフルトで開催されたISO TC184/SC4WG1会議で、AP (AP) [32,33] は、STEPがどのように進展するかを決定するうえで重要な役割を果たすものと確認された。第2章で導入したAPの概念は、IPOアプリケーション批准方法委員会において開発されていた。その目的は、1) 特定アプリケーションの情報ニーズを明示的に記述すること、2) そのアプリケーションに対して情報が交換される明確な手段を指定する、および3) 標準化適合検証の基盤を提供することである。

ISO 10303アーキテクチャで、どこにAPが適合するかについては、第4章で記述される。APの今日の要素は第7章で詳しく述べられる。

AP方法を採用することで、PDESの開始作業の基本的アーキテクチャが本質的に改めて確立される。これはPDES開始作業基本アーキテクチャが開発され、STEP開発者が360度の変更を実現してからほぼ2年後のことである！これは、標準化実施における新たな土台の最初に学んだ多くの事柄の1つであった。ISO TC184/SC4は最新の、誰も知らない不安定なものを標準化しようと試みていた。当然ながらマイナスの結果として、非効率、反復および時間的な遅延が生じた。このような冒険のプラスの結果は、よりローバストな標準、標準がリリースされた場合の既存の実装および標準を構成する要素を技術的により良く理解できるようになることである。

この経験から提示されたもう一つの利点は、「最初の作業草案を手に入れたものが、最後に笑う」である。多くの状況において、PDES開始文書のなかで推奨された技術的方向性は、SC4によって同意された最終的方向性に大いに寄与した。

アプリケーション参照モデル (ARM) は、適用範囲と機能要件を明確に定義した、アプリケーション固有のモデルであった。これは最初の規範モデル概念の調整を構成し：リソースは無限のアプリケーションコンテキストにおいて使用されることになっていた。これらはAPの必要な機能性を提供するために用いられる総称モデルであった。写像表 (MT) およびアプリケーション解釈モデルは、ARMとリソースモデル間の写像を形式的に描写する、中間表現 (大域モデルの概念を調整) であった。それらは、実装されたリソースモデルをある場所に置くための制約に関して、リソースモデルがどのように特定アプリケーションに使用されるかを指定した。開始作業によって識別された通信の非形式的記述は、AP方法によって調整されていた (図3-4)。

¹⁶ ISO/IEC 合同技術委員会 I は、IT 分野での標準化を担当する。

¹⁷ 「AP」の命名規約は、ISO9646、「標準のオープンシステム相互接続スイート」におけるAPの定義にもとづいている。

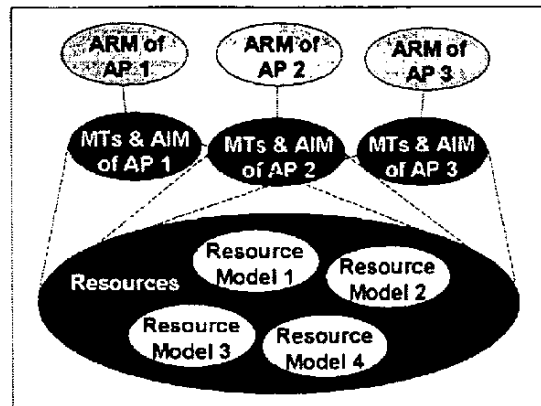


図 3-4: PDES 開始作業アーキテクチャの AP 方法調整

AP 方法は、AP に対する明示的かつ適切に文書化された要素を強調した。しかし 2 つの重大かつ顕著な問題が残されている。1 つは、それによって AP での等価性が維持されるプロセスの技術的詳細 (すなわち MT および AIM の開発における正しい解釈) の理解が不十分であることが原因で生じた。もう 1 つは、IPIM のリソースモデルが、IPIM アセンブリ中の非調整開発方法および意味的統合の欠如によって生じた単一エンティティプールに、同じ情報を表現するいくつかの方法を持っているということであった。

解決策: 各 AP はその ARM を実現する独自の方法を開発することができた。焦点はなお一貫した AIM 構造の維持にあるが、基本的に整合性のない別々の AP に対する可能性が、特別開発に関連する結果を強調した。「平和的に共存する」(すなわち整合性がない) AP よりも、整合性のあるものを開発する手段が優先された。整合性のある AP は、情報要件が変化するたびに出現し、変更された。このため、共通する製品データの首尾一貫した単一表現が要求され、AP 方法はモデリング言語における論争への賢明な解決策を提示するように思われた。

3.8 この通りに STEP プランニングモデルを構築できるか?

PDES および STEP プロジェクトは、複数のアプリケーションに共通する首尾一貫した製品データを表現する計画モデルの開発を、数多く試みてきた。1989 年初頭までに、ISO TC184/SC4/WG1 SG5、データアーキテクチャ小グループにより、かなりの進展が実現していた。計画モデルの基準は確立されていたが、データアーキテクチャ小グループには、関与者として多数の計画モデルが存在した! この計画モデルはそれぞれが、STEP 開発へのトップダウン方式として開発されたものである (ほとんどの部分がボトムアップ方式である、IPIM 内に含まれるモデルの集まりとは対照的)。総称 AEC 参照モデルは、総称アプリケーション参照モデル (その意味を変更するだけで略語はそのままにするという原則で) と改名された [34]。これは SG5 の最低基準を満たしていると考えられた。

計画モデルは、PDES および STEP プロジェクトの総称情報要件の適用範囲および性質を明示的に述べる第一段階として提示された。このように、潜在的リソースモデルの分析に使用され、長所と弱点領域を特定し、将来の開発に向けた戦略を計画することができた。

2 つのグループでは、ISO TC184/SC4 の保護下と、IPO の統合委員会の保護下で、それぞれ独立して同じ基本構造が開発された。この 2 つのグループは、モデル分類および計画グループ (トップダウン方式で作業) とモデル統合グループ (ボトムアップ方式で作業) を提示した。この 2 グループの出現により、IPIM とは技術的に大幅に異なるコンセンサスを確立するための基盤が形成された。

3.9 一般的製品データモデル(GPDM : The Generic Product Data Model)

1989年10月までに、IPO PDES 統合リソース小委員会は、製品データモデルにある基本概念を明らかにする手段として深層構造の統合を使用した。この深層構造統合という用語は、意味の表層構造と深層構造表現の間で、言語学においてなされる区別から類推されるものである [35]。潜在的なリソースは、そのために開発が進められてきた特定の規範の表層表現と、一般に製品に適用される基本的な基礎となる概念のいずれにおいても調べる必要がある。深層構造統合は、それによって基本概念を識別することのできる手段であった。

Curt Parks recalls... I remember the informal event to win the computing hardware goodies contest in 1989. Many of us were working on STEP models, tools, and documentation. Most tasks required better computers than we had been routinely using. (The old VAX 1170 terminals presented a problem when it came to EXPRESS-G models.) Some of us put in for new computers, which often came with "nice" extras. In those days, "nice" meant color monitors, stereo sound, video, and CD-ROM players! With a choice acquisition often came comments of "goodies-gathering." No one, however, ever topped Cita Furlani's installation of a donated mainframe Tandem Computer system. This large-size non-stop data cruncher did not do mundane things like serving mail; it was dedicated to handling BIG loads of STEP data. It could eat our PCs for breakfast! No one else got hardware that came remotely close.

3.9.1 GPDM 統合アーキテクチャ

統合への深層構造手法の結果は、開始作業のアーキテクチャを再確認し、調整したそれまでの作業と一致するものであった。出現した統合の枠組みは、GPDM をその中心特性としていた。この GPDM は、単一の首尾一貫した表現において製品データの共通要素を捉えた。これは総称製品記述事実 (すなわちどの製品にも適用される事実) に関して、製品のアプリケーションコンテキストに依存しない記述を提供した。STEP アーキテクチャにおいて AP 方法を使用する際に欠けていた部分を埋めるものであった！ また GPDM 製品記述事実は、表および AIM を写像するための解釈可能なリソース要素としての役割も果たした。

GPCM は AP に対するリソースになる、モデルの構造を提供した。これらのモデルが統合され、統合リソース (IR) として知られるようになった (図 3-5)。

AP の構成要素として、アプリケーション解釈モデル (AIM) は、特定のアプリケーションコンテキストにある製品に関する総称事実の解釈を形式的に記述した。それらは GPDM を通じてリソースモデルの下位レベルを利用した。アプリケーション参照モデル (ARM) は、表および AIM の写像という手段で GPDM にアクセスした。

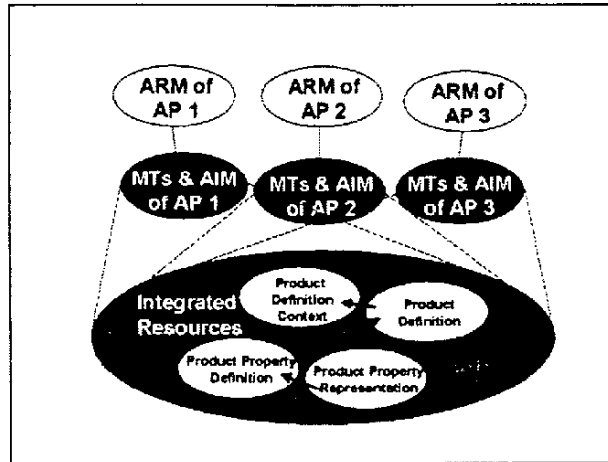


図 3-5: 統合リソース小委員会アーキテクチャ

IPO 統合リソース小委員会において開発された GPDM の製品記述事実概念 (IR の必要な要素である) は、ISO TC184/SC4 のデータアーキテクチャ小グループにおいて識別された製品記述データの種類のうち、意識が融合して、さらに開発を進めた....

3.9.2 形式的記述言語におけるコンセンサス

開発中の STEP アーキテクチャにおける形式的な記述言語の集成的利用が変化した。表 3-1 は過去のこの時点での言語利用を示している。

STEP アーキテクチャ 構成要素	構成要素の役割	使用される記述言語
AAM	AP によって支援される活動を捕捉する。	IDEF0
アプリケーションオブジェクト およびアサーション	AP の情報要件を指定する。	英語
ARM	AP 情報要件の理解を容易にする。	IDEF1X, NIAM, EXPRESS-G
AIM	活動および情報のフローを捕捉して、特定アプリケーションコンテキストの製品に関する総称事実の解釈を記述する。	EXPRESS, EXPRESS-G
写像表	アプリケーション情報要件を追跡する。	写像表構文 (EXPRESS から導出)
GPDM	製品データの単一で首尾一貫した表現共通要素を捕捉する。	EXPRESS, EXPRESS-G
統合リソース	特定の AP に対するリソース構造を定義する。	EXPRESS, EXPRESS-G

表 3-1: モデリング言語アプリケーション

ISO TC184/SC4 作業は、単独の作業グループ (WG1) をスタートさせた。WG1 のもとで、必要に応じていくつかの小グループが結成された。この構造には SG5 (データアーキテクチャ) および SG6 (統合) が含まれていた。SG5 は計画モデルおよびモデル分類枠組みを使って、STEP アーキテクチャをトップダウンで捉えていた。SG6 では完全に独立した作業が実施され、IPIM (東京草案) が作成された。東京草案に対する ISO の投票結果は、IPIM に対する支持がほとんどないことを明らかにした；しかし STEP の方向づけへのコンセンサスは確認された。WG1 は AP の重要性を認識した。適用され、統合されなければならない製品記述データの種類のうち、SG5 の見解と共に、米国の見解が表明された。EXPRESS は IR および AIM 用に使用される言語として承認された。統合および解釈の方法を可能にするためには、2 つの新しい EXPRESS 構造が必要とされた。この新しい構造により、STEP の第 1 版リリースに向けたコンセンサスが可能になった。この新しいコンセンサスを確認するために、IPO が PDES

を、STEP を用いた製品データ交換を意味するように定義しなおしたのは、過去のこの時点においてであった。

3.10 面白くて、専門的で、素晴らしいもの

William Burkett recalls...I remember the exact moment when PDES changed from PDE-Specification to PDE-using STEP. It was the IPO Steering Committee at the Anaheim Convention center in 1990. In discussing the relationship between PDES and STEP, Spencer DePauw (from Caterpillar) leaned over to me and said jokingly, "maybe we should call in Product Data Exchange using STEP!" The Steering Committee thought it was funny – and a good idea, too! They immediately voted to adopt the new meaning for the acronym PDES.

モデリング言語やモデリング法およびそれを支援するアーキテクチャが理解され、採用されるようになると、現在我々が知っているような STEP に貢献する数々のイニシアチブが生まれた。以下にその活動について述べるのは、この製品データ標準化イニシアチブにおける関与者の熱意と投資の規模を示すためである。Ad Hoc Complainers and Grippers Committee が言及しているように、規格開発に際してはユーモラスな展望を保つことが重要である。しかしユーモアはあっても、技術的な問題は熱心に特定され、批判されなければならない。ユーザー団体の多くは、概念として STEP の適用範囲に影響され、その要件が STEP を現実のものにすると考え、喜んで資金を提供した。

3.10.1 ユーザーがレバレッジを投入した影響米国国防総省

ユーザー駆動要件は、ISO 10303 開発に向けての強力な動機づけになることが実証されてきた。既に述べたようにこの方法は、統合計画モデルの有無に関係なくリソースが特定のニーズ領域を支援するように駆動されるため、価値がある場合もある (次セクション参照)。一方、ユーザー要件がなければ、我々は標準を作成する必要がある。米国国防総省は初期の立役者であり、強力なプレーヤーであった。国防総省はその要件を十分に認識し、要件を満たすための解決策に投資することを恐れなかった。製品データ標準化団体における 2 つの特に顕著な防御「プレーヤー」は、NIDDESC および CALS であった。

3.10.1.1 NIDDESC

海軍/産業デジタルデータ交換標準委員会 (NIDDESC) は、民間企業および政府組織間のコスト共有事業であった。基本的な目標は、船舶構造および流通システムに対する製品データモデル、および製品モデルデータのデジタル交換において、産業界全体のコンセンサスを開発することであった [36]。IGES 領域における NIDDESC の初期の関心および後援については第 2 章に明記されている。また NIDDESC については、STEPAP への貢献および作業に対して第 7 章でも記述されている。NIDDESC の初期の作業に委託した多数の企業は、他の情報ニーズとも全面的に統合される船舶建造領域の ISO 10303AP のスイート開発において、今なお重要な役割を果たしている。

3.10.1.2 CALS

おそらくシェークスピアの「バラは他の名前では呼ばれても...」のくだりは、「CALS」の意味および略語に対してよりぴったりと当てはまると思われる。この略語は 1985 年の最初の意味から 2-3 回¹⁸変更されている。意味の変更は、全面的に統合された情報管理国防製造サポートに対するその要件範囲の新たに発見された洞察を捕捉するため、意図的に実施された。読者は本書のあちこちに、CALS 後援、CALS 関与または CALS 要件に関する引用があることに気づくであろう。1980 年代半ばから 1990 年代初期まで、国防 CALS イニシアチブは、製品データ交換標準化を促進する

¹⁸ CALS: 計算機援用ライフサイクル支援、計算機援用取得およびロジスティック支援、連続取得およびライフサイクル支援、および光速通商 (産業用)。国防省は声明を発表 (国防事務局「CLS 定義および見解声明」CALS ジャーナル、1994 年春) し、計算機援用から「連続」への遷移を説明した。この意図は、情報管理製造の重要性を認め、同時に全ての操作が引き続き「計算機援用」になることを認識することであった。

重要な資金、リソースおよび優先化要件などを提供してきた。今日、国防 CALS 要件は、北大西洋条約機構 (NATO) において国際的に特定され、優先されている。NATO 各国からの CALS 代表者は、ISO 10303 のもとでの開発および採用を目指し、ISO TC184/SC4 表に対する要件を明らかにしている。

3.10.2 Ad Hoc Complainers and Grippers Committee

1987 年 7 月の IPO 会議の席上、ゼネラルエレクトリック (Peter Wilson)、Boeing (デビッド・ブリッグズ)、リード大学、英国 (Nigel Shaw)、IBM (エド・クラップ) および McDonnell Aircraft (ビル・パーケット) からの代表者が、PDES 問題の文書化を行なう特別委員会の結成を求められた。彼らはみずからを苦情委員会と称し、多数の問題点およびその問題点に影響を及ぼす重大な事象を文書化する論文 [37] を作成した：

- **PDES および STEP の継続的使用。**1988 年の東京草案採択から時間がたっているにもかかわらず、“PDES” という略語はまだ使用されている。C&G 委員会は、技術的見地から “PDES” および “STEP” に違いはないということを明確にした。
- **PDES 適用範囲の解剖。**C&G 委員会は PDES 適用範囲を複数のレベルで捉えた。最も広範囲のレベルでは、適用範囲は完了までに数年はかかりそうな巨大な作業を定義した。それより狭義のレベルでは、適用範囲は現在有効なもの (実装適用範囲) および将来有効になるものの両者を定義した。これらの適用範囲レベルを公開し、標準に対する期待をより現実的なものにすることが重要であった。様々な適用範囲を理解することにより、目標顧客ベースおよび実装テクノロジーを拡大し、製造への情報ニーズの理解を高めることによって促進される継続的な標準組リリースへの体制をユーザーに準備させることができる。
- **計画モデルの作成。**進歩の一部はこのレポートが書かれるまでに実現したものであったが、製品データ交換を標準化しようとするこの作業には、統合計画モデルがまだなかった。このようなモデルは全体的な標準の適用範囲、適切な独立エリアへの作業の分類、および相互関係の高レベルなビューおよび作業エリア間のインタフェースなどを提供するものでなければならない。
- **統合。**本書の第 1 章に書かれた本書作成の例と同じように、C&G 委員会は PDES をシナリオ 4 によって開発するよう推奨した。標準はばらばらの作業として記述されるのではなく、それらを 1 つに統合することによって矛盾をなくし、他では捕捉することのできない欠落した見解などを埋めるものとして作成されなければならない。PDES の用語では、これが統合計画モデル (前の I で述べたようにこれまで欠落していた) および統合製品情報モデル (IPIM) であった。
- **試験。**PDES の各部分はまず試験し、確認されてから、開発プロセスの次の段階に進む許可が与えられる。C&G 委員会の推奨事項には、この試験の意味を定義し、試験計画および手続きを開発する既存の委員会への作業と、ソフトウェア試験ツールの開発および供給により、この努力を加速させる願いが含まれていた。下記および第 8 章には、NIST が 1987 年にこのような推奨事項を真摯に受け止め、現在も忠実にしたがっていることが書かれている。
- **交換テクノロジー。**実装できる交換テクノロジーには、ファイル交換と動的交換という 2 種類がある。ファイル交換には、IGES の場合と同じような静止ファイル交換および、PDDI 作業形状の場合と同様のアクティブファイル交換が含まれる。動的交換にも、直接データベース—データベース転送およびインテリジェント知識の 2 種類がある。この問題を導入することにより、実装レベルの可能性を発見する、別の特別イニシアチブへとつながっていく。

3.10.3 PDES レベルでの特別グループ

これまでに登場した 4 つの実装レベルには、正式な定義や基準はないが、この方法における STEP システムの分類規定は広く用いられ、現在も非公式に承認されている。歴史的にも、交換テクノロジーをさらに理解するために多くの努力が重ねられた。1988 年の春には、PDES レベルに関する IPO PDES 運営委員会特別グループが「実装レベル」の考え方を述べる論文を求めた。

いくつかの作品が受理されたが、その中には NIST、Westinghouse 社、McDonnell Aircraft Company、Ontologic、SDRC、リード大学、Computervision、D. Appleton Company, Inc. および IPO PDES 物理ファイル構造/実装小委員会などから提出されたものも含まれていた。NIST は 1988 年 5 月にワークショップのスポンサーになり、全ての論文を審査し、レベル定義について討議し、さらに関連問題を提起する作業を担当した。

特別グループが結論を出した論文 [38] には、各レベルに対する次のような作業定義が提示されていた：

- レベル 1：受動的ファイル交換：ASCII 交換ファイルが、トランスレータを用いて本来の CAD データベースに写像されたり、CAD データベースから写像される。
- レベル 2：能動的ファイル交換：ASCII 交換ファイルがローカル作業形式にロード（移動または変換）されるか、そこからアンロードされる。この作業形式は、アクセスソフトウェア機能コールを用いて、トランスレータまたはアプリケーションによって操作され、検索される。
- レベル 3：共有データベース：製品データは最新の、マルチユーザーデータベース管理システム (DBMS) に保存される。アプリケーションおよびトランスレータは、DBMS データ操作言語を用いて、複数の外部ビューからデータに直接アクセスし、そのデータを共有することができる。レベル 3 実装を製品に対するマスターデータベースとして使用することが可能である。
- レベル 4：共有知識：製品データは最新の、マルチユーザー知識ベース管理システム (KBMS) に保存される。アプリケーションおよびトランスレータは、KBMS データ操作言語を用いて、複数の外部ビューから製品データに直接アクセスし、そのデータを共有することができる。レベル 4 実装を、製品に対するマスターデータベースとして使用することが可能である。

第 6 章には、交換対共有について討議する場合の、コンテキストにおける実装レベルに関する記述がある。

3.10.4 国立 (National) PDES 試験台

NIST が主催する国立 PDES 試験台は、米国の CALS プログラムによって着手され、支援されていた。これは 1988 年に、STEP 開発活動を支援するため設立されたものである。試験台は、STEP を短期間で完了させるために試験ベースの基盤を提供することにより、STEP 開発に重要な役割を果たした。1996 年にはイニシアチブとしての役目を終えて閉鎖されたが、この国立 PDES 試験台は、草案仕様批准、標準の開発を促進し標準の実装を試験するためのツール開発および試作品製作を通じ、STEP 開発の進展を支えてきた。NIST は米国国防総省と協力して要件の特定と優先化を行ない、産業界とはこれらの要件を満たす標準の確立をともに目指した。国立 PDES 試験台はもはやエンティティとして作動していないが、過去 10 年間に開発された多くのツールは、今日の産業界でなお使用されている。第 9 章ではこの多数のツールについてさらに詳しく説明する [39]。

3.10.5 全 NIST 製品データ交換作業グループ (PDETG)

NIST は 1980 年代後半に、米国技術および産業委員会に統合された有効サービスを提供する作業を促進するため、製品データ交換作業グループ (PDETG) を設立した。作業グループメンバーは、製品データ交換研究、技術開発、標準採用、批准および適合性試験に積極的に関与した技術専門家で構成されていた。メンバーはそれぞれ専門の分野を担当した。当初、PDETG は毎週会議を開き、情報を共有し、国内および海外の投票結果を調整し、技術的な問題について討議があった。現在、PDETG の会議は月 1 回になり、独自の社内ウェブサイトを持ち、その情報共有の大半を e-メールによって実行している。

3.10.6 加速イニシアチブ -- PDES, Inc.

1988 年 4 月、主要米国企業数社が、ISO 10303 の開発および実装を加速するという特別な目標を掲げて PDES, Inc. として統合された。サウスカロライナ研究機関 (SCRA) の現地に召集され、PDES, Inc. は大きく開発および展開の 2 グ

グループに分割される。PDES, Inc.開発グループは下記の業務に関与する：

- AP の操作共通性および上位整合性を支援する STEP 枠組み/アーキテクチャの開発
- STEP 実装に向けた技術ツールおよび解決策 (幾何精度など) の提供
- 加盟企業定義要件を包含させるための STEP の拡大
- PDES, Inc.加盟企業にとって重要な STEP 部品の保持支援

DES, Inc.展開グループの主な目標は、加盟企業において ISO 10303 の実装を実行することである。このグループは現在、加盟企業と共に、いくつかの STEP 試験プロジェクトを実施し、支援している。PDES, Inc.リソースの大半はこのグループに集中している [40]。

今日、いくつかの企業 (国内および海外) と政府機関 (NIST を含む) が PDES, Inc.において積極的な活動を続けている。

3.10.7 PlantSTEP, Inc.

1994 年後半に、プロセス、電力、工作、および建設産業における米国の業界リーダーが、NIST および建設産業協会と合同で、PlantSTEP, Inc.を設立した。PlantSTEP は、プロセスプラントに関する情報の交換および供給に向けた必要な国際標準の実現を促進する作業に専念する、産業組合である。PlantSTEP の最初のプロジェクトは、プラント空間情報交換用の ISO 10303-27 を開発することであった。10303-27 が国際標準草案という形で無事に完了したため、PlantSTEP はその作業プログラムを拡大し、試験的産業プロジェクトおよびプロセスプラントのライフサイクルを通じて設計情報を共有するために用いられる、標準の調査などの作業を含めるようにした。

3.10.8 PDE 情報および活動に対する国内の焦点

米国および NIST 内には、多くの製造プロセスへの解決策としてのデジタル製品データ交換 (PDE) と、その目的を達する手段である ISO 10303 を促進しようといういくつかのイニシアチブが存在していた。

3.10.8.1 製品データ交換に対する国内イニシアチブ (NIPDE)

NIPDE は 1991 年に、3 年後の終結をめざして着手された作業である。NIST 主催および管理による NIPDE は、国内外における製品データ交換標準の開発、試験および実装に関与する多数の組織およびプログラムに関連する情報の、中枢部分としての機能を果たした。以下の 2 つは NIPDE の業績である：

- ワールドワイドウェブ上で製品データ交換ライブラリを開発した。
- STEP の重要性に対する産業団体の認識レベルを上げるため、STEP ビデオを製作した [41]。

NIPDE は産業-政府間に協力体制があることを示す証であった。3 年間の運営期間を通じ、STEP およびその目的を、米国産業界の地図上にのせるのを助けた。STEP は、NIPDE 役員会に参加する政府高官および産業界の中心人物によって支援され、国内的に高い地位を獲得した。商務省テクノロジー管理部次官が役員会の議長を務めた。

3.10.8.2 IGES/PDES 組織 (IPO)

IGES 作業委員会は、IGES のバージョン 1.0 の拡大および補修を目的として、1980 年初頭に結成された。その業務管理のため、運営委員会も同時に結成された。両者を合わせて IGES 組織と呼ばれた。現在、IGES/PDES 組織 (IPO) は ANSI 認定の米国国内標準団体として、製品データ標準およびテクノロジーの開発に携わっている。IPO は IGES および PDES の 2 プロジェクトの指示下において、別々ではあるが類似した標準を開発中である。米国技術諮問グループ

(TAG) は PDES プロジェクト内の常任委員会であり、技術および事業の両面から SC4 投票および関連問題に関する米国コンセンサスの確立を担当している。NIST は 1990 年代の最初から、IPO の議長を務め管理業務にあたっている。また NIST は初期の頃に米国 TAG の議長も務め、1997 年まで持続的な管理業務を行っていた。

3.10.8.3 US PRO 協会

米国製品データ協会 (US PRO) は非営利会員制組織である。1990 年代初期に産業界によって設立された US PRO は、IPO および TAG から ISO TC184/SC4 を含むその関連活動に対して管理機能を提供することにより、米国産業界に貢献している。US PRO は米国における PDE 標準の開発、出版および流通を支援している。協会によるこのような業務は、米国産業サプライチェーン間での製品データ交換を禁じている障壁を取り除くことに役立っている。US PRO は、PDE テクノロジーの発展が米国および大域競争力を大幅に向上させるであろうという信念にもとづいて設立され、運営されている。NIST は US PRO の第二後援者であり、その役員会に投票権のない地位を確保している。

3.10.8.4 NIST オートメーション化製造研究施設 (AMRF)

AMRF は 1982 年に、米国海軍 Mantech プログラムおよび商務省からの共同出資により設立された。その目的は、完全にオートメーション化され、統合されたフレキシブルな製造システムにするために必要な標準およびテクノロジーを開発することであった。設計および製造工程中の部品関連情報の交換に使用される、製造部品データ記述 (情報モデルとデータベースの両方) の開発に多大な力が注がれた。NIST の技術スタッフは、STEP のような標準の要件および実装を実用レベルで理解させる能力を備えていた。AMRF プログラムは 1994 年に完了している。

3.11 爆発までのカウントダウン—ISO 10303 第 1 版

1990 年までに、ISO 10303 の第 1 版リリースに対する政治的な圧力は最前線に押し出されてきた。STEP の重要な要素に関する技術的コンセンサスは、ほぼ完全に得られていた。SC4 決定 68 (1990 年 6 月) により、STEP の初版には下記の部分が含まれることになった¹⁹：

- 概要 (10303-1)
- EXPRESS (10303-11)
- 物理ファイル (10303-21)
- 適合性試験 (10303-31)
- 総称製品データモデル (10303-41)
- 形状表現 (10303-42)
- 表示 (10303-46)
- 製図 (10303-101)
- 決定#62 (第 1 版には最低 1 つの AP 関連の製図を含めなければならないと記述されており、ISO 10303-201 が最優先項目として推奨された) による単一または複数の AP。

第 1 版には他のパートも検討することができた；しかしその包含により必須部分が期限に遅れるような事態が予想される場合には、追加部分を含めることはできなかった。

3.11.1 第 1 版リリース

SC4 はさらに、STEP がその第 1 版リリースにおいて、最低条件として既にいくつかの国内標準によって与えられている能力を提供するものと決定した。これは形態管理 (ISO 10303-203) に対する AP が求められ、この AP の完成を妨げるようなその他の AP の開発は認められないということを意味していた。このため、ISO 10303-201 の完成までにまだかなりの作業が必要であったため、第 1 版リリースに複数の AP が取り上げられるという可能性は極めて小さくなった。

¹⁹ 発行時、この各部の実際標題はここに挙げたものとは異なっていた。

この編集によってリップル効果が生じ、作業を完了させるには他のリソースを当てなければならなくなった。最低でも、10303-201 を支援する統合リソース (IR) だけは完成させなければならない。これは製品記述を支援する総称リソースだけでなく、アプリケーションリソースと管理リソースという他の2種類のリソースも必要になるということである (図 3-6)。特に重要なのはアプリケーションリソースであった。このリソースを確立すると大きなアプリケーショングループに適したソリューションが提供されるが、全てのアプリケーションに与えられるわけではない。10303-201 の場合、アプリケーションリソースは製図であった²⁰。

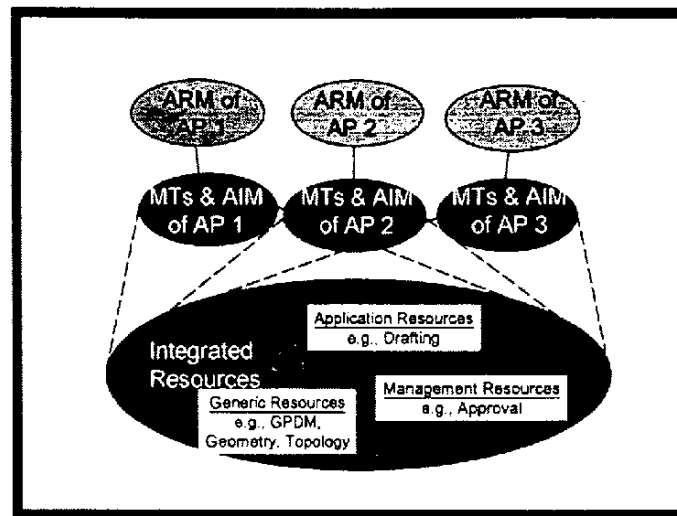


図 3-6: 第 1 版リリースに向けた STEP の統合アーキテクチャ

管理リソース (承認など) では通常、アプリケーションによって要件が異なる。したがって、独立管理リソースのモジュール構造が IR で採用されていた。AP が開発された時点で、該当する制約が AIM に導入され、AIM の中で管理リソースのデータ構造が完了した (特定のアプリケーションコンテキストにおいてどの製品記述データが承認を求めているかなど)。

EXPRESS にはリソースを全面的に支援するための特定の構造がなかったため、第 1 版リリースに向けて作業を実施するための、ある程度ぎこちないデータ構造を必要とするいくつかの EXPRESS 構造を使って、ワークアラウンド (work-around) が開発された。この状況は、その後のリリースにおいて EXPRESS の中で修正されることで合意された。

3.11.2 第 1 版リリースを完了するためのタイガーチーム作業

技術的要素は有効であったが、SC4 が指定した期日までに全ての作業を終えるための作業調整は充分でなかった。全てを一つにまとめる業務を担当するタイガーチームが結成された。この作業では NIST が中心的な役割を果たし、多数のワークショップを召集し、タイガーチームのリソースの一部を提供した。ワークショップは、必要な要素が全て完了し、十分な品質が国際標準として承認されることを審議し、保証する義務を負っていた。

1993 年初めに、STEP の第 1 版リリースは投票のために送付された。世界中のあちこちで安堵のため息が漏れるのが聞こえた。投票は成功した！ 1994 年 12 月、STEP の第 1 版リリースは、NIST における最初の ISO TC184/SC4 会議から 10 年後、こうして ISO 10303:1994、産業オートメーションシステムおよび統合-製品データ表現および交換、として国際標準になった。

²⁰ このリソースは、ISO 10303-101:1994 産業オートメーションシステムおよび統合-製品データ表現および交換-パート 101: 統合アプリケーションリソース: 製図として実際に発行された。

3.12 第1版リリース後も休むことなく

ISO 10303 の第1版リリース後、未解決の2つの主要な問題点を解決するため、SC4 作業グループが再編成された。最初の問題点は、多くの技術専門家たちが、STEP アーキテクチャが第1版リリースに記載されたように、データ交換は支援するがデータ共有は支援しないと確信しているという事実である。彼らはデータ共有をサポートするには、コンテキストに依存しない手法が求められると考えていた。(既存の STEP アーキテクチャおよび方法によるデータ共有が可能であるという少数意見もあった)

もう1つの問題は、「解釈」と呼ばれる、AP で手続き上の要件によって生じたものである。解釈のプロセスについては第4章で述べる。ここではリソース問題を強調するにとどめておく。IR や AP のアプリケーション領域の深い知識を持ち、しかも解釈を実行できる専門家は極めて少数であった。そのため AP 開発作業は、SC4/WG4 による解釈が必要になるたびに、必ず壁につきあたっていた。しかも運の悪いことに、写像表 (MT) および AIM を開発し、それによって AP を完成させる場合も解釈が必要であった。解釈の責任を AP 開発チームが負うようにし、WG4 の専門家への依存度を最小限にするという全体的な動きが生まれた。(当然のことながら、その分野の専門家たちはこの方向づけを、動脈を心臓から切断したうえで、血液を送り込めといっているようなものだとなえた!) このような考え方が広まった結果、SC4 は解散させ、代わりに統合リソースを担当する品質委員会および補助作業グループを結成した。

第1版リリース後、SC4 作業グループの多くの関与者にとって資金提供が大幅に変化し、活動の焦点も変わっていった。ユーザー投資ドルは引き続き、彼ら独自の領域を支援する特定の AP の開発支援という方向を目指していた。一方、IR への持続的な改善を支援する必要性を感じている人はほとんどいなかった。また SC4 の命令にしたがうための集中的な内部品質および統合要件における支援にリソースを提供することを、なお評価している人はさらに少数であった。

SC4 を流れる新しい底流は、STEP 第1版リリースのアーキテクチャおよび方法に重大な欠陥があるとみなしていた。この新しい底流が勢いを得て、STEP 作業グループの再編成が差し迫った問題になった。再度である。一連の事象および決定を通じて²¹、SC4 の全ての標準を支援するアーキテクチャ確立のために、WG10、技術アーキテクチャが結成された。これによって作業の複雑さいくつかの構成要素が追加された：つまり ISO 13584 (パーツライブラリ) の開発、および今なお続けられている ISO 15531 (必須) と ISO 14959 パラメタにおける巢立ちの作業である。作業グループ 4、5、6 および 7 は解散され；その機能は新たに結成された作業グループ 11 と 12 および品質委員会に吸収された。

3.12.1 AP 開発に及ぼす影響

SC4 作業グループの組織構造および規定は変化したが、AP の開発の大半は、クラシック STEP [42] と呼ばれるものの使用 (すなわち第1版リリースにおけるアーキテクチャおよび方法の使用) を続けていた。ただし、アプリケーション分野でも情報モデリングテクノロジーにおいても、新しい手法を採用するため、技術専門家によるその他の作業が進行中であった。

開発中の様々な AP (それぞれ 10303-227 [43] および 10303-221 [44] など) では、クラシック STEP も新たに登場したアーキテクチャおよび手法も利用されていた。新しい方法 (10303-221 で使用) は非常に抽象的な情報クラスの特異化にもとづいており、その後その方法を開発した主として欧州企業からなる組合、EPISTLE [45] による提案がなされた。このクラシック枠組みは、クラシック STEP への手法において類似しているが、詳細においては完全に異なっている。全てのデータに対する汎用コンテキストを作り、それによって単一の考え方を統合モデル (構造では IPIM に類似しているが、詳細では完全に異なっている) に戻するのがその狙いであった。

10303-221 により使用される提案された EPISTLE クラスアーキテクチャおよび方法は、かなり困難な解釈の問題点を提起した。10303-227 はクラシック STEP 方法で開発されたものであるため、そのモデルは IR から AIM を開発するための解釈を必要とする ARM と考えられた。IR は総称製品記述データ構造を使用した。EPISTLE 方法を使用する 10303-221 はその開始点として総称データ構造を使用し、そこからそれらの要件に適したクラスに達するように

²¹ 詳細は第9章を参照する。

専門化した。このような状況では、10303-221 に対して想像できる唯一の方法は、10303-221 の特定された適用範囲に対するデータベース表現要件としてそのクラスを解釈するやり方であった。これは、これらのクラスが IR の製品データ特性表現に関して解釈されることを意味していた。これは 10303-227 の開発者には受け入れられず、この見解の相違が未解決の問題として残った。この AP はいずれもプロセスプラント産業に向けた AP のスイートの一部である。

3.12.2 STEP アーキテクチャへの影響

WG10 は、STEP に対するデータ共有要件を満たすため、SC4 アーキテクチャへの 2 つの方法を検討してきた。1 つはクラシック STEP アーキテクチャを EPISTLE 提案か、またはそれぞれが単一の汎用コンテキストを持つ他の提案の 1 つに変更する方法である。これは、STEP が既に ISO 標準であるため、最も急進的なやり方である。数年間この提案はいずれもコンセンサスを得られなかったが、WG10 により、多くの人々がなおも検討を続けている。

もう 1 つの方法は、STEP AP の開発において、本質的に既存の STEP アーキテクチャおよび方法を (10303-221 の違いを考慮した場合でも) 利用できるようにすることである。この方法は、新しいアーキテクチャの要件を満たすことができなかった STEP AP の移動経路を含む、SC4 に対する傘の構造および方法にその注意を向けさせることになる。この方法についてはまだ広く合意に達しておらず、なお討議中である。

WG10 は SC4 により、SC4 における標準を STEP アーキテクチャおよび方法 (それには既に先行者がある) 以外を用いて承認すべきかどうか尋ねられた。WG10 はこのような作業を禁じない決定 [46] を通過させた；しかし次のようなコメントが寄せられた：

賛成意見

この標準は --

1. 指定されたアプリケーション領域においてデータ交換機能を発揮する。
2. 産業界の支援およびベンダーの支援を得るうえで効果があると考えられる。
3. AP 開発に先駆けた産業試行の基盤として利用できる。

反対意見

1. このような標準を作成するには、実装の開発、批准、試験などの手順作成に相当額の投資が必要になる。
2. 製品データ交換用に競争力のある、非統合仕様を標準化することは、産業データの一貫したアーキテクチャという SC4 の目標にマイナスの影響を与える可能性がある。
3. このような標準の作成は、進行中の SC4 標準開発からの乏しい人的資源を流用する可能性がある。

この決定により、STEP アーキテクチャおよび方法にしたがって AP を開発しないオイルおよびガス産業に対する SC4 (ISO 15926) における新しい標準活動の確立が促進された。この新しい標準は、EPISTLE に似たアーキテクチャおよび方法として特徴づけられるものを使用することになる。

STEP を含む全ての SC4 標準に対する傘としての SC4 アーキテクチャという考え方は、この原稿の執筆段階では合意にいたっていない。SC4 アーキテクチャは、いずれも製品データの適用範囲内に入らない ISO 10303 および ISO 15926 の作業を調整しなければならないような場合に必要になる。

3.12.3 AP 開発における解釈の障害

AP 開発チームは現在、現行組織のもとでの解釈に主要な責任を負っている。この新たな責任は、解釈を実行できる専門家が世界中から集めても 6 人に満たないということもあって、容易に継承されない。さらに特に特定の産業領域外の AP に対しては、統合の重要性についてもなお論争が続いている。特定領域における AP での統合が起こった場

合、この同じ AP を別の領域と統合するためにどのような価値が追加されるのか？ AP 開発者は、AP 開発に要する膨大な時間と関連するコストを減らす方法を、今なお模索中である。

その AP 開発活動の中で、AP のモジュール化に関して PDES Inc.によって着手された作業は、1997 年に WG10 に提案された [47]。PDES Inc.はモジュール原理を用いて 10303-203 の定義を変更している。彼らはまず WG10 に、次に SC4 に対して、新しい AP を開発しているチームが、その情報要件をモジュール形式で構成する方法を検討していると提示した。モジュール化についての詳しい説明は第 10 章を参照する。

3.13 結 論

ISO 10303 開発段階において、同意の得られない孤島に思えた問題の解決が、技術および政治的手段によって対処された。技術的には、問題への答えに決着をつけるため、無数の特別グループが結成された。政治的な面では、進行中の作業に対する資金の供給源と、この資金供給源に関する経済的議題がしばしば優先された。また再編成によって作業の優先化が進み、焦点がぼやけるのを防ぎ、作業に足並みをそろえるのに役立つこともあった。

STEP 開発を通じて保持された、単一の反駁できない事実は、論争が決して終わらないということである。合意実現のサイクルは常に存在する現実であり、NIST は米国の利益を適切に調整しやすくするための、政治的努力にも技術的努力にもなお関与することを望んだ。

STEP には複数の産業にまたがるいくつかの能力がある。今日、標準開発を積極的に推進している産業には、建築 & 建設産業、航空宇宙産業、自動車産業、電気 & 電子産業、製造テクノロジー、プロセスプラントおよび造船業などがある。STEP 標準部品、実装ソフトウェアおよび方法などは、他の標準開発作業において開発中である。STEP に伴う機能的利点の多くは、以下の章において強調されているが、要約すれば次のようなものがある：

- コンテキストベースのデータ交換
- マルチアプリケーションシステム焦点
- 製品タイプ焦点
- ライフサイクルおよび産業用途焦点
- 非独占焦点
- 標準化適合性試験基準

上位 10 社の CAD ベンダーは、10303-203 の第 1 版リリースに向け、STEP トランスレータを建造したり、あるいは建造を委託したりしてきた。製品データ管理 (PDM) ベンダーの中には、同様の委託を行なったものもある。SDAI (SDAI) [47] が国際標準になっても、ベンダー数社はインタフェースするための言語拘束 (パート 23-26 ISO 10303 シリーズ) の 1 対多における支援製品の提供を既に委託されている。

STEP の有望な発展における真のメッセージはユーザー側に存在している。以下の文は、ISO 10303 への企業委託を宣言したニュースリリースからの抜粋である：

ロッキード・マーチン、新データ交換標準を実装

製品の入手可能性促進に向けた現在の業務の一環として、テキサス州フォートワースにあるロッキード・マーチン戦略航空機システム (KMTAS) は最近、同社の F-16、F-22、ジョイント・ストライク戦闘機、F-2 および KTX-2 プログラムに、製品モデルデータ交換標準、すなわち STEP として知られる国際データ交換標準を実装した [49]。

Boeing、エンジン会社 3 社との生産交換プロセスとして STEP を実装

Boeing 商業航空機グループは、Pratt & Whitney、ロールスロイスおよび GE 航空機エンジンとの間で、777 および 767-400 拡張範囲プログラムを支援する生産データ交換プロセスとして STEP を採用することに合意した。STEP は将来のプログラムでも優先プロセスとして使用される。

Boeing およびエンジン会社は、航空機エンジンと航空機を統合する部品の形状および適合性を検証するデジタル予備組立て (DPA) プロセス支援において製品データを交換する。過去のプロセスでは、立体モデルの大型アセンブリが、Dassault Systemes' CATIA の独占データ形式を用いて交換されていた。エンジン会社はその CAD システムと CATIA 間でデータを交換するオーダーメードのソフトウェアトランスレータを使用し、通常はモデルの手動手直しによって交換プロセスを実行していた。注文製トランスレータは、開発にも維持にも費用がかかる [50]。

ゼネラルモーターズは、新しい ISO データ交換標準 - STEP - を生産段階に組み込んだ最初の自動車会社である。

ゼネラルモーターズは本日、ミシガンのトロイにある新しい STEP トランスレーションセンター (STC) での生産運転を開始したと発表した。同センターでは、各チーム間の異なる CAD (CAD) システムで製品設計を転送するために、製品モデルデータ交換標準として新しい国際標準、STEP、ISO10303 を使用する。STEP は、新製品開発工程の能率化を阻んでいた従来の効率の悪いデータ交換方法に取って代わった。EDS-運営センターは、GM 各部門、顧客および供給者間での新製品の設計交換に用いられる。同センターはさらに新製品の設計における協力体制を強化し、時間とコストを節約した生産への動きを増大させる... [51]

STEP 生産開始 !!!

1995 年 12 月 13 日: 1 年間のきびしい作業と決定の結果、McDonnell Douglas は STEP を生産に取り入れた。CSTAR 作業 (C-17 STEP 転送および検索) に支援された PDES, Inc. は今週、中間交換機構として ISO 10303-203 を使い、McDonnell Douglas ロングビーチおよびセントルイス両現場間での C-17 設計データの交換に成功した。転送されたデータは、C-17 のインボードおよびアウトボードパイロン上で情報を参照した。約 525 枚の図面と 2200 個の部品が転送され、合計 75 メガバイト以上のデータになった... [52]。

おそらく文献には、より有効な産業セクター委託例が記載されている。このような産業セクター委託は、それぞれ国内および域内の境界から独立している。

STEP (ISO 10303) の使用における共通理解および協力の覚え書き

この覚え書きには主要航空宇宙会社 11 社が署名し、STEP 使用への関与者の委託を表現するうえでの重要ポイントになっている。署名は 1995 年 10 月に行われたが、署名会社にはジェネリックエレクトリック、Boeing、ロールスロイス航空宇宙グループ、プラット&ホイットニー、ロッキード・マーチン戦略航空機システム、Northrop グルマン、ルーカス、McDonnell Douglas、SNECMA、アリソンエンジンカンパニー、および Hughes Aircraft などがある。GE、Boeing およびロールスロイスは、1994 年 12 月にこの合意書の初版に署名している。

STEP 自動車特別利益グループ (SASIG)

1995 年 12 月 5 日、SSIG は CAD/CAM 製品開発の全役員宛に手紙を書き、指定された STEPAP およびその適合クラスに対する実装優先順位リストを推奨した。このリストは各社の製品開発および納品スケジュールが、自動車産業の STEP 展開に対応できるように意図されていた。SASIG のメッセージの重要な記述は、SASIG のメンバーそのものである。4 カ国からの 4 自動車協会が SASIG を構成した: 自動車産業活動グループ (AIAG、米国)、Groupement pour l'Amélioration des Liasons dans l'Industrie Automobile (ガリア、フランス)、日本自動車メーカー協会 (JAMA、日本) および Verband der Automobilindustrie (VDA、ドイツ) の 4 協会である。

このような現行または予定される使用の表明については、ISO 10303 の開発および発展に向けた委託がなお健在であるという以外、説明は不要である!

第4章

STEPのビルディングブロック

4.1 STEPへの挑戦

ISO 10303の各パートには、この標準化作業において実施された重要な内容を要約する序文パラグラフがある。

「ISO 10303は計算機援用解釈可能表現および製品データ交換用の国際標準である。その目標は、いずれの特定システムにも依存せず、製品のライフサイクルを通じて製品データを記述する能力のある中間機構を提供することである。この記述の性質により、STEPは中間ファイル交換だけでなく、製品データベースの実装や共有および保存などの基盤としても利用することができる [53]」

以下のリストは、第3章で述べたSTEPの当初の目標をさらに詳しく説明したものである。これは、草案「アーキテクチャおよび開発方法参照マニュアル」を含む多数の供給源から蓄積されている [54]。

- 1) STEPの適用範囲には、あらゆる産業に対する製品ライフサイクルの各段階に対するあらゆる製品データが含まれている。
- 2) STEPはアプリケーションシステム間の製品データの完全でしかも明白な交換を支援するものとする。
- 3) STEPは製品データの完全でしかも明確な保存を支援するものとする。STEPはデータの終生有効性を可能にするものとする。
- 4) STEPはアプリケーションシステム間の製品データの共有を支援するものとする。
- 5) STEPは他の標準からの改善された信頼性および効率を提供するものとする。
- 6) STEPは実装の上位および下位整合性を支援するものとする。STEPは拡張可能で、変更を支援しなければならない。
- 7) 他の標準との整合性はSTEPの要件である。
- 8) STEPの実装を試験して、ユーザーが標準を受け入れやすいようにできるものとする。

STEPはIGES、SETおよびVDA-FS (第2章に記述) などの交換標準の継承者として設計されたが、製品データの交換支援以上の機能を発揮する狙いがあるという顕著な違いがある。STEPはデータ共有およびデータ保存の支援を行なうようになっている。このような明確な概念については、STEPアーキテクチャのコンテキストにおいて、SC4/WG10文書 [55] に記述されており、下記のように分かりやすく言い換えられる：

製品データ交換：アプリケーションペア間での製品データの転送。STEPはアプリケーションペア間で転送される製品データの形式を定義する。それぞれのアプリケーションには、独自の優先形式での製品データコピーが保持されている。STEPに適合するデータは一時的で、交換目的にのみ定義される。

製品データ共有：複数のアプリケーションによる、潜在的に同時に起こる、同一製品データの単一コピーへのアクセスおよびその上でのオペレーション。STEPは、製品データの単一コピーとそれを共有するアプリケーションとの間のインタフェースを支援するように設計されている。このアプリケーションは、独自の優先形式でデータを保持しない。STEPの構造的要素を用いて、共有製品データ自体の実現を支援することができる。この場合、特に重要な製品データは統合製品データであり、特定の製品データアプリケーションによって使用される部分ではない。

製品データ保存：通常は長期間にわたる製品データの保存。STEPは保存へのインタフェース支援に適している。製品データ共有の場合と同様に、STEPの構造的要素を用いて、保存された製品データ自体の開発を支援することができる。保存には、交換目的のSTEPに適合するデータがいつでも使用できるように保持されていることが必要になる。

このような連続使用は、製品データ交換または製品データ共有を通じて行なうことができる。

ISO 10303 の開発初期において、SC4 は標準の適用範囲が極端に広いことを認識していた。苦情特別委員会はこれを、その 1987 年次レポートで問題点として明記している [56]。この事実により、STEP の構造を形作る 2 つの基本的な仮定が生じた。SC4 はその広大な適用範囲のため、他の組織が全 ISO 10303 を実装するのとは異なる方法で推測した。したがって標準をいくつかの部分に分け、そこで組織がその操作要件を満たすために必要な部品の部分集合だけを実装するやり方が適切である。次に、SC4 は、STEP の広範な適用範囲を各部に分割する適切な方法は、製品データのビューによるものであり；製品データの有意な交換が起こるのは、アプリケーションが共通のコンテキストを共有している場合だけだと仮定した。

アーキテクチャ形成に役立つ主な概念には、ほかに、標準の内容を産業要件によって完全に駆動させるというものもある。これはデータ仕様の再利用が標準の基礎であるという概念と共に、明らかに異なる 2 種類のデータ仕様開発に結びついた。最初のタイプの、再利用可能な、コンテキストに依存しない仕様が標準の基礎単位である。2 番目のタイプは、アプリケーション-コンテキスト依存型の仕様 (AP) で、明確に定義された産業情報要件を満たすために開発されている。この組み合わせにより、AP 間のデータ仕様の不要な重複を避けることができる。

SC4 は、実現性および効率化を高めるためには、計算機感知標準仕様が必要であると判断した。データを明確に定義するには、形式的なデータ定義言語による STEP データ構造の表現が必要である (ただし充分ではない)。

SC4 はまた、データ交換やデータ共有およびデータ保存を最大限に促進するためには、交換形式およびデータアクセス言語から、データ定義を切り離すことが必要だという判断も下した。実装方法からデータ仕様を切り離すことには 2 つの利点がある：実装方法に変更を加えずにデータ仕様を拡張できるということと、各実装方法で、単一のデータ表現を使用できるということである。

ISO 9646 オープンシステム相互接続 (OSI) 標準 [57] から学んだことは、実装の適合性を査定する組み込み基盤を、STEP アーキテクチャに組み入れる必要性であった。SC4 は OSI より一步前進し、試験方法および枠組みだけでなく、抽象的な試験スイートの標準化も行なうと決定した。標準化された抽象試験スイートは試験の反復性および一貫性に対する必須条件であり、そのために試験機関における試験結果の認知を促進する。第 8 章では、適合性試験の構造上構成要素の各長所について、さらに詳しく述べる。

4.2 ISO 10303 の構成要素

STEP のアーキテクチャは、製品データ交換および製品データ共有の標準開発支援を意図したものである。(この支援が適切かどうかについては、前の章で討議されている) 先行するセクションでの要件および概念は、過去 10 年間にわたるアーキテクチャの発展に寄与してきた。STEP の構造上の構成要素は、いくつかの一連のパートへの標準の分解に反映されている。STEP 文書構成要素は、一連のパートとして、ISO TC184/SC4/WG1 の 1989 年 6 月の会議で考案された。各パートのシリーズには 1 種類またはそれ以上の ISO 10303 パートが含まれている。図 4-1 は STEP 文書化の構造の概要を示している。

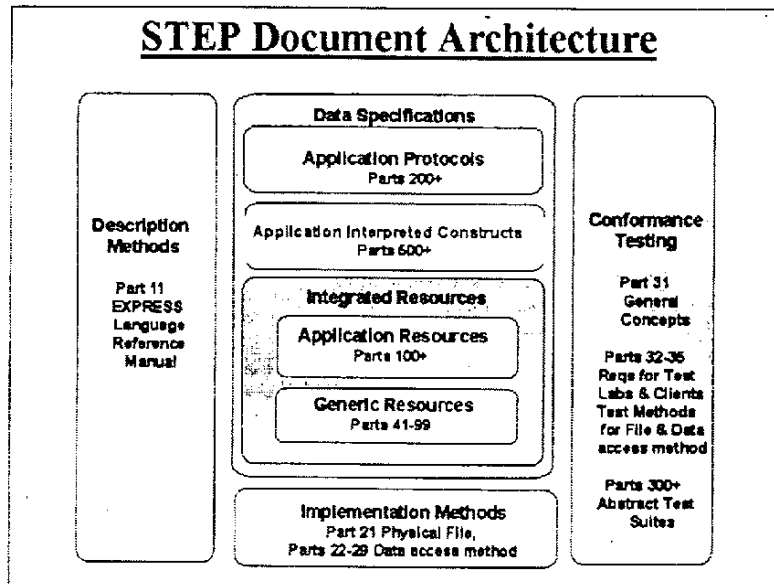


図 4-1: STEP 文書化構造の概要

以下は、STEP アーキテクチャの概要として、構造上の構成要素および機能的側面をそれぞれ説明している。

4.2.1 記述方法

最初の主要な構造上の構成要素は、STEP パートの記述方法シリーズである。記述方法は、STEP のデータ構造を明記する共通の機構である。記述方法には、EXPRESS として知られる、STEP 用に開発された形式的データ仕様言語がある [58]。その他の記述方法には EXPRESS の図式形式や EXPRESS モデルのインスタンス化の形式、および EXPRESS の写像言語などがある。記述方法は ISO 10303-10 パートシリーズで標準化される。EXPRESS 言語の各側面および使用については第 5 章でさらに詳しく記述する。

STEP 固有のデータ仕様言語を開発することは、標準開発にとって画期的な方法である。既存の言語は STEP 内で使用するために評価されているが、標準の条件を全て満たしているものはない。EXPRESS 言語が ISO 10303 以外、さらにはそれが開発された ISO 小委員会以外で使われるという事実は、そのユーティリティの証拠である。多少とも苦難に満ちていたであろう EXPRES 採用までの歴史については第 3 章に記述した。

4.2.2 実装方法

STEP の次に重要な構造上の構成要素は、10303 パートの実装方法シリーズである。実装方法とは、実装、AP 用の STEP データ仕様だけによって指定された情報構造に対する実装技法である。STEP の各実装方法は、STEP 記述方法を用いて指定されたデータ構造がその実装方法に写像される方法を定義づける。このシリーズには、物理ファイル交換構造 [59]、SDAI [60]、およびその言語拘束 [61,62,63] がある。実装方法はパートの ISO 10303-20 シリーズにおいて標準化される。第 6 章では実装方法についてさらに詳しく説明する。

実装方法からデータ仕様を分離させる方法は、STEP でのもう 1 つの SC4 作成方法である。この分離によって、理論上は、STEP 実装の上位および下位整合性が可能になる。実際には、上位および下位整合性に影響を及ぼすような多数の問題が存在する。このような問題を解決する最も強力な技術力および政治力は、ベンダーおよびベンダーの実装における関連影響力によるものである。

4.2.3 適合性試験

STEP の 3 番目の構造上構成要素は、適合性試験の支援にある。適合性試験は 10303 パートの 2 シリーズで取り上げられている：適合性試験方法と枠組み、および抽象試験スイートである。第 8 章では適合性試験についてさらに詳しく述べる。

10303 パートの適合性試験方法および枠組みシリーズは、標準の重要部分として、適合への明示的な枠組みおよび他の試験タイプを示している。この方法は、各 STEP パートの実装試験がどのように実施されるかを説明している。適合性試験の枠組みおよび方法が標準化されているという事実は、STEP 内での試験および試験実施可能性の重要性を反映している。適合性試験方法は、ISO 10303-30 パートシリーズで標準化される。

抽象試験スイートには、STEPAP 実装の適合性試験に必要な抽象試験項目組が入っている。各抽象試験項目は、実装能力の査定方法に関する情報とあわせて、試験中の実装に提供される入力データを指定している。抽象試験スイートによって優れたプロセッサの開発が可能になり、トラブルフリーの交換への期待が高まる。

NIST は英国およびフランスからの代表者と強力し、ISO 10303 において抽象試験スイートを標準化するという条件を確立するうえでの手段であった。STEP 適合性試験概念の中には、部品の ISO 9646 [64] シリーズ後にモデル化されたものもあった。この標準は、概念や方法および語彙に対する基本の確立に役立った。また SC4 には、ISO9646 誤りから学習できるという利点もあった。OSI 例で ATS を標準化せずに、特定の OSI アプリケーションに対する実装試験用の ATS が存在するかどうかを確認することはできなかった。ATS が確認できないということは、標準の実装を試験する機能も確認できないということである。SC4 は ATS の標準化により：

- 要求に対する最前線に評価を据える
- ATS の作成を実行するためのリソースが利用できると保証する
- AP を完成させるときに ATS を利用する
- 開発中に、ATS を使って開発中の AP を再確認または修正する
- ATS を通じて方法および概念を一定に保つ

SC4 決定 168²² の 5 年後、SC4 には ATS の標準化を計画している次の標準開発者と共有する多くの課題があった。抽象試験スイートは ISO 10303-300 パートシリーズで標準化されていたが、現在ではタイプ II 技術レポートとして初めて作成されている。このようなレポートは、複雑で不安定なアイデアを試験および実装してから完成させる標準のほぼ最終段階である。SC4 団体の、10303 AP を支援する ATS の確立に必要な学習は遅々として進まなかった。NIST はこの技術開発のために、世界中の選りすぐられた専門家を提供している。

4.2.4 データ仕様

STEP アーキテクチャの最終的な主要構成要素はデータ仕様である。STEP 文書化構造にはデータ仕様のパート 4 シリーズがあるが、概念的にデータ仕様は主に 3 種類に区分される：統合リソース、AP、およびアプリケーション統合構造の 3 つである。データ仕様は全て記述方法を用いて文書化される。

²² ISO TC184/SC4 決定 168 の内容：抽象試験スイートは、AP への適合性を求めた試験実装への指針を文書化するために開発されるべきものである。AP を DIS として登録するまえに、それに対応する抽象試験スイートは、最低でもその CD 投票を開始していなければならない。

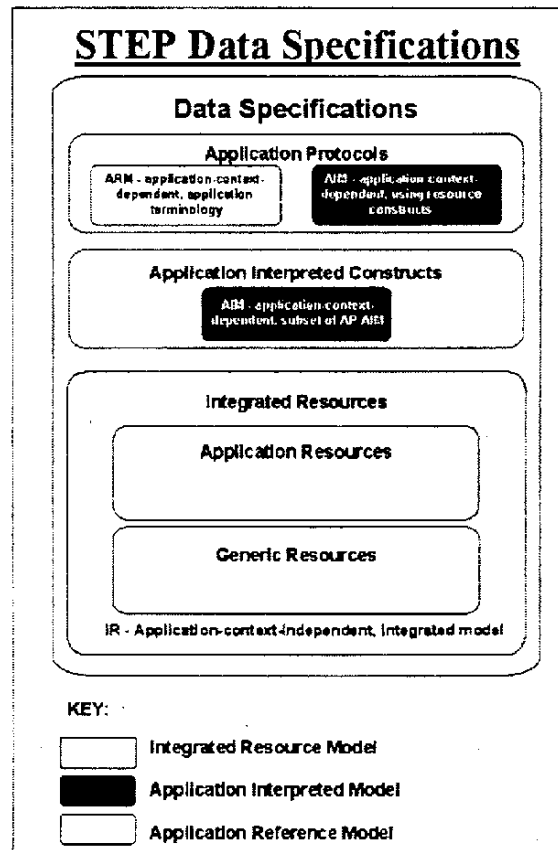


図 4-2: STEP データ仕様

4.2.4.1 統合リソース

統合リソースは、製品データに対する単一の概念的モデルを構成する。統合リソース内の構成は、製品ライフサイクルのどの段階においても、いずれの製品の記述にも使用される基本的な構文要素である。統合リソースは AP 開発の基盤として用いられるが、直接実装用のものではない。それらは特定の条件を満たすために結合され、調整される再利用可能な構成要素を定義づける。

統合リソースは、統合総称リソースと統合アプリケーションリソースという 2 シリーズの部分で構成されている。この 2 シリーズの機能および形式は似通っており、それらは多くのアプリケーションコンテキストでの AP の一貫した開発を支援する、アプリケーションコンテキストに依存しない標準のデータ仕様である。これらは何種類もの製品データアプリケーションエリアの共通の要件を反映し、支援するデータモデルである。

総称リソース構造には、デカルト点、日時、および製品などの例がある。これらの構造は、潜在的にはどのアプリケーションでも用いることができる。統合総称リソースは、ISO 10303-40 パートシリーズで標準化されている。現行の統合総称リソースは下記の内容を対象としている：

- 製品記述および支援 (ISO 10303-41)
- 幾何および位相表現 (ISO 10303-42)

William Burkett recalls... On June 11th, 1986, the "Peoria Project" kicked off. This was a concentrated, focused effort that eventually produced the Product Structure/Configuration Management (PSCM) model. This model evolved into Part 44. Three full-time participants (Tom Voegeli, Caterpillar; Ravi Krishnaswami, GM/EDS; and Mike Yinger, Northrop) spent the summer in Peoria, Illinois to develop this piece of work. As a part-time participant, I traveled to Peoria from St. Louis every two weeks or so - Ravi later said it was the best summer of his career!

