

資 料

米国の先端情報技術に関する調査研究

平成8年3月

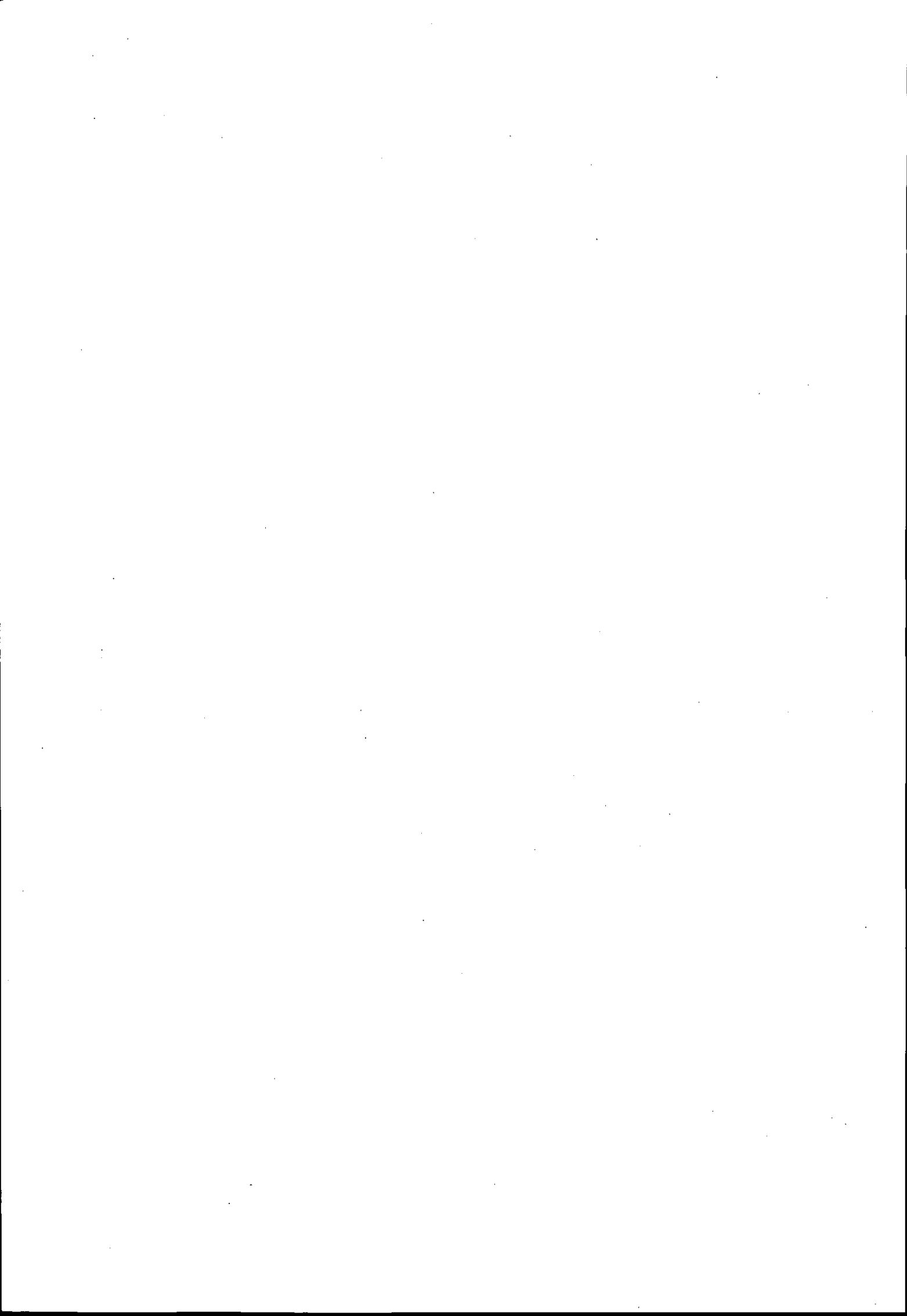
財団法人 日本情報処理開発協会
先端情報技術研究所

KBIRIN

00

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

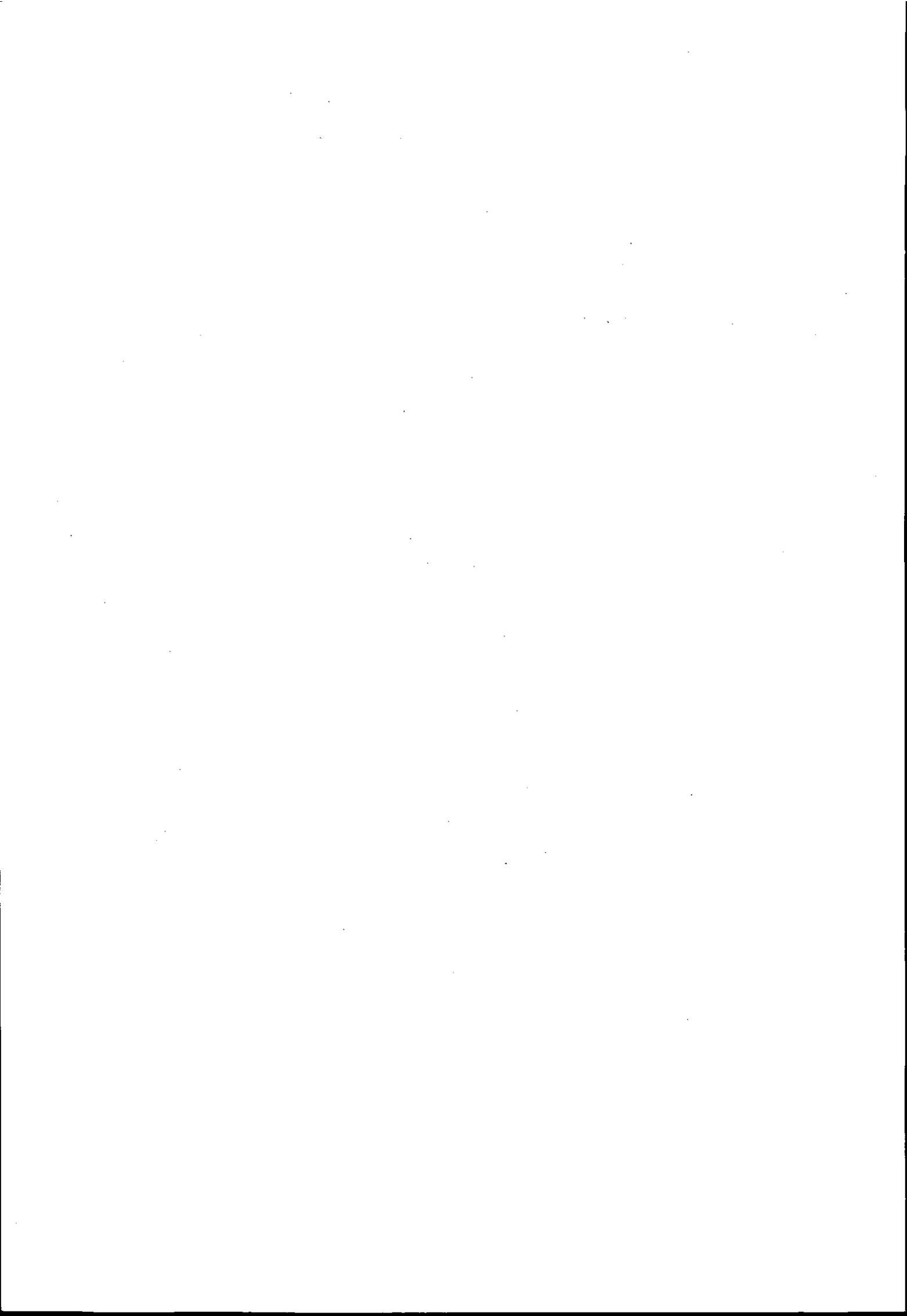




米国の先端情報技術に関する調査研究

目 次

序に代えて 一先端情報技術の調査の考え方一	1
第Ⅰ部 平成7年度調査の概要	7
1. 調査のテーマ、方法、調査結果の構成	9
2. 調査結果の概要	13
第Ⅱ部 米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向	39
一ADL社調査結果一	
1. 米国政府によるIT研究開発への出資	41
2. 技術の研究開発から実用化への仕組み	53
3. IT技術と研究開発領域及びプロジェクト	69
第Ⅲ部 HPCCにおけるNational Challengesの現況	85
1. HPCCプログラムの概要	87
2. HPCCにおけるNational Challengesの概況	96
2.1 デジタル・ライブラリ	97
2.2 エレクトロニック・コマース	109
2.3 製造プロセス及び製品	121
2.4 エネルギー・マネジメント	127
2.5 政府情報の一般公開	129
2.6 環境モニタリング	139
2.7 教育と生涯学習	144
第Ⅳ部 米国の先端的ソフトウェア研究開発における連邦政府プログラムの役割	151
1. 連邦政府プログラム調査の背景と目的	153
2. 情報技術とその開発プロセスの特徴に関する検討	155
2.1 情報技術の特徴	155
2.2 情報技術の研究開発プロセスの特徴	158
2.3 情報技術開発における連邦政府の役割	162
2.3.1 研究開発における政府の役割	163
2.3.2 市場化・情報基盤整備における政府の役割	166
2.3.3 研究開発から情報基盤整備へ	168
2.3.4 産学官の連携	175
2.3.5 長期的な研究開発の継続	177
2.4 連邦研究開発プログラムの仕組み	180
3. まとめ	183
付属資料1 情報技術開発を実施している米国主要連邦機関の概要	185
付属資料2 ADL社調査結果に対する委員による分析結果	195



序に代えて

—先端情報技術の調査の考え方—

(財) 日本情報処理開発協会

先端情報技術研究所 所長 内田俊一

1. 背景と目的

わが国の情報産業は、1970年代から1980年代の半導体に代表されるハードウェア技術の飛躍的な進歩を背景として目覚ましい発展を遂げ、わが国の産業を支える基盤産業に位置づけられるまでになった。しかしながら、情報技術がある一定の成熟段階に至ったことにとともに、情報産業の構造は大きく変化してきた。

変化の第一は、1980年代から1990年代のパーソナルコンピュータやワークステーションの爆発的な普及があげられる。汎用大型機が低迷する中で、世界の市場は、1994年の出荷金額ベースでは、この2つが70%を越えるまでになっている。わが国においても、1992年、93年、94年とその比率は38%から42%、52%と急増している。

変化の第二は、1990年代のインターネットに代表されるオープンなネットワーク化が本格的な普及期に入りつつあることである。これは、パーソナルコンピュータやワークステーションが普及し、さらにそれらが高機能・高性能化するとともに、このオープンなネットワークに接続されることで、経済のグローバル化、ボーダレス化を推進するという高度な利用を模索するユーザーのニーズと結びつき、新たな大きな市場を形成しつつあることである。

このような情報産業の新たな構造変化のなかで、情報技術の研究開発は、オープンなネットワークを前提とした情報技術の研究開発に焦点があてられるようになってきた。特にインターネットをプラットフォームとする情報技術の研究開発にこれまでの要素技術の研究開発が集約されてきているとみることができる。

米国では、これらの情報基盤の構築を国家戦略として、NII (National Information Infrastructure) 構想とそれを実現する具体的な情報技術の研究開発計画である HPCC (High Performance Computing and Communications) を進めている。

わが国においても、通産省では情報基盤の整備を進め産業の活性化を図る種々の政策の方向を打ち出している。

このような情報産業の構造変化の中で、先端情報技術のどの分野の研究開発を行うべきか、また産・官・学の先端情報技術研究開発の協力・連携はどうあるべきか等が新たな検討課題となってきた。

本調査は、内外の先端的情報技術の研究開発やこれらを利用した産業の動向、諸外国における技術開発に関連する政策や制度等についての調査研究を通じて、これらの課題を検討するための一助とすることを目的としている。

2. 調査の考え方

上記調査目的に沿って本調査研究を実施するうえでの考え方を次の3つの観点から検討した。

- ・ 諸外国の先端情報技術の推進のための政策やプロジェクトの動向
- ・ 先端情報技術の研究開発動向
- ・ 公共財としてのデータベースの必要性

(1) 諸外国の先端情報技術の推進のための政策やプロジェクトの動向

欧米、アジア諸国は、こぞって先端情報技術の開発に政府資金を投入している。まず、この先端技術開発政策に関連する政策やプロジェクトについて、概要を押さえておくことが必要である。

米国においては、インターネット上に、政府支援の先端情報関連プロジェクトの内容を細部にわたり公開しているので、これを積極的に利用してその現況を調査することとし、また将来に向けての新技术開発計画にも注目したい。

さらに本調査では、もう一步先をみて、将来の情報産業もしくは情報産業以上に大きな産業に育つ可能性をもつ分野を捕捉することを狙いたい。具体的には、電子図書館プロジェクト、電子モール（仮想商店街）などの例があげられる。

これらの調査研究は、米国でいえば、NSF、DOE、NIH、NASAなどが、どのようなプロジェクトの募集を行い、どのような提案がプロジェクト化されたかを追跡しておくことで、目的は達せられよう。

英国では、DTIやSERC、フランスでは、INRIA等が実施している先端情報技術関連プロジェクトを対象としたい。アジア諸国については、欧米諸国がインターネットなどで情報を公開しているのにくらべると、このような情報収集がむずかしい点などが問題となるが、シンガポールのネットワーク整備のように急速に進むケースもあり、注意が必要である。

(2) 先端情報技術の研究開発動向

本調査研究として、期待されている分野は、ネットワーク技術、分散・並列処理技術や基本ソフトウェア、ミドルウェア的なソフトウェア技術、将来的に大きく発展しそうなネットワークなどに関連する応用技術であろう。(要するに、日本が、米国に遅れをとっているといわれている分野である。)幸いこの分野は、通産省が推進した第五世代プロジェクトの人的な遺産やIFSなどの知的ソフトウェアを財産として有効に活用できる分野も多くあり、諸外国の研究者や企業が興味をもっているところである。そこで、これらの技術の発展を支援しつつ、この分野の新技術の展開を調査することも可能である。

(3) 公共財としてのデータベースの必要性

近未来の情報産業の育成を考えた場合に、わが国として必要なことは、公開可能な情報資源の電子化とその公共財化である。米国では、法律により、議会の可決した法案や政府関連プロジェクトの進捗状況や関連するデータベースの電子化とインターネットによる公開を義務づけてしまった。これは米国の情報基盤整備の大きな一歩であり、我が国の情報産業の育成する上で欠如しているものの一つである。

一例をあげれば、NASAの宇宙計画で撮影された数々の天体写真や海洋生物学の標本などの写真を含むデータなどがデータベース化され、インターネットの上の貴重な公共財として利用されている。このような多数のデータベースを一次情報としてこれに加工を加え、商業的な価値を持つようにしたデータベースを作り、新たなビジネスが生れている。マルチメディアの時代となった今、それが絶対的な競争力の裏付となっている。

将来において有効な財産となるような公共財的な情報の蓄積またはどのような基礎技術を蓄積すべきかを調査することを長期的なテーマとしたい。

3. 調査の内容

情報産業の基盤技術開発・育成のための研究投資について、以下のような調査項目で調査する。

(1) 米国政府機関の研究投資

1) 投資の方向について

○先端的な要素技術開発

→ どのような技術に投資しているか?

情報関連テーマ以外も含めて、全体像を示し、その中での情報関連分野の比率を示す。

○将来花開くであろう情報関連の基礎研究テーマ中心に選択して

- 大学、国公立研究機関のどこが対象となっているか？
- 設備投資（スーパーコンピューターセンターや共通的DBの構築など）にはどんなものがあるか？

2) インフラ整備（社会制度／規制緩和などを含む）

- 個々の基礎研究の実施機関をサポートするインフラとして何をしているか？
 - 例；ネットワークの場合なら、通信回線の料金の低減や回線速度の向上など
 - 例；政府の持つ行政上の情報を電子化しネットワークを介して公開する法律の作成など

3) 実用化促進

- 基礎研究を実際のビジネスに育て上げるための方策はどうなっているか？
 - ・ベンチャー企業の先端要素技術の商用化支援（SBIR）
 - ・技術的に関連あるいくつかのナショナルプロジェクトを走らせるなど
- 例；ネットワーク開発 → 電子図書館プロジェクト

(2) 調査対象とする情報技術

1) ネットワーク技術

- ・高速データ転送技術
- ・マルチメディアの扱い
- ・分散データベース技術
- ・セキュリティ、暗号化技術

* ネットワークの利用局面を限定して技術項目の調査をする。

- 電子取引、バーチャルモール、分散仮想研究所、分散仮想電子図書館

2) 並列分散処理技術

- ・超並列コンピュータのハードウェア／ソフトウェア／利用のための技術
- ネットワークの中心にあるデータサーバ又はコンピューティング・パワーサーバの位置付け
 - ・KB／DBの並列知的処理
- マシンのインテリジェント化（例；検索のインテリジェント化）

- ・グラフィックス→マルチメディア化（特に絵の扱い（MacのPhotoshop））
- ・会話インターフェース／多国語対応
- ・会社経営のコンサルティング、種々のエキスパートシステム、等

3) 応用指向技術

- 未来の社会組織との関連で議論する必要がある。
- ・遺伝子情報処理 …………… 先端技術開発から新産業誕生の過程を追う
- ・電子図書館／美術館 …………… 現状と将来の見通し
- ・行政情報アクセス …………… 日米比較
- ・電子新聞 …………… 将来見通しと発展するための阻害要因
- ・電子ブック …………… 発展へのストーリー
- ・イベント案内やバーチャルモール

(3) コンピュータ技術の過去・現在の分析と未来予測

(2) で選択した分野／テーマについて、過去から未来への展開を分析し、下記の項目に注目して、調査をまとめる。(選択したテーマにとって重要な項目について)

過去（5年前）……………分析対象とする

現在 ……………分析対象とする

未来（5年後、10年後） ……………の予測をする

1) 基本となる要素技術またはインフラは何か？

マシン（並列化）や通信回線（高速、高帯域化）

100台～1000台 1G～

2) 基本となるソフトとデータは何か？

○処理対象となるメディア＝データとして何が主に送られるか？

（絵／画像がメイン）

→TV電話、遠隔会議、電子ブック

○データベースの展開（分散と集中の比率は？）

・インテリジェントな情報検索は？

・多国語を含むデータの扱いは？

3) ユーザインターフェースと応用

○情報プレゼンテーション技術の展開

- ・ 図形、画像の意味的処理技術
- ・ 機械翻訳の可能性（電子取引の帳票のような実用的なものに注目して）

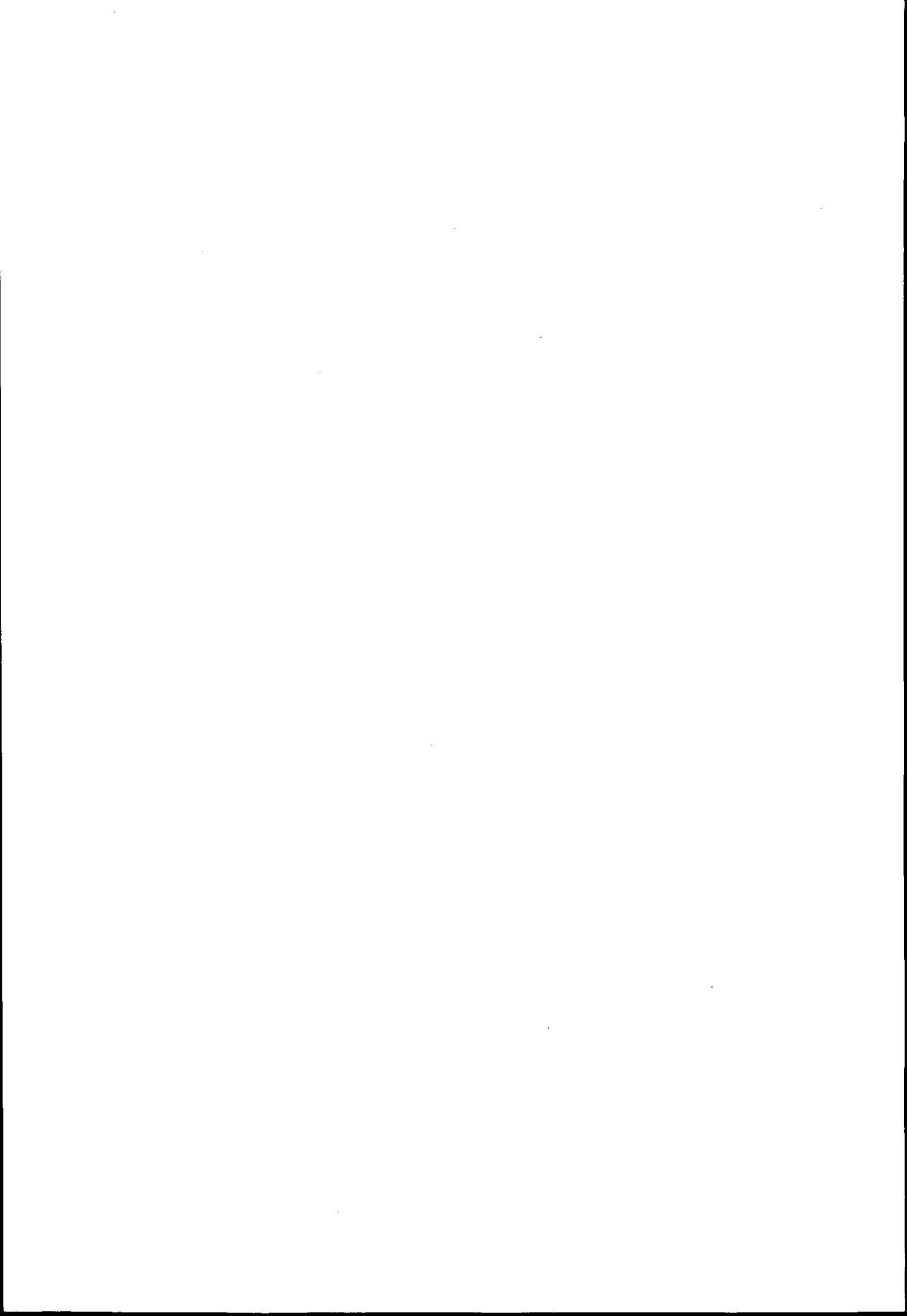
○応用システムとして典型的なものは？

社会の中の利用形態—どのような便利な機能を提供するか？

第 I 部

平成 7 年度調査の概要

1. 調査のテーマ、方法、調査結果の構成
2. 調査結果の概要



1. 調査のテーマ、方法、調査結果の構成

1.1 調査テーマ

本年度は、本調査の初年度であることから、米国政府機関を対象として、先端情報技術への研究投資の現状について調査することとした。

米国政府機関としては、NSF、DOE、NASA、DARPAなどを中心に、

- ・どんな政府機関から、どんな研究組織のどんなテーマに、投資されているのか
- ・将来花開くであろう情報関連基礎テーマで重点投資が行われている分野はどこか
- ・研究実施機関をサポートするインフラや設備投資にどんな措置が取られているか
- ・基礎研究を実際のビジネスに育て上げるための方策はどうなっているのか

について調査した。

このような平成7年度の調査方針をとった背景として、先端的情報技術の米国の動向をみると、ここ数十年の間に創出された成果は、わが国と比較して極めて充実したものであり、しかもこうした日米格差がここしばらく拡大していくという見方があり、こうした日米格差が生じる原因の一つとして、情報技術の研究開発から実用化にいたる過程において日米間で基本的な構造の相違があるためではないかという認識がある。このような観点から、まず、米国の先端情報技術の研究開発の全体像を把握することを本年度の目標とし、次年度以降に、技術内容をさらに充実していくとともに、技術の過去・現在・未来についての展開を分析、予測なども本格的に取り組むこととした。

1.2 調査方法と調査結果の構成

米国における政府機関の先端技術開発政策に関連する政策やプロジェクトの現状把握については、米国の調査会社である Arthur D. Little (ADL) に調査委託し、米国の政府機関が米国情報産業の基盤技術開発・育成のためにどのような研究投資を行っているか、技術開発動向はどうかについて調査した。

この調査結果は、第II部「米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向－ADL社調査結果－」にとりまとめた。

このADL社への委託調査を効果的に進めるため、また技術的妥当性の検証を行うため、表I-1に示す「米国における先端情報技術動向調査委員会」を設置し、ADLの調査内容について、検討分析をお願いした。

この結果は、付属資料2「ADL調査結果に対する委員による分析結果」にとりまとめた。

この調査からも明らかになったが、現在の米国の情報技術研究開発の中心的プログラムは、HPCC (High Performance Computing and Communications) であり、この計画に連邦政府の情報技術研究開発関係予算27億ドルのうちの11億ドル以上がつき込まれている。

HPCC計画は、1991年から開始され、その後、拡大されHPCS、NREN、ASTA、IITA、BRHRの5つのアンブレラ・プログラムよりなる形となった。これらの中には、1993年より開始されたNational Information Infrastructure (NII) との調整もあり、科学技術的目標を持つGrand ChallengeとHPCCで開発される技術をインフラとして組み立てられる応用を指向した目標を持つNational Challengeをゴールとする研究開発が決定されている。

このため、本調査では、HPCC計画全体の把握とその中の応用指向の研究開発であるNational Challengeの現状把握を主眼として調査を実施した。この結果は、第Ⅲ部「HPCCにおけるNational Challengesの現況」にとりまとめた。

以上の調査結果から、情報技術分野における米国連邦政府の研究開発プログラムの有用性について検討した。この検討結果は、第Ⅳ部「米国の先端的ソフトウェア研究開発における連邦政府プログラムの役割」にとりまとめた。

付属資料1として「情報技術開発を実施している米国主要連邦機関の概要」をまとめている。

また、ADL社への委託調査を進めるに当たっては、「米国における先端情報技術動向調査委員会」でADL社の中間報告を行い、調査の進め方等について検討した。委員会委員との議論の内容は、本調査を進めていく上での多くの示唆に富んだ重要な論点が集約されていることから、調査資料1「米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向－ADL社調査中間結果－」としてとりまとめた。

また、ADL社の最終報告についても、調査資料2「米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向－ADL社調査最終結果－」としてとりまとめた。

調査結果の構成

・ 米国の先端情報技術に関する調査研究

第Ⅰ部 平成7年度調査の概要

第Ⅱ部 米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向
— ADL社調査結果—

第Ⅲ部 HPCCにおけるNational Challengesの現況

第Ⅳ部 米国の先端的ソフトウェア研究開発における
連邦政府プログラムの役割

付属資料1 情報技術開発を実施している米国主要連邦機関の概要

付属資料2 ADL社調査結果に対する委員による分析結果

・ 調査資料1 米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向
— ADL社調査中間結果—

・ 調査資料2 米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向
— ADL社調査最終結果—

表 I-1 米国における先端情報技術動向調査委員会

主査	新田 克己	電子技術総合研究所知能情報部推論研究室長
委員	小長谷明彦	日本電気(株) C&C研究所 コンピュータシステム研究部研究課長
委員	久門 耕一	(株)富士通研究所 Pプロジェクト部 システム研究部主任研究員
委員	武藤 佳恭	慶応大学環境情報学部助教授
委員	田中 二郎	筑波大学電子・情報工学系助教授
委員	宮崎 収兄	千葉工業大学情報工学科教授
委員	樋口 哲也	電子技術総合研究所情報アーキテクチャ部 計算機構研究室長
委員	平田 圭二	日本電信電話(株)基礎研究所情報科学研究部 主任研究員
オブザーバ	飯村 次郎	三菱総合研究所 経営システム研究センター 情報技術開発部情報基盤システム室 研究員
通商産業省	友定 聖二	通商産業省電子政策課

2. 調査結果の概要

2.1 米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向 — ADL社調査結果 —

2.1.1 米国政府による研究開発運営の現状

(1) 米国政府のIT (Information Technology) 研究開発支出

米国全体の政府と民間を合わせた研究開発支出は、1,820億ドルであり、このうち700億ドルが連邦政府の研究開発支出である。

連邦政府の研究開発支出のうち、科学技術の研究開発支出は375億ドルであり、さらにこのうちのIT (Information Technology) 研究開発支出は、約27億ドルである。

連邦政府のIT研究開発の中心的プログラムは、HPCC (High Performance Computing and Communications) であり、連邦政府のIT研究開発支出の総額、約27億ドルの約40%の11億ドルがHPCCに支出されている。

HPCCとして指定されている研究は12の省庁下での研究開発にわたっているが、その大部分の82%を占めるのが次の4省庁である。

- ・ DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)
- ・ NASA (National Aeronautics and Space Administration)
- ・ NSF (National Science Foundation)
- ・ DOE (Department of Energy)

(なお、DARPAについては、1996年2月にPublic Law 104-106により、ARPA (Advanced Research Projects Agency) からDARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) に変更された。従って、それ以前の資料等では、ARPAとなっている。)

(2) IT 研究開発への政府出資の仕組み

米国政府（連邦政府）の研究開発への出資の仕組みは、大きく見てトップダウンの流れと、ボトムアップの流れの両方が、有効にマッチする形で動いていると言える。

(a) トップダウン的政策

科学技術政策は、国家としての研究開発の大きな方向性を示し、関連省庁レベルでの研究開発方針に影響を与える。それにより具体的研究開発活動を、大きな共通の目的に向かわせる働きをする。そういった政策を受け各省庁では、関連する部分でその方向性に従った形で実際の予算割当を行なう。

ITに関する政策的方向性の実現のための施策として HPCC（High Performance Computing and Communications）がある。

HPCC の最大の目的は、各省庁での IT 研究開発の方向性をある程度統合し、共通の目的に向かった舵取りを行なうことにある。そのために、実際には次の 5 つのプログラムを設定し、それらにより方向性を示し、共通の目的として推進している。

- ・ HPCS : High Performance Computing Systems
- ・ NREN : National Research and Education Network
- ・ ASTA : Advanced Software Technology and Algorithms
- ・ IITA : Information Infrastructure and Technology Applications
- ・ BRHR : Basic Research and Human Resources

HPCC を設立した法律は、今年その見直しの時期であり、今後も HPCC のような施策が継続するかどうかははっきりしない。しかし、HPCC の行なってきた省庁間の情報交換は相当定着したと言えるし、その努力の成果は認められる。

(b) 省庁レベルで行なうプロジェクトの選定・出資

研究開発プロジェクトを実際に選定し、出資を決定するのは、各省庁のレベルで行なわれる。また、トップダウンの政策的方向性と、ボトムアップの研究アイデアが出会い、その 2 つの流れを勘案し最適なプロジェクトを実施する決定を行なうのも、この各省庁レベルでのプロジェクト選定である。

出資領域選定の仕組みには大きく 2 つのモデルがあり、長期安定型と、短期プログラム型がある。

NSFに見られる長期安定型の出資形態では、比較的長期にわたって同一領域への安定出資が行なわれる。これにより、長期的視点を持った基礎研究が可能となっている。また、NSFでは具体的なプロジェクトの選定に際して「ピア・レビュー」と呼ばれる方式を採用している。そこでは学界・産業界等違う分野におけるその研究領域の識者が集まり、合議的にプロジェクトが選定される。

一方、DARPA、DOE、NASAに見られる短期プログラム型の出資形態では、例えば3年おき等で出資領域が変更される。出資するプロジェクトもその時点でのホットトピックや、短期的成果の期待される応用に近い領域になりがちである。この短期プログラム型の出資形態に対しては、具体的なプロジェクト選定は「プログラムマネジャー」の判断で行なわれている。従ってプログラムマネジャーの選任は重要であり、その領域でのエキスパートであることが要求される。

2.1.2 研究開発から実用化への促進メカニズム

(1) 米国の研究開発政策

米国の研究開発政策というレベルでみると次の3つが基本的政策の方向として見て取れる。

まず第一に、自由市場・競争原理の仕組みを最大限取り入れ、各自のベストな能力を自然なインセンティブの下に引き出している。

第二には、研究開発成果の実用化による国民への利益を根本的な使命と明確に捉え、その成果の実用化のための仕組みを政策的に相当徹底して運営している。

第三には、実用化という国民利益の大目的のために、産業による商業化をその道とするということの明確な是認があり、最大限商業化を推進している。

こういった政策方針を達するために、数々の法令が出されている。いずれもその目的は何か行動を規制するのではなく、自由市場メカニズムをより良く働かせて研究開発活動及び商業化を推進するための仕組みを提供するためのサポートとなっている。