- 表現構造 (ISO 10303-43)
- 製品構造構成 (ISO 10303-44)
- 素材 (ISO 10303-45)
- 可視表示 (ISO 10303-46)
- 形状変動公差 (ISO 10303-47)
- プロセス構造および特性 (ISO 10303-49)

NIST は統合リソース開発において、繰り返し重要な技術的役割を果たしてきた。また STEP 開発を活用したり、他の既存の標準と統合したりするうえでも、NIST は SC4 に対して技術的な意識部分で協力してきた。1980 年代後半、可視表示リソースが「新鮮で新しい」として開発され、主にドイツの関係者によって推進されていた。NIST は ISO 9592、プログラマーの階層的会話グラフィックスシステム (PHIGS) [65] を活用することができる機能的能力があると確信していた。

Integrated Resources

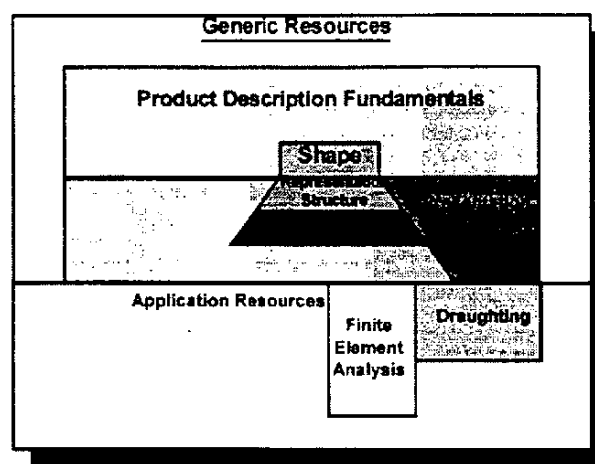


図 4-3: 統合リソース

NIST は ISO/IEC JTC1 PHIGS 作業グループ議長 (偶然にも米国出身者であった) を後援し、SC4 における持続的な表示モデルの開発に積極的に関与した。この活動に対する NIST の投資は短期間のものであったが、この努力によって得られた成果は、PHIGS および ISO 図式カーネルシステム (GKS) [66] の要素を包括的に参照できる ISO 10303-46 に現在も活かされている。NIST はまた、ISO 10303-47 [68] の初期開発作業のほかに、別の統合リソース、ISO 10303-45 [67] の作成にも尽力している。

統合アプリケーションリソースは、多数のほかの製品データアプリケーションに共通の要件を支援する、特定のアプリケーションコンテキストに関係のある概念を表現する。アプリケーションリソース構造の例には、図面シートリビジョン、図面リビジョン、および寸法表記などがある。これらの構造は、図面を含むどのアプリケーションでも使用することができる。統合アプリケーションリソースは、ISO 10303-100 パートシリーズで標準化される。NIST は ISO 10303-101 の開発に参加した。

これらは STEPAP の再利用可能な情報および一貫した基盤を提供する；しかし SC4 が直面していた最大の難問の 1 つは、このようなリソースを必要とする標準と平行して、統合リソースを構築しようとすることである。これらのリソースによって提供される適用範囲の内容、リリースのタイミングおよび適切さについては、しばしば議論が起こった。

AP (AP) は STEP の実装可能なデータ仕様である。AP には、所定のアプリケーションコンテキスト特有の製品データニーズを満たす EXPRESS 情報モデルが含まれている。AP は 1 つまたは複数の実装方法を用いて実装することができる。これらは STEP アーキテクチャの中心構成要素であり、STEP アーキテクチャは主として AP の開発を支援し、促進するように設計されている。

AP の要素は図 4-4 に示されている。

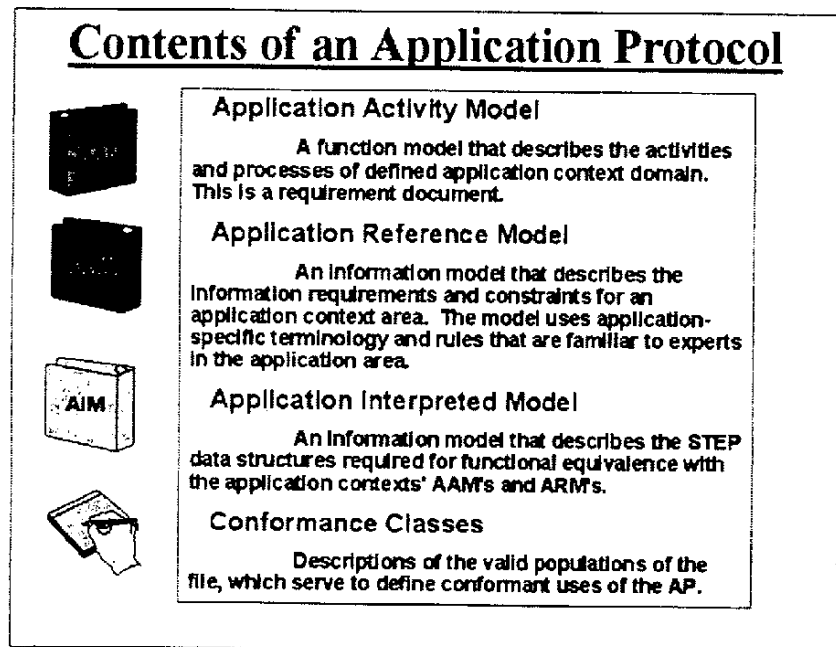


図 4-4: AP の内容

AP の構成要素の多くは、アプリケーション固有の用語において、アプリケーション領域を文書化しようとしている。これは領域専門家による AP のレビューを容易にする。アプリケーション解釈モデル (AIM) は、EXPRESS における規範的、実装可能な情報モデルである AP の構成要素である。適合クラスは、実装の適合性試験の基盤として用いることのできる AIM の定義された部分集合である。AP は、IGES およびその発展が第 2 章と第 3 章で取り上げられるとすぐに、概念的に導入された。第 7 章は今日の AP についての記述である。AP は ISO 10303-200 パートシリーズにおいて標準化されている。

アプリケーション解釈構造 (AIC) は、複数のアプリケーションコンテキストにおいて生じる固有の製品データに合った製品仕様である。アプリケーション解釈構造は、2 つ以上の AP に共通した製品データの交換に用いられるデータ構造および構文を指定する。情報要件が似ている AP が構文的に比較され、標準化された AIC 内での機能等価性の指定につながる機能的等価性があれば、それを決定する。この AIC は次に両方の AP によって用いられ、将来の AP にも同じように使用される。STEP には共通の情報要件を共有するプロセッサ間の操作共通性に対する要件がある。この要件を満たす必要条件是共通のデータ仕様である。アプリケーション解釈構造がこの機能を提供する。アプリケーション解釈構造は、ISO 10303-500 パートシリーズにおいて標準化されている。

概念的に、AIC の目的は堅実である。そこから開発中の AP を引き出すことのできる AIC のライブラリが存在すれば、AP 開発時間および AP 仕様の物理的なサイズが縮小されるものとする。それでもなお、SC4 は統合リソースで直面

したものと同じような開発タイミングおよび構成上の問題に遭遇した。AICの有効範囲は、既存のISO標準APの内容にもとづいている。その標準化されたAPの一部をISOコンセンサス構築プロセスに再度導入することは、内容変更の可能性につながる。その結果は、最初の標準とは異なる標準化されたAICになる場合がある。このため、2つのISO 10303標準の間には構成上の問題が存在する。問題解決のために、SC4はモジュール化の概念に着手している。前の章でも簡単に述べたが、第10章ではこのイニシアチブをさらに詳しく取り上げる。

4.3 STEPのメソッドロジー

STEP方法は、APとそのAPによって求められるリソースの開発を支援する。STEPアーキテクチャの主な特性は、データ仕様の階層化である。最も重要なのは、コンテキスト独立統合リソースおよびコンテキスト依存APである。この2種類の仕様において指定される情報モデルには3つのクラスがある。最初の情報モデルクラスは、統合リソースに含まれる標準化されたEXPRESSスキーマの集まりである。それぞれの統合リソーススキーマは、製品データ領域内での特定主題エリアの表現である。統合リソースは、各種の製品および製品ライフサイクルの各段階に関して総称の、抽象的かつ概念的な情報構造である。STEP統合リソースが統合的な全体を形成すると保証するプロセスは、リソース統合と呼ばれる。

情報モデルの第2、第3クラスはAPに含まれている：アプリケーション参照モデル (ARM) およびアプリケーション解釈モデル (AIM) である。ARMは、製品タイプと製品ライフサイクル段階の特定組によって境界づけられる有効範囲を持ったアプリケーションコンテキストに対する情報要件を捕捉する。ARMはテキストにおいて規範的に表示されるだけでなく、2つの図式モデリング言語 (IDEFIX または EXPRESS-G) のいずれかにおいて参照用に提示される。AIMは、統合リソースから基準線概念要素としてアプリケーション構造を選択するEXPRESSスキーマである。AIMはローカル規則や調整データ型、大域規則および専門化されたテキスト定義などを含むエンティティによって指定される補助的な制約および関連性により、基準線構造を増大させることができる。現在、AIMはAP内で3種類の形式で文書化されている：

1. 特定の主題エリア独自のスキーマ間参照および構造を含むEXPRESSショートリスト
2. 全ての参照が解決できる、完全に独立したEXPRESS拡張リスト
3. 拡張リストに対応するEXPRESS-G図式組

基準線構造を識別し、アプリケーション参照モデルで定義される情報要件を満たすための補助的制約および関係を指定するプロセスは、アプリケーション解釈と呼ばれる。

STEPのデータ仕様に対する開発方法について詳しく述べたいいくつかの文書がある [69, 70, 71, 72]。このセクションの焦点は、STEP方法の2つの主要な原理：リソース統合およびアプリケーション解釈である。これらは各種のSTEPデータ仕様を開発する基盤である。この要件にある同様の危険については第3章で述べた；以下の内容がこれらの要件に対するより優れた評価を構築してくれることを願う。

4.3.1 リソース統合

リソース統合は、要素 -- 情報モデルのように1つにまとまる。STEP統合プロセスの結果、単一の情報モデルが複数標準の複数のスキーマにおいて文書化される。

リソース統合には、草案統合リソースモデルに対する意味論的および構文的統合規則の両方を適用しなければならない。規則そのもののほかに、意味的および構文的規則の開発を支配する原則が、Danner, Sanford および Yang [73] によって文書化された。以下はリソース統合の規則開発に適用される10の原理である：

1. STEP は、段階別のリリース環境における変化の影響を縮小するアーキテクチャを持った AP 解釈に対し、結合的で機能的に適切な統合リソースを含んでいなければならない。これは、将来のバージョンに構造を追加し、変更する能力を持った優れた STEP バージョン 1.0 の作成には重要である。
2. STEP は各部のまとまりであり、それぞれが独自の適用範囲と内容を持った個々の標準である。意味的構造を含む各部の内容は、本質的に概念的である。
3. 構造は製品データの適用範囲内にあるものとする。
4. 構造はアプリケーション要件支援のために提供される。
5. 構造は明記された目的に機能的に適したものとする。
6. 構造は機能的に独自 (すなわち非冗長) であるものとする。
7. 構造は安定し、完全で正確なものとする。
8. 構造は他の意味論において、より総称的な構造を構築する (すなわち特殊化する) ことができる。
9. STEP のバージョンに含まれる構造は、STEP 統合枠組みのスキーマアーキテクチャ内に明示的な位置および役割を持っているものとする [74]。
10. STEP のバージョンに含まれる構造は、互いに全面的に統合されるものとする。

リソース統合プロセスにおいて、草案リソースモデルはその基盤となる意味を決定するために分析される。草案モデルによって表現される概念は、統合リソースにおいて表現される概念と比較される。統合リソース構造は、概念的独自性および機能的適切性に関して評価される。それぞれの統合リソース構造は、特定のアプリケーションコンテキスト要件を満たすために確立される。草案リソースモデルは、矛盾点が解決され、冗長構造が除去され、モデリングが一貫したものになるように調整される。

STEP データアーキテクチャに関する草案構造の配置が決定される。STEP データアーキテクチャは概念的モデルの構造である。統合中、草案構造は既存の統合リソースと構造上そろえられる。これによって空洞を識別し解決することできる。構造化により、意味的な意図に関する完全さ、構造上の一貫性および構造上の精度が得られる。

STEP Data Architecture Example

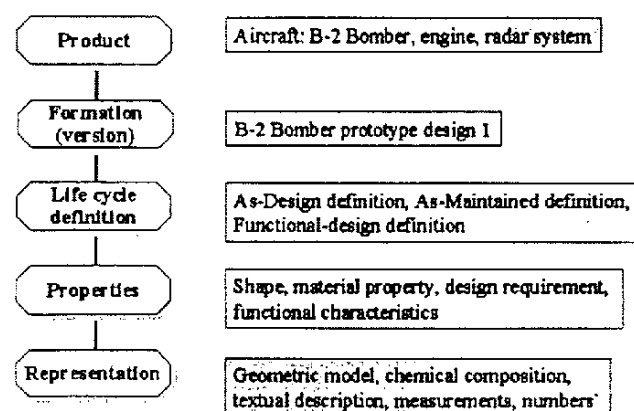


図 4-5: STEP データアーキテクチャ

統合リソースのほかの構造に対する概念的および構造上関連性も定義づけられる。構造間の参照が制御され、特殊化の一貫性と操作性が保証される。別の EXPRESS スキーマにある概念間の参照は、既存の依存性原理にしたがう：構

造参照が特殊化されていなければならないほど、より総称的な構造になる。制御される参照が変更の影響を最小限にし、上位整合性を最大限にする。

4.3.2 アプリケーション解釈

アプリケーション解釈は、要素 -- アプリケーションコンテキストの情報要件および情報モデル--のように 1 つにまとまる。解釈プロセスの結果、単一の情報モデル--AIM が形成される。

アプリケーション解釈は、それによってイベント、オブジェクトまたは概念の抽象表現に意味が割り当てられるプロセスである。アプリケーション解釈モデルでは、抽象表現は EXPRESS 構造によって指定される。統合リソース構造を解釈した結果アプリケーション解釈モデルに新しい構造が作成され、それが統合リソース構造の意味上有効範囲を制限し、狭め、制約することによって構造を特殊化している。

アプリケーション解釈は人間の理解を究極の基盤としている。アプリケーション解釈は構造そのものの意味において作図するだけでなく、その中で構造が生成され、使用され、受け入れられるコンテキストにおいて作図する。AP の有効範囲を境界づけるライフサイクル段階およびアプリケーション領域などが、アプリケーション参照モデルにおいて指定されるコンテキストを定義する。STEP の有効範囲は製品データの表現である；統合リソースはそのコンテキストの枠組みの中で開発された。統合リソースのコンテキストは、特定のライフサイクル段階や製品タイプには限定されない。統合リソースおよびアプリケーション参照モデルは（確立され関連してはいるが）別のコンテキストにおける情報の表現として開発されているため、別のコンテキスト要因の影響を受けやすい。STEP（特に統合リソース構造）での統合リソースの解釈は、そのアプリケーション参照モデルで表現される要件を人間が理解することに依存している。STEP リソースは意味論および概念的要因の解釈および深層知識を通じて開発される。

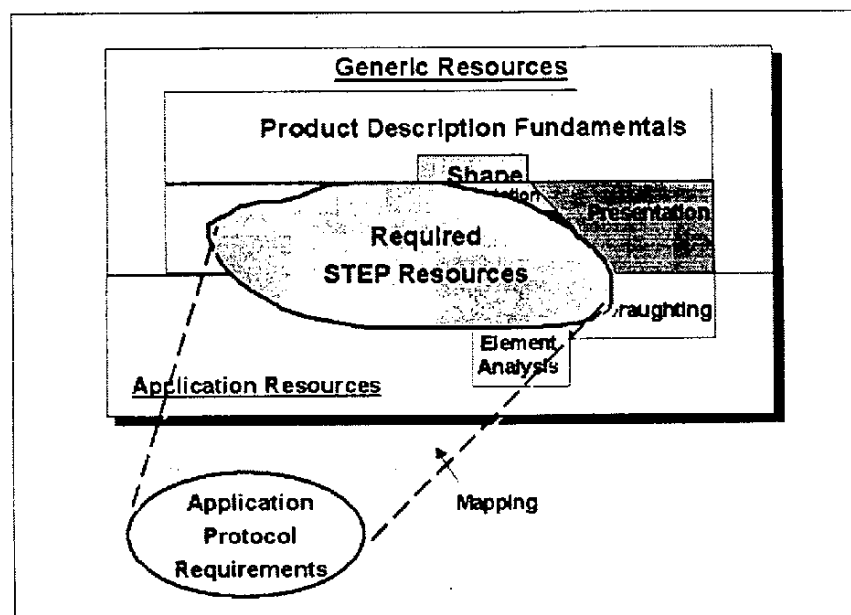


図 4-6: AP 要件および要求される STEP リソース間の写像

STEP 統合アーキテクチャでは、製品情報の意味論の完璧さを保証するため、アプリケーション解釈モデルに最小構造組が含まれていなければならない。その領域および有効範囲には関係なく、各 AP にはその製品や製品タイプ、製品のバージョン、製品定義および定義の適用ライフサイクル段階などを識別するリソース構造が含まれていなければならない。

STEP Data Architecture

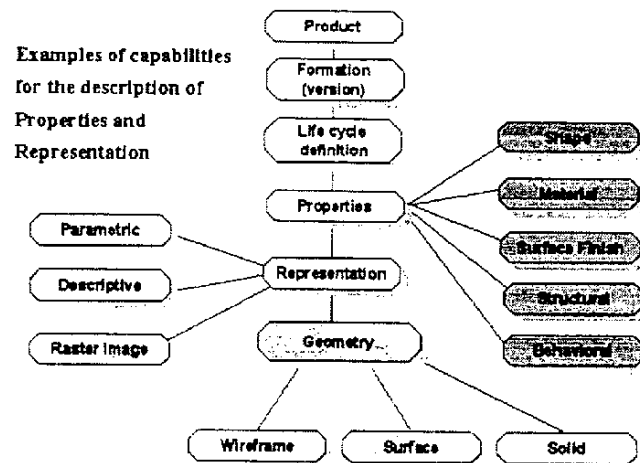


図 4-7: STEP データアーキテクチャ例

解釈プロセスの重要な部分は、異なる AP で確認される同じ要件の一貫した解釈を保証することである。データ共有および各種 AP の実装間での通信は、リソース構造の一貫した解釈なしには実現されない。この一貫性は、同一の統合リソース構造、特殊化、および制約などが異なる AP の同じ要件に対して指定された場合に得られるものである。

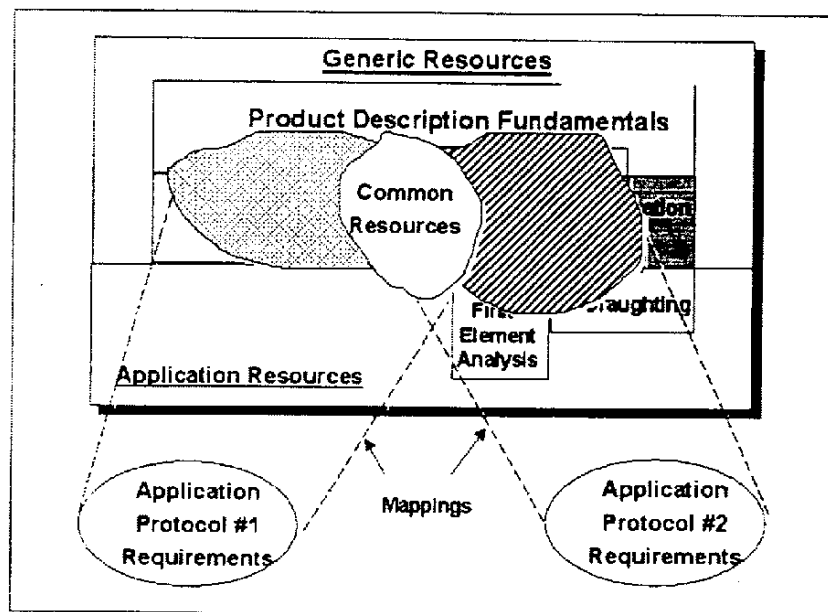


図 4-8: AP#1 要件の AP#2 要件への写像

4.4 STEP が直面するアーキテクチャの課題

第 3 章で強調したように、SC4 の作業はまだ完了していない。以下は ISO 10303 の第 1 版リリース後に SC4 団体が直面したアーキテクチャ問題の簡単な説明である。

アプリケーションの操作共通性 -- 異種コンピュータシステム間で、より有効に情報伝達を行なうことのできる能力。

STEPAP の共同使用 -- SC4 は、多様な産業基盤から、アプリケーション領域要件を多彩に混合させている。これは他の STEP AP 開発者および他の標準開発組織 (SDP) との協力体制をいっそう困難にしている。

統合データ -- 効率のよい有効な方法による、既に述べた多様な供給源からのデータ管理はなお困難な問題である。

実装を共有するデータの開発 -- STEP データモデルをデータベース管理システムテクノロジーと結びつけ、共同設計およびライフサイクルデータ管理を容易にするような解決策がまだない。

STEP の複雑さおよび空間領域 -- 求められるのは、標準化される対象の簡略化である。ISO TC184/SC4 は方法だけの標準化を検討し、領域固有の要件を持ったその産業セクターによる標準化プロセス外での AP の開発を認めるべきか？

ISO 10303 の変更管理 -- 前述のように、既存の各部において有効に処理される変更管理は既存の ISO 10303 AP と現在開発中のものとの間でどのように共有されるのか。

4.5 結 論

STEP アーキテクチャは、10 年以上におよぶ研究、議論、試行錯誤およびコンセンサスを経て、SC4 団体の協力的な尽力により現在にいたっている。このように大規模な作業はなお犠牲を払っており、様々な課題への取り組みを余儀なくされている。SC4 は今もなお、既存の ISO 10303 標準各パートを支援し、STEP を 21 世紀に向けて前進させるための堅実な STEP アーキテクチャを求めて努力を続けている。第 10 章では SC4 が現在検討している多くの方向性を紹介する。将来の STEP アーキテクチャ -- 現在のまま維持されるのか、それとも姿を変えるのか -- という点は現在においても答えのないままである。図 4-9 は、検討された、開発中の、あるいは既に国際的に採用されている多数の 10303 イニシアチブを含め、このアーキテクチャが現在どのような構造になっているかをわかりやすくまとめたものである。この図は「ページ上の STEP (SOAP)」として広く知れ渡り、NIST の Jim Nell 氏によって保管されている。

ISO 10303-1:1994, 1999-01-21; Origin: ISO 10303 Editing Committee; on-line: <http://www.nist.gov/sc3/step/>

APPLICATION PROTOCOLS AND ASSOCIATED ABSTRACT TEST SUITES	
201 Explicit draughting (ATS 301 = W) 202 Associative draughting (C) 203 Configuration-controlled design (tc2 = D) (C) 204 Mechanical design using boundary rep (C) 205 Mechanical design using surface rep (W) 206 Mechanical design using wireframe (X) 207 Sheet metal die planning and design (F) 208 Life-cycle product change process (W) 209 Composites & metal struct. anal. & related dgn (W) 210 Electronic assy. interconn. & pkg design (W) 211 Electronic P-C assy. test, diag. & remanuf (X) 212 Electrotechnical design and installation (W) 213 Num contr (NC) process plans for mach'd parts (W) 214 Core data for automotive mech dgn processes (W) 215 Ship arrangement (W) 216 Ship moulded forms (W) 217 Ship piping (W) 218 Ship structures (W) 219 Dimension inspection (X) A 220 proc. plg. mfg assy of layered electrical products. (X)	C 221 Process plant functional data & its schem rep (W) W 222 Design-manuf for composite structures (W) W 223 Exc of dgn. & mfg product info for cast parts (W) F 224 Mech parts def for p. plg using mach'n'g feat (F) E 225 Building elements using explicit shape rep (W) W 226 Ship mechanical systems (W) E 227 Plant spatial configuration (W) X 228 Building services HVAC (X) W 229 Dsn & mfg info for forged parts (W) W 230 Building structural frame: steelwork (W) C 231 Process-engineering data (W) W 232 Technical data packaging core info & exch (W) A 233 Syst Engrg data representation A 234 Ship operational logs (O) A Matis info for Des and Verif of Products O Systems engineering data repres. O Neutral optical-data-interchange format (O) O Hi-level info plg model for prod'l-c spk (O) O Integ of l-c data for oil/gas prod. facility
INTEGRATED INFORMATION RESOURCES	
INTEGRATED-APPLICATION RESOURCES	
I 101 Draughting (tc1 = F) X 102 Ship structures X 103 E/E connectivity C 104 Finite element analysis	I 105 Kinematics W 106 Building core model A 107 Engineering anal. Core ARM A 108 Paramet. Constr for expl geom prod mds
INTEGRATED-GENERIC RESOURCES	
I 41 Fund of prodct descr & spl (ed2=C) I 42 Geom & top rep (Aml=W)(ed2=C) I 43 Repres specialization (ed 2=C) I 44 Product struct confg (ed 2=C)(tc1=F) I 45 Materials (tc1 = F)	I 46 Visual presentation I 47 Tolerances X 48 Form features I 49 Process structure & properties
APPLICATION-INTERPRETED CONSTRUCTS	
E 501 Edge-based wireframe E 502 Shell-based wireframe E 503 Geom-bounded 2D wireframe C 504 Draughting annotation C 505 Drawing structure & admin. C 506 Draughting elements C 507 Geom-bounded surface C 508 Non-manifold surface C 509 Manifold surface E 510 Geom-bounded wireframe	E 511 Topol-bounded surface E 512 Faceted B-representation C 513 Elementary B-rep E 514 Advanced B-rep E 515 Constructive solid geometry X 516 Mechanical-design context E 517 Mech-design geom present'n C 518 Mech-design shaded present'n E 519 Geometric tolerances E 520 Assoc draughting elements
IMPLEMENTATION METHODS	
I 21 Ctr txt encod exch str (tc1=I, ed1=O) I 22 Standard data access interface E 23 C++ lang. binding (to #22) C 24 C lang. binding (to #22)	X 25 FORTRAN lang binding E 26 IDL lang binding for #22) O SGML and industrial data O JAVA lang. binding (to #22) O XML rep E-EXPRESS data
Legend: Part Status (E, F, I safe to implement) 0=O Preliminary Stage (Proposal -> paper for NP ballot) 10=A Proposal Stage (NP ballot circ -> NP approval) 20=W Preparatory Stage (Wkg Draft devel. -> CD regis)	
30=C Committee Stage (CD circulation -> DIS regis) 40=E Enquiry Stage (DIS circ -> FDIS registration) 50=F Approval Stage (FDIS circ -> Int'l Std regis) 60=I Publication Sg (Int'l Std approved & published) 98=X Project withdrawn	

図 4.9: ページ上の STEP

第5章

モデリング—製品データ要件を表す方法

5.1 データ共有に対する情報モデルの役割

ISO 10303 は、ちょうどものさしが長さ測定の標準であるように、製品データに対する標準である。ものさしそのものは、オブジェクトの長さに関する情報を何も提供しない。そのオブジェクトにものさしをあてたときに、オブジェクトに関するあるもの、すなわちその長さを測定するのである。同じように STEP も、製品に関しては何も示さないが、その製品を記述するときに使用できる特徴について詳細に示す。この標準を使って情報を伝達するには、それを特定の製品に適用しなければならない。その適用の結果が、製品に関する情報組、すなわち測定値になる。この情報組をデジタルで符号化し、ソフトウェアアプリケーションがその情報を処理して製品に関する有効な操作を実行できるようにすることができる。有効な操作とは、製品のバージョン識別子の表示から、複雑な設計分析にいたるまでのあらゆる操作である。

製品の記述に使用される特徴は、情報モデルにおいて捕捉される。ある製品の「測定値」は製品データとして参照される。本章では一般的な情報モデリングについて述べた後、さらにモデリング言語としての EXPRESS について詳細に記述する。STEP は産業データモデル開発に向けた合意にもとづいて、製造情報交換を行なうための基本的要件を満たす手段である。

5.2 STEP にはしっかりとしたモデリングが極めて重要

第3章で述べたように、STEP は各種 CAD/CAM システム、他の製造関連ソフトウェアおよびベンダー間での完全かつ正確な製品データ交換を可能にするために開発されている [75]。全ての関係者が情報の意味に合意するためには、形式的なモデルが必要である。

このようなモデル開発に重要な役割を果たす要因は、技術的な面から非技術面にいたるまで幅広い領域にわたっている。例えば技術的要因にはローバストモデリング言語、技法、プロトコルおよびツールの存在および作成などがある。非技術的な要因には、このようなオブジェクト (標準) に関する合意、および既製の実装を購入することが可能かどうかなどという点がある。第3章では、STEP に対する特定のモデリング言語にいたるまでの経過について述べた。

テクノロジーの現状は技術的な問題を左右するが、関係者の状況はあらゆる問題に影響を与える。例えばあるモデリングシステムを別のシステムに変換することになれば、会社によっては道理にあわないほど高価なものになるが、他の会社ではそうではなく、十分な技術的ソリューションの存在にもかかわらず分裂が生じてしまう²³。

5.3 モデリング代替案

モデリングを使って情報を伝達するということは新しい概念ではない。共同データモデリング (ADM) は、ポール・ジョーンズによって 1969 年に考案されている。またカーティス・ジョーンズ手法とも呼ばれる ADM は、パワフルでシンプルなデータのモデリングおよび検証方法を提供している。ADM は、それを一般的な領域に導入することでさらに魅力あるものになった [76]。エンティティー関係 (ER) モデルは 1976 年にチェン博士によって提案された [77]。これは一般的に、文学に登場する最初の真の意味論的データモデルの 1 つとみなされたが、このときは「意味論」という語は使われなかった。その他にも、1981 年に Hammer と McLeod によって発行され、導出スキーマ構

²³ ここで用いられる「システム」という語は故意に曖昧にされ、方法や実装、標準および仕様などを含める意味になっている。

成要素の概念を強調した、意味論データベースモデル (SDM) など、過去において開発に貢献したモデリング言語がある [78]。しかしこのような初期のモデリング言語は、後のモデリング開発に向けた段階を設定したに過ぎない。STEP 開発の鍵になったのは、NIAM、IDEF0、IDEF1X、および EXPRESS などのその後の開発であった。以下のセクションでは、これらのモデリングシステムについて、それぞれの背景および機能的説明を加えていく。図 5-1 から 5-3 までは ISO 論文 [79] から引用したものであり、簡単な製造シナリオにもとづいている：

「記述される論文の分野は、車両登録に関係していなければならない、登録機関の観点の有効範囲に限定されている。

各自動車メーカーには独自の名前がある。各自動車メーカーはいくつかのモデルの車を製造している。車は特定のモデルである。メーカーは製造する各車にシリアルナンバーをつける。このシリアルナンバーは、メーカーのどの車においても独自のものである。車モデルの名前は、常に全ての車モデルにおいて独自のものである。特定のどの車モデルも、1つのメーカーでしか製造されない」

5.3.1 NIAM

この Nijssen 情報分析方法 (NIAM) は図式データモデリング言語および方法である。NIAM は自然の言語文に焦点をあてている。それぞれの名詞は、両方向、2進数関係の複雑なネットにおける節点として表現される。それぞれの制約は、2節点間の関係をさらに精密にするか、あるいは複数の関係間での制限を指定するかのいずれかである。NIAM 言語の基本構造は「オブジェクト」と「事実」または関係である。

NIAM には図式および構造化された言語表現の両方があり、基盤となる方法を必要としている [80]。現在、NIAM は ORM —オブジェクトロールモデリングとして知られている。

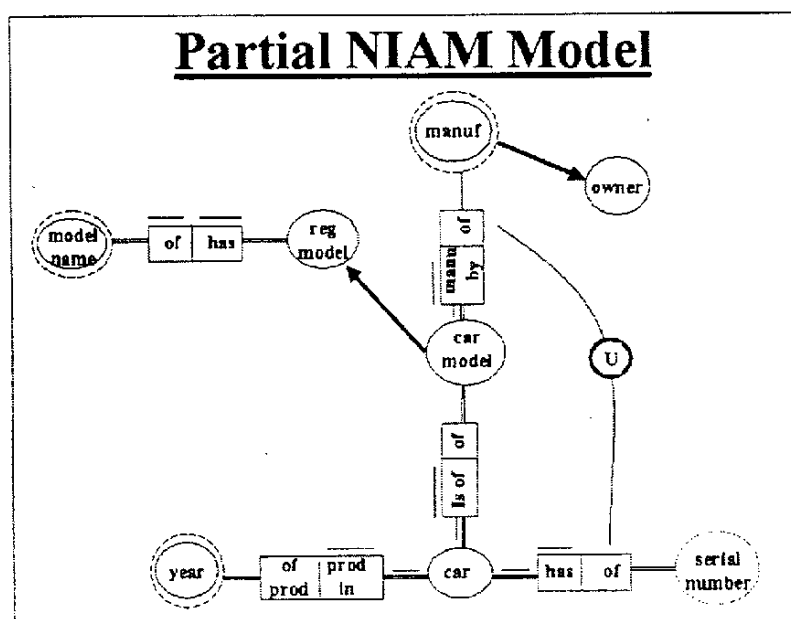


図 5-1: 部分的 NIAM モデル

5.3.2 IDEF0

第 2 章では機能モデリング (IDEF0) および IDEF1X の統合定義の起源について述べた。それらは 1970 年代の米国空軍 ICAM プログラムの結果生まれたものである。Idef00 (統合定義言語 0) は、ダグラス T.ロスおよび SofTech, Inc. に

よって開発された SADT(TM)(構造化分析および設計技術(TM)) にもとづいている。その原形で、IDEF0 は図式モデリング言語 (構文および意味) の定義と、モデル開発への包括的方法記述の両方を含んでいる。

IDEF0 を使って各種のオートメーション化および非オートメーション化システムをモデル化することができる。新しいシステムの場合、IDEF0 を使って最初に要件を定義して機能を特定し、次に要件を満たす実装を設計して関数を実行することができる。既存のシステムでは、IDEF0 を使ってシステムが実行する関数を分析し、それが実施された機構 (手段) を記録することができる。

IDEF0 をシステムに適用した結果が、図式、テキストおよび互いの用語相互参照を含むモデルである。2つの主要なモデリング構成要素は関数 (ボックスによって図式上に表現) およびそれらの関数を相互関連づけるデータとオブジェクト (矢印で表現) である。

関数モデリング言語として、IDEF0 には次のような特徴がある：

- 包括的および表示的であり、各種のビジネス、製造およびその他の企業運営を、どのような詳細レベルにおいても図式表現することができる。
- 首尾一貫したシンプルな言語で、正確で精密な表現を規定し、その使用および解釈の一貫性を促進する。
- 学習の容易さ、および詳細図の階層的説明により、システム分析者、開発者およびユーザー間の通信を向上させる。
- 米国空軍および他の政府開発プロジェクト、さらに民間産業における長年の使用により、充分な試験を受け、実証されている。
- 多様なコンピュータグラフィックスツールによって生成される；多数の商業製品は、特に IDEF0 図式およびモデルの開発および分析を支援している [81]。

5.3.3 IDEF1X

産業界が ICAM によって定義されたモデリング技術を適用したことが、1982 年におけるデータベース設計グループの R.G.ブラウンによる論理データベース設計技術 (LDDT) の開発に結びついた。この技術は E. F. Codd 博士の関係モデル、チェン博士のエンティティ関係モデル (ER)、および J.M.スミスおよび D.C.P.スミスの一般化集合体モデルなどにもとづいている。ER モデルには、エンティティや属性および関係が基本的な意味要素であるという概念がある。関係モデルは、正当さを管理する規則を追加する。一般化集合体モデルは一般化関係 (型および下位型の表現) および集合体関係 (グループ分けを表現) の区別に役立つ [82]。

LDDT は、企業内での情報の概念的見解を表現する場合に、複数レベルのモデルおよびグラフィック組を与えた。D. Appleton Company の M. E. S. Loomis の技術的主導のもとで、LDDT の本質的な下位型は IEDF1 の方法と結合され、1985 年に ICAM プログラムによって発行された。この技術は IDEF1 拡張または、単純に IDEF1X と呼ばれた。

IDEF1X の主要な目標は統合を支援することである。IDEF1X 技術は次のような要件を満たすために開発された：

- 概念的スキーマの開発を支援する。IDEF1X 構文は、概念的スキーマの開発に必要な意味的構造を支援する。完全に開発された IDEF1X モデルには、一貫して、拡張可能であり、変換可能であるという優れた特徴がある。

- 首尾一貫した言語である。IDEF1Xには、明確な意味的概念のあるシンプルで明白で一貫した構造がある。IDEF1Xの構文および意味は、ユーザーが言語として捉えやすく、パワフルで、ローバストである。
- 教授性。意味的データモデリングは多くの IDEF1X ユーザーにとって新しい概念である。したがって言語の教授性が重要なポイントになる。この言語は、データアドミニストレータやデータベース設計者だけでなく、ビジネスのプロおよびシステムアナリストにも教授され、使用されるように設計されている。このため、学際チームにおける有効な通信手段としての役割を果たすことができる。
- 十分に試験され実証済みである。IDEF1X はそれまでの技術での長年にわたる経験にもとづき、最初に米国空軍プロジェクトおよび民間産業において徹底的に試験されている。
- オートメーション化が可能である。IDEF1X 図式は各種のグラフィックスパッケージによって生成することができる。市販のソフトウェアも利用することができ、IDEF1X モデルの精密化、分析および構成管理などが支援される [83]。

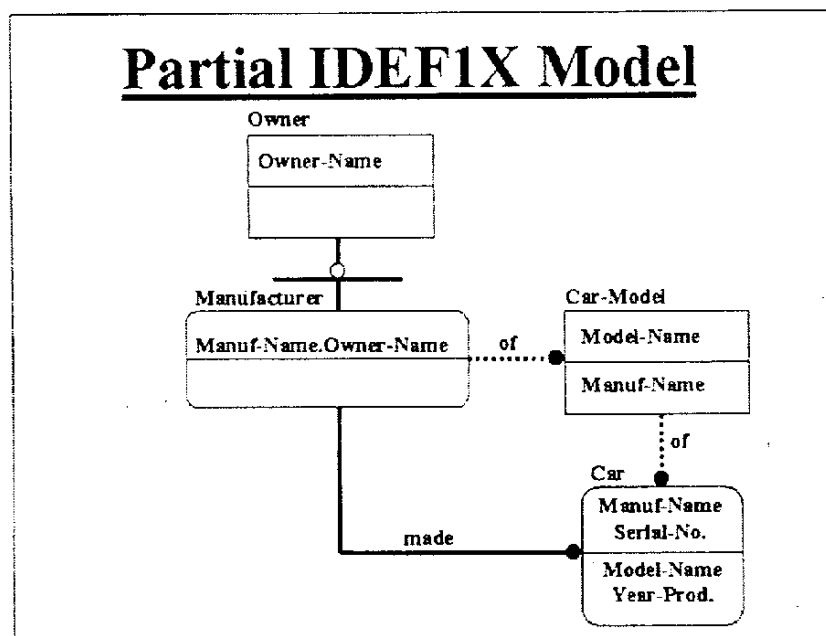


図 5-2: IDEF1X モデルの一部

5.3.4 EXPRESS

EXPRESS [84] はデータに関する情報伝達用言語として設計されている。いくつかのデータベース定義言語やプログラミング言語と共通した部分があり、いずれもデータ構造の定義に使用することができる [85]。SQL [86] のようなデータベース言語または C [87] などのプログラミング言語とは異なり、EXPRESS は情報モデリングタスクをプログラミングまたはデータベース設計タスクと混同することなく、特定のプログラミングまたはデータベースシステム特有のものでもない。

Partial EXPRESS Model

```
Entity owner supertype of (manufacturer);
  owner_name :string;
  unique
  owner_name;
end_entity;

entity manufacturer subtype of (owner);
end_entity;

entity car_model;
  model_name :string;
  unique
  model_name;
end_entity;

entity car;
  manufacturer      :manufacturer;
  serial_number     :number;
  model_designation :car_model;
  model_year        :number;
  unique
  serial_number, manufacturer;
end_entity;
```

図 5-3: EXPRESS モデルの一部

5.4 モデリング情報一何が求められているのか？

STEP は、標準の規範的形式がコンピュータ解釈可能言語：EXPRESS を含んでいないという点において、IT における多くの他の標準と異なっている。STEP はこの方法を取り入れた最初の標準の 1 つである。EXPRESS はモデリング代替案の度重なる討議や過去の実績、レビューおよび批判などの成果である。EXPRESS は STEP 開発者および STEP 可能製品の開発者に対して、顕著な恩恵を与えてきた。このような恩恵についてはこの章の後半で詳しく述べる。

5.5 なぜ EXPRESS の生まれたか？

STEP 開始当時、関係者は、交換されるデータの意味から物理データ構造に関連する問題を切り離した、形式的なデータモデリング方法が求められていることを認識していた。これが ISO 10303-21 [88] データ構造および EXPRESS で指定された領域情報モデル間の区別につながった。この方法は PDDI (第 2 章) で実施されて成功し、PDDI からの知識が EXPRESS 導入に不可欠であると証明された。

SC4 の初期の目標は、従来の構文解析系などの十分に理解された技術により、モデルが大きくなり、自動的に処理されるようになるということであった。このため、IDEFIX は、厳密な図式指向のため適切ではないと考えられていた。IDEFIX はまた、制約仕様において極めて弱いという点でも評価されなかった。NIAM は制約には強かったが、図式が扱いにくく、作成しにくかった。

このため STEP 用のモデリング言語選択段階にいたり、候補言語 (PDDI/EXPRESS) が既に誰にも「所有されない」状態で手中にあった。PDDI の関係者たちは、その作品を標準化のために SC4 表に導入する準備を整えていた。当時 STEP に従事していた人々も IDEFIX および NIAM での他のモデリングを経験していた。第 3 章において既に述べたように、NIST は解決への起点として ASN.1 [89] の技術的長所を導入しようと試みたが、SC4 によってどのような評価基準も定義されず、代替案の形式的評価も実行されなかった。こうして EXPRESS が選択されることになる。

そのために何か新しいものを発明しようとする熱意において、相当な合理的説明および方針が仇になる場合もある。振り返ってみれば、それ以上の選択があっただろうか？ EXPERS は確かに当時における最善の選択肢だと思われた(どのような調査も評価も形式的には実行されなかった)。既存の言語には STEP を開発し、支援する特徴が欠けていた。EXPRESS は構文解析系、フレキシビリティ、プログラマーによる使いやすさおよび指定された制約という条件をかなえていた。

5.6 モデリングと STEP

「ローバスト」なモデリングは STEP 開発にとって重要であるが、何が「優れた」モデルを構成するのかということについては、品質の基準もなければ広く承認された規定もない。「品質」データモデリングは経験の関数であり、同じ経験をする人はいないため、データモデルの品質を同じように理解する人もいない。正当なデータベースモデルでの正規化プロセスはいくつかの客観的な品質改善を提供するが、合理的モデルはシンプル (EXPRESS に比較した場合) で、データ作成防止および更新エラーにかなり偏っている。

上に概略を述べた目的に関して、STEP のモデルには 2 つの役割がある。1 つは領域内で情報を調べ、探求し、理解することである。これはアプリケーション参照モデル (ARM) によって実現される。(最終形式では、ARM は選択された領域構文の指定にも使用される)。

STEP モデルのもう 1 つの役割は、交換目的でデータの構造を指定することである。この役割を果たすのはアプリケーション解釈モデル (AIM) である。この目的には統合リソースも考えられるが、全ての製品データ領域において使用される総称構文を指定する。

5.7 STEP のモデリングへの貢献

5.7.1 階層化構造

STEP はモデリングおよびデータモデルの使用に関して多大な貢献を行なった。データモデリングに関する STEP の最も重要な改革は、おそらく ARM と AIM 間で使用される階層化構造であろう。これは第 4 章で述べたように標準のアーキテクチャに組み込まれたもので、二者間に指定写像があるため重要である。本質的に両者とも、より豊かで意味のあるモデルの一部である。

これは全てのモデル、概念モデルおよび情報モデルが意味論的に「フラットである」すなわち「ここに次のようなフィールドのデータ構造があり、このフィールドがこれを意味している」という点において重要である。階層化も、サブルーチンも、意味論の要約もいっさいない。これは明らかに、データモデルが成長し、単一アプリケーション内でより多くのアプリケーションまたはより精密な意味的区別に対応できるようになるために適した状況ではない。単一のフラットなスキーマは無限に成長できるわけではなく --- 人間の知恵ではほとんどそれに対処できない。

もう 1 つの案は階層化方法で、プログラムにおいてサブルーチンが実行することと、プロセスモデルのプログラムの分解に似ている；ただしプロセスモデルが分解に寄与するのに対し、データモデルは寄与しない。有効な最も近い方法は抽象 --- エンティティの数を管理可能な数字にまで減らし、領域内で必要な意味的区分を行なうための一般化および特殊化の使用である。この結果、ARM への情報および写像伝達用の総称言語として統合リソース (IR) が生まれたが、これは総称意味論を適用範囲内の領域における正確な (または少なくともより特定の) 意味論にまで高めるものである。このデータモデリング改革は STEP において導入された。

この階層化は、計算アーキテクチャで一般的な顧客サービスパラダイムを用いてビューすることができる。IR は特定の目的に対して顧客 (ARM) が使用するサービス (情報の総称コンベヤー) を提供している。このパラダイムを 2 レベルに限定しなければならない理由はない；多くのレベルを簡単に想像することができる。事実、EXPRESS 言語の要素と、特定の EXPRESS スキーマ (例えば IR など) 間の分割を 1 つのレベルとして、さらに EXPRESS スキーマと ARM 間の分割を別のレベルとして扱うことができる。

5.7.2 STEP 作業がモデリングバリエーションおよび拡張を生成

STEP 作業の結果、モデリングおよびデータモデルの STEP の基本使用に対し、モデリングバリエーション、拡張および補足などが豊富になった。この中には次のようなものがある：

EXPRESS-G -- EXPRESS の図式バージョン [90]。その使用は ISO 10303-11 において標準化されている。

EXPRESS-I [91] -- EXPRESS 定義要素のインスタンス化の実例を表示する手段を提供し、試験項目の仕様に対する形式的支援を提供するインスタンス言語 [92]。他の標準との重なり合いのため、さらに概念の一部が「時代に先んじて」おり批准が必要であることから、EXPRESS-I は現在、技術レポートとして発行されている。

EXPRESS-V [93] -- EXPRESS スキーマ組間の 2 方向写像を支援し、1 つの EXPRESS スキーマが他方の抽象的ビューを表現する。例えば EXPRESS-V を使って、エンティティの写像を AP から ARM に実装することができる。EXPRESS-V は EXPRESS-X に関する作業の先駆者である。

EXPRESS-X -- 第 10 章で述べるもので、EXPRESS [94] で定義される情報モデル間での写像を支援する。EXPRESS-X 言語を使って、EXPRESS モデルの代替表現および EXPRESS モデルとその他のアプリケーション (IGES など) との間の写像を作成することができる。EXPRESS-X は、国際標準および ISO 10303 の一部になるべく、SC4 のもとで現在開発中である。

EXPRESS-M [95] -- スキーマ写像言語。EXPRESS-M は異種モデル間でデータを転送するために、エンティティインスタンスがスキーマ間でどのように写像されるかを記述することができる。今日のアプリケーションにいたるまでの Whitehead および Russel [96] の論理にしたがえば、EXPRESS-M は STEP におけるギャップを埋めるために設計された。この標準はデータ共有を簡単にするように設計されたが、現時点では、転送中にデータを操作する形式的な方法はない。異なる AP 間でのエンティティの写像には重要な要件がある。2 つの AP がまったく異なるエンティティを用いて同じ製品データを記述する場合がある。このような AP で適合するデータを共有するには、写像方法が必要である。EXPRESS-M の概念は、EXPRESS-X 標準化の開発作業の一環として検討されている。

ISO 10303-21 物理ファイル交換は、EXPRESS エンティティインスタンス [97] の転送に対する表現を定義づける。10303-21 は多くの点で EXPRESS に似ているが、これは両者が同じグループによって同じ方法で設計されたことも理由の 1 つである。同時に 10303-21 には、逆のものを正確に提示する特定の機能が欠落している。例えば 10303-21 は、それが、人間が読み取ったり編集したりすることのできるものを意味しているのかいないのか、ファイルサイズが重要なのかどうかに関する論議も示している。例えば 10303-21 はインスタンス名の使用を認めておらず、識別子としては数字しか使用できない。EXPRESS でのコメント記述子も、10303-21 の場合とは異なって実行される。

10303-21 の開発が 10 年以上にも及んだのは当然のことである。その 1 つの理由は、EXPRESS への継続的な変更には、10303-21 への継続的な変更が必要であったということである。近代コンピュータへのソフトウェア設計規定が知られていなかったこともこの遅れの一因であった。

5.8 実施

実際問題として、モデリングは STEP のおかげでより可視になったが、STEP によって劇的に簡素化されたわけではない。STEP モデリングツールのパワーはより良いモデルを作りはしたが、ツールおよび方法は非常に習得が難しいため -- ほとんど誰も STEP モデリングを専門的に使いこなせなかったという事実を主張する人もいた。実際に、AP モデルを解釈できる人は世界中にごく少数しかいないため、コンサルタントの雇用が必要になるという発言でこの議論に終止符が打たれるのをよく耳にした。これはよい兆しではない。

ある程度、STEP 団体でのモデリング専門知識の不足は予想できた。モデリングの実行を期待されていた人の多くは、データモデリングに習熟しておらず、定義域専門家である。その両者に熟練した人を探すのは困難を極め、また育成

カリキュラムも存在しない；しかしデータモデリング専門家の中でも、モデルに関しては様々な意見があった。以下にそれを列挙する：

- モデリング形式 -- 既存のガイドラインは極めて表層的である。
- 適切な抽象レベルの選択 -- これが後に統合を困難にする。
- モデリング完全性 -- 実質的に、どのモデルでも無限に拡張することができる。誰もが別の場所に線を引くことができる。
- 実装問題 -- モデルの中にはこの点を大きく取り上げているものもある；しかし他はまったく規定していない。

モデルの未熟さは引き続き問題点ではあったが、それ以上に深刻な問題は、プロセスそのものの成熟度である。STEP モデリング領域には重大な問題が残っている。例えば異なるレベルのモデルが存在すべきかどうか、さらにすべきであれば、抽象の数量やレベルはどのようなになるのかという点でも論議が続いている。第1版リリースから続いているもう1つの未解決問題は EXPRESS そのものであり、重大な問題を含んでいると考えられる。モデリング言語としては欠陥がなくても、EXPRESS は STEP に完全に適合するものではない。これらを含めた様々な分野で調査が続けられているが、STEP は生成されなければならない。ISO 10303 が成熟度を増すにつれ、習得した内容の完全なリストを見直し、代替案の全リストを検討し、作業をやり直すことがより困難で、しかも見込みのないものになっていく。

5.9 EXPRESS-コンピュータ可読言語

ISO 10303 は IT を支援する多くの他の標準とは異なる。これは標準の規範的テキストにコンピュータ解釈可能言語が含まれるという方法を採用した最初の標準の1つである。この言語 -- EXPRESS 情報モデリング言語 [98] については既に紹介している。EXPRESS は STEP 開発者および STEP 可能製品の開発者に対し、明らかな恩恵を与えてきた。

(1) EXPRESS は曖昧さを除去する。EXPRESS は人々の間での通信に用いられる。EXPRESS 言語は自然の言語データ交換において避けることのできないある程度の曖昧さを除去する。このようにして、EXPRESS は、Principia Mathematic [99] が哲学においてやろうとしたことを、STEP 標準に対して実行しようと規定している。ISO 10303 標準各パートが自然の言語だけで書かれたものであれば、誤った解釈がさらに増えていたであろう。必然的にその誤った解釈が STEP 可能製品にも引き継がれていく。

(2) EXPRESS は情報モデルの批准を支援する。EXPRESS を基盤として用い、STEP 情報モデルを批准するソフトウェアツールを生成することができる。これは1つ上の考え方を取り入れている。「非形式的提案」のわずかな組を除去することにより、STEPAP の意味論が AP の EXPRESS 情報モデルにおいて符号化される。既存のツールは EXPRESS 情報モデルを処理し、そのツールに送られたデータセットが情報モデルに適合するかどうかを判断することができる。このようなツールは、STEP-機能製品によって生成されるデータの誤りを識別する際には非常に役に立つ。この技術は、データをデータベースに書き留める前に批准するときにも有効である。

(3) EXPRESS から生成された STEP 機能ソフトウェア。EXPRESS コードを使って、幅広いシステムに対して高品質な STEP-機能ソフトウェア [100][101] を自動的に生成することができる。例えば C++ [102] クラスおよび EXPRESS からの方法を生成するソフトウェアが存在する。これらの C++ クラスは、情報モデルにおいて EXPRESS エンティティに相当するオブジェクトを実装する。生成された方法は、SQL [103] データベースまたは交換ファイルにアクセスし、顧客プログラムのアドレススペースにおいてオブジェクトのインスタンス化を行なうために使用することができる。交換形式の前処理系および後処理系を自動的に生成する機能により、ソフトウェアに誤りが生じる可能性が低下する。

(4) EXPRESS は STEP アーキテクチャを支援する。EXPRESS 言語は STEP アーキテクチャの側面を支援する。EXPRESS 言語は、現行モデルのコンテキストにある既存の情報モデルに言及する機構を提供する。STEP アーキテク

チャに関しては、このような機構 (すなわち使用および参照記述) が、情報モデリングシステムに対して、STEP 統合リソースを基本概念として参照し、インタフェースする能力を提供する。

(5) EXPRESS はユーザーフレンドリーとされる。EXPRESS を図式形式で読むのは比較的簡単だということが分かる。情報モデルの主要な目的は、人々が情報を理解しやすいようにすることである。図式表記は、情報がどのように構成されているかという「概略図」を伝達する優れた方法である。EXPRESS の図式形式は EXPRESS-G と呼ばれる。

以上の5点をまとめると、EXPRESS は情報モデリングおよび情報交換ソフトウェア開発プロセスに大きく貢献している。STEP の目標達成は、情報モデリング言語にかかっているといっても過言ではない。前の章では、モデリング言語としての EXPRESS の利点について取り上げた。しかしこれは決して万能薬ではなく、どのような情報モデリング言語が提供できる利点にも限界がある。EXPRESS は理想というにはほど遠く、その限界についてはこの章の後半で考察する。

5.10 EXPRESS と確認

EXPRESS はシステム間のメッセージ構造の正確さを批准するのに使用することができるが、その批准は情報の正確な伝達には欠かせないものである。交換されるデータは対応する EXPRESS 情報モデルの使用によって分析され、それが EXPRESS において明示的に定義された制約に違反しているかどうかを判定する。現在このような批准は、交換中にではなく、システムの試験中に実行されるのが普通である。データベーストランザクションがデータベースへの更新を委ねるには、このような批准を適用しなければならないと考えるのは妥当である。ずさんな EXPRESS と産業に強い EXPRESS の両方を例示するには、おそらくまずある程度の個人指導が必要になる。図 5-4 から 5-7 は、EXPRESS 用語のエンティティ、属性、エンティティインスタンスおよびエンティティデータ型を示している。

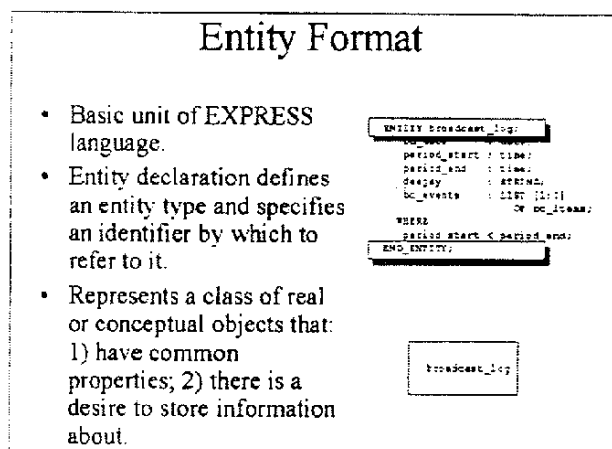


図 5-4: エンティティ

Attributes

- A named fact about an entity.
- Specified by role name and data type.
- Establishes a relationship between an entity and another object.

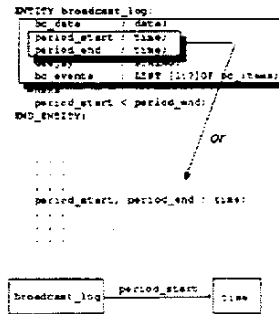


図 5-5: 属性

Entity Instance

A chunk of data that conforms to the structure and constraints specified by an entity declaration.

- STEP Definition: "A named value."

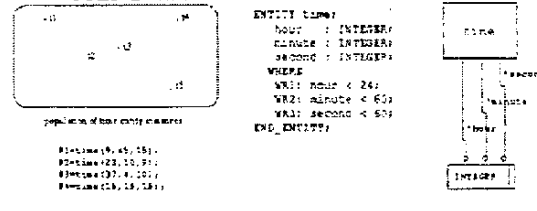


図 5-6: エンティティインスタンス

Entity Data Type

- Entity may serve as the data type of an attribute.
- Establishes a relationship between two entities.

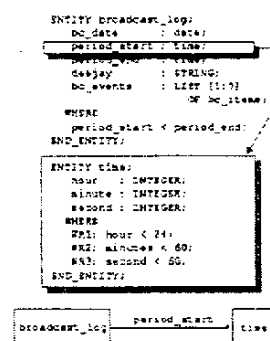


図 5-7: エンティティデータ型

EXPERSS の曖昧さに対する可能性を示す場合、以下がずさんな定義の実例である。データ型 **person** のエンティティには名前のついた属性、**last_name** および **age** があり、それぞれ **Smith** および **32** の値である。この **Smith** エンティティはエンティティインスタンスと呼ばれる。これはエンティティデータ型 **person** のインスタンスである。

person データ型のあいまいな EXPRESS 定義は次のようになる：

```
ENTITY person;
  last_name : STRING;
  age : INTEGER;
END_ENTITY;
```

これは何よりも、年齢が正の数字でなければならないという事実を無視しているという点でずさんであり、タイプ INTEGER の選択が賢明ではなく、いずれにしても INTEGER (年数単位が意図されている場合) は 200 以下の整数に限定されなければならない。「曖昧である」という感じを受けてしまう！ 産業に強い EXPRESS 情報モデルはこれよりもはるかに厳密に定義されている。

上の用語を考慮したうえで、表 5.1 はデータ上の EXPRESS の制約を示している。

制約	制約の定義	例
属性の型	インスタンスの属性の値は、エンティティの EXPRESS 定義において宣言される型と型整合性がなければならない。	
エンティティインスタンスの意味的一貫性	規則 (非公式には WHERE RULES と呼ばれる) はエンティティ型と関連づけることができる。	実数値属性 x および y を所持する <code>unit_vector</code> と名づけられた型のエンティティには、 $x^2+y^2=1$ を要求する where rule がある場合がある。
エンティティインスタンスの型	EXPRESS は階層エンティティ型、すなわち「一種の」関係によって互いに関連づけられる型を定義し、構成するための言語要素を提供する。	抽象型 <code>person</code> には男性と女性の下位型がある場合がある。 <code>Person</code> のインスタンスは男性か女性のいずれかになり、両方にはなれない。
エンティティインスタンスの母集団	エンティティ (データセット) の母集団は、大域規則において記述される制約に適合しなければならない。	このような規則は、型のインスタンスの基数を制約することができる (例 <code>CEO</code> が 1 つしかない)

表 5-1: データ上の EXPRESS の制約

NIST は標準化に先立つ試験の初期の提案者であり、支援者であった。STEP に向けて開発されていた情報モデルのサイズおよび適用範囲は、厳密な方法で含まれる必要があった。試験はこの厳密さを実現する手段であった。試験プロセスには、情報モデルを支援するために、そのモデルをデータの形式において現実世界の要件にトレースすることも含まれていた。このプロセスは、データが確認されない場合に適用範囲を縮小することにより、そのモデルを支援するために役立った。データは利用できるが情報モデルに接続されていないような場合に、そのモデルの穴を特定するうえでも有用であった [104]。PDES, Inc.との提携により、NIST は初期のモデル批准を支援するソフトウェアサービスを提供した。PDES Inc.メンバーが初期の試験活動において使用した国立 PDES 試験台は、多くの PDES, Inc.グループが NIST のその場所で何時間も過ごしたことから "PIG Pen" という愛称で親しまれていた。

初期ソフトウェアツールセットは情報モデルの構造批准の役割を果たした。それは STEP およびプロトタイプソフトウェア実装のために既存のアイデアから急いで作成された。これは主に 2 つのプログラムからなっていた：QDES (Smalltalk で開発されたクイックアンドダーティ編集システム)[105] と、EXPRESS-ツーマ SQL トランスレータ [106] であった。QDES はデータを作成し、STEP 形式へと操作するために使用された。EXPRESS-ツーマ SQL トランスレータは、そのデータに対するデータベース表の作成に使用された。SQL 問い合わせは、開発中の情報モデルを用いて正しいデータが到着するかどうかを確認するために、これらの表に関して書かれた。ソフトウェア設計および実装には、極めて厄介ではあるが、それでも目的に向けて何かの形で役に立つ多くの欠点があった [107] [108]。

1990 年代の初期に、NIST は試験ニーズにより適したローバストな試験システムを作成しようと努力を重ねた [109]。STEP クラスライブラリ (SCL) は、CALS プログラムが資金を投入した批准試験システムプロジェクトの指揮の下、そのような努力の成果の一部として開発されたものである [110]。国防最新リサーチプロジェクトエージェンシー (DARPA) の支援を得て、NIST は STEP 開発者および実装者が使用できる SCL の開発作業を継続した。

SCL は ISO 10303-11 に適合する情報を表現できる C++ クラスライブラリ組である。このライブラリを使って、EXPRESS ファイルに含まれた情報を利用する、実行可能な C++ アプリケーションを構築することができる。この中には EXPRESS スキーマ情報のディクショナリとしての特性や、EXPRESS オブジェクトの表現および操作インスタンス用の機能などが含まれている。ISO 10303-21 [111] ファイルの形式で EXPRESS データの読み書きを行なうもののような簡単なアプリケーションは、簡単に書くことができ、SCL リリースに含まれる。

SCL はいくつかの目的を念頭において開発された。最も顕著なものは、STEP 実装方法に向けて登場した概念の批准、および STEP ベースアプリケーション用のソフトウェアの開発に役立つという点であった。NIST は特に、下記の ISO 10303 各部の実装に集中した：

- ISO 10303-21：1994 実装方法：交換構造のクリアなテキスト符号化
- ISO 10303-22：(出版予定) 実装方法：SDAI 仕様
- ISO/DIS 10303-23 実装方法：SDAI への C++ 言語拘束
- ISO/CD 10303-26 実装方法：SDAI へのインタフェース定義言語拘束 [112]。

NIST によって開発された補助ツールは、表 6.1 に記載された制約に合わせて与えられたデータセットにおける EXPRESS 違反を識別することができる [113]。このようなツールを使用することにより、STEP 機能製品が「有効な」応答を出しているかどうかを決定することができる。そこで問題になるのは、このような制約により、明確なデータ交換がどの程度まで保証されるのかという点である。物事はあるレベルでは首尾一貫していても、別のレベルでは無意味になるものがある。例えば、STEP 機能 CAD システムを使って 1 センチの立方体を作ろうとし、2 センチの立方体ができしまったとする。このような誤りの原因は、CAD システムの内部データ構造を STEP エンティティに (データ交換目的で) 転移させる際のミスである場合がある。この誤りは EXPRESS の批准役割の範囲外である。

この他にも、制約が上記の範疇のいずれかには実にぴったりと適合するが、EXPRESS で記述するのは難しすぎるというような状況もある。曲線および局面のモデリングなどにその例が見られる。システム間で交換された閉曲線が、両システムによって閉鎖と認識されていることを表示するときには役に立つ。閉曲線エンティティが数学的に閉じているかどうかは、両システム上の曲線オブジェクトの実装によって決まる。

EXPRESS をプログラミングのようなモデリング言語として開発することは、(AIM にとって最適な言語ではあるが) ARM の開発における障害であることが明らかになっている。その理由は、ARM 開発の目的が、適用範囲内領域にある意味論または情報の発見および「形式化」にあるためである。EXPRESS のプログラミングおよびデータ構造らしい特徴により、モデリングシステムは、例えば単一エンティティの明確な概念を任意の属性と結合するような、そのデータ処理経験を明らかにするモデルを開発するようになる。EXPRESS のテキスト形式において開発された同じ領域のモデルが、EXPRESS-G で開発されたモデルとは非常に異なるものになる。

5.11 何を生成できるか？

形式的モデリング言語は、モデル批准に対してどのユーティリティを提供するかにおいて限定されている。同じように、モデルにもとづくデータインスタンス交換のために EXPRESS から生成されるソフトウェアのユーティリティにも限界がある。ここでの問題は、実装母線が、データ構造がどのような形式を取るかを予測できないことである。おそらくこのソフトウェアを使用するアプリケーションには、生成されたソフトウェアが作成するものとは異なる独自のデータ構造がある。このデータは、生成されたソフトウェアによって定義された形式のオブジェクトから、アプリケーションの本来の形式に変換されなければならない。これはそれほど難しくないように思えるが、ある意味では明確なデータ交換の全体的な問題は、ファイル交換よりも内部メモリ構造間での交換として再出発したばかりである。最後に、生成されたソフトウェアから、アプリケーションプログラムからの 2 組の構造を維持することによってシステムリソースに要求が提示され、それがその手法を魅力的なものにしている。

以上の点にもかかわらず、EXPRESS からのソフトウェア生成により、ソフトウェア開發生産性に非常に重大な改善がもたらされる。このようなソフトウェアは修正せずにはほとんど利用できないが、開発者には大きなきっかけになる。

5.12 些細な問題点

常に全ての人々を満足させるコンピュータ言語はこれまでに1つも存在しなかった。EXPRESSは利用可能言語として、ある程度の人々をある期間満足させてきた。EXPRESSには独特の癖があり、その言語を知っている人でもそれには誰も気づいていない。そのいくつかを以下に挙げる：

- エンティティ定義に関する where 規則が母集団に依存する場合がある。エンティティ定義に関する WHERE 規則は、エンティティのどの母集団も参照せずに、エンティティの状態における制約を定義するようになっている。しかし WHERE 規則にとって、EXPRESS 組み込み関数 USEDIN (引数エンティティを参照するエンティティを見つける) を呼び出すことはできない (STEP 標準に例がある)。USEDIN が WHERE 規則から呼び出されると、WHERE 規則の意図が侵害される。
- 重要な情報が手続き上コードに埋め込まれる。EXPRESS は計算法-ベース構文を予測するという点に関しては不利である。EXPRESS は、情報の単純な動作形式を (その複雑さのために) 提示しない比較的複雑な構文ツリーを解析する。例えば演繹検索を可能にする動作形式は開発プログラムにはるかに適しており、情報モデリングの困難な問題を解決することができる。(困難な問題の例は、STEP 開発者が「スキーマ統合」と呼ぶようなものである)。

その認知可能な Pascal らしい構文を維持していても、EXPRESS はいくつかの構文改善から大きな恩恵を受けることになる。例えば、言語のオートメーション化された操作は、言語要素が型およびスキーマ定数を表現することができれば、はるかに簡単になる。EXPRESS はこのような状況で文字列を使用する。このため、プログラムは任意の文字列がスキーマまたは型を表しているかどうかを推測しなければならない。

最後にこの範疇では、EXPRESS は述部計算修飾子 (例 存在修飾子「そこに存在する」) の意味を持つ組み込み関数から恩恵を受けている。実際には、EXPRESS 規則は SIZEOF (QUERY | NOT...) のような形式でコード化される「そこに存在する」および「そこに存在しない」などの概念を十分に持っているが、それは「そこに存在しない」というのが非常に難しい方法である。

演算子 NOT は上位型節では使用できないものとする。上位型節は、主語エンティティを含む複雑な型の可能な結合を定義している。現行の構文では、この結合が使用できないことを述べるのは不可能であり、このタスクはエンティティの WHERE 規則において手続き上のコードに所属させられる。この意味では、根問題は手続き上コードへの重要情報の埋め込みのもう1つの例であるといえる。

5.13 結 論

モデリングは STEP アーキテクチャおよび方法の重要な部分である。製品データ要件の性質、標準のプロセスおよび作業の困難さなどにより、STEP モデリングは大きな改革と深刻な問題を同時に提示している。当然ながらモデリングは今日ではある程度可能になり、STEP 団体はモデルの開発をすさまじい勢いで続けている。STEP モデリングには、実行者がいまだほとんど遭遇しておらず、習得者にいたっては皆無ともいえる経験を必要とする非常に難しい分野である。

EXPRESS は ISO 10303 の標準各パートに、情報モデルを記述し、対応するデータセットを批准することのできるパワフルなツールを提供している。この言語には多くのプログラマーに馴染みのある Pascal のような構文がある。完全ではないにしても、EXPRESS が STEP 開発団体にとって貴重な存在であったことは容易に証明できる。ISO 184/SC4 内のその他の開発中標準は EXPRESS を使っている (ISO 13584 および ISO 15926)。他の ISO 技術委員会も、例えば ISO TC211、地理情報および geomatics に関する技術委員会での開発作業の一環として、EXPRESS の長所を検討している。

第6章

データ交換とデータ共有

6.1 はじめに

製造企業において使用されるソフトウェアシステム間での製品データ交換の概念は、STEP の中心になるものである。開発作業に着手して以来、製品データ交換が標準にとっての基本的目標であったが、ソフトウェアシステム間での製品データ共有を可能にしたいという欲求もあった。問題は、製品データ共有の概念は何を意味するかということである。それに答えるには、データ交換の概念をまず詳細に定義づけ、2つの概念を区別する特徴を識別することができなければならない。実装レベルおよび交換対共有については第3章で紹介している；ここではその概念について詳細に述べたい。

6.2 STEP コンテキストのデータ交換

データ交換とは、時間の単一の点における情報の状態を表現する媒体を介して、あるソフトウェアシステムから別のシステムに情報を転送することである。この情報の断片は、通常は ASCII または 2 進数表現においてデジタルで符号化される。図 6-1 はデータ交換例を示している。月間の銀行口座記述を受信したとき、その銀行から顧客への情報は、時間の単一の点において提示されたデータを表現している。

この情報は電子ファイルで表示される。このためコンピュータオペレーティングシステムによる管理が可能になる。あるコンピュータから別のコンピュータへの送信は、携帯用保存媒体、分散ファイルシステム、電子メールおよびその他多数のネットワークデータ交換機能を介して行われる。情報の表現および送信は必要なものであるが、ソフトウェアシステム間での意味のあるデータ交換には充分でない。情報の解釈はデータ交換のさらに高度な側面である。これまでの章では、1つにまとまってソフトウェアシステム間での情報の共通解釈を可能にする様々な STEP テクノロジーについて述べてきた。これについてさらに検討するために、その解釈が実際にはどのように実現されるかという点を中心に考察する。

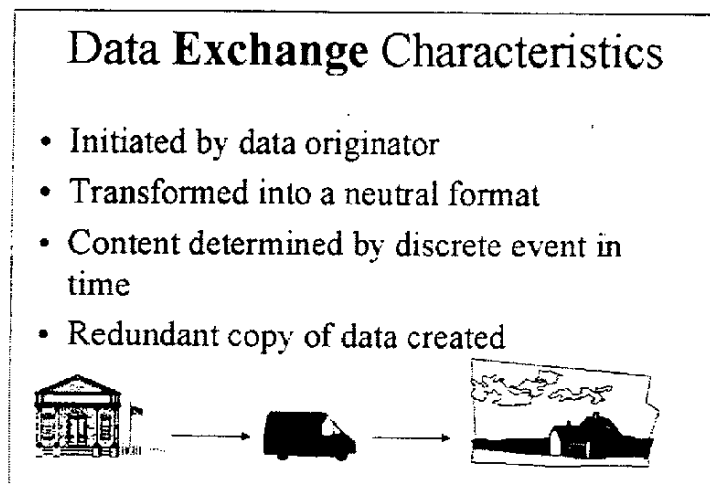


図 6-1: データ交換

データ交換ファイルを生成する所定のソフトウェアシステム (ここではシステム A とする) では、システム A は交換情報を表現するファイルを生成する特定の機能を実行しなければならない。実際には、この機能はファイルエクスポートに対する機能とされるのが普通である。このファイルエクスポート機能は、外部ファイルに交換される情報の内

部表現を写像するトランスレータである。交換ファイルがシステム A 専用または本来の形式であれば、変換は効率を求める情報のファイル符号化構造問題とされる、情報の別の表現を生成することではない。交換ファイルの構造および内容がシステム A によってではなくほかの何物か (すなわち「中間」交換ファイル) によって定義づけられる場合、交換ファイルの生成にはシステム A の内部表現を交換ファイル用に指定された表現に変換する作業も含まれる。このような変換が、システム A で最初に内部表現されたときの情報をどの程度正確に反映しているかは、次のような条件で決まる：

- 中間交換ファイルによって求められる表現が、システム A の表現とどれだけ整合性があるか、また等価であるか。
- 変換ソフトウェアがどの程度有効に実装されているか。

システム A によって作成された中間交換ファイルを受信するもう 1 つのソフトウェアシステム (システム B) を想定する。システム B は、内容を解釈し、その情報の内部表現を作成するだけでなく、中間ファイルにアクセスする機能をその実装に提供しなければならない。ファイルにアクセスするという最初の段階は、通常はファイルのインポートと呼ばれる。第二段階である解釈は変換プロセスであり、この場合もその精度は、トランスレータの実装の品質と共に、中間ファイルおよびシステム B の表現の整合性または等価性に依存している。変換が正確に完了されたと仮定すると、システム B は中間交換ファイル機構を通じてのそのエクスポートの際に、システム A によって提供された情報の内部表現を得るようになる。システム A によって提供された情報のシステム B の内部表現がシステム A の内部表現と等価であるかどうかは、第 8 章で操作共通性試験として取り上げられている。ここでは、システム B の内部表現がシステム A によって提供された情報に等しいと述べるにとどめておく。

6.3 STEP コンテキストのデータ共有

データ共有により、複数のソフトウェアシステムがアクセスする単一の論理情報供給源が提供される。この情報へのアクセスや情報の更新、情報の所有権などにおける制御は、通常は情報供給源の実装および管理において提供される。図 6-1 の銀行手続きの例を用いて、図 6-2 は同じ状況のデータ共有を示している。

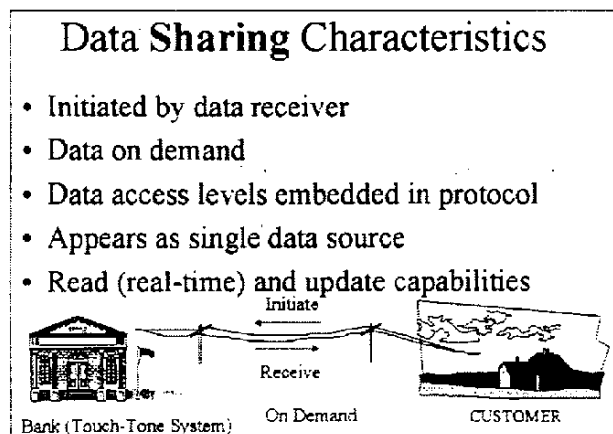


図 6-2: データ共有の特徴

情報供給源は、データベース管理システム、特殊化ファイルシステムまたはその両者の組み合わせとして理解することができる。製品データ管理 (PDM) ソフトウェアシステムは、情報所有権やリビジョン保持、および情報アクセス用に提供される機能に関する実施現状を類型化している。本質的に、PDM システムは製品レベルでのデータ共有を管理している、すなわち最小アクセスユニットが製品表現ということになる。製品表現に用いられるこの機構は、通常はデジタル符号化されたファイルの一種である (中間データ交換ファイルまたは専用形式ファイルの場合もある)。PDM 形式システムとインタフェースするソフトウェアシステムは、交換ファイルの変換および解釈の問題に直面する。製品レベルより細かいレベルで詳細に述べられるデータ共有では、情報供給源が基盤となるデータ要素の作成、

アクセスおよび操作を支援していることが条件になる。このようなデータ要素は、データリビジョン中のアクセス制御問題の処理は言うに及ばず、製品データ表現を構成している。このより細かい詳細レベルでのデータ共有は、その情報へのアクセスを維持する単一の論理リソースでデータを作成し、操作する、アプリケーションの密接な結合を可能にするため、望ましいものとされる。この情報リソースが情報の一次コピーを保管し、それによってアプリケーションが、使用中にそのデータの独自のローカルコピーを維持しなくてもよいようにするのが理想である。しかしこれは理論的には理想の状況であるが、STEP のコンテキストにおいては、STEP が支援しようとするソフトウェアシステムの多くの設計を大幅に変更することが必要になる。この設計変更は、STEP が必要とする表現と、ソフトウェアシステムに存在する条件との差によるものである。

6.4 共有データと交換データの比較

データ共有をデータ交換と区別する特徴は、データの中心性およびそのデータの所有権である。交換モデルでは、ソフトウェアシステムはそのデータのマスターコピーを内部で保管しており、他のシステムが使用するためにそのデータの断片をエクスポートしている。この使用は、内部データへの変更が交換ファイルバージョンにどの程度通用するか、あるいはその逆における明示的な制御なしに行われている。交換ファイルをインポートするほかのソフトウェアシステムは、そのデータの所有権を有効に仮定してきた。このようなデータは、送信ソフトウェアシステムに含まれるデータの「マスター」コピーに関して同期化されていない。このためソフトウェアシステムは、各ソフトウェアシステムのデータバージョンが異なっているというのが唯一の安全な仮定であることから、データを共有していない。

共有モデルには、所有権の中心化制御、およびデータの既知のマスターコピー (情報リソースによって保管されるコピー) がある。このデータのマスターコピーには、制御された状況のもとでアクセスし、リビジョンすることができる。データの通用度を強化して、全てのソフトウェアが同じデータにアクセスできるようにすることができる。データのマスターコピーのリビジョン履歴を追跡することができる; そのデータのソフトウェアシステムコピーの通用度を検証することができる。

理論的には、データ共有モデルはデータ交換モデルに関連するリビジョン制御問題を軽減していることになる。このように、データ共有はそのために努力を重ねる理想である。STEP 団体は、実装レベルによってこのような機能を区別する必要性を以前から認識していた。

6.5 STEP 実装レベル

1988 年に、Ontologic に率いられた IPO 内の特別グループは、想像される STEP 実装の性質を定義しようと試みた。第 3 章で紹介したこの特別グループは、当時のテクノロジーをもとに、予想される 4 種類の実装として非公式に識別された。第 3 章で定義した各レベルのうち、レベル 1 は ISO 10303 の第 1 版リリースに向けて試みられた唯一の実装機構であった。これはまた現在使用されている主要実装機構でもある。

STEP 委員会は実装機構の仕様を、データの仕様から切り離した。データ指定手段としての形式的、コンピュータ解釈可能 EXPRESS 言語 [114] を所有することにより、STEP 実装機構はどの特定のデータ仕様からも独立したものになった。こうして ISO 10303-21 交換ファイル [115] のクリアテキスト符号化として知られるようになったものの開発に従事していたグループにとっての問題は、EXPRESS だけから導出される交換ファイルに対する仕様を考案することであった。

交換ファイル仕様開発作業は 1986 年時間枠で開始され、Boeing やドイツ原子力リサーチセンター (KfK)、McDonnell-Douglas、NIST、Rutherford Appleton Laboratory、Structural Dynamics Research Corporation (SDRC) およびその他多数が大きく関与していた。そこには、IGES で実現されたものより優れたファイル構造を提供しようとする明確な意図があった。IGES ファイルは Hollerith カードの領域: フィールドおよび記録指向、からその構造を導出した。IGES ファイルは人間が簡単に解釈できるものではなく、交換問題を識別するために必要な手動解析が大量にあった

ため、STEP 交換ファイル構造を人間がより解釈しやすいものにしようというある種のはずみがついた。その結果、ファイル構造をテキスト形式のファイルとして実現することに成功した。しかし IGES よりコンパクトなファイル構造を考案するという、論争を招きかねない目標もあった。コンパクトさという目標は、テキストファイル構造の使用を否定し、2 進数符号化などの代替案を主張した。結局、テキスト符号化が勝利をおさめ、利害が保証された代替符号化の開発に警告が出された (コンピュータグラフィックスメタファイル標準 [116] の場合に実施されたように)。この記載についてはどのような代替符号化も探求されなかったが、それはファイル圧縮ソフトウェアツールがコンパクトさの問題を軽減したためであった²⁴。

プロセスにおける明らかに最大の難問は、エンティティ間の継承に対して EXPRESS が提供した能力の処理であった。「単一継承」のように、エンティティが単一の先祖から属性を引き継ぐような場合には、交換ファイル用の写像考案にはそれほど問題がない。しかし「複雑継承」例は煩雑であることが実証されている。複数の継承がある場合、エンティティのインスタンス化は、本質的に複数の先祖から同時に継承する複数の型のインスタンス化になる。交換ファイルへの写像には、このようなインスタンスの交換ファイル表明がそのファイルにどのようにして十分な情報を提供するかということを伝達するアルゴリズムの開発が求められた。これによって解釈ソフトウェアは、その属性がどの先祖エンティティに属しているか、その属性がどのように処理されるかを定めることができるようになる。STEP で開発された初期の EXPRESS モデルの多くは「複雑継承」特性を利用しなかった；その後のモデルは利用してきた。

交換ファイル写像が EXPRESS 言語と共に開発されていたため、交換ファイル開発者が、言語開発者と足並みが揃っていないと感じるような状況が頻繁に生じた。EXPRESS 発展のある段階では、継承のいわゆる「デフォルト」モデルが完全に反転された。これは全ての既存 EXPRESS モデルを、交換ファイル写像と共に不正確なものにした；このため全てのプロトタイプ交換ファイルおよび EXPRESS や交換ファイルを解釈するために NIST によって開発されてきた試験的ソフトウェアツールがたちまち時代遅れになってしまった！ 平行して開発された言語を処理する場合には、このような問題が発生した。

第3章で述べたように、実装レベルには長年にわたって多くの労力が費やされてきた。特に多くの問題が、実装レベル2および3、[117] および下位レベル4に関連して起こってきた。STEP の SDAI (SDAI) [118] はこれらの努力の賜物である。SDAI はレベル2および3の両方に対する最初のバージョン [119] のいくつかの側面を対象にしている。既存のテクノロジーを活用しながら、実装への自由およびフレキシビリティを進めていく必要性が、SDAI の初期の適用範囲を動かした。今日にいたるまで、レベル4の実装は知られていない。

6.6 SDAI への進化

PDES, Inc. および当時の加盟組織、特に -- NIST、IBM、デジタルエクイップメントコーポレーション (DEC)、エレクトリックボートコーポレーション(25)、STEP ツール Inc. および SDRC -- は、STEP データ用のプログラムインタフェース確立を目指す ISO プロジェクトの先頭に立っていた。PDES, Inc. メンバーは SDAI を開発する ISO 作業グループに参加し、その領域内での重大なプロトタイプ作成活動に従事していた。海外では、欧州の ESPRIT IMPACT プロジェクトが SDAI の開発に貢献し、特にデータディクショナリの重要な部分を指定していた。その他多くの国々 (特にドイツ、日本、英国) もリサーチプロジェクトへの貢献を支援していた。

SDAI の初期のアイデアには、SQL [120] などの標準インタフェースでの、関係データベース管理システムへのインタフェースが想定されていた。このようなインタフェースによる実験の結果、設計データの関係システムへの写像により受容可能な性能は得られないことが明らかになった。また AP 開発者にとっても、そのシステムにもとづい

²⁴ 規範的 STEP エンティティから短縮名を作るためのアルゴリズムは、Rutherford Appleton Laboratory によって開発された。アルゴリズムを実装するプログラムは、継続する標準開発プロセスの管理の一部として、NIST において実施される。そのプログラムの結果得られた略語は標準文書中に含められ、NIST のレジストリに保管される。そのプロセスの実際のエフェクトは、省略されたエンティティ名を使う STEP データ交換ファイルのサイズを縮小することである。ISO 10303 では短縮名を使用しなければならない。その他の SC4 標準も、ISO 13549 パーツライブラリのように、短縮名を要求する。

²⁵ 旧ゼネラルダイナミクスエレクトリックボート

た情報モデルの試験を開発することは容易でなかった。このような結果が、SDAIを提供するリポジトリとしての、オブジェクト志向データベースシステムの調査につながった。

NISTが草案を作成した最初のSDAI仕様は、1990年のセントルイスでの合同ワークショップの席上、CAM-IのAIS (AIS)と共に産業に対して提示された。このワークショップでは、早期および後期境界インタフェースの両方に対する必要性が強調され、その結果SDAI仕様への変更が行なわれ、それが草案の次のバージョンに反映された。この文書は、PDES Inc.によって実行され、NISTによって主導された重要なプロトタイプ作成作業の核となる部分であった。プロトタイプ作成活動には、DEC および SDRC などの他に、いくつかのオブジェクト志向データベースベンダー (Versant および Objectivity) などが関与した。プロトタイプ作成結果の強度 (およびプロトタイプ作成作業へのベンダー委託) は、SDAI 仕様に関心を集めるための手段であった。このように注意が集まることにより、SDAI 作業グループの活動により関心が高まることになる。実装方法に依存しない ISO 10303 という SC4 の目標を維持するため、特定プログラミング言語への拘束の仕様が、SDAI の機能的仕様からの別のプロジェクトとして切り離された。これは機能的仕様に焦点を当てておくうえでは有効であったが、標準化における進展は相変わらず遅いままであった。これは、作業グループへの関与者およびアプリケーション固有の標準に対する汎用インタフェースの使用を取り巻く数多くの問題点の数が増大したことによる。作業グループは、交換ファイルフォーマットとの SDAI の整合性や AP 間の操作共通性に対する支援、および SDAI の実施モデルなどに関する論争で、苦境に陥ってしまった。

1988年に提示されたSTEP実装の4レベルは、現在利用されている分散計算への可能性を予測するものではなかった。STEP実装におけるそれより最近の作業では、これらの機能を活用する案が重視されてきた。より特定すれば、国内産業情報基礎構造プロトコル (NIIP) 組合のメンバー (NIST、ゼネラルダイナミクス、STEP ツール Inc.、IBM) は、初期のプロトタイプが仮想企業に対する有効性を示していた、SDAIインタフェース定義言語 (IDL) [121] [122] 拘束使用を推し進めている。さらに NIIP は新しい ISO 作業項目に、EXPRESS-X (第5章および第10章に記述) として知られる映像言語および Java [123] への SDAI の拘束を指定する重要なインプットを行なった。このように出現した仕様は、いずれもデータ分散を支援する方向へと拍車がかけられている。

6.7 SDAI—意図された目的

SDAI は EXPRESS 情報モデルによって記述されるデータに、アプリケーションプログラミングインタフェース (API) を提供する。標準 API の仕様は、データのインポートおよびエクスポートを行ない、データ交換ソフトウェアの有効性を最適化するアプリケーションからのデータ交換ソフトウェアの分離を支援している。API はアプリケーションおよびそのデータを保存し、管理するソフトウェアとの橋渡しをする (図 6-3 [124])。

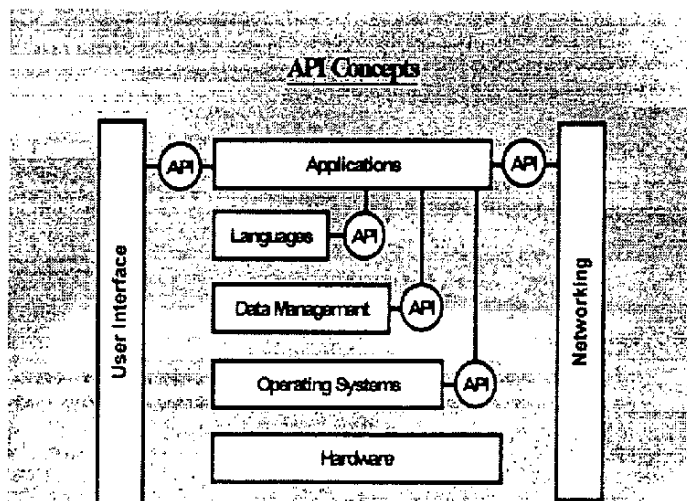


図 6-3: API 概念

ディスク上のデータは様々な方法で表現することができるが、その1つは 10303-21 で記述されたようにフォーマットされた ASCII ファイルである。またデータは、それよりも最新のデータベースソフトウェアを使って保存することもできる。SDAI の設計者は、データベース内での保存を支援するインタフェースに十分なフレキシビリティを与えるが、一方でファイルベース保存の可能性も規定している。

多くの点で、SDAI は SQL [125] または CODYSAL [126] のような従来のデータベース管理システムのインタフェースに似ている。SDAI をこのような他のデータベースインタフェースと区別しているのは、ISO 10303 の他の部分でコンテキストに取り入れられたときに、意味ベースのインタフェースを定義するという点である。対照的に、従来のデータベース標準が定義するのは、匿名のデータへのアクセスメカニズムだけである。他の方法では、SDAI はデータが実際に表現される方法ではなく、EXPERSS モデルにもとづくデータの標準ビューを定義する。

ISO 10303 の他の部分と結合すると、SDAI は CAM-I の AIS のような領域固有インタフェースに類似している；これはデータへの領域固有インタフェースを提供する。しかし AIS インタフェースはデータのビュー以上のものを与え、データ上の関数を指定する。この機能は STEP に対して長く求められてきたが、いまだに定義されていない。

SDAI と SQL 間のもう1つの大きな相違点は、データアクセスの形式にある。SQL はデータ型数が限定された記録志向データ用に設計されている。STEP によって記述されるデータは、それぞれのインスタンス [127] [128] が比較的少ない、相互接続された複雑なデータタイプ網を形成する。このデータでは、バルクプロセッシングよりもリンクの通過の方が優先して使用される。関係データベースパラダイムは、直感的に使用できるような方法では、複雑な通過を支援しない。STEP のデータアクセスニーズは、オブジェクト志向データベースシステムの表現能力と、より整合性がある [129]。

6.8 SDAI と標準ファミリー

SDAI には実際に標準の結合が必要である。シリーズ ISO 10303-22 [130] の最初のものは、機能的仕様である；これはプログラミング言語に依存しない。ISO 10303-23 [131]、-24 [132]、および -25 [133] は SDAI を特定のプログラミング言語：それぞれ C++、C および FORTRAN に拘束する。FORTRAN 拘束開発作業は、実質的に関心が薄れたために中止された。

10303-23、-24、-25 に関する作業が始まって以来、API で使用されるさらに汎用のプログラミング言語拘束を定義しようとするソフトウェア団体からの作業が登場した。特にソフトウェア団体は IDL 拘束 [134] の標準化を行なっている。ISO 10303-26 に対する動機づけ要因は、それ以上の言語拘束に対するニーズを除去することであった。実際にこれは実現されず、最近になって Java 拘束に対する作業が始まっている。

国際標準として促進される最初の言語拘束は、C++拘束、ISO 10303-23 であった。C++拘束を既存のオブジェクト志向データベースシステムと整合させようとして多大な努力が重ねられた。NIST および世界中の他の団体（特にドイツ、日本、米国および英国）が、このようなシステムのプロトタイプを開発した。

言語拘束以外の、SDAI インタフェースの識別特性は、初期対後期の拘束形式の特性である。初期の境界インタフェースは EXPRESS 言語をプログラミング言語構造に直接写像し、それによってデータモデルを累積時間におけるインタフェースに境界づけられるようにする。後期の境界インタフェースは、アプリケーションが情報モデルのアクセスにランタイムディクショナリを使用するという点で、ディクショナリ駆動型である。後期境界アプリケーションは、ランタイムにデータモデルを変更することができる（図 6-4）。C++および IDL 拘束は、両インタフェース型を規定しているが、要求しているわけではない；C 拘束は後期境界インタフェースだけを指定している。

6.9 EXPRESS と SDAI 互換性

SDAI は EXPRESS スキーマにしたがって作成されたデータインスタンスにアクセスし、操作することを目的としている。概念的に、SDAI は2つの部分からなる：つまり SDAI スキーマと、その目標言語構造への EXPRESS の写像で

ある²⁶。SDAI スキーマは、アクセスしているデータに関係なく、SDAI を実行するために必要な構造を指定する。

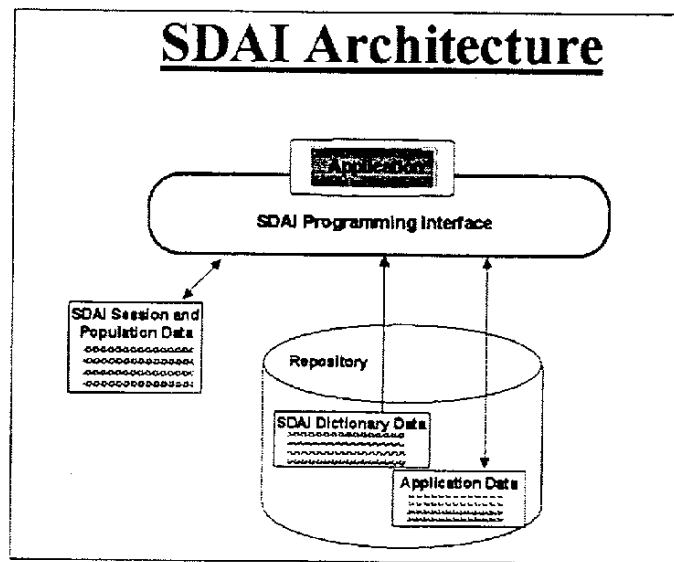


図 6-4 SDAI アーキテクチャ

EXPERSS 情報モデルは、2 種類の方法で SDAI を表現する。1 つは、データディクショナリを通じて表現する方法で；もう 1 つはプログラミング言語で有効なデータ構造に直接表現する方法である。ISO 10303-22 はそのデータディクショナリの内容を記述する。このディクショナリは EXPRESS 言語を全て補足しておらず、限定された数の明示的制約と共に、EXPRESS の中心データ構造を捕捉している。

特定のプログラミング言語への EXPRESS 写像の徹底度は、拘束言語によって異なる。EXPRESS 構造の多くは、アプリケーションの累積時間チェックを不可能にするような所定のプログラミング言語には直接表現されない。例えば、EXPERSS 型システムは C に簡単に写像することができない；したがって C 言語拘束には初期の境界写像は含まれない。一方、C++ 型システムはリッチで、EXPERSS 型システムの部分集合を対象にすることができ、可能なかぎり適用される。型システムが大幅に異なるような場合、C++ コンパイラ型チェック機能は利用できず、ランタイム型検査を使用しなければならない。

SDAI の言語拘束は API の特定事項を定義する。異なる言語拘束は、言語の表現能力にもとづく EXPRESS の意味の支援においても異なる。ISO 10303-23 および 10303-26 の結果得られた C++ API は、この違いを強調する。ISO 10303-23 は C++ 言語の機能を利用して、多くの EXPRESS 構造 [135] にローバストな支援を提供することができる。ISO 10303-26 の結果得られた C++ API は、多くの EXPRESS 構造に対するその支援において最小のものである。例えば EXPRESS の配列型は、配列境界およびその他の型に関する制約を安全に処理することのできる、よりリッチなインタフェースだけでなく、最小インタフェース (C 形式配列に必要なものなど) を支援するクラスとして、C++ に表現することができる。一方、SDAI IDL 拘束は、IDL 並び型の形式での配列の表現に対する、より最小のインタフェースを指定する。IDL 並びは、配列の境界のようなアプリケーションに情報を伝達せず、アプリケーションに対して、その配列が設定されているかどうかを試験することも認めていない。

プログラミング言語が EXPRESS 構造に対する直接の支援を提供しない場合、それでもなおこれらの構造の一部を強化することは、SDAI 実装の責任である。型検査はその一例である。

²⁶ 初期の拘束を規定する仕様だけが、拘束言語への EXPRESS の写像を記述する。

また配列における累積時間支援は、SDAIに拘束された言語のいずれによっても支援されていない；しかしアプリケーションに、配列が規定された境界を守っているかどうかの検査をトリガさせる関数は、SDAIで定義されている。

EXPRESS FUNCTION 構造は SDAI 言語拘束では支援されていない。SDAI はアプリケーションに、情報モデルからの関数をトリガするフックを与えている。プログラミング言語に対する関数の拘束は SDAI の適用範囲外であり、現行の拘束文書のいずれにおいても取り上げられていない。

6.10 AP への SDAI サポート

スキーマ間参照機能は、SDAI では提供されなかった EXPRESS の最も重要な特性であろう。SDAI 実装に対して与えられた前提は、インタフェースのインスタンスによって支援されるスキーマが「完全に拡張されたスキーマ形式」[136] またはいわゆる「長形式」にもとづいているということである。SDAI のインスタンスに対するスキーマは、EXPRESS 定義がそのスキーマに含まれていると仮定することによって、全ての参照を完全に拡張するようなスキーマである。発信スキーマに関する情報はデータインスタンスに関しては失われており、おそらくデータディクショナリに関しても失われている；しかし SDAI ディクショナリは複数のスキーマに最小支援を提供している。このディクショナリは、各 AP が単一のスキーマ（長形式スキーマ）として表現される場合に、複数の AP に対応する。これは、2つの AP スキーマを同じ基盤となるリソース部品から導出することができるという事実には触れていない。

6.11 ISO 10303-21 と ISO 10303-22 の比較

ISO 10303-22 は、ちょうど ISO 10303-21 [137] がするように交換形式を記述するが、両標準間の類似点の大半はそこまでで終了する。10303-21 は ASCII 表現を記述し、状態に関する情報は提供せず、遅れずに断片を表現するだけである。SDAI は形式変換を行わずに、アプリケーションが利用できるような形式でデータを与える。共有データリポジトリで使用される場合、SDAI は流動的に変化するデータに対するアプリケーションアクセスを支援する。さらに SDAI は変化するデータを支援し、そのデータが完全かつ一貫した状態で内外に移動するようにする。SDAI は、アプリケーションが、データの完全性および一貫性の検査を開始できるようにする関数を指定する。

開発中の ISO 10303-22 に課せられた1つの条件は、SDAI アプリケーションが、データリポジトリから 10303-21 交換ファイルを作成できるようにすることである。このようにして 10303-22 は 10303-21 と上位整合性を持つようになる。

両方のパートに含まれる特に顕著な構造は SCOPE 構造である。この SCOPE 概念は参照および存在関係の適用範囲 [138] を定義する。この構造が現れるのは、標準の実装仕様においてのみである。EXPRESS や情報モデルそのものには、データのインスタンスに特に適合するという概念があるため、現れることはない。実際は、この標準の多くの米国ユーザーたちがこの機能を無視し、主に欧州において使用されているというのは興味深い事実である。この概念を維持する価値があるかどうかはなお論議中である。

6.12 ISO 10303-22 における実装クラス

ISO 10303-22 は、5つの特徴（表 6-1）をもとに6つの実装クラスを定義している。一番下の実装クラスはデータ交換に最小支援を提供し、実質的には交換ファイルにとっての API である。クラスが上になるほどより洗練された特性が提供されるようになり、最終的には EXPRESS 表現の評価に対して十分な支援を行なう。このようなリッチな支援により、導出された属性の完全な制約検査および計算が可能になる。

実装クラス	トランザクション	表現	セッション 記録	適用範囲	領域等価
1	なし	なし	ノー	ノー	ノー
2	なし	単純	ノー	イエス	ノー
3	なし	複雑	ノー	イエス	イエス
4	モデル	単純	イエス	ノー	ノー
5	フル	単純	イエス	ノー	イエス
6	フル	複雑	イエス	イエス	イエス

表 6-1: ISO 10303-22 実装クラス

システム発展を支援しながら、SDAI の実装クラスはソフトウェアモジュール化にも指針を与えている。アプリケーションがより新しい SDAI 実装に適合すると、そのアプリケーションによって求められる、より多くの機能が SDAI 実装に常駐するようになる。この点を念頭におき、SDAI にもとづいたアプリケーションを設計し、それらが発展によって悪影響を受けないようにする。

6.13 SDAI のテスト

SDAI 実装に対する適合性試験方法を定義するために、ISO 10303-35 [139] での作業が開始されている。開発の大半は、この領域においてまだ実行されなければならない。複数製品に関するデータを含む共有データベースへの適合性を試験する必要性を重視した活動はほとんどない。長期トランザクションに対する SDAI の支援が、試験に関する事柄をさらにいっそう複雑化させている。しかし試験が実施されなければ、SDAI システムの有用性は限定されてしまう。第 8 章では試験についてさらに詳しく記述する。

SDAI を含む STEP の各パートは、いくつかの適合性レベルを定義している。また SDAI を使ったシステムが、10303-22 および 10303-23、-24 または -26 で指定された言語拘束のいずれかだけでなく、複数の AP においても構築されている。これらは、幅広いハードウェアプラットフォームやネットワークとファイヤーウォール、およびソフトウェアなどで構成される、それ以上複雑でなくても、均一な計算基礎構造上に全て配置されなければならない。STEP を使ったオープンシステムのフレキシブルなアセンブリおよび発展には、適合性試験および操作共通性試験に対する強力な支援が必要である。それによってこれが実現される定義方法は、研究の余地を残す未完成領域である。

6.14 結 論

SDAI はデータ共有に必要な 1 つの構成要素にすぎないが、STEP 環境での製品データ共有に対する現時点での最善の答えである。SDAI の現行の制約には、下記の非支援などが含まれている：

- 複数アプリケーションによる複数 SDAI セッションへの同時アクセス
- リモートレジストリへの接続
- データの意味論にもとづくアクセスまたは操作
- データ形式の仕様
- リポジトリの作成、削除または命名

しかしその現行の制約があっても、SDAI は：

- EXPRESS で指定することのできるデータベース (リポジトリ) への標準アクセス機構を指定する。
- 特定プログラミング言語への拘束からインタフェースを切り離す。
- データ保存テクノロジーからアプリケーションシステムの独立を認める。
- 実装に関係なく、データをオブジェクト志向でビューする。

製品データ共有の目標は、データ交換に多くの利点を提供しながらも、今のところ制約された設定でしか実現していない。知識ベーステクノロジーの適用にはこれまでほとんど注意が向けられなかったが、インターネットおよび関連

テクノロジーの爆発的な利用により、STEP 実装作業が、分散アクセスを取り巻く問題に取り組むように方向づけられている。第 10 章では、SDAI および支援テクノロジーが将来 STEP 団体をどこに導こうとしているのかという点に関して、いくつか興味深い意見を取り上げる。

第7章

ユーザーの視点

7.1 アプリケーションプロトコルの背景

第2章では、AP (AP) に関する最初の発言が米国海軍後援の NIST プロジェクトで始まったと述べた。海軍施設設計コマンドのプロジェクトの一環として、NIST は建築、工作および建設 (AEC) 業界向けの IGES 使用の限界を文書に著した。この作業では海軍に対して、AEC 産業の優先度の高い情報交換要件を支援する IGESAP の開発を推奨した [140]。当時の IGES 部分集合は、有効な製品データ交換には充分でなかった。この推奨では、情報交換標準が、交換される情報の意味の定義、およびその情報表現に必要なデータ構造へのこの意味の写像を含んでいなければならないというのが基本的な前提であった。NIST はこれらの結果を ISO TC184/SC4 に提出し、STEP プロジェクトに含めるよう求めた。1988 年のこの画期的な方法は、製品データ標準が業界を支援するために開発される方向への意識的な変革であった。

1988 年に先立つあるできごとが、望み通りの、ほぼ完璧に近いレベルのデータ転送忠実度を実現するために、さらに他の制約が必要であることを明らかにした。米国エネルギー省 (DOE) は重要任務設計の明確な転送を目指す DOE プロジェクトの一環として、「フィルタリング」プログラムを開発していた。この製品の領域はこのプロジェクトに対して適切に制約されていたが、ソフトウェアは、CAD システム間の不正確な転送につながりかねないエンティティ使用を検出するように開発された。このプロジェクトに関与した IPO のメンバーは、AP の新しい概念の中心になる製品領域に関する考え方を特定した。

第3章で回想したこれまでの履歴でも明白のように、AP 作成への推奨は取り入れられたが、AP 開発に向けた構成要素および方法などは公式化の段階でなかなか先に進まなかった。STEP アーキテクチャの一部として確立されてしまうと、次の段階は既存の多くの AP イニシアチブに対し、ある程度の順序の類似性を与えることであった。1990 年5月、SC4 は加盟各国に対し、STEP AP プロジェクトの上位3優先事項を既存の18の提案から選択するよう要求した。この選択には次のような基準が推奨された：

- 1年以内に AP を完成させることが可能か？
- AP が既存の国際産業ニーズに対応するか？
- 必要とされる AP が ISO 10303 の第1版に対してリソースを提供できるか？
- AP の実装が可能か？

SC4 はこの調査の結果を利用して、最初の5 AP プロジェクトを確立した。以来産業プログラムは AP プロジェクトを提案しつづけており、それが ISO 10303 AP プロジェクトとして SC4 によって審査され、承認される。

7.2 アプリケーションプロトコルの目的と仕組み

第4章で述べたように、AP 方法は、STEP のアーキテクチャおよび使用の基本になるものである。AP 方法は次のものを提供する：

- 産業要件を定義し、これらの要件が STEP 標準によって満たされることを保証するための手段
- STEP 統合リソースを拡張し、新しいアプリケーション要件に一貫した方法で取り組むための手段
- AP を批准し、実装が試験可能であることを保証するための手段
- 有効かつ信頼できるソフトウェア製品の開発に利用することのできる仕様による STEP ベンダー
- 特定の産業領域に対する有効な適用範囲決定機構

- 産業の意味論を文書化するための有効手段
- STEP 実装の適合性試験の基盤

AP は ISO 10303 の一部として、製品データの使用に対するコンテキストおよび有効範囲を定義し、そのコンテキストにある STEP 統合リソースの解釈を指定して産業ニーズを満たすものである。さらに AP は、AP の実装に対する適合性要件および適合性クラスを列挙する。AP の設計により、STEP 統合リソース構造を再利用し、一貫した実装および多様なコンピュータアプリケーション間での関連データの交換を保証することができるようになる。

7.3 アプリケーションプロトコルの構成要素

STEP AP の主要な 5 つの構成要素は第 4 章で紹介した次のようなものである [141] :

- アプリケーションコンテキスト、有効範囲およびアプリケーション活動モデル
- 情報要件および対応するアプリケーション参照モデル
- 写像表
- アプリケーション情報を表現するための統合リソース構造の使用を指定するアプリケーション解釈モデル
- AP 実装に対する適合性要件

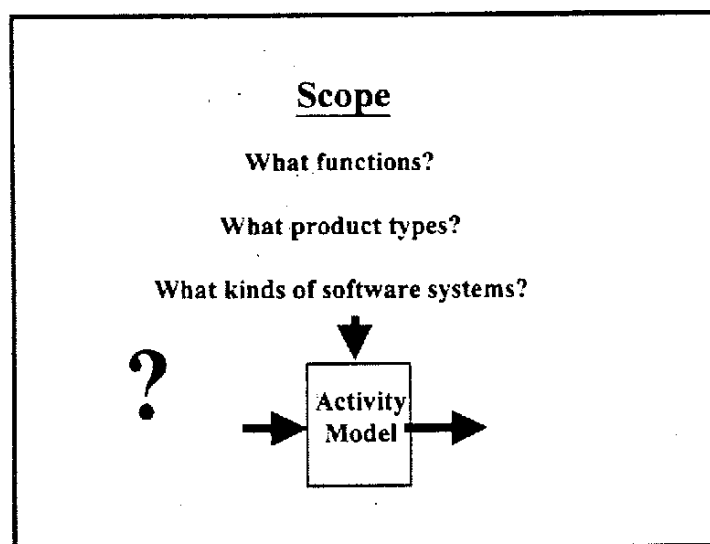


図 7-1: AP 有効範囲

AP の有効範囲は、AP によって適応される機能性および情報を記述する。AP の有効範囲は以下の条件によって定義づけられる:

- 製品の型
- 製品のライフサイクルにおいて支援される段階
- 製品データの求められる型
- 製品データの支援される利用
- 製品データを使用する規範

アプリケーション活動モデル (AAM) は、アプリケーションタスク、プロセスおよびアプリケーション領域の情報フローを理解するために開発されている。AAM は、要件の集合および有効範囲決めツールとして、どの情報および情報フローが AP の有効範囲内にあるかどうかを識別する。AAM は IDEF0 によって提示されたモデリング機能を用いて記述される。

Application Activity Model (AAM)

Information “flows” between activities are the basis for development of ARM.