1966年 Freedom of Information Act

1980年 Stevenson-Wylder Act

1980年 Bay-Dole Act

1986年 Federal Technology Transfer Act

1989年 National Competitiveness Technology Act

1991年 Defense Authorization Act

1991年 American Technology Preeminence Act

1992年 Small Business Technology Transfer Act

(a) 政府による研究開発プロジェクトの委託

研究開発案件を政府がプロジェクトとして研究機関に委託するに当たっては、委託先として大学、国立研究所に加えて、米国の場合産業界に委託する割合が高くなっている。委託先を決定する要因としては、各省庁の使命・目的というものが大きく関わる。

例えば科学の発展を使命とするNSFは、学問的に純粋に基礎研究に集中しやすい大学にはほぼ全部出資するし、軍事技術を重要な目的とするDARPAでは、国防上軍事産業を育てておく必要から、産業への出資が最も多い。

米国政府研究開発出資の配分

産業界	45%
国立研究所	34%
大学	17%
その他	4%

(b) 産業界における委託研究

産業界への出資は米国では盛んに行なわれていて、その重要度は出資額からしても大変大きい。

イ：産業界への委託プログラム

DARPAとNASAは、政府の介入度合いの少ないアプローチを取ることが多い。その前提としているのは、受託企業が研究結果を商業化できるならば、研究開発自体も自ら管理推進できるはずだとの考え方である。しかし同時に、受託企業が政府出資プロジェクトに真剣に取り組む事を確実にするために、受託企業のコスト共同負担を要求する事が多い。

・ TRP (Technology Reinvestment Program)

軍事と民生の両方に使える技術の開発を推進するプログラムであり、産業界からの共同出資の方式を採用している。

・ ATP (Advanced Technology Program)

技術の商業化性に非常に重点を置いたプログラムである。特に開発リスクが高く民間だけでは投資されづらいが国の経済の活性化に大きく貢献する可能性のある民生技術の開発案件に対してのみ出資が行なわれる。プロジェクトの提案、研究の実行管理は企業が行なう。企業が研究開発コストの半分以上を出資する。そして、プロジェクトの選択においては、学界と政府の専門家のピア・レビューにより、国の経済への貢献度の大きさ

が審査される。これまでATPを通じた出資額は大きく増えてきている。

・ SBIR (Small Business Innovation Research Program)

ベンチャー企業の振興のために、産業界に振り向けられる政府の研究開発資金の内1.25%を確保するものである。資金援助はベンチャー企業が技術・商品を開発するのに合わせ、段階毎に行なわれる。シード段階で小額の資金を受け、基礎の部分の開発に成功すると、次の商品開発段階ではより多額の資金を受けられる。商品開発も成功すると、次は市場化段階だが、それには民間資金を自ら調達しなくてはならない。逆に、市場化段階での民間資金が既に確保されている場合、商品開発段階の政府資金は自動的に受けられる。

・ STTR (Small Business Technology Transfer Research Program)

SBIRと基本的に同じ目的であるが、その研究開発がベンチャー企業と大学及び国立研究所の協同で行なわれる。

ロ：産業界への委託からの社会還元

まず、出資元への研究成果の報告と、その情報の公開が行なわれる。次に、最も重要視されている面としては、研究成果を実用化することにより、国民の生活水準向上に寄与することがある。即ち、研究を行なった企業はそれを元に商品を開発し商業化することを期待されている。

ハ：知的所有権の扱い

知的所有権の所属は契約により企業であったり政府であったりする。例えば企業側が相当の研究コストを共同出資した場合等、契約交渉により、企業側に所有権が所属することはあり得る。政府出資100%の場合は、大学や非営利団体の運営する研究所には知的所有権が渡るが、営利団体には行かない法律になっている。政府はいずれの場合でも最低、無料の非独占技術使用ライセンスを受け、他の研究への転用等問題なく出来る。

(c) 大学・国立研究所における委託研究

大学及び国立研究所での研究開発は勿論IT研究の根幹を成すが、その運営において、研究者の成果を高めるための、経済原理的なインセンティブが仕組みとして組み込まれている。例えば、研究開発のプロジェクトを受託することにインセンティブが働くことが上げられる。多くの大学では教授らの給料は夏休み期間を除く9か月分しか支給されず、残りの3か月間は自ら取ってくる受託研究の予算から給料を出さなくてはならない。また、競争市場でのプロジェクト受託には自らの研究能力・その領域での知識をトップクラスに保っておく必要があり、自己研鑽が自然と行なわれる。

研究者に対する最も直接的なインセンティブは、研究成果が商業化に向けて産業にライセ

ンスされた場合のライセンス料・ロイヤリティの約1/3が研究者個人の収入になることである。1980年のBayh-Dole Actにより、政府出資プロジェクトの成果について大学・国立研究所が知的所有権を持つことになったが、それとともに研究者個人への金銭の分配も法的に定められた。これについては、次の実用化にも大きな影響を及ぼしている。

(d) 大学・国立研究所における研究開発の実用化

研究開発が行なわれた成果は、次に商業化・実用化されることが大変に重要視されているが、そのための産業への技術移転には、法的な知的所有権の設定を初めとするインセンティブ・市場原理が導入されている。1980年のBayh-Dole Actによって政府出資研究成果の知的所有権は非営利の大学・研究所に属することとなり、大学・研究所ではそれをマーケティング、ライセンスすることで、相当の収入が入ってくることとなった。ライセンス料、ロイヤリティ収入の内の相当部分（通常1/3程度）は法に定めるように研究者個人の収入となり、研究者個人にも大きな成功報酬というインセンティブが生まれた。

これに基づき、大学・研究所では、技術移転事務所や技術ライセンス事務所を作り、積極的活動を行なうようになってきた。

産業への研究成果の移転・商業化が大学・研究所にとっても利益があることが分かってくると、今度はその移転先の産業界を大学・研究所での研究開発活動に近付けること、即ち産学連携の努力がなされてきた。産業界にとっても技術移転は利益のあることであり、MITやStanford等の先行校に加えて、ここ数年でその動きが非常に活発化してきている。

(e) スピンオフ

大学・研究所からの技術の商業化としてスピンオフを見ると、それは既存の産業に技術をライセンスすることと対をなす選択肢の一つとなっている。研究成果が出て、大学のライセンス事務所では例えば特許化の価値がないと判断されるとか、商業化性が低いと判断される技術の数は多い。その中で、研究者個人としてはその商業化性を信じ、自ら技術のライセンスを大学から受けて企業を起こすのがスピンオフの典型的形態である。

大学としては、その技術移転における重要性を認識し、最近ではスピンオフを組織的に支援する体制を取りつつあるところが多い。例えば教授に対しては2年間の休職を認め、その間に会社を立ち上げ、復職時にも問題がないようにしている。また、大学での研究成果の知的所有権を大学が持つのは同様だが、それをライセンスするときに対価を一部株での支払を認めることも行なっている。また、更に積極的な所では、スピンオフのベンチャー企業の育成を大学内で行なうため、大学でベンチャーキャピタル的資金を持つ構想もある。

(f) 社会ニーズのフィードバック

ATP等に見られる政府出資プログラムは、より産業からの共同出資を条件とする方向に動いてきている。これは産学連携、商業化重視の方向性を、大学・研究所に対して強力で押し進める原動力となっている。

(g) 基盤となる法体系

1966年の情報公開法により、政府出資の研究成果は須らく公表するということになり、また1980年のSteven-Wylder法とBayh-Dole法により、技術は市場メカニズムで産業に移転するものという今日の技術移転の基礎の仕組みが作られた。

2.1.3 注目すべき技術領域・研究プロジェクト

ここでは、米国の情報技術の研究開発動向とその特徴について示す。

ADLが注目すべき研究分野・研究プロジェクトとしてあげているものは以下の通りである。

米国の情報技術（IT）研究開発分野を大きく5つに大分類して、それぞれのホットな研究分野とキー・プロジェクトをあげている。ホットな研究分野としては、短期的に相当の商業化のインパクトがありそうかどうか、あるいは長期的にみて大きな影響を与える可能性のあるものという観点から取り上げており、これらは専門家へのインタビューや政府諮問機関の答申等と見比べたうえで判断している。

表1-2 米国で注目すべき研究分野と研究プロジェクト

分類	ホットな研究分野	キー・プロジェクト
1. コンピュータシステム	●群コンピューティング (hive computing) ●モバイルコンピューティング (mobile computing)	●NOW (Berkeley) ●FLASH (Stanford) ●Infopad (Berkeley) ●Dataman (Rutgers)
2. コンポーネント	●スケーラブル・パラレルI/O ●半導体製造のコンピューター・プロトタイピング ●分子コンピューティング	●HPSS (Lawrence Livermore) ●SIO (Caltech) ●CP21SS (Stanford) ●USC Princeton Xerox PARC
3. インテリジェントシステムと ヒューマンインタフェース	●マルチメディア・インタフェース ●バーチャルリアリティ	●Human Language Interface Project (CMU) ●Vu Man (CMU) Virtual Retina Display (Washington)
4. インフォメーション マネジメント	●分散マルチメディア・データベース ●マルチメディア情報検索	●Digital Library (Berkeley) ●Image Querying (Washington)
5. コミュニケーション	●光ネットワーキング ●ネットワーク・セキュリティ	●Optical Networking (Princeton) ●NetBill (Princeton) Secure Internet Routing (BBN)

これらの研究プロジェクトの性質を、研究の段階（基礎研究、応用研究、プロトタイプ開発）の時間的な軸を横軸に、研究領域の広さを縦軸にしてマッピングしたのが、下図の研究プロジェクトの性質と分布である。

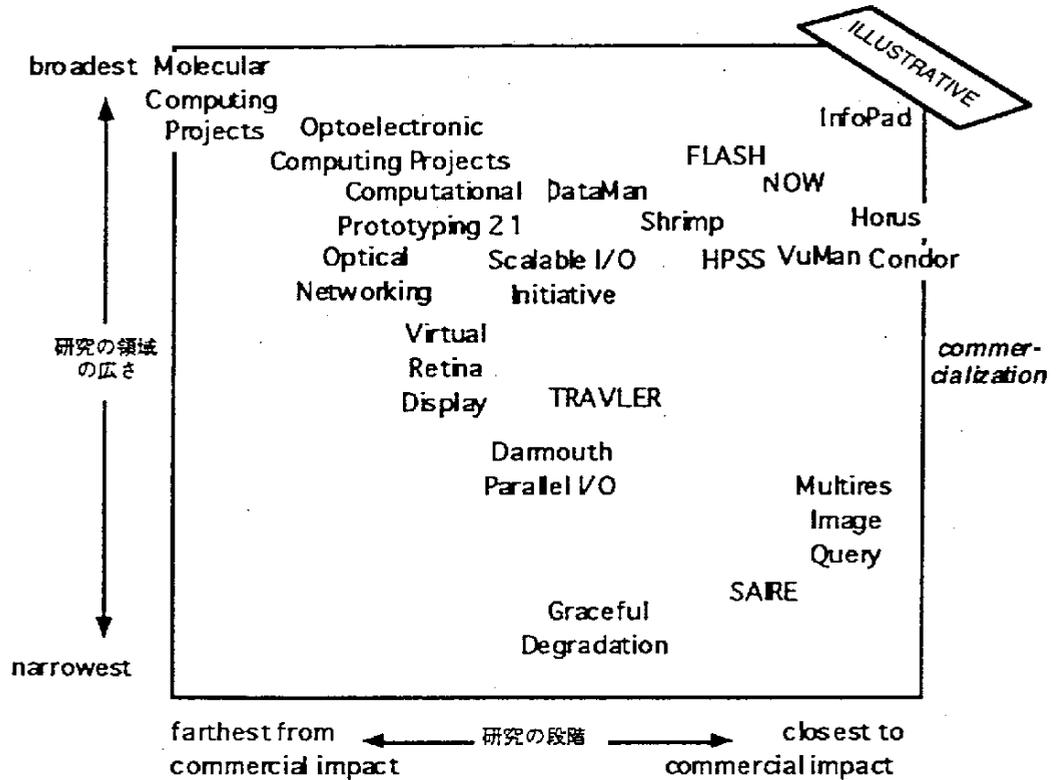


図1-2 研究プロジェクトの性質と分布

そして、この図の性質から分類して、つぎに4つのタイプに性格付けしている。

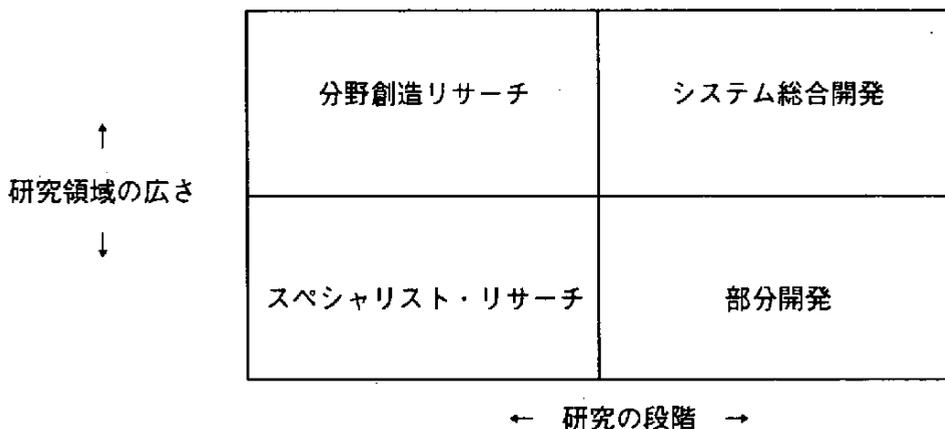


図1-3 研究プロジェクトの型の分類

このうち、「システム総合開発」型のプロジェクトおよび政府のサポートの存在が、米国の強みとして一つ考えられると分析している。このタイプは3つの波及効果があり、国の研究開発活動全体に寄与する面がある。

まずこのタイプは、個々の「分野開発」的プロジェクトに全体的な方向性を示すことが出来る。全体としての統合、他分野との同調等の観点から、フィードバックを相互に受け与え出来る。次に、商業化へのつながりにも利点がある。システム全体を開発しているので商業化しやすいことに加え、産業との連携も早くからしやすい。そして商業化を近視野に入れた開発であることから、そこからの新たな課題等を、別の研究開発プロジェクトへフィードバックすることが出来る。勿論このタイプだけがあれば良いという訳ではないが、全体のタイプの配分の中で、最も米国のIT研究開発に寄与の大きい部分ではないかと考えられる。

ITのイノベーションのプロセスを見てみると、過去の技術の歴史を見ても分かるように、それは必ずしも基礎研究、応用研究、プロトタイプ開発、商業化といった順に進んでいくわけではない。

むしろ見て取れるのは、基礎研究と開発とのやり取りのフィードバック、あるいは大学・研究所と産業とのやり取りを通じた中で、ある所で予期しなかった発明がなされ、大きく商業化されるケースである。

そのように考えると、「システム総合開発」タイプのプロジェクトはこういったやり取り・フィードバックを活発に行なうのに最も適した形態であるとも言える。

政府による支援は、特定の研究トピックや特定の研究開発段階を対象にした場合ではなく、このフィードバックサイクルを回転させることを狙いとした時に最もその効果を発揮している。

2.2 HPCCにおけるNational Challengesの現況

ADLの調査により、米国政府のIT研究開発の中心的プログラムは、NIIを推進する政策であるHPCC (High Performance Computing and Communications) であり、米国政府のIT研究開発支出の総額の約40%の11億ドルがHPCCに支出されていることが示された。

このため、以下ではHPCCの概要とHPCCのなかで応用を指向した目標を持つNational Challengesについてその概要を示す。

2.2.1 HPCCプログラムの概要

連邦政府のHPCC (High Performance Computing and Communications) プログラムは、科学技術分野における技術・アプリケーションの飛躍的發展を促進するものとして、GII (Global Information Infrastructure) 構想を実現するための情報技術研究開発における計画・調整・投資基盤のモデルとなることが想定されている。

HPCCプログラムは、1991年のHigh Performance Computing Act (Public Law 102-194) から始まっており、次の3つの到達目標が設定されている。

HPCCプログラムの到達目標

- ・ 高度コンピュータ技術及びコンピュータ通信技術において、米国の技術的リーダーシップを確保し続けること
- ・ 経済的競争力、国家安全保障、教育、健康増進、地球環境維持などの発展と革新を促進する技術の広範な普及と適用を図ること
- ・ NII (National Information Infrastructure) 構想を実現するためのキーテクノロジーを提供し、NIIをベースにしたアプリケーションのいくつかをデモンストレーションすること

HPCCプログラムは、次の5つのプログラム要素からなっている。これらの中で、Grand ChallengesはASTAに、National ChallengesはIITAに含まれている。

● **HPCS (High Performance Computing Systems)**

米国の技術優位性を確保するために、スケーラブルコンピュータ技術の開発を行なう。ここでは、テラ ops (Operating per Second) 以上の性能を確保する。並列かつ分散型のコンピュータシステムは、巨大かつ高性能のシステムの利用をワークステーションから可能にする。また、このワークステーションは、ポータブルかつワイヤレスなものへの拡張を図る。

● **NREN (National Research and Education Network)**

高度コンピュータ・通信技術を用いて、教育・研究等の学術研究機関間のネットワークを開発、構築する。これによって、国家レベルでの有線・無線・衛星通信、光ファイバー通信、標準プロトコル、インターフェースなどのプロトタイプも開発対象に含まれ、電気通信業界の技術革新に寄与する。

● **ASTA (Advanced Software Technology and Algorithms)**

Grand Challenges のような巨大な問題を解決するために HPCC で開発されたツールやメソッドを使えるソフトウェアやアルゴリズムの開発を行なう。そこでのソフトウェアや初期のプロトタイプシステムは、高度コンピュータ・通信システムを用いてテスト・評価する。ここでは、気象観測、気候予測、環境監視、エネルギー効率のよい自動車・航空機、基礎科学研究などが含まれている。

● **IITA (Information Infrastructure Technology and Applications)**

分散型アプリケーション、知的インターフェース、仮想環境など National Challenges の情報技術開発を行なう。それらは、教育、生涯教育、電子図書館、健康管理、製造技術、電子商取引、環境監視などの情報集約型のアプリケーションである。IITA は、HPCC の技術をベースに、これらの技術市場を拡張し、GII 構想実現のための産業開発を促進する。

● **BRHR (Basic Research and Human Resources)**

HPCC の資源を活用して、研究、訓練、教育、コンピュータ工学、情報基盤の拡充などを支援する。

HPCC プログラムは、1991 年の High Performance Computing Act から始まり、変化する世の中のニーズに応じて技術開発の方向性をダイナミックに修正し続けることが求められている。National Research Council の Computer Science and Telecommunications Board の 1995 年のレポート

「Evolving HPCCI to Support the NII」では、今後どういう方向に進むべきか、解決すべき課題について報告している。

このうち、全体的課題として、次の2点をあげている。

全体的課題

●情報技術開発への支援の継続

情報技術開発への支援は、今後も継続的に続ける必要がある。主要な出資機関、特に、NSF、ARPAは、他の特殊なプログラムから独立したコンピュータ及び通信の研究開発を強力に推進すべきである。

●HPCC そのものの継続

国家的な情報基盤（NII）の発展によって脚光を浴びている研究開発をより推進するものとして、HPCCIの活動を継続すべきである。

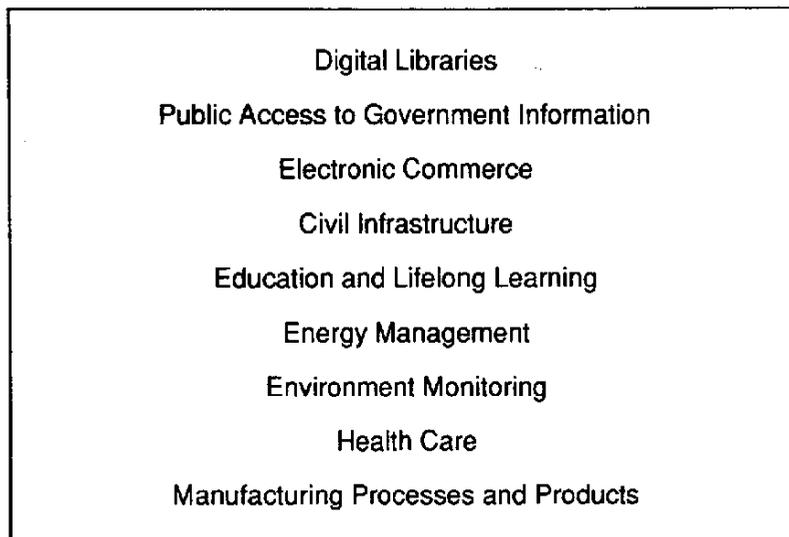
この報告によると、情報技術の発展維持のためには、HPCCの活動そのものは不可欠であることが強調されており、今後数年間にわたっては、現状レベルでのHPCCの活動は維持されるものと予想される。

2.2.2 HPCC における National Challenges

HPCC における National Challenges は、実用面を重視した製品、サービスなどの応用技術研究が主体の大規模な研究開発プロジェクトである。

1996年予算ベースでの具体的な研究テーマは、次のとおりである。

National Challenges の研究テーマ



本報告書の第Ⅲ部では、上記9テーマのうち、Civil Infrastructure、Health Careを除く7テーマについて現況を報告している。

ここでは、このうち最も広範に、多くのプロジェクトで実施されているデジタル・ライブラリについて概要を示すとともに、各テーマについて概観する。

(1) デジタル・ライブラリ

1994年、NSF、ARPA、NASAは共同でデジタル・ライブラリ研究および技術開発に対して4年単位の出資を行なった。その対象である6つの研究グループは、それぞれリーダーとなる大学と10以上の団体（図書館、博物館、出版社、学校、コンピュータベンダー、通信事業者など）によって構成されている。

表1-3 デジタルライブラリー共同研究

リーダーの大学	プロジェクト名	研究概要
カリフォルニア大 バークレー校	環境ライブラリ (拡張性のある知的分散型ライ ブラリーのプロトタイプ)	カリフォルニア州の環境をテーマとしたデジ タル・ライブラリ
ミシガン大学	ミシガン大学デジタル・ライブ ラリプロジェクト	地球および宇宙に関する科学データの巨大な マルチメディア環境を創造すること
カリフォルニア大 サンタバーバラ校	アレキサンドリアプロジェクト	地図、画像さらには将来の電子ライブラリで 行なわれるであろうサービスについて
スタンフォード大	スタンフォード知的デジタル・ ライブラリプロジェクト	多数のネットワークで接続された資源および 蓄積へのアクセスを一つの巨大な「仮想」ライ ブラリとして扱う統合技術
イリノイ大学		NCSAのMosaicをカスタマイズ
カーネギー・メロン大	インフォメディアプロジェクト	双方向のデジタルビデオのライブラリシステ ムの開発

NASAはデジタル・ライブラリ技術の研究開発にリモート・センシング画像のアクセス支援および集配信、特に公共・民間の両方に使える拡張性の高いアプリケーションに対して出資を行なっている。共同研究の早期成果を期待して1994年度および1995年度初頭に7つのデジタル・ライブラリ技術プロジェクトに出資を行なった。その対象は、公立学校、博物館、大学、一般民間企業が含まれている。

これら7つのプロジェクトは次のようなものである。

表1-4 デジタル・ライブラリ技術プロジェクト

実施機関	実験プロジェクト	概要
ベル通信研究所	統合空間データアクセス研究組合	NASAの画像やその他の地球空間データを扱う ツール開発
IBM	デジタル映像のコンテンツ検索 システム研究	コンテンツをベースとした検索を画像の引用 アルゴリズムを改良し、スピードアップを図る
コンピュータ サイエンス社	家庭からのNASAへのアクセス	CATVから主婦がインターネットにアクセス可能 になるような基盤をフィールド実験
ライス大、 ヒューストン 自然科学博物館	公的接続の検証：リアルタイムの 地球・宇宙科学データの双方向実験	NASAのリアルタイムに近いデータ、映像等を ライス大学から博物館に転送し、プラネタリウム のプログラムの形で一般の人々がコンピュータに よる双方向情報窓や宇宙、地球科学の問題解決型 シミュレーションを行なう
イリノイ大	プロジェクト・ホライズン	インターネットを通して、地球と宇宙の科学デー タの両方を移動、統合、分析するデジタル・ライ ブラリ技術を一般に提供
ウィスコンシン大	デジタル映像の圧縮、転送	新しい圧縮技術とサーバを用いた転送プロトコル、 視覚化ソフトウェアの提供
ローラル・ エアロシステム社	SAIRE - エージェントベースの 情報検索エンジン	インターネットを通して、合衆国グローバル・ チェンジ・マスター・ディレクトリから地球およ び宇宙に関する科学データを利用する熟練者と初 心者の両方に適用可能なソフトウェアを開発

NASAは、1995年度の後半から第2段階のデジタル・ライブラリ技術のパートナー選びを進めている。この選定作業は、1996年になされる予定である。

この他、「気象衛星NOAAのリアルタイムや時系列データのデジタル・ライブラリ」、「環境データの分散資源を用いた知的双方向総合分析技術の開発」、「コンピュータ科学技術レポートや関連情報の実験環境整備やネットワークによる検索・表示・分析技術の開発」、「ネットワーク環境下での電子的著作権管理技術の開発」、「異なったデジタル・ライブラリであっても関連概念で言語記述できる統合医学言語システム（UMLS）の研究開発」、「CALS情報へのアクセス提供を行なうライブラリ」などのプロジェクトが進められている。

以上のプロジェクトでのデジタル・ライブラリに関する研究課題については、1995年のIITAデジタル・ライブラリワークショップにおいて、相互操作性、対象の表現、蓄積の管理と組織、ユーザインタフェースと人間-コンピュータ間の相互作用、経済的・社会的・法的問題などの観点から現在の課題について報告している。

(2) 政府情報の一般公開

「政府情報の一般公開」は「デジタル・ライブラリ」技術を基盤技術として、政府関連機関に蓄えられた各種の情報を専門家から子供たちまでに広く提供することを目標としている。

このため、本テーマは、National Challengeの研究テーマの「デジタル・ライブラリ」と「教育及び生涯学習」に深い関連を持っている。

Mosaic等のブラウザでアクセスできる、インターネット上のサーバーに構築されたHPCCプログラムの財政支援を受けたデジタル・ライブラリを下記に挙げる。

表1-5 インターネット上のサーバに構築されたデジタル・ライブラリ

分野	デジタル・ライブラリ概要
地球情報	NASAはデジタル・ライブラリ関連技術とリモートセンシング情報利用プロジェクトに関する情報を一般に公開するために、様々な企業や大学と協力してリモートセンシング情報公開センター(Remote Sensing Public Access Center)を1994年に設立した。また、1994年から1995年にかけて18のリモートセンシング情報利用プロジェクトに資金援助を行なった。
教育	教育省はインターネットベースのAskERIC(Educational Resources Information Center)を設立した。これは下記の機能を提供する。 (1) 質問を受付、回答を返すサービス (2) 学習計画やプリント、(CNNやDiscovery Channel、PBS等から得られる)ビデオ教材、調査情報等を提供する先生のための仮想図書館 (3) National Urban Leagueと協同で開発された、National Parent Network(これは両親が子供の成長を支えるための材料を含む)
健康管理情報	・医学文献解析検索システムMEDLARSをさらに使いやすく、簡便に検索できるように、NLMはPC/マッキントッシュ互換のGrateful Medソフトウェアを開発した。インターネットの素早い通信機能を生かしたGrateful Medの利便性により、健康管理の専門家の利用が大きく増進した。 ・国立バイオテクノロジーセンター(NCBI)は分子生物学、生化学、遺伝学に関する知識を自動的に蓄積・分析するシステムの構築を進めている。 ・国立ガン研究所(NCI)は、ガンの抽出、予防、治療、看護に関するPDQ(Physician Data Query)記述機能(英語とスペイン語の利用が可能)と、ガンシート、文献を含むCancerFaxとCancerNet(インターネットのe-mail)情報を無料で提供している。

(3) エレクトロニック・コマース

NISTとARPAは共同で、より効率的で経済的なビジネスデータ交換システムを作り上げることをNational Challengeとして行なっている。このビジネスデータ交換は、電子的な入札、注文、支払い、製品仕様やデザインデジタルデータの交換を行なうものである。

1994年NISTはエレクトロニック・コマース技術開発機関を設立した。ここでは、ARPA、NSA、NSFなどのいくつかの機関で開発された技術を統合することを目的としている。さらに、24以上の共同研究開発要綱(CRADAs)に従う参加企業は、展示目的で器材やソフトウェアを貸し出し、電子カタログやVAN(付加価値ネットワーク)へのオンラインによるアクセスを行なっている。

エレクトロニック・コマースは、いくつかの実験プロジェクトで実施されている。

表1-6 エレクトロニック・コマースの実験プロジェクト

実験プロジェクト	概要
コマースネット	コマースネットは、インターネット上でエレクトロニック・コマース（電子取引）を実現するための大規模な実証実験を行なう非営利コンソーシアムである。 1994年4月から3年間のプロジェクトとして連邦政府から認定され、600万ドルの予算を獲得した。また、コマースネット参加企業から、同額（600万ドル）のマッチング・ギフトを受けている。 設立当初のコマースネットのメンバーは、シリコンバレー地区の半導体、コンピュータ及び金融機関を中心に、その顧客、取引先、関連する公的機関で構成されていた。このようにコマースネットそのものは、カリフォルニア州北部を中心に開始されたプロジェクトであるが、現在では州外からの参加も可能であり、他地域のエレクトロニック・コマース実験プロジェクトとの積極的な連携も進められている。
RDA/SQL プロトタイプ	分散しているデータベースから情報を取り出すために、NISTはRDA（遠隔データベース標準化アクセスプロトコル）とSQL（構造化問合せ言語）を高度化している。これによって、分散データベースから情報を取り出すことが可能となる。
製品モデル等の 情報交換標準化	1995年度と1996年度にNISTでは、製品モデルデータの情報交換標準（STEP）や他のデータ交換標準を用いた産業での共同研究を予定している。そこでは、NISTのデモ機関での戦略検討も目的とされている。 1996年度には、NISTで、インターネットベースの情報アクセス、検索、選択のためのインタフェースの提供と、それらの標準参照データ、標準参照材料の普及を予定している。
自動調達機能	FASTへの支援によって、ARPAでは自動調達の機能を含んだエレクトロニック・コマースでの課題に着目している。そこでのニーズは、間接費の少ない製品開発支援を国防省と産業界との間でのビジネスに対してFASTを通して実現するものである。

(4) 教育と生涯学習

教育と生涯学習に対する National Challenge では、あらゆる年齢の人々や様々な能力を持つ人々を対象とした教育、訓練、学習システム実現のために、HPCC技術を利用するとしており、その目指すところは、次のとおりである。

- ・地理的に離れた地域にいる学生を、最良の方法で教育すること。
- ・あらゆる教育レベルに対し、教師が利用できるリソースを増強すること。
- ・学生は、図書館に出かけずに、情報やリソースにアクセスできること。
- ・年齢や地域に関係なく、人々に教育の機会を与えること。
- ・学生でも教授でも、それぞれのレベルに合った情報をネットワーク経由で入手できること。

表1-7 教育と生涯学習に関する NSF と NASA の活動の概要

実施機関	概要
NSF	<ul style="list-style-type: none"> ・学生の、MOSIS (Metal Oxide Semiconductor Implementation Service) による VLSI 製作に資金供与 ・ハイスクールの学生と教師に研究を体験してもらう探求プログラムの実施 ・教育ネットワークのパイロット・プロジェクトの実施 ・デジタル・ライブラリの教育への応用に対するパイロットモデルと大規模モデルの開発 ・インターネットを利用したメリーランド州でのバーチャル・ハイスクールの試行
NASA	<ul style="list-style-type: none"> ・K-12プログラムを推進 教室とNASAをオンライン接続し、進行中の作業や人工衛星から受信した映像を、生中継を含めて紹介。専門家のレポートも提供。 など。

(5) エネルギー・マネジメント

エネルギー需給の管理の改善は、石油消費、発電所への投資、貿易赤字のすべてに利益をもたらす。このため、DOEと公益事業者は、ドキュメントを交わし、エネルギー需給管理に関するNational Challengeを実現するのに必要なツールと技術を評価する。