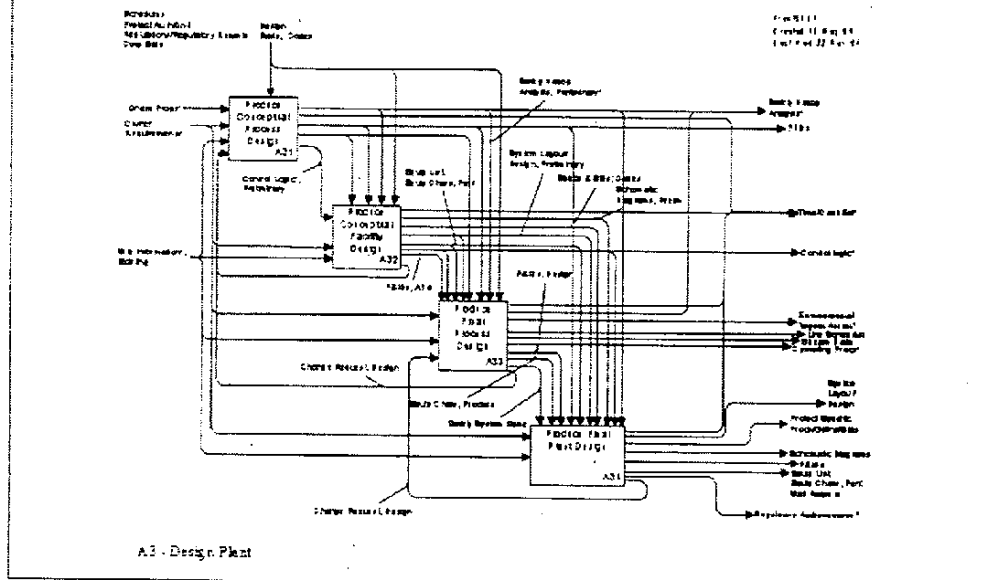


図 7-2: アプリケーション活動モデル

図 7-2²⁷ の AAM は、AP に対する関心のプロセスを示している。活動間の情報フローは有効範囲決定機構として用いられる。AP の該当有効範囲外にあるものには星印がついている。有効範囲内の情報フローは情報要件の供給源としての役割を果たす。AAM は要件収集に便利な詳細レベルにおける情報フローを示している。各フローについたラベルは、実際の文書または情報の一群を示している；このフローによって示される情報は分割されるか列挙される。次にこの分割が ARM 開発時の土台になる。

アプリケーション参照モデル (ARM) は、アプリケーションコンテキスト内で最も重要な情報を捕捉する。AP 開発者は、AP が「言う」ことができなければならないのは何かを決定する。ARM 用の情報収集には通常ワークショップが関係しているが、そこでは機能専門家が関与して、彼らが理解する範囲でそのエンティティを定義している。ARM を表現するために選択されたモデリング言語は、そのモデルの意味ほど重要ではない；モデルにおけるオブジェクトの定義が AP の最も重要な側面である。ARM はアプリケーション領域の情報要件や構造および制約などを形式的に記述する。

図 7-3 は ARM の断片を産業要件、ここでは建築部門に関連づけている。この図は ARM のオブジェクトと、図面によって伝達される情報との関係を示している。ここで重要な情報は、その壁が建築部門の一部 (図に表示) であり、それには寸法がある、すなわち実際に壁であるという事実である。

²⁷ 10303-225 の内容は、AP の構成要素に対するこれらのサンプル図を定義するために使用された。

Example: ARM Relationship to Information Requirements

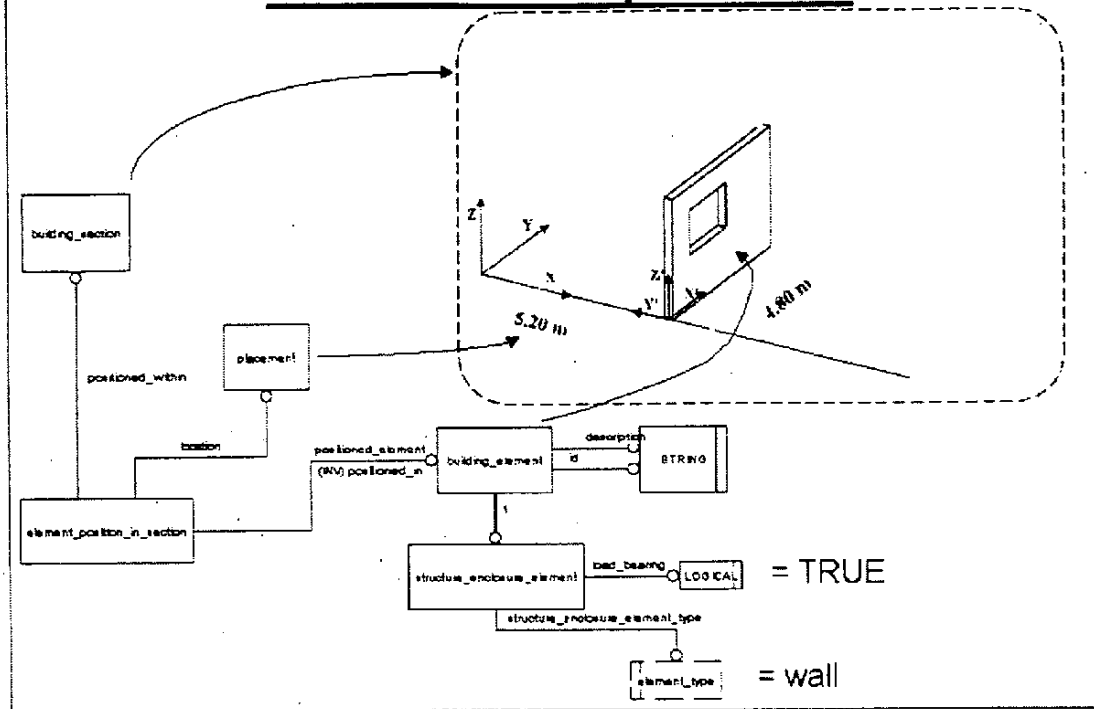


図 7-3: APARM

アプリケーション解釈モデル (AIM) にはいくつかの関数がある。これは AP で使用される IR 語彙の部分集合を指定している。これは総称データ構造の意味論を指定し、制約を追加することによって、AP に対する交換仕様を提供している。ARM に記載された要件は、統合リソースからの総称データ構造の選択、および ARM の情報ニーズを満たすこれらのリソースの特殊化および制約を通じて満たされる。IR エンティティを AIM に組み込むと、エンティティが IR に持っていた関係および構造が保持される。AIM そのものでは、エンティティは IR に比較してデータ構造を変更するような方法では修正できない。それぞれのエンティティまたはその下位型にはなお同じ数の属性があり、その属性が同じ順序で表示される。制約が影響するのは属性の許容値だけである。全ての AP が同じ統合リソース組を使用するという事実は、全ての AP が基本的な基盤となる一つの構造および意味を共有することである。全ての AP が統合リソースの構造を通じて関連づけられる。AIM は、ISO 10303-11 で定義された EXPRESS 機構を用いて統合リソース構造で構成される。このような機構により、統合リソース構造およびその改良を直接利用することができる。

Example: AIM Fragment

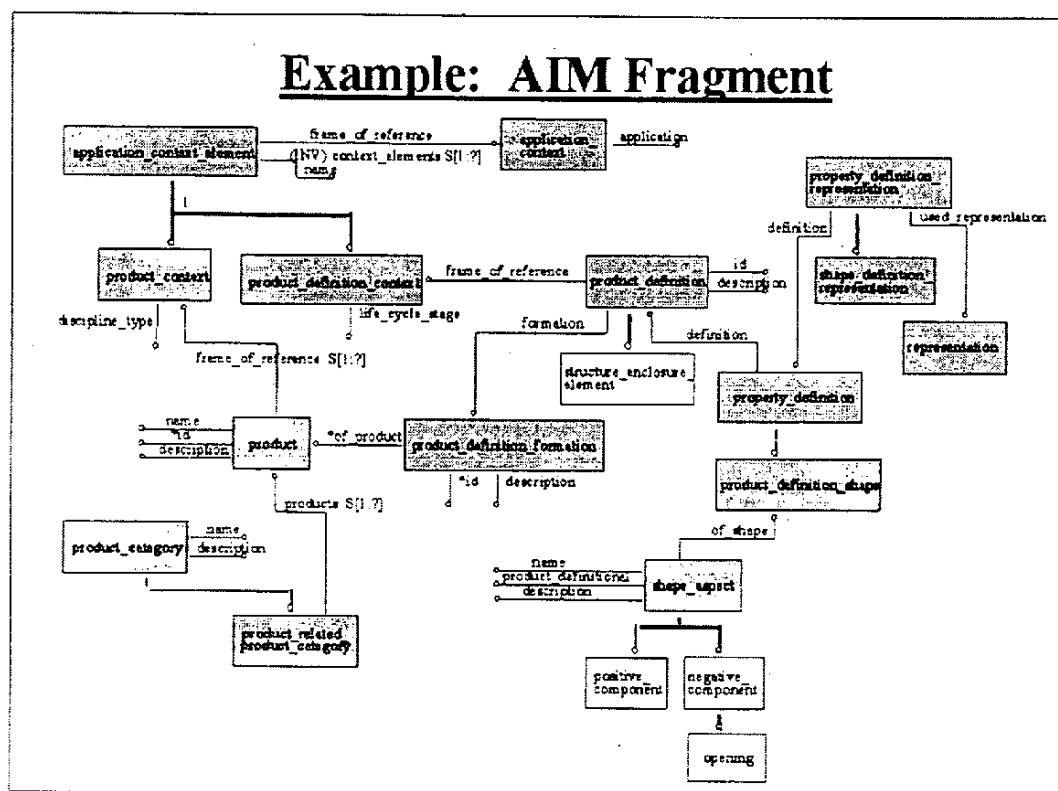


図 7-4: APAIM

図 7-4 のこの EXPRESS-G 図式は AIM の一部である。これは AIM の下位型を示している。ここには構造_エンクロージャ_要素と呼ばれる製品_定義の下位型がある。この下位型は壁を表現するために、物理ファイルにおいてインスタンス化される (これは結局構造またはエンクロージャ建物要素である)。形状_側面には正_構成要素および負_構成要素という 2 つの下位型がある；負_構成要素にも開と呼ばれる下位型がある。開に相当するインスタンスは、壁にある窓に対して作成される；窓は開であり、これは、ここではたまたま壁になる製品_定義の形状特性の、形状_側面の一種の負_構成要素である。この図式は、STEP に関与していない者にとっては複雑で理解しがたいかもしれない。ここでこれを使用する意図は、AIM がどのように機能し、それがもとのユーザー情報要件にどのように関連づけられるかという考え方を提供するためである。

ARM と AIM 間の形式的関係は、写像表において指定される。写像表は、要件および交換仕様を実際に結び付ける AP の一部である。この中には、AP 用の統合リソースの使用を指定する規則および制約が含まれる。AIM と写像表の組み合わせにより、AP 用の総称構造の使用が完全に指定される。写像表は、それぞれの情報要件が STEP 統合リソース構造でどのように表現されるかを記述する。AIM は写像表から開発され、STEP IR を使って ARM で文書化された要件を満たすスキーマを指定する (図 7-5)。

Example: Mapping Table (simplified)

ARM	AIM
structure_enclosure_element	structure_enclosure_element <- product_definition
structure_enclosure_element_type	product_category.name where the .name attribute is "wall"
load_bearing	property_definition where the .description attribute is "load_bearing"
component_location	mapped_item

図 7-5: AP 写像表

上の例では、写像表は ARM オブジェクト `structure_enclosure_element` が、AP 作成 AIM オブジェクトに対し、IR からの `product_definition` の下位型、`structure_enclosure_element` を写像することを示している。この `structure_enclosure_element` が壁であるという事実は、`product_category` の名前によって表現される。

写像表は複雑で理解しにくい、AP における重要なかなめである。

適合性要件は、AP のコンプライアント実装に対する基本的特徴および適合性クラスを指定する。適合性クラスは ARM の部分集合、および AP の有効でコンプライアントな実装に必要な AIM のそれに相当する部分集合を定義づける。

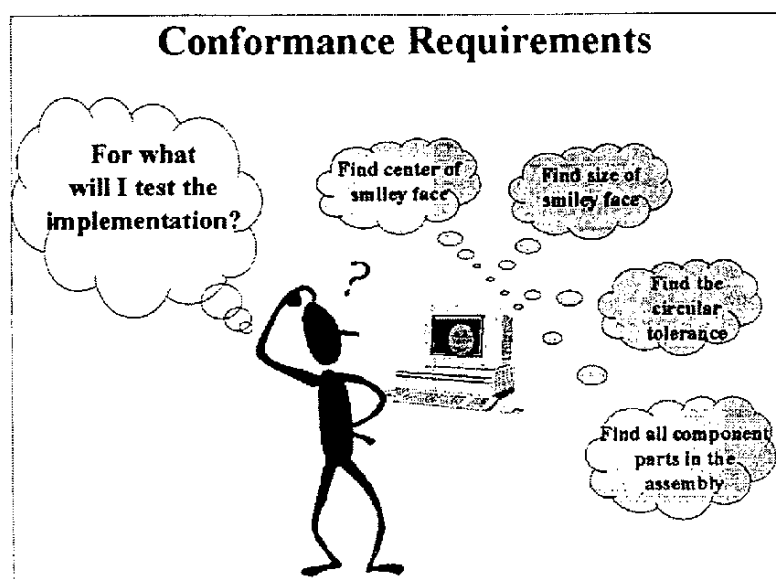


図 7-6: AP 適合性要件

AP の完全な内容要件は下の表 7-1 に示されている。

Foreword
Introduction
1 Scope
2 Normative references
3 Definitions and abbreviations
4 Information requirements
4.1 Units of functionality
4.2 Application objects
4.3 Application assertions
5 Application interpreted model
5.1 Mapping table
5.2 AIM EXPRESS short listing
6 Conformance requirements
Annexes
A AIM EXPRESS expanded listing
B AIM short names
C Implementation method specific requirements
D Protocol Implementation Conformance Statement (PICS) proforma
E Information object registration
F Application activity model
F.1 Application activity model definitions and abbreviations
F.2 Application activity model diagrams
G Application reference model
H AIM EXPRESS-G
J AIM EXPRESS listing
K Application protocol implementation and usage guide
L Technical discussions
M Bibliography
Index
Figures
Tables

表 7-1: STEPAP の内容

7.4 アプリケーションプロトコルの開発

AP 開発の最初の段階は、確実な情報交換標準に対する産業の優先順位およびニーズを定義し、さらにこれらのニーズを満たす AP 開発への国際的な関与を確立することである。SC4 は、対象になる全ての産業のユーザーからの専門家がこの作業に関与することを保証するように努めている。産業優先順位およびニーズを文書化し、有効範囲および情報要件の定義が、AP に対するアプリケーションコンテキストおよび機能的要件の正確な記述の公式化をもって始まる。この記述は、AP を目標とした製品データアプリケーション、およびそのアプリケーション内での製品データ本来の使用を定義づける。詳細な有効範囲決定および情報要件定義は、この記述から始まる。

有効範囲の定義は、アプリケーション活動モデル (AAM) を通じて磨かれていく。AAM は、IDEF0 などのプロセスモデリング技術による、アプリケーション領域内での製品データの使用を記述する。この解析例の間に、アプリケーション領域からの製品および使用の筋書きが文書化される。このような使用例は、情報交換要件の定義づけ、および ARM および AIM のその後の批准試験において極めて価値あるものである。

AP の有効範囲を管理可能な構成要素にモジュール化する基本的機構は、ARM のコンテキスト内の機能性ユニット (UoF) を定義することである。UoF は、ARM のコンテキスト内で複数の正しく定義された概念を伝達するエンティティや属性、および関係の集合である。UoF は ARM を理解しやすい論理的な概念グループに編成し、AP の適合性クラスを定義する基盤を与えるために用いられる。NIST は既存の UoF ブラウジングのために、ウェブベースでインターネットアクセス可能なツールを開発している。このサイトには、各 AP に関連する全ての UoF、UoF と他の UoF との関係および UoF の定義などが表示される [142]。このサイトには、新しい AP 開発者が既存の AP で関係のある要件を見つけることができるように、AP の要件が表現されている。これらの要件を再利用することにより、要件レベルでの AP の調和が容易になる。

AP Development Process Summary

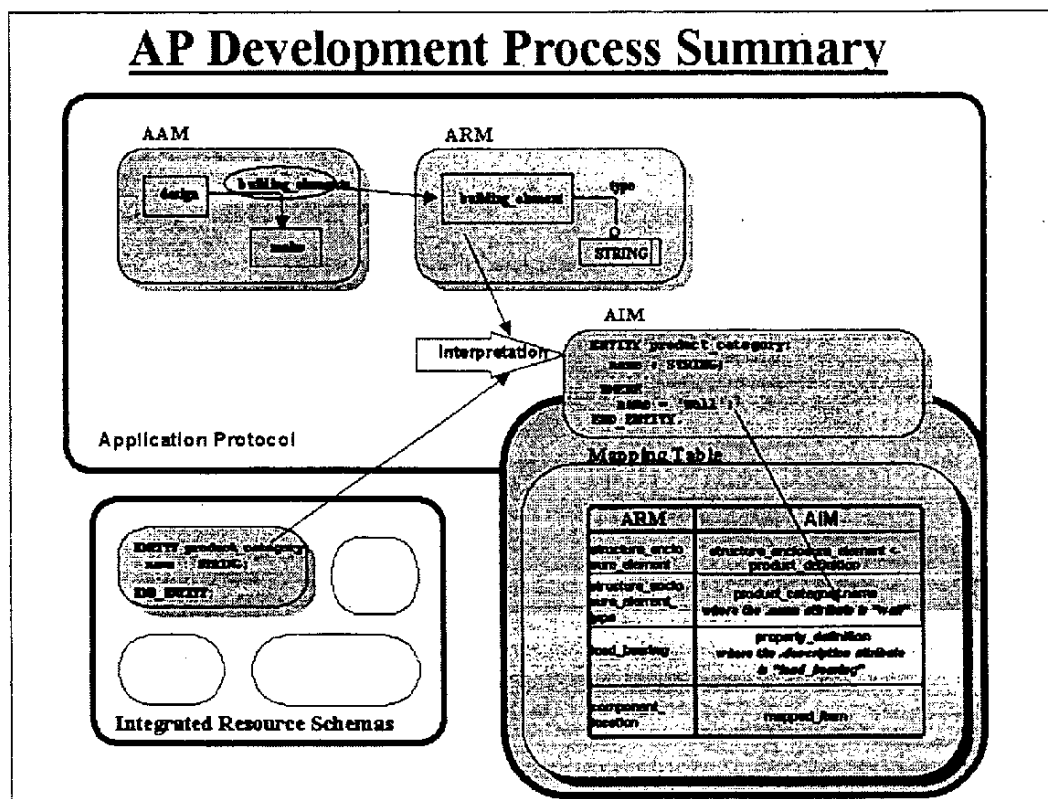


図 7-7 は AP 開発プロセスをまとめたものである。簡単にいえば、AAM にある情報フローが ARM にある情報オブジェクトにつながる。解釈プロセスによって、ARM 要件に対応する IR オブジェクトが識別される。IR の部分集合およびそのような構造の特殊化を含む表現 AIM が作成される。

ARM と AIM の相関関係は写像表において文書化されている。この写像表は、そのアプリケーション内での AIM 構造の使用に関する指針を示している。

7.5 AP プロジェクトを計画し管理する

1990 年から 1998 年まで、SC4 は 32 の AP プロジェクトの開始を承認した。この間に、SC4 は産業要件を評価し、国際標準としての AP の時宜を得た完成を促進するための手続きを確立した。このような作業には、例えば造船およびプロセスプラントなどの産業セクターのニーズに応える AP のスイートの定義を促進する、AP 計画プロジェクトの利用も含まれていた。さらに製品データ交換および共有に向けた産業要件を収集し、総合し、一般化させるという作業もあった。また産業は、産業ニーズおよび優先順位の将来の定義に役立つ産業全般 AAM および IT ロードマップを定義づけるよう促進された。

航空宇宙産業は、構成管理など、本質的に総称である AP の使用において STEP を使用するための総称方法を採用している。自動車、造船およびプロセスプラント産業は、その産業ニーズに応える特定の AP を開発してきた。例えば ISO 10303-214 の有効範囲は「自動車機械設計プロセスの中心データ」であるが、これは少なくとも、米国、欧州および日本の自動車会社によって使用されることになる。

造船業界は 5 つの統合 AP のスイートを構築中である。化学、プロセスプラント、および建築設計および建設 (AEC) 産業も、特定産業に焦点をあてた AP の開発に従事している。

この同じ期間に発足した 32 の AP プロジェクトのうち、5 つが国際標準になっている。表 7-2 は、本書の出版時点において SC4 で活動を続けている AP 作業の項目を列挙している (*国際標準)。

Application Protocol Number and Title	
10303-201*	Explicit draughting
10303-202*	Associative draughting
10303-203*	Configuration controlled design
10303-204	Mechanical design using boundary representation
10303-205	Mechanical design using surface representation
10303-207*	Sheet metal die planning and design
10303-208	Life cycle management 10303- Change process
10303-209	Composite and metallic structural analysis and related design
10303-210	Electronic assembly, interconnect, and packaging design
10303-212	Electrotechnical design and installation
10303-213	Numerical control process plans for machined parts
10303-214	Core data for automotive mechanical design processes
10303-215	Ship arrangement
10303-216	Ship moulded forms
10303-217	Ship piping
10303-218	Ship structures
10303-221	Functional data and their schematic representation for process plant
10303-223	Exchange of design and manufacturing product information for casting parts
10303-224*	Mechanical product definition for process plans using machining features
10303-225	Building elements using explicit shape representation
10303-226	Ship mechanical systems
10303-227	Plant spatial configuration

Application Protocol Number and Title	
10303-230	Building structural frame: Steelwork
10303-231	Process engineering data: Process design and process specification of major
10303-232	Technical data packaging core information and exchange

表 7-2: 現行の AP

AP 作成に要する膨大な資源および時間の投入を縮小しようと、これまで多くの努力がなされてきた。しかし方法の後の要件を軽減したり、AP 開発をオートメーション化するためのツールを製造しようとする試みも、このように事業が集中したため、わずかな進展をもたらすのが精一杯であった。開発に対する現在の方法については、次のような問題に関してなお議論が続いている：

- AP を標準化すべきか、あるいは ISO 10303 の基礎構造部分 (10s, 20, 30s, および 40 パートシリーズ) だけを標準化すべきか？
- AP を産業セクタ内だけで調和させるべきか、引き続き産業セクタ間で統合させていくべきか？

自動車および航空宇宙産業は ISO 10303 の初期の採用者であり、最初の STEP AP の開発および発展にも関与していた。その国際産業組合の協力を通じて、このような産業はこのテクノロジーにおける中心的権限を確立した。いずれの産業セクターも、支援する AP のユーティリティおよび信頼性をその供給および納品チェーンに活かそうと作業を続けている。AP 方法の導入により、STEP に対する産業後援者の多くが、その注意および資源の行き先を、特定の情報要件を満たす AP プロジェクトに方向転換するようになった。第 3 章で述べたこの資源の移動が、共通の統合リソースを送り出す作業を鈍化させ、改良されたアプリケーション解釈構造の実現も遅らせた可能性がある。

より多くの産業が情報交換および共有標準に対するニーズを調査するにつれ、SC4 は多様なデータ交換に対する産業意味論を標準化する補助的な機能および機構を求める、産業界のさらに拡大する期待および要望に直面するようになった。これらの要望は、設計意図の実現から、参照データの産業分類を用いたデータ保存まで多岐にわたっている。それぞれ分割した産業ソリューションに焦点を当てるため、一部の断片化が起こっている。このような要望は、ISO 10303 および AP 開発プロセスの限界の一部を強調してきた。このことが、必要な標準の開発に向けた SC4 標準アーキテクチャおよび戦略計画へのニーズに寄与している。

7.6 結 論

SC4 は STEP プロジェクトを通じ、プロセスモデリング、情報モデリング、データモデル間の写像、および各実装パラダイムにおける適合性試験などの組み合わせ利用を率先して行なってきた。これらの方法および対応するソフトウェアツールは、それぞれ過去 8 年間にわたる AP 引き渡しプロセスを通じて成熟してきたものである。現在の、既存のプロセスには次のような弱点がある：

- 情報モデル写像表記およびツール
- 標準開発プロセスの非効率および速度
- 個々の AP の有効範囲を決める不適切で矛盾した手段
- 草案標準のわずかな産業試験量
- AP の実装を容易にするツールの不足
- 出版された標準の変更または改良の難しさ

AP にある写像表は、最も複雑で当惑させられる構成要素である。SC4 は写像表のユーティリティを一部改善している。しかし写像表をコンピュータが解釈できるようになるまでは、STEP AP の理解および使用を妨げる大きな障害であることに変わりない。

最初の AP 開発プロセスは、STEP の機能性および意味能力を完成させるための作業を優先させるように、作業要件および入力を収集する、正しく定義された手段を提供した。SC4 プロジェクト管理諮問グループ (PMAG) は当初 AP 開発プロセスのこの段階を促進し、NIST は STEP 要件の収集および総合を改善する潜在的なツールの調査を行なった。

残念ながら、NIST が CALS の支援を得てプロトタイプ of STEP 要件管理システムを開発していたのと同じ時期に、PMAG および SC4 は WG4 を解散し (第 9 章参照)、WG4 中心責任の大半を再び委託しないことを決定した。この結果、規定された SC4 AP 開発プロセスから、交差産業要件の解析および整合 AIM 構造への強調が除去されることになった。このように焦点が変化したことにより、AP における高価値共通性を保証するという中心的な指令がなくなった。この変化は認知された「SC4/WG4 の障害物」を取り除こうという動きが原動力となって始まったものであるが、それによって AP 開発プロセスの基本的目標が無効になり、断片化ソリューションに拍車がかかることになる。

産業プロジェクトの中には、草案標準および開発ツールの補助試験を支援して、AP の実装を促進しようとする動きがある。このような分野における改善と、STEP AP の使用に対する産業リーダーたちのこれまで通りの促進に助けられ、断片化にもかかわらず産業による持続的かつ広範囲な採用につながっている。やはり AP の実装は、このテクノロジーにより事業運営に極めて大きな利益がもたらされることを約束するものである。

第8章

適合性とインターオペラビリティの検証

8.1 はじめに

近代的な情報ベースの設計システムは、製品データを共有する各種の構成要素で成り立っている。この構成要素は一般的にソフトウェアエンティティであり、設計や解析、製造およびデータ管理などの特定の機能を実行するように設計されている。特定の構成要素には、ユーザーによって確立された機能的要件を満たすような、何種類もの市販の実装が存在する。ユーザーはデータを共有し、交換する能力とあわせ、アプリケーションの特性および機能を重視しなければならない。

データを共有するためには、システム内の構成要素は共通のインタフェース仕様すなわち標準に準拠しなければならない。機能的に等しい実装は必ず競合するという事実およびそれらが共通のインタフェースに準拠しなければならないという事実があるため、窮境に陥ってしまう。アプリケーションは、競争に勝つためには異なるものでなければならない。同時にデータを共有する（同一データ構造を共有する）ために同一でなければならない。ベンダーはその製品を他のベンダーの製品とは違う製品にする1つの方法として、製品に特別な機能を与える²⁸ことが多い。標準開発者は、非常にきびしく詳細な適合性の定義を与えることにより、この点を補っている。

アプリケーションが非適合を示す方法には通常2通りある。1つは、特定の性質が標準で定義された動作に適合しない場合、またはその特性が実装に存在しない場合である。ベンダーは仕様の解釈を誤ったか、あるいは実装の動作を全面的に検証することができず、結果的に標準に適合できなかった可能性がある。もう1つは、アプリケーションがインタフェース仕様を回避して、機能または特性が標準で取り上げられないようにした場合である。ベンダーがインタフェースにおいて、標準に含まれるよりも多くの属性を定義することもこの一例である。いずれの場合も、非適合によって操作共通性および携帯性に問題が生じ、開発および維持コストに重大な影響を及ぼす結果になる。

アプリケーションベンダーは、その製品を述べる場合に「コンプライアント」という語を使うことがある。これは通常、それが標準を適切に実装しており、その製品が標準の要件に適合しているかどうかを決定するいくつかの試験を実施したとベンダーが考えているということを意味している。適合性試験は標準への適合性を検証する正式な手段であり、試験方法および要件が、その製品を開発するベンダー以外の組織の管理下に置かれていることを示している。

実装の適合性試験は、標準との適合性を主張するベンダーの訴えを検証するための枠組みを提供する、試験方法および試験要件開発に向けた正式な方法を意味している。正式な適合性試験の開発においては、様々な経路が取られてきた。最も総称的な方法は、標準作成と関連して適合性試験要件を開発する方法である。この方法では、標準組織内の作業グループは、標準と関連した適合性試験方法の開発のために結成されている。集められた専門知識を利用して、公開フォーラムで試験要件に関連する曖昧さを解決する能力があれば、標準団体によって管理される簡潔で正確な適合性試験標準組が得られる。ISO 10303 以外に、過去にこの方法を実行した例には：ANSI (ANSI) X3T9.5 ファイバー分散データインタフェース (FDDI) 適合性試験作業グループ、IEEE896.4 Futurebus+ 適合性試験作業グループ、および IEEE 1003.3 POSIX 適合性試験作業グループ [143] などがある。これらの試験プログラムは10年以上を経た今もなお健在であり、このような活動から望ましい多くの成果が得られている。

²⁸「製品」という語は、この章では「実装」という語と互換的に用いられている。いずれも、標準にもとづいて市販されているソフトウェアを意味する用語である。

ISO 10303 開発初期において、STEP 製品の市場への売り出しに拍車をかけようとした NIST、CALS、英国の CADDETC²⁹ および主要な将来の STEP ユーザーは、適合性および操作共通性試験に適した方法およびツールを開発するための活動を開始した。NIST には試験製品データ交換標準に従事した長い経験がある。1980 年代初期、NIST は CALS プログラムから IGES 部分集合に対する試験方法の開発に向け資金を提供された。国立 PDES 試験台活動の一環として、CALS はまず PDES, Inc. CDIMS に対して、次に ISO 10303 の初期のバージョンに対して、批准試験を実行する NIST の業務に資金提供を行なった。1990 年代初頭、Navy Mantech プログラムは、NIST および産業 NIST (ITI) ミシガンの合同事業に資金を提供し、適合性試験方法の開発に協力した。この投資は CALS 投資によって補足された。最後の数年間、NIST は商務省の資金を活用して試験事業の支援を継続した。それまでの標準での経験から、適合性があっても整合性のない STEP 実装の開発を防ぐために STEP の完結で明確な適合性要件を定義することの重要性が明らかになっていた。ISO 9646 [144] などの過去の標準から学んだことは、適合性試験要件および試験方法が、標準が発行された時点で有効でなければならないことも示していた。この章では試験の目的、様々な試験の種類、試験の利点を述べ、さらに ISO 10303 AP に対する適合性試験方法の開発についても述べる。

8.2 テスト

複雑な標準にもとづいて製品を開発および統合することは極めて困難である。この統合プロセスにはずみをつける 1 つの有効な方法が適合性試験である。合意ずみの参照を利用して、確立された標準に照らして製品の試験を実施することにより、その製品が同じ標準に準拠する他の製品と相互に作用することができるかどうかを判断する手がかりが得られる。製品の開発および発展に際しては様々な種類の試験方法が用いられる。

批准試験—製品がそれに準じて開発される基盤となる仕様の評価。批准試験は、標準に対して用いられるデータモデルの完全性、正確さ、および一貫性などの評価を試みる。

適合性試験—その製品がどの程度まで適合実装であるかを判断するための標準によって求められる特定の性質の有無に対する、候補製品の試験。

操作共通性試験—それが同じ仕様を実装している別の製品との間で (操作共通) 情報を交換および共有するかどうかを判断するための製品の評価。

性能試験—様々な条件下でのスループットおよび応答時間などの、製品の性能特徴の評価。

ローバスト試験—非常に膨大なデータセットまたは誤りを含んだデータなど、処理が難しい供給データの場合に、どれだけ適切に実行できるかを判断する製品の評価。

合否判定試験—製品が定義ずみの受容基準を満たすかどうかを判定するプロセス。合否判定試験は、製品がユーザー要件を満たすことを証明する他の種類の試験との組み合わせである。

一般的に、システム統合を実現するための主要な 2 つの方法は、適合性試験と操作共通性試験である。

²⁹ CAD-CAM データ交換技術センター、英国、リード大学。

8.3 適合性テストとインターオペラビリティテスト

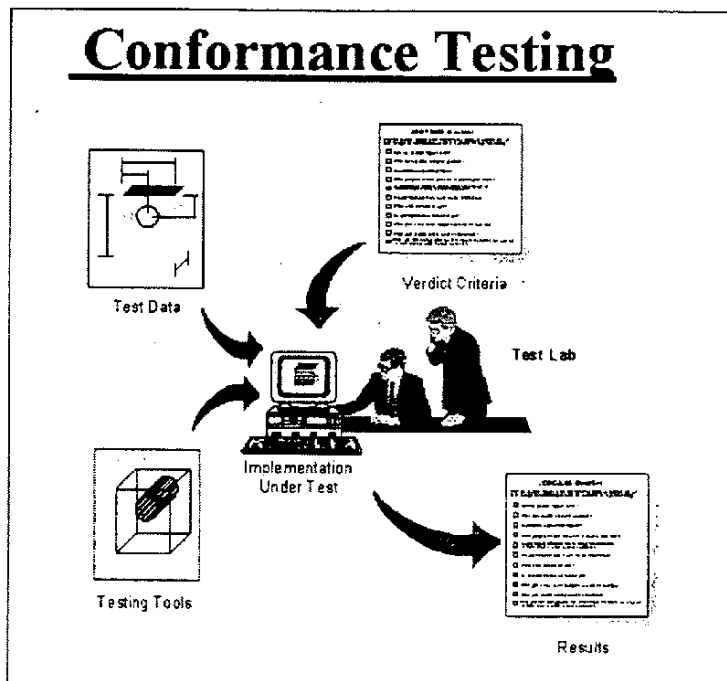


図 8-1: 適合性試験

適合性とは、指定された要件を満たすことを意味している。適合性試験 (図 8-1) では、実装は指定された試験項目によって試験され、それが支援するとされているオプションに関して、指定の要件を満たしているかどうかを検査する。適合性のために満たすべき要件は、理想的には、操作共通性を支援するためにも必要であるはずである。したがって適合性試験は高レベルの確率は提供するが、システムに操作共通性があると保証するわけではない。適合性試験は、ISO 10303 を実装する製品が操作共通性を持つかどうかを判断する基準を提供しているのである。

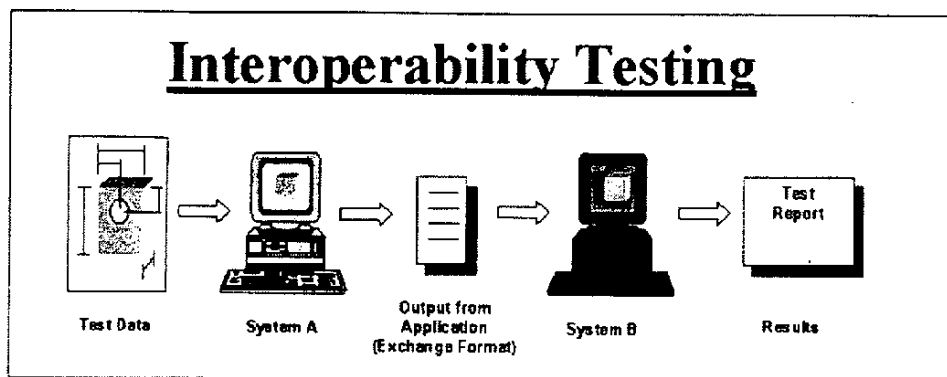


図 8-2: 操作共通性試験

「操作共通性」とはともに働くことである。STEP のコンテキストにおいては、同じ AP を実装している 2 つの異なるシステム間での情報の交換および理解を意味している。操作共通性試験 (図 8-2) は、実装が他の実装と共に効率よく機能するようになっているかどうかを判断するために実施される。操作共通性試験の利点は、試験項目が少なく済み、その試験の結果が推論されるものではなく直接的であることである。操作共通性試験に合格することは、2 つの実装が操作共通性を持つことを示しているが、適合性試験に合格しても、2 つの実装が操作共通性

を持ちやすいことが示されるに過ぎない。この意味では、ユーザーの観点からすれば、操作共通性試験の方が適合性試験より有効である；しかし1つの実装を試験してそれが他の多くの実装と共に動作するかどうかを判断する場合、かなり徹底した方法で1回実施する試験と、簡単な方法で何度も実施する試験との間にはコストのトレードオフがある。N実装が与えられている場合、それぞれの実装が入力（後処理）で1回と出力（前処理）で1回試験されるため、 $2 \times N$ 回の適合性試験が必要になる。同じN実装で、 N^2 操作共通性試験が求められる（図8-3）。試験されるシステムの数が増えていくにつれ、必要な個々の試験の数が膨大になるため、徹底的な操作共通性試験が徐々に実用的でなくなっていく。このため操作共通性を保証するには、それが実行される入念さに比例して費用が増大する。

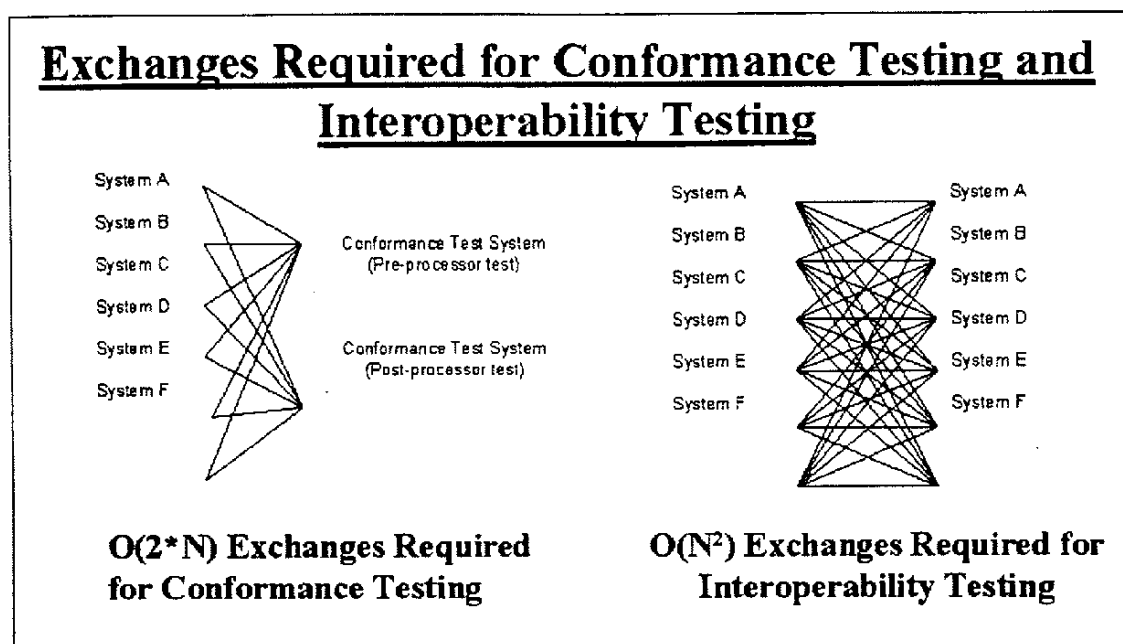


図 8-3: 要求される交換

適合性試験には、前述のように操作共通性試験に比べて大きな利点がある。適合性試験は特に何よりも、標準に対して厳重な注意を払っている。これは適合性試験が、操作共通性試験よりもはるかに、標準の全ての要件が実装において満たされていることを保証するということである。電気回路に例えると、適合性試験は、共有される全ての標準ベース実装に対する参照、接地点の役目を果たしている。適合性試験を行わずに操作共通性試験を行っても、ペア間の実装にドリフトが生じる：実装は最後には別の実装のわずかに非適合な動作を補うために、ある方法で構成し直さなければならない。また適合性試験は、問題の位置特定も簡単にする。試験される実装が1つだけであるため、試験に合格しない場合にどのシステムに欠陥があるかが一目瞭然である。

反対に、操作共通性試験にも適合性試験にはない利点がある。標準の要件に対して制約されていないため、操作共通性試験はユーザーが関心を持つ他の要因に注目することができる。例えば標準が取り組まない、操作共通性を妨害するような要因に焦点を当てることもできる。CADベンダーが公差仕様に対して異なる粒度を用いる場合の、CADシステム精度不適合はこの一例である。また異なる設計実施という例もある。操作共通性試験では、ユーザーは標準が取り上げない、標準から独立した、その操作にとって重要な領域を重視することができる。関心のある領域固有の試験データを利用することができる。これによって、システムが実際の生産中に情報を交換できることがさらに保証される。

方法	適合性試験	操作共通性試験
下記に対して実装を検証する：		
標準の明示的要件	✓	
ユーザー駆動要件		✓
信頼できる参照システムに照らして試験する	✓	
操作共通性問題を特定する		
標準の有効範囲内	✓	✓
標準の有効範囲外		✓
試験される実装以外		
欠陥のある IUT を識別する	✓	
標準の広範な対象範囲	✓	
N システムに対する試験回数	$O(2*N)$	$O(N^2)$
形式的	✓	

表 8-1: 適合性試験対操作共通性試験

表 8-1 は各方法の対象範囲をまとめたものである。両方の試験が実施されるのが理想であるが、それにはコスト面での問題がある。1つの方法が両試験方法の利点を併せ持つ。このような方法は、適合性試験で使用される規範およびツールの一部を、操作共通性試験プロセスに結合することによって可能になる。

8.4 ISO 10303 実装のインターオペラビリティテスト

前の章で述べたように、ISO 10303 の実装部分は AP (AP) である。AP はまた適合性クラスと呼ばれる構造にグループ分けされた適合性要件の定義も行なう。適合性クラスとは、有効な実装を定義する完全 AP の特定の部分集合である。適合する実装は、所定の適合性クラス内のあらゆる条件を支援していなければならない。ベンダーは適合性を支援するが、なお要求するような適合性クラスから概念の部分集合を選択することはできない。

第 7 章の表 7-1 に示したように、STEP AP には STEP 実装の試験には特に重要な 2 つの節がある。

4 節：情報要件－AP 意味的要素の特定の定義が、AP 有効範囲内のアプリケーション参照モデル (ARM) から導出されるオブジェクト間のオブジェクト、属性およびアサーションで構成されるアプリケーション要素組として与えられる。

5 節：アプリケーション解釈モデル－アプリケーション解釈モデル (AIM) は、EXPRESS [145] スキーマのエンティティやデータ型および制約のコンピュータ感知言語定義を提供する。また 5 節は写像表－AIM で定義される構造に関して、4 節の各アプリケーション要素の正確な符号化の仕様－の定義も行なう。

前述したように、各 10303 AP には関連する抽象試験スイート (ATS) がある。この ATS には、適合性要件を支援するための AP に対する抽象試験項目 (ATC) 組が入っている。各 ATC は、複数の適合性要件の部分の評価するために必要な活動の実装独立仕様を提供する。それぞれの AP には対応する ATS への規範的参照が含まれている。

各適合性要件は、複数の試験目的を満たすように設計された複数の ATC に相当する。試験目的は単一で、例えば「向きを定義した状態で、復号曲線として曲線の生成を試験する」など、試験目標の正確な記述である。AP のエンティティの正しい有効範囲が得られるように、充分な試験目的が記述されなければならない。各 ATC については、適合性要件から判断基準が作成され、試験機関がその試験項目に関して実装の適合性を評価できるようになっている。

ATC にもとづく適合性試験が実施されたら、その結果生じる判断は、実装が複数の適合性要件 [146] を満たしているかどうかを示す。試験項目は、ISO 10303-34 [147] に明記された形式的言語を用いて定義される。図 8-4 は ISO 10303-203 [148] に対する試験項目例である。

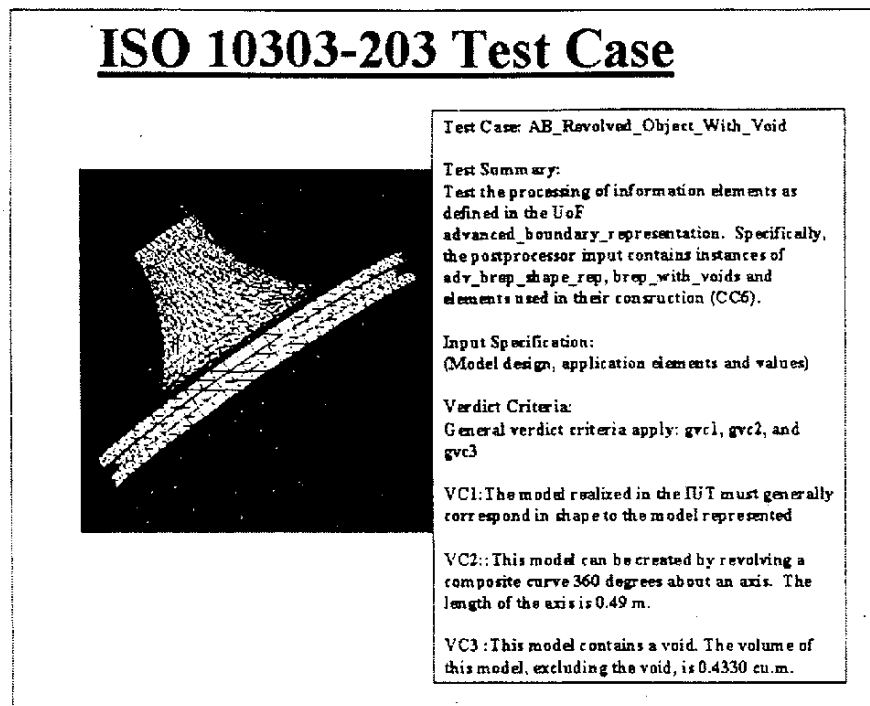


図 8-4: ISO 10303-203 試験項目

ISO 10303 に適合性試験を組み込むことの重要性は、STEP 開発初期段階から認識されていた。第 4 章で述べたように、NIST は適合性試験の価値を評価する SC4 の意識向上において強力な主導的役割を演じた。30 シリーズ各部「適合性試験および方法と枠組み」は、ISO 10303 に対する適合性試験の要件を指定し、指針を与え、その手続きを指示している。これらの各部は次の目標を満たすために必要な情報を提供している：試験結果に対する確信、試験結果間の比較性および試験担当者間での意志の疎通である。30 シリーズ各パートは AP の抽象支援スイート要件、ISO 10303 実装方法に対する抽象試験方法、共通の用語および概念、および試験機関によって実施される適合性評価プロセスなどを定義づける。

ISO 10303 30 シリーズ各パート：

- 31： 適合性試験および方法枠組み：一般的概念
- 32： 適合性試験および方法枠組み：試験機関および顧客に関する要件
- 34： 適合性試験および方法枠組み：AP 実装に向けた抽象試験方法
- 35： 適合性試験および方法枠組み：SDAI

IDEF0 [149] は ISO 10303 に対する適合性試験手続きを文書化するために使用される。図 8-5 は、適合性評価プロセスの概要を示している。このモデルの分解は、10303-34 における試験方法の基盤を提供する。適合性評価プロセスに着手する（試験を実施する）ためには試験システムを作成しなければならない。試験システム自体は標準化されていないが、ISO 10303 の要件にもとづいている。

Overview of the Conformance Assessment Process

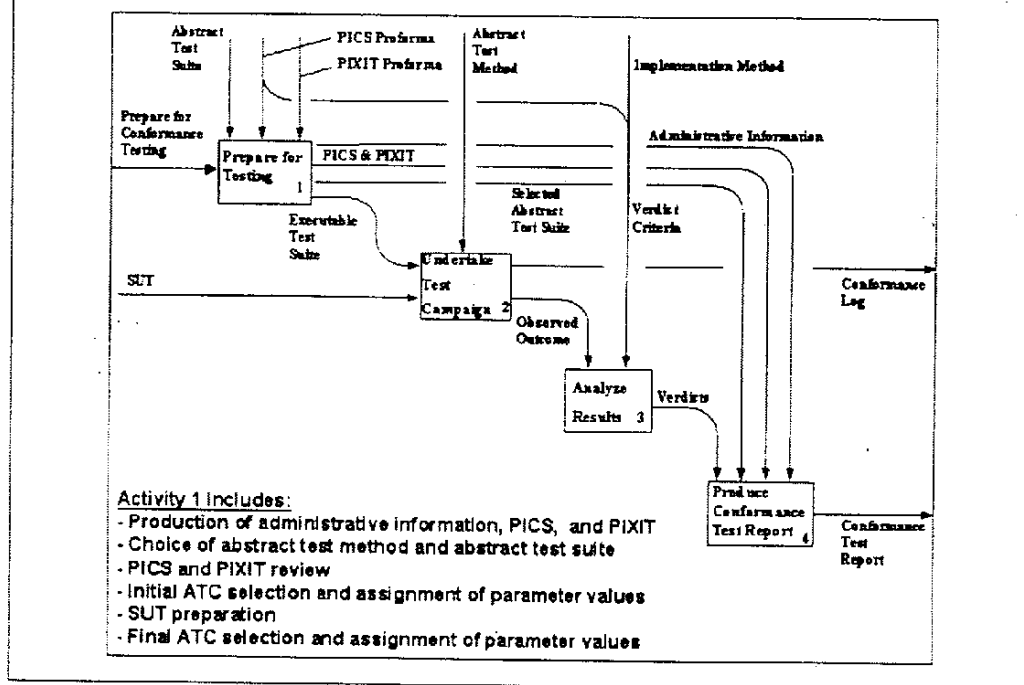


図 8-5: 適合性評価プロセス

実施可能な試験システムの要素は標準文書から導き出される。実施可能な試験スイートは、ATS から直接導出される。適合性試験および証明に対する全体的な枠組みは、10303-31 [150] に表示されている。試験されているシステムに関する余分な情報を収集する方法 (PIXIT 形式) を開発する指針は 10303-32 [151] に示されている。詳細な手続きマニュアル作成の指針は 10303-32 および-34 に提示されている。適合性評価用のソフトウェアツールは 10303-34 の要件にもとづいている。

8.5 STEP 適合性要件

ISO 10303 AP は、適合性クラスの全てのエンティティが適合性実現のために実装されることを要求する。この明示的な実装要件は、必須要素および任意要素のある仕様が原因で生じる混乱を避けるために必要である。過去においては、任意要素のある標準を使うと「フレーバー」実装 - フレーバーとは特定のアプリケーションによって用いられる任意の要素とそのような要素の解釈の組である - になった。同一の仕様に適合するが、異なる任意要素組を使用するというアプリケーションは、整合性がない場合がある。IGES 中間形式仕様および RS274 マシンツール制御言語仕様 [152] は、任意要素を含み、その結果多くの非整合性市販実装になる標準の例である。この状況に取り組むために STEP 開発者は、厳密な適合性要件を含め、試験目的を定義し、実装適合性記述を含める要件を追加し、各 AP に対して ATS を標準化した。STEP 開発者は、各試験グループによる複数の抽象試験スイートの非公式な開発を軽減するため、ATS の標準化を行なった [153]。

8.6 STEP 実装の適合性テスト

STEP AP の実装は前処理系か後処理系のどちらかである。前処理系は、ISO 10303 AP 情報モデルまたは交換構造を生成する実装である。後処理系は、ISO 10303 AP 情報モデルまたは交換構造を解釈する実装である。いずれの場合も、試験中の実装 (IUT) の機能 (動作) は同じになり：所定の入力形式からの情報を規定された出力フォーマットに

変換する。この変換で重要な点は、モデルに包含される情報の意味的内容の保持である。STEP AP の実装は、第 6 章で述べた 2 つの定義済み実装方法：ISO 10303-21 [154] で定義された交換構造を用いたファイル交換、または ISO 10303-22 [155] で定義された SDAI (SDAI) を通じての、共有データベースへの標準アクセスのいずれかを使ったこの変換に影響を及ぼす場合がある。

一般的な適合性試験プロセスは、ISO 10303 AP [156] の実装試験に直接適用されてきた。試験中実装 (IUT) は所定の入力形式で STEP AP により定義された AIM スキーマのインスタンスを供給し、それを該当する出力形式に変換するものとされている。試験入力 AP 仕様によって駆動され、試験システムによって管理され、生成される出力に適用される解析に直接関連づけられる。

前処理系の場合、入力は発信システム特有のデータ形式で情報を表現する。このような入力は、AP の情報要件の部分集合である。この入力の意味は STEP で正確に定義されているが、この入力の特定の形式は定義されていない。適合性試験目的では、この形式は「ハードコピー」と呼ばれる、人間が読み取れる、文章および図式の形式として定義されている。この出力インスタンスモデルの形式は、STEP 交換構造 (ファイル交換用) または一連の SDAI コール (データベース実装用) のいずれかである。

後処理系の場合、その状況が保持される。入力は EXPRESS AIM スキーマのインスタンスで、STEP 交換構造 (ファイル交換) または一連の SDAI コール (データベース) のいずれかの形式になる。後処理系に変換することにより、STEP で定義されない特定の形式で出力が生成される。適合性試験目的では、後処理系出力は、入力モデルインスタンスに含まれる情報の意味に関する問い合わせに対する一連の応答である。後処理系はハードコピー出力を行なう可能性はあるが、想定も、要求もされていない。

IUT によって生成された出力に適用される解析は、構文、構造および意味という 3 つの領域での能力を評価する。STEP では、試験構文および構造解析は、意味解析が前処理系と後処理系のいずれにも当てはまる場合の後処理系の試験にしか適用されない。

構文解析—前処理系の出力交換構造にのみ適用される。構文解析は、アプリケーションの実装方法の要件が全て満たされているかどうか、ISO 10303-21 で規定されたファイル形式と、ISO 10303-22 で定義された標準アクセス方法のいずれかを検査する。

構造解析—前処理系出力交換構造において表現されるデータモデルが、AP によって定義される AIM EXPRESS スキーマの全ての構造要件を満たしていることを確認する。この中には、ローカルおよび大域的に定義された制約のほか、全てのデータ型の検証が含まれる。

意味解析—該当する AP の情報要件によって定義される意味が観察される出力で正確に伝達されるかどうかを検証する。意味解析は前処理系にも後処理系にも適用される。

適合試験では、1 つの形式での入力データが与えられ、別の形式の IUT によって生成される出力の正確さが検証される。実装は、出力の構文および構造が標準の要件に適合し、出力の意味内容が入力の意味内容に等しい場合、適合性試験に合格する。

8.7 ISO 10303 実装のインターオペラビリティテスト

操作共通性試験は、ISO 10303 シリーズ各パートの一部でも、ISO 10303 各パートのいずれかによって提示される規範的要件でもなく、SC4 団体内の公的な活動でもない。これは STEP 採用成功に向けた重大な貢献とみなされる。実装間の情報交換が成功すれば、STEP 採用に向けたユーザーへの確信レベルがいっそう高くなる。

操作共通性試験では、通常は既知の意味を持ったいくつかの内部モデルにもとづく1つのIUTから出力交換構造を生成し、さらにこの交換構造を別のIUTへの入力として利用する。そこで別のIUTでの内部モデルの正確さが調べられる。実装は、最初のIUTの内部表現が、別のIUTの内部表現と意味的に等しい場合、操作共通性試験に合格する(図8-2)。

既に述べたように、操作共通性試験は標準の要件に制約されていない。したがって操作共通性試験を使って、ユーザーにとって最も関心の高い要因を調べることができる。操作共通性試験合格は、試験の基本的設計にもとづいている。操作共通性試験要件および手続きは、試験に先立って完全に理解されていなければならない。下記の試験計画要素は、試験実装合格にとって重要なものである：

交換シナリオ—データがどのように使用されるか？

交換測定基準—合格をどのようにして測定するか？「データ交換合格」はどのように構成されるのか？

交換手続き—交換がどのように実施されるのか？誰によって？何回？

制御—交換誤りの考えられる原因は何か？これらをどのようにして隔離するか？

結果解析—結果をどのように表示するか？

8.7.1 交換シナリオ

交換シナリオは、試験される特定のデータ交換にとって想定される、理想的、または望ましいパラダイムである。これは有効範囲を定義し、要件および試験手続き開発の基盤を与える。交換シナリオは、データ交換の目的を特定し、データ交換の成功回数を定義し、性能パラメータを特定し、該当する試験部品を選択し、交換を測定する測定基準を特定する。図8-6は、自動車産業活動グループ(AIAG) AutoSTEP 操作共通性試験プログラム [157] からの交換シナリオの例を示している。

Example Exchange Scenario

```
graph LR
    subgraph TopRow [ ]
        direction LR
        A1[Original Part Model  
CAD System A] -- "Part Model" --> T1((STEP Translator  
CAD System A))
        T1 -- "STEP File" --> T2((STEP Translator  
CAD System B))
        T2 -- "Part Model" --> B1[Part Model  
CAD System B]
    end
    subgraph BottomRow [ ]
        direction RL
        B2[Changed Part Model  
CAD System B] -- "Part Model" --> T3((STEP Translator  
CAD System B))
        T3 -- "STEP File" --> T4((STEP Translator  
CAD System A))
        T4 -- "Part Model" --> A2[Part Model  
CAD System A]
    end
    A1 -.->|Manual Changes to Original Part Model| A2
    B1 -.->|Manual Changes to Part Model| B2
    B1 -.-> CAX[CAX Systems]
    CAX -.-> AR[Analysis Results  
Prototype Parts]
    AR -.-> B2
```

The diagram illustrates a bidirectional exchange scenario between two CAD systems, A and B. The process involves the following components and data flows:

- Top Row (Initial Export):**
 - Original Part Model CAD System A** (rectangle) exports a **Part Model** (solid arrow) to a **STEP Translator CAD System A** (circle).
 - The translator exports a **STEP File** (solid arrow) to a **STEP Translator CAD System B** (circle).
 - This translator exports a **Part Model** (solid arrow) to **Part Model CAD System B** (rectangle).
- Bottom Row (Initial Import):**
 - Part Model CAD System B** exports a **Part Model** (solid arrow) to a **STEP Translator CAD System B** (circle).
 - The translator exports a **STEP File** (solid arrow) to a **STEP Translator CAD System A** (circle).
 - This translator exports a **Part Model** (solid arrow) to **Part Model CAD System A** (rectangle).
- Feedback and Analysis:**
 - Manual Changes to Original Part Model** (dashed arrow) flow from **Part Model CAD System A** back to **Original Part Model CAD System A**.
 - Manual Changes to Part Model** (dashed arrow) flow from **Part Model CAD System B** back to **Changed Part Model CAD System B**.
 - CAX Systems** (rectangle) receive data from **Part Model CAD System B** (dashed arrow) and provide **Analysis Results Prototype Parts** (rectangle) back to **Part Model CAD System B** (dashed arrow).

Reference Only

図 8-6: 交換シナリオ例

交換プロセスにおいてモデルデータは、段階または状態を経て移行していく。各状態において、独自の測定基準組が集められ、その状態におけるモデルの情報を記録する。測定基準の数値は、何らかの誤りまたは異常が変換中にモデル内に導入されていないかどうかを調べるために検査される。試験測定基準は次のような条件を満たさなければならない：

- 試験要件に関連する情報を提供する。
- 試験される全てのシステムで等しい意味を持つ。
- 客観的である（解釈に対して主観的でなく）。
- 比較的収集しやすい。

基本的に2種類の測定基準がある：単純測定基準と処理測定基準である。単純測定基準は、モデルから直接計算することのできるパラメータである。これらはモデルにおける実際の誤り状態を検査するときに使用される。処理測定基準は、モデルから直接計算されるのではなく、交換プロセスにおける各状態において、モデルの単純測定基準と比較することによって求められる。処理測定基準の例には、エクスポートモデルとインポートモデル間の質量特性、エンティティの数の変更、またはファイルサイズの変更などがある。変換が正しいかどうかを決めるには、様々な試験および測定基準が用いられる。測定基準はアプリケーション要件をもとに選択される。通常の測定基準とユーザーに該当する測定基準関連の活動を下記に列挙する：

データ交換

- ファイルサイズ (ファイル成長)
- 変換時間

診斷

- システム誤り
- モデル批准 (システム依存)

幾何

- 閉シェル
- 表面積

- 容量
- 質量特性 (質量中心など)
- 表面の数
- 面の数
- アセンブリ中の立体の数
- 特定の測定値 (曲線へのポイントなど)
- カラー
- 階層
- ギャップ
- 外側の形状生成 (細長い面、微小エッジなど)
- モデルの複雑さ

非幾何

- 関係
- テキスト文字列
- 変数

機能性

- 可視検査
- モデル操作
- 本来の形式での保存
- モデル変更
- ターゲットアプリケーション機能性

多くの場合、操作共通性試験が行われるのは、何種類ものシステム演算子が関係した分散環境においてである。データ交換の失敗にはいくつかの原因が考えられるが、その多くは試験中のシステムとは関係のないものである。中間データを批准して、変数の数を最小限にし、試験システムを隔離することが重要である。試験データが全て正しく記録されるように、試験手続きを確立しなければならない。

8.7.2 結果の解析 -- 適合性試験ツール

試験が適合性試験ツールによってどのように改良されるかを理解するには、開発されているツールの性質を把握しなければならない。下のリストは、NIST および産業 NIST (ITI)³⁰、Ann Arbor、MI によって開発されたツールを示したものである。

試験ハーネス-試験スイートの構成、試験の実施、結果の解析、結果のレポートへの蓄積、および全体的な意見の決定などのプロセスは多大な労力を必要とする場合がある。再利用可能な試験ハーネスは、このような管理上のタスクを処理するために開発されている。このハーネスは、該当する標準特有の試験スイートおよび解析ツールに接続することによって利用することができる。

試験目的ジェネレーター試験スイートで求められる試験目的の多くは、スキーマから自動的に生成することができる。このツールは 10303 AP で定義されたスキーマを読み取り、それに対応する AIM 導出試験目的リストを作成する。またこのツールは ARM アプリケーション要素 (AE) およびアサーションも読み取り、対応する AE 導出試験目的の生成も行なう。

³⁰ 1998 年、ITI はその名称を ERIM : ミシガン環境リサーチ研究所に改称した。

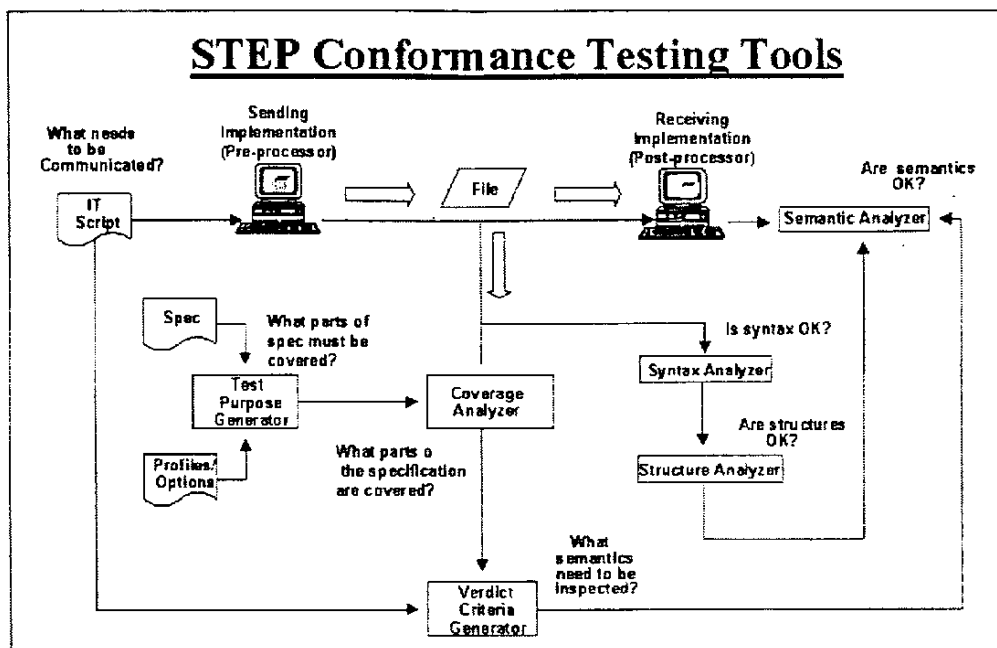


図 8-7: STEP 適合性試験ツール

対象範囲解析装置 対象範囲解析ツールは、仕様に対する試験データセットの対象範囲のパーセンテージを計算するために用いられる。これは試験目的に対する試験スイートの対象範囲または完全性の程度を評価するものである。入力データによって達成される全ての可能な試験目的のパーセンテージは、明記された試験目的における試験スイート対象範囲の測定基準になる。対象範囲分析装置は以下の目的で使用される：

- AIM、ARM および試験スイート開発プロセスにおける他の試験目的に対する試験スイートの対象範囲を計算する。
- 試験目的に対してシステム間で交換されるファイルによって得られる対象範囲を計算することにより、2つの STEP 実装の操作共通性程度を評価する。
- 既存の試験データとの重なり程度を計算することにより、試験スイートに追加された新しい試験データの数値を評価する。

判断基準ジェネレーター 判断基準ジェネレータは、STEP 試験スイートの入力仕様を読み取り、そのデータから意味のある判断基準を作成することができる。ほとんどの試験スイートには、その大半が重なり合ったデータがある。したがって同じ試験目的が複数の試験項目の対象とされる場合がある。

STEP ファイルチェッカー このツールは STEP 交換ファイル (ISO 10303-21) の形式が正しい構文と構造になっているかどうかをチェックする。これは AP で定義された全ての規則が STEP 交換ファイルで守られているかどうかを確認する。これらの規則には、STEP スキーマの単純なデータ制約だけでなく、幾何モデルに適用されるより複雑な幾何および位相規則も含まれている。

ARM/AIM ブラウザおよびエディター このツールは ARM 情報要件および AIM EXPRESS の両方の観点から、STEP データで機能する能力を提供する。これは 10303-21 ファイルを ARM 情報要件のアプリケーション要素の等価用語に変換することができる。また ARM 用語を用いて試験データを入力し、さらに対応する 10303-21 構文に変換することもできる。このツールを使うことによって ARM アプリケーション要素ビューを 10303-21 交換ファイルの意味解析中に使用し、入力された意味が正しく符号化されたことを検証することができる。データ作成機能を利用して、最初の試験データを、操作共通性および適合性試験スイートの両方で使用できるように生成することができる。

幾何解析装置 このツールは STEP ファイルの幾何部分の意味を検証する。

図 8-7 はこれらのツールが、操作共通性試験をより有効にするために、それぞれどのように使用されるかを示している。対象範囲解析装置は実際の交換ファイルを調べて、操作共通性試験中に ISO 10303 がどの程度まで対象範囲にされるかを求めた。適合性試験スイートには、標準の全有効範囲を対象とするように設計された試験データが含まれている；しかし操作共通性試験で使用される交換ファイルが IUT 前処理系で作成されたものだけであれば、全ての試験目的が対象になるとはいえない。有効範囲解析装置は、標準のどの部分がまだ実施されていないかを特定して識別することができる。

STEP ファイルチェッカーは操作共通性試験において非常に貴重なツールであると実証されている。これは 10303 交換ファイル上で構文および構造分析をどちらも実行し、それらが正しいことを検証する。最後に ARM/AIM ブラウザおよび幾何解析装置は、10303-21 交換構造において意味解析を実行するために使用することができる。

NIST は NIST Expresso [158] も開発しているが、これは EXPRESS 情報モデルおよび表現データセットの開発および批准に役立つツールを提供する、ISO 10303-11 用の言語環境である。NIST Expresso は、Microsoft Windows 95 および NT オペレーティングシステムで起動する実行可能環境として有効である。ダウンロード可能な PC 実行可能環境により、ユーザーは EXPRESS 情報モデルを指定し、増分的に変更して解析および批准を行なうことができる。これはまた主体スキーマに対する表現データセットを構築する場合にも使用することができる。現時点で、NIST Expresso はベータ試験状態にある。ISO 10303-202、-203、-213 および -214 に対していくつかの試験が実施されている。NIST Expresso は、ISO 10303-302 技術レポート作成にも用いられた [159]。

8.8 製品の正式認証

US PRO は ISO 10303 AP 実装を証明するプログラムの作成に着手している。このプログラムはやがて認証を求めるために提出されるが、NIST および ITI が共同開発した試験技術およびツールを利用してオンライン上で実施される最初の証明活動の 1 つである。この試験プログラムは、証明団体、試験機関、および証明管理委員会で構成されている。US PRO は証明団体としての役割を果たし、これらの実装が完全な ISO 10303 試験要件を満たしているという適合証明書を発行する (図 8-8)。最初の試験サービスは ISO 10303-203 に対する試験実装である。

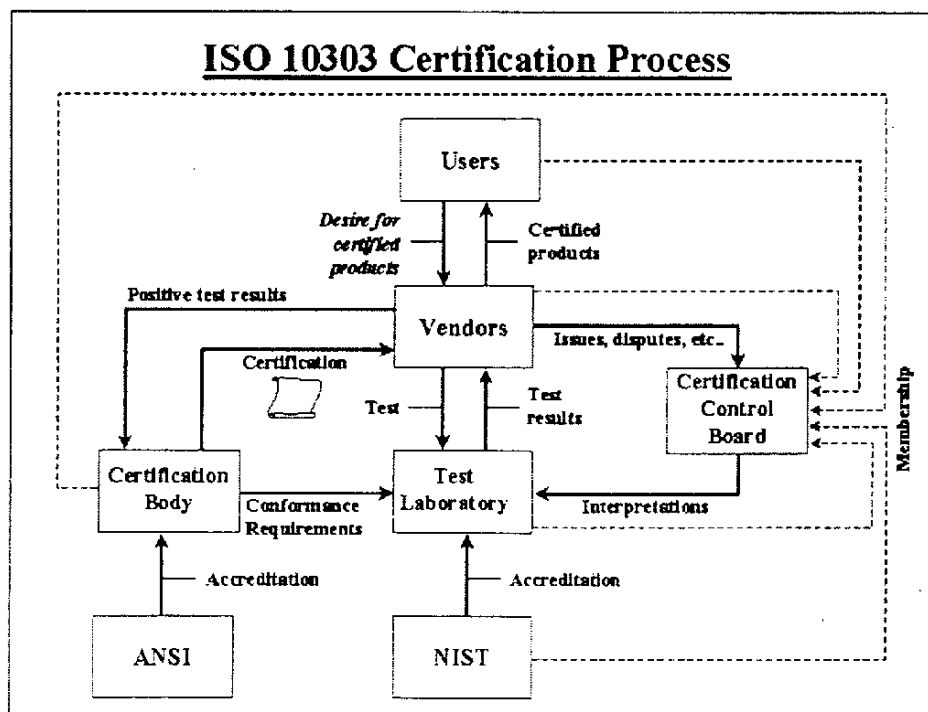


図 8-8: ISO 10303 証明プロセス

証明試験に対するニーズは、ユーザー団体にその端を発する。製品が ISO 10303 の要件に適合しているという保証を与えるのが目的である。証明システムが利用できることにより、ユーザー会社はそのビジネスパートナーとの間で、国際的に標準化されたソリューションにもとづく製品データ交換方針を確立し、それによって高価な顧客交換または専用ソリューションなどへの依存性を縮小することができるようになる [160]。

過去数年間、PDES, Inc. は "STEPnet" と呼ばれる活動を運営してきた。1995 年に始まり、"Plugfest" として知られるこの活動は、CAD ベンダーおよび、インターネット上で操作共通性試験を実施するセカンドまたはサードパーティソフトウェア開発者のグループである。以下が STEPnet の目標である：

- 現在のニーズに合わせた機能を実施する。
- 将来のニーズに合わせた機能を特定する。
- 合意が得られた方法を確立することにより、障害物をなくす。
- システムおよび AP 操作共通性試験を提供することにより、ユーザーの自信を高める。
- 新しい機能の実装が既存の実装に悪影響を及ぼさないようにする [161]。

ドイツの ProSTEP にも、ベンダー向けの試験サービスがある。何よりも ISO 10303-214 の実装を重視する ProSTEP は、その試験活動を「テストラリー」と呼んでいる。STEPnet およびテストラリーは、適合性試験の利点を試験しながら、同時に ISO 10303 実装の操作共通性を提供するという非公式の手段を提供してきた。

8.9 テストの利点とコスト

試験は操作共通性のある製品を保証するために重要であるが、標準および製品の開発プロセスに時間およびコストを追加することにもなる。優れた操作共通性は標準ベースの製品の重要な長所である。ユーザーは標準の支援を必要とする実装が、互いに継ぎ目なく操作共通性があるものと期待する。ユーザーが購入した製品に操作共通性があるかどうかを判断するのを助けるため、様々な形式の試験が日常的に行なわれている。適合性試験の方法およびプロセスは、操作共通性システム開発にいくつかの恩恵を与えている。

誤りの早期検出—適合性試験は、実装のライフサイクルの初期において、操作共通性の問題点を検出するため、補修コストが極めて安価になる。

最適化試験項目—適合性試験では最も重要な入力および状態の対象範囲を最大限にし、しかも不要な試験パターンや並びの冗長性を最小限にするように設計された、慎重に構成された試験組が使用される。

問題解決—適合性試験は AP 開発の初期の実装問題点を検出し、必要な修正を早い時期に標準プロセスにフィードバックするよう促進する。

最初の自信—標準のライフサイクル初期において、適合性試験は製品開発への最初の自信および原動力になる。

適合性試験は操作共通性の評価には重要であるが、標準および製品の開発を遅らせ、コストも増大させる。試験はいくつかの理由で、開発に時間およびコストを追加する。

抽象試験スイートの開発—完全試験スイートの開発は、それが AP 開発と平行して、有効データ生成に利用できるツールがほとんどない時点に行われるためコストがかかる。

試験ツールの開発—試験には、試験を管理し、結果を解析し、レポートを作成するための試験ツールの開発が必要である。このようなツールの開発および維持は、リソースの主要な投入先になる。これは通常、財政的に絶対に回収できない投資である。

データ入力、試験実施および結果解析—試験を実施し、結果を解析するには時間と資源が必要である。これは適合性試験だけでなく、STEP 製品開発中にもいえることである。試験の頻度は、試験の徹底度が低いにもかかわらず、実

装のライフサイクルの初期段階での方が高いのが普通である。

サービスとして形式化する前に、NIST および ITI はベンダーによる絶対的なドル節約を既に識別していた。AutoSTEP および STEPnet 事業での適合性試験を通じて、関与する CAD ベンダーにより多額の節約が確認された。STEPnet 試験の 12 ラウンドから、10,000 の独自の構造違反が特定された。適合性試験が問題および原因を実装開発の早期段階での識別を助けたことにより、介入により 6000 万ドルもの節約が実現した。

従来、適合性試験は製品のライフサイクルの開発段階終了間近に実施されていた。この時点では、ベンダーはその製品を急いで市場に送り出そうとするのが普通である。それらはまた開発予算の最後 (または超過) 部分でもある。そのシステムを試験機関に送り込み、(標準の 1 つまたはそれ以上の側面に適合していないということを見つけるために) 試験を実施することは、ほとんどのベンダーにとって実に煩わしいことである。ベンダーがその実装に何らかの変更を施すよう強制されれば、さらに市場への送り込みが遅れ、コストも増大し、ライフサイクルのこの段階ではるかに膨大な金額になる。またベンダーが、独立した試験機関から提示された施設よりも、自社の試験施設を信頼しているのは明白である。

ベンダーが、試験機関に進むまえに、その実装が適合性試験に合格するかどうかを知ることができれば理想的である。これにはベンダーが試験スイートおよびツールにアクセスし、自社製品開発プロセスに適合性試験を組み込むことができなければ不可能である。コストを削減し、適合性試験スイートへの投資の価値を増大させる明らかな方法の 1 つは、適合性試験を共通のプラットフォームでより広く利用できるようにすることである。これによって実装開発を求める全ての人が、その試験によりアクセスしやすくなる。この方法は、従来の適合性試験によって課せられた製品開発最終時点での不要なハードルを無くすだけでなく、ベンダーがその試験スイートやツールおよび試験施設を開発するうえでの負担を軽減するものでもある。厳密な適合性試験よりもこのような同じツールを適用する方法を見つけることで、市場に対するこれらのツールの全体的な利点を増大することができる。共通の試験環境およびツールを広範囲に適用することにより、STEP 製品を改善し、その製品の開発コストを削減することができる。このように幅広い適用によって貿易上の障害もなくなり、適合実装に対するより有効な国際市場支援が実現する。

8.10 結 論

適合性試験は標準ベース製品の開発に多くの利点を与える。将来を予見して、SC4 は適合性試験方法および要件を、ISO 10303 標準開発プロセスの重要部分に据えた。STEP 開発者は適合性試験の 2 つの全クラス (30 および 300 パートシリーズ) に専念し、STEP AP は適合性要件を明示的に述べている。適合性試験を可能にするテクノロジーが ISO 10303 および試験手続きに対して標準化され、これらのテクノロジーから実行可能な試験スイートが導き出された。このプロセスを支援するため、実行可能な支援ツールが NIST およびそのパートナーにより開発されている。

適合性試験のコストは、試験プロセスの主導中心の部分をオートメーション化するツールの開発を通じて削減することができる。適合性試験スイートおよびツール開発コストは、操作共通性試験のような他の種類の試験にそれらを使用することによりさらに償却される。操作共通性試験シナリオの、より形式的な適合性試験環境用に開発されたツールおよび方法を使うことにより、さらにローバスタな試験方法が得られる。隔離におけるいずれの方法よりも優れた結合方法結果が得られるだけでなく、ツールの利用によって、これらの試験を実行する時間およびコストが大幅に縮小される。その結果、より優れた実装が、短い時間、少ないコストで市場に送り出されることになる。非公式には、AutoSTEP および STEPnet プロジェクトは既に、適合性試験の適用により多大なコスト削減を実現している。NIST は、ISO 10303 実装に既得権益を持つ他の諸国との相互的契約による国内証明プログラムを確立することにより、ISO 10303-適合実装の世界的な認知が確立されることを望んでいる。

適合性試験方法および認定プログラム開発における NIST 主導の最も有益な側面は、おそらくソフトウェア試験において NIST が獲得した表出であろう。NIST は 1901 年の開始当初から、7 つの基本的な国際単位系 (長さ、質量など) に

適用する、国の測定基礎構造において主要な役割を果たしていた。STEP 適合性試験では、NIST は IT 方法に対する要望が高まるにつれ、自らの役割の重要性が増大するのを認識してきた。NIST はこれからも STEP 試験方法の結果を基礎として、より幅広い IT 分野の推定に取り組んでいく。

第9章

製品を標準に保つための管理プロセス

9.1 目的達成のため方法 -- SC4 の組織化と運営

ISO TC184/SC4 は ISO 技術委員会 184 (産業オートメーションシステムおよび統合) の下の小委員会であり、電気または電子標準に直接関連しているもの以外の産業データ標準を担当している。SC4 領域内での現行の標準化作業には、STEP (ISO 10303)、部品ライブラリ (ISO 13548)、製造管理データ (ISO 15531) およびオイルとガス (ISO 15926) などがある。この章を読むにあたって、本書では STEP に焦点を当てているが、SC4 はその他にも領域内での複数の標準に関与している事実を認識しておくことが重要である。第9章では、国際標準化団体の中での STEP の標準化プロセスに対する方法、プロジェクトチーム、材料およびツールなどを取り上げる。

この章に入るには、まず STEP の標準化を取り巻く全てのものが非常に大規模で、その大きさと複雑さを考慮したうえで実行されているということを良く理解し、評価しておかなければならない。会議の回数 (最低でも1年に3回、丸一週間の期間で)、所定の会議に出席する技術専門家の人数 (200-250)、ISO 10303 の境界を超越した有効範囲、および与えられた 10303 パートの複雑さとその大きさの全てが、業務運営への革新的な方法を開発する必要性の原動力になっている。SC4 は、ISO がその標準に対して要求するよりも、さらにきびしい品質要件を要求している。AP の規模は何千ページにもおよび、大半の SC4 標準よりも優れた製品を保証するためのより複雑な標準化機構およびプロセスを必要とするようになる。この章では、ISO TC184/SC4 作業のあらゆる側面が独自のものであるという本来の信念を改めて示すことはしない。可能なかぎり、他の標準開発団体からのアイデアを活用して採用する；ただし多くの側面において、ISO TC184/SC4 がある問題を解決しようとする方法は、規則ではなく例外のように見える。他の ISO 標準は長さも短く、有効範囲も小さく、ISO 小委員会が会合する頻度も少なく、出席する技術専門家の人数も少ないため、SC4 は従来の標準化プロセスを増大させるような画期的な方法を見つけ出さねばならなかった。

ISO TC184/SC4 団体特有の問題の1つは、短期間でしかその有効範囲を定義することができないことと、その有効範囲を支援する組織を構築することができないことであった。この問題の原因を1つに特定することはできない。小委員会の膨大な比率やその誕生時の有効範囲の解釈、および1つの標準 (1つの作業項目) がその有効範囲に適応するという信念も1つの原因であり；ただ単純に IT の指数間数的な成長もその一因である。今から1年後、3年後または10年後の未来がどのようなになっているか、誰も正確に予測することはできない。これは、SC4 組織におけるさらなる変化を、それがどのようなものになるかは予測できないにしろ、想定できるということである。図9-1は、小委員会の役割および目的が時間の経過につれて変化するのに伴う小委員会の名称変更と同様に、SC4 内の組織的構造の変遷を示すタイムラインを描いている。

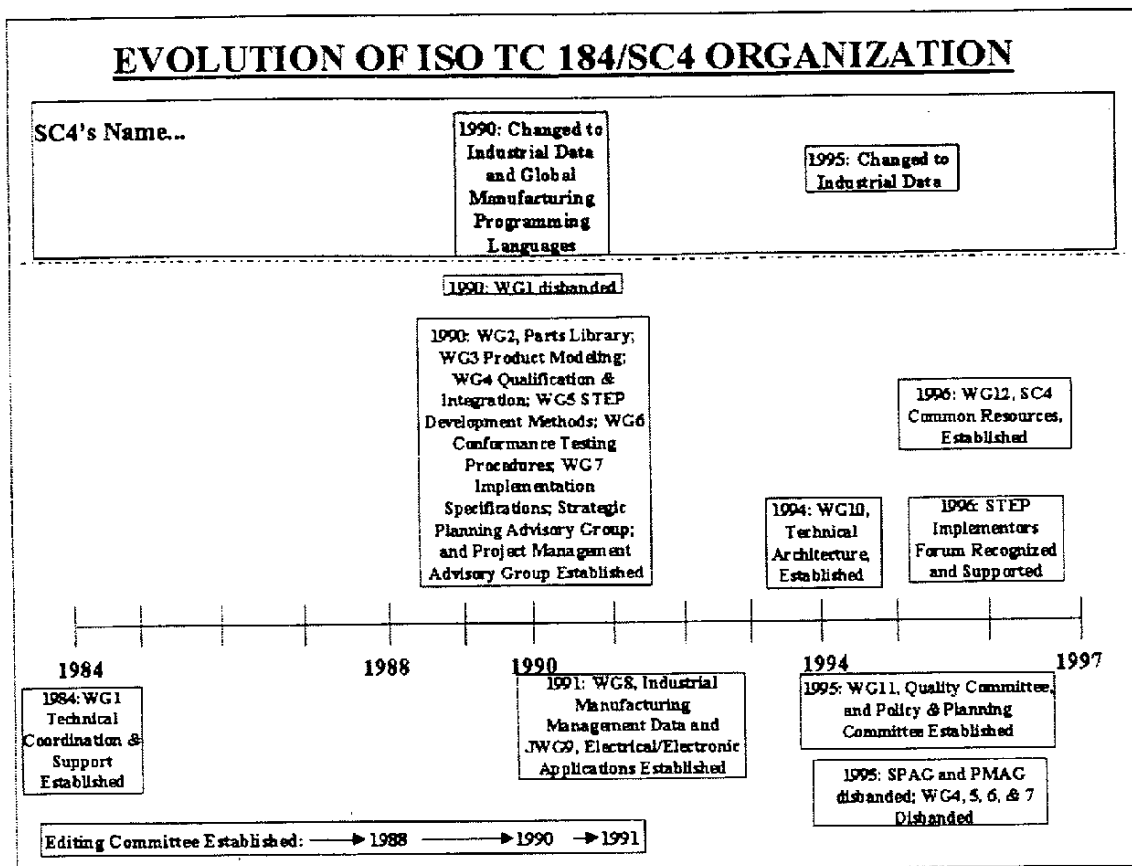


図 9-1: ISO TC184/SC4 変遷

組織構造に影響を及ぼす多くの ISO TC184/SC4 決定が、「適切な」組織および「適切な」タイトルを求める過去の SC4 のため努力の展望を提示している³¹。ISO 指令第 1 部 [162] は、編集団体を小委員会の総称構成の一部と仮定している。これは、SC4 決定での繰り返し発生する主題によって明記されるように、SC4 ではかつて想定されたことがない：

- #3.0：編集委員会の結成 (1988)；
- #75：編集委員会の結成 (1990)；
- #98：編集委員会の結成 (1991)；

ただし、SC4 P メンバーが包括的な決定作成プロジェクトとして、品質文書 (すなわち 1992 年の決定 130) 作成の重要性を認識し、尊重していることは明白である。

SC4 のもう 1 つの興味深い特徴および繰り返される組織的主題は、諮問グループ結成傾向である。プロジェクト管理諮問グループ (PMAG) など初期の諮問グループの会員であることはオープンであり、会員は SC4 全体の業務について討議を行なった。現在、議長および事務局を支援するため、一握りの上級顧問が選出されている。SC4 の国内の会員数が増大し、プロジェクトが広がり、深みを増し、規模が大きくなるにつれ、SC4 は SC4 議長および事務局支援のために、諮問機関を追加しなければならないことを明白に認識するようになった。1984 年から 1995 年の間、NIST では一人の会員が SC4 議長と秘書役を兼務しており、2 人のアルバイトの管理スタッフが、事務局支援スタッフの他の部分を構成していた。このスタッフを支援するため、SC4 諮問団体は二重の役割を果たしていた：すなわち小委員会に向けた戦略的長期的な目標を提示することと、日常的なプロジェクト管理および技術問題解決を支援することである。SC4 のプロジェクトの負荷が日々増大するのに伴い、NIST は事務局の支援を強化する必要性を痛感した。現在、NIST は米国産業界から SC4 議長の共同スポンサーになり、アルバイトの秘書および 5 人のアルバイト管理および技術支援スタッフを派遣している。議長および事務局にとっての諮問グループの役割は、今では別の意味を持つようになっている：長期的な戦

³¹ これらの完全な決定については、第 9 章の付録 C に記載されている。

略的展望の有効範囲を見定め、何らかの政治的問題の解決に助力することである。このような支援は、議長および事務局が日常のプロジェクト管理および技術問題決定などの業務についている間に実行される。

1998年までに、SC4には100以上におよぶ進行中のSC4プロジェクトを管理するため、7つの作業グループと品質委員会が結成されていた。完璧な国際標準決定機構を構築するうえでの潜在的なつまづきを通して、SC4団体はさらに情熱を傾け、優れた成果をあげると確信する開発に専念してきた。ISOによって求められるものよりも厳しい要件を自らに課すことにより、SC4自体およびその標準製品をより良いものにしようと試みてきた。小委員会は、標準を有効かつ高品質出力をもって処理することのできる方法を開発し、それと同時にその幅広い技術専門家の暗黙の知識を求め続けてきた。このセクションでは特に、SC内でも考案されたり、他の団体によって考案された概念から借用したいいくつかの標準化作業実行手段を取り上げる。

Howard Bloom recalls... The U.S. TAG to SC4 took the organization very seriously. The issue was - how many working groups for which we should we try seek the chair? Long debates were held before we made our final decisions. One humorous note was the selection of the U.S. Policy Management Advisory Group (PMAG) representative to SC4. At the time, the IPO Chair position was held by Steve Ray who had agreed to a temporary nine-month appointment. In coming up with names for the ballot, Dr. Ray was nominated by name; the generic position "IPO Chair" was also nominated. It is not often that one gets to run against oneself! As it turned out, the IPO Chair position won and the IPO Chair continued to occupy that position until the PMAG disbanded several years later.

9.1.1 STEP 標準化 --- プロセス形状

適切に定義された組織構造および、作業の流れに適した手続きが最低条件である。作業の非常に依存性の高い側面は、関与する各個人どうしの自由でオープンなデータ交換を要求している。...SC4のごく初期の頃には、開発されるSC4標準の規模および複雑さの故に支援ツールが必要になると認識され、標準の情報内容を形式的に記述できるようにと、EXPRESSが開発された。最大限の正確さ、均一性および明確さを実現するため；およびほぼ同一の定義の重複を回避するために、構造、規則、方針および形式ガイドなどが求められた [163]。

言葉で言うのは簡単であるが、実行するのははるかに困難である。SC4およびその支援事務局 (NIST) は、作業の流れおよびオープンなデータ交換を改善するためのいくつかの手段を実装してきた。リサーチ団体から実証ずみの方法を得て、それらを従来の紙ベースの標準団体に変換する作業は、1985年頃に始まった長い闘いであった。多くの逸話が、特にANSIおよびISOに関して、これらのラインに沿ったできごとを既に物語っている。

Brad Smith recalls... The size of the Tokyo draft amazed all who saw it - over 1000 pages - and SC4 and NIST began to seriously worry how to record, sort, distribute, analyze and respond to each of the ballot comments that were expected. So SC4 committed to using a database and made up an executable disk which was sent to each P-member country for the ballot. With the conclusion of the ballot there were 2300 comments. A huge weekend working session was held in Frankfurt, just before the SC4 meeting was to start that next Monday. The job was to complete the task of entering all ballot moments into the database. Each delegate had brought a computer with him, and they were arranged conveniently around the room. I remember using whatever computer was free at the time, but I would occasionally get an error message and have to stop to get help. Even though all computers were running the same database software, the error messages would come out in German, French, Dutch, etc., depending on whose computer I was using!

事務局は、1984年のSC4最初の会議において存在した従来の紙ベースの環境から、現在の電子環境への変換を主張した主要な勢力であった。NISTはこの決定を自らの功績にしなければならない。SC4は標準団体における多くの「最初」の先駆者であり、それらはその後他者によって採用され、常識として受け入れられている。SC4はISO団体を主導し、下記のような最初の標準団体に最もなりやすい立場にいた。

- その関与専門家の大多数に e-メールを使用させる。
- 日常の電子データ交換に e-メールエクスプローダを使用する。
- 承認された自らのウェブサイトを持っている。
- 標準を構築し、適合性をチェックするのを助けるオートメーション化されたツールを開発する。
- 全ての作業文書化に対する電子リポジトリを確立する (SOLIS)。
- 標準の会議においてウェブを使用し、その前日の利用可能な議事録を作成する。
- コンピュータ感知形式で、コンピュータ関連標準を発行する。
- 規範的情報の発行には、その標準のハードコピー以外にディスクセットも重要であると、ISO に確信させる。

このような業績のなかには、SC4 がスタートする何年も前から既に実施されており、多くのコンピュータサイエンスおよび言語標準委員会 (ISO/IEC JTC1 など) の観点からは奇妙に思えるものもある。しかし様々な事例を経ても、SC4 事務局は、そのデータ交換および情報伝播問題を解決するために必要なツールを見つけることができなかった。NIST は、SC4 標準開発が複雑であるため、さらに SC4 規定の EXPRESS 品質が生成されることを保証するために、EXPRESS チェックツール (下の 9.2 参照) を開発した。これらのツールは、草案標準の国内技術審査中に標準開発者によって、さらに NIST SC4 事務局によって、無記名投票サイクルが始まるまでに、標準の構文的統合性を確保するために適用された。WWW、E-メール、エクスプローダの利用。

「我々の委員会 [SC4] は、我々の専門家分散グループ内の密接なチームワークの達成における重要な要因として、優れたプロジェクトデータ交換の開発を試みてきた。さらに、より効率のよい作業環境を育成するように設計された電子データ通信の新たな形式の開発を続ける。その中には次のようなものが含まれる：

- インターネットや Bitnet などを通じて直接アクセスし、MCI mail などの市販の E-メールアカウントを通じて多数の他の人々にダイヤルアップシリアルアクセスができるような人どうしの E-メールリンク。
- 選択したグループに届く ALIAS メーリングリスト。
- 全ての重要なプロジェクト文書の保管； [および]
- 文書に対する要望を満たす E-メール保管サーバ [164]」

スミス氏 [165] によって提示された 1992 年の統計の一部を、現在の SC4 のデジタル交換利用に比較することは、電子データ交換の発展において適切かつ興味深い手段のように思えた。表 9-1 は、1997 年に利用可能な類似の情報に対して、1992 年にスミス氏によって提示された比較カテゴリーを示している。

カテゴリー	1992 合計	1992 E-メール 機能	1992 利用の%	1997 合計	1997 E-メール 機能	1997 利用の%
作業グループ主催者	8	6	92	8	8	100
作業グループ代理	2	1	50	4	4	100
諮問グループ議長	3	2	66	適用 されない	利用できない	100
プロジェクトおよび チームリーダー	42	41	97	66	66	100
パート編集者	29	24	83	48	48	100
議長および事務局	3	3	100	8	8	100
P-メンバー団体	適用 されない	利用できない		19	15	79

表 9-1: SC4 のデジタル交換利用

わずか 5 年という年月の間に、テクノロジーシフトが起こり、より多くの人々が電子メールおよびワールドワイドウェブなどを通じてインターネットにアクセスし、そのサービスを活用できるようになった。SC4 では現在、世界での日常的な対話を支援するために、50 以上の特別関係者グループ (SIG) エクスプローダが設立されている。SIG の多くはこのエクスプローダを利用して、質問を切り出し、戦略を提案し、技術的な問題を解決している。この安価で高速、より効率の良い手段をデータ交換に利用することは、旅費および標準開発時間の削減に役立っている。事務局に

よって使用可能になる電子データ交換の利用が増大するため、委員会は、作業負担が増えているにもかかわらず、実際に顔を合わせる会議の回数を減らすことができるようになった。NIST は、より短時間でのデータ交換に対するこのような重要な手段の開発および実装を助けるため、技術的基盤および管理上の支援を提供している。会議は年間あたり既に25%削減されて4回から3回に減っており、参加企業および標準団体の実質的な交通費削減に寄与している。

Joan Wellington recalls... Today it seems commonplace but during the early 1990s the technology was used very well "before its time." During the publication of the Initial Release, entire standards documents were sent via e-mail and of course, there were the technical discussion groups that saved thousands of dollars in travel money and let members participate in discussions on their own schedules. Correspondence on a one-to-one basis via e-mail was also very important - the difference in time among the various participants was never a big problem. I believe the use of e-mail played a very large role in the creation of STEP.

NIST はまた、製品標準および開発方法支援のために、電子文書および構成管理サイトの後援も行なっている。このサービスは SC4 オンライン情報サービス (SOLIS) として知られている。世界的な標準開発の生産的作業に不可欠なものとして、SOLIS は SC4 団体に情報リポジトリを提供している。SOLIS は CALS プログラムからの資金を得て、1990 年に活動を開始した [166]。

SOLIS を通じて利用できる情報は、ISO の許可により全て公開される。予備草案国際標準 (DISs) 文書および支援ソフトウェアツール、会議発表および議事録、作業グループ文書、プロジェクト情報、および開発指針や問題記録、STEP 固有の形式シートなどといったその他の文書だけが、SOLIS を通じて入手できる。さらに ISO は、AP EXPRESS仕様と機能性ユニットを、それが発行された国際標準からのものであっても、SOLIS 上で利用できるという許可を与えている。その他の著作権資料は別のパスワード保護された領域に保存されており、一般の人は利用できない。第1版リリースにもとづくその他の標準開発をさらに深めることは、SC4 団体にとって有効なことである。SC4 団体の業務に及ぼす SOLIS の影響についてはこの章の後半で記述する。

9.1.1.1 基礎構造機能

1992 年には、SC4 は既にその複雑な標準部品の品質評価の長所を認識していた。SC4 は STEPAP に特に注目していた。その目的は、他の標準が冗長性を最小限に抑え、交換および保存に対する完全性を最大限にするのに対し、これらの複雑な文書が STEP の整合性という設計目標に最も適応するものであると保証することであった。品質方法には2つの側面があった：

- 方法、測定基準および手続きを定義して、文書にする。
- 開発者が学習した技能をプロジェクトに活かし、特定の部品に適用することができるように教育する。

1995 年の秋、ISO 中央事務局スタッフは、小委員会内の永続文書の利用について、SC4 議長および事務局に対する教育を行なった。小委員会は、小委員会内での標準開発を促進するために、このような文書の作成および承認を行なう。この応報は、作業グループのこれまでの努力を小委員会に適応させて展開させる最も整然とした方法であるように思えた。1995 年以来、7つの方法文書が SC4 永続文書として採用された。NIST はそのいずれの文書においても、貢献または主導的役割を果たしている。

手続き上の変更における開発者の教育という SC4 の手続き上の側面は、永続文書の利用までに完全に文書化されなかった。AP 開発の場合、この手続きにはかなりのリソースが必要である。所定の AP の統合、解釈および総称品質を管理するために、A チームに課せられた要件は、いくつかの SC4 修飾プロセスのいずれかに関与するためのリソースを提供することであった。各チームの責任時間はほぼ 900 時間であった；しかしいつこれだけの時間を提供するように求められたのか、あるいはどの作業に対してこの時間が適用されたのかについては明白ではない。該当するリソースを提供した AP 開発者にとって、この標準の製品としての品質が、リソースを提供しないことを選んだ開発者に対するよりも優れていることは明らかであった。

何年にもわたり、このような品質方法およびプロセスから、いくつかの習得した内容が蓄積されている：

- 品質方法、測定基準およびプロセスの定義に活用できるリソースを獲得し、維持することは難しい；最大の関心は、STEP の実装部分 --- AP の開発にある。（この主題はこれまでの章で何度か強調されている）
- ある要件を理解させようとすれば、最初から明白に文書化し、聴衆に知らせなければならない。
- それを実施する手段のない手続き上または方法上の制約要件がある場合、その要件を満たす作業に関与する人はほとんどいない。
- 第4章で述べた統合および解釈のように、一貫した反復性のアプリケーションに対して文書化することのできない要件は作成するべきではない。
- 標準化完成に向けた重要な経路で、そのリソースが厳しく制約されている（品質委員会内のリソースなど）場合、プロセスに深刻な障害物が生じる³²。

NIST は、その SC4 基盤支援機能を実行するときに、これらの習得内容を適用しようと試みてきた。ほとんどの方法文書を著したこと以外に、NIST は品質委員会にリーダーシップを提供し、限定プロセスにはリソースを提供している。SC4 内の作業量増大に伴い作業負荷がなお拡大していくにつれ、事務局は、他の NIST リソースを利用しても、自らその障害を軽減することはできなくなっている。事務局は SC4 団体での作業を続け、他の国内リソースに依存しようとしている。

9.1.1.2 STEP 実装者フォーラム

STEP 実装者フォーラムは SC4 の非公式な部分に過ぎないが、SC4 の組織構造におけるその機能を把握しておくことは重要である。IPO は、条件を満たす ISO 10303 プロセッサおよびツールを建造し、これらの実装を取り巻く問題について討議する実装者に対する機会として、このフォーラム結成の動きの先頭にたった。このようなフォーラムは、標準化グループが展望のなかでその目標を維持しつづけるのを助ける：

- 標準の実装
- 標準が改訂されるときの実装者への影響はどのようなものか

フォーラム内での作業は、実装者と共に働く SC4 関連組織との間でうまく調整されている。議長および事務局は、いくつかの事例において、STEP 実装世界における動向を探る手段として、フォーラムの利用が有用であることを理解した。ポジションペーパーを求める要求に対応して、NIST はフォーラムの初回提案事項を米国定義書（SC4 決定 216）として草案にまとめた [167]。NIST の貢献による多くの概念が、フォーラム設立時に活用された。

標準の管理変更

長年の労苦が国際標準の作成によって報われると、標準のプロジェクトチームは「それぞれの業務を終えた」としてほとんどが解散する。プロジェクトチームがなくなると、特定の標準における脱落や誤り、曖昧部分などの処理および対処に関して、SC4 団体内にある問題が持ち上がってきた。SC4 では厳密な品質規定が確立されているが、ほとんどの国際標準では前述のような矛盾が生じる。標準の開発に関与していない誰かがその内容を解釈し始めたり、現実の産業設定にその標準を適用させたりするまでは、必要な修正箇所を全て予測することは不可能である。

国際標準への変更は3つの形式で行なわれる：技術的正誤表、修正または改訂である。技術的正誤表は標準の間違った危険な適用につながるおそれのある技術上の誤りや曖昧部分を修正するために発行される。修正は、過去に合意された技術条項を変更したり、何らかの追加をしたりする。改訂では、標準の新版発行にいたる。改訂版が発行されるのは、変更の程度および範囲が膨大になり、修正または技術正誤表の形式で変更を発行することが実際に不可能になった場合である。

品質委員会の一部として、SC4 は、既存の国際標準への変更を、その変更が承認を求めて SC4 に提出されるまでに提案する、予備作業項目および新規作業項目 [168] の審査を行なう変更管理チームを設立した。変更管理を支援するため、SC4 は 1995 年に、標準改良および矛盾システム（SEDS）を設立している。

³² 現行の SC4 限定実施では、各草案標準が規定された品質委員会手続きに対する審査を行なうことが求められている。

SEDS プロセスは修正および補足を管理し、それらが ISO 発行プロセスを経て該当する国際標準の一部になるまで、その変更の進展状況を追跡する。NIST は IPO と協力し、1995 年に、SC4 団体の採用に対する最初の SEDS 手続きを提案するうえで主導的役割を果たした。

この手続きは、ISO TC184/SC4³³ 内で実施された初期の作業にもとづいていた。SEDS の最初の設計および意図は、実装者のために、矛盾点が発見されしだい迅速に処理することであった。残念ながら、現実の様々な側面に直面し、SEDS プロセスはその発端から形を変え、何度も見直された。最も新しい手続き上の変更は、全 SEDS プロセスに成功をもたらすものと思われる。過去においてもまたこれからも、タイミングが重要な問題である。短い所要時間方法で解決を求めるために SEDS レポートを個々に処理する；または未知の一定時間個々の SEDS レポートを保留にし、他の関連レポートを確認するか、あるいは同じ部品に対するレポートも提出することができるか？

SEDS レポートが SC4 によって終了されると、レポートにおける変更の実施が問題になる。ISO コンセンサスプロセスを通じて修正または改良が正式に標準化されるまで、その実装者が SEDS ソリューションを使用するかどうかという責任は誰が負うのか -- SOLIS にソリューションを掲示する事務局か？ 実装者に変更を求めるユーザーか？ あるいは最初に変更を行なった実装者か？ SC4 品質委員会は変更管理チームおよび事務局は、引き続き SEDS 手続きを再訪して既知の問題への対応および解決を実施し、全体的な SEDS プロセスをより効率よく有効なものにしようとしている。

9.1.2 暗黙の転送から明確な転送へ

「SC4 は産業界における運営原理にしたがうが、ここでは動機づけの理由から、品質管理のような機能は運営集団に任命される。このためには一貫性を求める適切な訓練が中心部で行なわれなければならない [169]」

ISO TC184/SC4 の最も印象的な現象の 1 つは、通常の ISO 小委員会標準に照らして判断した、継続されている会議参加者人数の多さである。1 週間におよぶ SC4 会議に出席したことがあれば、以下に挙げるのは注目すべき点である：

- 製品データ標準開発に関心をもつ人々の数 (約 200-250)
- 開催される会議の回数および多様性 (20-30)
- 開催される会議の長さ --- 午前 7 時の朝食会議に始まり、12 時間労働を超過することもしばしばである。

1984 年に小委員会として発足して以来、ISO TC184/SC4 は活動を続けており、その会員レベルも比較的安定している。10 年間近く関与者であったという出席者も珍しくなく、「年老いた」成熟および知恵が長年にわたる関与の間により顕著なものになることに、暗黙の評価および敬意をもって注目することができる。1 週間におよぶ会議中の作業レベルは畏敬に値するものであり、作業チームの中に流れる熱意はまたたくまに伝染する。個々の専門家は、共通の原因に対して膨大な個人の時間をつぎ込む。会社の旅費の予算が足りないときには、個人的な休暇を会議出席にあてるものもあり；文字どおり SC4 作業を継続するために会社を変ったものもあった。

参加者の広がりや奥行きを比較を示すため、表 9-2 は 1992 年にロンドンで開かれた SC4 会議 [170] の出席者を、「春季」SC4 会議の年の同じ時期に開かれた、より最近の SC4 会議の出席者と比較して表示している³⁴。最初の 19 カ国はこの時期に参加した加盟国を表している。

³³ ISO TC184 小委員会 SC5 は、アーキテクチャ、データ交換および統合枠組みに焦点をあてた。SC4 および SC5 の共同作業については、第 10 章で詳細に述べる。

³⁴ 現行の規定では、1 月から 3 月、5 月から 6 月および 9 月から 10 月の時間枠で会議を開催するようになっている。この日程には、わずかな変更がある場合がある。

参加国	イギリス、ロンドン 1992 年 7 月	日本、神戸 1996 年 6 月	アメリカ**、サンディエゴ 1997 年 6 月
オーストラリア		1	2
ベルギー	1		1
ブラジル			
カナダ	1	1	1
中国		1	1
フランス	20	9	14
ドイツ	29	23	24
ハンガリー			
イタリア	3	2	1
日本	4	92	40
韓国		5	1
オランダ	3	2	6
ノルウェー	6	3	7
ルーマニア			
ロシア			
スウェーデン	5	4	4
スイス	3	2	3
イギリス	30	19	24
アメリカ	54	41	134
デンマーク			1
フィンランド		2	3
スペイン			1
合 計	159	207	268

** Joint ISO SC4/IPO Meeting

表 9-2: SC4 会議出席者の例

事業に専念する中心的存在の多くが、毎年かさねて会議に出席している。にもかかわらず、中心勢力の長期間にわたる熟練専門家の暗黙の知識を注入し、この情報を参加者に伝達することが重要である。習得した知識および内容は、それを最初に体験した個人の後まで続かなければならない。このような情報伝達を促進するため、数年間にわたりいくつかのイニシアチブが開始され、維持された。このイニシアチブのいくつかは米国主導であった。

米国はなお製品データ交換標準の完成に多額の投資を行なっていたため、ANSI 管理者、US PRO は日常的に SC4 会議 (過去においては毎年最低 1 回) の主催を申しでている。US PRO が主催者になると、これらの SC4 会議はそれと平行する米国 ANSI 協会である、IPO との共同主催になる。これは長年にわたり、IPO によって確立されてきたいくつかの情報展開技術であり、全体としての SC4 団体および米国参加者に利するものである。「えさ、訓練そして捕獲」技術は、合同会議開催に先立つ週末に始まった。この技術により、SC4 または IPO 集団におびき寄せられた新人は謎の一部を解明することができ、その会議週間の円滑な運営が可能になった。この方法はロケーションにはある程度適用可能であるが、「STEP とは何か」というような話題を扱う主題別 1 日ワークショップまたは技術訓練セッションなどの形式を取ることが多い。ごく最近では、他の主催国が会議前ワークショップを主催して、製品データ交換標準という話題に、新たな地域の関心を引きだもうとしている。合同 ISO/IPO 会議の前の週末は、常に新人オリエンテーションのサンデーナイトになる。その IPO 参加を通じて、NIST も新規参加者の混乱をさらに軽減するため、無料の「指導」支援プログラムを開始した。週半ばの昼食会では、新規参加者はできるだけ IPO および SC4 指導者たちのいる予約席に座り、これまでの体験を話し合う機会を持つように勧められる。

その週が明けて、毎日 20-30 の委員会会議が同時に開かれるようになると、技術または教育的な指導の提供も追加される。これらは日常的なイブニングイベントであり、SC4 内の専門のボランティアによって開催される。このようなセッションが、持続的なプロセスの改善、新規プロジェクトまたは開発プロジェクトのより深い認識、および関連する標準開発作業の共通理解および評価の改善を助けている。

以下は、SC4 メンバーおよび技術専門家の教育および啓蒙に適用されるその他の手段である：

- ニュースリリース：現行のプロジェクト状態、やがて公開される会議議事録または標準の進展に重要な意味を持つその他の情報に関して、最大の SIG エクスプロードに送られる情報プラスト。
- SOLIS：開発中および成熟部品の EXPRESS 部分へのアクセス。
- ステロ版ニュース言語、テンプレート、形式ファイルおよび常駐文書：プロジェクトリーダーおよび各部編集者の、開発に伴う苦勞の一部を軽減するツール。

SC4 組織の規模および SC4 標準の数と複雑さの結果、支援プロセスや構造、規則、方針および形式ガイドなどの定義が必要になった。このようなガイドの意図するところは、産業アプリケーション要件を満たしながら、正確さ、均一性および明確さを実現することである。SC4 がその標準を各パートシリーズで発行し、しかも全体の統合性を維持するために採用した段階別開発法もこの要件に寄与している。高品質を実現するためには、これらのプロセスや構造、規則、方針および形式ガイドなどが、全ての SC4 標準開発者によって文書化され、理解され、承認されることが必要である。

場合によっては、SC4 によって開発された方法に SC4 団体以外での一般的な用途があるようであれば、この文書化は ISO 標準または ISO 技術レポートの形式を取ることがある。SC4 がその適用性を SC4 団体に限定することを決めた場合には、これらの文書は SC4c 常駐文書としての形式を取る。SC4 団体において暗黙の知識を文書化し、積極的に伝達するための手段として、いくつかの SC4 常駐文書が作成されている。これらは既に述べたように、SC4 の品質手続きの技術的基盤および性質に影響を与えている。

9.2 インフォメーション・テクノロジー(IT)の開発

STEP の成功は、その技術専門家の知識および経験にかかっている。この専門家たちは、STEP の技術的精度、完全性およびそれが支援する産業団体への適合性などを保証するうえで、重要な役割を果たしている。しかしそれでも、標準のサイズおよび有効範囲があまりにも大きいため、標準化を妨げるバリアや障害物を合理化し、取り除くための IT(IT) を活用する機会を捜し求めることも、同様に重要なこととされる。このセクションでは、STEP がまさにそれを実行する方法について取り上げる。IT アプリケーションについては、AP 開発、インターネットの利用および SC4 管理に対する支援という 3 領域に分けて検討する。

9.2.1 AP 開発環境：生産性および品質の最大化

STEP AP 開発プロセスを支援するため、NIST は AP 開発環境 (APDE) と呼ばれる統合ソフトウェア環境の構成要素を開発した。APDE の目標は以下の通りである。

- AP 開発者の生産性を増大させる。
- その結果作成される草案標準の品質を改善する。
- STEP AP 開発者のニーズに合わせたソフトウェアツールおよびサービスを提供する。

APDE は AP 開発において、急を要し、大量のリソースを必要とする作業を支援するのが目的である。このような開発は、IT サービスおよびコンピュータオートメーションによって改善することができる。この目標のために、APDE アーキテクチャには 3 つの機能領域がある：文書作成および発行、リポトリサービス、および EXPRESS サービスの 3 つである。図 9-2 はこのアーキテクチャを示している。

APDE Architecture

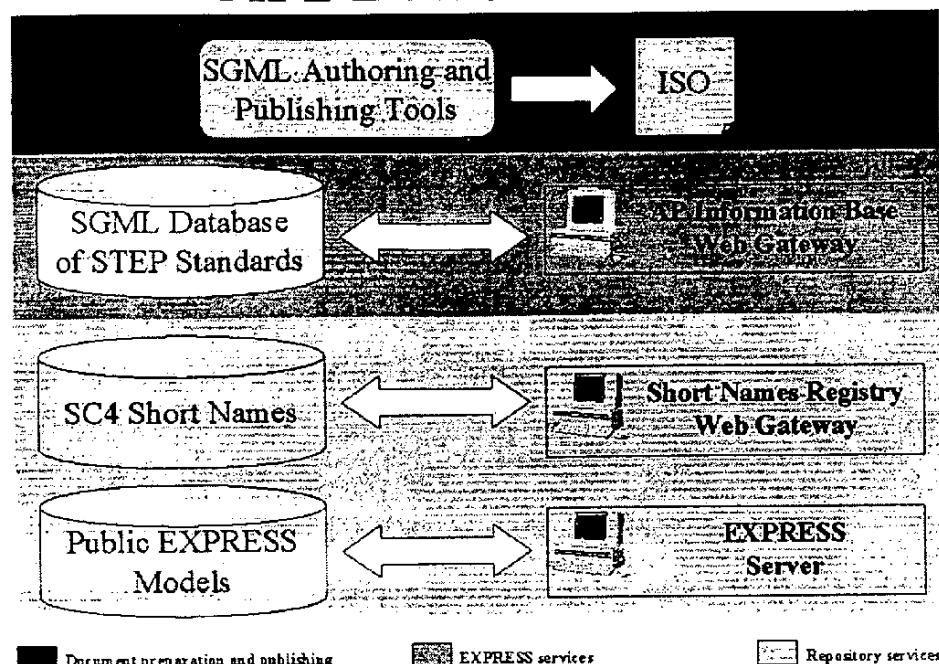


図 9-2: APDE アーキテクチャ

9.2.1.1 APDE の誕生 - 緊急任務作業への取り組み

当初 APDE 作業の焦点は、緊急任務 AP 開発作業の実行に向けられていた。これらは STEP 解釈 (第 4 章参照) および批准プロセスとして識別された。これらのツールは現在も広く使用されており、EXPRESS を用いた情報モデルの構文の正確さ、および情報の有効性を検証する機能を提供している。この領域における開発には下の表 9-3 に示したように、EXPRESS 構文解析系 (fedex)、短一長 (shtolo) 形式ジェネレータ、STEP クラスライブラリ (第 5 章参照) およびデータプローブなどがある。

Tool name	Description
Data Probe [171]	Editor for data described using EXPRESS
EXPRESS Pretty Printing [172]	Toolkit for formatting and printing EXPRESS objects
EXPRESS server [173]	Interface for remote access to EXPRESS-based tools
EXPRESS toolkit [174]	Toolkit for building EXPRESS-related software
Fed-X [175]	EXPRESS parser
Short Names Registry [176]	Database of short names for each of the entity data types within each of the EXPRESS schemas
Shtolo [177]	Generates STEP EXPRESS annotated long form from short form
STEP Class Library [178]	EXPRESS-to-C++ translator
Transformr [179]	Data migration tool for evolving schemas

表 9-3: EXPRESS ベースの APDE ツール

9.2.1.2 文書化プロセスの管理

後に APDE 作業の中心は、文書管理、特に文書オーサリング、発行および電子デリバリーの領域に移った。この文書

管理作業の目標は、プロセス改善および作業のオートメーション化という目標分野を特定して支援し、STEP 専門家が文書化プロセスそのものよりも、文書の技術的内容にその力を注ぐことができるようにすることである。

この分野ではプロセス改善の機会には恵まれている。現在の文書化プロセスは、AP 開発における最も誤りの生じ易い、時間のかかる作業の 1 つとみなされてきた [180]。これは主に、STEP 各部編集者が、STEP での使用に対して統合されず、カスタマイズもされていない様々な専用システムを用いるためである。さらに STEP 文書化要件の特殊性および厳密性が、技術専門家および品質審査者がこれらの要件に準じ、実施することを難しくしている。このため文書の形式および構造をチェックするのに、編集者および有資格者の膨大な人時間が消費されてしまう。そのうえ文書に専用のオーサリングシステムを使うことで、再利用するときに STEP 文書の情報を探し、検索するのがいっそう難しくなる。

このような問題に取り組むため、APDE は自動的に構造上の文書化要件を実施し、正しい形式を作成し、さらにその構造および形式を検証する機構を提供した。また APDE は、より便利な形式で STEP 文書を利用することができ、既存の文書化へのアクセス性も高めてくれる、AP 情報ベースと呼ばれるワールドワイドウェブベースのシステムも提供した (セクション 9.2.2.3 参照)。

9.2.1.3 STEP 向けの SGML 環境

このような新しい文書管理機能は、標準一般化マークアップ言語 (SGML) と呼ばれる ISO 標準を用いることによって使用することができる [181]。SGML は、コンピュータ解釈可能形式で文書の構造および内容を記述するための、ASCII ベースのマークアップ言語である。SGML 文書型定義 (DTD) は、所定の文書クラスの構造、および内容の記述に用いられる。文書には、DTD をもとに SGML でタグがつけられる。これにより、内容、構造上の正確さ、および文書間の一貫性が保証され、文書に含まれる情報のコンテキスト感知、マークアップベースのサーチおよび検索が可能になる。

NIST は、上記の文書管理機能を全て含んだ STEP 向けの SGML 環境を構築した [182]。この環境の中心にあるのは、STEP 文書の内容および構造要件を定義づける STEP 文書向けの NIST 開発 DTD である。STEP 向けの SGML および DTD を使用することにより、複雑な文書化要件を、より確実にしかも効率よく実施することができるようになる。DTD はまた、異質なコンピュータシステム間での文書の共有、および STEP 文書の DTD 定義構造構成要素への「インテリジェント」アクセスを可能にする。

NIST APDE プロジェクトは完了した。そこから受け継いだ構成要素には、STEP DTD や AP 情報ベース、SGML 出版アプリケーションおよび SGML との間で行われる専用形式での文書の変換用ユーティリティなどがある。AP 開発チームは SGML 環境の構成要素の活用を開始しており、開発時間および文書品質における大幅な改善を求めている。

9.2.2 標準への国際的アクセスの提供

大規模な世界的標準開発作業においては、構成要素仕様へのアクセス性は重要な問題である。ほとんどの関与国が e-メールにアクセスし (表 9-1)、ワールドワイドウェブにアクセスする人数も増加している今、NIST は STEP および STEP 関連情報やツール、およびサービスへのアクセス性を広げるため、いずれの手段も利用している。主な 3 つの利用領域は、NIST EXPRESS0 サーバ、SOLIS および APIB である。

9.2.2.1 EXPRESS サーバ

NIST は、ISO 10303 開発に向けた EXPRESS ベースのツールおよびサービスへの e-メールアクセスを提供する EXPRESS サーバを開発し、維持している。ユーザーは、求められるツールまたはサービスプラス要求される何らかの入力情報を識別する e-メール要求を提出するだけである。次に EXPRESS サーバは出力を生成し、ユーザーにその結果を e-メールで知らせる。

EXPRESS サーバを使って、Fedex および shtolo を実行したり、スキーマ固有データブローブを構築したりすることができる (表 9-3 参照)。NIST が EXPRESS サーバを開発するまで、ユーザーはこれらのアプリケーションをローカルでしか実行することができなかった。これらのツールは Unix ベースのアプリケーションであるため、PC および Macintosh 環境を起動している STEP 開発者はこのツールを利用することができなかった。EXPRESS サーバは、e-メールを通じてツールへのリモートアクセスを提供することにより、このプラットフォーム問題を軽減した。

9.2.2.2 SOLIS

それより以前に導入された SOLIS は、標準の開発に大きな影響を与えていた。標準が開発されるのに伴い、関連情報のデータ交換、伝播および交換への地理的に分散した寄与者に対して手段を与える。SOLIS は「この標準に貢献している専門家団体によって使用される STEP 草案標準、支援文書およびソフトウェアの機能を拡張することにより、(STEP) に関するコンセンサスを得るという能力を向上させる [183]」。今日、SOLIS には 9000 以上のファイルがあり、それぞれに月間ベースでその情報にアクセスする平均 4000 名の独自のユーザーがいる。E-メール保存サーバを利用することで、これらの文書に対するオートメーション化された要求およびデリバリーサービスを SOLIS に含めることができる。SOLIS は現在までに、単一の、最もアクセスしやすく内容がローバスタな SC4 情報リソースを提供している。これまで、SOLIS の文書へは ftp および電子メールを通じてアクセスされていた；しかし SOLIS へのワールドワイドウェブアクセスが実装されてからは、アクセスは簡単になり、より多くのユーザーがデータを利用できるようになった。

AP 情報ベース

AP 情報ベース (APIB) は、NIST にも配置されている中心リポジトリで、10303 文書へのアクセスを提供している。その現行の内容のほとんどに SGML でタグがつけられており、文書の個々の構成要素にアクセスできるようになっている。この特性により APIB を SOLIS --- 標準各部に対する照会を実施し、個々の構成要素で入手する能力と区別することができる。特定の情報にアクセスし、再度利用するこの機能は、AP の効率のよい、時宜を得た開発には重要であると信じている。これまでユーザーには、特定情報に対する 10303 を構成する文書のサーチ手段がなかった。このことが開発プロセスの大きな障害になっていた。開発者は、最初の文書の形式が書かれている文書の形式と整合性がない場合には、文字通りページをめくり、情報を再入力しながら、リソース部分において手動で既存情報を探さなければならなかった。

APIB は特定の語に対して、10303 文書の全リポジトリへのサーチを実施する機能を与え、SGML が ASCII ベース標準であることから、情報はそのままの形で再利用することができる。また SGML の利用により、ユーザーは文書間および文書内での各レベルでのサーチを狭めることもできる。例えばユーザーは、10303 パート全体である語をサーチするか、特定の 10303 パート、または 10303 パート内の特定節のなかでサーチするかを選択することができる。また機能性のユニットや EXPRESS 構造などといった特定の種類の情報を探することもできる。検索した情報を再度利用する場合は、その本来の SGML 形式にあるファイルに照会結果を保存することができる。