また、予想できる経済的利益に関しドキュメントを交わし、公益事業者がNIIの展開に参加できるように必要な政策または法律の変更を見極める予定である。

開発すべき新技術は、相互操作性、認証、プライバシー制御、multicast data aggregationの分野での分配システムに関するものであり、エネルギー供給・需要をリアルタイムで管理できるユーティリティの機能強化を行なう。

財政支出を計画しているのはDOEであり、広域・分散ネットワークツール、サービス、プロトコルといったテーマでの開発および実用化プログラムに対して資金を投入する。

これにより、エネルギー使用の効率、保存、請求、顧客サービスを改善し、エンドユーザ相互の交流を喚起し、エネルギー使用の制御を可能とする。

(6) 環境モニタリング

HPCCプログラムでは、環境モニタリングの分野で、NASA、NOAA、EPAの各機関がとりくんでいる。大規模広範囲の環境情報のデジタル・ライブラリが構築され、これらを有効に使用できるようにするための道具が開発される計画である。この中には、衛星画像や広範囲にわたる地球科学データベースの公開、地球観測パイロット情報システム、環境情報への要求を満たす教育訓練プログラムが含まれる。

表1-8 IITA関連の環境モニタリング活動概況

プロジェクト	概要
EPAのデータ公開	生態観測、大気や水質モデルに基づく予測、汚染物質の集団暴露などの色々な環境データベースを公開することを計画。
NOAAの情報普及パイロット	インターネット、NIIのネットワークの利用により、NOAAのもつ莫大な実時間および経歴情報をすべての利用者に対して、さらに完全に便利な形で、タイムリーな方法で提供可能にする計画。
NASAの情報インフラストラクチャ技術	インターネットを利用して地球および宇宙科学に関するデータを公開。
NASAの情報インフラストラクチャアプリケーション	インターネット上にリモートセンシング画像のデータベースへのアクセスと支援ソフトウェアを開発、提供。 その他いくつかの計画がある。

(7) 製造プロセス及び製品

HPCCの技術は、製品の加工や製造過程と同じように、製品の設計過程や生産設計に適用することが可能である。それは、製品データの新しい標準の開発が鍵であり、その標準データは生産プロセスの設計と、生産・製造プロセスの設計の高度化を通じて活用できるものである。

さらに、それらの新しい標準データは、機械産業、電気産業、建設業、化学産業などあらゆる分野から注目されている。

現在、このテーマで進められている主な実験プロジェクトの概要は次の通りである。

表1-9 「製造プロセス及び製品」の実験プロジェクト

実験プロジェクト	概 要
NIST 製造テスト環境	SIMA プログラムの一部として、NISTでは、高度製造システム及びネットワークテスト環境 (AMSANT) を設置し、産業界でのユーザにデモンストレーション環境を用意すると同時に、自発的な標準を開発・発展させていくための支援を行なっている。
シミュレーションベースの設計・製造の情報高度化	アイオワ大学とRPI (Rensselaer Polytechnic Institute) で研究されているもので、NIIによって生産組織が設計や製造段階での諸問題をいかに共同開発できるかを検討しているものである。 RPIでは、2つの自動車製造会社での異なるCADシステム間で、ステアリングポンプのソリッドモデルのデータ交換するためのコア技術を開発してきた。ここでは、当初、STEPを用いたデータ交換を行なった。このSTEPはその後、ISOの標準として発表されることになった。STEPによって、どのようなCADシステム間であっても製品データの交換のための中立的なフォーマットが提供されているのである。
複合材を用いたマイクロ構造レベルの特性研究	テキサス大学で研究されているもので、複合材の最適設計のための理論計算上のツールボックスを開発することが目的である。機械技術者とコンピュータ技術者が共同でマイクロ構造レベルから直接、複合材の設計、分析を行なうことができる計算式群を開発することを目的としている。
その他	ARPAにより、製造業のための情報基盤サービスの開発などが進められている。

2.3 米国の先端的ソフトウェア研究開発における連邦政府プログラムの役割

ADLの調査により、「ITのイノベーションのプロセスは、過去の大技術の歴史を見ても分かるように、それは必ずしも基礎研究、応用研究、プロトタイプ開発、商業化といった順に進んでいくわけではなく、むしろ基礎研究と開発とのやり取りのフィードバック、あるいは大学・研究所と産業とのやり取りを通じた中で、ある所で予期しなかった発明が出、大きく商業化されるケースである。政府による支援は、特定の研究トピックや特定の研究開発段階を対象にした場合ではなく、このフィードバックサイクルを回転させることを狙いとした時に最もその効果を発揮している。」ということが示された。

ここでは、情報技術およびその研究開発プロセスの特徴の検討から米国における政府支援プログラムの役割について検討した概要を示す。

(1) 情報技術とその開発プロセスの特徴に関する検討

(a) 情報技術の特徴

情報技術は、その技術要素に付与される開発者の独創性に依存する割合が他の分野と比較して大きな分野ということが言える。特にソフトウェア領域の技術要素では、当該技術要素が前提とするアイデアやアーキテクチャが技術の良し悪しを支配する主要要因として重要になってくる。(技術要素の独創指向性)

また、情報技術は、その成熟化・ソフト化が進むにつれて、当該技術を構成する技術要素が重層化してきているという見方ができる。すなわち、あるアイデアやアーキテクチャをベースとする技術要素の研究開発や製品化は、それ以前に開発された技術要素を前提とし、その上位技術として構成されることが一般化してきているということである。(技術要素の重層性)

近年ではネットワーク化、デジタル化が進むことによって、情報システムを構成する情報技術は一層複雑化してきている。個々の技術要素は他の技術要素と特定のインタフェースを形成しながら組み合わせられ、全体としては技術の重層化が進んでいるという見方ができる。(情報技術の重層化)

このように技術要素を重層的に構成するアプローチでは、特定の技術要素の「プラットフォーム化」を進める。このプラットフォーム化された技術とは、「当該技術要素の上位技術としてより高度な機能を提供する技術要素の創出を促進するするような技術要素」を指し、情報技術を構成する上で重要な役割を担うものと考えられるものである。

(b) 情報技術の研究開発プロセスの特徴

情報技術がもつ幾つかの特徴によって、それらの情報技術を研究開発するプロセスについても幾つかの重要な特徴を指摘することができる。

技術要素の重層化が進み、いわゆる「プラットフォーム技術」が情報技術において果たす役割が大きくなることで、単に特定の技術要素を「研究開発」することと、当該技術要素の「標準化」あるいは「プラットフォーム化」、そうしたプラットフォームを用いた製品の「市場化」あるいは「情報基盤構築」ということが不可分の関係を作り出している、という点である。

このように、ある技術要素の「研究開発」、当該技術要素の「標準化・プラットフォーム化」、「市場化・情報基盤整備」といった開発プロセスは、相互に緊密な関係をもちつつ、それぞれが情報技術の開発に本質的な役割を果たしている。しかも、これらの開発プロセスは一つの技術要素について一回のみ現れるのではなく、それ以前のプロセスの影響や重層化された技術蓄積の上に、循環的に現れる傾向がある。

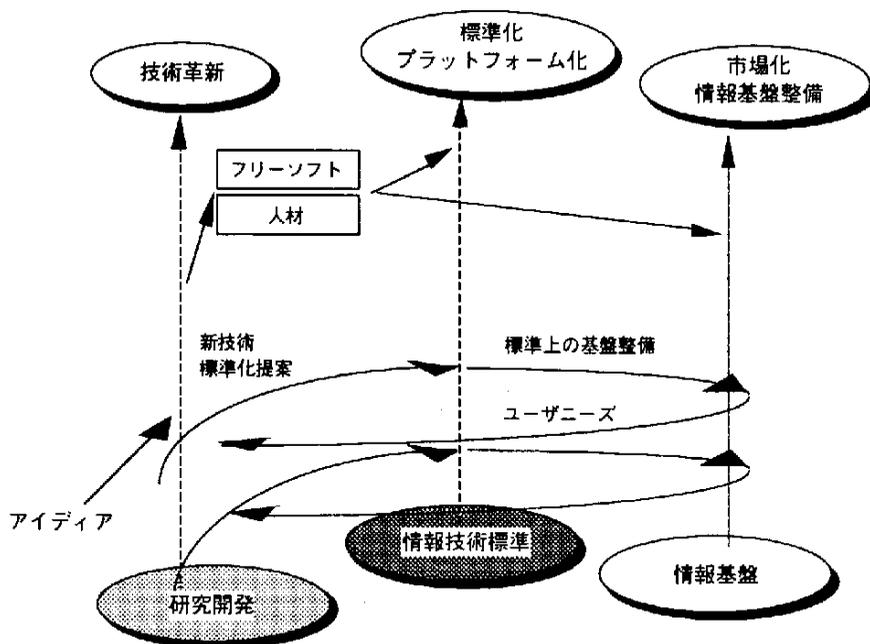


図1-4 情報技術の開発モデル

図に示したモデルは、情報技術の開発がまさにこうしたスパイラル的な展開に従うことを模式化したものである。

ある技術要素は、本モデルに言うようなスパイラルが繰り返されるなかで、次第に技術要素が成熟化し、重層化されていくとみることができる。このスパイラルのなかで、殆どの技術要素が淘汰される一方で、ある技術要素は当初予想できない程に大規模な市場を形成することがある。

技術要素の淘汰は幾つかの理由で起こる。当然、当該技術要素で実現した機能がユーザニーズに適合せず、市場のなかで淘汰される場合が多い。技術要素の淘汰は、「標準化・プラットフォーム化」のフェーズにおいても起こる。我が国企業では、そもそも自社技術要素を他の技術と組み合わせて利用できるようなパッケージ化に対して積極的でなかったと言われている。また、うまく技術要素のパッケージ化が行なわれたとしても、他の技術と結合するインタフェースの標準化が不十分であったり、当該標準をオープンにしなかったことで、うまく市場化に結び付かない場合もある。こうした「標準化・プラットフォーム化」において成功している米国の場合、しばしば見られることは技術の標準化が「de facto 標準（事実上の標準）」ベースで行なわれることである。

(2) 情報技術開発における米国連邦政府の役割

結論から言えば、図に示すように、米国の連邦政府は「研究開発」、「標準化・プラットフォーム化」、「市場化・情報基盤整備」の各フェーズにおいて、当該技術要素が実用技術として成熟するまでに、何等かの形で重要な役割を担っていたのではないかと、ということが、ここで明かにしたい要点である。

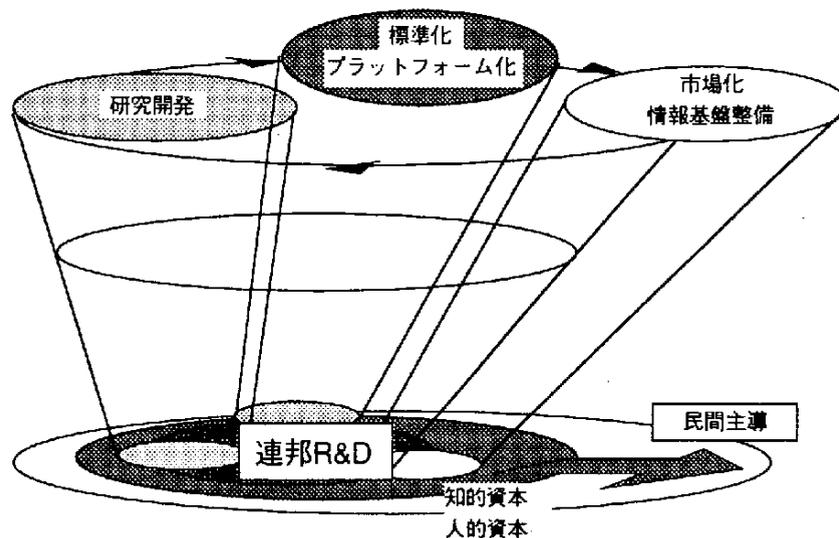


図1-5 スパイラル開発モデルと連邦政府の役割

(a) 研究開発における米国政府の役割

CSTB レポートによれば、情報技術分野において米国の連邦政府の研究開発プログラムの支出は全体で10億ドルのオーダーであり、民間が拠出している総額200億ドルから比べれば必ずしも大きな割合を占めている訳ではない。しかし同レポートは、民間企業が投資を躊躇するような基礎的研究あるいは探索的研究分野において、連邦政府の支援は欠かせないとしている。

連邦政府支援プログラムの研究開発における役割としては、次の4つがある。

- ・ 確立していない技術への挑戦
- ・ 基礎研究への貢献
- ・ オープンかつコンペティティブな環境の確保
- ・ 多様なアプローチへの支援

(b) 市場化・情報基盤整備における米国政府の役割

- ・ コンピュータの先進ユーザ
- ・ 情報基盤の整備

連邦政府自体は、先進ユーザとして情報技術を直接利用することによって、情報技術の開発プロセスのうち「市場化・情報基盤整備」において主要な役割を担っている。連邦政府が実施する宇宙・軍事関連開発は、常に先進的なコンピュータ技術のユーザであり、自らのミッションに沿ったコンピュータ技術の研究開発に対するスポンサーになっている。

連邦政府は、NRENを通じて Supercomputing Center 等の計算資源やデジタル・ライブラリ等の情報資源にアクセスできるインフラストラクチャを構築しようとしている。ここで構築された情報基盤は、すでに述べたように新たな研究開発を触発することが期待されている。すでに、HPCCIではネットワーク上で新たな高性能コンピュータを利用するアプリケーションとして遠隔医療、デジタルライブラリ、教育、製造 (CALS)、電子商取引、行政サービス、環境モニタリング等の「National Challenge」と呼ばれるアプリケーションに関する研究開発を1994年より同プログラムに追加している。このコンポーネントには、情報アクセス技術や知的インタフェース技術のように、ネットワーク上でコンピュータを利用するための基本的なプラットフォーム技術の研究開発も含まれている。

(c) 研究開発から情報基盤整備までの政府支援 (インターネットの事例)

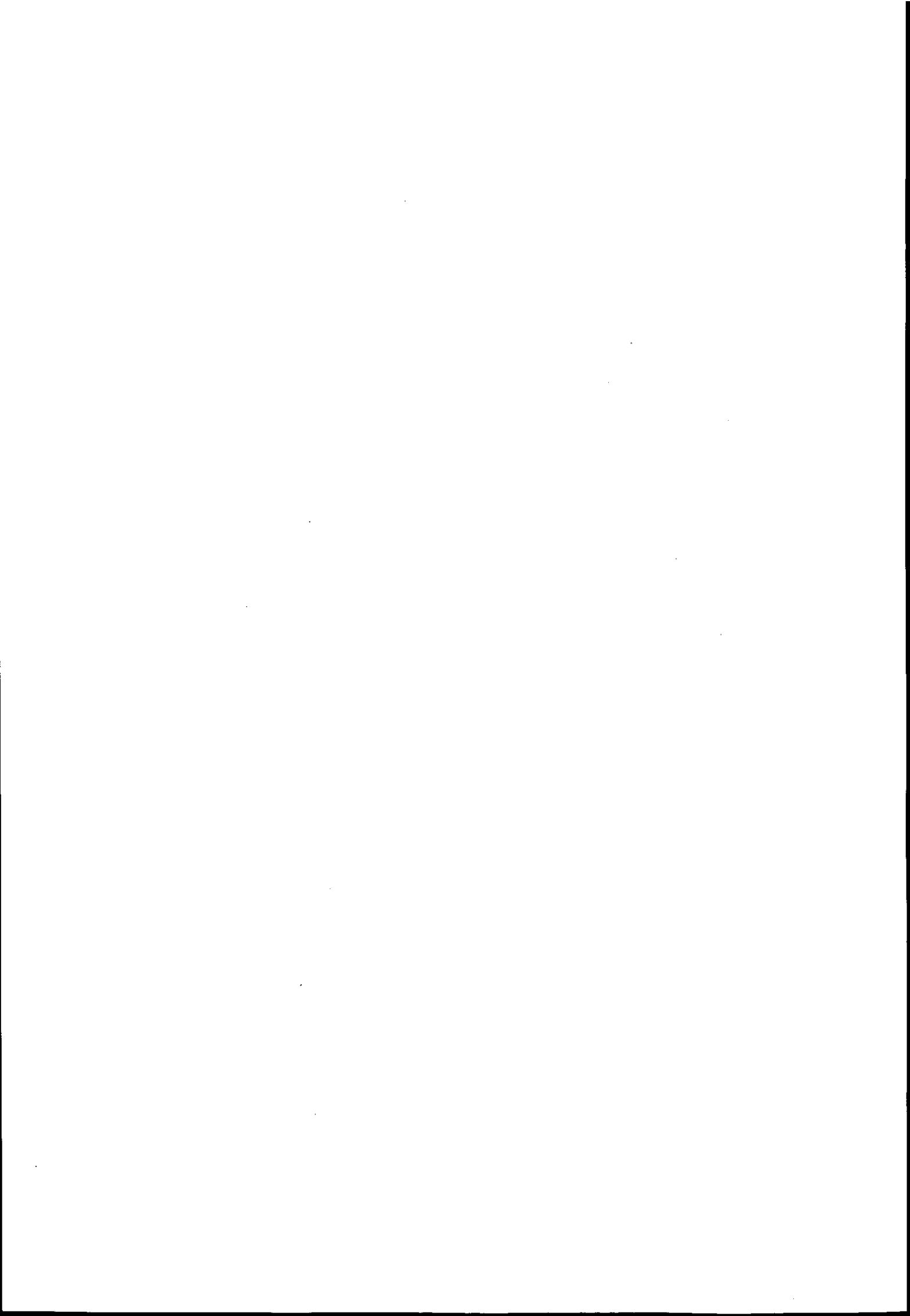
インターネットは、その技術的起源から国家的な情報基盤として整備するまで、連邦機関が前述のスパイラル開発モデルにより一貫して支援してきた技術分野であると見ることができる。

(d) 産学官の連携

米国の連邦機関は民間に対しても研究開発の資金支援を行なっている点は、日本が殆ど大学を対象としていることと比較して大きな違いになっている。このような資金的背景もあって、連邦機関の研究開発プログラムの存在自体が、大学と企業間の研究開発の連携が良好に行なわれることに寄与していると見ることができる。

(e) 長期的な研究開発の継続

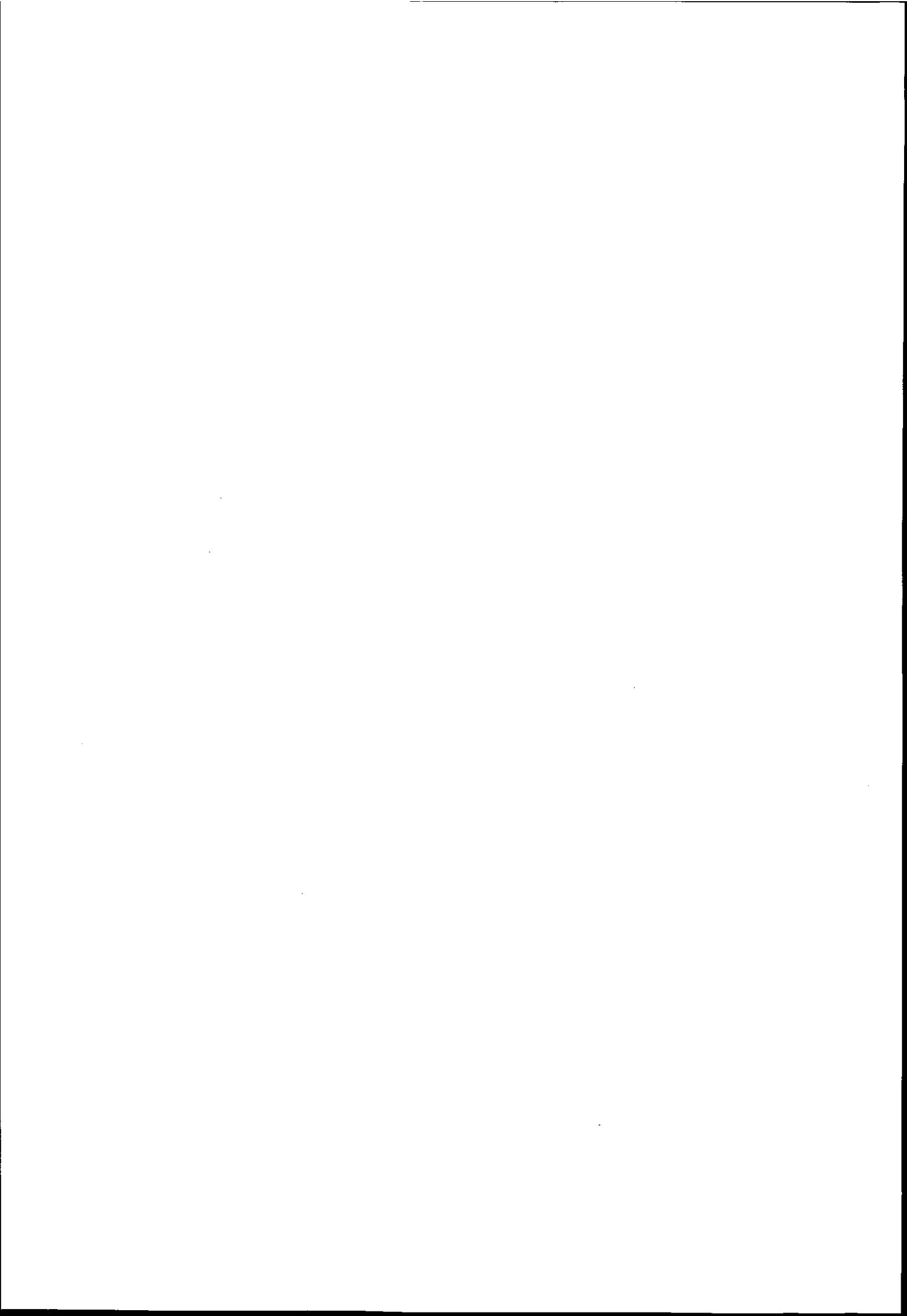
情報技術のスパイラルな開発モデルについて言える重要な点は、スパイラルモデルにおいて複数のサイクルが継続的に支援されるような研究開発プログラムの長期的ビジョンが不可欠である、ということである。米国における連邦研究開発プログラムを見る限り、ある技術分野の研究開発は、支援レベルの波は存在するにしてもこれまで継続的かつ戦略的に展開されてきているのではないかと見ることができる。



第Ⅱ部

米国政府による情報技術研究開発 運営の現状と技術開発動向 — ADL社調査結果 —

1. 米国政府によるIT研究開発への出資
2. 技術の研究開発から実用化への仕組み
3. IT技術と研究開発領域及びプロジェクト



1. 米国政府による IT 研究開発への出資

1.1 米国政府の IT 研究開発支出

1.1.1 IT 研究開発の予算に見る相対的重要性

この節のポイント

- 米国政府の IT に対する研究開発支出は年約 \$27 億、科学技術予算の 7% にも上り、米国の IT 産業の強さを支えている。
- 総研究開発予算の減少傾向にあっても、IT を含む科学技術予算は減少をさせず、相対的に重視されている。

米国の IT に対する研究開発支出は、年約 \$27 億に上る。これは全政府研究開発支出中 3.9% に当たり、科学技術予算中だとその 7% をも占める。政府の IT への大きな予算割当により、米国の IT 技術の発達と産業の強さを支えている様子が窺える。

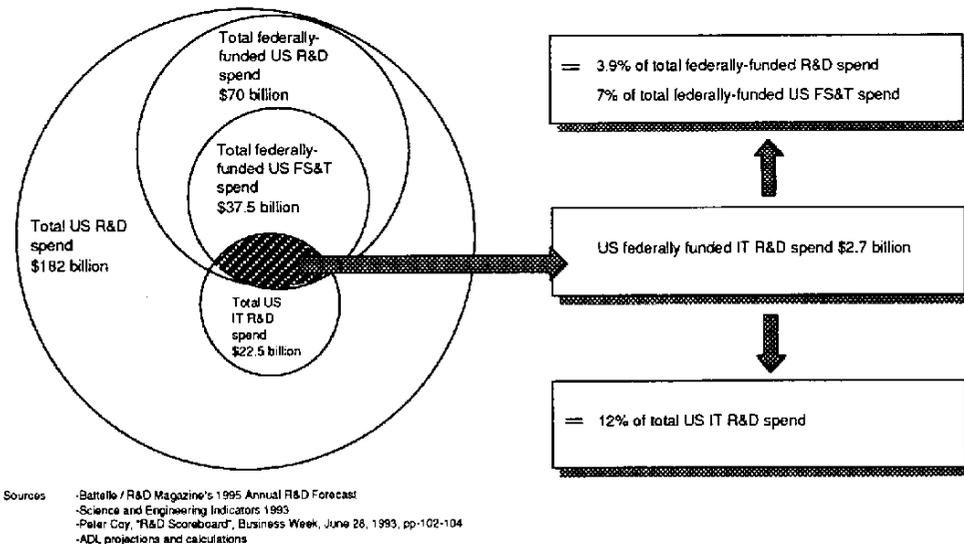
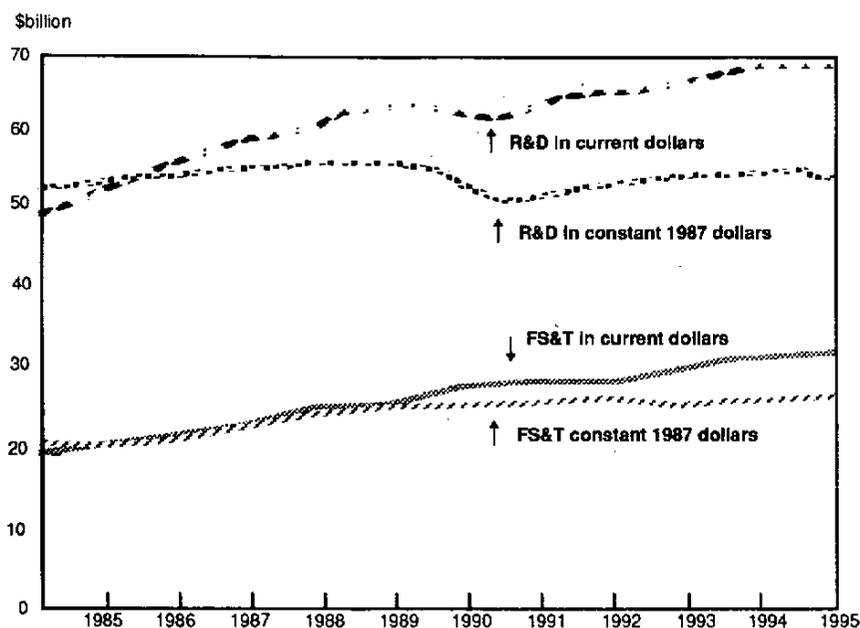


図 11-1 米国の研究開発投資全体像と、政府 IT 投資の関係

次に、動向を理解するためにここ近年の傾向を見ると、まず米国政府全体の研究開発支出は約 \$700 億で安定的に推移していることが分かる。名目で微増、実質で横這いである。



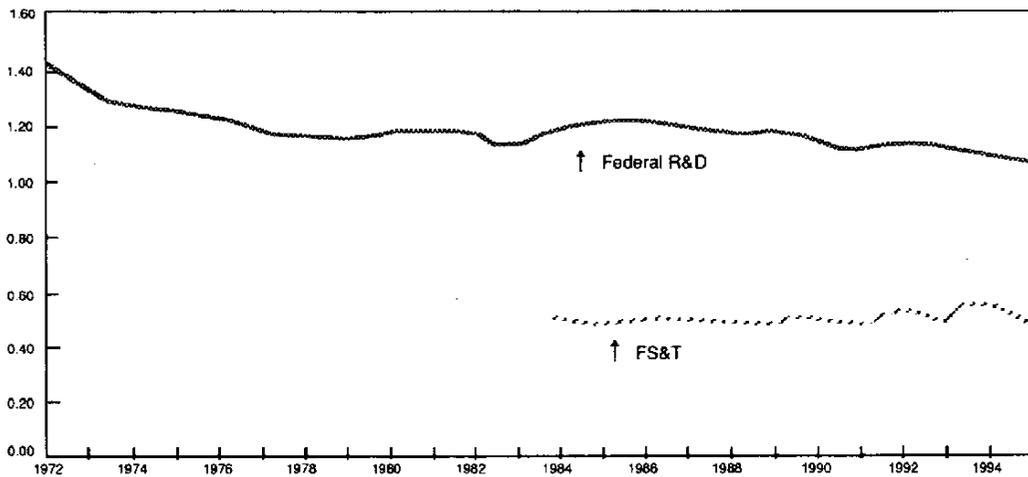
Source/Notes

1. NSF (National Science Foundation) "Federal Funds for R & D " 1995
2. "FS& T " (Federal Science and Technology) was defined in a recent report from the NAS (National Academy of Sciences) " Allocating Federal Funds for Science and Technology " 1995 as R&D expenditure, excluding federal spending on production and maintenance of weapons and space systems.

図 11-2 過去 10 年間の米国 R & D 投資額推移

これら研究開発支出を対 GDP 比で見ると、まず全体予算は漸減傾向である。これには軍事及び宇宙航空分野の減少が響いていると見られる。ところが、IT を含んで新分野への政府出資をより反映している政府科学技術予算 (Federal Science and Technology: FS&T) については、相対的に重要視され、GDP 比を一定に保っているし、政府全体予算の中での相対割合は増していることになる。

但し、全体予算の減少は軍事関係を中心に今後も続き、特にこれから数年間に相当急速な減少も予想される。95 年には \$20 億が予算からカットされ、96 年の大統領予算案では実質 20% のカットが 96 年から 2000 年に向けて計画されている。更に議会案では 2002 年までに 33% のカットが計画されている。



Source : NSF "National Patterns of R & D Resources"

図 II-3 米国 R & D 投資の対 GNP 比推移 (%)

1.1.2 政府 IT 研究開発支出の見積もり

この節のポイント

- 政府 IT 研究開発支出は 3 段階の方法により最低約 \$27 億と見積もられ、実際にはそれ以上と考えられる。
- 政府の IT 研究開発を推進するのは HPCC プログラムである。また IT 研究開発は、大部分が 4 つの省庁で行なわれている。

IT 分野の年研究開発支出約 \$27 億の見積もりに当たっては、米国政府の統計では、研究開発支出をその応用分野や出資省庁組織で細分化しており、研究開発の性質では分けていないため、IT への研究開発支出を直接読み取ることは不可能であった。従って今調査では IT の研究開発支出を 3 段階の方法で見積る工夫を行なった。

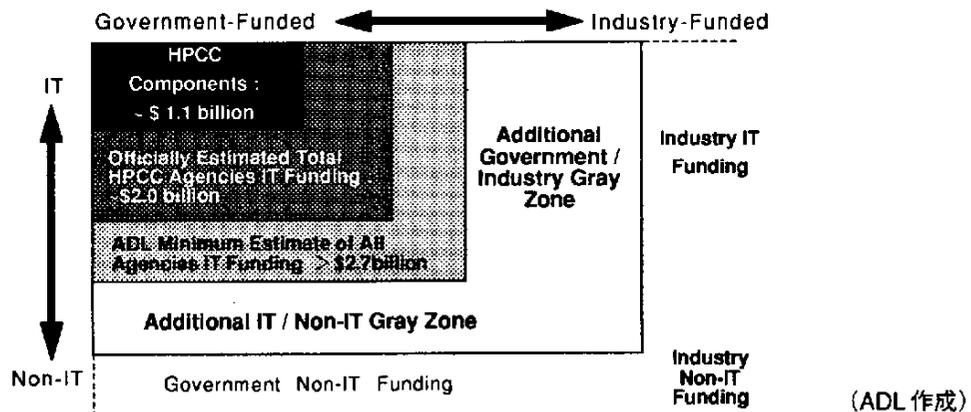


図 II-4 米国政府 IT 研究開発支出の 3 段階による見積もり

第一段階として、米国政府のIT研究開発を捉えようとする時、まずその中心的プログラムであるHPCC (High Performance Computing and Communications) を見る必要がある。HPCCは、政府のITに関する研究開発の中心となる調整機関で、現在12の省庁でのIT研究開発がHPCCプログラムの一環として含まれる。HPCCとしての支出は92年にプログラムが始まって以来大きく伸び、96年には\$11.7億にまで成長している。しかしその背景としては、各省庁が年々HPCCに参加したり、既存の研究開発活動をHPCCの一環として再分類したことが響いており、紙上での増加という面が大きい。従って最近のものほど実際に近い数値を表しているはずだが、このHPCC登録額だけで正確なIT研究開発支出の額を量るには不足と考えられる。

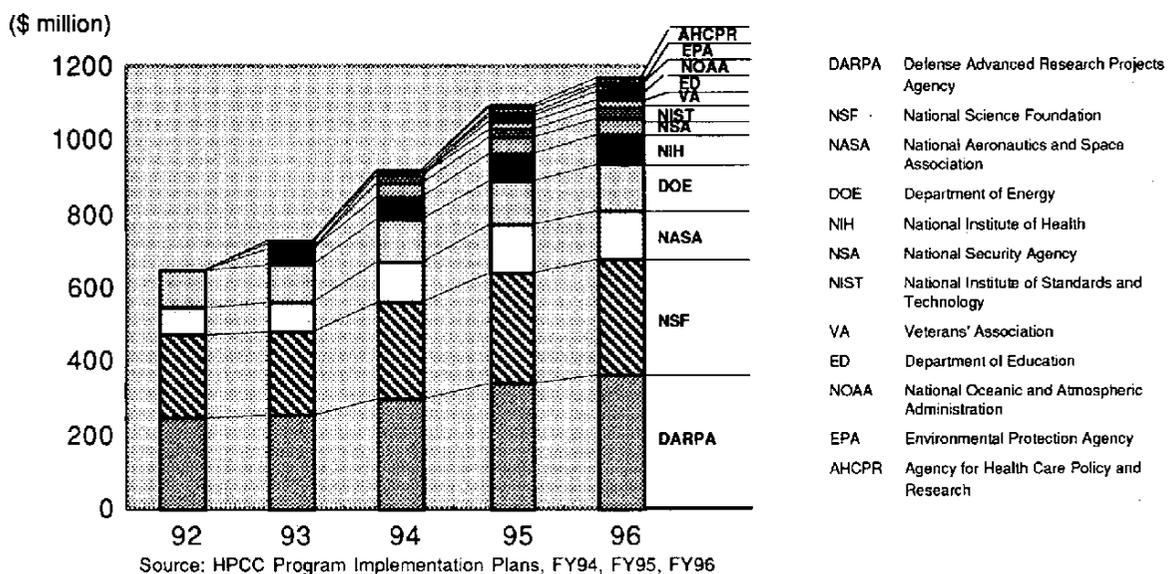


図11-5 HPCC下の省庁別研究開発支出推移

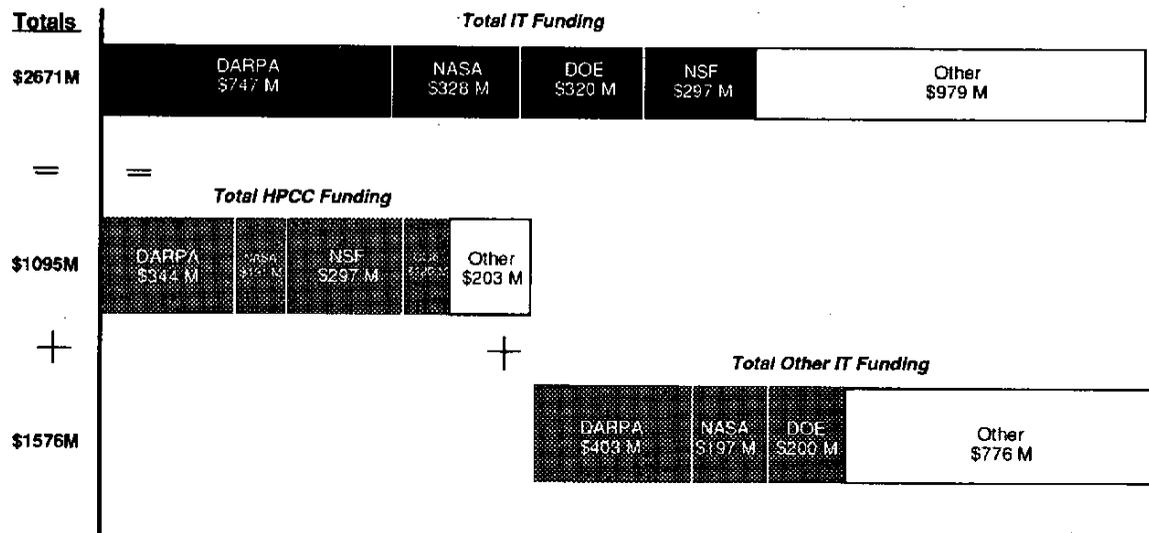
第二段階として、このHPCC非登録のIT関連の研究開発出資を含める必要がある。政府の情報通信委員会 (Committee on Information and Communications; CIC) が、その部分を含めたHPCC参加省庁の総IT研究開発支出を約\$20億と見積っている。

第三段階としては、HPCCにまだ参加していない省庁の分を含める必要がある。そのために、関連する数値として、93年に出された政府省庁毎のコンピューター科学研究割当というのがある。この割当によれば、HPCC非参加省庁は、全体額の25%を占めている。従って、\$20億にその分を加えると、政府全体で約\$27億との見積もりに達する。

HPCCとして指定されている研究は12の省庁下での研究開発にわたり、その大部分を占めるのが、

- DARPA (Defense Advanced Research Project Association; 軍事関係) ^(注1)
- NASA (National Aeronautical and Space Association; 宇宙航空関係)
- NSF (National Science Foundation; 科学関係)
- DOE (Department of Energy; エネルギー関係)

の4省庁である。これらだけでHPCC支出の内82%を占め、政府総IT支出の63%を占める。



*Based on 1995 figures

(ADL作成)

DARPAでの研究の多くの部分はITに関連しており、ITの軍事利用への戦略的重要性を反映している。

NASAでのIT支出は、全ての部門に平均的にまたがっている。

NSFでのIT支出は、CISE (Computer and Information Science and Engineering) と Engineeringの2部門に集中している。

DOEでのIT研究開発は、主にエネルギー研究へのコンピューターの応用と、軍事関連の研究において行なわれている。

これら純粋に政府出資として見積もりのできる\$27億に加えて、ITの研究は見積もりのできない他分野との境界部分でも行なわれている。まず研究分野としてIT関連かそうでないかを明確に区別できないことによる曖昧な領域がある。次に出資元として、企業と政府のどちらが分担

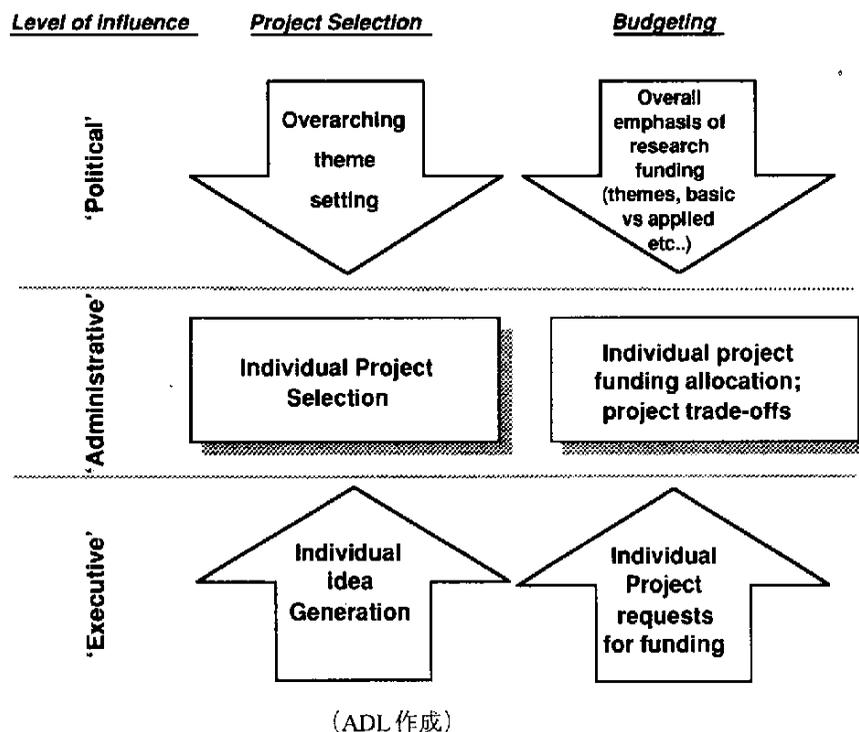
(注1) 1996年3月までDARPAはARPAと呼ばれていた。

しているかが曖昧で、どの程度が純粋に政府出資分かが分からない領域が存在する。この部分では、米国政府は研究開発への投資効果を高めるために、特に意図的に産業からの資金を併せて確保させるようにしている背景がある。

以上のことを考え合わせると、米国政府のIT研究開発出資は低く見積って約\$27億、実際にはそれ以上の可能性が高いと言える。

1.2 IT研究開発への政府出資の仕組み

米国政府の研究案件選択と出資の仕組みは、トップダウンの「環境創造」及び「テーマ設定」と、ボトムアップの「アイデア創出」との組み合わせにより成っていると特徴付けられる。



図II-6 IT研究開発におけるテーマ選定・出資メカニズムの概念

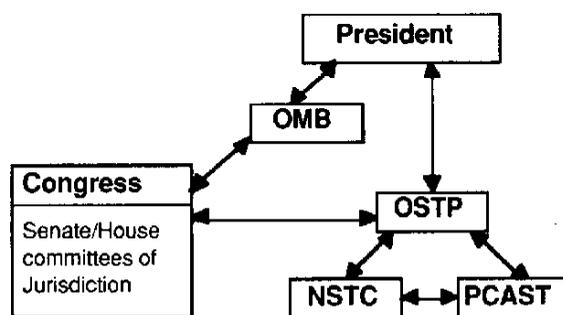
1.2.1 トップダウンの流れ

この節のポイント

- トップダウンの研究開発政策は重点テーマ領域として示される。それは省庁横断的調整機関により各省庁に徹底され、国としての方向性が実施される。
- 重点テーマ領域は広い括りの目標が示され、目標に辿り着くための個々の代替技術には技術間の自由競争を意図的に起こしている。

トップダウンの流れは、大統領や議会の政策レベルでの方針が、研究開発の重点領域という形で大きな方向性を作り出すことである。トップダウンでの調整により、ITの研究開発全体として幾つかの大きなテーマ領域に重点を置くことができ、それは米国の仕組みの中で大きな強みと考えられる。政策的な大きな方向性が出されると、それは大統領直近の機関を通じてより具体的なテーマ領域となり、各省庁との調整を通じて個々の研究テーマまで影響を及ぼす。

1.2.1.1 トップダウン的政策のための組織



(ADL作成)

図II-7 トップダウン的政策のための組織

トップダウンの仕組みの頂点に立つのは、政策策定、方向性の設定、予算の管理等、全ての面において名目上の責任を持つ大統領である。大統領は方向性決定において、大変強い影響力を持ち、中心的役割を果たす。大統領から直接テーマ設定が出たこともあり、例えば93年のクリントン政権の選挙キャンペーンで重要政策とされたNII (National Information Infrastructure) が挙げられる。また方針を予算として実施するに当たっては、大統領は予算案の議会への提出、また承認予算の実行の権限を持ち、方針の運営に当たっては、大統領は自らの直近に研究開発方針に関する諮問機関や、実施に関する調整機関の設置も行なう。

大統領直近の機関としては、主として4機関が研究開発政策に関わる。まずOMB (Office of Management and Budget) は予算の作成、各省庁の予算の監督等を行なう。省庁間の予算使用や政策の効果についての評価も行なっており、研究開発プログラムの効果についても、一歩踏み入って数量的評価を取り入れてきている。

OSTP(Office of Science and Technology Policy)は、科学政策策定に関して大統領の補佐の役割を果たす。OSTPは大統領へのアドバイスの他に、議会との窓口、下位機関(PCASTやNSTC(後述))の監督等の調整的役割を行なう。しかし実質的業務については、予算はOMB、政策策定はPCASTやNSTCが責任を持っている。

NSTC(National Science and Technology Council)は、政府の科学技術政策の効果改善のための調整機関として、93年に大統領令により設立された。これまでに省庁の枠を越えた科学技術に関する対話や、数々のプログラムを行なってきた。

PCAST(the Presidential Committee of Advisors on Science and Technology)は、大学と産業の代表者からなる諮問機関で、大統領とNSTCに対して科学技術政策のアドバイスを行なう。

議会はOMBからの予算案について、修正・承認等を行なう。しかし、特に専門的に研究開発政策にまつわる部分の予算を審議する仕組みはない。上院・下院の各関連委員会での(例えば下院のScience Committee)審議に一応含まれるが、そのレベルは例えばNASA、NSF、商務庁、環境庁の予算と一緒に審議するような大括りな物でしかなく、政策に貢献するとは言い難い。

これらトップダウンの仕組みを構成する大きなテーマ領域とその調整機関により、省庁間の議論が促進され、各省庁での研究開発が共通の目的に向かって方向性が揃えられる。

1.2.1.2 政策的方向性の役割

科学技術政策は、国家としての研究開発の大きな方向性を示し、関連省庁レベルでの研究開発方針に影響を与える。それにより具体的研究開発活動を、大きな共通の目的に向かわせる働きをする。そういった政策を受け各省庁では、関連する部分でその方向性に従った形での実際の予算割当を行なう。

ITに関する政策的方向性の実現のための施策としてHPCC(High Performance Computing and Communications)がある。この施策では、各省庁でのIT関連の研究開発について、情報交換、内容のレビュー、プログラムの開発等の推進・調整を行なう。

HPCCの最大の目的は、各省庁でのIT研究開発の方向性をある程度統合し、共通の目的に向かった舵取りを行なうことにある。そのために、実際には5つのプログラムを設定し、それらにより方向性を示し、共通の目的として推進している。

- HPCS** *"High Performance Computing Systems"*
- Accelerated development of scaleable computing systems and supporting technologies
- NREN** *"National Research and Education Network"*
- Development of advanced network technologies and their deployment within the research community
- ASTA** *"Advanced Software Technology and Algorithms"*
- Prototype solutions to "Grand Challenges", improvement of algorithms and software tools
- IITA** *"Information Infrastructure and Technology Applications"*
- Prototype solutions to "National Challenges" and accelerated deployment of NII enabling technologies
- BRHR** *"Basic Research and Human Resources"*
- Support for research, training and education in computer sci

図II-8 HPCCの5つのプログラム

このようにHPCCのプログラムとして具現化された政策的方向性は、ある程度広い括りで設定されている。そうすることの意義は、研究開発の大きな目標を示すことであり、その目標に辿り着くための方法としての個々の技術の選択は研究者の自由になっている点である。例えばHPCSを実現するための技術的方法としては、Massively Parallel Computer、Workstation Cluster、Vector Super Computerが挙げられるが、それら違った技術を競合させ、最適なものを勝ち残らせていく意図が見える。これは例えばWorkstation Clusterという特定技術領域を取り上げてプログラムとして出資していくのとは、全く異なるアプローチである。

HPCCを設立した法律は、今年その見直しの時期であり、今後もHPCCのような施策が継続するかどうかははっきりしない。しかし、HPCCの行なってきた省庁間の情報交換は相当定着したと言えるし、その努力の成果は認められる。

1.2.2 ボトムアップの流れ

この節のポイント

- ボトムアップでの研究アイデアの提案は、研究者、研究のアイデア間の競争を生み出し、研究者を切磋琢磨させている。
- 特に非募集（研究テーマを指定しない）での研究アイデア提案を受けていることにより、革新的技術・アイデアに門を開いており、それらを探り上げることができる。

研究開発の現場から上がってくるボトムアップの研究のアイデアは、予算決定を行なう省庁・機関と、研究者との間のやり取りから生まれ、研究者、研究のアイデア間の競争を生み出している。

研究のアイデアはプロジェクト案として研究者から出資機関に寄せられる。これは出資機関から募集するテーマ領域に対してであったり、募集領域と無関係の場合の両方がある。

このボトムアップのやり方には幾つかの利点がある。まず研究者が自らの興味・アイデアで提案をすることにより、研究者にとってのモチベーションが高まる。次に、出資に対して公平な競争が行なわれることで、研究者の自己研鑽が行なわれる。そして、研究者の自己提案の仕組みから、革新的なアイデアを許容し、取り入れることができる。

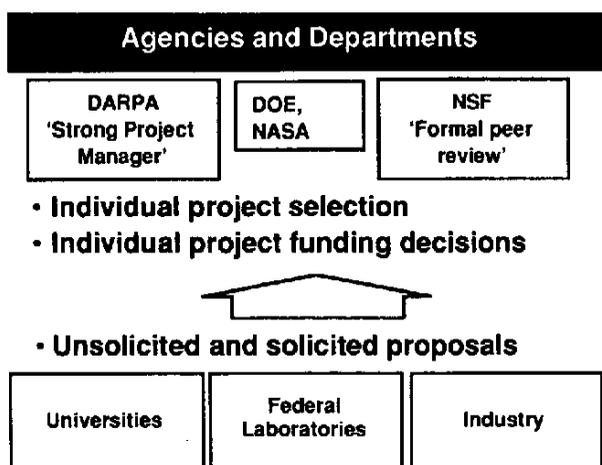
募集テーマ領域に対する出資と、非募集（研究テーマを指定しない）でのプロジェクトに対する出資とは、その件数がほぼ半々の割合であると見積られている。しかしDARPAにおいては特定領域の研究に範囲を絞っているので、プロジェクトはほぼ全件が募集方式による出資となっている。

1.2.3 出資プロジェクト選定の仕組み

この節のポイント

- 出資領域選定には、長期安定型と短期プログラム型があり、広い分野の基礎研究と狭い分野の応用開発にそれぞれ向いている。
- プロジェクト選定にはピア・レビュー式とプログラム・マネジャー方式がある。個人の資質に大きく頼る後者では、大変能力のある専門家を専任で登用する。
- 2つの方式を存在させていることは、国としての研究開発のバランスを保っている。

研究開発プロジェクトを実際に選定し、出資を決定するのは、各省庁のレベルで行なわれる。また、トップダウンの政策的方向性と、ボトムアップの研究アイデアが出会い、その2つの流れを勘案し最適なプロジェクトを実施する決定を行なうのも、この各省庁レベルでのプロジェクト選定である。



(ADL作成)

図11-9 省庁レベルでの出資プロジェクト選定

出資領域選定の仕組みには大きく2つのモデルがあり、長期安定型と、短期プログラム型がある。NSFに見られる長期安定型の出資形態では、比較的長期にわたって同一領域への安定出資が行なわれる（例えばAIの領域で継続的にプロジェクト出資が行なわれる等）。この長期安定型の領域選定により、長期的視点を持った基礎研究が可能となっている。

これに加えてNSFでは具体的なプロジェクトの選定に際して「ピア・レビュー」と呼ばれる方式を採用している。そこでは学界・産業界等違う分野におけるその研究領域の識者が集まり、合議的にプロジェクトが選定される。従って純粋に学問的水準の見地からプロジェクト提案を比較評価できるし、逆に若干領域外の研究テーマでも面白いものを拾い上げることができる。その反面、審査員は同領域のライバルの研究者の提案を評価することとなり、システムの濫用が常に懸念される。

一方、DARPA、DOE、NASAに見られる短期プログラム型の出資形態では、例えば3年おき等で出資領域が変更される。出資するプロジェクトもその時点でのホットトピックや、短期的成果の期待される応用に近い領域になりがちである。

この短期プログラム型の出資形態に対しては、具体的なプロジェクト選定はプログラムマネジャーの判断で行なわれている。従ってプログラムマネジャーの選任は重要であり、その領域でのエキスパートであり、技術の詳細とビジョンの両方を併せ持つことが要求される。実際にはプログラムマネジャーも識者の意見を仰ぐことも多いが、最終的には自分で判断を下す。相当な権限の下に、トップダウンの方針に従った特定領域を強力に推進することができる。専任として登用され、一人で\$2千万もの予算を任される、責任とやりがいの両在する職務であり、給料も公務員としては相当高い。

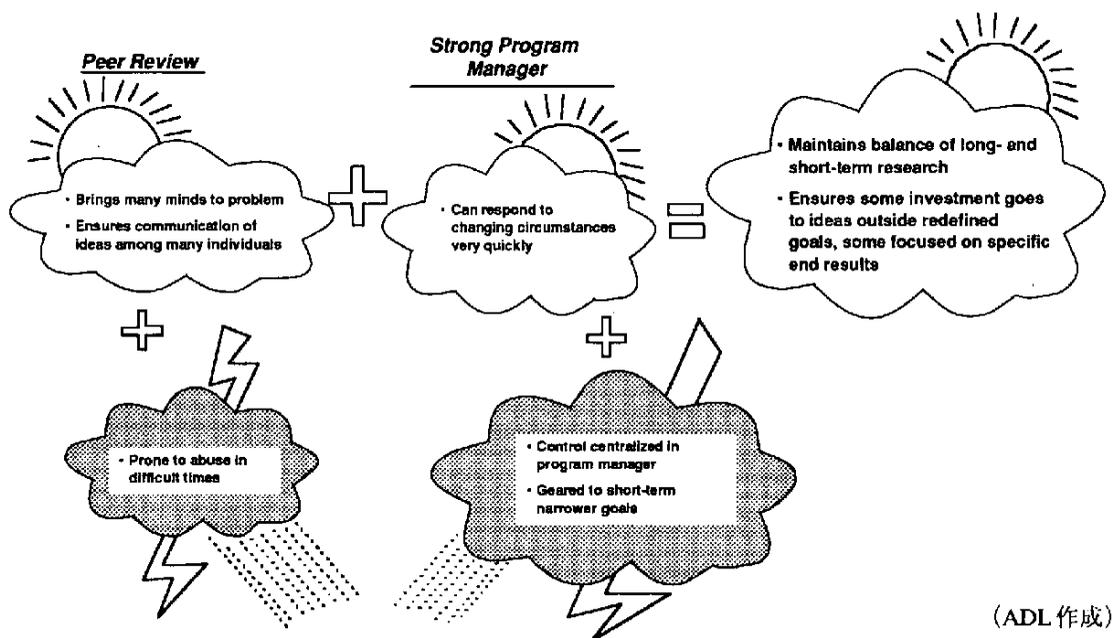


図11-10 短/長期バランスと、フォーカス/新領域バランスのとれた出資選定メカニズム

これら2つの出資形態と選定の仕組みを持つことは、国家としてはバランスが取れていると考えられる。中長期的な基礎研究と、短期的・実用的な研究開発の両方が結果として同時に推進されている。また、学問的に面白い新しい研究領域を取り上げつつ、且つ一方では求める成果が明確な研究への配分もある。そういう2面でのバランスが実現されている。

まとめ

この章のまとめとして、米国の研究開発に関する政策運営から学べる点を以下に挙げる。

- 米国政府IT研究開発出資は\$27億、科学技術予算の7%にも上り、その額、ITに対する重要配分からして、相当な政策的重要性が見て取れる。
- トップダウンの研究開発政策は重点テーマ領域として示される。それは省庁横断的調整機関により各省庁に徹底され、国としての方向性が実施される。
- 政策的方向性・プログラムを大括りの目標として設定することで、個々の技術間に競争原理を働かせ、淘汰、切磋琢磨させている。
- ボトムアップの研究プロジェクト提案により、研究者間に競争原理を働かせ切磋琢磨させ、同時に革新的アイデアに門を開いている。
- 短期・特定領域指向のプログラムと、長期・広領域指向のプログラムが両在することにより、国としての研究開発のバランスが保たれている。
- プロジェクト選定にはピア・レビュー式とプログラム・マネジャー方式がある。個人の資質に大きく頼る后者では、大変能力のある専門家を専任で登用する。

2. 技術の研究開発から実用化への仕組み

2.1 米国の研究開発政策基本方針

この節のポイント

- 米国では政策として、研究開発の結果は産業を通じて商業化・実用化して国民経済に利益を還元することを明確に定め、それを自由市場原理の下で実現している。

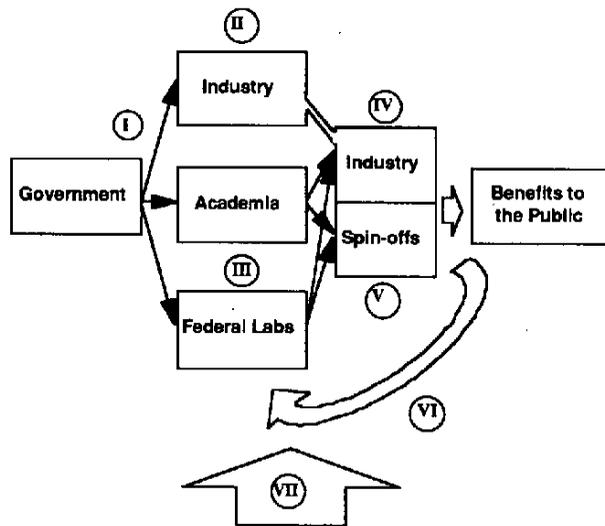
米国の研究開発を政策として大きなレベルで見ると、3つの基本方針が浮かび上がる。まず第一に、自由市場・競争原理の仕組みを最大限取り入れ、各自のベストな能力を自然なインセンティブの下に引き出していることである。これは規制によって行動を縛ることにより目的を達しようとするアプローチとは180度考え方が異なる。自由市場・競争原理の仕組みの下では、オープンな機会が平等に何人にも与えられ、ビジネス感覚の良い意味での緊張感が生まれる。各自は市場のインセンティブの下に、自己判断で行動を起こし、それが新たなアイデアの原動力にもなり、行動を自律することにもなっている。

第二には、研究開発成果の実用化による国民への利益を根本的な使命と明確に捉え、その成果の実用化のための仕組みを政策的に相当徹底して運営していることである。技術革新は生活水準の向上をもたらし、雇用を増やし、地域を活性化し、また米国産業の国際競争力を強める、と明確に認識されている。

第三には、実用化という国民利益の大目的のために、産業による商業化をその道とするということの明確な是認があり、最大限商業化を推進していることである。商業化については産業が行なうものというはっきりした役割分担があり、研究の成果は最大限産業へ移転する努力が行なわれている。その過程で発生する私企業の利潤は、市場メカニズムとして当然のもの、あるいは実用化の労に対する正当な報酬であると認識されている。政府出資の研究成果が私企業の利潤に加担するといった短絡的な批判を、既に超越していると言える。

2.2 米国の研究開発と技術移転の仕組み

以下に米国の研究開発から実用化への仕組みの全体像を示す。各部分毎に仕組みを解説していく。



- (I) 政府による研究開発プロジェクトの委託
- (II) 産業界における委託研究
- (III) 大学・研究所における委託研究
- (IV) 大学・研究所での研究開発成果の実用化
- (V) スピンオフによる技術移転
- (VI) 社会ニーズのフィードバック
- (VII) 基盤となる法体系

(ADL作成)

図II-11 研究開発から技術の商業化・実用化までの流れ

2.2.1 研究開発プロジェクトの委託

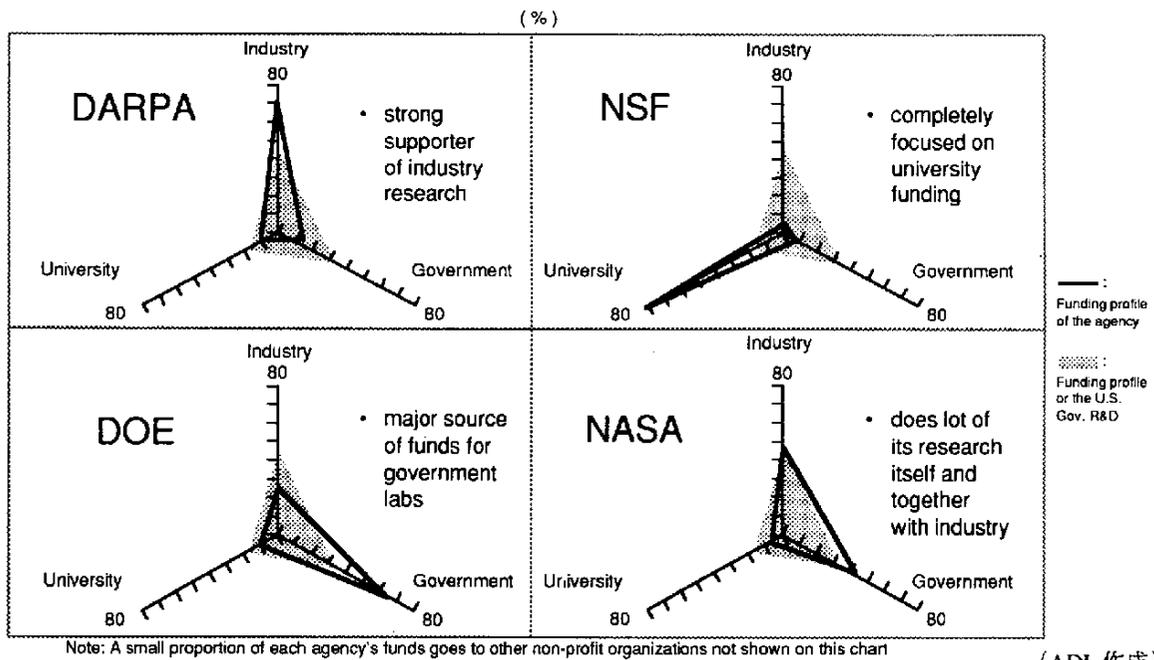
この節のポイント

- 政府からの研究開発プロジェクトの委託は、大学・研究所だけでなく産業も含めた自由競争により行なわれる。
- 省庁やプログラムの目的により、委託先の傾向が変わってくる。

研究開発案件を政府がプロジェクトとして研究機関に委託するに当たっては、委託先として大学、国立研究所に加えて、米国の場合産業に委託する割合が高くなっている。

ここで見て取れる基本方針としては、やはり政府資金に対するオープン市場での自由競争ということである。産官学に関係なく能力の最も高い者を採用することができるし、また世の中の最先端を間違いなく研究できる。省庁所属の研究所で行なった研究が、成果を出すころになったら既に世の中では産業界の技術より完全に遅れていた、という様な失敗も過去にはあった。また、競争原理により、次回の出資を得るために、毎回の研究で良い結果を出さなくてはという健全な緊張感も生まれている。

自由競争という以外に委託先を決定する要因としては、各省庁の使命・目的というものが大きく関わる。



(ADL作成)

図II-12 各省庁の使命・目的による出資先の配分 (金額%)

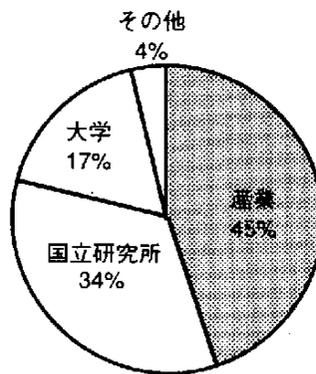
例えば科学の発展を使命とするNSFは、学問的に純粋に基礎研究に集中しやすい大学にはほぼ全部出資するし、軍事技術を重要な目的とするDARPAでは、国防上軍事産業を育てておく必要から、産業への出資が最も多い。但しこれらは全体的傾向であり、同一プログラムの同一研究領域であっても、委託先には産業もあれば大学もあるといった姿になっており、自由競争・オープンな委託となっていることに変わりはない。

2.2.2 産業への委託

この節のポイント

- 産業への研究開発委託は盛んに行なわれ、その形態、プログラムには様々なものがある。特に産業側の共同出資を求め、それを商業化の可能性の目安として出資の判断に使っている。
- 産業への出資は、決して私企業をただ儲けさせる訳でない。利潤を出すためには企業がリスクを負って相当の追加投資をする必要がある。
- 知的所有権の扱いはその都度の契約によるが、政府としては商業化を常に目的として柔軟な対応をする。

産業への出資は米国では盛んに行なわれていて、その重要度は出資額からしても大変大きい。



(ADL作成)

図II-13 米国政府研究開発出資の配分

2.2.2.1 産業への委託の形態

産業への研究開発の委託と一口に言っても、その形態は実に様々である。

- 1) Procurement Contract (調達) : この契約形態では、サービスの提供に対するコストを支払うという形となる。技術の向上の期待も少ない。
- 2) Grant (資金提供) : 主として研究開発を促進するのに使われる形態。この場合サービスを買うというより、投資である。調達に関する規制と違い、例えば知的所有権の取り扱い等に柔軟性が持てる。
- 3) Cooperative Agreement (協同契約) : Grantと似ているが、政府から知識の移転を行ったり、進捗管理を相当行なう必要があり、政府の介入が多い場合にこの形態が使われる。
- 4) その他 : ローン、コンソーシアム、共同出資、等色々な形態がある。