ワールドワイドウェブ用として、フリーウェアの SGML ブラウザはまだ入手できないため、照会結果は現在、どのワールドワイドウェブブラウザでもビューすることのできる HTML に変換されている。ワールドワイドウェブ用の本来の SGML ブラウザが利用できるようになれば、これらのブラウザを利用して、SGML から直接全ての文書の DTD 定義構成要素にアクセスできるようにする方針になる。

9.2.3 管理機能の支援

IT が SC4 に適用されている 3 つめの領域は、管理機能の実施に対する領域である。SC4 事務局はオフィスオートメーションツールを利用して、通常であれば膨大な時間がかかり、極端に管理が難しくなるような管理業務のサポートを行なっている。現在、このプロジェクト管理データベースが主なユーティリティである。

ISO 10303 だけでも 100 以上のプロジェクトが活動しているため、NIST はこれらのプロジェクトのそれぞれに対して、および通常の 4 回の無記名投票サイクルを通じて、リソースやスケジュール、主導権、進展、無記名投票および関連する投票結果などを持続的に管理しなければならない。自発的な組織であるという性質により、主導権のほぼ 10-15%

が毎年変動している。このためには、過去の実績という観点から、優れた記録および保管方法が求められる。NIST は事務局機能の一部を支援するための、SC4 プロジェクト管理データベースを開発した。これはプロジェクト管理に対する「ライフライン」の役目を果たす。主要な情報が要求されると、そのデータベースへの照会によって簡単に入手される。各部門の関係は簡単に確立され、日程が評価されて重大な経路要件が特定される。情報のこのデータベースを照会および作業決定の多数に利用できるようにするのは明らかに適切な管理であるが --- 事務局は情報が正確であるのと同じぐらいにしか有効でない。より密接なプロジェクト管理向けのこのような機能は SC4 分化にとって比較的新しいため、それらを要求していた多くのプロジェクトリーダーに広め、さらに！ 時宜を得た、反復性の一貫した方法でその情報を見事に生成させるため長年にわたる努力が積み重ねられてきた。SC4 団体内でのこの学習曲線にもかかわらず、NIST 事務局は既に、このデータベース管理方法により、多くのルーチンタスクに対する生産諸経費において時間短縮を経験している。

9.2.4 習得した内容の活用

標準開発プロセスへの IT の適用に際し、予測されなかった結果もある：しかし経験から多くのことが学ばれた。その内容について以下に簡単に記述する。

- 新しいテクノロジーを単純に開発したり適用したりするだけでは、ユーザーコミュニティへの受け入れを保証することはできない。標準開発者が新しくなじみのないアプリケーションを受け取るたびに、彼らに訓練を行なうことも等しく重要である。
- 顧客に対するツールの開発を急ぐあまり、十分な試験を実施するまでにツールを納品してしまう傾向がある。ツールが正常に機能するかどうかを確かめてから、一般大衆に配布することが重要である。ワークインプログレスアプリケーションを利用し、フィードバックを行なうベータ試験グループを確立することにより、これを実現することができる。
- APDE の貴重な目標は、商業市場では提供されないあらゆるツールを提供し、AP 開発者がより生産的になるのを助けることである。ただし目標が達成されても、これらのツールの支援および維持に対するリソース需要は長く続いていくことに注意する。NIST は、商品化に向けた潜在的チャンスと、商品化されないツールの維持および支援能力の両方に関して、約束に関する現実と直面しなければならなかった。
- STEP AP 開発目的に市販の製品を活用しようとする試みにおいて、ベンダーが標準前の仕様を支援することに対する関心を限定していることが明白になっている。したがって、NIST は社内 APDE の大部分を開発し、支援し、維持するために作成される必要がある。資金に限りがあり、優先事項が多いため、最初の計画通り APDE を継続することは実際には不可能である。
- ツールは人がそれを利用することができて始めて意味を持つ。技能やテクノロジーはユーザーを限定する可能性があるため、ツールはユーザーが利用できる技能組およびテクノロジーの両面で、少なくとも一般的な水準を支援することができなければならない。
- APDE 機能の商品化の可能性を高めるためには、できるかぎり幅広いユーティリティ対領域固有アプリケーションを備えたソリューションを提供することが重要である。

9.2.5 IT 探求になお残る問題点

残念なことではあるが、標準開発を支援するツールの提供は万能薬ではない。ソリューションの提供者は、明確な答えのない難問に取り組んでいる。標準開発への IT アプリケーション適用を妨げる大きな問題点を以下に要約する。

- **著作権保護対広範な表出。** ISO 著作権を保護しながら、標準への表出を実現するというバランスが必要である。著作権情報保護のために特別なパスワード保護機能を導入しなければならない WWW や SOLIS を使用する場合、この問題が最も深刻である。同時に、標準、少なくとも標準の選択したパートに習熟しようとする部外者も簡単にアクセスできなければならない；潜在的かつ合法的ユーザーの数が、パスワード保護インタフェースによって限定または反対されるようなことがあってはならない。問題は、ISO の保護権と、一般のアクセス性とのバランスを保つことである。
- **指令および方法は常に変化している。** 特定の指令を支援し、施行している開発品質ツールは、要件が一定でない場合はより難しくなる。不運なことに、ツール開発者はいくつかの変動する目標をねらい定めなければ

ならない。これがエンドユーザーへのツールの引き渡しを遅らせ、場合によっては求められる機能と実際のツール機能との間に非適合が生じることもある。さらに変容する要件を支援するために、より多くの時間と資金が投入されなければならない。したがって、指令および方法文書の現時点での規模やバージョンに合わせて、ツールリリース日程を調整することは重要であるが容易ではない。

- **SGML への移動。**SGML の利用により、プラットフォームの中立性およびそのコンピュータ解釈可能形式の両者にとって多大な恩恵が生じると保証される。しかし各部編集者間の変更に対する生来の抵抗や、SGML オーサリングインタフェースの不慣れにより、新しい SGML オーサリング環境の展開が難しくなる。また標準および文書化要件の複雑さは、SGML において表現される構造も複雑で、SGML 利用への勢いを鈍らせるということを示している³⁵。
- **機能の最低共通水準が情報転送を阻む。**前述のように、ツールはユーザーが利用できるテクノロジーの最低の共通水準を支援する必要がある。これは、非同期転送モードや Java アプレットのような最新テクノロジーの一部の利用を抑制する。このような抑制も、提供されるツールの性能および機能を制約することになる。
- **複数形式でのデータの処理および保持。**現行の継承データは、WordPerfect、Latex、および Microsoft Word などを含むいくつかの専用および事実上の形式になっている。このことはいくつかの領域においてある問題を提起する。まず、事務局はこの全ての形式を複数バージョンで支援しなければならない。ユーザーのソフトウェアプラットフォームが変更されると、事務局も変更しなければならない。事務局は、どのソフトウェア形式が使えるかを決定するという難しい選択を迫られる。各プロジェクトにはそれぞれ独自のソフトウェア優先順位があるため、単一形式の選択はほぼ不可能に近い。次に、データが複数形式で保存されるため、SGML への変換が難しい。様々な形式の全てを支援するためには、複数の変換方法を採用しなければならない。(これは STEP 各パートが APIB で利用できるようになるまでの時間を長引かせることになる) この問題は、現在の 3 年という ISO 要件を満たす代わりに、標準開発者が 5 年から 10 年かけて ISO 10303 標準パートの開発を行なうときにさらに妥協される。
- **ISO 10303 または SGML アプリケーションの開発支援ツールを構築する商業的ベンダー間での関心の限界。**STEP 開発も SGML ユーザー団体も比較的小規模であるため、ベンダーには、これらの標準開発を促進するためのツールを構築するという動機づけがほとんどない。SGML を支援するアプリケーションの数は増加しているが、それでもまだごくわずかである。STEP 開発を支援するアプリケーションということになるとさらに少数になる。このため、STEP AP 開発者は、市販の公開領域ツールのごくわずかなプールしか活用することができない。

9.3 人的資源の投資

IT が標準開発成功の鍵を握っているとはいえ、人的資源の有効活用を保証することもそれに劣らず重要である。標準開発に対する内部および外部の関与者は、標準への独自の人的貢献--すなわち知識や専門知識、ビジョンまたは政治的な影響力にいたるまでの貢献を提供することにより、標準の全体的な品質の保証に重要な役割を果たしている。このセクションでは STEP に対する外部からの貢献者に焦点をあてる。以下に、ツール開発者および支援スタッフ、産業連携、および協力的な SC4 パートナーなどの人的資源について考察する。

9.3.1 ツールへの技術支援の提供

エンドユーザー団体にツールをただリリースするだけでは、それらが標準開発に有効に適用されると保証するには不十分である。これは、SGML の利用など、新しい方法が採用されたときに特に言えることである。IT サービスの主要部分は、人々から提供される技術支援である。NIST は AP 開発者に対して直接的な技術支援を提供し、ツールが適切かつ最も効率よく利用されていると保証する上で役立っている。NIST の e-メールエクспローダは、受信した質問、バグレポートおよびツールに関する要求などを処理するように設定されている。NIST APDE ツール開発者も

³⁵ 第 10 章では、STEP 環境における SGML の補助アプリケーションを特定する。

ほとんどの IPO および米国主催の SC4 会議に出席し、新規アプリケーションに関する実演および訓練を提供している。さらに、APDE チームメンバーは、特に STEP 団体をターゲットとして、SGML および DTD 利用に関する NIST における訓練ワークショップを主催している。

10303-210 [184] 開発チームは APDE アルファユーザーとして結成された。アルファユーザーとしてこのチームは、チーム会議における APDE 開発者からの参加、ソフトウェアのプレリリースコピー、および必要な場合のコードへの迅速なバグ固定などを含めた幅広いユーザー支援を受けている。その見返りとして、チームは開発され、SGML を使用する補助 APDE アプリケーション開発に向けた厳密な試験項目としての役割を果たす APDE アプリケーションへの貴重なフィードバックを提供している。10303-210 はまだ開発途中であるが、その長さは 4000 ページにも及んでいる。その規模と複雑さのために、それが APDE 用でなければ発行されることはなく；他の在庫にある専用のワープロソフトウェアアプリケーションはそれを支援することができなかったであろう。NIST は 210 チームおよび他の APDE ユーザーから、彼らが受けた品質技術支援サービスに対して、多くの敬意のしるしを受け取っている。

9.3.2 協力的なパートナー

標準開発プロセスは孤立状態では存在しえない。産業によって最善の形で満たされる特殊な支援を担う外部の協力的パートナーに負うところが大きい。産業はこれまで、市場の小ささにより、特に STEP 標準化にまともな絞ったツールの提供という面では概して消極的であった；しかし商業団体の一部のメンバーは、STEP 開発作業に合流することの長期的にみた潜在的な利点を早くから認識していた。協力関係を誘い、維持するための STEP 団体内での調和の取れた努力も、その進展につれ標準への新たな関心の維持および獲得にはずみをつける一助になった。

SC4 は、産業の標準採用に大きな（そして早期の）影響を獲得しようと、協会の連携の活用を試みていた。正式には、SC4 と特定の協会との間に、いくつかの活発な協力関係が確立された。現在、ISO TC184/SC4 との間には下記のような協力関係が存在する：

- AECMA (AECMA)
- 欧州海上 STEP 協会 (EMSA)
- 欧州プロセス産業 STEP 技術提携執行委員会 (EPISTLE)
- 操作共通性に向けた産業連合 (IAI)
- 目標管理グループ (OMG)
- STEP, Inc.を用いた製品データ交換 (PDES Inc.)
- 石油技術オープンソフトウェアコーポレーション (POSC)
- ProSTEP 協会

協会支援のもう 1 つの側面は、STEP センターを通じてのものであった。これらのセンターは世界中に設立され、現在、標準開発、訓練および教育、ISO 10303 実装の最終消費者へのマーケティング奉仕活動などの様々な役割を担っている。いくつかのセンター (GOSET、Japan STEP センター [JSTEP]；PDES, Inc.、および ProSTEP) がリーダーであり、前進的開発者であり、10303 数パートの批准者である。この同じセンターが、オーストラリアやカナダ、中国、イタリアおよび韓国などにある STEP センターと共に、顧客の教育および広範囲の奉仕活動にもさらにエネルギーを注いでいる。

9.4 結 論

SC4 は ISO 団体にとって独特の形で貢献したというのが正しい。それは標準開発の卓上に、熱心なリソースや強力な産業駆動要件、および創造的な管理プロセスなどの見事な融合物をのせた。その事務局として NIST は、SC4 のニーズに足並みをそろえようと努め、ISO が要求した基本的な小委員会の支援の程度を予想以上に上回った。SC4 内で開発された方法やプロセスおよびツールなど、努力の成果の多くは、他の標準開発組織が使用できるように調整された。

第 10 章

STEP の将来

10.1 STEP 開発

1984 年には、産業界でデジタルな製品データをビジネスパートナー間で共有することが、重要であることは広く認識されていた。IGES は米国の国内標準として承認され、主要 CAD ベンダは変換ソフトを提供し始めていた。フランスとドイツにおいても、それぞれの国内で国内標準の開発が行われ、真の世界標準が必要なが強く叫ばれ始めていた。このため、ISO の産業オートメーションに関する技術委員会を結成する意向表明があった時点で、NIST は製品データ標準に関連する業務を、その委員会に含めるべきだと提案する書簡を ANSI に送った。その結果、ISO TC184/SC4 組織が成立した。その後の数年間に STEP が経験した多くの技術変革については、第 3 章に記述した通りである。第 4 章から第 9 章までは、STEP のコミュニティが貢献した技術および管理手法改革の主要な成果を記述してある。この章では、STEP の将来予測に役立てるために、これまでの歴史と現在の状況を要約して解説する。

10.1.1 STEP の発展

製品データ表現の進化については、第 2 章で述べた。この進化の過程は、ゆっくりと単調で、調和をとりながら進められた。結果として現在の製品データ交換の環境は、次の特徴を持つことになった：

- ・ 国内標準の利用が今なお優先している（例えば IGES）。
- ・ 企業は依然として単一システムソリューションを採用している。
- ・ ある製品サイクルから別のサイクルへの移行時しばしば貴重な情報の消失を伴う。
- ・ 産業界では今なお紙が製品情報交換の共通媒体である。

Julian Fowler は、1995 年の論評[185]の中で、製品データ標準の使用を、表 10-1 に示すように特徴づけた（“***”は各産業分野で最も広範に使用されている標準を示す）。

	IGES	SET	VDA-FS	EDIF	POSC	DXF ³⁶
航空宇宙	**	*				*
自動車	**	*	*			*
建築および建設						**
プロセスプラント	*	*				*
オイルおよびガス					**	*
造船	*					*
電気/電子	*	*		*		
消費財	*					*

表 10-1: データ交換標準利用の比較

しかしながら、この他にもっと価値ある特徴がある：

- ・ STEP の最初のパイロット実装は生産の現場業務である。
- ・ 強力な STEP 用ツール次々と生まれ利用され始めている。
- ・ 主要な産業の事業戦略の中に STEP が組込まれた。
- ・ サプライチェーンの中に STEP が使われ始めた。

³⁶ Autodesk, Inc.によって開発されたデータ交換ファイルまたは形式

このようなかたちのコミットメントは、ユーザに対して経済効果が明らかになった段階にきたことを示している。PDES 社内のパイロットプログラムにおいて、データ交換の信頼性が 10%の改善、単独部品に対して 10%の処理の節減、複合部品に対して 50%の処理の節減効果が試算されている。データの再入力を無くすることがもう一つの利点である。例えば、CAD/CAM システムのツールの設計では、27%の工数節減が予測されている。

2000 年までに、NIST は下記事項を実現することを目標にしている：

- ・ 国内の製品データ標準の開発を中止する。
- ・ 単一システムソリューションのが消滅し始める。
- ・ 小規模事業の一般的交換媒体だけが紙の図面に残る。
- ・ 新システム調達の要求仕様に STEP が採用される。
- ・ 最新規定のファイル交換に特定ビジネスプロセスに対する STEP が使用される。
- ・ 産業界および政府で共有データベースが実用化される。
- ・ 複数アプリケーションに対し STEP トランスレータが利用可能になる。
- ・ 製品開発時間の短縮に役立つ。
- ・ 技術データ管理の大幅なコストの削減が可能になる。

STEP は、現在多くの利用分野ですでに既に優れた解決策であることが明らかになっている。表 10-2 は、このような利用形態の代表例を示したものである[186]。

データの使用	本来の CAD 形式を必要とする可能性がある	STEP は優れた代替案
設計	▪ シャーシ ▪ 白の車体	▪ ランプ ▪ 留め具 ▪ ラベル ▪ スイッチ ▪ スパークプラグ ▪ フィルター&空気制御
解析	▪ CAD 関連ツールでの有限要素解析	▪ 分離ツールでの有限要素解析 ▪ コンピュータによる液体力学 ▪ 雑音、振動&粗さ ▪ クラッシュ&運動学/動力学
製品データ管理	▪ アーカイバル (継承データ) & 部品構成表	▪ アーカイバル (継承データ) ▪ 構成管理データ ▪ 供給者との交換
製造	▪ シートメタルツーリング	▪ コンピュータ数値制御 ▪ 調整測定機械 ▪ フィクスチャリング&高速プロトタイピング

表 10-2: STEP を使用した利用形態

今後 5 年以内に企業は、広範な STEP を中核とした製造を採用し始めると予測される。柔軟性をもつビルディングブロック方式で STEP を実装することが最先端の技術になる。共有データベースの実用化が広く行われ、これまでに説明した知識ベース環境が出現し始めると予想される。

10.1.2 STEP へのモジュール式方法

第 3 章で詳述したように、STEP アーキテクチャは IPIM (Integrated Product Information Model: 統合製品情報モデル) の開発として始められた。その後アーキテクチャは、Context Driven Integrated Models (CDIM) に移行した。現在は

Application Protocols が中心になっている。第 2 章で取り上げた IGES アプリケーションのサブセットと IPIM を評価するために CDIM を利用したことからの二つの来歴から、実質的に AP の概念に対する必要性が強調され提案された。複数の AP によって定義された共通情報の共有機能 (APs の協調利用*) は、企業が STEP の利点を完全に理解するうえで重要な要件である。[*AP の相互運用性] は、AP の共同利用を議論する場合にしばしば非公式に使われている。いずれの表現の意図も、複数 AP 間での実装および対話を行なうシステムの相互運用性を記述することである。] 1990 年代中頃 Application Interpreted Constructs (AIC) は、複数の APs 間で一貫した標準的解釈を提供するために新しく創られた。AIC の役割は、APs の協調利用を可能にすることである。この方法は 1994 年頃から戦略的な命題になった (第 4 章参照)。将来、企業は汎用の STEP 構成またはモジュールの組み合わせから、データ交換のニーズにあうものを選択するかたちになる。このような“プラグアンドプレイ”環境は、2000 年までに出現すると期待している (図 10-1 参照)。

STEP Architectural Evolution

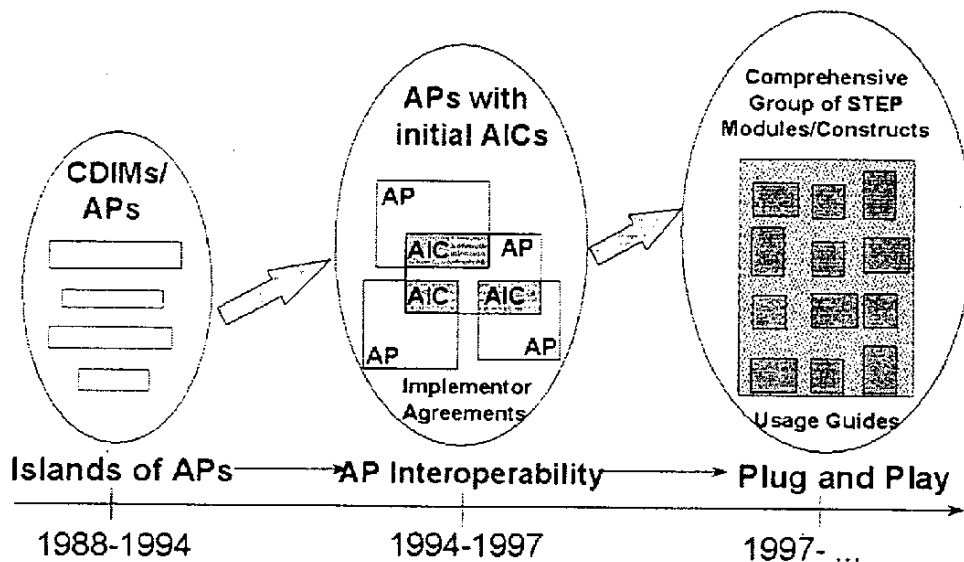


図 10-1: STEP アーキテクチャの進化

ここにいたるまでに、モジュール式拡張方法が開発され、それが構成要素ベースの STEP 実装を使用可能にし、STEP AP の開発および出版コストを縮小することになる。PDES 社は、NIST や他の STEP センタと協力し、この戦略的な開発を先導している。これは要件およびそのソリューションの調和と、アプリケーションモジュール (AMs) での結果の文書化を重視しているが、これは現行の STEP アーキテクチャでは AICs に代わる場合がある。

既に識別された ISO 10303-203[187]へのモジュール式拡張にはカラー、階層およびグループ; 製品データ管理; 製図; 寸法公差; およびパラメタなどがある。企業はその事業ニーズを満たすために、機能の特定のモジュールを実装することができるようになる。将来、主な AP 開発作業は、多数の自立式 AP が重複情報を含んでいるという現状とは反対に、共通モジュール式部分集合へと変換していくと予想される。

ISO 10303 標準化プロセス改善の概念も、現在開発途上にある。この概念では、既に国際標準である現行 AP からの拡張モジュールの構造が許容される。これらのモジュールは STEPnet やテストラリー、およびその他の試験機関で入念に試験された結果「最新産業標準」として指定される (図 10-2 参照)。一度試験されると、このモジュールは SC4 が実施する現在のプロセスよりも早く、ISO プロセスを通過する。製品データ管理 (PDM) 領域に対するモジュール

³⁷ 「AP の操作共通性」は、AP の共同利用を議論する場合にしばしば形式的に用いられる。いずれの表現の意図も、複数 AP 間での実装および対話を行なうシステムの操作共通性を記述することである。

は、PDES, Inc.、ProSTEP および日本の STEP センタ (JSTEP) のメンバ間で調和が保たれている。この統一 PDM スキーマがこの概念に対する最初のテストケースである。

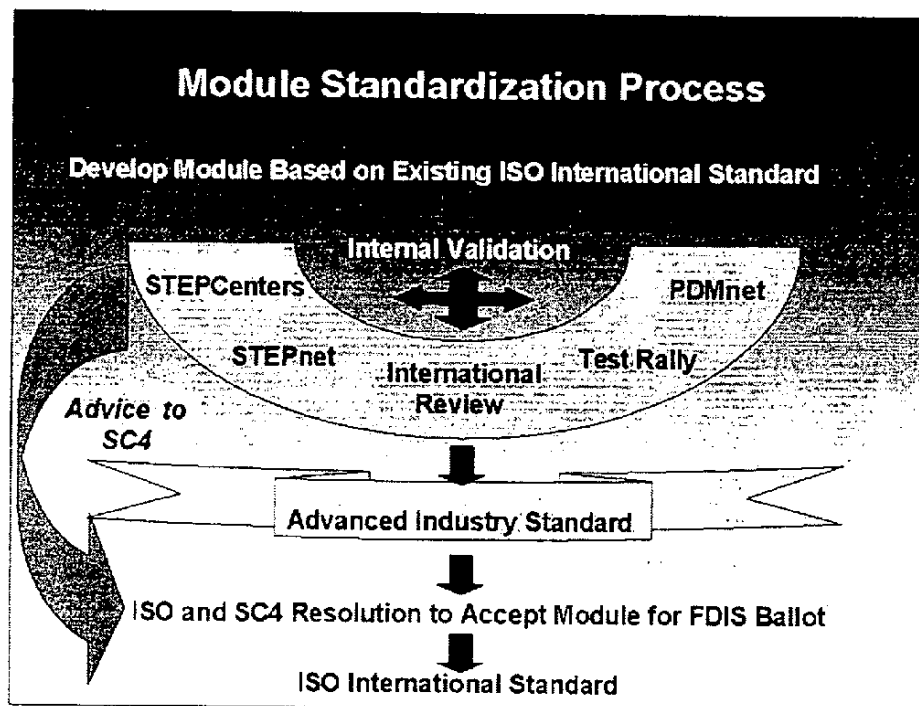


図 10-2: モジュール化

1994 年の国際標準としての STEP の第 1 版リリースは、標準のアーキテクチャに何らかの変更を加える際にある制約を課した。標準を利用する効率の向上は、トランスレータソフトウェアで変更を行なうための要件に対してはかりにかけられる。現在の STEP トランスレータは、CAD システム開発者および標準のユーザによる膨大な投資を既に示している。STEP の変更管理についてはこの章の後半で述べる。

10.2 データ共有

第 6 章では、STEP 情報を実際に使用するために、何種類かの実装が具体化されていると述べた。主に物理ファイルの交換および ISO 10303 の第 1 版リリースを中心とした最初の作業が支援していたのはファイル交換だけであった；しかし ISO 10303-22[188]により、STEP ユーザへのデータベースアクセスもできるようになる。

高いレベルで、SDAI は EXPRESS スキーマによって管理されるデータへのプログラミングインタフェースを記述する。標準データ定義と共に、SDAI は各種ベンダからのソフトウェア構成要素の統合も容易にする。SDAI 仕様は下記のことを定義づけている：

- EXPRESS を用いたプログラミング環境およびデータディクショナリ[189]
- データ操作演算、誤りおよび状態
- 仕様の標準化された部分集合を記述する実装クラス

SDAI の現在版は、単一ユーザ演算用に構成されており；将来の版ではマルチユーザ演算用のアクセス制御機能が必要になる。

SDAI の将来版では、そのいずれかが共有 STEP データにアクセスする複数ユーザと環境を共有する産業データ用の支援になる、いくつかの主要領域における既存の能力が拡大される。さらに SDAI データディクショナリの拡張により、EXPRESS スキーマ作成に用いられるインタフェースを優先順位として識別することができる。SDAI は EXPRESS および EXPRESS 関連言語において新しい開発を支援するためにも拡張される。EXPRESS-X[190]写像機能に対する

支援は、写像を生成するためと、写像を用いてビューおよび変換機能を生成するための両方の目的で、SDAI 環境において求められている。オブジェクト上でプロセスおよび方法を定義するための、EXPRESS の開発中の第 2 版に記載された機能に対する支援も、将来、EXPRESS および SDAI の産業アプリケーションを大きく広げるために期待されている。最後に、SDAI を用いた産業実績にもとづくユーザ要件およびフィードバックが、SDAI が STEP または何らかの EXPRESS 駆動実装の開発に従事しているプログラマにとって、よりパワフルで、インタフェースを使いやすいものになるように試験される。

10.3 EXPRESS

STEP の中心になるのは EXPRESS 言語である。EXPRESS 情報モデルは、情報を保存するデータセットを要求する特性を記述する。これらの特性は、あるポイントを記述するエンティティに必ず X 座標と Y 座標があるように構造的で、またある表面の境界を記述するループが必ず閉であるように制約されているものとする。EXPRESS を用いる ISO 10303 開発者にとっての資産の多くは、第 5 章で取り上げられている。

他の SDO、および標準の開発団体外の SDO は、EXPRESS モデルの拡張ライブラリを作成した。この利点は、組織がそれまでに定義された情報に類似した情報で作業を行なおうとするような場合には重要である。EXPRESS はこれまで、機械的設計と製造、電気的設計と製造、造船および産業建築物建設用の情報を定義するために用いられてきた。

EXPRESS には第 5 章で既に述べた欠点がある。またエンジニアに対するエンジニアがそれを設計している。このことがこの言語をいくつかの点において保守的なものにしてきた。例えば EXPRESS は、エンジニアが、数学者が好む論理志向の構造よりも、アルゴリズムの方に習熟していることから、関数と手続きを用いて制約を記述する。

この記述に際して、EXPRESS を拡張する 2 つの作業が進行中である。1 つは、EXPRESS の第 2 版に向けた SC4 内での活動として主導されている[191]。STEP が使用できるように、EXPRESS に大小の改良を施す作業である。検討されている小規模の拡張には、より理解しやすい上位および下位型制約を作ること、データ型の列挙および選択を拡張可能にすること、および抽象エンティティでの総称属性を認めることなどがある。さらに大きな拡張については、例えば事業プロセス情報などの新しい種類の情報を EXPRESS がモデル化できるようにすることなどが考えられている。

もう 1 つの作業は、EXPRESS 用の写像言語での作業である。この作業も SC4 内の 1 つの活動として行われており、新しい言語は EXPRESS-X と呼ばれている。EXPRESS-X は、あるモデルの構造と別のモデルの構造との関係を指定する言語である。EXPRESS-X が対象とするモデルは、10303-227 プロセスプラント空間構成モデルのような EXPRESS 情報モデルである。

新しい写像言語の目的は、STEP を実装しやすくすることである。関係データベースは SQL 言語を使って、情報を中間形式からアプリケーション固有化意識に変換する。このプロセスは「ビュー定義」と呼ばれる。EXPRESS-X は、STEP データを継承データに、またはその逆に写像するビューを定義している。

EXPRESS-X チームは少なくとも下記のために、EXPRESS-X の利用を提案している：

- その写像表の検証を改善する。
- EXPRESS 情報のビューを作成する。
- 継承データを STEP に写像したり、ステップから写像したりする；さらに
- EXPRESS スキーマのバージョン間で情報を変換する。

EXPRESS-X はまだ標準になっていないが、いくつかのベンダは EXPRESS-X 変換システムの開発を行なっている。EXPRESS-X をどのように利用して継承データを STEP に写像するか、写像表の定義を形式化するか、さらに 10303 パート間でデータを変換するかを示すため、様々な例が考案されている。この STEP モジュール化作業は、EXPRESS-X を用いてそのモジュールが使用した写像の定義を行なう。

10.4 上位互換性

製品データは重要な企業資産である。製品データを検索し、理解し、利用する能力はビジネスには欠かせないものである。この能力がなければ、製品データはその価値を失う。ほとんどのユーザが願うことは、STEP の利用を実施することにより、データの移し替え作業に多額の投資を行わずに、将来にわたりそのデータが利用できるように保証されることである。上位互換性は、ISO 10303 への修正または改良の設計中に考慮すべき重大点であり、標準の発展要件と技術統合性の問題の調整をとる必要がある。

第4章で述べた STEP にとっての目標には、STEP が“上位互換性”を持つことという要件も入っている。この要件はいろいろな解釈ができるが、上位互換性の概念は通常、実装の一連の連続バージョン間での相違点の影響に関係している。上位互換性を調べる1つの方法は新規バージョンで影響がみられるかどうかを検討することである：

- 物理ファイルにおけるデータの利用に関連して
- ソフトウェアトランスレータの開発および維持に関して
- データアクセスインタフェースプログラム（SDAI など）に関して
- STEP データを用いたアプリケーションソフトウェアに関して
- AP の上位互換性に関して

産業界は、STEP が時間と共に発展することを切に願っている；しかし STEP の基礎を形成するデータモデルは、製品データの安定した、完全かつ明確な定義でなければならない。標準の定義が絶えず変化しているようであれば、標準としての STEP の威信は揺らいでしまう。その基礎に対する変更は入念に審査され、既存のデータ（およびアプリケーション）への影響を評価し、その変更が標準の安定性や完全性および明白性を高めるために必要であることを検証しなければならない。変更が必要と判断されたら、既存のデータおよびプロセスへの影響を最小限にするような方法で、既存の標準にその変更が組み込まれる。この場合、新しいテクノロジーおよび産業要件を持った STEP のユーティリティ改善との間でそのバランスを考慮しなければならない。

上位互換性を最大限にするための努力が進行中の STEP 開発プロジェクトに影響を及ぼし、その進行中のプロジェクトを上位互換性要件により整合させる場合がある。STEP は世界中で生産使用段階に移行しているため、余分な変更によって STEP の現在のユーザに課せられるコストおよびスケジュール面での影響を重視しなければならない。現在 STEP モデルを実装し、支援している団体は、その標準への非上位互換性変更によって影響を受けることがある。また STEP プロセッサ開発および利用にも影響する場合がある。さらに既存の標準への変更の結果、将来の製品に遅れが生じ、複数の実装バージョンを取り巻く問題に対処するために希少なリソースが分散してしまう場合もある。SC4 は、最初3つの ISO 10303 AP の現行生産実装要件と、現在開発中の 30+AP の要件とのバランスをとるという難しい矛盾に直面している。SC4 は STEP の上位互換性を支援しているため、ISO 10303 パートへの修正を行なうための指針および制約を提供する。SC4 は開発者や実装者およびユーザの立場を考慮した変更管理を目指した方針および方法を考案中である。（変更管理については前の章で紹介されたが、第10章の後半で論議される）

10.5 インターオペラビリティ

AP 間の相互運用性は新たな重大問題である。例えば航空機産業などは、ISO 10303-209 で ISO 10303-203 を操作したいと考えている[192]。ファイル交換および共有データベース操作の両方に対して、この統合を最善の方法で行なうにはどうすればよいかという疑問がある。同じ 10303-21 ファイルに複数の AP に適合するデータが含まれている場合、AP に関連する入力を互いに区別し合わなければならない。また各入力がある AP に関連しているかを決めたり、別の AP に関連する入力間で参照を処理したりすることも必要になる[193]。

より高いレベルでは、ある AP でモデル化された概念を、それが両方の有効範囲内にあるものと仮定して、別の AP のコンテキストで理解できるかどうかという重大な問題がある。表現が同一になる場合もある。表現間で何らかの形

式の写像の利用が必要になるような、重大な相違点が生じる場合もある。このような例が多いため、AP のアプリケーション領域は大幅に異なるものになる。

将来、ISO 10303 AP は主としてモジュール構成部品から構築されるようになる；しかし AP 間の構造を記述するためにある程度の要求は残ると思われる。ここで、EXPRESS-X 言語が重要な役割を見いだすと思う。異なる EXPRESS スキーマ間、および密接に関連しあったスキーマ間の最初の実体で関係を定義する。ここで、AP の中には同じことをまったく別のやり方で実行するものがあることを指摘しておかねばならない。例えば ISO 10303-203 はある部品の形状を表現する手段を提示し、ISO 10303-224 もそうだとする[194]；しかし前者は表面と接線などの要素で形状を定義するのに対し、後者は形状特徴で形状を定義する。形状特徴は（機械加工の分野において）スロットまたはポケットなどの構成部品の表面を形成し、これに対して良く知られた機械加工の方法が存在する面の集合である。このため ISO 10303-203 および-224 間の写像には、ISO 10303-203 面を機械加工特性に合うように適切にグループ分けをする方向を決めることが含まれる。

おそらく、部品間の洗練された関係を記述するためのより基礎的方法論は、オントロジの定義として提供されると思われる。今日まで、ISO 10303 は世界中の何百人ものエンジニアの結集された専門知識にもとづいて開発され、彼らが習熟している用語を分類してきた。しかしこれらの定義は、論理的に実証可能な形式で記述されているわけではない。このため、標準のあらゆるレベルに、曖昧さや誤解の可能性が存在している。標準内の重複や誤用の問題に最終的にきびしく対応するために、オントロジの基本が求められる。数学的論理性をもったオントロジは、STEP のもう 1 つの欠落部分である：定義された STEP エンティティを広めるために用いられる用語の語彙という問題にも取り組む。この問題は、用語および数値が何年間も広く受け入れられてきた、STEP の従来の CAD アプリケーション（空間位置を示すデカルト座標など）では明白でない。他の領域では、用語ははるかに不確実になる。例えば SC4 団体は製造プロセス名にはまだ合意していない。このため草案 ISO 10303-213[195]では、規格化プロセスの概念に関する合意がある間、アプリケーション開発者は、他の人がプロセスを「ミリング」と呼ぶのに対して、「ミル」と呼ぶことがある。このような表面的にはごく些細な非適合が、SC4 が ISO 10303 AP で実現しようとする操作共通性を阻むことになる。

現在、STEP におけるアーキテクチャ上の変更の主要な要因は、AP 間の相互運用性の問題解決である。相互運用性の問題は、仕様の拡張可能性と、その仕様を用いたアプリケーションの保証される相互運用性間の交換条件という別の問題を浮上させる。一方では、STEP 開発者がどのような重大なタイムスパンに対しても、全ての重要なデータ要素を予測するという見込みをたてると考えるのは単純である。例えば現在の ISO 10303 ではパラメタ設計の利用の増大はまだ支援されていない。したがって現行の STEP データ構造を拡張する明確な必要性がある。一方で、AP 間の相互運用性は、拡張データ構造が標準外に追加されることによって、明らかに脅威にさらされることになる。

10.6 変更管理

SC4 標準改良および矛盾システム (SEDS) プロセスについては前章で述べた。このプロセスに対するニーズを最小限にするために、提案されたどの標準も、国際標準になるまえに入念に試験され、批准されなければならない。開発および試験段階で、提案された標準への変更があるものと予測される。これらは標準の開発のこの段階で行なう方がはるかに簡単でもある。標準が国際標準状態を実現したら、団体は変更実施においてより賢明になる。上位互換性のない変更は、標準が「破綻した」場合しか検討されない。「破綻した」とは誤りを修正する技術的な正誤表を意味することもあれば、あるいは ISO 10303 の他の開発パートによって使用される既存の標準パートの、将来の適応性を向上させるための修正を意味することもある。

提案される全ての修正には既存の標準への「影響記述」が含まれていなければならないが、これは影響を受ける国際標準に関する詳細を提供するものである。また修正には、上位互換性および操作共通性の観点からみた修正の解析、およびその変更を促進する予測される利点なども含まれているものとする。既存の実装の上位互換性に影響するような STEP 統合リソースへの提案された修正は、全て既存の実装に対する移動経路を識別するものとする。この移動経路は EXPRESS-X で文書化することができる。提案された変更は、悪影響や予想外の影響をなくすため、既存の AP で試験されてから変更として ISO 10303 に組み込まれる。

10.7 STEP に影響を及ぼすアーカイバル要件

中間、公式データ標準での技術データの保管は、いくつかの企業が ISO 10303 の実装用に求める長期間の最大利点の 1 つである。この方法でデータを保存することにより、専用アプリケーションの本来のファイル形式よりも時間の安定した表現が得られる。複数世代のテクノロジーにおけるデータの統合性および有用性を保証する方法については、多くの問題が存在する。多くの企業が、その旧バージョンで保管されたデータにアクセスするため、アプリケーションシステムの旧バージョンを保持している。その同じ理由で企業は、既にその製品開発または保守プロセスの一部ではなくなったアプリケーションシステムも保管している。一般に、このようなソリューションにより、データのある形式から別の形式に変換する必要がなくなり、より完全なデータが保証されるようになる。変換が必要な場合は、ほとんどの場合はそうであるが、データが失われたり、データの精度に疑問が生じたりする可能性がある。このようなインスタンスでは、検索したデータが非常に便利なこともあれば、そうでない場合もある。

このような問題により、各企業はその製品データを保管する中間形式を模索し始めている。ISO 10303 はこのニーズを満たすものである；しかし企業が保管目的で STEP の利用を決めるまでには、さらに多くのビジネス項目データが必要である。企業にとっては、STEP の現行バージョンで保管されるデータが将来の STEP リリースと整合性を持ち、費用効率のよい代替案になるという保証が必要なのである。保管目的での STEP の利用を試験するプロジェクトが、PDES、社内で行進中である。

多くの産業において、製品データは製品のライフサイクルを通じて利用できるものでなければならない。データを取り出す必要性は、一つには規制または法的要件、製品改善、新規プログラムでの利用および保守プロセス開発などによる。製品の使用寿命は非常に長い。例えば商品としての航空機の寿命は 40 年以上であり；船舶の寿命は 50 年を超える。デジタル製品データは、それが最初に開発され、保管されてから数十年間は取り出し可能で解釈可能なものでなければならない。情報技術の急激な進歩により、ハードウェアおよびソフトウェアシステムは、わずか 2、3 年で時代遅れになるため、データを読み出すシステムは、それを作成したシステムとは大きく異なるものになる可能性がある。たとえ年月と共にデータに対する国際標準が変わっても、その保持システムではこのことを考慮しなければならない。

設計再利用は STEP によって影響を受けている最も重要な領域の 1 つである。企業では、ある製品の新規設計の 80% が単純な再設計によるものであることから、CAD エンジニアによる簡単なリコール用の ISO 10303 形式で設計データを保持したいという要望が強まっている[196]。ISO 10303 を用いてそれまでの設計を簡単に検索し、更新することのできる能力があれば、コストと時間が短縮され、フレキシビリティが増大することは間違いない。

長期間のデータ保持に対する STEP を用いた基本的仮説のいくつかを下の表に要約する：

長期データ保持に対する STEP 利用への基本的仮説	
1.	STEP は全ての企業データを標準化することはない。
2.	保管されたデータは特定のアプリケーションシステムから独立しているものとする（保管されたデータはアプリケーションソフトウェアとは離れている）。
3.	STEP ファイルサイズは限定要因にはならない。
4.	保持されたデータにはそのデータを定義するスキーマが含まれていなければならない。
5.	保管されたデータは、オープンアーキテクチャにもとづくものとする（ハードウェアまたは操作システムには依存しない、など）。
6.	完全な製品データの長期保有には他の標準が要求される。
7.	STEP における全て（方法、テクノロジー、EXPRESS）が時間と共に発展する；「枠組み」の他の階層を支援するテクノロジーも発展するため、これに対応できる必要がある。

表 10-3: 長期データ保有への STEP 利用

長期保有標準として使用するためには、その使用を支援する STEP の将来の改善が必要と考えられる。STEP リポジトリのディクショナリ要件に及ぼされるモジュール式STEPアーキテクチャの影響を調査する活動が現在進行中である。また EXPRESS-X を使って、ISO 10303 パートの展開を文書化し、データへの上位移動を提供することもできる。複数世代のリポジトリ（すなわち各バージョンのスキーマに相当するデータを含むデータリポジトリ）へのスキーマ発展の影響評価が行なわれる。最後に、STEP 実装アーキテクチャ、特に 10303-21 および各種 SDAI 拘束への長期データ保有の影響評価は、PDES 社の議題の一部として計画されている。

10.8 エンジニアリング解析

STEP は、エンジニアリング解析（EA）の分野で重要な役割を担い始めている。Boeing やロッキード・マーチンなどの米国企業は、EA APs を共通で利用できる基盤を創ることを主導し始めている。これらのプロトコルは、現在までに開発された ISO 10303 APs と、ESPRIT で開発された汎用のエンジニアリング解析モデル（GEM）の両方を使用する[197]。

ISO TC184/SC4 内でエンジニアリング解析活動の最初の作業は、エンジニアリング解析中核モデル（EACM）を定義することになる。この EACM は、さらに既存の ISO 10303 統合リソース、統合アプリケーションリソースおよび形状や設計解析に関連する AP などを統合する。この作業には、製品の構造、形状、複合および構造をもたない有限要素法解析メッシュの表現の整合性をとることが含まれる。この目標は、EACM が ISO 10303-209[198]に完全に写像すると保証することである。これはこの組み合わせによる新しい EA APs も、10303-203 と相互運用性があること、さらに 10303-209 を 10303-202 および 10303-203 と整合性をもたせるために既の実施された作業を保証するうえで役立つ。共通の情報要件は、必要に応じて 1 つまたは複数の新規 AP 内に含まれる機能性のユニットとして表示される。運動学や素材サービスおよびシステム統合情報などの補助的解析規則は、プロジェクトの進行につれて EAC に含まれる。新しい 3 つの STEP APs またはモジュールが EA スイートの部品として、計画されている：

- 素材サービス -- 弾性および非弾性素材特性、疲労および破壊特性、そして素材試料およびサブアセンブリ用の許容物などの、情報の交換および共有を支援する。
- 空気-熱/弾性 -- 飛行車両構成部品と空気との相互作用をシミュレートするときに使用される情報の交換および共有を支援する。この AP は概念的流体動力学ベースの空気力学および構造をもつものと構造をもたないメッシュを用いた熱力学解析などの解析を支援する。
- 動的機構解析 -- フレキシブルなリンクを持った機構の動的シミュレーションにおいて用いられる情報の交換および共有を支援する。

これに関連する作業として、エレクトロメカニカル・サブシステムのは、制御規則の表現、機構解析および状態解析の定義などの情報を支援する。

以下の構成要素は、この基盤の開発が始まった時に用いられる予定である：

- ISO 10303 統合リソース、パート 104（FEA）[199]および 105（運動学）[200]
- ISO 10303-202、-203 および -209
- GEM モデル[201]
- Boeing/米国海軍、David Taylor DT - Nurbs 数学的関数表現 EXPRESS モード[202]
- 米国航空宇宙局（NASA）複合幾何 Navier Stokes コンピュータ流体動力学モデル[203]

エンジニアリング解析プロジェクトの事例は、Boeing の製品シミュレーション統合（PSI）イニシアチブ、ロッキード・マーチンのモデリングおよびシミュレーションプ・ログラム、および、NASA/Lewis のタービン空力弾性解析プロジェクトなどである。

10.9 設計意図およびパラメタ

設計意図の伝達は、設計業務をもっている企業の最重要課題である。設計作業の 80% は、既存の基礎的な設計に新しい要求を追加するかたちで行われているので、元となる設計の意図についての知識は設計コストを削減するための最大の要件になる。

ISO TC184/SC4 のパラメトリック・グループは、現在その定義にパラメタ化された寸法、幾何制約および形状特徴をもつ製品モデルの表現機能を提供する、新しい ISO 10303 IRs を開発中である。近代的な CAD システムは全てこのような形状特徴をもつモデルを生成するが、これらの開発は、ISO 10303 の第 1 版リリース以後に行われたため、関連データは含まれていない。このような新たな要件を満たすために、重大な技術的問題も生じてはいるが、今のところ検討は順調に進展んでいる。ISO 10303-32[204]リソースが、“静止”製品モデルの表現に引き続き用いられると予想される。この新しいリソースは、設計者によって与えられた制約を受けやすい寸法パラメタ値を編集することによって変更できる部品のモデリングに、“動的”機能を提供することで、ISO 10303-42 を補うことになる。新しいリソースの開発は、NIST が主導している。TC184/SC4 内のパラメトリック・グループ作業の短期目標課題である。パラメトリックモデルの表現能力が利用できるようになれば、多数の STEP APs の将来バージョンで使用されることになる。

パラメトリック・グループには長期目標の活動もあるが、これは現存の STEP が対象とするものより高度な未知の分野の製品定義を目標とした活動である。その対象範囲の中には、次の 3 つの主題がある：

- 設計根拠の捕捉
- 設計進展の表現
- 知識の表現

最初の主題は、製品モデルの生成中になされた設計決定事項の理由に対応する。動的プロセスとみなされる次の主題は、最初の段階から最終的な詳細図設計にいたるまでの、徐々に詳細になっていく設計情報の蓄積を対象としている。3 番目の主題は、このプロセスにおいて設計を制約し、ガイドする知識の捕捉を目標としている。このいずれの機能も、現在主流の CAD システムでは殆ど利用できないが、将来その規定が普及する兆候はある。ISO TC184/SC4 パラメトリック・グループの長期活動は、これらの機能を開発に平行して追跡し、それが適切なものになったときに、標準形式でその情報を捕捉する手段を、時宜を得て提供することである。

パラメトリック・グループの作業が取り上げている領域に関して出版されたリサーチは殆どない。ENGEN プログラム（次世代機械設計使用可能）は、米国国防最新リサーチプロジェクトエージェンシー（DARPA）および PDES 社が主催するものであるが、最近になって、パラメタや幾何的制約および特性への限定された焦点を通じて、設計意図の主要な側面の一部を補足するというテクノロジー・デモンストレーションを提供した[205]。このプロジェクトは ISO TC184/SC4/WG12 パラメトリック・グループとの密接な協力によって進められており、ENGEN データモデル（EDM）は前述の新しい IRs の設計に影響を及ぼしている。

他の論文[206,207]では、設計根拠のより幅広い概念、設計活動を明示的に記録する情報、および設計代替案を選択する理由などを取り上げている。このような情報と、現在開発中の設計意図構造との統合により、将来の真の意味で包括的な設計データの送信および保管に対するパワフルな能力が提供される。

新しいパラメタ IRs に加え、最近では数学的表現および幾何的制約を対象とした 2 つの関連 STEP モジュールが立案されている。これらは STEP の提案された新しいモジュール式アーキテクチャの意図したデモンストレーションの一部である。

10.10 標準部品

どのような製品設計にも、それまでの設計活動において開発された概念が含まれている。さらに現在設計されている製品は、明日の新しい設計に組み込まれるであろう。このような設計再利用の概念は、既存の設計を別の設計の“一部”または“モジュール”として利用することとして考案される。

標準部品は、既に実際の使用において実証済みであるため、他の実装設計において頻繁に再利用するために選択された設計オブジェクトである(38)。ヘンリー・フォードは彼の交換可能部品という革新的概念により、“標準部品”を考案した最初の人々の一人であるといえる。これらは必ずしも留め具その他の比較的単純な機械的オブジェクトに限定されない。複雑な機械的アセンブリも、より高レベルの機械的アセンブリの標準部品と考えることができる。例えばその全体における設計が複数の自動車で用いられるような場合の、自動車のエンジンやトランスミッションなどがその例である。

エレクトロニクスでの標準部品は、抵抗器やコンデンサ、またはトランジスタなど以上のものである。パーソナルコンピュータには、たいていの場合、多数の他のプリント配線回路アセンブリにインタフェース機能を提供するマザーボードが入っている。このマザーボードは、コンピュータ開発者の観点からすれば標準部品であり -- 新しいコンピュータを作るたびに新しいマザーボードを設計する必要はない。そのようなことは、マザーボードが与えてくれるPCの拡張利用の概念にとって逆効果になってしまう。

ライブラリは標準部品に関する情報のリポジトリであると考えられている(例えば、CADシステムのライブラリは、ユーザが構成制御され、承認された概念を設計上で利用するために入手する場所である)。このライブラリアイテムは、マイクロプロセッサ回路などの機能モデルである場合もあれば、様々な機械的パッケージのいずれかに梱包されたマイクロプロセッサ機能などの物理モデルである場合もある。標準部品に関して利用できる情報には限りがないものとし -- 情報が存在する場合、情報は利用できなければならない。

部品ライブラリ標準(ISO 13584)はISO TC184/SC4で開発中である。この標準の一部は既に国際標準になっている。その目的は、部品のライブラリに設計者が均一の方法で取り出せるようにすることである。標準化された部品ライブラリは、大型システム内で組織がデータ交換をできるようにするため、製品モデルデータ交換には重要である。造船業界は特にこの標準に関心を持っており、それなしには船舶データの交換は不可能であると実感している。その目的は、この標準がISO 10303と相互運用性を持つということであるが、これまでそれを実現する際にいくつかの問題が生じている。相互運用性が得られない原因となった問題をいくつか示す：

- 2つの標準の根が異なる時期に開発された。
- スケジュール制約(ほとんどは顧客による)が既存の開発利用を習得する時間を妨げる。
- 既存の開発のいくつかが古すぎたり遅すぎたりして、別の標準のニーズに適合できないが、一方でこれらの開発はSTEPの使いやすさのために一定に保たれなければならなかった。
- 両方の標準を駆動する別の顧客がいた。

現在SC4のSTEPおよび部品ライブラリ委員会は協力して相互運用性の実現を目指している。

10.11 エレクトロニクス

過去20年以上にわたり、エレクトロニクスは常に増大する製品価値の割合を規定するものであった。組み込み式電子システムに対する市場がこの現象をさらに増大させた。実際、エレクトロニクス市場全体のパーセントとしての

³⁸ ここでは“標準部品”の使用を、ISO 10303の国際標準部品を意味する“標準部品”の使用と混同しないようにする。

その市場占有率は、消費者が望むフレキシビリティを与える埋め込みエレクトロニクスに依存する製品の数によって上昇している。これらの製品は、各種の取引（銀行取引、医療取引など）をオートメーション化するスマートカードから、“fire and forget”パラダイムを可能にする巧妙な軍用システムにいたるまで幅広い。

このような傾向の結果、大型システムでのエレクトロニクス利用に伴う反復性および非反復性コストの削減に対するニーズが増大することになる。このため、各企業は最新のエレクトロニクス設計オートメーションツールを採用する。各種の標準が登場し、このようなツールの適用が促進される。これらの標準は、各ベンダーツール間での情報交換を支援し、電子デバイスの形状、はめ合い、機能およびインタフェース（F3I）を文書化するために開発されたものである。10年以上にわたって適用され、その成否の程度はさまざまであったが、これらの標準は固定化されたユーザーという大きな基盤を作り上げた。

エレクトロニクス団体内部での、既存の標準の多くと結びついた製品におけるエレクトロニクスの絶え間ない成長が、エレクトロニクスにおける STEP の将来の適用にはずみをつける。STEP の将来の役割を理解するためには、エレクトロニクスを利用するシステムの設計と、エレクトロニクスそのものの設計とを区別することが必要である。

STEP の第一の役割は、大型システムでのエレクトロニクスの使用を支援することになる。これは、エレクトロニクスの F3I を文書にし、電気設計、機械設計および解析などの領域間でこの情報を共有できるようにする機構を提供することで達成される。エレクトロニクスの機能を定義づける VHDL を米国 IEEE（IEEE）1076-93[208]などの IEC 標準と組み合わせることにより、10303-210[209]などの STEP AP は開発中のシステムを完全に記述することができる。電気および電子 AP に関する作業グループ（ISO TC184/SC4/JWG9）は、IEEE の VHDL の性質を調査し、そのデータ表現が STEP のものとはまったく異なるため、情報が失われることはないことを確認した。JWG9 会議中、および HPS（第 2 章参照）会議中の議論では、VHDL の EXPRESS モデルに対する必要性がしばしば強調された。NIST は、モデリング動作言語における EXPRESS 機能を開発するシンシナティ大学による調査に資金を提供した。この調査による論文[210]では、EXPRESS 拡張にエンティティの一時的な属性データを含めるよう推奨されている。VHDL のモデリングにおける初期の研究には、英国およびオランダも資金を投入している。

設計エレクトロニクスに求められる情報の交換も、第 2 章で述べたように、EDIF[211]のような標準によって引き続き支援されることになる。それはこの目的でこれまで使用されていたものであり、電子設計オートメーション（EDA）ベンダ団体によりなお幅広く支援される。標準利用のこの複数性により、標準間交換機構が必要になる。この基盤を提供するために、IEC TC 93 に研究グループが組織され、関連する標準の操作共通性の確保を目指している。この研究グループが取った方法は、該当する提案された標準の EXPRESS モデル間の写像を定義する方法である。関連する標準間の関係を形式的に定義することにより、Hines および Gadiant[212]による論文の中に記述されるように、最新のデータ変換技術を適用する機能が使用可能になる。NIST は IEC TC93 に積極的に関与し、これら 2 団体間の橋渡し役をつとめた。

STEP は製品情報の領域間供給に対する機構を提供するため、STEP は製品開発プロセスに絶大な影響を及ぼす、協力的な、分散設計プロセスを使用可能にする。首尾一貫した設計を支援する STEP のユーティリティは、分散された協力的設計プロセスの利点を文書化した A.J.Gadiant の論文[213]に明記されている。このプロセスは STEP を用い、Boeing777 機[214]へのエンジン搭載の首尾一貫した設計支援において標準が果たした役割について述べている。前者は結果的に、米国製造最高実施賞[215]に特定されたプリント配線回路アセンブリに対するロッキード・マーチンの Center of Excellence になった。

長期間にわたり、STEP によって可能になった、オートメーション化された一般化した設計環境[216][217]での知識の共有、および適用の能力は、将来の電子機械製品が設計され、製造され、保守される方法に画期的な変革をもたらすことになる。

³⁰ IEC TC 93：設計オートメーション化

エレクトロニクス産業は、新しいテクノロジーを生み出す分野である。機械的アプリケーションは、その設計にエレクトロニクスの機能を取り入れ、結果的に複雑な電子機械製品が誕生している。今日の電気および機械 CAD システムは、相互運用性がなく、製品開発サイクル時間の短縮、および設計の生産性の改善にとって大きな障害になっている。製品に対する多機能設計作業は、一貫した設計または統合製品設計に負うところが多い。電子製品設計に関連する設計規則においては、企業が一貫した設計を実装しようとした場合に、設計プロセスおよび製品データ交換ができないという事実が妨げになる。STEP は各種システム間での操作交換および製品データ交換を可能にするようなツールの開発手段を提供する。

現在、優れた技能を持った設計者は、専門化された領域外、あるいは専用データセット以外ですら、データを共有したり解釈したりすることができないことで自由を奪われている。将来は、シームレスデータ共有、学際的構成要素ライブラリへのリアルタイムアクセス、および構成管理機能などを提供するための、革新的な実装独立アーキテクチャを目指すうえで重要な役割を果たすようになる。これによって、世界レベルの電子機械製品を製作する設計協力が実現する。

10.12 サプライチェーン

Gartner Group [218] による製造アプリケーションのテクノロジー評価は、1967 年から 1997 年までの時期を製造リソース計画 (MRP) の時代として特定した。1995 年から 2005 年までの時期は“サプライチェーン時代”である。この時代、各企業は仮想企業として運営される。仮想メーカーが、ビジネスプロセスおよび能力を短時間で結合させたり、分離させたりして、様々な環境において作業ができるようにするアプリケーションおよびアプリケーションアーキテクチャを評価する。第 8 章で述べた現行の AutoSTEP プロジェクトは、オートメーション化されたサプライチェーンでの相互運用性を研究している。表 10-4 [219] は、このプロジェクトに関与する部品供給業者、および、各 CAD システム間に必要な現実生活での製品データ交換を示している。

	Allied Signal	Dana	Eaton	Saginaw	TRW*	SPX*
<u>Chrysler</u> Catia	System: <i>ProE</i> To/From: Catia		System: <i>UG</i> To/From: <i>Catia</i>	System: <i>CTA</i> To/From: Catia	System: <i>CTA</i> To/From: <i>UG (SPX)</i>	System: <i>UG</i> To/From: <i>Catia (TRW)</i>
<u>Ford</u> <i>CV</i> <i>Aries</i>	System: <i>ProE</i> To/From: <i>CV</i> <i>Aries</i>					
<u>GM</u> <i>UG</i> <i>Catia</i>		System: <i>Catia</i> To/From: <i>UG</i>				

表 10-4: サプライチェーン製品データ交換

大規模な製造組織は、無駄のない速度の速い製造方法を採用することにより、組織運営を変革しようとしている。これらの手段を用いることによって製造リードタイムが大幅に短縮され、同時にニーズの変化に応じて、迅速に対処できる速さを持つようになる。このような変革には、部品供給業者が製造者の MES (製造設計システム) に密接に統合されていることが必要である。この状況は、諸経費を安くおさえることでコスト改善の一部を実現し、いくつかのメーカーに部品を提供している供給者にとって、大きな矛盾を投げかけることになる。これらの供給者にとって複数の高テクノロジーインタフェースを支援することは、コストへの影響が大きく、コスト面での利点に深刻なダメージを与えるためである。

この“サプライチェーン時代”にスムーズに突入することが、米国産業の成長および生産性の改善への大きな鍵を握っている。大規模メーカーは、アウトソーシングの増大を通じて適切な規模の工場になっており、同時に部品供給業者統合強化によってリードタイムの圧縮も行なっている。このような活動には、供給者との意思疎通の改善だけでなく、製造スケジュールおよびコスト要件へのフィードバックや部品供給業者バイインを提供する能力の適切な実装が求められる。

このような現実自動車および航空宇宙産業のほとんどの大規模メーカーにとって明白なものになっているが、それは売上高コストの20%から70%に関わっている何百もの部品供給業者と取引を行なうためである。サプライチェーン統合によって管理されなければならないこのコスト割合を、全ての製造業に対する売上高の1.5兆ドルに関して見積もった場合、予想される経済的利益は膨大なものになる。

サプライチェーン統合は、顧客および部品供給業者間のコミュニケーションによって実現されなければならない。このコミュニケーションにおける現在の空隙が、技術および事業データの組み込み相互運用性である。ほとんどの技術データは、事業データを動かすMESの外部で管理されている。技術データと事業データ間の関係を調整し、確立するための手段は、STEPを利用することによって得られる。この、より緊密な統合に影響を受けるもう1つの領域は、変更を管理する構成管理システムへの直接的な結びつきを通じてデータを提供する能力である。

国際的な標準ベースの機能を利用することで、他社と競合する部品供給業者の能力が向上する。現在の製造企業は、電子商取引およびサプライチェーン管理の変革を約束する新たなテクノロジーの出現に直面している。過去5年間で、下記を含めた製造サプライチェーンを支援するための重大な技術的能力の実装が提示されてきた：

- 電子データ相互交換(EDI)は最新の形式でビジネスデータを交換するために徐々に普及し始めている。
- 殆どの主要メーカーはPDMシステムを利用して製品データの管理を行なうようになっている。
- コンピュータ利用コストが大幅に低下したことから零細企業でもコンピュータを使い始めている。
- オブジェクトテクノロジーが発達し広く実装され始めている。
- コンフィギュラブルなインタフェースを提供する可能性としてエージェント・テクノロジーが登場した。
- インターネットがその利用および有効性において発展しコンフィギュラブルな接続で大量のデジタルデータの転送を可能にする。インターネットにはまだセキュリティ上の問題はあるがこのセキュリティ問題に対処する製品も出現し始めている。

産業界は、サプライチェーンの選択された側面を管理するMESツール、ウェブアクセス機能およびポイントソリューションにおける爆発的な成長を求めている。さらにビジネス環境は、グローバルなサプライチェーンを最も重視する方向に急速に動き始めている。産業界の対応は、その供給者ベースをダウンサイズし、専用のソリューションを採用してより密接な結びつきを実現するというものである。このことが、複数の顧客が支援されている場合など、供給者をより困難な状況に追い込むことになる。

サプライチェーン統合を実現する経済的な利点は、相当大きくかつ重要な要因である。サプライチェーンの有効性は、通常はサイクルタイムで測定される。サプライチェーン統合および経営のスピード化によりサイクルタイムを短縮する能力は、市場占有率および価格を増大に寄与するだけでなく、在庫を減らすという効果もある。

10.13 製品データ管理

PDMシステムは、現在産業界で広く実用化されており、STEP機能を備えたPDMシステムが登場し始めている。統合されたSTEP PDMスイート(共通PDMスキーマと呼ばれる)が、PDES社、ProSTEPおよびJSTEPによって始められている。このスキーマの初版には、次のような機能ユニットが含まれている：項目または部品識別、承認、形状、アセンブリ、有効性、作業管理、最終項目識別、文書参照および管理リソース(セキュリティ分類、契約および証明)など。このPDEMモジュール開発において、PDES社、ProSTEPおよびJSTEPは協力して、10303-203、-214[220]、および-232[221]などのいくつかのSTEP APの一部であるPDM要件の整合性をとることに努めた。このPDMモジュ

ール・スイートは、ARM 情報要件および EXPRESS を用いた AIM への写像で文書として完成されている。

PDM システムには、通常実装の一部として広範なカスタマイゼーションが必要である。これは、PDM システムが、既存の企業プロセスや企業内で使用される用語に適合するように実装されているためである。大企業では、PDM システムはチーム結成およびデータ交換に使用されている。社内の各種プログラムは、様々なプログラムサイト間のデータアクセスまたはデータミラリング用に PDM システムを実装している。複数企業が関与するようなより大きいプログラムでは、企業は PDM システムを利用して、そのプログラムユーザがアクセスするデータを管理しようとしている。この方法により、ユーザは最も新しい情報を入手することができる。これに関する問題点の 1 つは、1 つの PDM システムが、様々なサイトまたは企業が直接利用できる形式で、データを保存するとは限らないということである。このため、中間データ交換標準、すなわち ISO 10303 の必要性が生じる。

STEP 利用に対するコスト低減の機会、PDM システム領域では非常に広範囲におよんでいる。STEP は、産業および政府がどのように事業を運営するかということに関連するパラダイム変化の先端にある。コンピュータ技術の利用コストは低下しているため、小規模な事業でも通常の運営プロセスの一環として最新の CAx アプリケーションをインストールしている。このように基礎構造の開発に伴い、一般の産業はデジタル参照枠組み内に移行することができ、該当する市販ツール (COTS) アプリケーションと整合性のある形式で、主要契約者からのデータを要求している。これは多くの事実を示唆している：

- 文書ベースの手段でデータを管理している企業は、デジタルファイルベースのデータ管理法に移行しつつある。このためこの問題は徐々に広がっている (大規模事業だけの問題ではなく、大規模事業ではこの問題を克服する社内アプリケーションを開発することができる)。
- 産業界では、製品定義に関する文書 (すなわち図面) の管理に対して、直接的な製品定義 (すなわち製品データを含むデジタルファイル) を管理する能力への方向転換が可能になっている。
- ハードコピーの代わりにデジタルファイルを出荷する場合は、従来の出荷リストの代わりに、デジタル形式の代替品が必要になる。従来のハードコピー分野では、システムの送受信は人手に頼っていた。
- 新しい設計はより複雑で、製品定義を表現するのにより複雑な情報を必要とする。

大規模事業は、これらの問題に取り組むために COTS PDM システムを展開している。この場合の問題点は、市販 PDM システムの殆どが、必要な情報を表現するためにカスタマイゼーションに多額の投資を必要とする点である。市販 PDM ベンダは、ニーズに合わせて PDM ソフトウェアをカスタマイズする能力のある大規模事業ではこれを問題とはみなしていないと考えている。しかし、中小規模の事業では事情が別である。PDM ベンダは、従来のデータ管理法と新規データ管理法のニーズを満たす包括的データモデルを求めている。ISO 10303-203 および-232 はいくつかの PDM ベンダによって評価されており、大掛かりなカスタマイゼーションを必要としない優れた既製品を作るための戦略的手段とみなしている。PDM ベンダにとってのもう 1 つの利点は、彼らがその製品の PDM 実装間で利用できる包括的データモデルを保有していれば、実装間のデータ交換が非常に簡単になるという事実である。

10.14 高速プロトタイピング

高速プロトタイピング (RP) という語は人によって様々な解釈ができるため、合意または標準化された定義は存在しない。RP を特徴づける現行の定義は：

- 方法は絶対に高速というわけではなく必ずしもプロトタイピングでない。
- 総称的にプロセステクノロジーセットと呼ばれる。
- 物理モデルおよびプロトタイプ部品は 3D CAD (CAD) データから直接建造される。
- 部品は補助プロセスを用いて液体・粉末または金属板をつなぎ合わせて階層ごとに構築される。
- 階層は CAD データにもとづく最終部品の水平断面に相当する。
- 素材はプラスチック・紙・セラミックまたは金属で構成される。

RP プロセスを実行するいくつかのシステムが存在する。これらのシステムは様々な多数のプロセステクノロジーにもとづいており、素材や性能、部品サイズなどの側面に対して異なる特徴を持っている。RP に対する代表的な用途には次のようなものがある：

- 設計審査およびマーケティング用のデータ交換用品
- 設計検証および評価「形式、はめ合い、および機能」
- 機能試験およびフロー解析
- 工具開発--鋳型工具または鋳造プロセスのマスタパターン
- 包装開発
- 医療モデル--骨、腫瘍、カスタムインプラントまたは人工装具
- 実際の部品の限定生産

現行の RP 産業市場は2つの範疇のシステムに移行している：すなわち精度または素材などの事柄を中心とする「従来の RP」とスピードおよび低コストなどの側面を重視する概念モデリングシステムである。いくつかの正式な標準研究が始まっている。ASTM 小委員会 EC28.16 は RP、特に RP 部品の引張り強さに対する機械的試験標準に取り組んでいる。NIST も2つのワークショップを主催し、産業ニーズおよび RP 標準に関する議論を始めている：STEP ベースの立体交換形式（1996 年 11 月）および RP における測定および標準問題（1997 年 10 月）。1997 年 10 月の NIST RP ワークショップの結果は、CAD/RP データインタフェース標準、立体交換形式（SIF）が必要だということを示した。このような将来の形式は、既存の標準の欠点を克服し、将来の最新高速製造機能へのデータ転送を可能にするものである。多くの人々が、ISO 10303 が SIF ニーズを満足させる既存のソリューションを与えるものと確信している。これらの信念をより厳密に調べるために、STEP RP 関連グループが 1998 年 6 月に、SC4 において結成された。NIST はこの協力者と共に積極的な活動を進め、既存の ISO 10303 国際標準の SIF への適用性の可能性を評価しようとしている。

10.15 STEP 製品支援

10.15.1 ソフトウェアツール

1990 年代初め、STEP ソフトウェア開発作業は、既存のアプリケーションおよびデータベースに STEP を追加するソフトウェアツールに集中していた。増大する STEP ソフトウェアベンダーが STEP 整合性クラスライブラリを生成し、STEP モデルを視覚化して検証し、STEP データをデータベースから出し入れするようなツールを提供している。このような段階を経て、CAD/CAM 製品に対して信頼できる ISO 10303 トランスレータのセットが誕生した。

STEP ソフトウェア開発の次の段階（1990 年代後半）は、データベースおよびウェアハウスにおける STEP データ統合ツールである。アプリケーションプログラマが STEP データをより簡単に見つけて変更できるように、SDAI の上に拡張可能なクラスライブラリが構築される。多くのライブラリは、SDAI の IDL[222]および Java[223]拘束を用いてインターネットでアクセスできるようになる。この段階を終了する頃には、エンドユーザは STEP インタフェースによりデータベース間で情報のやり取りができるようになっている。例えば契約者は、部品供給業者のデータベースにある部品に対する PDM 情報を見つけ、自らのデータベースにその情報を挿入して解析することができる。

STEP ソフトウェア開発の第三段階までは、数年間の開きがある。現在の開発者たちは、非常に大きな製品のデータに多数のアプリケーションが同時にアクセスし、そのデータを同時に操作するようにできる本来の STEP データベースに焦点を当てるようになることと示唆している。これを可能にするには、STEP アプリケーションがより簡単に、効率よく、しかも確実にデータを共有できるようにする新しいプロトコルが開発されなければならない。これらのプロトコルは、選ばれた AP の観点からアプリケーションにデータを共有させる SDAI の上の階層にある、高レベル SDAI という形式を取る可能性がある。

STEP トランスレータの品質は、ここ 2 年間で劇的に向上した。しかし作成されたモデルの品質が十分でなく、変換があまりうまく行かない（すなわち不良データイン -- 不良データアウト）場合もある。一部のツール開発者は、設計者が最初からモデル統合性およびシステム相互運用性をモデル内に組み込むことができるような批准ツールに関して研究中である。これらのツールは既に市場に出回っており、設計団体に大きな利点をもたらしている。

10.15.2 STEP 変換センタ

大企業の中には、異種類システム間で製品データを効率よく交換するための手段として、STEP 変換センタを確立しているところもある。例えばゼネラルモーターズは、1996 年 5 月に、ミシガン州のトロイに STEP 変換センタ (STC) を開設した。このセンタでは各種 CAD システム間の製品設計転送に STEP を使用している。STEP は、新製品開発プロセスの合理化を阻んでいた効率の悪いデータ交換方法に取って代わった。このセンタは、GM 各部門、顧客および供給者との間での新製品の設計交換に用いられている。この STC により、新製品の設計における協力体制強化が実現し、各企業が縮小時間および削減コストでの生産に移行することが可能になる。STC を使って供給者との間で部品設計交換を行なった最初の GM 部門は、Delphi Automotive システム、GM パワートレイン、および Delco エレクトロニクスコーポレーションであった。

STEP 変換の信頼性が高まるにつれ、このようなセンタに対する需要は消滅し、プロセスははるかに透明になる。しかし中小規模の企業 (SME) では、その後も数年間このようなセンタの有用性を感じるであろう。

10.16 他のグループおよび標準とのインタフェース

10.16.1 Sibling ISO TC184 小委員会

ISO TC184 小委員会は、産業データに関する標準を作成する。小委員会 5、アーキテクチャ、データ交換および統合枠組みには、モデリングおよびアーキテクチャを扱う研究グループ、WG1 がある。WG1 は企業モデルに関する標準、ISO 14258[224]、および企業参照アーキテクチャに関する標準 ISO 15704[225]を作成した。これらは企業レベルの概念に焦点をあてた高レベル標準である。ISO 10303 は通常、製品情報が設計および製造アプリケーション間で交換される下のプロセスレベルにまで適用される。企業そのものが製品であり、何らかの組織のプロジェクトである場合、レベル間の差が収束する。企業が製品またはプロジェクトである例としては、企業を設計し、構築し、運営し、あるいは解体する建築、設計および建設会社などがある。

企業 (製品) はそのライフサイクル全体 -- ISO 15704 の有効範囲において表現されなければならない。こうして企業モデルは製品モデルになる。この場合、STEP AP プロジェクトにとって、例えば EXPRESS を用いて企業モデルを表現するような製品表現に対する共有ツールを考察する機会が多い。ISO 15704 の企業参照アーキテクチャ構成要素の一部も有用であることが実証される (すなわち、再利用可能な企業参照モデル、企業設計ツールおよび該当する企業設計方法)。

SC4 および SC5/WG1 は、互いのテクノロジーおよび標準を利用できる領域を調査してきた。最も直接的なアプリケーションは建築、設計および建設 AP 組 : 10303-221、-225、-227 および -230 である。船舶および建築物も同様で、造船 AP も適用される : 10303-215 から -218 および -226。SC4 と SC5 間の調整を必要とするその他の領域には ISO 13584 (部品ライブラリ) および ISO 15531 (MANDATE) がある。WG1 はより低い企業レベルで機能する新しい標準を計画しており、SC4 および SC5/WG1 はその作業の副産物がさらなる調整のチャンスを示唆するものと予想している。

10.16.2 共通オブジェクト要求ブローカーアーキテクチャ

COBRA は多くのソフトウェアベンダを含む 600 名以上のメンバからなる組合である、オブジェクト管理グループ (OMG) [226]によって開発された共通オブジェクト要求ブローカ・アーキテクチャである。CORBA は多様なオブジェクト志向のアプリケーションが、特定のプラットフォームやオブジェクト実装技術と関係なく、「対話」モードでデータを交換できるように統合テクノロジーを定義している。

どの CORBA トランザクションも、情報を求める顧客の要求から始まり、サーバ応答で終了する。その後のトランザクションでは、顧客とサーバアプリケーションの役割が反転する場合もある。各情報要求は、要求された情報を提供

する適切なサーバを識別するオブジェクト要求ブローカー (ORB) を通じて伝送される。ORB は、いずれも該当する場合顧客およびサーバロールにおいて、統合システムへのインタフェースの詳細と共に、サーバおよびそのサービスのディレクトリを保管している。

CORBA では、オブジェクトは「顧客が要求することのできる 1 つまたは複数のサービスを提供する、識別可能なカプセル化された実体」である。このため、統合システムにあるアプリケーションプログラムはオブジェクトとみなされる。IDL 言語により、このようなオブジェクトへのインタフェースを、オブジェクトの実装の実装に関係なく、CORBA 目的で定義づけることができる。STEP および CORBA 間の相互運用性の 1 形式を提示する作業は、IDL 拘束 [227] を通じて既に進行中であるが、これは第 6 章で述べたように ISO 10303-22 用として開発されている。これによってデータベースにある STEP モデルを CORBA 実装のサーバとして扱うことができるようになる。

CORBA が扱う「オブジェクト」の種類は、モデル内の個々のエンティティレベルではなく、STEP の観点からのモデルまたはファイル全体のレベルで存在している。したがって、STEP および CORBA 間の主要な関係は、PDM の領域に入る。製品構成管理データ処理に対する STEP と PDM 方法の非整合性の解決は、STEP アーキテクチャの将来の開発に何らかの影響を及ぼす可能性がある。SC4 および OMG 標準開発者は、PDM データが処理される方法に整合性をもたせることを目標とした研究に積極的に取り組んでいる。

10.16.3 インターネットおよびイントラネット

インターネットおよびイントラネットが、平均的なエンジニアだけでなく、平均的な米国人の日常生活において果たす役割は徐々に重要性を増しつつある。インターネットは、グローバルベースでのデータおよび情報の取り出しに広く用いられている。多くの会社は、製品の宣伝および製品のカタログ情報を提供する目的で、インターネットを利用している。この媒体は特別注文の設計を事業とすると同じように、標準部品供給業者に対しても殆どコストをかけずに、または、ごく僅かなコストで製品を宣伝しより大きな市場で販売するチャンスを提供している。

企業および組織内でのイントラネットの利用は、ハイパーテキストマークアップ言語 (HTML) ブラウザと整合性のある形式のデータにすぐ取り出せるため広がりがつつある。これは企業に、保証された安全な形式で、標準部品データとしてのそのような情報、データまたは図面審査者、リリース情報および現状などへの取り出す方法を提供する。

STEP とインターネットが結びつくことによって、STEP の将来に画期的な進展が見込めるようになった。STEP は、ネットワーク化された実装環境で成長を続ける。しかし残念なことに、初期の STEP 実装はインターネットが発展する前に実施されたものである。10303-21 テキストファイル交換は、特殊な目的の構文解析系に依存していることから、インターネットにまだなじんでいない。SDAI は STEP ベースアプリケーション用の単一ユーザ・データアクセスインタフェースであり；ネットワーク化されたアプリケーションを支援するように設計されていない。OMG の CORBA は STEP をインターネットに持ち込むためのツールの一部を提供する。例えば、CORBA は ORB 使用可能インターネットでの STEP モデルに対する場所透過性を保証する。CORBA を使用することにより、正確な位置がわからなくても STEP モデルを見つけることが出来るようになる；ただし CORBA 分散オブジェクト・パラダイムは、1 つの場所から別の場所へと移動するようなデータオブジェクトに対する STEP 要件を支援するようには設計されていない。このため、CORBA は STEP をインターネットに持ち込むのを助けはするが、それ自体で充分なものではない。

インターネット上における STEP の未来は、STEP と Java の効果的な統合を定義できる能力にかかっている。ISO TC184/SC4 におけるプロジェクトがこの問題の解決に取り組んでいる。プロジェクトの最終目標は、EXPRESS ベース [228] データオブジェクトを、HTML オブジェクトと同じようにインターネット上で取り出し易くすることである。Java の pass-by-value 規定は、これを可能にする規約である。Java-STEP インターネットは、実証済みのテクノロジー、すなわち、ハイパーテキスト転送プロトコル、HTML、Java および Java オブジェクト直列化によって構成されている。STEP および EXPRESS ベース・データオブジェクトに対する持続的識別子としての URL によりインターネットは、製品データを共有する世界的な保管庫になる。さらにインターネットは、STEP EXPRESS クラスのライブラリに対するデータ交換所の役割も果たす。Java の「一度書いてどこでも使う」機能を活用すれば、これらのクラスをインターネットからダウンロードして、どこでも実行することができる。Java は STEP の普及への鍵である。現在、40 万人以上の活動中の Java プログラマたちが、驚くべきスピードで新しいインターネットアプリケーションを生産している。この Java プログラミング環境は、さらに大きなプログラミング生産性を生み出すことを保証している。

PDES 社は NIST と協力し、米国空軍 PAS-C プログラムデモンストレーションを通じて、HTML を介したデータアクセスが、相当数の安価な製品 (Netscape など) により実行可能かつ使用可能であることを実証した。トップダウン分類 (すなわち部品、文書またはその混合) およびトップダウン分類用のファイル情報に対する、10303-232 内のデータ構造は、実行されるその機能に対して定義される。また 10303-232 は、その部品系列および部品分類情報に対するカタログ情報を提供するデータ構造も与えている。そこに配置された 10303-232 データファイルはある能力を提供し、インスタンス化されたデータが HTML 形式に変換される場合は、ユーザに対して高価な CAx アプリケーションを使わない安価なデータアクセスを提供する。HTML はデータモデルにデータ構造は提供しないが、異なる“既存”データを関連づける機能は提供する。

拡張可能マークアップ言語 (XML) は、STEP スキーマインスタンスの符号化としての既存の ISO 10303-21 への代替案として、製品データ交換を可能にする。XML は、形状を主体としたものでない製品データ (変更命令など) と、特別に大きくない製品データのファイルの交換に最適で、WEB ベースの分散 PDM の実用化を可能にする。

XML はワールドワイドウェブ協会 (W3C) の援助によって開発されている標準である。これはインターネットでの構造化データ交換形式であり、殆どのインターネットブラウザベンダは、XML の組み込みを計画している。産業界および STEP にとって、なぜ XML が重要なのか? XML は、

- 異種システム間のデータ交換を支援する。
- 製造アプリケーションおよび共通ビジネスソフトウェアツール間のデータを共有する。
- 電子商取引を促進する。
- 導入初期コストを削減する。
- 各種トランザクションプロセッシングシステム間の操作共通性を可能にする。
- インターネットとデスクトップとのシームレス統合を可能にする。
- EDI や STEP などのウェブの誕生前に開発された標準で表現されたデータに対してインターネットへの出入り口を提供する。

なぜ HTML に代わって XML なのか? まず XML は拡張可能である (内容プロバイダがそれ自体のタグセットを開発することができる); HTML はそうではない。XML 文書は文書型定義に関して有効であるか、正しい形式でなければならない; HTML 文書にはタグエラーがあってもよい。XML は構造を表現するように設計されている; HTML は主に表示用として設計されている。XML 文書は (構文解析系によって処理された後) アプリケーションによって解釈されるようにできている; HTML 文書は人間が読み出すようにできている。

10.16.4 電子データ交換 (EDI)

EDI は、米国の ANSI 認定標準委員会 (ASC) X12 標準 [229] または国際連合の管理、商取引、および輸送に対する電子データ交換国際連合 (EDIFACT/UN) 標準によって定義されるように、取引関係者間でのビジネスデータの交換である。製品データをビジネスデータと関連づける必要性が生じるケースが多いため、STEP が EDI と操作共通性を持つのは明らかに望ましいことである。

NIST および米国 CALS オフィス向けに実行された最近のプロジェクトでは、EDI および STEP の要件をともに機能させる研究が行われた。2 種類のデータを組み合わせることは、「技術データパッケージ」の構成要素とみなすことができる。最初に、DoD 技術データパッケージの調査が行われ、情報およびその相互運用性の要求される項目の有効範囲が確立された。相互運用性の実現に向けた短期、中期および長期戦略が定義された。短期ソリューションは主に EDI の機能に依存していたが、中期ソリューションでの活動は、10303-232 開発において、ISO TC184/SC4 内で既に進行中である。

STEP および EDIFACT は、電子商取引の分野における各アプリケーションに対応する相互補完的標準である。両標準間の調整を行うことは、必ずしも標準に何らかの変更を必要としないことは、注目すべき重要な事項である。長い目で見れば、単一ディクショナリの使用を通じた概念の調和が取れた定義となることが予想される。SC4 は ISO および IEC 中央事務局と、その他いくつかの ISO および IEC 技術委員会間の共通理解覚書きにより、研究作業に積極的に関与している。

10.16.5 オブジェクトリンキングおよび埋め込み (OLE)

オブジェクトリンキングおよび埋め込み (OLE) は Microsoft と DEC が共同開発した構成要素オブジェクトモデル (COM) にもとづいている。実際には、OLE はオブジェクトとみなされる構造複合文書 (一般的な意味) に対する機構を提供し、COM は分散オブジェクト間のデータ交換用の関連する手段である。現在 OLE/COM は Microsoft Windows および Windows NT でしか利用できない。しかし少なくとも PC ベースアプリケーションに対する事実上の標準になるという期待が込められている。既に述べた CORBA は、COM と同じ目的に役立つようにソフトウェア業界の他の開発者によって開発されており、関連する複合文書形式には様々なオプションがある。

製品ライフサイクルアプリケーションソフトウェア CAD ベンダは、PC プラットフォーム利用への移行を開始しつつある。ベンダがこぞってこのような移行を続けると、ISO 10303 実装にとって、OLE および COM との相互運用性を持つということは非常に重要性を帯びてくる。この相互運用性は、CORBA との相互運用性が現在の重要な要件であるというのと同じ理由によるものである。重要な点として、OLE への拡張が、DM への OLE として現在開発されている、そこでは設計およびモデリングが重視されている[230]。現在、これは空間配置図式オブジェクトの処理だけに限定されているようにみえるが、さらに拡張を進めることにより、DM 用の OKE を STEP の有効範囲にさらに近づけ、相互運用性を増大させることができる。しかし現在のところ、この目標に向けて進展中の作業はない。

10.16.6 Java

Java[231]は、Sun Microsystems が開発したプラットフォーム独立型、オブジェクト志向のプログラミング言語である。これはプログラムを一度書き込むと、インターネット上のどこでも実行できるようにする。Java との STEP の相互運用性には、例えばインターネットで STEP モデルを視覚化する Java プログラムの使用なども含まれる。本来、Java 言語仕様は、一般に入手可能な仕様プロセスを用いた国際標準として、ISO/IEC JTC1 に提出された。そこで Sun は JTC1 よりも、まず欧州コンピュータメカ協会を通じて、テクノロジーの標準化を追求しようとした。第 6 章で強調したように、STEP SDAI への Java 拘束に関しては、ISO TC184/SC4 内で既に研究が始まっている。

10.16.7 MANDATE

製造管理データ (MANDATE) 標準 (ISO 15531) は、製品関連データ以外の標準化された製造情報の表現を扱うようにできている。このなかには製造リソースや素材フローおよび管理製造などの主題が含まれている。MANDATE での作業は SC4 の比較的初期の段階である。関連するアプリケーション領域のいずれかで詳細な MANDATE モデルが作成される場合、それらは ISO 10303 リソースを利用し、ISO 10303AP との操作共通性を求めて設計されるものと予想される。

10.16.8 SGML

SGML は、コンピュータベース文書化用の ISO/IEC 標準、標準一般化マークアップ言語[232]である。これは、製品記述の情報の多くがテキスト文書で構成されているため、この標準と STEP との間に密接な関係が確立されるべきであるということを、既に示唆している。目標は、EXPRESS ベースの製品情報および SGML 文書間、およびその逆の該当する参照により、STEP ファイルに SGML 文書を埋め込むことができる構造を作成できるようにすることである。これによって、「製品表現」という STEP 概念の主要かつ望ましい拡張につながる。

他にも STEP との SGML の操作共通性には、現在はコンピュータ解釈可能データ型ではない EXPRESS の文字列がインテリジェンスを獲得するという影響がある。このため、原則として、10303-21 ファイルで送信された SGML 文字列は、ファイルの後処理後、さらに高レベルの解釈をされる。他の ISO 標準によって定義された文字列も有効な SGML 文字列であり、このようなコンピュータ解釈可能文字列に、Ada[233]、C または FORTRAN などといったプログラミング言語の (例えば) コードセグメントが含まれるということは重大な点である。10303-21 ファイルへの EXPRESS 文字列の埋め込みも有効になるが、この機能に対するアプリケーションは既に識別されている。

VRML[234]は STEP に対する「代替案」として捉えられることがある。しかし実際には、この両者には共通点は、殆どない。VRML は主として、ワールドワイドウェブ上で対話型 3D シミュレーションを作成するために開発されたものである。これは純粋に図式機能を提供するもので、非形状関連の設計データを表現する規定はない。この言語はいくつかの、視覚化に対する構造的立体幾何型基本立体形状を提供するが、より複雑な形状は多面体近似によって表現しなければならない。

VRML は一般領域にある。VRML 協会と協力して ISO/IEC JTC1 標準として開発されており、シリコングラフィックス社によって開発されたオープンインベント・モデリング形式にもとづいている。STEP 形状モデルを VRML モデルに変換し、ワールドワイドウェブで視覚化する手段を与えるという長所はあるが；これは、役に立つ相互運用性の唯一の形式である。

10.17 結 論

ISO 10303 テクノロジは、世界中の企業に大幅なコスト削減、より高い品質および市場への時間短縮をもたらしつつある。グローバルエコノミにおいて重要なビルディングブロックになりつつある。STEP は、企業パートナーや、遠く離れた部品供給業者および多様なコンピュータ環境において製造作業を一つにまとめるために使用されている。今や STEP は、製品データ交換用の国際標準というだけに止まらないことが明らかになりつつある。企業統合、グローバルな大競争、データ保管、設計再利用および製造とビジネス業務の統合化問題の解決に関係している。しかし、改善の余地はなお大いに残されている。21 世紀、STEP の利用形態は拡大を続け、未来への限りないチャンスを提供する！

第 11 章

おわりに

STEP はこれまで、またこれからも、NIST にとって重要な標準であり、テクノロジー研究の対象である。これは、NIST スタッフが産業および標準開発組織とどのように協力し、産業ニーズを、これらのニーズを満たす標準へと変換させていくかを例示している。

STEP 標準化イニシアチブは、試験という独自の作業であった。これは単純に、既存の市販アプリケーションを入手して、標準として 1 つまたはいくつかを修正したものを選ぶという作業ではなかった。まず製品データテクノロジーにおける最新技術をさらに改良し、新しいテクノロジーで生まれたベンダ機能に合った標準を確立することであった。STEP 作業が成功しているのは、それがベンダではなく、ユーザ団体によって駆動されたものであったためである。また下記のような理由で、ISO 内でも特に革新的であった：

- | 世界中の多くのリサーチプロジェクトとの密接な協力体制を確立した。
- | 該当する諸国の産業と足並みを揃えた国内 STEP センタ網により強力な支援を得た。
- | よりよい標準を確立するために、並行して行われる実装活動からのフィードバックを組み込んだ。
- | 標準の確立およびチェックを行なうソフトウェアツールを開発した。
- | 標準の実装を確立しチェックするソフトウェアツールを開発した。

STEP イニシアチブ関係者が、本文を通じて明記された多くの先駆者的成果をもたらしたと信じることが重要である。

AP プロジェクトの多くが、その要件を満たす標準を確立する協会のパラダイムを採用した。AP 標準開発が成熟するまでに、この協会は試験プロジェクトを実装し、提案された仕様の有効性および正確さを判断した。

NIST は STEP 活動のあらゆる側面に携わっていた。我々は国内および世界の標準開発組織において主導的役割を果たしてきた。これまでに STEP 技術の基盤になるものを開発する作業において、作業パートナーとの協力によりリサーチを行ってきた。また主要な航空宇宙、自動車およびプロセスプラント米国企業の大半がそのリソースを STEP につぎ込んでいた、PDES 社および PlantSTEP 協会の活発なメンバであった。我々は ISO 10303 AP の概念および適合性試験方法開発において、米国の焦点であった。

1998 年、NIST は ISO TC184/SC4 事務局に対する ANSI 代表の役割を譲渡する手続きを開始した。SC4 事務局から ANSI に宛てた下記の書簡は、我々の見解と役割の変換を発表したものである：

December 4, 1998

Mr. Kevin Sullivan

American National Standards Institute

11 West 42nd Street, 13th Floor, New York, New York 10036

サリバン様

本書簡は、製造システム統合標準、支援ツールおよび方法に対して技術的な貢献を行なうために我々の資源を最大限に活用しようとする現在進行中の作業において、国内標準および NIST (NIST) が ISO TC184/SC4 事務局の役職を別の組織に譲渡する意向であることを通知するものです。この譲渡手続きは、1999 年の 10 月 1 日までに終えたいと考えております。

NIST はこれまで 15 年間にわたり、ANSI の代理として事務局の任についてまいりましたが、SC4 事務局としての我々の業務を通じて培ってきた成果に誇りを感じております。思い起こせば 1980 年代初期の最初の会議においてわずか 4 名の若造集団からスタートし、今では多国籍、何百万ドルレベルのイニシアチブにまで成長しました。この主導的立場から、これまでに 2 つの国際標準の初回リリースおよびいくつかのパートを推進してきました。すなわち ISO 10303 (今では広く "STEP" として知られております) とパーツライブラリ用の標準、ISO 13584 の 2 つです。いずれの標準もその後成長を続け、SC4 団体内では現在さらに 2 つの標準イニシアチブが進行中です。250 人以上の人々が 4 ヶ月ごとに会合し、SC4 標準の開発作業を継続しています。STEP は最も有名な SC4 標準として、上位 10 社の CAD/CAM ベンダからの実装を開始し、米国の、ここでは自動車および航空宇宙産業両者からの生産利用を開始しました。

このような重要な標準の支援において国際的な勢いを生み出し、それを維持するという目標が達成され、この原動力が今では自動的に継続されていると我々は評価しています。NIST は今後とも SC4 の進行中の技術研究になお積極的に従事し、このような標準系列に対する適合性証明プログラム確立の基盤になる試験方法およびテクノロジーの開発に必要な重要産業に取り組んでいく所存であります。

...NIST は SC4 標準作成団体の基盤を支えるソフトウェアツールおよびサービスを開発してきました。これからは次の米国事務局に、上記サービスをどの程度、またいつまで提供しつづけるかを交渉する段階に入ります。

ANSI に代わって SC4 事務局を務めていた間に実行してきた義務および責任に関し、NIST が特別な情報を提供してお役に立てることがあれば遠慮なくお申し出ください。

敬具

Lisa M. Phillips

ISO TC184/SC4 Secretary

National Institute of Standards & Technology

Building 220 Room A127, Gaithersburg, MD 20899

NISTにとって刺激的な日々であった！ STEP および製品データ交換は、米国空軍 Mantech プログラムが最初に NIST に対し、図面交換機能 (IGES) の開発を指示した 1970 年代後半から長い年月を経てきた。海軍 Mantech/NIST 後援 AMRF による製品データ交換 & 共有での試験、CALS 後援のもとでの IGES 試験開発、国立 PDES 試験台の CALS オフィス支援、および製造アプリケーションのシステム統合 (SIMA) プログラムの商務省支援 (今日まで続いている) などが、NIST を活動の最前線に立たせてきた。STEP での活動は、NIST での多数の運営ユニット (OU) -- 標準参照データプログラム；および建築と防火リサーチ、電子および電気設計、製造設計および素材科学とテクノロジー研究所において行われる。これらの OU は製品データ標準に全て積極的に関わってきており、その方向性が固まるのを助けてきた。STEP での経験は、我々を今“情報技術母体工学：information technology metrology”の概念と“情報駆動製造科学：science of information-managed manufacturing”の発見を含む新たな方向へと導き始めている。

NIST において、STEP という野望を胸に抱いて活動できたことは、我々にとって幸福なことであった。我々は、これからも偉大な体験--Grand Experience の続編として、STEP の将来の章を書くことに参画したいと願っている。

付録 A

アクロニウム (省略用語)

The following is an alphabetical list of acronyms used in this publication.

AAM	Application Activity Model
ADM	Associative Data Modeling
AEC	Architectural, Engineering, and Construction
AECMA	European Association of Aerospace Industries
AIAG	Automotive Industry Action Group
AIC	Application Interpreted Construct
AIM	Application Interpreted Model
AIS	Application Interface Specification
AM	Application Modules
ANSI	American National Standards Institute
ARM	Application Reference Model
AP	Application Protocol
APDE	Application Protocol Development Environment
API	Application Programming Interface
APIB	Application Protocol Information Base
ASC	Accredited Standards Committee
ATLAS	Abbreviated Test Language for All Systems
ATS	Abstract Test Suite
AUSDEC	Australian STEP Data Exchange Center
BSI	British Standards Institute
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CALS	Continuous Acquisition and Life Cycle Support
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CATIA	Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application
CC	Conformance Class
CD	Committee Draft
CDIM	Context Drive(?n?) Integrated Models
CE	Concurrent Engineering
CEO	Chief Executive Officer
CFD	Computational Fluid Dynamics
C&G	Complainers and Grippers Committee
CGNS	Complex Geometry Navier Stokes
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CIIN	Computer Integrated Information Network
CITIS	Contractor Integrated Technical Information Service
CM	Configuration Management
CODASYL	Conference On Data System Languages
COOM	Component Object Model
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
COTS	Commercial Off—The-Shelf
CSG	Constructive Solid Geometry
CSTAR	C-17 STEP Transfer & Retrieval
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency

DBMS	Data Base Management System
DDE	Digital Definition Exchange
DIS	Draft International Standard
DoD	Department of Defense
DPA	Digital Pre-Assembly Process
DSL	Data Specification Language
DTD	Document Type Definition
DXF	Drawing Exchange Format
EA	Engineering Analysis
EAC	Electrical Ad-Hoc Committee
EACM	Engineering Analysis Core Model
EAS	Electrical Applications Subcommittee
EAP	Electronics Automation Program
EDA	Electronic Design Automation
EDI	Electronic Data Interchange
EDIF	Electronic Data Interchange Format
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce, and Transport
EDS	Electronic Data Systems
EIA	Electronic Industries Association
ENGEN	Enabling Next Generation Mechanical Design
EPISTLE	European Process Industries STEP Technical Liaison Executive
ER	Entity Relationship
ERIM	Environmental Research Institute of Michigan
ESPRIT	European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology
FDIS	Final Draft International Standard
FEA	Finite Element Analysis
FIPS	Federal Information Processing Standard
GE	General Electric
GEM	Generic Engineering-analysis Model
GKS	Graphic Kernel System
GM	General Motors
GOSET	Operational Group for the Standard for Exchange and Transfer
GPDM	Generic Product Data Model
HPS	Harmonization of Product Data Standards
GTML	Hypertext Markup Language
IAI	Industry Alliance for Interoperability
IAPP	Industrial Automation Planning Panel
ICAM	Integrated Computer Aided Manufacturing
IDEF	ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) Definition
IDEF0	ICAM Definition 0, a function model
IDEF1	ICAM Definition 1, an informational model
IDEFIX	Integration DEFinition IX
IDL	Interface DEFinition Language
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
IPC	Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits
IPD	Integrated Product Design
IPIM	Integrated Product Information Model
IPO	IGES/PDES Organization
IR	Integrated Resource
IS	International standard
ISAP	International STEP Automotive Project

ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
ITG	Integration Task Group
JAMA	Japanese Automotive Manufacturers Association
JSTEP	Japan STEP Promotion Center
KfK	German Nuclear Research Center (Kommission für Konjunkturfragen)
LEP	Layered Electrical Product
LDDT	Logical Database Design Technique
LMTAS	Lockheed Martin Tactical Aircraft Systems
MANDATE	Manufacturing Management Data
MES	Manufacturing Engineering Systems
MOU	Memorandum of Understanding
MRP	Manufacturing Resource Planning
MTs	Mapping Tables
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NBS	National Bureau of Standards
NEDO	National Economic and Development Office (UK)
NIAM	Nijssen Information Analysis Methodology
NIDDESC	Navy/Industry Digital Data Exchange Standards Committee
NIIP	National Industrial Information Infrastructure Protocols
NIPDE	National Initiative for Product Data Exchange
NIST	National Institute of Standards and Technology
OEM	Original Equipment Manufacturer
OLY	Object Linking and Embedding
OMG	Object Management Group
OODB	Object Oriented Data Base
ORM	Object Role Modeling
OSI	Open Standards Interconnection
PAS	Publicly Available Specification
PAS-C	PDES Application Protocol Suite for Composites
PC	Personal Computer
PCA	Printed Circuit Assembly
PCB	Printed Circuit Board
PDD	Product Definition Data
PDDI	Product Definition Data Interface
PDES	Product Data Exchange using STEP
PDM	Product Data Management
PHIGS	Programmers Hierarchical Interactive Graphic System
POSC	Petrotechnical Open Software Corporation
PPC	Policy and Planning Committee (of SC4)
PSI	Product Simulation Integration
RAMP	Rapid Acquisition of Manufactured Parts
SADT	Structured Analysis & Design Technique
SASIG	STEP Automotive Special Interest Group
SC4	Subcommittee 4 (of ISO TC184)
SCL	STEP Class Library
SDAI	Standard Data Access Interface
SDM	Semantic Database Model
SDO	Standards Development Organization
SDRC	Structural Dynamics Research Corporation
SEEDS	SC4 Enhancement and Discrepancy System
SET	Standard D'Echange Et De Transfert
SIG	Special Interest Group

SGML	Standard Generalized Markup Language
SME	Society of Manufacturing Engineers
SMEs	Small- and Medium-sized Enterprises
SOLIS	SC4 On-Line Information Service
SPARC	Standards Planning and Requirements committee
SQL	Structured (or Standard) Query Language
STC	STEP Translation Center
STEP	Standard for the Exchange of Product model data
TAG	Technical Advisory Group
TC184	Technical Committee 184
TISSS	Tester Independent Support Software System
TDP	Technical Data Package
UoF	Unit of Functionality
US Pro	U.S. Product Data Association
US TAG	U.S. Technical Advisory Group
VDA-FS	Verbandes der deutschen Automobilindustrie
CHDL	CHSIC Hardware Description Language
VHSIC	Very High Speed Integrated Circuit
VRML	Virtual Reality Modeling Language
WG	Working Group

付録 B

用語集

Abstract Test Suite (ATS) – (adapted from [235]) a part of this International Standard that contains the set of abstract test cases necessary for conformance testing of an implementation of an application protocol.

acceptance testing – the process of determining whether a product satisfies predefined acceptance criteria. Acceptance testing is a combination of other types of tests to demonstrate the product meets user requirements.

Application Activity Model (AAM) – a model that describes an application in terms of its processes and information flows [236].

application interpretation – the bringing together of unlike elements, the information requirements of an application context and an information model.

Application Interpreted Construct (AIC) – a logical grouping of interpreted constructs that supports a specific function for the usage of product data across multiple application contexts [237].

Application Interpreted Model (AIM) – an information model that uses the integrated resources necessary to satisfy the information requirements and constraints of an application reference model, within an application protocol [238].

Application Programming Interface (API) – A standard API specifies a mapping between a programming language and the features of a particular service, and thereby provides access to that service from applications written in a particular programming language [239].

Application Protocol (AP) – a part of this International Standard that specifies an application interpreted model satisfying the scope and information requirements for a specific application [240].

Application Protocol Development Environment (APDE) – An integrated suite of software tools to improve quality and increase productivity in preparing STEP application protocols.

Application Reference Model (ARM) – an information model that describes the information requirements and constraints of a specific application context [241].

AutoSTEP – A project designed to support the vision of an automotive industry made up of extended enterprises based on communication processes that hold product and process design and development together. AutoSTEP is demonstrating (piloting) effective product data communication processes in actual use and lay the groundwork for broad deployment. The project is not just demonstrating the technology, but is also building a business case for reengineered design and development processes that make the best use of the entire supply chain's talents [242].

CAM-I – Consortium for Advanced Manufacturing – International. CAM-I is an international consortium of companies, consultants, and academics that have elected to work cooperatively in a pre-competitive environment to solve problems that are common to the group [243].

CAX – To denote any type of computer-aided system.

computer-sensible – of sufficient semantic precision to permit automated processes to correctly act and interpret.

conceptual model – information requirements in terms of concepts that are specified as formal structures using the syntax of a modeling language [244].

conformance class – a subset of an application protocol for which conformance may be claimed [245].

conformance testing – the testing of a candidate product for the existence of specific characteristics required by a standard in order to determine the extent to which that product is a conforming implementation [246].

construct – a logical grouping of conceptual model elements that conveys a semantic idea [247].

context-driven integrated model (CDIM) – A conceptual information model which represents the information requirements of a discipline of application use. The model is integrated because it draws upon the resources of other models to specify shared information requirements and is not specific to an application [248].

data exchange – the storing, accessing, transferring, and archiving of data [249].

data model – captures the organization and representation of information (e.g., file formats, databases, program data structures) so that it can be used directly in an implementation.

data specification [language] – a set of rules for defining data and their relationships suitable for communication, interpretation, or processing by computers [250].

Data retention – Retaining product definition for later use (for reuse or to establish design authority for various requirements); also the ability to read archived data

EDIF – Electronic Design Interchange Format. Originally started in the United States under the auspices of the Electronic Industries Association. Currently, EDIF is sponsored and developed as an IEC standard under the direction of IEC TC93. EDIF is used for the design and exchange of integrated and printed circuit boards.

Enterprise system – One that is used company, program, or division wide; and has robust functionality from a product or configuration management data standpoint.

EPISTLE – European Process Industries STEP Technical Liaison Executive. EPISTLE has A-liaison membership to ISO TC 184/SC4. EPISTLE is a forum for the international collaboration of projects and organizations working toward the routine, standards-based sharing and exchange of engineering data in the process and related industries [251].

exchange structure – a computer-interpretable format used for storing, accessing, transferring, and archiving data [252].

EXPRESS-G – a graphical syntax for a subset of EXPRESS.

EXPRESS-V – (EXPRESS Views) is a mapping language invented during a three-demonstration process of validating protocols selected and developed by the National Industrial Information Infrastructure Protocols (NIIP) Consortium. EXPRESS-V allows one to create alternate representations of EXPRESS models. In the NIIP project, EXPRESS-V is being used to create an ARM view of the AIM for AP203. EXPRESS-V is an extension of EXPRESS which iterates over instances of a specified entity type to find the one(s) which satisfy a given condition [253].

EXPRESS-X – The goal of the EXPRESS-X language is to define mappings between information models defined in EXPRESS. The EXPRESS-X language allows one to create alternate representations of EXPRESS models and mappings between EXPRESS models and other applications (e.g., IGES). These alternate representations are called views or the original models. The algorithm for deriving the entity types in a view from the entities in an original EXPRESS model is specified using various

types of mapping declarations in the EXPRESS-X language. The EXPRESS-X language evolved from the EXPRESS-V language [254].

IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – used to produce a “function model”. A function model is a structured representation of the functions, activities of processes within the modeled system of subject area [255].

IDEF1 (Integration Definition for Information Modeling) – used to produce an “information model”. An information model represents the structure and semantics of information within the modeled system of subject area [256].

IDEF2 – used to produce a “dynamics model”. A dynamics model represents the time-varying behavioral characteristics of the modeled system or subject area [257].

IMPACT – Integrated Modeling of Products and Processes Using Advanced Computer Technologies. ESPRIT II project that developed an early prototype product data sharing environment based on STEP [258].

information model – The requirements for information content and relationships in an implementation-independent way for clear communication among people; understanding what the information is.

integrated resource (IR) – a part of this International Standard that defines a group of resource constructs used as the basis for product data [259].

International Electrotechnical Commission (IEC) – is the international standards and conformity assessment body for all fields of electrotechnology [260].

International Organization for Standardization (ISO) – a worldwide federation of national standards bodies from some 100 countries, one from each country. ISO is a non-governmental organization established in 1947. The mission of ISO is to promote the development of standardization and related activities in the world with a view to facilitating the international exchange of goods and services, and to developing cooperation in the spheres of intellectual, scientific, technological and economic activity [261].

Internet – Originally called ARPANET after the Advanced Research Projects Agency of the U. S. Department of Defense. This electronic network connects the hosts together so that you may go from one web page to another efficiently. The electronic connection began as a government experiment in 1969 with four computers connected together over phone lines. By 1972, universities also had access to what was by then called the Internet.

interoperability testing – the examination of the information exchange and sharing between two specific implementations under test and the ability of each implementation under test to use such information [262].

interoperability testing – the assessment of a product to determine if it will exchange and share information (interoperate) with another product implementing the same specification.

interpretation – the use of resource constructs to specify context-specific relationships and constraints that satisfy application requirements [263].

Intranet – The use of Internet technologies within an organization (or company) to achieve better results than the conventional means of data access and transfer (Intranet has access to Internet but not vice-versa).

IPC – IPC-D-350 is an industry standard from the Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits. It specifies 80 character, fixed-length record formats to describe printed circuit board products with detail sufficient for tooling, manufacturing, and testing requirements [264].

ISO 10303 – is an ISO International Standard for the computer-interpretable representation and exchange of product data. The objective is to provide a mechanism that is capable of describing product data throughout the life cycle of a product, independent from any particular system. The nature of this description makes it suitable not only for neutral file exchange, but also as a basis for implementing and sharing product databases and archiving [265].

ISO TC 184/SC4 – ISO Technical Committee Industrial Automation Systems and Integration, Subcommittee 4: Industrial Data.

Java – A programming language that developers use to create applets – small programs that are embedded in Web pages and that run when a user accesses the page or clicks on a certain area [266].

Manufacturing Management Data (MANDATE) – Methods and standardized data which express information exchanged inside industrial manufacturing plants, except for product definition data. The standards being developed under MANDATE are standard parts of ISO 15531.

mapping table – a component of the application protocol, the mapping table documents the traceability of the application information requirements between the specification of these requirements in clause 4 of the AP, and the application interpreted model that documents how standardized constructs are applied to satisfy these requirements in clause 5 [267].

NIAM – Nijssen Information Analysis Method. A graphical data modeling language and methodology [268]. Today NIAM is known as ORM – Object-Role Modeling.

Object Request Broker (ORB) – The ORB provides a mechanism for transparently communicating client requests to target object implementations. The ORB simplifies distributed programming by decoupling the client from the details of the method invocations. This makes client requests appear to be local procedure calls. When a client invokes an operation, the ORB is responsible for finding the object implementation, transparently activating it if necessary, delivering the request to the object, and returning any response to the caller [269].

ORM – see NIAM.

Performance testing – the assessment of the performance characteristics of a product such as throughput and response time under various conditions.

Product data – a representation of information about a product in a formal manner suitable for communication, interpretation, or processing by human beings or by computers [270].

Product data archiving – ([271] paraphrased) the storage of product data, usually long term. STEP is suitable to support the interface to the archive. As in product data sharing, the architectural elements of STEP may be used to support the development of the archived product data itself. Archiving requires that the data conforming to STEP for exchange purposes is kept for use at some other time. This subsequent use may be through either product data exchange or product data sharing.

Product data exchange – ([272] modified) the storing, accessing, transferring, and archiving of product data.

Product data exchange – ([273] paraphrased) the transfer of product data between a pair of applications. STEP defines the form of the product data that is to be transferred between a pair of applications. Each application holds its own copy of the product data in its own preferred form. The data conforming to STEP is transitory and defined only for the purpose of exchange.

product data management (PDM)/PDM system – A software tool that manages engineering information, and supports managing the product configuration and the product engineering process.

product data sharing – ([274] paraphrased) the access of and operation on a single copy of the same product data by more than one application, potentially simultaneously. STEP is designed to support the interfaces between the single copy of the product data and the applications that share it. The applications do not hold the data in their own preferred forms. The architectural elements of STEP may be used to support the realization of the shared product data itself. The product data of prime interest in this case is the integrated product data and not the portions that are used by the particular product data application.

The ProSTEP Association – Association for the Advancement and Support of International Product Data Standardization, it was founded in 1993. Hosted in Germany, ProSTEP's members represent a host of multi-national companies. ProSTEP Association represents the interests of its members in developing and introducing ISO 10303 (STEP).

resource – a constant that has been integrated, and is available for use in the specification of context-specific relationships and constraints that satisfy application requirements [275].

resource model – describe aspects of product information such as geometry, tolerances, shape, weight, and size [276].

robustness testing – the assessment of a product to determine how well it performs when supplied data that is difficult to processes, such as, extremely large data sets or data which contain errors.

SC4 On-Line Information Service (SOLIS) – A worldwide publicly accessible service to access the on-line documents of SC4; developing standards for STEP, Oil & Gas, Parts Library, Mandate; working group documentation, supporting tools, national committee and membership information; and administrative data supporting the development of SC4 standards. There are currently two methods to access this data: anonymous ftp (ftp.cme.nist.gov, or 129.6.32.54), and world wide web (<http://www.mel.nist.gov/sc4/>).

schema – is an object larger than an entity that defines a scope in which objects are declared. Objects in a schema have a related meaning of purpose. Although objects are logically partitioned into groups, the order of the objects in a schema is not important.

schema integration – the integration of information from various models.

Secretariat – The Secretariat is responsible for monitoring, reporting, and ensuring active progress of the work of the subcommittee; and shall use its utmost endeavor to bring this work to an early and satisfactory conclusion. These tasks shall be carried out as far as possible by correspondence. The Secretariat is responsible for ensuring that the ISO/IEC Directives and the decisions of Council and the Technical Management Board are followed. The position of the Secretariat is allocated to a national body and this national body shall ensure the provision of technical and administrative services to its respective subcommittee [277].

Standard Enhancement and Discrepancy System (SEDS) – This system and associated procedures identify and resolve issues related to published ISO SC4 documents.

Standard for the Exchange of Product model data (STEP) – the informal name for the international standard, ISO 10303, "Product data representation and exchange."

Standard parts – Design objects chosen for frequent reuse in other designs because they have already proven themselves in operational use.

STEP Class Library – A collection of application-independent class definitions used by the application-dependent classes found in the Schema Class Library. The STEP Class Library provides functionality to support a Schema Class Library, a dictionary of the application model, and data files [278].

STEP Center – a nationally designated organization established to further the advance of STEP use within its country. STEP Centers currently exist in Australia, Canada, China, France, Japan, Germany, Italy, United States, and the United Kingdom.

Validation – the process of evaluating a system or component to determine whether it satisfies specified requirements [279].

Validation testing – the assessment of the underlying specification to which products will be developed. Validation testing attempts to evaluate the completeness, correctness, and consistency of a data model to be used for a standard.

VHDL – The Very High Speed Integrated Circuit (VHSIC) Hardware Description Language (VHDL) is a formal notation intended for use in all phases of the definition of electronic system. It supports development, verification, synthesis, and testing of hardware designs; the communication of hardware design data; and the maintenance, modification, and procurement of hardware. VHDL is typically used for top-down system design, full custom ship design, Application Specific Integrated Circuit (ASIC) library development, validation of designs before and after synthesis, and development and debugging of model code [280].

workgroup system – One that is used by a relatively small percentage of employees, tends to be coupled with another system such as a CAD system, and has relatively limited

付録 C

参 照

Chapter 2

Anderl, R. and Schmitt, M. State of the art of interfaces for the exchange of product model data in industrial applications. Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion (RPK, Uni Karlsruhe); 1989 December.

D Appleton Company, Inc. Development Plan for a Product Data Exchange Specification, PDES Version 1.0. Submitted to South Carolina Research Authority 1987 March; revised 1987 July 23.

Encarnacao, Jose L.; Lindner, Rolf; and Schlechtendahl, Ernst G. *Computer Aided Design; Fundamentals and System Architectures*. Springer-Verlag; 1990.

Goldstein, Barbara L. Harmonization of Product Data Standards, or Can I Have My Cake and Eat Yours, Too? Delivered at CALS Expo; 1991 November 12.

Goldstein, Barbara L. Harmonization of Product Data Standards, or You Can Get Too Much of a Good Thing. Delivered at the NCGA Conference; 1991 February 20.

Mayer, Richard J.; Painter, Michael K.; de Witte, Paula S. IDEF Family of Methods for Concurrent Engineering and Business Re-engineering Applications. Knowledge Based Systems, Inc., 1993.

O'Connell, Larry. Paragraphs for book on STEP. E-mail to author; 1997 August 11.

Smith, Bradford M.; and Wright, Thomas P. Guidelines for IGES Application Subsets. Prepared for Department of Defense CALS Program Office; 1987 February 17.

Guide to the IGES Electrical Entities (Pre-cursor to an Application Protocol). *Initial Graphics Exchange Specification Version 4.0*. EACP-2.3; 1989 June 24.

Application Protocol, Initial Graphics Exchange Specification (IGES), Layered Electrical Product. ANS USPRO/IPO-111-1997; 1997 February.

An American National Standard 3D Piping IGES Application Protocol, Version 1.2. ANS USPRO/IPO-110-1994.

ISO Technical Committee 97: Information Processing Systems: Information processing systems – Concepts and terminology for the conceptual schema and the information base. Technical Report 90079. International Organization for Standardization; 1987.

Tsichritzis, D.; and Klug, A. (eds.). The ANSI/X3/SPARC DBMS Framework. *Report of Study Group on Data Base Management Systems*, Montvale, NJ; AFIPS Press; 1977.

Chapter 4

The nature of industrial data – some architectural aspects and issues for SC4.ICO TC 184/SC4/WG10 N31; 1995 October.

Guidelines for integrated resource development. ISO TC 184/SC4/WG 10 N31; 1993 September.

Guidelines for application interpreted model development. ISO TC 184/SC4 N532; 19 February 1997.

Guidelines for the development of abstract test suites. ISO TC 184/SC4 N536; 1997 March.

Chapter 5

Schenk, D; and Wilson, P. *Information Modeling: The EXPRESS Way*. Oxford University Press, New York, NY; 1994.

Function Modeling Manual (IDEF0). ICAM Architecture Part II, Volume IV); Air Force Systems Command, Wright-Patterson Air Force Base, OH; 1982 February.

Information Modeling Manual IDEF Extended (IDEFIX). ICAM Project Report Priority 6201); Air Force Systems Command, Wright-Patterson Air Force Base, OH; 1985.

Loomis, M. Data Modeling – the IDEFIX Technique. IEEE Conference on Computers and Communications, 1986 March; Phoenix, Arizona; pp. 146-151.

Nijssen, G.; and Halpin, E. *Conceptual Schema and Relational Database Design: A Fact-Oriented Approach*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall; 1989.

Chapter 6

Barrett, Myles; Coletta, George; Langenbach, Cliff; Morris, Katharine C.; Mudgett, Chris; and Nieva, Augusta. A High-level Architecture for Implementing a PDES/STEP Data Sharing Environment. PDES, Inc., SCRA, Charleston, SC; 1991 May.