産業への出資は、種々の省庁及び技術開発に関するプログラムから行なわれている。それぞれが違う目的を持ち、それぞれの判断で出資を行なっている。一概には省庁から直接出資の場合は政府の介入度合いの少ない Procurement や Grant の形が多く、プログラムを通じた出資の場合、より協同的な Cooperative Agreement のような形が多い。以下に主な産業への出資のプログラムを見ていく。

2.2.2.2 産業への委託を行なう主なプログラム

DARPA と NASA は、政府の介入度合いの少ないアプローチを取ることが多い。その前提としているのは、受託企業が研究結果を商業化できるならば、研究開発自体も自ら管理推進できるはずだとの考え方である。しかし同時に、受託企業が政府出資プロジェクトに真剣に取り組む事を確実にするために、受託企業のコスト共同負担を要求する事が多い。

TRP (Technology Reinvestment Program) は、軍事と民生の両方に使える技術の開発を推進するプログラムであり、産業からの共同出資の方式を採用した。このプログラムが設立された経緯としては、かつて軍事技術開発を国の出資・主導でのみ行なっていた際、その技術の実用化時には民間のレベルでは既に時代遅れになっていた、という失敗の教訓から来ている。政府100%出資に比べて、産業が共同出資する技術であれば、その技術の市場性見込みはより高く、かつ研究プロジェクト後も追加の商業化投資を受けやすいはず、というのが背景となっている理論である。TRPはその後支持を失い、その考え方はJDUPO (Joint Dual-Use Project Office) に引き継がれたが、その将来は分からない。

ATP (Advanced Technology Program) は、技術の商業化性に非常に重点を置いたプログラムである。特に開発リスクが高く民間だけでは投資されづらいが、国の経済の活性化に大きく貢献する可能性のある民生技術の開発案件に対してのみ出資が行なわれる。商業化性の追及のために、ユニークな運営をしている。まず、プロジェクトの提案、研究の実行管理は企業が行なう。次に、企業が研究開発コストの半分以上を出資する。そして、プロジェクトの選択においては、学界と政府の専門家のピア・レビューにより、国の経済への貢献度の大きさが審査される。これまでATPを通じた出資額は大きく増えてきている。

SBIR (Small Business Innovation Research Program) は、ベンチャー企業の振興のために、産業に振り向けられる政府の研究開発資金の内1.25%を確保するものである。資金援助はベンチャー企業が技術・商品を開発するのに合わせ、段階毎に行なわれる。シード段階で小額の資金を受け、基礎の部分の開発に成功すると、次の商品開発段階ではより多額の資金を受けられる。商品開発も成功すると、次は市場化段階だが、それには民間資金を自ら調達しなくてはならない。逆に、市場化段階での民間資金が既に確保されている場合、商品開発段階の政府資金は自動的に受けられる。

STTR (Small Business Technology Transfer Research Program) は、SBIRと基本的に同じ目的であるが、これは協同研究予算の一定割合をベンチャー企業に振り向ける意図のもので、研究開発はベンチャー企業と大学及び国立研究所の協同で行なわれる。

2.2.2.3 産業への委託からの社会還元

産業への研究開発出資からの社会への還元は、大学や国立研究所からのそれと同様に行なわれている。

まず第一に基本的な部分としては、出資元への研究成果の報告と、その情報の公開が行なわれる。ここでも継続して出資を受けるインセンティブがあるため、不当に成果を隠す等せず、できるだけ良い結果を提出するモチベーションがある。

次に、社会還元の中で最も重要視されている面としては、研究成果を実用化することにより、

国民の生活水準向上に寄与することがある。即ち、研究を行なった企業はそれを元に商品を開発し商業化することを期待されている。

ここで、なぜ政府の出資により私企業の利潤を助けるのかとの疑問もあろうが、現実はそうではない。

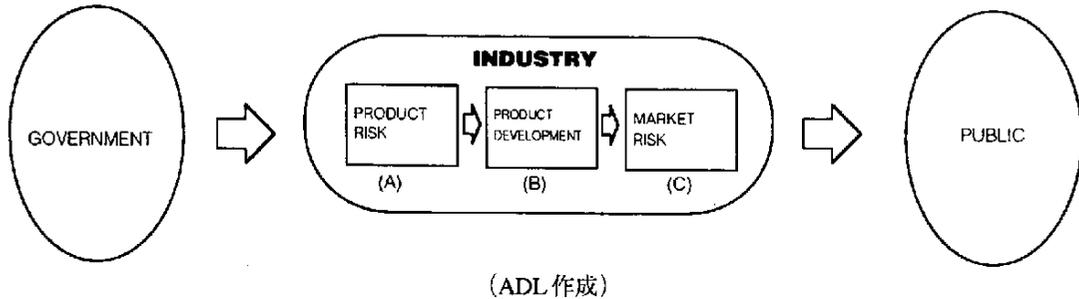


図11-14 政府資金受託から商業的成功までの産業の努力

- 1) まず研究成果の商業化には、相当の商品開発投資が必要なことである。そのままですぐに商品化につなげられるケースはほとんどない。例えば研究の結果できたソフトウェアをフリーウェアとして流通させることが多いが、そのままではバグ等の問題があり、商品化バージョンにするためには相当のテストを重ねたりサポート体制を整えたり等の投資なしにはできない。
- 2) また逆に、政府が出資するのは、開発リスクが高く産業が自発的に開発投資・商品化をしづらい技術に対してである。
- 3) またどんなに素晴らしいと思われる技術を開発・商品化したところで、それが売れるかという市場リスクは常にある。

従って研究成果がそのまま私企業の利潤になることはほぼありえないことである。利潤を出すためには継続研究、商品化開発の投資をリスクを負いながら行ない、市場リスクを負いながら生産・流通をするという多大な努力が必要とされる。

とはいうものの、実際に研究成果は研究受託企業の商品開発投資によって商業化・実用化されている。その理由の一面としては、研究受託企業が最も技術を理解しその商業的価値を知っているからである。その一つの実例としては、BBN (Bolt, Beranek and Newman) 社のインターネット開発がある。言うまでもなく、現インターネット実用化の恩恵は今や計り知れないものがある。

BBN社インターネット開発事例
<ul style="list-style-type: none"> Initially funded by DARPA to develop the packet-switching router technology for 'ARPANET' Although the company itself had some difficulties when it attempted to market its products to the wider public, the network it helped create formed the foundation of the Internet, which arguably has improved (and will improve) the lives of millions across the globe BBN itself was turned-around after further venture capital funding, and is now in the latter stages of development of a 'multigigabit' Internet router due for launch in 1997 (which received further DARPA funding)

- The BBN case history clearly demonstrates how the 'system', rather than individual companies, benefits from direct industry funding
- The key output of the BBN funded product development was (eventually) the Internet, rather than huge glory for BBN, which remains a small company

2.2.2.4 産業への委託からの知的所有権の扱い

実質としては研究を受託した企業が何らかの商業化の権利を得て、実際に商業化することは、上記のように行なわれている事が分かった。では契約的な仕組みとしてはどうなっているのかというと、その鍵となる知的所有権の所属は契約により企業であったり政府であったりする。例えば企業側が相当の研究コストを共同出資した場合等、契約交渉により、企業側に所有権が所属することはあり得る。政府出資100%の場合は、大学や非営利団体の運営する研究所には知的所有権が渡るが、営利企業には行かない法律になっている。政府はいずれの場合でも最低、無料の非排他的技術使用ライセンスを受け、他の研究への転用等問題なくできる。

知的所有権の所在に拘らず、実質的な商業化の推進は行なわれる。知的所有権を企業が持った場合でも、自己で商業化の努力をするなり他社に技術をライセンスするなりで研究成果の商業化努力がなされないと、政府はその権利を取り上げ他社を通じた商業化を試みる権利がある。また、政府が知的所有権を持った場合でも、受託企業へのライセンスや、場合によっては政府の判断で受託企業に所有権を取らせる等、まず受託企業を通じた商業化の試みから始めることとなる。

2.2.3 大学・研究所での研究開発の運営

この節のポイント

- 大学・研究所での研究員には評価、処遇、発明からのライセンス料等の経済原理的インセンティブにより、本当に切磋琢磨する必要がある仕組みになっている。

大学及び国立研究所での研究開発は勿論IT研究の根幹を成すが、その運営において、研究者の成果を高めるための、経済原理的なインセンティブが仕組みとして組み込まれているのが見て取れる。

まず、研究者がその研究成果に対して、客観的な仕組みで評価され、昇進・給与等の処遇に反映されることだ。論文として発表された研究成果は、アンケートのような形で学界・政府・あるいは産業界からのピア・レビューを受け、その研究成果の有用性、貢献度等が評価される。特に若い研究者にとってはTenure（生涯の教授の地位を保証する資格）を取ることが昇進の大きなステップで、逆にそれを取れないと大学を去ることになるという緊張感がある。

次に、研究開発のプロジェクトを受託することにインセンティブが働くことだ。多くの大学では教授らの給料は夏休み期間を除く9か月分しか支給されず、残りの3か月間分は自ら取ってくる受託研究の予算から給料を出さなくてはならない。また、競争市場でのプロジェクト受託には自らの研究能力・その領域での知識をトップクラスに保っておく必要があり、自己研鑽が自然と行なわれる。それに加え、研究開発のプロジェクトを受託し予算を取ってこられない者は、同額の給料を受け取るためには、教える授業数の負荷が増える、という経済原理に従った厳しさがある。

最後に、研究者に対する最も直接的なインセンティブは、研究成果が商業化に向けて産業にライセンスされた場合のライセンス料・ロイヤリティの約1/3が研究者個人の収入になることだ。1980年のBayh-Dole Actにより、政府出資プロジェクトの成果について大学・国立研究所が知的所有権を持てることになったが、それとともに研究者個人への金銭の分配も法的に定められた。

2.2.4 大学・研究所での研究開発成果の産業への移転

この節のポイント

- 大学・研究所は産業との役割分担を明確に認識し、技術は産業に移転・商業化することを使命としている。
- 大学・研究所では技術移転事務所を置いて、技術を産業に向けて積極的にマーケティングしている。ライセンス料収入がそのインセンティブとなっている。
- 産学連携は双方への利益が大きく、様々なレベルで行なわれており、近年更に組織的に推進されている。

研究開発が行なわれた成果は、次に商業化・実用化されることが大変に重要視されているが、そのための産業への技術移転には、法的な知的所有権の設定を初めとするインセンティブ・市場原理が導入されている。

まず初めに、大学・研究所は、自らの役割をはっきりと産業と区別している。

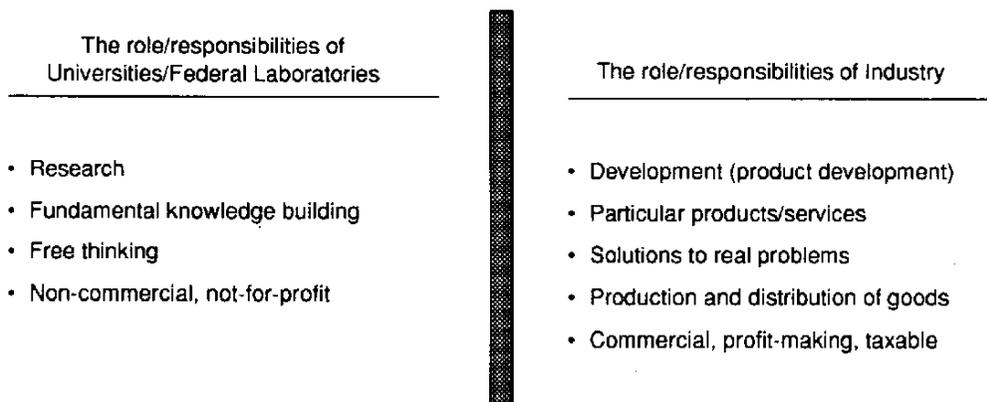
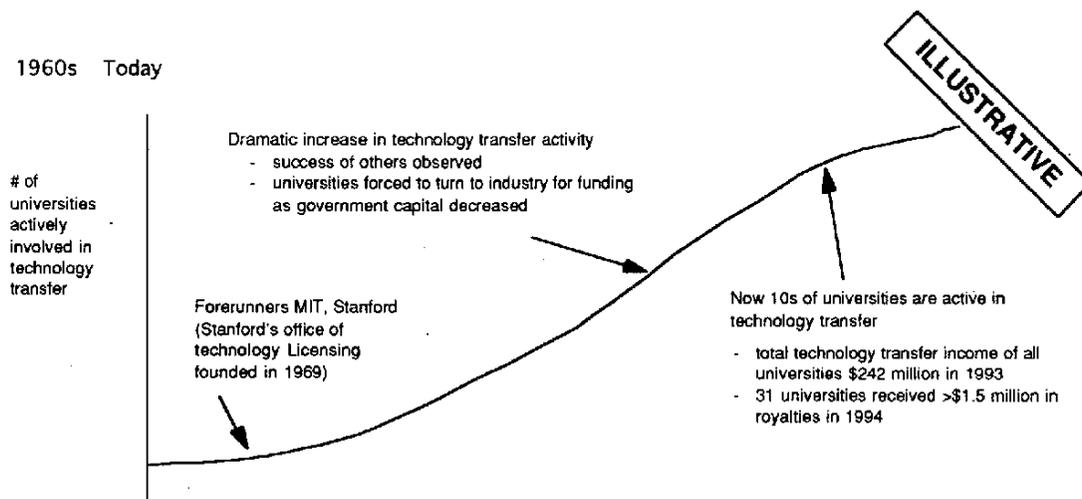


図 II - 15 大学・研究所と産業の役割分担

大学・研究所が行なう研究は、中長期的視点に立った、物事の本質的な究明であり、短期的な技術の実用化や産業の問題解決は行なわない。後者は課税対象でもあり、非営利の大学・研究所では行なえない。であるからして、後者の段階にはいる前に、技術は産業に移転されるべきという考え方ははっきり認識されている。

2.2.4.1 技術移転の仕組み

技術移転については、80年～87年の法整備を受けて、大学・研究所でもその後組織的な取り組みをしてきた。Stanford、MITを筆頭にその成功と大学側へのメリットが認識され、ここ数年から現在にかけて、他の多くの大学・研究所が重要事項として積極的に取り組んできている。



(ADL 作成)

図 II - 16 米国の大学での技術移転活動の増加

技術移転の仕組みとしては、まず大学・研究所、及び研究者個人に金銭的インセンティブが導入されたことである。80年の Bayh-Dole Act によって政府出資研究成果の知的所有権は非営利の大学・研究所に属することとなり、大学・研究所ではそれをマーケティング、ライセンスすることで、相当の収入が入ってくることとなった。ライセンス料、ロイヤリティ収入の内の相当部分(通常 1/3 程度)は法に定めるように研究者個人の収入となり、研究者個人にも大きな成功報酬というインセンティブが生まれた。

これに基づき、大学・研究所では、技術移転事務所や技術ライセンス事務所を作り、積極的活動を行なうようになってきた。

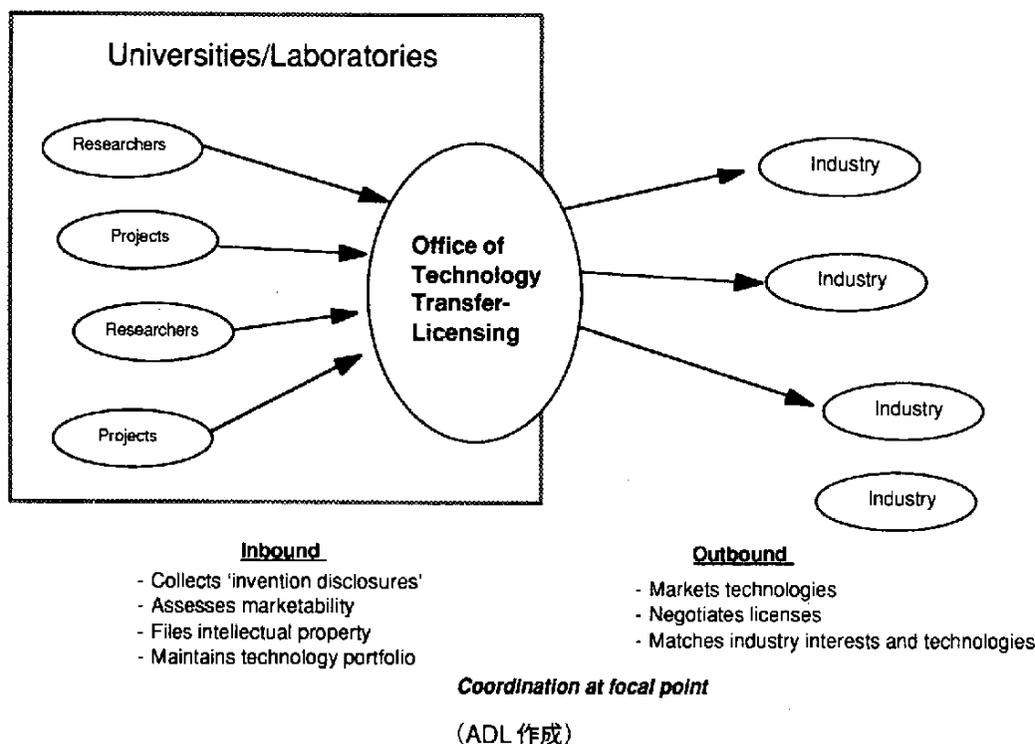


図 II - 17 技術移転/ライセンス事務所の役割

同事務所では、研究者に代わって特許取得の事務を行なったり、大学・研究所の窓口となって、特許化された技術のマーケティング、及びライセンスの交渉・事務を産業相手に行なっている。技術案件が研究者から出されると、その商業化の可能性を事務所で判断し、特許化する価値のあるものはし、関連業種等のターゲット企業に直接売り込む努力まで行なう。

ライセンス供与についても実用化を最大の目的とした上で、市場に合わせた柔軟な対応をしている。ライセンスは非独占的に多くの企業に出していくという考え方も一面では正しいが、場合によってはライセンスの独占供与をすることがより商業化につながると考えられる場合、独占供与も行なう。特に商業化開発のリスクの高い場合、独占供与という保護によって商業化後の投資回収の確率を高め、リスクを減らす措置を大学・研究所の判断で行なう。しかし同時に、ライセ

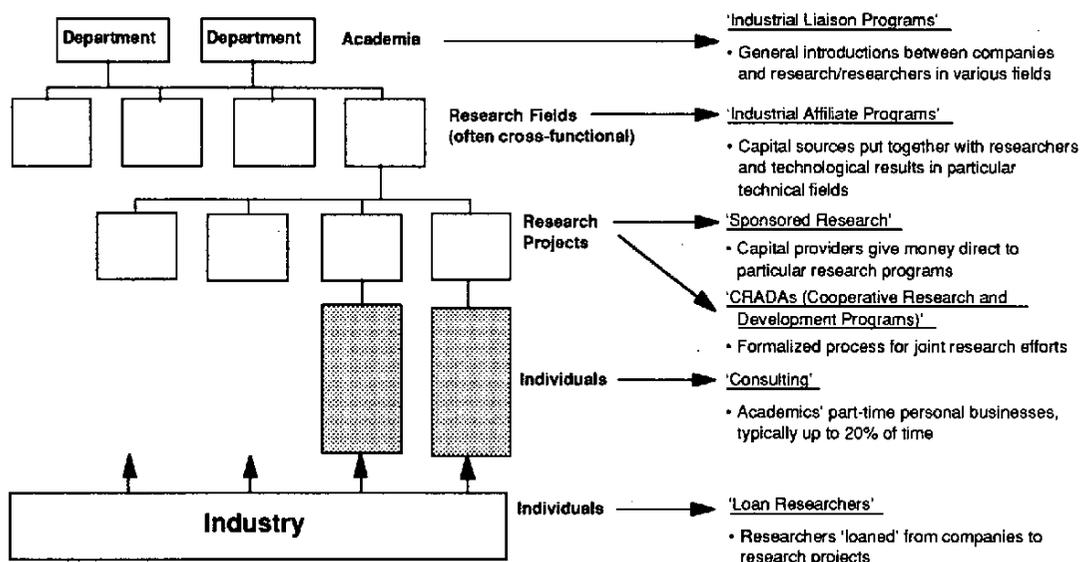
ンス保持者が商業化の努力を十分にしない場合、大学・研究所はライセンスを没収し、他者を通じて商業化する権利を持つのが慣わしとなっている。

2.2.4.2 産学連携

産業への研究成果の移転・商業化が大学・研究所にとっても利益があることが分かってくると、今度はその移転先の産業を大学・研究所での研究開発活動に近付けること、即ち産学連携の努力がなされてきた。産業側にとっても技術移転は利益のあることであり、MITやStanford等の先行校に加えて、ここ数年でその動きが非常に活発化してきている。

産学連携の意義としては、大学・研究所側の利益としては、研究資金源が得られることが最も直接的なものである。それに加えて、世の中の動き・現実的な課題を常に知る事ができることなども挙げられる。産業側にとっては、研究成果に早くアクセスできたり、他社に先行してライセンスを交渉する権利などが通常ある。それらに加えて、研究者とのコンタクトができること、そして最も大きな技術移転の方法であるとも言われる優秀な学生を採用できることである。これら両者の利益を実現する中で、大きく見ると技術の移転・商業化を推進するという社会的な目的も果たしていることになる。

産学連携の形態としては、色々なレベルがある。



(ADL作成)

図II-18 産学連携の色々なレベルにおける活動

まず大学を代表する窓口として、色々な分野の技術・研究者を紹介する年会員制のプログラム (Industrial Liaison Program)、特定の研究領域において研究資金供出とともに研究者や研究結果への技術的レベルでのアクセスを可能にするプログラム (Industrial Affiliate Program)、そしてある

特定の研究者の研究に出資する直接研究支援 (Sponcered Research) がある。尚、昔からの寄付・奨学金等はここでは含めていない。それ以外には教授が個人のビジネスとして行なうコンサルティング(米国では兼業可能、むしろ奨励されている)、企業からの研究員の受入等の交流もある。

いずれの形をとっても、大学・研究所で行なう研究は、あくまで研究者主導であり、成果の知的所有権は大学・研究所に帰属する契約にしているのが通例である。しかしながら、ライセンスの先交渉権、企業側でのライセンス検討のための成果発表一定期間留保や、ライセンスのオプション契約等、企業側にも便宜を図っている。

この産学連携も、投資と見返りが意味を成す健全なビジネス的關係の中で、切磋琢磨の緊張感を持ちつつ成り立っていると言える。

2.2.5 スピンオフ企業による研究開発成果の実用化

この節のポイント

- スピンオフは技術の移転ひいては米国IT産業の隆盛に大きな役割を占め、活発であり更に推進されている。
- ベンチャー企業の一獲千金のモチベーションから、優秀な人材が全力疾走して技術の商業化を行なう。
- 大学周辺地域には、人材・資金及び会社・株式の流通市場があり、ベンチャー企業をサポートするインフラができています。

スピンオフとは、大学や研究所の教授等研究員が大学・研究所を離れ自分の研究成果を自ら商業化するためにベンチャー企業を起こすことである。これは大学・研究所からの技術の商業化として、ITの世界では特に重要な一つのメカニズムとなっている。自由市場における究極とも言えるハイリスク・ハイリターンベンチャーに、研究者は一獲千金を狙って大胆に挑んでいる。

大学・研究所からの技術の商業化としてスピンオフを見ると、それは既存の産業に技術をライセンスするのとの選択肢の一つとなっている。研究成果が出ても、大学のライセンス事務所では例えば特許化の価値がないと判断されるとか、商業化性が低いと判断される技術の数は多い。その中で、研究者個人としてはその商業化性を信じ、自ら技術のライセンスを大学から受けて企業を起こすのがスピンオフの典型的形態である。

スピンオフは、一般のベンチャー企業と同様、ハイリスク・ハイリターンである。その成功したときの収入から来る金銭的インセンティブは強力であるが、同時に成功の確率も低い。社会的に見れば、技術の商業化の成功に向かって、強力なモチベーションが働く仕組みとなっている。

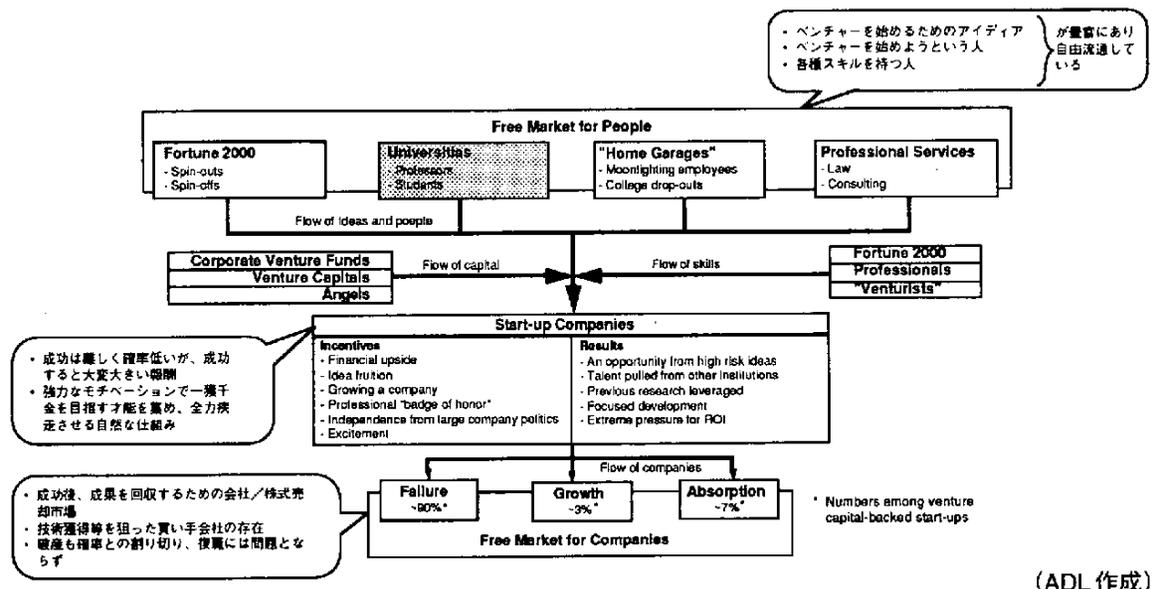
大学としては、その技術移転における重要性を認識し、最近ではスピンオフを組織的に支援する

体制を取りつつあるところが多い。例えば教授に対しては2年間の休職を認め、その間に会社を立ち上げ、復職時にも問題がないようにしている。また、大学での研究成果の知的所有権を大学が持つのは同様だが、それをライセンスするときに対価を一部株での支払を認めることも行なっている。また、更に積極的な所では、スピノフのベンチャー企業の育成を大学内で行なうため、大学でベンチャーキャピタル的資金を持つ構想もある。最近ではCarnegie Mellonの技術移転事務所がベンチャーキャピタルの紹介に始まるベンチャー立ち上げの支援を行なう中で、Lycosを商業化し、約150億円の会社価値にするまでの成功を挙げた。

Lycos社のスピノフ事例

- Funded by Carnegie Mellon University, a group of researchers founded Lycos Inc., an internet search service provider (University owns 20% of equity)
- The company has proved extremely successful and today has revenue of about \$0.3 million/month
- The Technology Transfer Office continued to assist through out the start-up process

スピノフ先行組のMIT、Stanfordでは、大学として特別の支援はしてきていないが、ベンチャーキャピタルを初めとして周辺地域にIT産業に関する資金・人材の流動する市場ができている。



(ADL作成)

図II-19 米国のベンチャー・ビジネス・インフラストラクチャー

まず起業家精神が誰にも認識されほぼ文化となっていることから、人材やベンチャーのアイデアは常に豊富に流通しており、その自由市場を形成している。それを動かす動機になっているのは、ハイリスクで成功確率は低いものの、うまくいった時のリターンが非常に大きいベンチャー企業の本質である。これが優秀な人材を引き寄せ、全力疾走で働かせている。それに加え、ベンチャー企業の後始末の市場もできており、会社をそのまま成長・株式公開させるだけでなく、売却の市場もある。大手のIT会社は新技術の獲得等を目的に、積極的にベンチャー企業の買収を行なっている。また、破産したからといって、復職には問題はない風土になっている。

正に自由市場の中でベンチャー企業を育成し、また淘汰を行なう、インフラとも言える仕組みが機能している。

2.2.6 社会のニーズから大学・研究所での研究開発へのフィードバック

大学・研究所では、自ら選択したテーマに関する研究成果の産業への移転を一方的に行なうだけでなく、産業の声を世の中のニーズを反映するものとして聞くことを行なっている。大学での研究は学問的興味において、産業等と独立した中で自由に行なうことが原則であり、それは守られているのだが、それにしても研究テーマが世の中の本質的課題により対応するように影響を受けたりしている。

産学連携におけるコミュニケーションの場の設定は、それだけでも相当、産業からのフィードバックを受ける機会を作っている。また、政府資金源が漸減する中で、産業から出資を受ける関係上、自然と産業に耳を傾けるインセンティブが働いている。

それを加速しているのは、ATP等に見られる政府出資プログラムが、より産業からの共同出資を条件とする方向に動いてきていることである。これは産学連携、商業化重視の方向性を、大学・研究所に対しても強力に推し進める原動力となってきている。

2.2.7 技術移転の基盤を作った法体系

この節のポイント

- 政策としての技術移転を実現する法体系は、自由市場の仕組みを活かす形で技術移転の基盤を作ってきた。

米国では政策レベルで技術を産業に移転して商業化・実用化を行なうという基本方針があるが、それを実現する基盤となる法律を数々作ってきている。

最も基礎的なレベルでは、66年の情報公開法により、政府出資の研究成果は須らく公表するという事になった。その後80年のSteven-Wydler法とBayh-Dole法により、技術は市場メカニズ

ムで産業に移転するもの、という今日の技術移転の基礎の仕組みが作られた。特に Bayh-Dole 法は大学・研究所に政府出資の研究成果の知的所有権を与えたので、実質的に技術の市場を作り出すこととなり、その後大学はこぞって技術移転のビジネスに乗り出した。研究者及び大学・研究所にはライセンス収入からの大きな金銭的インセンティブが働くこととなり、その後大学・研究所では技術移転の組織的成功への大変大きな努力がなされてきている。

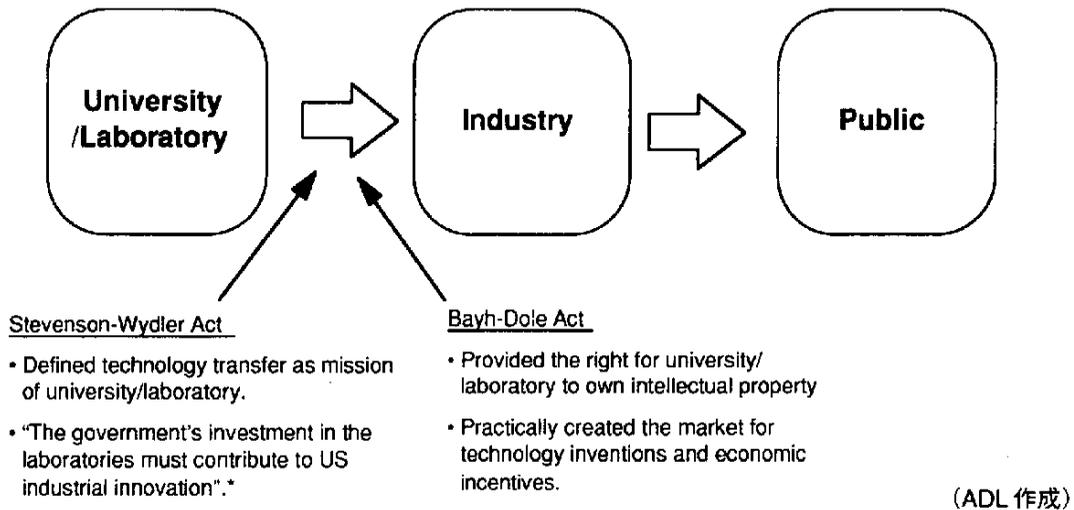


図 II - 20 民間への技術移転とその基盤を作った法令

このように数々の法令が出されているが、いずれもその目的は何か行動を規制するのではなく、自由市場メカニズムをより良く働かせて研究開発活動及び商業化を推進するための仕組みを提供するためのものである。法令はあくまで、基礎を提供するか一部方向性を示すサポートの役割であり、実際の多くの部分は、自由市場での自己判断での運営の部分が、全体の仕組みをうまく動かしている原動力であると言える。

まとめ

以上米国の研究開発政策の方針と研究開発の仕組みを見てきて、以下のようなことが学べる。

- 政策のレベルで、研究開発成果・技術は、産業を通じた商業化・実用化をされてこそ、国民生活水準の向上・国の経済の向上に役立つものとの明確な認識がされ、その思想を仕組みの中に徹底している。
- 研究開発及び商業化を進めるために、自由市場での経済的インセンティブをもって、各自が自発的に行動する仕組みを選んでいる。これは規制により行動を管理しようとするのと正反対のアプローチであり、効率・効果ともに遥かに高いものが得られる。
- Bayh-Dole 法により知的所有権を大学・研究所に与えたことで、研究開発、技術移転、商

業化に対する経済的インセンティブが作り出された。

- オープンな市場での競争原理により、各自がビジネス的緊張感の下に切磋琢磨する環境を作っている。
- 産業も含めたオープンな研究開発プロジェクトの募集で、最高の研究開発能力、最先端の研究を確保している。
- 政府資金が世の中の役に立つため、商業化性を確保する方法として、産業の目を活用している。
- 研究成果の直接の商業化であるスピノフにしても、それをサポートするサービスを自由市場で発生させることにより、ベンチャー・インフラストラクチャーと言えるような人材・資金の流動性が生まれ、スピノフの成功、ひいてはIT産業の発展に大きく寄与した。

3. IT技術と研究開発領域及びプロジェクト

本調査では、米国政府出資のIT研究開発の特徴と強みを見出すために、技術の大分類とそれらへの出資について調査し、現在ホットな研究分野を特定、調査を行なった。その結果、米国の仕組みの成功は、正しい分野・技術を政府が選んで出資するのではなく、広く種々の分野に対して目標を掲げ、それに到達するための技術は技術間の自由競争をさせ、総合的なシステム開発的な括りでプロジェクトに出資するという方針によっていることが分かった。

3.1 米国のIT研究開発ホット分野

米国のIT研究開発分野を大きく分けると、5つの大分類に分けられる。それらは1) コンピューターシステム、2) コンポーネント、3) インテリジェントシステムとヒューマンインターフェイス、4) 情報管理、5) コミュニケーションである。

それぞれの大分類毎のホット分野を本節では記述していくが、ホット分野には、短期的に相当の商業化のインパクトがありそうか、あるいは長期的に見て大きな影響を与える可能性のあるものを選んだ。それらは専門家のインタビューを初め、政府諮問機関の答申等の見比べも行なった上で判断した。

Category	High-Leverage 'Hottest' Research Areas	Key Projects and Places*
Computer Systems Hardware and Software Technology and Architecture	<ul style="list-style-type: none"> • hive computing • mobile computing 	<ul style="list-style-type: none"> • NOW (Berkeley), FLASH (Stanford) • Infopad (Berkeley), Dataman (Rutgers)
Components	<ul style="list-style-type: none"> • scalable parallel I/O • computational semiconductor prototyping • molecular computing 	<ul style="list-style-type: none"> • HPSS (Lawrence Livermore), SIO (Caltech) • CP21SS (Stanford) • USC, Princeton, Xerox PARC
Intelligent Systems and Human Interface	<ul style="list-style-type: none"> • multimodal user interfaces • augmented reality 	<ul style="list-style-type: none"> • Human Language Interface Projects (CMU) • Vu Man (CMU), Virtual Retina Display (Washington)
Information Management	<ul style="list-style-type: none"> • distributed, scaleable multimedia databases • information retrieval 	<ul style="list-style-type: none"> • Digital Library (Berkeley) • Image Querying (Washington)
Communications	<ul style="list-style-type: none"> • all-optical networking • high-confidence networking 	<ul style="list-style-type: none"> • Optical Networks (Princeton) • NetBill (CMU), Secure Internet Routing (BBN)

* Please note : this list is illustrative. Omission / inclusion should not be taken as indicative of importance

(ADL作成)

図II-21 米国のIT研究開発分野大分類とホット分野

3.1.1 コンピューターシステム

この節のポイント

- 群コンピューティング：ネットワーク化されたデスクトップコンピューターによる協調処理
- モバイル・コンピューティング：持ち運びできる端末を途切れることなくネットワークに接続できる（Ubiquitous Computing）環境の総合開発

コンピューターシステムの大分類には、ハードウェアのアーキテクチャー、コンピューター演算の理論的モデル、ソフトウェア技術及びソフトウェア製作のエンジニアリング等を含む。この分野においては、群コンピューティング（Hive Computing）とモバイル・コンピューティングがホットな2分野である。

A) 群コンピューティング

群コンピューティングの概念は、ネットワーク化された複数のデスクトップコンピューターが協調処理をすることである。コンピューター群がCPUプロセス、メモリー、記憶装置等をネットワークを介して共用し、1つのコマンドに対して全ての資源を使って効率的に処理を行なう。これまでのパラレル・コンピューティングの研究開発の成果を利用できる面も多いが、新たに分散共有メモリー、アクティブ・メッセージ伝達、パラレルプログラムのスケジューリング、プロセス中の動的負荷平均化、等の課題がある。

群コンピューティングは5～10年で商業化され大きなインパクトを与えると見られている。この分野の研究は既に10年の歴史を持つ。しかし、この概念を成立させる必要技術が一定以上の性能・経済性を持って揃ってきたのは最近のことで、そういった背景の充実によりこの分野は今ホットとなっている。それらの開発により群コンピューティングは巨大パラレルマシンとの競争上益々有利になってきて、研究の注力もそれに合わせて移行してきた。

群コンピューティングの分野では、UC BerkeleyのNOW（Network of Workstations）プロジェクトが最大規模で注目も集めている。NOWプロジェクトでは、群コンピューティングという全体を構成する色々な領域の研究がその傘下で行なわれている。それらには、高性能ネットワークング、ネットワーク管理、スケーラブル（可変）ファイルシステム及びメモリー、アプリケーションの子プロジェクトがある。プロジェクトチームはDavid Patterson教授により指揮されている。彼はRISCプロセッサとRAIDの研究開発に深く関わった経験を持つ。他にパラレルと分散コンピューティングに長年の経験を持つDavid Culler準教授と、O/S及びパラレルコンピューティング専門のThomas Anderson助教授が指導に当たっている。以下は大学院生等約20名の研究スタッフから成る。同プロジェクトは色々な政府省庁、州政府、

そして産業界から出資を受けていて、それにはAT&T、DEC、Intel等大手10社が入っている。

もう一つの代表的プロジェクトは、Stanford大学のFLASH (FLexible Architecture for SHared memory) プロジェクトである。同プロジェクトでは、メッセージ伝達と共有メモリーという群コンピューティングの2つの主要概念を中心に、群コンピューティングの重要な点を全て範囲に含んでいる。その目標はハードウェア、アーキテクチャー、大規模アプリケーションを含む完全なシステムのプロトタイプに到達することである。プロジェクトチームはJohn L. Hennessy教授により指揮されている。彼はVLSI RISCの発明に深く関わった経験を持つ。計6名の教授陣を初めとして、40数名の大学院生が研究に携わっている。同プロジェクトは、DARPAのInformation Technology Officeと産業界(大手6社)、及び国立研究所(Jet Propulsion Lab)の出資・協力により開発されている。このプロジェクトはHPCCプログラムの一環にもなっている。

B) モービル・コンピューティング

モービル・コンピューティングの分野では、ソフトウェアとコミュニケーションの面が最大の研究対象になっている。即ち、持ち運びできるホストを使って場所に依存せずどこでも情報を拾い読みできるようにするプロトコルのサポート、モービル基地ホストの違いを超越したスムーズな電波範囲間移動、等が課題になっている。比較的単純な種々の端末を途切れることなくネットワークに接続する考え方 (Ubiquitous Computing) が、80年代にXerox PARC研究所から生まれてきて、それを実現するための研究が現在中心となっている。

代表的なプロジェクトとして、UC BerkeleyのInfoPadプロジェクトは、ワイヤレス・コンピューティング環境全体の完結したプロトタイプを作ることを目標としている。同プロジェクト全体としてはその対象範囲があまりに広いために、6つの子プロジェクトそれぞれが相当な規模のプロジェクトとなっている。端末、ユーザーインターフェイス、基幹ネットワークサーバー側、ネットワーク接続性、ワイヤレスコミュニケーション、そして低電力システムの子プロジェクトがある。またこのプロジェクトではUC Berkeley学内を越えた他大学や産業の研究所との協力関係を生み出し、MIT、Stanford、UCLA、Carnegie Mellon等の大学と、モトローラ、HP、Texas Instruments等の企業と共同で行なわれている。政府からの出資としては、DARPAのGlobal Mobile Inforsystems (GloMo) プログラムから資金が出ている。

もう一つの代表的プロジェクトは、Rutgers大学のDatamanプロジェクトである。同プロジェクトでは、ワイヤレスでの「オンライン」接続に関してのプロトコルやサービス他の課題について研究している。InforPadがプロトタイプ規模でのモービル・コンピューティング環境を作ることを目標としているのに対し、Datamanではワイヤレスに接続されたコンピューターに関するあらゆる課題についての究明を目指していて、分散アルゴリズム等理論的研究、

ツール開発、アプリケーションの開発まで含んでいる。プロジェクトのチームはまだ小さいが、DARPAのGloMoプログラム等から、かなりの出資を受けている。

3.1.2 コンポーネント

この節のポイント

- スケーラブル・パラレルI/O：入出力系の並列化によるパフォーマンスの大幅向上
- 半導体製造のコンピューター・プロトタイピング：コンピューターによる多種・複雑な半導体部品製造の自動化
- 分子コンピューティング：DNA組み替えの高速演算、低エネルギー消費、高データ密度性を利用した、新しい原理のコンピューター

コンポーネントの大分類には、電子部品や材料に始まり、システムを構成する部分、即ちデータ記憶、画像処理、バス等や、それらの製造法も含む。この分野においては、スケーラブル・パラレルI/O、半導体製造のコンピューター・プロトタイピング、そして分子コンピューティングがホットな3分野である。

A) スケーラブル・パラレルI/O (可変並列入出力)

スケーラブル・パラレルI/Oの概念は、入出力系を並列化してデータ転送を速めることである。パラレルな入出力、パラレルな記憶装置、データの分割、データとコントロール情報の伝達経路の分離、ネットワーク接続された周辺機器、そして周辺機器間の直接データ転送等の部分から成る。この分野は、トータルな高性能コンピューティングのための一部分として、現在大きな注目を集めている。これはシステムの中で、CPUの演算速度向上に対して、記憶装置、入出力の側のパフォーマンス向上が遅れていて、トータルなシステムの中でボトルネックになっているためである。

この分野では、歴史的に国立の研究所が重要な役割を果たしてきた。代表的なプロジェクトは、NSL (National Storage Lab) で行なわれている HPSS (High Performance Storage Systems) プロジェクトである。そこでは、パラレル処理アーキテクチャーのための汎用的スケーラブル・パラレル記憶装置を開発している。NSLはIBMとDOEのラボ間の産官協力関係から生まれた組織であり、その参加企業や政府省庁は広がっている。HPSSプロジェクトは9つの小分野別チームから構成され、それぞれのチームは色々な研究所(7つの国立研究所)に分散して活動するメンバーから成っている。資金はDOE、NASA、そしてIBM、Cray、Intelを初めとする産業界10社から受けている。

もう一つの代表的プロジェクトは、Scalable I/O Initiativeというプロジェクトであり、それ

は Concurrent Supercomputing Consortium という複数の大学、国立研究所、産業界の協力によるコンソーシアムの活動の一環として行なわれている。HPSS が大量データの記憶装置システムに注力しているのに対し、Scalable I/O Initiative では、入出力のパフォーマンスを改善するシステムソフトウェアの開発に力を置いている。そして、それらを元にしたプロトタイプの開発も目指している。多数の研究者やマネジャーが政府省庁、大学・研究所、産業界から参加し、この技術の技術的完成だけでなく、その結果の産業での採用、ユーザーの利用に関してまで協議がされている。

B) 半導体製造のコンピューター・プロトタイピング

半導体製造のコンピューター・プロトタイピングは、半導体部品の製造を助けるもので、CAD が設計を容易にしたように、製造の側を容易にしようという意図の研究である。コンピューターにより部品・回路等をモデル化、プログラムして、そのデータを直接コンピューター制御のプログラマブル工場に送ることにより製造する。半導体部品がより種類が増え、また複雑になってきたことにより、半導体開発の投資も膨大になってきていて、この分野の研究もホットになってきた。主な課題は回路の形式の部品と接続性に与える信頼性の影響、重要な部分での部品の大きさの変動、レイアウトによる信号の干渉と劣化、等である。

代表的なプロジェクトとしては、Stanford 大学の CP21SS (Computational Prototyping for 21st Century Semiconductor Structures) プロジェクトがある。このプロジェクトは、2つの目標を持ち、1つはプロトタイプを開発することで、もう1つはこの研究に関して国中の研究機関を結ぶ相互協力・資源共有のネットワークを運営することである。元々 CP21SS は、Stanford 大学の「21世紀の半導体製造」という、より長期視野・広範囲のプログラムから派生したプロジェクトである。そのプログラムでは、コンピューター上の仮想工場(virtual factory)で設計、プロトタイプ作成をできるだけ行ない、コンピューター制御のプログラマブル工場ですべて効率良く製造するとの構想の実現を目指している。CP21SS プロジェクトは、DARPA の共同研究プログラムの一環となっている。Stanford 大学の James Plummer 教授を筆頭とした38名のグループに加え、MIT、Intel 社、Hewlett-Packard 社等が共同研究に入っている。また相互協力ネットワークの方には、40以上の研究機関が参加したい意思を表示している。

C) 分子コンピューティング

分子コンピューティングの分野は、DNA を使って分子レベルで演算を行なうという発想から生まれてきた。DNA の組み替えにより極めて速い速度で求める条件の組み合わせが作られたり、その過程に使うエネルギーが現在のコンピューターに比べて数十億分の一で済み、

またその情報記憶効率が数兆倍の密度である等の理論的な利点がある。まだ極めて研究の早期段階にある分野だが、大変興味深い分野として注目されている。一般にこの分野の創始者は Southern California 大学の Leonard Adleman 教授とされている。もう一つの中心となってきたグループは、Princeton 大学の Richard Lipton 教授の所である。また分子コンピューティングの考えは、ナノ・コンピューティングの分野とも関連している。ナノ技術とは原子を配列することによって物を作ることであり、そうして作られた部品を元に作られるコンピューターが、ナノ・コンピューターである。今日のコンピューターと同様の性能のものは、今日のトランジスタ一つの大きさに収まる計算になる。ナノ技術、特にナノ・コンピューティングの分野は、Eric Drexler により 1981 年に始まった。それからナノレベル技術の研究は幾つかの大学で行なわれるようになり、日本もこの分野で活発である。NSF は National Nanofabrication Users Network という 5 大学の協力関係による研究に出資している。分子コンピューティング及びナノ・コンピューティングともに、研究分野としてはまだ緒に付いたところで、専門家も汎用的なナノ・コンピューターができるのは数十年先との見方をしている。

3.1.3 インテリジェントシステムとヒューマンインターフェイス

この節のポイント

- マルチモーダル・インターフェイス：音声認識と自然言語処理
- バーチャル・リアリティー：眼鏡型ディスプレイと、拡張現実感の応用

この大分類には、ヒューマンインターフェイス、AI（人工知能）、音声認識、自然言語認識、ロボティクス、等が含まれる。大きな流れとしては、かつて AI についての研究が盛んであったが、現在では AI、あるいはインテリジェントシステム一般について、それはヒューマンインターフェイスを向上させるための一つの手段、一つの技術に過ぎないと見られるようになった。従って研究の注力も他の分野に移行した。そういった中で現在ホットなのは、マルチモーダル・インターフェイス、特に自然言語の面と、バーチャル・リアリティー（仮想現実）及び拡張現実感（Augmented Reality）の 2 分野である。

A) マルチモーダル・インターフェイス

マルチモーダル・インターフェイスはコンピューターとの多面的なインターフェイスを開発するものである。その分野でも特に、人間の言葉でのインターフェイスが注目を集め出資も受けていて、且つ短期的に商品化されるものが続々と出てくると期待されている。より難しい面、例えば目の動きや顔の表情の認識等の分野については、研究者の目は引くが政府の出資は非常に限られている。

Carnegie Mellon 大学は人の自然言語インターフェイスの面で、学界研究の中心となった。プロジェクトとしては、Center for Machine Translation における音声同時通訳や機械翻訳、また Interactive Systems Laboratory における筆記体綴り認識や、電子メール朗読等の研究が行なわれている。これらには DARPA と NSF の他、アップル、マイクロソフト、松下等からの出資も入っている。

その他 DARPA では IBM や Dragon Systems 社等の産業界に対しても、連続的音声認識システムの開発に対して出資を行なっている。

B) バーチャル・リアリティー

バーチャル・リアリティー及び拡張現実感の分野では、前者に加え後者の分野がまだ早期段階ながら注目されてきた。拡張現実感の構想は、モバイル・コンピューティング及びユビキタス・コンピューティング (Ubiquitous Computing) の構想を補完するものとなる。

拡張現実感の分野は幾つかの場所で研究が行なわれている。Carnegie Mellon 大学の VuMan プロジェクトでは眼鏡のようにかけるコンピューターのプロトタイプを開発を行ない、作業をしながら手を使わずに情報にアクセスできるような応用を目指している。Columbia 大学の Architectural Anatomy プロジェクトでは、建物の内部構造をバーチャル・リアリティー的に表示し、診断を行なえるようにする研究をしている。これらのプロジェクトには、政府特に DARPA からの出資が付いている。

この他にも、Carnegie Mellon 大学はこの分野の中で、作業指示を行なうモバイル・コンピューターを開発してきた。3 世代にわたるコンピューター・アーキテクチャーとプロトタイプを開発を既に行なっており、それらは仕事の生産性向上に役立てられる。Washington 大学の Virtual Retina Display プロジェクトは、コンポーネントの面とバーチャル・リアリティー及び拡張現実感の面の両分野にまたがる研究である。

また、Washington 大学の Virtual Retina Display プロジェクトは、同様に眼鏡にかけるコンピューターディスプレイを開発しているが、その性格はコンポーネント開発の面と拡張現実感の両面的な研究である。

3.1.4 情報管理

この節のポイント

- 分散マルチメディア・データベース：デジタル・ライブラリ情報インフラの実現
- マルチメディア情報検索：マルチメディア入力による検索、マルチメディア情報の検索・出力

情報管理の大分類には、情報管理システム、データベース設計や管理、検索言語、等が含まれる。過去には情報管理の分野に政府の出資も使われていたが、90年代に入って、出資を受けることは難しくなっている。そういった中で比較的ホットなのは、インターネットとの関連の部分である。分散マルチメディア・データベースとマルチメディア情報検索がホットな2分野となっている。

A) 分散マルチメディア・データベース

分散マルチメディア・データベースの分野は、HPCCのデジタル・ライブラリ・プログラムという国の情報インフラ構築のための一技術分野として、必要視されている。この分野では、接続切断の多い環境での情報の複製、速度の遅い機器に対する検索や、データの統合、マルチメディアデータ配信時の自然なデータ品質低減、等が主な課題になっている。

HPCCのデジタル・ライブラリ・プログラムは、場所が分散して収集されている全ての情報をネットワークで結び付け、本を初め、ビジネス、科学、販売カタログ等、あらゆる情報にどこからでもアクセスを可能にするという構想である。そこには有料の情報提供や、アクセスの制限等も組み込むことができる。

代表的なものとして、UC Berkeleyのプロジェクトでは、超大量の分散データベースから、数テラバイト規模の写真、ビデオ、地図、文書等のあらゆる形態の収集情報にアクセスできるようなインテリジェントな技術の開発を目指している。そのプロトタイプとして、カリフォルニア州の環境情報提供システムを開発している。同プロジェクトでは、デジタル・ライブラリの可能性を迫り・実現するために必要となる重要な技術面を研究していて、それには内容をキーとして多種の情報ソースから検索を可能にすることや、データの取り込み技術の開発等がある。このプロジェクトはNSF、NASA、DARPAのデジタル・ライブラリ・プログラムの一環として、またCalifornia Environmental Resource Evaluation System（州の環境資源評価システム）構築の一環として、4年間にわたり\$400万の出資を受けている。その他大手9社との協力関係もある。

B) マルチメディア情報検索

マルチメディア情報検索の分野では、マルチメディア入力による検索、大データ量のマルチメディア情報の表示、マルチメディア情報の概念による検索、等が研究課題となっている。

この分野で典型的な事例は、Washington 大学で行なわれている画像による情報検索の研究プロジェクトである。そこでは、画像データベースを検索するのに、ユーザーが粗い手書きの絵かスキャナー及びデジタルカメラで読み込んだ画像を入力として検索が行なえるような方法を研究している。

3.1.5 コミュニケーション

この節のポイント

- 光ネットワーキング：完全光化技術による超高速ネットワーキング
- ネットワーク・セキュリティ：インターネットのセキュリティ・プロトコル

コミュニケーションの大分類には、コミュニケーションのハードウェア及びソフトウェア技術、高速ネットワーキング、ワイヤレス、ネットワーク・セキュリティ、等が含まれる。現在コミュニケーションの中でホットな分野は、光ネットワーキング、モバイル・ネットワーキング、そしてネットワーク・セキュリティ (High-confidence networking) である。

A) 光ネットワーキング

この分野では、全部光によるネットワーキングを実現することで、光電気変換を省略し、100 Gbps 以上のパフォーマンスレベルを目指している。研究課題としては、空間交換 (space-switched) による光 ATM ネットワーキング、テラヘルツ級光非対称信号分離技術、光での時分割多重化、自己ルート制御光パケット交換、等が主なものである。

代表的なプロジェクトとしては、Optivision 社の「完全光化・ギガビット LAN」プロジェクトがある。同プロジェクトは、末端から末端まで全て光で交換も行なわれる高信頼性のネットワークを開発しようというものである。これは政府の SBIR プログラムによる小企業に対する出資の良い一例でもある。

この研究成果は TBONE というテスト用プロトタイプに活かされている。TBONE のプロジェクトは同社と他の独立系ラボの協同行なわれていて、光ネットワーキングの研究成果の実環境での性能評価等を行なっている。これに対しても DARPA の出資が出ている。

また別の例としては、Princeton 大学の 100 Gbps 光ネットワークプロジェクトでは、マルチ

ホップ方式、空間交換で、リアルタイム・ルート制御が各ノードで行なえる光ATMネットワークを設計している。

B) モービル・ネットワーキング

この分野では、モービル・コンピューティング環境におけるワイヤレスのネットワーキングに関する課題を研究する。内容については3-1-1のB)を参照のこと。

C) ネットワーク・セキュリティ

この分野では、ネットワークにおける遍在・汎用的なセキュリティの仕組みを、ルート制御、管理、ディレクトリ等のプロトコルの中に組み込む技術の開発を行なっている。ネットワーク・セキュリティは、インターネット等の公衆ネットワークが情報インフラとしてビジネスや軍事に重要性を増すにつれて、重要な研究開発分野となった。ホットな研究課題の例は、セキュリティ機能付きルーター、マイクロトランザクションのサポート機能、ノーマディックホストのアクセス権管理、高信頼ATM通信、等がある。この分野の研究開発は、歴史的にはネットワーキングと公開キーの暗号技術の両分野の研究から発展してきた。

代表的なプロジェクトとしては、Carnegie Mellon大学のNetBillプロジェクトがある。ここでは、文書、ソフトウェア等の情報商品の売買を可能にするミドルウェアを開発している。NetBillの仕組みにより、買い手のクライアントプログラム、売り手のサーバープログラム、そして銀行等金融機関を結び、売買の決済を行なえるようにしている。同プロジェクトはDARPAとNSFからの出資を受けており、Visa社とMellon銀行との共同研究も行なっている。

別の例としては、BBN社では将来のインターネットのプロトコルにどうセキュリティを組み込むかを研究している。この研究はDARPAにより出資されている。DARPAはBBN社のギガビット次世代ルーターの開発にも出資している。

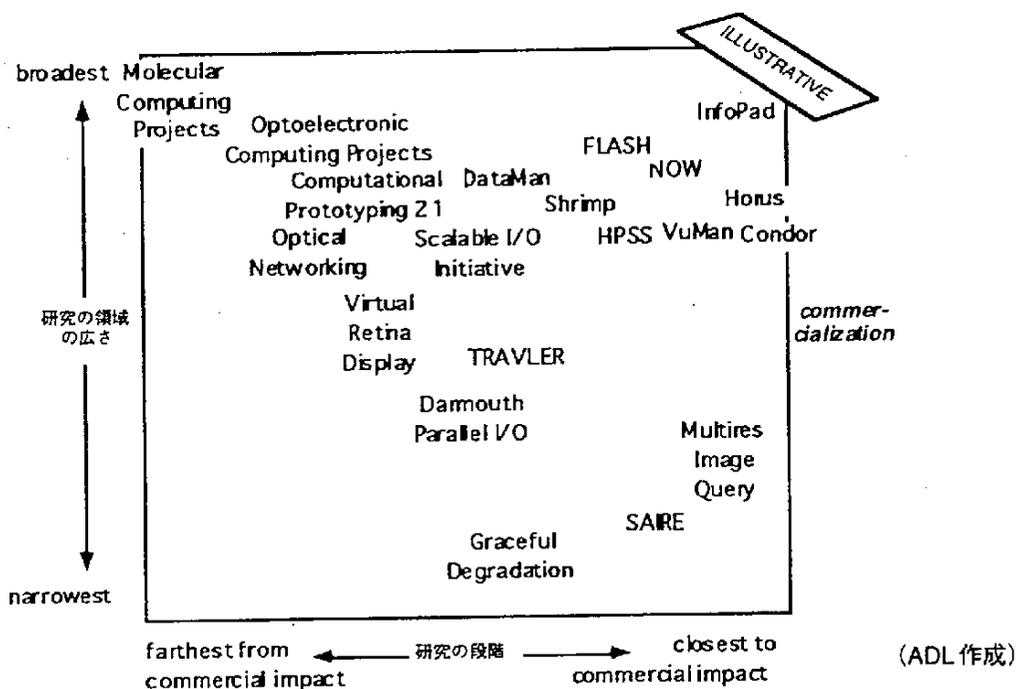
3.2 研究開発プロジェクトのタイプ分類とその影響

3.2.1 研究開発プロジェクトのタイプ分類

この節のポイント

●研究開発のプロジェクトは、その段階と範囲の広さでタイプ分けすると大きく4タイプに分けて捉えられ、各タイプそれぞれの性格や成功要因がある。

これまでに数々のプロジェクトを見てきたが、それらの大きな括りでの性質を考え、共通点や相違点、研究開発活動全体への影響等を考察する。

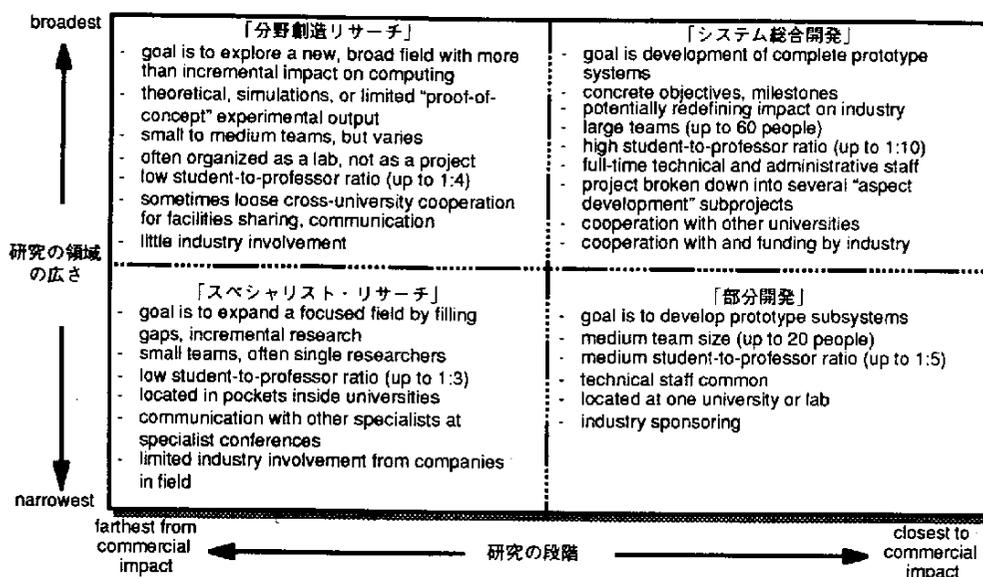


図II-22 研究開発プロジェクトの2つの性質と分布

まず性質の第一として、技術の発展段階、時間軸的なステージがある。技術の発展は一般的には基礎研究、応用研究、そしてプロトタイプ開発へという流れで見ることができる。

性質の第二としては、プロジェクト・あるいは技術領域の広さがある。広い技術領域のプロジェクトと言った場合、例えばInfoPadのようなプロジェクトが相当する。InfoPadでは、モバイル・コンピューティング全体について、端末、O/S、ワイヤレスのプロトコル等、全てをプロジェクトの範囲に含んでいる。逆に狭い技術領域のプロジェクトと言った場合、例えばモバイル・コンピューティング分野の中で、違った質の電波地域間移動における通信の質のスムーズな移行、といった特定技術だけを範囲とするプロジェクトを指す。

この2つの性質を軸に、プロジェクトを分類してみると、4つのタイプに性格付けを表現することができる。



(ADL作成)

図II-23 研究段階・範囲によるプロジェクトのタイプ分類

タイプ毎の性格により、プロジェクトの目標、背景や環境、組織、産業との関係、出資等が違ってきて、そのためプロジェクトの成功要因や、必要となる人材の質も変わってくる。

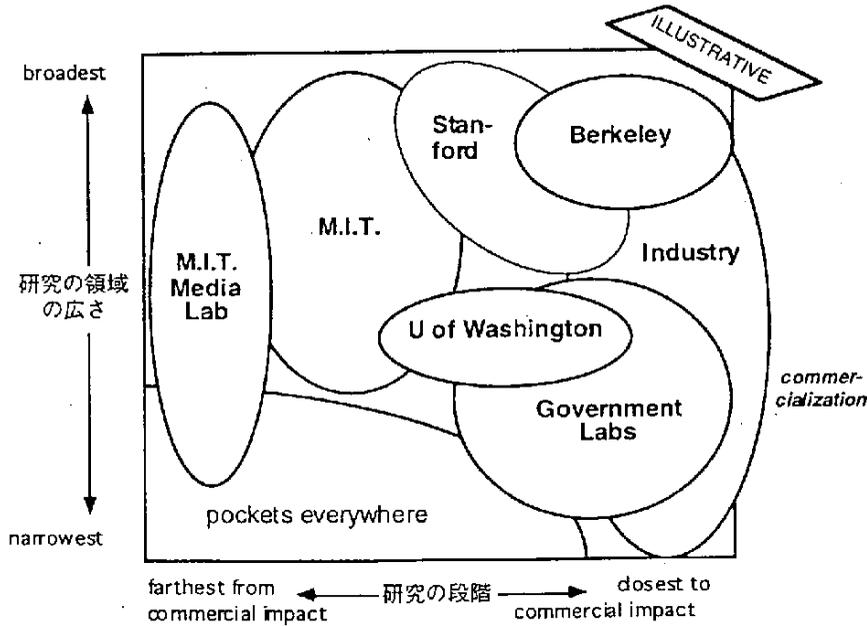
「分野創造リサーチ」タイプは、理論的・実験的なレベルで、何かITに大きなインパクトを与える可能性のある新分野を探求するのが目標である。典型的にはプロジェクトよりはラボの形の組織で、小人数、少ない学生比で行なわれる。時に大学や研究所同士の協力関係があるが、産業とはほとんど交流はなく、出資は基本的には政府から、といった形態になる。これを成功させるためには、自由で多面的な発想、そのための学際的背景、そして長期的な当該分野でのキャリアを持つ人材が重要と考えられる。それらに加え、性質上リスクを取ることや、運も必要であろう。