Morris, K.C.; Translating EXPRESS to SQL: A User's Guide. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4341; 1990 May.

Morris, K.C.; et.al. Validating STEP Application Models at the National PDES Testbed.. Nat. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 5196; May;

Chapter 7

Corley, J.; Minutes for the Workshop on Ways to Improve the AP Development Process. Charleston, SC; November 18-19, 1994.

Harrison, R.J.; and Palmer, M.E. Guidelines for the Specification and validation of IGES Application Protocols. Nat. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 3846; 1989 January.

Kramer, T.R.; Palmer, M.E.; and Barnard Feeny, A. Issues and Recommendations for a STEP Application Protocol Framework. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4755; 1992 January.

Liewald, M.H.; and Kennicott, P.R. Intersystem Data Transfer via IGES. IEEE CG&A; 1982 May; pp. 55-63.

McKay, A.; Bloor, S.; and Owen, J. Application Protocols: a position paper. ISO TC 184/SC4/WG4/WG5: N1001; 9 September 1993.

Morhrmann, J.; Polly, A.; Speck, H-J.; Wasmer, A.; Corley, J.; and Ryan, S. Proposed extensions to the AP development methodology. ISO TC 184/SC4/WG3 N216 (T19); 21 February 1993.

Owen, J.; and Woodall, Alison. IGES Application Protocols – Why and How? Document 0532 445270; 22 December 1989.

Palmer, M.E. Report of SC4 Ad Hoc Group on Application Protocols. Presentation for ISO TC 184/SC4 Meeting, Gothenburg, Sweden; 26 June 1990.

Palmer, M.E.; and Reed, I.A. "D Piping IGES Application Protocol, Version 1.1. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4797; 1992 March.

Chapter 8

Bloor, Susan M.; and Jon Owen. Learning Lessons from Conformance Testing. Computer Standards and Interfaces," No. 17; 1995. pp. 231-251.

Mitchell, Mary J.; Initial NIST Testing Policy for STEP – Beta Testing Program for AP203 Implementations. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 5535; 1994.

Kemmerer, Sharon J.; development Plan: STEP Conformance Testing Service. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4641; 1991 August.

Chapter 9

Lubell, Joshua. The Application Protocol Information Base World Wide Web Gateway. Nat. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 5868; 1996.

ISO TC 184/SC4, Resolutions Affecting the Organization Structure:

1984-0 (#4) establishes Working Group 1, Technical Coordination and Support, with the following terms of reference:

- To provide technical support and recommendations for SC4
- To coordinate national technical developments
- To resolve technical difference
- To collate national technical national technical contributions for inclusion in the draft ISO document.

1988-12 (#30): SC4 establishes an editing committee to finalize the text of the Draft Proposal for submission as a Draft International Standard and maintain configuration control so that all future changes be documented and approved.

1990-01 (#45): SC4 respectfully recommends to the TC 184 chair that the title of the SC4 Committee be changed to "Industrial Data and Global Manufacturing programming languages."

1990-01 (#46): Following the assignment of the accepted new work item on a standard parts library, ISO TC 184/SC4 establishes a new working group with the following title and task:

Title: Standard for the Neutral Representation of Standard Parts

1990-01 (#48): An advisory group called "Strategic Planning" is to be created to advise the SC4 chair on matters concerning strategic planning and coordination of SC4 activities. SC4 accepts the offer of the member body of France to undertake the covenership of this advisory group.

1990-01 (#49): An SC4 Project Management Advisory Group shall be established to provide project management and technical strategy for product data work items.

1990-01 (#52): In response to the request from TC 184 and in order to comply with the new ISO/IEC rules, SC4 proposes to reorganize its work on STEP into the following Working Groups:

Resource Models

(ex WG1 SG1)

Application Reference Models	(ex WG1 SG2)
Implementation Methods	(ex WG1 SG3)
Conformance and Testing	(ex WG1 SG4)
Framework & Testing	(ex WG1 SG5/7)
Information Integration	(ex WG1 SG6)

1990-06 (#65): SC4 adopts the reorganization structure as proposed by the ad hoc organization Group in Reston. The current WG1 is to be disbanded, effective at the end of the Gothenburg meeting, and its current work is to be allocated to the following new working groups:

WG3	Product Modeling
WG4	Qualification & Integration
WG5	STEP Development Methods
WG6	Conformance Testing Procedures
WG7	Implementation Specifications

1990-06 (#75): SC4 establishes an Editing Committee to finalize the texts of the Parts of the STEP standard for submission as a Draft International Standard and maintain configuration control so that all future changes be documented and approved.

1991-07 (#85): Following the assignment of the accepted new work item on Industrial Manufacturing Management Data (N60), ISO TC 184/SC4 establishes a new working group (WG8) with the following title and scope:

Title: Industrial Manufacturing Management Data

1991-07 (#87): SC4 welcomes the proposal from IEC TC 3 to work jointly on the topic of electrical and electronic product data standards and establishes a joint working group (JWG9) with the following title and scope:

Title: IEC TC 3-ISO TC 184/SC4 joint working group for electrical and electronic applications of ISO 10303

1991-07 (98): SC4 directs its Secretariat to establish an Editing Committee for ISO 10303 in accordance with the ISO Directives. In addition to assistance in the preparation of texts, consistent between themselves and with the ISO directives, the Editing Committee will provide review for technical coherence across texts.

1992-10 (#130): SC4 requests member bodies to identify and provide qualified people with adequate long-term commitment and funding to support the critical central functions of qualification, integration, editing, training material development, training, and configuration management. In addition, SC4 requests PMAG to identify to member bodies the requirements for support for these functions.

1994-10 (#217): SC4 establishes a new working group to resolve the technical direction and related technical issues of SC4 so that the results are consistent with the SC4 vision and acceptable to SC4 as a whole.

1994-10 (#219): SC4 directs its Secretariat to set up a quality assurance system with the SC4 organization according to TC 184/SC4 document N230, Requirements for Future Capabilities of SC4 standards, objective C14: "Establish and implement a quality system for SC4 standards."

1995-03 (#231): SC4 establishes a Policy and Planning Committee (PPC) to become the single advisory group to assist the SC4 Chairman, Committee, Conveners, and Project Leaders:

1995-03 (#239): SC4 requests its parent committee to revise the title of ISO TC 184/SC4 from Industrial Data and Global Manufacturing Programming Languages to Industrial Data.

- 1995-10 (#249): SC4 disbands its Strategic Planning Advisory Group and thanks Jean-Pierre Letouzey for his service as Convener.
- 1995-10 (#250): SC4 disbands its Project Management Advisory Group and thanks Neal Laurance for his service as Convener.
- 1995-10 (#252): SC4 accepts the report of its Policy and Planning Committee. SC4 requests its Secretariat to circulate the attached resolution for letter ballot to SC4 members, and to issue a simultaneous call for a Convener of the proposed new Working Group, experts for this Working Group, a chair of the proposed new Quality Committee and experts for this committee.
- 1996-06 (#266): SC4 recognizes and supports the efforts of the STEP implementers to collaborate on implementation issues, and encourages the implementer to continue to hold meetings in parallel to SC4 Working Group meetings.
- 1996-06 (#270): SC4 resolves to establish a Change Management Advisory function. SCA further requests the SC4 Chairman to work with the PPC to present appropriate changes to the SC4 handbook to reflect the task of the Change Management Advisory function for Handbook ratification at the next SD4 meeting.
- 1996-10 (#272): SC4 resolves to establish a new Working Group 12, SC4 Common Resources. Responsibility for the Application Interpreted Constructs is assigned to this Working Group. The Secretariat shall act as the Convener of this Working Group until nominations for convener can be solicited from the P-members and a selection by the Chair and Secretariat ratified by SC4.

Chapter 10

Eastman, C. Out of STEP? Computer Aided Design, 27 (5); 1994. Pp. 338-340.

Freund, Kevin. The PDES, Inc., Building Block Approach to AP Interoperability. Proceedings of the ISO TC 184/SC4/WG10 on Architectures for Industrial Data, NIST, Gaithersburg, MD; 7-9 January 1997.

Hardwick, M.; et al., Concurrent Engineering with Delta Files. IEEE Computer Graphics and Applications, 15 (1); 1995.

Laurance, N.A High—Level View of STEP. Manufacturing Review, 7 (1); 1994. Pp. 39-46.

Staub, Guenter; and Grabowski, Hans. The Challenge of AP Interoperability within STEP., Proceedings of the ISO TC184/SC4/WG10 Workshop on Architectures for Industrial Data, NIST, Gaithersburg, MD; 7-9 January 1997.

R.B. Toth Associates. Standardization Needs in Automated Manufacturing. Final report to the National Bureau of Standards; 1986.

付録 D

著 者

Anderson, Bill – Advanced Technology Institute (Contributor to Chapter 10) Dr. Anderson has over thirteen years experience in CAD/CAM data exchange, user requirements, geometric algorithm development and STEP model advancement. He has significant experience working with STEP models as a technical team leader of PDES, Inc. (an international consortium whose goal is to accelerate the development and implementation of STEP). Most recently, Dr. Anderson led the ENGEN (Enabling Next Generation Mechanical Design) Program, which is focused on capturing design intent information through the use of parametrics, constraints, features, and construction history. It is jointly sponsored by DARPA and PDES, Inc.

Barnard Feeney, Allison (Author of Chapter 4) Currently serving as TC 184/SC4 Quality Committee Convener and Project leader of ISO 10303-302. Past roles include Deputy Convener of TC 184/SC4 WG4, member of ISO 10303-202 development team, editor of ISO 10303-32, author of, or contributor to, SC4 Standing Documents that provide development methodologies for STEP, i.e., 'Guidelines for Application Interpreted Model Development', 'Guideline for the Development of Mapping Tables', 'Guidelines for Application Interpreted Construct Development', 'Guideline for the Development and Approval of STEP Application Protocols', 'Supplementary Directives for the Drafting and Presentation of ISO 10303', 'Guidelines for the Development of Abstract Test Suites'.

Bloom, Howard M. (Co-Author Chapter 1, Author Chapter 11) As Division Chief of Manufacturing Systems Integration Division (originally called Factory Automation Systems Division), initiated MEL's efforts in the development of product data exchange standards. Originally managed the activities in the Automated Manufacturing Research Facility program as it related to the use of product data throughout the manufacturing life cycle. Oversaw MEL's efforts in the IGES/PDES Organization, ISO TC 184/SC4, PDES Inc. program, the National involved initially as NIST's member of the IPO Steering Committee and the PDES Inc Technical Advisory Committee. Presently involved as the NIST member of the US PRO Board of Directors and the PDES Inc Board. Received Department of Commerce recognition for the NIST leadership in developing the technical basis and direction of the Department's program in product data sharing technology.

Brauner, Kalman – Boeing Commercial Airplane Group (Contributor to Chapter 2) Mr. Brauner served as Chair of US TAG to ISO TC 184/SC4. He was a member and presiding officer of the Technical Advisory Committee of PDES, Inc., and was a member of the Interim Technical Committee and the Host Contractor Selection Committee of the PDES Cooperative (now PDES, Inc.). In the IPO, Mr. Brauner was the initial PDES Project Manager; a member of the Advanced Geometry, Curves and Surfaces, Edit, Technical Planning, and Steering Committees; and Chair of the PDES Initiation, authoring two papers that specified requirements and objectives for PDES.

Still earlier activities included: chairing the national committee responsible for formal adoption of IGES as ANS Y14.26M-1981 (Digital Representation for Communication of Product Definition Data); serving as a member of ANSI Subcommittee Y14.26 on Computer-Aid Preparation of Product Definition Data, and being a contributing author of "Digital Representation Physical Object Shapes" which evolved into section 5 of ANS Y14.26M – 1981. Mr. Brauner also served as a representative to the CAM-I Sculptured Surfaces and Geometric Modeling Projects.

Burkett, William C. – PDIT, Inc. (Contributor to Chapters 2 and 5, Manuscript Reviewer) William Burkett has over 15 years of experience as an industrial and systems engineer specializing in system analysis and modeling, information system integration, and product data exchange (PDE) technologies. Prior to joining P.D.I.T., he worked for McDonnell-Douglas and Lockheed on PDE technology and standards development programs. Mr. Burkett was a committee chairman within the IGES/PDES Organization from 1983 and a project leader within TC 184/SC4 from 1989 through early 1992. He was an active

participant in the developing STEP since its inception in 1984, and was responsible for initiating the Quality Assurance aspects of the STEP standard.

Danner, William – Seneca-IT.com (Co-Author of Chapter 3) Bill Danner is President of Seneca-IT. com, an information technology consulting firm. He worked at the National Institute of Standards and Technology for twenty-one years where he conducted information technology research. Among his work in the area of information modeling methods was serving as Convener for the ISO TC 184/SC4 working group responsible for developing the methodology and architecture used in ISO 10303, as well as the specification language EXPRESS.

Denno, Peter – NIST (Co-Author of Chapter 5) Peter Denno has 12 years industrial experience. He joined NIST in 1995. His current work involves STEP and the EXPRESS language. Mr. Denno is the developer of Expresso.

Fowler, James E. – NIST (Co-Author to Chapter 6) Mr. Fowler was the Chairman of the IGES/PDES Organization Implementation Specifications Committee and the Deputy Convener of Working Group 7 of ISO TC 184/SC4. Mr. Fowler was a primary participant in the initiation and development of the Standard Data Access Specification through 1992. Since that time Mr. Fowler has been involved in the development of manufacturing resource specifications and in management of NIST's system Integration for Manufacturing Applications Program.

Frechette, Simon P., NIST (Co-Author to Chapter 8) Mr. Frechette is currently working in the area of manufacturing standards implementation and conformance test development. He has been the NIST liaison to the Auto STEP Project, and is assisting USPRO to kick off the conformance testing service for ISO 10303 APs.

Goldstein, Barbara L. Maia, NIST (Author of Chapter 2) Ms. Goldstein previously served as: US Delegate to IEC TC93, member of ISO 10303 IPO Electrical Applications Committee, and Chair of the Tools & Technology Council of ANSI Harmonization of Product Data Standards (HPS) Committee. She initiated the STEP Process Plant Application Protocol Planning Project as a consultant to the Process Data exchange Institute (PDXI). Currently Ms. Goldstein serves as leader of the Infrastructure for Integrated Electronics Manufacturing (IIEEM) Project at NIST and Co-Chairs the Factory Information Systems committee within the National Electronics Manufacturing Initiative.

Gruttke, William B. – Northrop Grumman/Team SCRA (Contributor to Chapter 2) Dr. Gruttke has over twenty years CAD/CAM experience in the aerospace industry at McDonnell Douglas (14+years) and Northrop Grumman (6+years) (following 10 years of university teaching at St. Louis University). He has been involved in the IGES Committees and the IGES/PDES Organization (IPO) since 1980. He chaired the IGES Advanced Geometry Committee (1981-1986). He was the IPO Chairman from 1995-1997. Dr. Gruttke led the software development team that developed the format and translators for the Air Force Product Definition Data Interface (PDDI) Program while at McDonnell Douglas. He has been managing the development of STEP AP224 and STEP-driven applications for the DoD Rapid Acquisition of Manufactured Parts (RAMP) Program since 1992.

Hardwick, Martin – STEP Tools, Inc. and Rensselaer Polytechnic Institute (Contributor to Chapter 10) Martin Hardwick is the president of STEP Tools, Inc. and a professor of computer science at Rensselaer Polytechnic Institute. Dr. Hardwick is a member of the Architecture Working Group (WG10) and the Implementation Methods Working Group (WG11) of ISO STEP. He is leading the project to develop the EXPRESS-X mapping language. He belongs to the board of directors of PDES, Inc. and the US Product Data Association. His research interests include engineering database systems, information modeling, and distributed systems and object oriented programming. Hardwick received his bachelor's and doctorate degrees from Bristol University in England in 1978 and 1982. He is a member of the IEEE Computer Society and the ACM.

Jurrens, Kevin – NIST (Contributor to Chapter 10) Mr. Jurrens served as project manager for NIST Rapid Response Manufacturing (RRM) Intramural Project and Test Team leader for the PDES Inc. Sheet Metal Project. Primary research activities have addressed development of a standardized data structure for representing machine tool and cutting tool data (i.e., "manufacturing resource data"), establishment of a reverse engineering capability for repair and replacement of aircraft components, and development and validation efforts to assess STEP for application to sheet metal die design. Mr. Jurrens' current efforts address measurement and standards issues for the rapid prototyping industry, including evaluation of ISO 10303

as an alternative data interface between computer-aided design and rapid prototyping systems. In addition, he continues to lead U.S. efforts to develop and standardize an electronic representation for cutting tool data through the ISO TC29/WG34 standards organization. He served as the technical liaison between ISO TC29/WG34 and ISO TC184/SC4 for representation of cutting tool data. Prior to NIST, Mr. Jurrens worked for Allied-Signal Aerospace, Kansas City Division.

Mr. Jurrens has authored several technical reports, conference papers, and a book chapter on various manufacturing applications and manufacturing system integration. He has received the U.S. Department of Commerce Bronze Medal Award for superior federal service in 1993 for contributions leading to the acceptance of the STEP standard and in 1997 for developing the manufacturing resource data representation as a baseline standard.

Lubell, Josh – NIST (Contributor to Chapter 11) Mr. Lubell designs and implements software systems for product data exchange applications at the National Institute of Standards and Technology in Gaithersburg, Maryland, USA. His technical interests include STEP, SGML and XML, database technology, and Internet computing. His previous experience includes artificial intelligence systems design and prototyping, software development for the building materials industry, and knowledge engineering.

Kemmerer, Sharon J., NIST (Editor of Manuscript, Co-Author of Chapter 1, Co-Author of Chapter 3, Co-Author of Chapter 9) Sharon was involved with the IGES/PDES Organization and ISO TC184/SC4 from 1988 to 1991, primarily in the technical area of conformance testing. She served as Deputy Convener of the ISO TC 184/SC4/WG6, and was a leading contributor to ISO 10303-31 and 10303-32. After a respite from the product data standardization arena, Sharon again returned to the ISO TC 184/SC4 community. This time she served as the Secretary of the SC4 Secretariat from 1995-1997.

Kiggans, Bob – PDES, Inc./Advanced Technology Institute (Contributor to Chapter 10) Mr. Kiggans has over thirty years experience in advanced computer and product data technologies, program and technical management, acquisition management, and command and control systems. As General Manager for PDES, Inc., Mr. Kiggans has responsibility for a widely geographically dispersed technical team.

Kindrick, James D., ITI, Michigan (Co-Author of Chapter 8) Mr. Kindrick has worked for the past seven years on developing and deploying Product Data Information Technology, with significant focus on the ISO STEP standard for product data exchange. Jim's original work within STEP concentrated on conformance testing and standard quality assurance. He is a lead technical design and developer of the NIST/ITI suite of STEP conformance testing tools and techniques. He has since worked closely with both system vendors and users of product data technology to help facilitate the implementation and adoption of STEP within industry. During the past year, he has been an active leader in the harmonization of requirements across STEP APs, primarily focused on developing a common set of PDM requirements and corresponding STEP information models. He has delivered several industry workshops on the topics of PDM and STEP, and is the author of several articles and technical reports. Jim is also an active technical member and administrator of the international PDES Inc./ProSTEP PDM implementation roundtable and interoperability testing forum, focused on integrated PDM and CAD data exchange.

Libes, Don – NIST (Co-Author of Chapter 5, Contributor to Chapter 3) As a computer scientist at NIST, Don has written 16 papers on STEP and is responsible for numerous public domain STEP tools including the first CADDETC-certified EXPRESS toolkit, an EXPRESS-Tcl binding, and the first version of SOLIS. Don also designed and implemented the EXPRESS server and the NICS STEP repository.

Mitchell, Mary – NIST (Contributing reviewer of complete manuscript) Before joining the Advanced Technology Program, Mary Mitchell was the Program Analyst for the Manufacturing Engineering and Information Technology Laboratories and Manufacturing Extension Program in the NIST Program Office (April 1997-1998). Prior to this, she led a group and managed variety of technical projects related to STEP. Mary was one of the contributors to the development and validation of the STEP architecture, including components of the core information resources, application protocols, and conformance testing. She also served as the Deputy Chairman of the IGES/PDES Organization and led one of the WG4 Integration and Qualification teams for a number of years. In February 1998, Ms. Mitchell received the first William J. Conroy Standards Professional Award for her leadership efforts in STEP. In November 1994, Ms. Mitchell received the Department of Commerce Silver Medal Award in her

work of STEP. She came to NIST in 1982 to work on distributed database systems for manufacturing, one of the projects within NIST's Advanced Manufacturing Research Facility.

Morris, KC – NIST (Co-Author of Chapter 6, Contributor to Chapter 5) As a computer scientist in the Manufacturing Systems Integration Division of NIST, KC has been a primary contributor to the development and validation of STEP's implementation mechanisms. She has architected and contributed to the development of numerous prototypes of SDAI, as well as, portions of NIST's public-domain STEP Toolset including an EXPRESS to SQL translator (now defunct) and the STEP Class Library. KC has published dozens of articles on the topics and has actively worked with ISO TC 184/SC4's technical working groups and the industrial consortia, PDES, Inc. and NIIP. Her current research interests include object-oriented and distributed systems for engineering and manufacturing and product data management and techniques for testing such systems.

Nell, James G. – NIST (Contributor to Chapter 10) Mr. Nell is Conveyor of ISSO TC184 SC5 WG1, Automation Systems and Integration, Modeling and Architecture. He is a member of the US technical-advisory groups to TC184 and SC5. At NIST, he is principal investigator of the Manufacturing Enterprise Integration Project to evaluate the use of architectures, frameworks, and enterprise models for use by business entities. He was active in the TC 184/SC4 work to develop product- and process-data representation serving as the US expert to the SC4 Strategic Planning Advisory Group for four years. For the IGES/PDES Organization, he chaired the IPO Steering Committee for two years.

Nelson, Paul-Raytheon Systems Company/Hughes Aircraft Company (Contributor to Chapter 10) Mr. Nelson has extensive experience in defense and commercial industries, with an emphasis in electronics and electromechanical fabrication and assembly. Recently, his emphasis has been on CAD-CAM data utilization, machine control instructions, producibility, and standardization of exchange of product model data between engineering and manufacturing. He was a principal architect for STEP AP210 (Electronic assembly, interconnect and packaging design) working with a distributed team of engineers and technologists across North America, Europe, and Asia.

Nicholson, Martha-PDES, Inc./Arthur D. Little, Inc.(Coordinating Editor of Chapter 10) Ms. Nicholson is a Manager with Arthur D. Little and has ten years of experience in program management. Currently she has lead responsibility for providing program management support to the approximately 60 technical resources from the PDES, Inc. member companies.

O'connell, Larry-Sandia National Laboratories, Retired (coordinating Editor of Chapter 2) Mr. O'connell Designed Electrical Test Equipment and real-time software for Quality Evaluation Systems Testers at Sandia Laboratories. Chaired the Electrical Applications Committee of the IPO and its predecessor organizations from 1984-1994. Designed and posted the web page for the Advanced Manufacturing organization of Sandia Laboratories.

Palmer, Mark-NIST (Author of Chapter 7) Mr. Palmer led the development of the first application protocol for U.S. industry, the *3D Piping IGES Application Protocol*. This was a collaborative project with the U.S. Navy and the engineering, process plant, shipbuilding, and CAD/CAE industries. He also led the development of the application protocol methodology for STEP. He is the leader for the NIST project "STEP for the Process Plant Industries" and is the chair for the ISO TC184/SC4 Process Plant Team. Currently, Mr. Palmer is working with that will improve the capabilities and productivity of these industries. This includes managing the NIST Cooperative Research and Development Agreements with the Plant STEP, Inc. industrial consortium and with pdXi (process Data Exchange Institute of AIChE). Mr. Palmer is the project leader for the ISO STEP application protocols, ISO 10303-221: Functional Data and Schematic Representation for process Plant and ISO 10303-231: Process Design and Process Specifications of Major Equipment.

Parks, Curtis-NIST (Contributor to Chapter 2) Mr. Parks is a Computer Specialist with the Electronic Information Technologies Group of the Electrical and Electronics Engineering Laboratory of NIST. He chairs an IEEE Study Group on Electronic Commerce of Component Information. He was principle author of the Hybrid microcircuit Application Protocol for

the Navy Micro CIM Program and served as editor to the EAC on the LEP AP. He participated in the initial work of the PDES, Inc. E/E Team and later was the IGES EAC acting Chair. Prior to joining NIST he was with General Dynamics Pomona Division as Weapon Systems Engineer on the Phalanx and Standard Missile projects, and later with the CAD/CAM Engineering Department, he developed electrical CAD applications for the design, documentation and tooling for integrated circuits, printed wiring assemblies, wire wrap boards, cables and harnesses. He was a principle modeler of the electrical reference model in the PDES Initiation Task, the leader of one of the Cal Poly Teams, and a principle member of a second Team.

Phillips, Lisa-NIST (Co-Author of Chapter 9) Lisa Phillips is a Computer Scientist in the Manufacturing Standards Methodology group in the Manufacturing Standards Integration Division of the Manufacturing Engineering Laboratory. Phillips currently serves as the Secretary of ISO TC 184/SC4. Her previous roles have included serving as the Project Manager of the Application Protocol Development Environment project, in which she both developed and led the development of software in support of STEP standards. Her technical efforts in this area have focused on the use of the Standard Generalized Markup Language to advance the preparation and improve the quality of STEP standards.

Pratt, Michael-Rensselaer Polytechnic Institute/NIST (contributor to Chapter 10) Dr. Pratt is a Senior Research Associate at Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY. He has spent the past four years on secondment at NIST as a Guest Researcher in the Manufacturing Systems Integration Division. Previously he was Professor of Computer Aided Engineering in the School of Mechanical Engineering at Cranfield University in the UK. He is the leader of the Parametrics Group in ISO TC184/SC4/WG12.

Rando, Thomas-Electric Boat Corporation (Contributor to Chapter 10) Dr. Rando has been employed at Electric Boat Corporation for the past twenty years. He has been actively involved in STEP standards development and a technical representative to PDES, Inc. since 1991. He is the project leader for the C++, IDL and Java bindings to the Standard Data Access Interface. He received his PhD in Computer Science from the University of Connecticut in 1990.

Ray, Steven R. - NIST (Contributor to Chapter 10) Chief of the Manufacturing Systems Integration Division, Manufacturing Engineering Laboratory, National Institute of Standards and Technology (NIST). From a technical specialty in process planning, he co-developed a neutral process plan model called ALPS (A Language for Process Specification), and participated on the development of STEP Part 49 (Process Structure and Properties), on the validation of STEP AP213 (Process Plans for NC Machining), and served as acting Chair of the IGES/PDES Organization from 1989 to 1990. Dr. Ray received his Ph.D. in Mechanical & Aerospace Engineering from Princeton University in 1981, and his Bachelor's degree in Physics from Bristol University, England in 1977.

Smith, Bradford M.-NIST, Retired; Self-Employed (Manuscript Reviewer) Mr. Smith served as Chairman of the IGES Organization from June 1980 and subsequently, Chairman of the IGES/PDES Organization until October 1989. Edited IGES Versions 1-3. Mr. Smith achieved ANSI approval for IGES Version 1.0 the organized the ISO TC184/SC4 subcommittee and served as Chairman and Secretary from 1984 to 1995. He chaired the U.S. TAG for ISO TC 184/SC4 from 1984 to 1989. Gained approval for the Initial Release of the first twelve parts of ISO 10303 in 1994.

The Editor would like to extend a special thanks to Al Jones, Dennis Swyt, Lisa Fronczek, Joan Wellington, and Melissa Zeltman for their technical, editorial, and compositional contributions to complete this document. Particular thanks and appreciation go to Beamie Young for the cover design.

著書目録

- [1] Wilson, Peter R. Draft Report of the C&G Ad Hoc Committee; 1987 November 17.
- [2] Ray, Steven R., MSID Presentation to the 1999 Assessment Panel Subpanelists, 1999-02-04.
- [3] ISO 10303: 1994, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange* is the formal name for the international standard familiarly known as STEP.
- [4] Bloom, Howard. Technical Program Description; Systems Integration for Manufacturing (SIMA). Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 5476; 1994.
- [5] Conceptual Schema; ISO TC97/SC5/WG3; 1982 March 15.
- [6] Smith, Brad; Nagel, Roger; Wellington, Joan. IGES – Initial Graphics Exchange Specification. Autofact; 1981 November.
- [7] CAM-I Geometric Modeling Project Boundary File Design (XBF-2), Report R-81-GM-02.1, Consortium for Advanced Manufacturing, Inc., Bedford, TX; 1981 (Revised 1982).
- [8] ISO 10303-42: 1994, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 42: Integrated resources: Geometric and topological representation.*
- [9] Application Interface Specification (AIS) (2 vols.), Report R-94-PM-01, Consortium for Advanced Manufacturing, Inc., Bedford, TX; 1994.
- [10] ISO 10303-11: 1994, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual.*
- [11] ANSI: Product Definition Data Interface; Task-I: Evaluation and Verification of ANSI Y14.26M. Booz-Allen and Hamilton Inc.; 1983.
- [12] Wilson, Peter R. A View of PDES, General Electric Company; 1987 January 7.
- [13] Mason, Howard. The Historical Need for STEP. British Aerospace; undated.
- [14] Contribution of West Germany, VDAS. ISO TC 184/SC4 N3; 1984 June 8.
- [15] Mason, H. [13].
- [16] Contribution of France, SET: Standard for Exchange and Transfer. ISO TC 184/SC4 N10; 1984 September 25.
- [17] Fowler, Julian. *STEP for Data Management Exchange and Sharing*. Great Britain: Technology Appraisals Ltd.; 1995.
- [18] Schlechtendahl, Ernst (ed.). Specification of CAD*I Neutral File for CAD Geometry, Version 3.3. Springer-Verlag, Heidelberg; 1988.
- [19] Parks, Curtis; McCollough, Roger; Azu, Charles; Savage, Larry; Toomey, Patrick; and Makoski, Thomas. Initial Graphics Exchange Specification Hybrid Microcircuit Application Protocol. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) Tech. Note 1295; 1993 January.
- [20] Danner, W.F. A Proposed Integration Framework for STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data). Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 90-4295; 1990 April.
- [21] ISO TC 184 SC4, Minutes of First Meeting; 1984 July 11-13.
- [22] PDES Initiation Activities. IGES Organization; May 1986.
- [23] Kelly, J.C. Final Report of the PDES Logical Layer Initiation Task; 1986 April.
- [24] ISO/IEC 8824: 1990, *Information technology – Open Systems Interconnection – Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1).*
- [25] Halpin, T. *Conceptual Schema and Relational Database Design*. Prentice Hall; 1995.
- [26] Integration definition for information modeling (IDEF1X). Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) Fed. Info. Process Stand. Publ. (FIPS PUB) 184; 1993.
- [27] ISO 10303-11:1994 [10].
- [28] ISO/IEC 8652:1995 *Information technology – Programming languages – Ada*
- [29] ISO/IEC 14882 (DIS) *Information technology – Programming languages – C++*.
- [30] EXPRESS Information Modeling Language Reference Manual. ISO TC 184/SC4/WG1 N386; 1989 October.
- [31] Smith, B. and Rinaudot, G. Product Data Exchange Specification: First Working Draft. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 88-4004; 1988 December.

- [32] Harrison, R. J. and Palmer, M. E. Guidelines for the Specification and Validation of IGES Application Protocols. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 88-3846; 1989 January.
- [33] Woodall, A., Pearson, M., Owen, J., Shaw, N., and Palmer, M. Critical Issues for Application Protocols. ISO TC 184/SC4/WG1 N431; 1989.
- [34] Tolman, F. and Geilingh, W. STEP Planning Model. ISO N328; 1989 April.
- [35] Winograd, T. Language as a Cognitive Process: Syntax. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company; 1983.
- [36] Furlani, Cita, Wellington, Joan, and Kemmerer, Sharon. Status of PDES-Related Activities (Standards and Testing). Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4432; October 1990.
- [37] Wilson, Peter R. [1].
- [38] Martin, Bob, "Conclusions and Definitions from the Ad Hoc Group on PDES Levels," Ontologic, 1988 June 6.
- [39] Furlani, Cita, Wellington, Joan, and Kemmerer, Sharon [36].
- [40] <http://pdesinc.scra.org/index.html>.
- [41] Conroy, Erickson, Wenghold, and Hessel. A Model of Industry-Government Cooperation, Final Report. 1995 May 5.
- [42] Danner, W.F. Development of Application Protocols (Aps) using the Architecture and Methods of STEP (Standard for the Exchange of Product Data): Fundamental Principles of the STEP Methodology. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 5972; 1997.
- [43] ISO 10303-227 (DIS), *Industrial data systems and integration – Product data representation and exchange – Part 227: Application protocol: Plant spatial configuration*.
- [44] ISO 10303-221 (CD), *Industrial data systems and integration – Product data representation and exchange – Part 221: Application protocol: Functional data and their schematic representation for process plant*.
- [45] EPISTLE document (<http://www.stepcom.ncl.ac.uk/>)..
- [46] Report on fully attributed ARMs. ISO TC 184/SC4/WG10 N084; 1996 October 11.
- [47] Preliminary Work Item Proposal: STEP Modularization. ISO TC 184/SC4/WG10 N179; 1998 June 4.
- [48] ISO 10303-22: *Industrial data systems and integration – Product data representation and exchange – Implementation method: Standard data access interface specification*
- [49] http://pdesinc.scra.org/whatsnew/lockmart_press.html.
- [50] http://pdesinc.scra.org/whatsnew/boeing_press.html.
- [51] <http://pdesinc.scra.org/events/gm.html>.
- [52] <http://pdesinc.scra.org/events/c17.html>.
- [53] ISO 10303-1: 1994: *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1: Overview and fundamental principles*.
- [54] *Description method: architecture and development methodology reference manual*, ISO TC 184/SC4/WG10 N62; 1996 May.
- [55] Description methods [54].
- [56] Wilson, Peter R. [1].
- [57] ISO/IEC 8824: 1990 [24].
- [58] ISO 10303-11: 1994 [10].
- [59] ISO 10303-1: 1994: *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 12: Implementation methods: "Clear text encoding of the exchange structure*.
- [60] ISO 20404-22: 1998. [48].
- [61] ISO 10303-23 (DIS): *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 23: Implementation method: C++ language binding to the standard data access interface*.
- [62] ISO 10303-24 (CD): *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 24: Implementation method: C language binding to the standard data access interface*.
- [63] ISO 10303-26 (CD): *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 26: Interface definition language binding to the standard data access interface*.
- [64] ISO/IEC 9646: 1994 Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework.

- [65] ISO/IEC 9592-1: 1997, *Information technology – Computer graphics and image processing – Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System (PHIGS) – Part 1: Functional description*.
- [66] ISO/IEC 7942-1: 1994, *Information technology – Computer graphics and image processing – Graphical Kernel System (GKS) – Part 1: Functional description*.
- [67] ISO 10303-45, 1997: *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 45: Integrated generic resource: Materials*.
- [68] ISO 10303-47: *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 47: Integrated generic resource: Shape variation tolerances*.
- [69] Guidelines for the development and approval of STEP application protocol. ISO TC 184/SC4 N535
- [70] Guidelines for application interpreted construct development. ISO TC 184/SC4 N534: 1997.
- [71] Danner, William F. [42].
- [72] Danner, William F.; Sanford, David T.; and Yang, Yuhwei. STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) Resource Integration; Semantic and Syntactic Rules. Natl. Inst. of Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4528; 1991 March.
- [73] Danner, William F. [42].
- [74] Danner, William F. [20].
- [75] Jordon, Lesley-Ann. A Study in the Exchange of Product Data Using STEP and EXPRESS. MS thesis, Queen's University of Belfast; 1994 September.
- [76] Aranow, Eric. Associative Data Modeling: A Powerful Alternative, chapter in *Database Programming & Design*; 1989 May.
- [77] Chen, P.P. The entity-relationship model – Toward a unified view of data. *ACM Trans. Database Syst.*, 1, 1 March. 9-36.
- [78] Hull, Richard, and King, Roger. Semantic Database Modeling: Survey, Applications, and Research Issues. *ACM Computing Surveys*, Vol. 19, No. 3; 1987 September.
- [79] Van Griethuysen, J.J. Concepts and Terminology for the Conceptual Schema and Information Base. International Standards Organization, ISO TC 97/SC5 N695.
- [80] Williams, Anne L. Comparative Analysis of the Modeling Languages: IDEFIX, EXPRESS, and NIAM. 1989 February 7.
- [81] Integration Definition for Function Modeling (IDEF0). Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) Draft Fed. Info. Process. Stand. Pub. (FIPS PUB) 183; 1993 December 21.
- [82] Loomis, Mary E. S. Data Modeling --- The IDEFIX Technique. Proceedings of the IEEE 1986 Phoenix Conference on Computers and Communications; 1986 March 26-28; Phoenix, AZ.
- [83] Integration Definition for Information Modeling. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) Draft Fed. Info. Process. Stand. Pub. (FIPS PUB) 184; 1993 December 21.
- [84] ISO 10303-11: 1994 [10].
- [85] Shaw, Nigel, and Owen, Jon. Outline of the Integrated Product Information Model and EXPRESS. University of Leeds, United Kingdom; 1988 December.
- [86] ISO/IEC 9075: 1992, *Information technology – Database languages – SQL*.
- [87] ISO/IEC 9899: 1990, *Programming languages – C*.
- [88] ISO 10303-21: 1994 [59].
- [89] ISO/IEC 8824-1: 1995, *Information technology – Abstract Syntax Notation One (ASN.1): Specifications of basic notation*.
- [90] ISO 10303-11: 1994 [10].
- [91] ISO/TR 10303-12: 1997, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 12: Description methods: The EXPRESS-I language reference manual*.
- [92] Wilson, Peter, EXPRESS-I Language Reference Manual. ISO/TR 10303-12; <http://www.mcl.nist.gov/step/parts/part012/>; 1994 December 1.
- [93] EXPRESS-I Language Reference Manual. ISO TC 184 SC4 WG5 N251.
- [94] EXPRESS-X Reference Manual. ISO TC 184 SC4 WG5 N052. <http://www.mcl.nist.gov/step/parts/expressx/n052>; 1966 September 13.
- [95] EXPRESS-M Language Reference Manual Version 1. ISO TC 184 SC4 WG5 N51.

- [96] Whitehead, Alfred North, and Russell, Bertrand. *Principia Mathematica*. 3 Volumes. (1910, 1912, 1913). Cambridge: Cambridge University Press. Second edition, 1925 (Vol. 1), 1927 (Vols. 2, 3). Abridged as *Principia Mathematica to *56*, Cambridge: Cambridge University Press; 1962.
- [97] ISO 10303-21: 1994 [59].
- [98] ISO 10303-11: 1994 [10].
- [99] Whitehead, A.N.; Russell, B. [96].
- [100] Morris, K.C.; Sauder, David; Ressler, Sandy. Validation Testing System Reusable Software Component Design. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4937; 1992 October.
- [101] Libes, Don. The NIST EXPRESS Toolkit: Introduction and Overview. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 5242; 1993 October 25.
- [102] ISO/IEC 14882 (DIS) [29].
- [103] ISO/IEC 19075:1992 [86].
- [104] Mitchell, M.J., Morris, K.C. The Use of Application Model Validation in Testing a Proposed Standard, Integrated Product Development, American Society of Mechanical Engineers, New York, August 1992.
- [105] Clark, S.N., QDES User's Guide, NISTIR 4361, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. June 1990.
- [106] Morris, K.C., Translating Express to SQL: A User's Guide, NISTIR 4341, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, May 1990.
- [107] Morris, K.C., Mitchell, M.J., Barnard, A. Validating STEP Application Models at the National PDES Testbed, NISTIR 4735, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, May 1990.
- [108] Test Report for Context-Driven Integrated Model (CDIM) Application A1, Skeels, J., ed., PDES, Inc. internal report PMG012.01.00, SCRA, Charleston, SC, April 1990.
- [109] Morris, K.C., McLay M., Carr, P.J. Validation Testing System Requirements, NISTIR 4676, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, May 1991.
- [110] Morris, K.C., [106].
- [111] ISO 10303-21: 1994 [59].
- [112] <http://www.mel.nist.gov/msidstaff/sauder/SCL.htm> as of 1998 August 3.
- [113] Denno, Peter. Dynamic Objects and Met-level Programming of an EXPRESS Language Environment. Proceedings of the Dynamic Objects Workshop, Object World East; 1996 May 5.
- [114] ISO 10303-11: 1994 [10].
- [115] ISO 10303-21: 1994 [59].
- [116] ISO/IEC 8632-1: 1992, *Information technology – Computer graphics – Metafile for the storage and transfer of picture description information – Part 1: Functional specification*.
- [117] Barrett, M., Coletta, G., Langenbach, C., Morris, K.C., Mudgett, C., Nieva, A., A High-level Architecture for Implementing a PDES/STEP Data Sharing Environment, PDES, Inc., SCRA, Charleston, SC, 1991 May.
- [118] ISO 10303-22: 1998 [48].
- [119] D. Appleton Company, Inc. Working Draft, Development Plan for a Product Data Exchange Specification, PDES Version 1.0. W-669-87-06; Revised 1987 July 27.
- [120] ISO/IEC 9075: 1992, [86].
- [121] ISO 10303-26 (CD) [63].
- [122] OMG, The Common Object Broker: Architecture and Specification. <http://www.omg.org/corba/c2indx.htm> (as of 1998-09-28).
- [123] ISO 10303 NW1, Java programming language binding to the Standard Data Access Interface specification.
- [124] ISO/IEC 9945-1: 1996, *Information technology – Portable Operating System Interface (POSIX) – Part 1; System Application Program Interface (API) [C Language]*.
- [125] ISO/IEC 9075: 1992, [86].
- [126] MS ISO 8907: 1993, *Information Processing Systems – Database Language NDL (Network Database Language) Software*.
- [127] Morris, K.C.; Mitchell, Mary; Dabrowski, Christopher; Fong, Elizabeth. Database Management Systems in Engineering.

- Encyclopedia of Software Engineering*. New York, NY: John Wiley and Sons; 1994. 282-308. Also published as Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4976; 1994. (<http://elib.cmc.nist.gov/fasd/pubs/morris92c.ps>).
- [128] Loffredo, David. Efficient Database Implementation of EXPRESS Information Models. PhD Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York; 1998 May.
 - [129] Cattell, R. G. G. *Object Data Management*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1992.
 - [130] ISO 10303-22; 1998 [48].
 - [131] ISO 10303-23 (DIS) [61].
 - [132] ISO 10303-24 (CD) [62].
 - [133] ISO 10303-25 (WD), *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Fortran language binding to the standard data access interface* [withdrawn].
 - [134] ISO 10303-25 (CD) [63].
 - [135] Rando, T. and McCabe, L. Issues in implementing the C++ binding to SDAI. *Computer Standards & Interfaces*, vol. 16, no. 4; 1994.
 - [136] ISO 10303-22; 1998 [48].
 - [137] ISO 10303-21; 1994 [59].
 - [138] ISO 10303-22; 1998 [48].
 - [139] ISO 10303-35 (WD), *Industrial data systems and integration – Product data representation and exchange – Part 35: Conformance testing methodology and framework: Abstract test methods for standard data access interface implementations*.
 - [140] Palmer, M.E. Strategies for Implementing IGES (Initial Graphics Exchange Specification) for the Operations of NAVFAC (Naval Facilities Engineering Command). Nat. Bur. Stand. (U.S.) NBSIR 3693; 1998.
 - [141] Carver, Gary P.; Bloom, Howard M. Concurrent Engineering Through Product Data Standards. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 4573; 1991 May.
 - [142] <http://www.mel.nist.gov/apde/uofs/> as of 1998 August 10.
 - [143] Chestnutwood, Mark C.; Kowalski, Norman W. Open Systems Conformance Testing. Proceedings of the ITEA Test Technology Transfer Symposium. 1994 August 29; Newport, R.I.
 - [144] ISO/IEC 9646:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework – Part 1: General concepts*
 - [145] ISO 10303-11; 1994, [10].
 - [146] ISO 10303-11; 1994, [53].
 - [147] ISO 10303-34 (DIS), *Industrial automation systems and integration – Product representation and exchange – Part 34: Conformance testing methodology and framework – Abstract test methods*.
 - [148] ISO 10303-203; 1994, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 203: Application protocol: Configuration controlled design*.
 - [149] Federal Information Process Standard Publication 183 [81].
 - [150] ISO 10303-31:1994, *Industrial automation systems and integration – Product representation and exchange – Part 31: Conformance testing methodology and framework: General concepts*.
 - [151] ISO 10303-32:1998, *Industrial automation systems and integration – Product representation and exchange – Part 32: Conformance testing methodology and framework: Requirements on testing laboratories and clients*.
 - [152] ANSI X3.274-1996, *Information Technology – Programming Language REXX*; 1996.
 - [153] McKay, A.; Bloor, S.; Owen, J. Application Protocols: a position paper. ISO TC 184/SC4WG4 N1001; 1993 September 9.
 - [154] ISO 10303-21; 1994 [59].
 - [155] ISO 10303-22; 1998 [48].
 - [156] ISO 10303-31:1994, *I50*.
 - [157] Frechette, Simon P. Interoperability Requirements for CAD Data Transfer in the AutoSTEP Project. Natl. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 5844; 1996 March.
 - [158] <http://www.mel.nist.gov/msidstaff/denno/nist-expresso.html> as of 1998 October 5.
 - [159] ISO 10303 (TR), *Industrial automation systems and integration – Product representation and exchange – Part 392: Abstract test suite; Associative Draughting*.
 - [160] United States to Establish ISO 10303 Certification Process. US PRO Press Release: 1998 June 9.

- [161] <http://www.stepnet.org/> as of 1998-09-20.
- [162] ISO/IEC Directives – Part 1 Procedures for the technical work, 3rd edition; 1995 June.
- [163] SC4 organization handbook. ISO TC 184/SC4 N4892; 1996 October 6.
- [164] Letter from Bradford Smith (Chair/Secretariat of ISO TC 184/SC4) to Mr. Jacques Chabot (Commercial Director, (ISO Central Secretariat); 1992 September 2.
- [165] Smith, Bradford [164].
- [166] Rinaudot, Gaylen, R. The IGNES/PDES Organization STEP On-Line Information Service (SOLIS). Natl. Inst. Stand. Technol. (U.S.) NISTIR 5511; 1994 October.
- [167] Cumulative List of Resolutions. ISO TC 184/SC4 N456; 1996 June 20.
- [168] ISO/IEC, Part I, 1994 [162].
- [169] SC4 organization handbook [163].
- [170] Smith, Bradford [164].
- [171] Morris, I.C. Data Probe: a Tool for EXPRESS-Based Data, *Engineering Data Management: Key to Success in a Global Market*, ASME; 1993.
- [172] Libes, Don. An EXPRESS Pretty Printer. Natl. Inst. Stand. Technol. (U.S.) NISTIR 5292; 1993 November 8.
- [173] Libes, Don. Concepts of the MIST EXPRESS Server. *First International Workshop on Services in Distributed and Networked Environments (SDNE)*, Czech Republic; 1994 June 27-28.
- [174] Libes, Don. The NIST EXPRESS Toolkit – Design and Implementation. *Proceedings of the Seventh Annual ASME Engineering Database Symposium*. San Diego, CA; 1993 August 9-11.
- [175] Clark, Steven Noland. Fed-X: The NIST EXPRESS Translator. Natl. Inst. Stand. Technol. (U.S.) NISTIR 4371; 1990 November 19.
- [176] <http://www.mel.nist.gov/apde/snr/> as of 1998-09-20.
- [177] Libes, Don. Shtolo – Converting STEP Short Listings to Annotated Listings. Natl. Inst. Stand. Technol. (U.S.) NISTIR 5291; 1993, November 8.
- [178] <http://www.mel.nist.gov/msidstaff/sauder/SCL.htm> as of 1998-09-20.
- [179] Clark, Steve Noland. Transformr – A Prototype STEP Exchange File Migration Tool. Natl. Inst. Stand. Technol. (U.S.) NISTIR 4944; 1992, October 13.
- [180] Barnard Feeney, Allison. Requirements for an Application Protocol Development Environment. Natl. Inst. Stand. Technol. (U.S.) NISTIR 5197; 1993 May.
- [181] ISO 8879:1986, *Information processing – Text and office systems – Standard Generalized Markup Language (SGML)*.
- [182] Phillips, Lisa; Lubell, Joshua. An SGML Environment for STEP. Natl. Inst. Stand. Technol. (U.S.) NISTIR 5515; 1994 November.
- [183] Rinaudot, Gaylen [166].
- [184] ISO/IEC 10303-210 (DIS), *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 210: Application protocol – Electronic assembly, interconnect and packaging design*.
- [185] Fowler, Julian [17].
- [186] Phelps, Thomas, A. A STEP Closer. *AIAG Action Line*; June 1998.
- [187] ISO 10303-103: 1994 [148].
- [188] ISO 10303-22: 1998 [48].
- [189] ISO 10303-11: 1994 [10].
- [190] The EXPRESS-X reference manual [94].
- [191] ISO 10303-11E2 to be published. *The EXPRESS language reference manual*. 2nd edition.
- [192] ISO 10303-209 (CD). *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange -- Application protocol: Life cycle management – Change process*.
- [193] Price, David; Loffredo, Dave. Part 21 Extensions for AP Interoperability. *Proceedings of the ISO TC 184/SC4/WG10 Workshop on Architectures for Industrial Data*; 1997 January 7-9; NIST, Gaithersburg, MD, USA.
- [194] ISO 10303-224: 1999, *Industrial automation systems and integration -- Product data representation and exchange -- Application protocol: Mechanical product definition for process plans using machining features*.

- [195] ISO 10303-213 (DIS), *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Application protocol: Numerical control process for machined parts*.
- [196] Shah, J; Mantyla, M. Parametrics and Feature-Based CAD/CAM. Wiley Interscience; 1995.
- [197] Generic Engineering-Analysis Model. Developed by Computer Integrated Manufacturing & Engineering (CIME) of the European Specific Program for Research and Development in Information Technology (ESPRIT), Version 16; May 14, 1997. (<http://www.tno.nl/instit/bouw/project/gem/home.tml>)
- [198] ISO 10303-209 (CD) [192].
- [199] ISO 10303-104 (CD), *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 104: Integrated application resources; Finite element analysis*.
- [200] ISO 10303-105: 1996, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 105: Integrated application resources; Kinematics*.
- [201] Generic Engineering-Analysis Model. Developed by Computer Integrated Manufacturing & Engineering (CIME) of the European Specific Program for Research and Development in Information Technology.
- [202] The Boeing/David Taylor DT_NURBS mathematical function representation EXPRESS model. (<http://dtinet33-199.dt.navy.mil/dtnurbs/>)
- [203] The NASA Complex Geometry Navier Stokes (CGNS) Computational Fluid Dynamics Model. Version 1.0: 1998 May. (<http://www.cgns.org/>).
- [204] ISO 10303-42: 1994 [8].
- [205] Shih, C-H., Anderson, B. A Design/Constraint Model to Capture Design Intent. Proceedings of Fourth Symposium on Solid Modeling and Applications; 1997 June. 255-264.
- [206] Lea, Jintae. Extending the Potts and Bruns Model for Recording Design Rationale. IEEE; 1991.114-125.
- [207] Chandrasekan, B. et al. Functional Representation as Design Rationale. IEEE Computer; 1993.48-56.
- [208] IEEE Standard VHDL Language Reference Manual. IEEE Std 10076-1993. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers; 1993.
- [209] ISO/IEC 10303-210 (DIS) [184].
- [210] Wilsey, P.A.; Davis, K.C. Modeling VHDL's e Execution Semantics in EXPRESS; ISO TC 184/SC4/WG5 N36 (P3); 1992 June 30.
- [211] Lau, R.Y.W. EDIF: Electronic Design Interchange Format Version 400 Information Model. Electronic Industries Association; EDIF Steering Committee; 1996.
- [212] Hines, L.E.; Gadiant, A.J. EXPRESS Driven Data Conversion. Proceedings of Concurrent Engineering: Research and Applications Conference; 1994 August. 313-322.
- [213] Gadiant, A.J.; Hines, L.E.; Welsh, J.; Schwalb, A.P. Agility through Information Sharing: Results Achieved in a Production Setting. *Concurrent Engineering: Research and Applications Journal*, volume 5, number 2: 101-111; 1997 June.
- [214] Anderson, B.; Ryan, S. Using STEP Application Protocols to Enable Concurrent Engineering in Real World Pilot Implementations. *Proceedings Current Engineering Research and Applications Conference*; 1995 August. 349-353.
- [215] Report of Survey Conducted at Lockheed Martin Electronics & Missiles, Orlando, FL. Best Manufacturing Practices Center of Excellence, College Park, Maryland; 1995 April.
- [216] Gadiant, A.J.; Graves, G.R.; Boudreaux, J.C. PreAmp: A STEP Based Concurrent Engineering Environment for Printed Circuit Assemblies. *Proceedings Concurrent Engineering: Research and Applications Conference*; 1994 August. 529-537.
- [217] Hines, L.E.; Gadiant, A.J.; Stiteler, M.; Smith, D.; Smith, G.; Process Improvements Enabled by An Agile Collaborative Manufacturing Interface. *Proceedings Mentor User's Group Annual Conference*, 1997 October. (To be published.).
- [218] Jones, C.; Andren, E. Manufacturing Application Strategies Scenario. Strategic Analysis Report by Gartner Group 13 February, 1997.
- [219] Table adapted from Krishnaswami, Ravi. Projects Management Components – Phase 1a. Presentation; 1995, May 17.
- [220] ISO 10303-214 (CD), *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Application protocol: Core data for automotive mechanical design processes*.
- [221] ISO 10303-232 (CD), *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Application protocol: Technical data packaging core information and exchange*

- [222] ISO 10303-26 (CD) [63].
- [223] ISO 10303 Working draft, Java programming language binding to the standard data access interface with Internet/Intranet extensions; 1998 February 6.
- [224] ISO 14258:1998 *Industrial automation systems and integration – Concepts and rules for enterprise models*.
- [225] ISO15794 (DIS) *Industrial automation systems and integration – Requirements for enterprise –reference architectures and methodology*.
- [226] The Common Object Request Broker: Architecture and Specification, Revision 1.1, Object Management Group; 1992.
- [227] ISO 10303-26 (CD) [63].
- [228] ISO 10303-11:1994 [10].
- [229] Committee chartered by ANSI in 1979 to develop U.S. and international cross-industry standards for electronics data interchange (EDI); 1979.
- [230] Design and Modeling Advisory Council. (<http://www.intergraph.com/ole/dmac.htm>)
- [231] Gosling, James; Joy, Bill; Steele, Guy. The Java Language Specification. (http://java.sun.com/doc/language_specification/)
- [232] ISO 8879:1986 [181].
- [233] ISO/IEC 8652:1995, *Information technology – Programming language –Ada*.
- [234] The Virtual Reality Modeling Language, Version 1.0 Specification (http://www.3Dsite.com/cgi/arch-VRML/VRML_1.0_specification.txt).
- [235] ISO 10303-1:1994 [53].
- [236] ISO 10303-1:1994 [53].
- [237] ISO 10303-202:1996, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 101: Application protocol: Associative draughting*.
- [238] ISO 10303-1:1994 [53].
- [239] Kemmerer, Sharon J., Fowler, James E. (editors), *Initial Manufacturing Exchange Specification (IMES)*, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 5978, 1997 February.
- [240] ISO 101303-1:1994 [53].
- [241] ISO 101303-1:1994 [53].
- [242] <http://www.erim.org/cec/projects/autostep.htm>
- [243] <http://www.cam-i.com/overview/html>
- [244] Danner, William F., David T. Sanford, Yuhwei Yang, *STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) Resource Integration; Semantic and Syntactic Rules*, Natl. Inst. Stand. & Technol. NISTIR 4528, 1991 March.
- [245] ISO 10303-1:1994 [53].
- [246] ISO 10303-1:1994 [53].
- [247] Danner, William F.; Sanford, David T.; and Yange, Yuhwei. [244].
- [248] Mitchell, Mary. Data Model Development and Validation for Product Data Exchange. Nat. Inst. Stand. & Technol. (U.S.) NISTIR 90-4241, 1990 January.
- [249] ISO 10303-1:1994 [53].
- [250] ISO 10303-1:1994 [53].
- [251] <http://www.stepcom/ncl/ac/uk/>
- [252] ISO 10303-1:1994 [53].
- [253] <http://www.rdr.rpi.edu/express-v/homepage.html>
- [254] <http://www.steptools.com/projects/express-x/homepage.html>
- [255] Federal Information Process Standard Publication 183 [81].
- [256] Federal Information Process Standard Publication 183 [81].
- [257] Federal Information Process Standard Publication 183 [81].
- [258] Fowler, Julian. [17].
- [259] ISO 10303-1:1994 [53].
- [260] <http://www.iec.ch/>
- [261] <http://www.iec.ch/>

- [262] Kemmerer, Sharon J. *Computer-Aided Acquisition and Logistic Support (CALS) Testing: Programs, Status, and Strategy*, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 4940, 1992 October.
- [263] Danner, William F.; Sanford, David T.; and Yange, Yuhwei. [244].
- [264] Mason, Howard. [13].
- [265] ISO 10303-1:1994 [53].
- [266] Gosling, James; Joy, Bill; Steel, Guy. [231].
- [267] ISO TC 184/SC4 N533 SC4 Standing Document, *Guidelines for the development of mapping tables*, 1997-02-19.
- [268] Fowler, Julian. [17].
- [269] <http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/corba-overview.html>
- [270] ISO 10303-1:1994 [53].
- [271] ISO 10303-13 (PWI), *Industrial data systems and integration – Product data representation and exchange – Description methods: Architecture and development methodology reference manual*. 1996 May.
- [273] ISO 10303-1:1994 [53].
- [273] ISO 10303-13 (PWI) [271].
- [274] ISO 10303-13 (PWI) [271].
- [275] Danner, William F.; Sanford, David T.; and Yange, Yuhwei. [70].
- [276] Tyler, Joan. *Models, Managing Models, Quality Models: An Example of Quality Management*, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 4940, 199
- [277] ISO/IED Directives, Part 1, 1995 [162].
- [278] Morris, K.C. [171].
- [279] ISO TC 184/SC4 N536 SC4 Standing Document, *Guidelines for the development of abstract test suites*, 1997-03-01.
- [280] Mason, Howard [13].

—禁無断転載—

STEP The Grand Experience

発行人 (財)日本情報処理開発協会
企業間電子商取引推進機構

〒135-8073 東京都江東区青海 2-45
タイム 24 ビル 10 階

電話 03-5500-0521

FAX 03-5500-0520

平成 12 年 3 月 14 日 発行



KEIRIN



競輪補助事業