「スペシャリスト・リサーチ」タイプは、特定分野の中での一部分を埋めるような研究をするもので、成果はしばしば論文のみである。非常に小人数で一人の研究者と1~2名の学生程度の場合が多い。他のスペシャリストと専門的コンファレンスで情報交換したりするが、他大学や産業との協力はほとんどないし、資金も乏しい。そういった中で成功するには、しっかりした科学的研究方法論を持つことや、スペシャリストとしての評判の高い人物、等が必要になる。

「システム総合開発」タイプは、はっきりした目的と計画の下に、システム全体の完全なプロトタイプを開発することを目標とする。可能性としては短中期的に産業を大きく塗り替えるほどのインパクトを起こしうる。通常大規模なチームを組み、多くの学生、専属の技術員や事務員、等から成る。他大学や研究所ともある一面の研究を委託するような形での協力が多く、産業とも密接に協力、出資も受ける。政府出資はしばしば\$2~4Mにも及ぶ。大きな資源を動かすこと、大プロジェクトの管理運営、そして産業とのつながり等が、リーダーの人材に求められる。

「部分開発」タイプは、システム全体中のある一部分についてのプロトタイプを開発することを目指す。通常中規模のチームを組み(多くて20名程度)、学生比も割合多く、技術専門要員がいることも多い。産業の出資が典型的で、政府出資はまちまちだが、比較的少ない。リーダーとしては、商業化に向けて産業とのつながりを持つことが重要である。

マップ上に主な研究機関を並べてみると、それぞれの研究開発の性格の傾向が見て取れる。国全体としては各種の性格のプロジェクトが混在しており、各種タイプ全体がカバーされている。



(ADL作成)

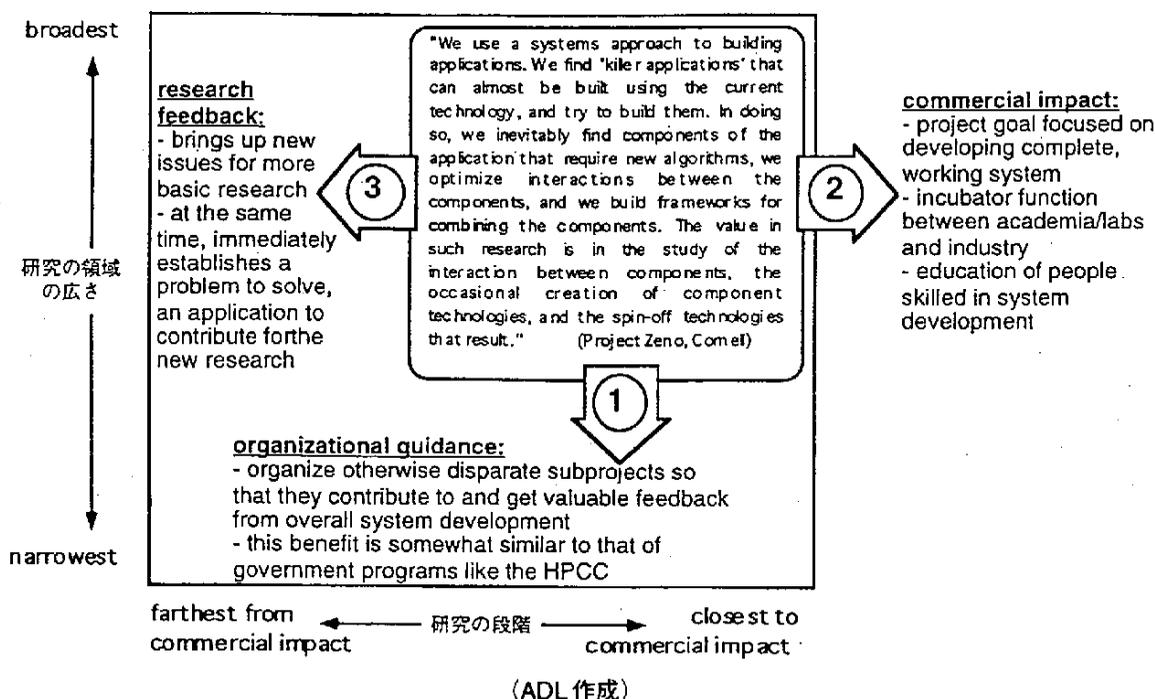
図11-24 各研究機関のIT研究開発の性質の傾向

3.2.2 システム総合開発型プロジェクトと、IT技術の発展

この節のポイント

- システム総合開発型のプロジェクトは、産学間や基礎研究・応用開発間の交流・フィードバック交換を活発にする。これは歴史的なIT技術発展のパターンと合致し、米国の強さの源となっている。

米国の強みとして一つ考えられるのは、「システム総合開発」タイプのプロジェクトの存在及び政府のサポートである。このタイプは3つの波及効果があり、国の研究開発活動全体に寄与する面があると考えられる。

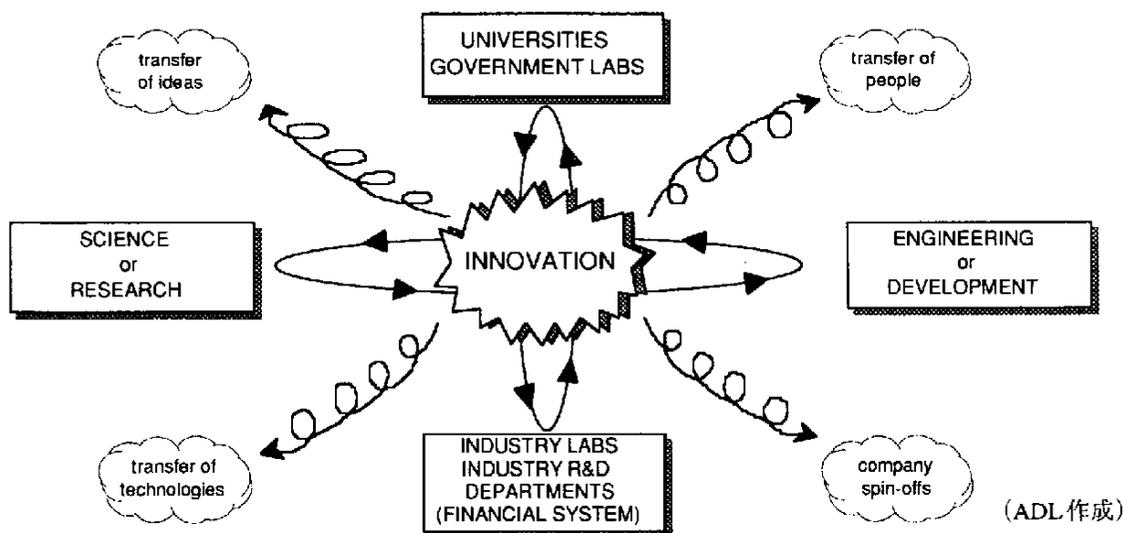


図II-25 「システム総合開発」タイプの波及効果

まず第一にこのタイプは、個々の「分野開発」プロジェクトに全体的な方向性を示すことができる。全体としての統合、他分野との同調等の観点から、フィードバックを相互に受け与え得る。次に、商業化へのつながりにも利点がある。システム全体を開発しているので商業化しやすいことに加え、産業との連携も早くからしやすい。そして商業化を近視野に入れた開発であることから、そこからの新たな課題等を、別の研究開発プロジェクトへフィードバックすることができる。

勿論このタイプだけがあれば良いという訳ではないが、全体のタイプの配分の中で、最も米国のIT研究開発に寄与の大きい部分ではないかと考えられる。

ITの技術の発展のプロセスを見てみると、過去の大技術の歴史を見ても分かるように、それは必ずしも基礎研究、応用研究、プロトタイプ開発、商業化といった順に進んでいくわけではない。むしろ見て取れるのは、基礎研究と開発とのやり取りのフィードバック、あるいは大学・研究所と産業との行ったり来たりとのやり取りであり、それらを通じた中で、時にはある所で予期しなかった発明が出たりしながら、イノベーションが生まれる、という反復のプロセスである。



図II-26 ITのイノベーションを生むやり取り・フィードバックの反復的なプロセス

これは過去の大技術の発展の経過を見てもそういうことが言え、国の出資の研究、産業での研究・開発の間を人やアイデアが相当行き来している。最終的にはその中から、しばしば予期しなかった方向で、大きな商業化につながっている。

Technology	Timeline	Examples	Goal	Unanticipated Results	Today
Timesharing	1965-1975	CTSS, Multics, BSD, UNIX, SDS 940, 360 / 67, VMS	Let many people use a computer, each as if it were his or her own, sharing the cost	Because many people kept their work in one computer, they could easily share information. Reduced cost increased the diversity of users and applications.	Even personal computers are timeshared among multiple applications. Information sharing is ubiquitous; shared information lives on "servers".
Graphics	1965-1985	Sketchpad Utah, GM / IBM, LucasFilm, E&S, SGI	Make pictures on a computer.	"What you see is what you get" and hypermedia documents.	Almost any image is possible. Realistic moving images made on computers are routinely seen on television and were used effectively in the design of the Boeing 777.
Networking	1965-1985	Arpanet, Internet, Ethernet, Pup, Datalink, DECnet, LANs, TCP / IP	Load-sharing among a modest number of major computers	Electronic mail; widespread sharing of software and data (the original networks were wide-area); the interconnection of literally millions of computers	Networking has enabled worldwide communication and sharing, access to expertise, wherever it exists, and commerce at our fingertips.
Workstations	1970-1985	Lisp machine, Stanford Xerox Alto, Apollo, SUN	Enough computing to make interactive graphics useful	Displaced most other forms of computing and terminals; led directly to personal computers and multimedia	Millions in use for science, engineering, and finance
Windows	1975-1985	Englebart, Rochester, Alto, Smalltalk, Star, Mac, Microsoft	Easy access to many applications and documents at once	Dramatic improvements in overall ease of use; the integration of applications (e.g., spreadsheets, word processors, and presentation graphics)	The standard way to use all computers
RISC	1975-1985	Berkeley, Stanford, IBM 801, Sun, SGI, IBM	Computer 2 to 3 times faster	Dramatic progress in the "Co-design" of hardware and software, leading to significantly greater performance	Millions in use; Penetration continues to increase
VLSI design	1975-1985	Mead / Conway, Mosix, many	New design methods to keep pace with integrated circuit technology	Easy access to "silicon foundries"; a renaissance in computer design	Many more schools training VLSI designers; many more companies using this technology
RAID	1975-1985	Berkeley, Striping, Datamount, Many	Faster, more reliable disk systems	RAID is more economical as well; massive data repositories ride the price / performance wave of personal computers and workstations	Entering the mainstream for large-scale data storage; will see widespread commercial use in digital video servers
Parallel computing	1975-1985	Misc 4, C.mmp, HPC, IBM RP3, Intel, CM-1, Teradata, T3D	Significantly faster computing to address complex problems	Parallel desktop server system; unanticipated applications such as transaction processing, financial modeling, database mining, and knowledge discovery in data	Many computer manufacturers include parallel computing as a standard offering.

1965 1970 1975 1980 1985 1990 1994

Gov't research — Industry research - - - - Industry development ■■■■■ \$1B business =====

Transfer of ideas or people →

Source: National Research Council, 6 / 95

図II-27 IT技術の創始から商業化への発展と、その間の国と産業での研究・開発のやり取り

そういう意味でも、「システム総合開発」タイプのプロジェクトはこういったやり取り・フィードバックを活発に行なうのに最も適した形態であると言え、米国IT研究開発、ひいては米国IT産業に貢献が大きいと考えられる。

まとめ

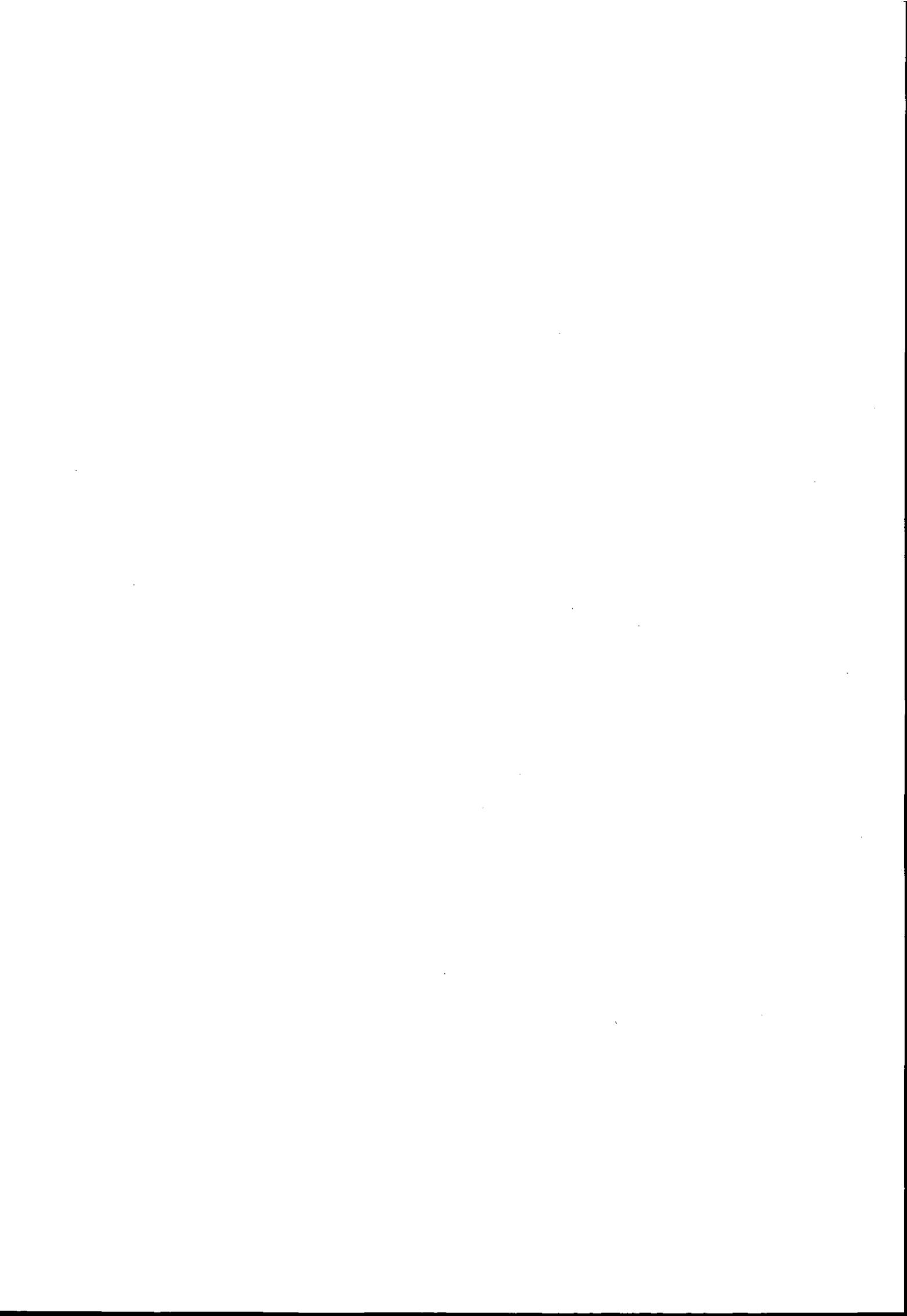
この章では米国でのIT研究開発領域について見てきたが、そこから学べることを以下に挙げる。

- 研究開発領域はコンピューターシステム、コンポーネント、インテリジェントシステムとヒューマンインターフェイス、情報管理、コミュニケーションの大分類に分けられ、それぞれホットな分野がある。
- 研究開発プロジェクトは、その技術の段階と対象範囲の広さにより分類ができ、それぞれ違った性質と成功要因を持っている。
- ITの技術の発展は、科学と工学、基礎研究と応用開発、大学／研究所と産業界等の間に、人・アイデアのやり取りやフィードバックが反復的に起こるプロセスから生まれている。
- システム総合開発型のプロジェクトは、このやり取り・フィードバックのプロセスを生み出す土壌となる。
- 米国では同タイプのプロジェクト領域設定が多く、政府の出資も多く受けている。これは米国IT研究開発、ひいてはIT産業の強さの源の一つと考えられる。

第Ⅲ部

HPCCにおける National Challenges の現況

1. HPCCプログラムの概要
2. HPCCにおける National Challenges の概況
 - 2.1 デジタル・ライブラリ
 - 2.2 エレクトロニック・コマース
 - 2.3 製造プロセス及び製品
 - 2.4 エネルギー・マネジメント
 - 2.5 政府情報の一般公開
 - 2.6 環境モニタリング
 - 2.7 教育と生涯学習



1. HPCC (High Performance Computing and Communications) プログラムの概要

(1) HPCC プログラムの概要 (注1)

連邦政府の HPCC (High Performance Computing and Communications) プログラムは、科学技術分野における技術・アプリケーションの飛躍的發展を促進するものとして、目的付けられている。このプログラムは、GII (Global Information Infrastructure) 構想を実現するための情報技術研究開発における計画・調整・投資基盤のモデルとなることを想定されている。

HPCC は、米国の科学、数学、工学分野におけるリーダーシップを確立し、さらに、雇用の拡大や経済發展を促進する。また、情報技術の効果的な活用により、国家的セキュリティを強化し、健康で教育の行き届いた市民生活の質の向上を図るものである。この情報技術は、世界中の科学者集団だけでなく、米国の経済競争力、国家安全保障、全ての米国民の生活の質のために不可欠なものである。その情報技術の發展を加速することは、この社会における米国のリーダーシップを維持し、米国の技術優位性を高めるものである。

そのため、連邦政府は HPCC プログラムにこの役割を託し、連邦各関連部局、関連団体の参加と幅広い民間の参加を手助けするものである。

HPCC プログラムは、1991 年の High Performance Computing Act (Public Law 102-194) から始まっている。現在では、外部環境の変化に応じて、技術開発の方向性をダイナミックに修正し続けることが求められる。

HPCC の到達目標は以下に示すとおりであるが、その中でも、長期的かつ学際的で広範な範囲を対象とする Grand Challenges と情報集約を可能にする技術の開発に特化したプログラムとしての National Challenges とがある。Grand Challenges は、いわば基礎研究に該当するもので、その影響範囲は科学技術に留まらず、経済全般に及ぶ。National Challenges は、国民生活の向上や国家的競争力に直接影響を及ぼすアプリケーションを主体としている。

(注1) これについては、National Science and Technology Council, Committee on Information and Communications のレポート "High Performance Computing and Communications (Foundation for America's Information Future)" 1996 を基本としてまとめた。詳細については、<http://www.hpcc.gov/> を参照のこと。

(2) HPCC プログラムの到達目標

HPCC プログラムにおいては、次の3つの到達目標が設定されている。

- ・高度コンピュータ技術及びコンピュータ通信技術において、米国の技術的リーダーシップを確保し続けること
- ・経済的競争力、国家安全保障、教育、健康増進、地球環境維持などの発展と革新を促進する技術の広範な普及と適用を図ること
- ・NII (National Information Infrastructure) 構想を実現するためのキーテクノロジーを提供し、NII をベースにしたアプリケーションのいくつかをデモンストレーションすること

(3) HPCC プログラム関連機関

HPCC プログラムに関連する各関係機関は次の通りである。

AHCPR (Agency for Health Care Policy and Research, Department of Health and Human Services)

ARPA (Advanced Research Projects Agency, Department of Defense)

DOE (Department of Energy)

ED (Department of Education)

EPA (Environment Protection Agency)

NASA (National Aeronautics and Space Administration)

NIH (National Institute of Health, Department of Health and Human Services)

NIST (National Institute of Standards and Technology, Department of Commerce)

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Department of Commerce)

NSA (National Security Agency, Department of Defense)

NSF (National Science Foundation)

VA (Department of Veterans Affairs)

(4) HPCC プログラムの構成

HPCC プログラムは、次の5つのプログラム要素からなっている。これらの中で、Grand Challenges は ASTA に、National Challenges は IITA に含まれている。

・ HPCS (High Performance Computing Systems)

米国の技術優位性を確保するために、スケーラブルコンピュータ技術の開発を行なう。ここでは、テラ ops (Operating per Second) 以上の性能を確保する。並列かつ分散型のコンピュータシステムは、巨大かつ高性能のシステムの利用をワークステーションから可能にする。また、このワークステーションは、ポータブルかつワイヤレスなものへの拡張を図る。

・ NREN (National Research and Education Network)

高度コンピュータ・通信技術を用いて、教育・研究等の学術研究機関間のネットワークを開発、構築する。これによって、国家レベルでの有線・無線・衛星通信、光ファイバー通信、標準プロトコル、インターフェースなどのプロトタイプも開発対象に含まれ、電気通信業界の技術革新に寄与する。

・ ASTA (Advanced Software Technology and Algorithms)

Grand Challenges のような巨大な問題を解決するために HPCC で開発されたツールやメソッドを使えるソフトウェアやアルゴリズムの開発を行なう。そこでのソフトウェアや初期のプロトタイプシステムは、高度コンピュータ・通信システムを用いてテスト・評価する。ここでは、気象観測、気候予測、環境監視、エネルギー効率のよい自動車・航空機、基礎科学研究などが含まれている。

・ IITA (Information Infrastructure Technology and Applications)

分散型アプリケーション、知的インターフェース、仮想環境など National Challenges の情報技術開発を行なう。それらは、教育、生涯教育、電子図書館、健康管理、製造技術、電子商取引、環境監視などの情報集約型のアプリケーションである。IITA は、HPCC の技術をベースに、これらの技術市場を拡張し、GII 構想実現のための産業開発を促進する。

・ BRHR (Basic Research and Human Resources)

HPCC の資源を活用して、研究、訓練、教育、コンピュータ工学、情報基盤の拡充などを支援する。

(5) HPCC プログラム評価項目

HPCC プログラムの評価項目は、次の 7 つである。

a. 関係性／貢献性

研究開発は、HPCC プログラムの目標・戦略に対して全般的に関与していなければならない。

b. 技術的／科学的メリット

提案プログラムは、技術的／科学的品質を備えておかななければならない。また、成果物は技術的／科学的計画・検討プロセスを経たものでなければならない。

c. 客観性

計画プロセスは、明らかでなければならない。また、そのプログラムの成果をデモンストレーションしなければならない。

d. 適時性

提案内容は、HPCCプログラムの要素のうち1つ以上に、タイムリーに適合しなければならない。

e. 連携性

提案団体は、産官学の協調をはかるための施策、プログラム、活動を設置しなければならない。

f. 予算

HPCCの資源分配なども含めて、資源調達を明確に示し、共同出資や長期資金調達に対する方策などを明らかにすること。

g. 機関の了解

提案プログラム・活動は、関連機関レベルで政策的な合意がとれていなければならない。

(6) HPCCの予算

HPCCの1995年度決算、1996年度予算は次に示す規模になっている。

FY 1995 Budget (Dollars in Millions)

Agency	HPCS	NREN	ASTA	IITA	BRHR	TOTAL
ARPA	111.4	55.8	31.3	113.0	12.7	344.2
NSF	22.1	52.1	127.9	38.8	56.1	297.0
NASA	9.6	19.1	77.8	21.3	3.6	131.4
DOE	8.6	16.0	64.5	3.0	20.9	113.0
NIH	4.9	2.7	25.0	24.4	11.5	68.5
NSA	21.3	11.3	6.9	0.2	0.2	39.9
NIST		2.2	3.6	19.3		25.1
EPA		0.7	10.5		1.3	12.5 *
NOAA		3.6	2.8			6.4
TOTAL	177.9	163.5	351.3	240.0	106.3	1,039.0 *

FY 1996 Budget Request (Dollars in Millions)

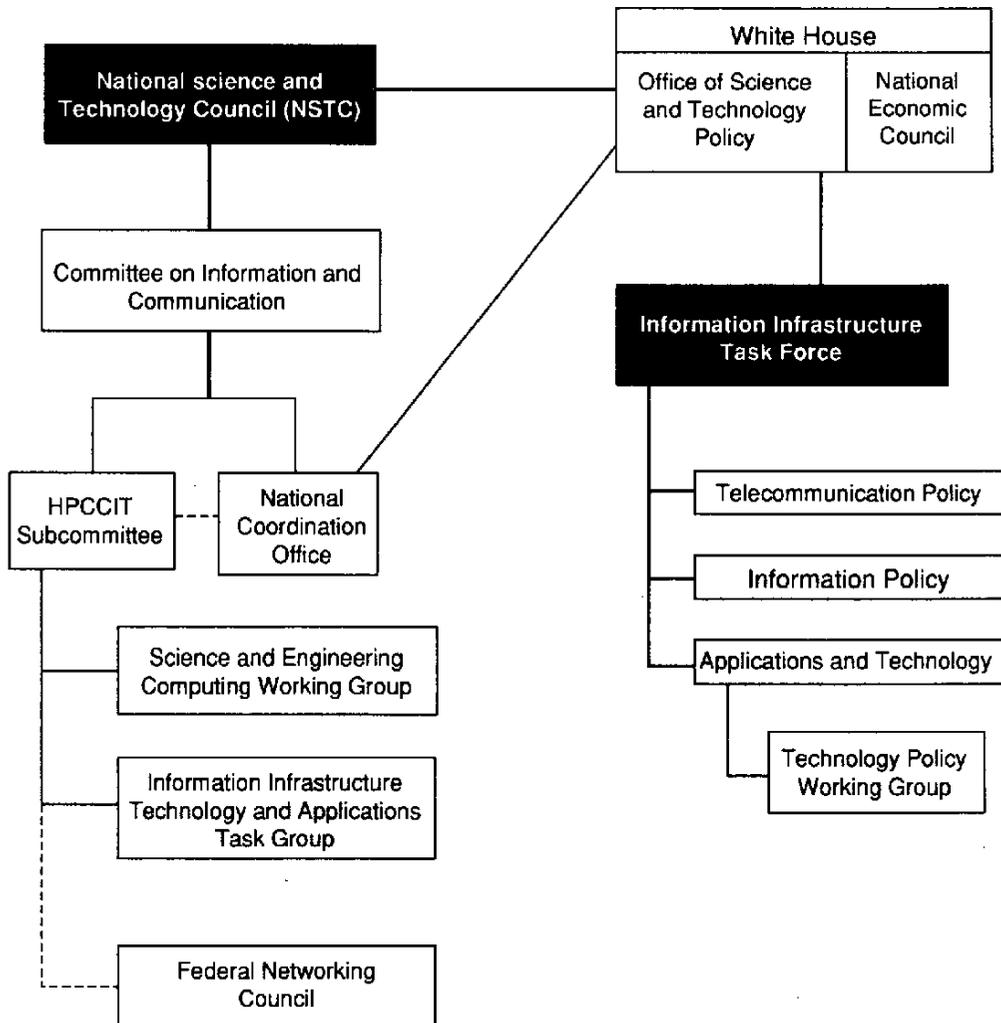
Agency	HPCS	NREN	ASTA	IITA	BRHR	TOTAL
ARPA	91.0	51.7	33.9	168.4	18.1	363.1
NSF	23.5	54.7	132.6	42.7	60.1	313.6
NASA	7.6	20.9	77.0	21.8	4.0	131.3
DOE	8.7	17.0	64.3	3.0	20.5	113.5
NIH	4.1	2.3	28.1	32.6	11.7	78.8 *
NSA	16.8	10.4	12.4	0.2	0.2	40.0
NIST		2.2	3.6	28.3		34.1
VA		0.2		23.4		23.6
ED			11.4	2.3	3.5	17.2
NOAA		0.7	7.4	0.5		15.4
EPA		0.7	9.3	1.0	1.0	12.0
AHCPR						0.0 * *
TOTAL	151.7	167.6	380.0	324.2	119.1	1,124.7

* Updated from the President's FY 1995 and 1996 Budget Requests.

** As a new agency to the HPCC Program, \$8.4 million AHCPR funds are not included in the total.

図III-1 HPCCの1995年度決算、1996年度予算

また、組織的には、次のような構成になっている。HPCCの活動の中心は、左中程の「HPCCIT Subcommittee」と事務局である「National Coordination Office」である。



図III-2 HPCCとそれを取り巻く関連機関

(7) HPCCの将来方向及び課題 (注2)

HPCCの今後の方向性、およびそこでの解決すべき課題は、1995年のHPCCの状況及び主な活動検討委員会では、次の13項目が各分野ごとに示されている。

全体的課題

a. 情報技術開発への支援の継続

情報技術開発への支援は、今後も継続的に続ける必要がある。主要な出資機関、特にNSF、ARPAは、他の特殊なプログラムから独立したコンピュータ及び通信の研究開発を強力に推進するべきである。

b. HPCC そのものの継続

国家的な情報基盤の発展によって脚光を浴びている研究開発をより推進するものとして、HPCCIの活動を継続すべきである。

高性能コンピュータ

c. 並列コンピュータのソフトウェア・アルゴリズムへの投資の継続

並列コンピュータのソフトウェア・アルゴリズムの開発に対して、強力に実証研究を行なうプログラムへ出資し続けることが必要である。

ただし、現在商用化されているアプリケーションを、新しい並列コンピュータに移植するようなものに対しては、特別な研究開発の必要がない限り出資してはならない。

d. ハードウェアベンダーへの出資停止

コンピュータ・ベンダーによる商用ハードウェアの開発や「産業界の活性化」を目的とした機器購入に対する出資は、HPCCからは直接やってはいけない。HPCCの支援は、コンピュータアーキテクチャの前競争環境における研究開発までで、この研究開発は、大学または大学と企業の共同研究レベルにおいてなされるものでなければならないし、システムやアプリケーションのソフトウェア側からのニーズに沿って行なわれるものでなければならない。

e. テラフロップ・コンピュータの方向性への注力

テラフロップ規模のコンピュータの開発は、その用途より研究の方向性という観点から扱うべきである。むしろ、用途研究を行なうより、テラフロップ以上のマシンを確実に開発する方向へ発展を続けなければならない。

(注2) これについては、National Research Council, Computer Science and Telecommunication Board; Envolving the High Performance Computing and Communications Initiatives to Support the Nation's Information Infrastructure (1995)を中心にとりまとめた。レポートの内容については、<http://www.nap.edu/nap/online/hpcc/index.html>を参照のこと。

ネットワーク及び情報基盤

NII 構想の発展のためには、新しい基礎的（潜在的）研究開発に対応した、新しいアイデアが必要とされる。現在も HPCC では、基礎的研究開発に主眼を移しつつあり、既にこのシフトは始まっている。このシフトは、今後も維持されなければならない。

f. 通信・ネットワーク技術への注力

HPCC は、通信・ネットワーク技術の研究開発を増大させなければならない。特に、規模や物理的分散性が内包する課題に対する研究開発に注力すべきである。

g. 基礎的研究開発プログラムの充実

これまで HPCC プログラムで開発されてきた資源をベースに、巨大かつ高信頼性、高性能分散型情報システムの構築を目指した基礎的研究開発を実施しなければならない。その研究開発は、まだ実現していない NII を「より発展させること」が目的であり、そこでは拡張性、物理的分散性、共同運用型アプリケーションの開発が鍵である。

h. 情報基盤技術への注力

新しいアプリケーションやパラダイムの開発とともに、情報基盤技術の開発に寄与する National Challenges に照準を合わせた研究プログラムを拡充しなければならない。

スーパーコンピュータセンター及び Grand Challenges プログラム

i. NSF の方向性の転換・基礎分野への出資の継続

NSF におけるスーパーコンピュータセンターの役割は引き続き重要である。しかし、NSF は、新しい方向性や基本的な出資機構、新管理体制、センターの全てのプログラムの評価機能を持ち続けるべきである。NSF は、現在と同レベルの資金援助を続けることも、額を増減することも可能であるが、HPCC の資金は、潜在的なコンピュータと通信技術の発展に寄与するアプリケーションに使うべきであり、既に十分開発の進んでいるアーキテクチャに対して、通常の利用をアプリケーションの開発者が行なうような場合の支援は、徐々に HPCC 以外の資金を使うべきである。

j. Grand Challenges に対する出資の範囲限定

Grand Challenges プログラムは、学際的・組織を越えた研究チームを編成する革新的な試みである。しかし、HPCC からの出資は、そのプログラムが主として新しい高性能コンピュータ及び通信に関するハード/ソフトウェアの開発に寄与する場合だけに限定するべきである。HPCC から資金提供されている Grand Challenges は、高性能コンピュータ・通信技術とそのアプリケーション領域への貢献度によって評価されなければならない。

調整とプログラム管理について

k. HPCCのNCOの運営について

HPCCにおける協力体制を維持し、外部からの参入機会を増やすとともに、NCO (National Coordination Office) の力を強める必要がある。

できるだけ早く、HPCCに広範かつ有益なインプットやその他効果的なものをもたらす組織として、議会任命型のアドバイザー委員会の設置が必要である。また、HPCCの専属コーディネーター、プログラム広報担当、弁護士の採用が必要である。

l. HPCCの目的検討のプロジェクトの必要性

各プロジェクトの目的がHPCCの活動に適している場合のみ、HPCCプロジェクトに加えるべきである。研究開発に関連する連邦政府の各機関は、将来のHPCCから独立して支援がなされなければならない重要な長期研究開発分野を、現在、どれだけHPCCが出資しているかを明らかに示さなければならない。

m. コンピュータ及び機器調達最適化

各機関でのコンピュータの調達は、その機関が担っている役割からのニーズに限定すべきである。また、装置調達に関しても、実際にそれらを管理する立場にあるレベルでの意思決定に委ねることを奨励すべきである。

まとめ

このように、13の解決すべき課題をみると、明らかに現在のHPCCそのものが、各機関（省庁）の要請により肥大化しており、本来のHPCCの目的からかなり離れた分野までも背負わされている現状が浮かび上がってくる。

しかし、情報技術の発展維持のためには、HPCCの活動そのものは不可欠であることが強調されており、今後数年間にわたっては、現状レベルでのHPCCの活動は維持されるものと予想される。今後数年間でHPCCを取り巻く外部環境整備がなされれば（具体的には、他の出資機構や民間からの出資体制が整備されれば）、HPCCそのものの見直しが徐々に進められていくものと思われる。

現状の中では、HPCCのラベルさえ貼ってあれば、資金調達が簡単にできるという風潮の危険性が指摘されており、そこでの明確な活動評価、目的との整合性評価などが必要とされており、アドバイザー委員会の設置が指摘されている。

また、HPCCのNCOにおける専従調整担当者や広報担当者が必要であることも指摘されており、NCOの機能強化と中立性が早急に必要とされているといえよう。

これまでのHPCCでの手法のうち、特に、Grand Challenges / National Challengesによる省庁間、

組織間の壁を越えた柔軟かつダイナミックな研究体制づくりは成功したといえよう。しかし、ここでも研究領域の発散や商用技術への傾注など、いくつかの問題が提起されており、当初の目的通りに各プロジェクトを進行させることの難しさを示しているといえよう。そこでは、Grand Challengesの中では、明らかにHPCCの目的と分野が異なる研究範囲については、HPCCの支援範囲から除外すべきであるとの問題提起もある。そういった意味でのプロジェクト管理のあり方そのものが解決すべき課題になってきている。

ただし、このような目的に合致しているかどうかについて限定を進めていくと、本来持っている研究開発のダイナミズムが失われる可能性があり、同時に現在の我が国の支援制度のように硬直化が現れる可能性も高い。

このように13の解決すべき課題は、HPCCの活動そのものが各技術的側面での課題よりも、運営・管理体制・制度面での問題が多いことを示しており、HPCCそのもののコンセプトや方向性といった面での明確化が必要とされている。また、各関係機関間の利害調整も各課題の間に見え隠れしており、より上位レベルでのコントロール機能が必要であるといえよう。

2. HPCCにおける National Challenges の概況 (注3)

HPCC (High Performance Computing and Communications) 基金における Grand Challenges と National Challenges はそれぞれ大規模な研究開発プロジェクトである。Grand Challenges においては、基礎的な要素技術研究が主体であり、National Challenges では、実用面を重視した製品、サービスなどの応用技術研究が主体であり、社会的ニーズへの対応が加味されている。

1996年予算ベースでの具体的な研究テーマは、次のとおりである。

Grand / National Challenge Applications

Grand Challenges

- Applied Fluid Dynamics
- Meso- to Macro-Scale Environmental Modeling
- Ecosystem Simulations
- Biomedical Imaging and Biomechanics
- Molecular Design and Process Optimization
- Cognition
- Fundamental Computational Sciences
- Grand-Challenge-Scale Applications

National Challenges

- Digital Libraries
- Public Access to Government Information
- Electronic Commerce
- Civil Infrastructure
- Education and Lifelong Learning
- Energy Management
- Environment Monitoring
- Health Care
- Manufacturing Processes and Products

これらの中から、比較的プロジェクトの成果が表れつつある National Challenges の3プロジェクト (デジタル・ライブラリ、エレクトロニック・コマース、製造プロセス及び製品) について、その内容、実施形態、研究開発状況、今後の課題などをまとめ、さらに4プロジェクト (エネルギー・マネジメント、政府情報の一般公開、環境モニタリング、教育と生涯学習) について、概要などをまとめた。

(注3) この章に関しては、National Science and Technology Council, Committee on Information and Communications のレポート "High Performance Computing and Communications (Foundation for America's Information Future)" 1996 を基本としてまとめた。詳細については、<http://www.hpcc.gov/>を参照のこと。

2.1 デジタル・ライブラリ

ライブラリ情報の広範な活用のためには、情報そのものと容易なアクセス手段が必要となる。数年来、電子的に利用可能な情報量が膨大に増えてきており、この電子的情報量の増加状況には、HPCCから出資、あるいはHPCCの関連団体が牽引的役割を果たしたプロジェクトによる成果がいくつか見られる。それらは、

- (1) インターネットとその拡大
- (2) クライアント/サーバ技術（ワークステーションからのサーバへの遠隔接続）
- (3) WWW技術（URL、HTML、HTTPなど）によるインターネットを経由した認証技術と情報へのアクセス技術
- (4) 操作性の簡単なかつ拡張性の高いWWWへのアクセスのできるNCSA Mosaic

である。

以下、2.1.1～2.1.7まで、デジタル・ライブラリに含まれるプロジェクトを示す。

2.1.1 デジタル・ライブラリ共同研究

1994年、NSF、ARPA、NASAは共同でデジタル・ライブラリ研究および技術開発に対して4年単位の出資を行なった。その対象である6つの研究グループは、それぞれリーダーとなる大学と10以上の団体（図書館、博物館、出版社、学校、コンピュータベンダー、通信事業者など）によって構成されている。

この共同研究の目的は、デジタル化された情報の収集、蓄積、統合と検索、加工をユーザーフレンドリーな方法で通信ネットワークを介して可能にすることである。このプロジェクト群は、人間とコンピュータのインタラクション、収集管理と保存方法、図書司書の考え方、利用者の評価などの点も関連テーマとしてとらえている。さらに、これらのプロジェクト群は教育要素への展開も含んでいる。

以下、6つのプロジェクト^(注4)を示す。

(1) 環境ライブラリ（拡張性のある知的分散型ライブラリのプロトタイプ）

これは、カリフォルニア大バークレー校がリーダーとなっているもので、カリフォルニア州の環境をテーマとしたデジタル・ライブラリのプロトタイプを作成することを目的としている。そこでの情報は、環境に関連する条例や報告書類だけではなく、写真、ビデオ、コン

(注4) この6つのプロジェクトに関しては、個別にWWWサーバ上で研究状況が示されている。

ビュータ上のモデル、州の基本計画、地図、さらには環境情報に関するデータベースまでを含んだものが考えられている。これらのマルチメディア情報を、データベースを中心としたクライアントサーバシステムを活用して、環境に関する計画・研究を州レベルやそれ以下の地域レベルで利用することを可能にするものである。この研究開発は、自動インデックス付与や知的検索プロセス、データベース技術、データ圧縮や通信ツールなども研究対象として含んでいる。

(2) ミシガン大学デジタル・ライブラリ・プロジェクト

このプロジェクトは、地球および宇宙に関する科学データの巨大なマルチメディア環境を創造することを目的としている。そこでは、ページ単位のイメージから双方向かつ柔軟性のあるドキュメントまで、さらには利用者の指示ごとにリアルタイムでの科学データを含んだインタラクションを可能にすることを目指している。それは、人類がこれまで体験してきた実験を再現する形にもなる。

この研究では、ユーザインターフェース、仲介機能、インターフェースエージェントの集合体といったソフトウェアエージェントの構築を目標としている。さらには、多数のユーザと情報リポジトリを接続することで、インターネット上の莫大な量の情報を論理的に扱うことのできるシステム構築が目指されている。

(3) アレキサンドリア・プロジェクト

このプロジェクトは、カリフォルニア大学サンタバーバラ校で行なわれているもので、巨大かつ深度の深い地図、画像さらには将来のデジタル・ライブラリで行なわれるであろうサービスを包含する画像情報に対して、容易なアクセスを可能にすることに目的を置いている。

当面の目的は、大きな地図製作法の蓄積（現在では、総アイテム数400万アイテム）を電子的にアクセス可能な形態にし、情報の所在マップと地理的に分散しているデジタル・ライブラリとデータベースをなんらかの統合インデックスで結ぶことである。そのテスト環境は、ユーザインターフェース、カタログ、収納方法および各構成要素に分割されている。コンテンツを中心とした検索は、カタログ要素に対して開発される予定である。

(4) スタンフォード・知的デジタル・ライブラリ・プロジェクト

スタンフォード大学での知的デジタル・ライブラリ・プロジェクトは、多数のネットワークで接続された資源および蓄積へのアクセスを一つの巨大な「仮想」ライブラリとして扱うことを可能にする統合技術を開発することを目的としている。ここで対象としている情報資源は、個人の情報蓄積から現在の一般的なライブラリや科学者が共有している巨大なデータ

蓄積までを範囲としている。

ここでの主たる成果物は、どのようなバックグラウンドをもつユーザでも、世界的な蓄積資源を標準化された操作で扱うことのできる技術（ここでは「グルー」と呼ばれている）を構築することである。

(5) イリノイ大学

イリノイ大でのプロジェクトは、NCSAのMosaicをカスタマイズすることを目的としている。プロトタイプは、情報資源に対して緊密な接続と適したフォームでの表示を行なう「インターネットスペース」を形成することによって、インターネットブラウザを用いてライブラリの情報にアクセスすることを可能にするものである。

当面は、工学および科学分野の刊行物、雑誌などの蓄積に重点を置いている。そこでは、全文を対象とし、テキスト、画像、表、脚注、参照などすべてを含んでいる。

(6) インフォメディア・プロジェクト

このプロジェクトはカーネギー・メロン大学がリーダーとなっているもので、双方向のデジタルビデオのライブラリシステムを開発することを目的としている。このシステムは、演説、映像、技術を説明する自然言語などで構成されるライブラリで、音声およびビデオ素材のコンテンツベースでの検索を可能にする。このライブラリの環境は、当面、1000時間の民間放送と教育映像ライブラリのビデオから構成される。この段階でのユーザは、小学校、中学校の学童・生徒が想定されている。

2.1.2 デジタル・ライブラリ技術プロジェクト^(注5)

NASAはデジタル・ライブラリ技術の研究開発にリモート・センシング画像のアクセス支援および集配信、特に公共・民間の両方に使える拡張性の高いアプリケーション、に対して出資を行っている。共同研究の早期成果を期待して1994年度および1995年度初頭に7つのデジタル・ライブラリ技術プロジェクトに出資を行なった。その対象は、公立学校、博物館、大学、一般民間企業が含まれている。

これら7つのプロジェクトは次のようなものである。

(注5) 詳細については、http://sdcd.gsfc.nasa.gov/ISTO/DLT/dit_projects.html を参照のこと。

(1) 統合空間データアクセス研究組合

これは、ベル通信研究所が行なっているもので、NASAの画像やその他の地球空間データを扱うツール開発を目的としている。そこでは、位置情報、アクセス、ブラウジング、転送、再利用ができる形をとる。ツールは、GUI、デザイン、データスクリーニング、データ圧縮、分散データベース技術などの新しいソフトと既存のパブリックドメインのソフトウェアを統合させる形をとる。

(2) デジタル映像のコンテンツ検索システム研究

このプロジェクトは、IBMが担当しているもので、コンテンツをベースとした検索を画像の引用アルゴリズムを改良し、スピードアップを図ることを目的とする。現在のシステムでは、検索可能な方法に制限があり、また、効果的な検索を行なうためのデータベースの大きさにも制限がある。ここでのテスト環境は、100GB以上の情報を扱う技術が用いられている。

(3) 家庭からのNASAへのアクセス

このプロジェクトは、コンピュータサイエンス社が実施しているもので、CATV網を使ったインターネットへのアクセスを行なうものである。具体的に、CATVから主婦がインターネットにアクセスすることが可能になるようないくつかの基盤をフィールド実験するものである。

(4) 公的接続の検証：リアルタイムの地球・宇宙科学データの双方向実験

このプロジェクトは、ライス大学が、年間200万人が訪れるヒューストン自然科学博物館と連携した形で進められている。そこではインターネットを中心に置くことによって、NASAのリアルタイムに近いデータ、映像等をライス大学から博物館に転送し、プラネタリウムのプログラムの形で一般の人々がコンピュータによる双方向情報窓口や宇宙、地球科学の問題解決型シミュレーションを行なうことを目的としている。

(5) プロジェクト・ホライズン

このプロジェクトは、イリノイ大学が行なっているもので、インターネットを通して、地球と宇宙の科学データの両方を移動、統合、分析するデジタル・ライブラリ技術を一般に提供することを目的とするものである。数多くの共通フォーマットのデータを統合させた科学データサーバの開発を含めて、Mosaicのようなソフトウェアや拡張性を持ったサーバ、情報システムの研究開発を行なっている。

(6) デジタル映像の圧縮、転送

このプロジェクトは、ウイスコンシン大学が行なっているもので、新しい圧縮技術とサーバを用いた転送プロトコル、視覚化ソフトウェアの提供を行なうことを目的としている。ここでのプロトタイプは、100程度の要素を含んだ定義が可能な形態になっている。

(7) SAIRE—エージェントベースの情報検索エンジン

これは、ローラル・エアロシステム社が実施しているもので、インターネットを通して、合衆国グローバル・チェンジ・マスター・ディレクトリから地球および宇宙に関する科学データを利用する熟練者と初心者の両方に適用可能なソフトウェアを開発することを目的としている。知的ソフトウェアエージェントを用いることで、このソフトウェアは自然言語フォーマットや構造化されたクエリーやメニューによって、指示を簡単な表現で実行することを目指している。さらに、間違い訂正や欠落した情報の補完やユーザガイドなどによって、込み入ったクエリーメカニズムからユーザを守る仕組みになっている。

NASAは、1995年度の後半から第2段階のデジタル・ライブラリ技術のパートナー選を進めている。この選定作業は、1996年になされる予定である。

2.1.3 衛星気象データ転送^(注6)

気象衛星NOAAのデータ蓄積は赤道上の環境データ測定用の気象衛星NOAAからのリアルタイムや時系列データのデジタル・ライブラリである。2TBのライブラリは、50TBを扱えるよう拡張されたIBMのロボティックテープ装置に搭載されている。

利用者は、衛星画像の一覧を検索でき、地球の画像をプレビューしたり、さらなる加工や分析のためにダウンロードすることができる。アプリケーションとしては、気象分析、気象予報、気候研究および予測、海洋表面温度測定、気温・湿度の環境予測、海洋動態研究、火山活動モニタリング、森林火災予防などが含まれている。

2.1.4 環境意思決定

1996年度からEPAでは、自然発生的な環境データの分散資源を用いた知的双方向総合分析技術の開発に対して、調査を予定している。この調査では、データ蓄積、インデックス付与、クエリー生成、フィルター・合計加工などを目標としており、情報管理システムの相互接続性をより高度な環境判断支援やリスク評価システムに活用することを目的としている。

(注6) 詳細については、<http://www.saa.noaa.gov/>を参照のこと。

2.1.5 コンピュータ科学技術レポートの環境整備 ^(注7)

ARPAの資金のもとで、CNRI (Corporation for National Research Initiatives) では自然発生的な分散デジタル・ライブラリを連携する手法開発を行なっている。そこでは、コンピュータ科学技術レポートや関連情報の実験環境整備や、ネットワークによる検索、表示、分析技術の開発、ネットワーク環境下での電子的著作権管理技術の開発などを行なっている。この成果は、5つの大学と議会図書館の共同活動に活用されている。1995年度には、このプロジェクトは次のようなプロトタイプシステムの公開がなされている。

- (1) 分散型デジタル・ライブラリ技術のプロトタイプは、資源蓄積管理、データ構造技術、オブジェクトベースでのマルチメディアオブジェクト利用可能なものである。
- (2) 著作権管理システムは、電子的著作権の登録、認識、権利移転、管理などすべての領域をカバーするものである。

2.1.6 統合医学言語システム (UMLS : Unified Medical Language System) ^(注8)

バイオ技術の進展により、バイオ関連文献、医療データベース、エキスパート知識ベースシステム、臨床事例といった異なった情報資源から検索、分析することが、研究者や実験担当者に要求されるようになってきている。そのために、異なったデジタル・ライブラリであっても関連概念で言語記述することが必要である。このような状況下で、NIHのNLM (National Library of Medicine) では、統合医療言語システムを開発することを共同で行なっている。このプログラムは、現在では世界中に500人のユーザを持ち、概念の表現方法の標準化とさまざまな情報資源から電子的なバイオ情報を取り出すことの支援を目的としている。

現在UMLSのソースは、ヴァージニア州の40以上の医療機関で電子臨床カルテの基本用語としてテストされている。最終目標は、ユーザにとってより簡単な形で、患者の記録システムや履歴データベース、症状データベース、エキスパートシステムなどと連携したものにあることである。NLMでは、UMLSを一つの情報アクセスポイントとして位置づけており、1996年度には、インターネットによるアクセスで、すべてのNLM会員に知的エージェント医療マルチデータベースの検索、利用を可能にすることが予定されている。

(注7) 詳細については、<http://www.cnri.reston.va.us/home/cstr.html>を参照のこと。

(注8) 詳細については、<http://www.nlm.nih.gov/factsheets.dir/ULMS.html>を参照のこと。

2.1.7 CALS ライブラリ

1995年度と1996年度に、NISTではロバスト検索手法の開発と製造業で関心の高まっている CALS 情報へのアクセス提供を行なうライブラリの設置を予定している。

2.1.8 研究課題及び達成度^(注9)

以上のプロジェクトでのデジタル・ライブラリに関する研究課題として、1995年のIITA デジタル・ライブラリ・ワークショップ報告から、共通的な課題とその現状を以下にまとめる。

IITAのワーキンググループでは、重要な検討課題を幅広くとらえている。ほとんどのグループでは、それらの課題の優先度を検討するより先に、インフラの必要性が議論されていた。以下に示す5つのテーマのうち、(1)～(3)まではデジタル・ライブラリの開発段階で特に重要なものであり、5つ目の経済・社会・法的問題はそれほど強調されるものではない。また、この5つの内容は互いに重なり合っている部分もある。例えば、相互操作性(1番目)の進展は厳密には、対象物をいかにうまく表現するか、うまく羅列するかといった能力(2番目)の進展に依存するからである。

(1) 相互操作性

相互操作性に関する目標の設定が困難であることは、既に議論されてきている。それらは、目的の明確化と相互操作性の範囲の設定であり、この範囲の中にある鍵となる事柄を明確にすることがそれ自身の検討すべき問題点であるから難しいのである。

さらに技術的な相互操作性の検討は、幅広い操作性をカバーするプロトコルの設計に関連してくる。それらは、リポジトリ間のプロトコルであり、分散検索のためのプロトコル(さまざまなレベルにある自然発生的なデータベースを跨いだ検索を含む)や目的交換型のプロトコルである。相互操作性は、受動目的のリポジトリの中での統一性を単に用意するだけではない。デジタル・ライブラリシステムは幅広いサービスを提供し、それらのサービスはできるだけ相互操作性を持つものでなければならない。明らかにインターネットのプロトコル(WWWの基礎となっているHTTPなど)があることだけでは不十分であることが想像できよう。この点については、プロトコルやシステムといった現在の基盤を越えたところで検討がなされなければならない。さらに、プロトタイプシステムをどのように作るかや、操作性の卓越した能力とアクセスの偏在との間にあるトレードオフといった、複雑な問題も提起される。

(注9) この評価については、Interoperability, Scaling, and Digital Libraries Research Agenda: A Report on the May 18 19 1995, IITA Digital Libraries Workshop August 22, 1995を中心にまとめた。

実際の技術に根差した問題や提起された根拠に対するニーズは、相互操作性の研究に影響を与える。デジタル・ライブラリへのアクセスはほとんどのユーザにとって、アクセスそのものが最終目的ではない。むしろ支援サービスであり、多くはより高度な機能を簡単な共通ツールを使うことによって可能にすることを望んでいる。ちょうどインターネット環境下で、既存サービスの改善が新しいアプローチの大きな障害になるように、ユーザの期待と要求は、デジタル・ライブラリの相互操作性という点での基礎的な技術進展を妨げる可能性が高い。この傾向は、継続的な開発を行なっていく上での重要な要素の一つとなるため、十分なコントロールが必要である。

(2) 対象とリポジトリの表現

デジタル対象物の蓄積を密接にみようとすると、そこには分散型の検索を可能にし、離れた資源を統合するプロトコルのようなメカニズムを使うことが不可欠になってくる。対象物と対象物の集合体の表現方法は、相互操作性に大きな影響を与える。深いレベルで相互操作性を必要とするならば、対象物の検索プロトコルや検索、対象物の交換などと同様に、表現方法においてブレークスルーが必要とされる。

ここでの問題は、メタデータの定義と使い方、その捕らえ方や目的からの計算、対象のコンピュータ表現の使い方、分散しているクラスター化や階層化された情報構造の自然発生的なリポジトリの統合、自動的な情報の質、ジャンルなどの評価、ランキングアルゴリズムなどがあげられる。また、知識の再現や交換といった問題や情報内容の存在論的な定義・交換なども提起される。そこで「情報の仲介」という概念に対する議論もいくつかの報告例がある。

ここでの研究は、純粋な意味でのコンピュータ技術による対象とリポジトリの表現には、強みと限界があることを理解する必要がある。さらに、人間としての図書館司書が果たしてきた役割も、技術的アプローチ側からデジタル・ライブラリの中で検討する際に念頭に置いておく必要がある。

(3) 蓄積の管理と組織

蓄積された資源の管理と組織は、これまでの従来のライブラリでの問題をそのままデジタル・ライブラリ環境に置き直したものと考えることができる。この分野は、デジタル・ライブラリがそのユーザ集団のニーズに合致したものになるためには不可欠な問題である。

ネットワーク上の管理された情報資源・権利関係・支払いなどを合体させるための考え方や方法は、デジタル資源の管理での中心的課題と同じものである。分散環境下での情報の取り込みや資源蓄積間をコントロールする方法は綿密な実験が必要となる。デジタル・

ライブラリの内容に関する質・正確さはユーザの中心的関心事である。内容の質を決めるためには、技術と組織の間の距離の解決が必要である。また、検討の中では、ネットワーク環境下での資源管理のためには、図書司書と研究者の役割明確化も必要である。

デジタル・ライブラリ環境では、テキストでない内容に対するサポート能力が必要であり、そこでは、テキストでないマルチメディア情報の取り込み、構造化、蓄積、インデックス付与、検索などが明らかに研究すべき領域である。しかし、テキストのデジタル情報も依然として重要な検討領域であり、完全な克服にはまだほど遠い。デジタル・ライブラリ環境での知識ベースは、その重要性がまだ顕在化していないが、将来重要な問題である。

長期間にわたってデジタル情報の内容を保護するためには、ハードウェアやソフトウェアの技術的世代をいくつか越えた技術・標準が重要となってくる。このことは、それほど意識されていないが、重要な検討課題である。

(4) ユーザインターフェースと人間-コンピュータ間の相互作用

ユーザインターフェースとインタラクション（相互作用）は、それ自身範囲の広い問題であり、デジタル・ライブラリにおいてもいくつか重要な進展を見せている。

情報の提示、視覚化、情報蓄積の中での操縦や情報操作・分析ツールとの連携は、検討の中心となる領域である。

ユーザの行動およびニーズに対するより洗練化したモデルの適用は、デジタル・ライブラリシステムでは、潜在的に成果の大きい領域である。デジタル・ライブラリシステムでは、ユーザのニーズ、目的、行動をよりの確につかむ必要があり、それらは効果的なシステム設計に活かされることになる。最終的には、デジタル・ライブラリシステムでは、ユーザインターフェースにおいてユーザのワークステーションやネットワーク容量などのさまざまなレベルに適合できる能力がより重要になってくると考えられる。そこでは、PDA（携帯情報端末）やノマディック・コンピューティング・モデルのような新技術が、このニーズを後押ししていくものと考えられる。

(5) 経済的、社会的、法的問題

デジタル・ライブラリは、単なる技術の構造だけではない。それは、法的、社会的、経済的な内容を十分含んでおり、これらの幅広いニーズに適合する広がりをもっている。権利管理や電子情報を用いた経済モデル、それらの経済モデルを支援する支払いシステムなどが必要とされている。ユーザのプライバシーも十分注意されなければならない。そこには、蓄積された資源の管理、開発、保護、保存などの面で関連する複雑な政策的問題が存在する。既存の従来のライブラリはこれらの問題にいくらかは答を持っていると思われる。デジタル化

された書類の社会的な意味は、所有権、著作権、出版権、改ざん権、翻訳権などより深い理解が必要とされる。デジタル・ライブラリが成功するためには、これらの権利関係の検討が必要なのである。

2.1.9 デジタル・ライブラリの到達目標及び課題

以上の各プロジェクトのうち、到達目標が明らかにされているものについては、次のようなものが挙げられている。

ARPA「デジタル・ライブラリ」

- ・大学の技術レポートのサーバでの検索・処理
- ・基本的検索・収集機構の改良
- ・ライブラリインターフェース、知的エージェント、マルチメディア・ドキュメント・ブラウザ、非言語ブラウザのプロトコル開発
- ・書誌情報交換のための書誌情報ネットワーク標準の開発
- ・電子的著作権管理システム（ECMS）の設計・改良

EPA「環境データベースへの公的接続の検証」

< 1995年度 >

- ・データ有効性の概要と公的公開の必要性の検討
- ・インターネットを用いたパイロットサーバの導入
- ・カタログ・ディレクトリ・シソーラスのソフトウェアの調査研究

NASA「デジタル・ライブラリ技術」

< 1994年度 >

- ・NSFとARPAの共同プロジェクトプログラムの導入
- ・遠隔監視イメージデータへのアクセス支援技術の共同研究準備

< 1995年度 >

- ・調査・共同研究プロジェクトの第二期開始
- ・1994年度の成果のデモンストレーション

NASA「地球環境観察システム・デジタル・ライブラリ」

< 1994年度 >

- ・ DAAC (Distributed Active Archive Centers) の地球観察システム (EOS : Earth Observing System) からのデータ成果物を導き出すオンライン「サンプラー」の導入

< 1995年度 >

- ・ 双方向検索ツール、アクセス技術の開発

NSA「分散クロスデータベース検索」

< 1994年度 >

- ・ 基本検索機能の拡張

< 1995年度 >

- ・ ナビゲーション機能とインターフェースの単純化

NSF「主要研究イニシアティブ」

- ・ 共同研究機関との協力関係確立
- ・ 初年度獲得したプロジェクト関連の研究集団の拡張
- ・ 商用化のための技術移転環境の開発

2.1.10 今後の見通し

これらをもてくると、大きな技術的ブレークスルーとして、

- ・ 分散型の巨大データベースでの双方向検索・収集技術
- ・ 分散型のデータベース情報の管理技術
- ・ 分散型の巨大データベースの表示技術 (インターフェースを含む)

の3つが大きなものとしてまとめられる。これらの技術的課題は、そこでのサービス内容によっても左右されるものであり、どこまでサービスを追求するかによって、解決方法や手段も異なってくるといえる。

技術的ブレークスルーだけでなく、さらに、

- ・ 図書館司書の果たしているエージェント機能実現技術
- ・ 電子的著作権管理

なども課題として今後重みを増すものと考えられる。

デジタル・ライブラリに関しては、近い将来技術的ブレークスルーが達成できることは予想される。実際には、社会的な要因（公開可能性、課金、著作権等）が解決して初めて、全面的な普及がなされるはずである。

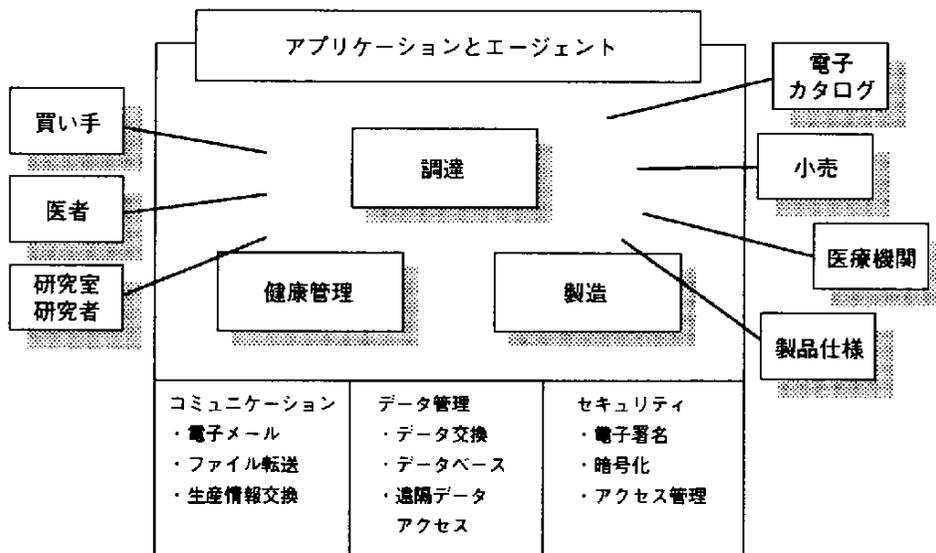
既に、全米図書館協会等でもデジタル・ライブラリに関する研究が進められており、米国内では、実現可能性検証段階でのマルチメディア環境下での実験が進められるものと予想される。

2.2 エレクトロニック・コマース

NISTとARPAは共同で、より効率的で経済的なビジネスデータ交換システムを作り上げることを National Challenges として行なっている。このビジネスデータ交換は、電子的な指示、注文、支払い、製品仕様やデザインデータの交換を行なうものである。ナショナル・パフォーマンス・レビューでは、これらデータ交換技術が連邦政府及び納税者にもたらす便益につながると指摘している。

1994年NISTはエレクトロニック・コマース技術開発機関を設立した。ここでは、ARPA、NSA、NSFなどのいくつかの機関で開発された技術を統合することを目的としている。さらに、24以上の共同研究開発要綱（CRADAs）に従う参加企業は、展示目的で器材やソフトウェアを貸し出し、電子カタログやVAN（付加価値ネットワーク）へのオンラインによるアクセスを行なっている。

これは、質問、資料請求、注文の受付などのデータ交換を、取引企業間でやりとりする付加機能をもつネットワークである。



図III-3 エレクトロニック・コマースのイメージ

2.2.1 コマースネット (注10)

コマースネットは、WWWを用いた電子的な注文伝達システムのプロトタイプである。ここでは、出資は、コマースネットと企業内統合化技術とARPA's TRP (Technology Reinvestment Program) とを合わせた形で、NIST CRADA (Cooperative R&D Agreements) からのものである。買い手のエージェントにより、自動的に売り手の商品リストから注文を行ない、商品が割り当て

(注10) 詳細については、<http://www.commerce.net>を参照のこと。

られれば現時点での注文リストが値段でソートされて買い手に示される。無償で提供される技術は次のようなものである。

- (1) スマートカードを用いたセキュリティ技術と電子メールでのデジタル署名作成技術
- (2) 電子メールを交換する際の公開キーまたは特殊キーを用いた暗号化技術
- (3) 初期データ交換、データの内容交換、対象者外秘のデータ交換での認証のためのセキュリティ技術

今後の想定される活動としては、Mosaicや電子メールを1つのパッケージにする高度化技術が挙げられる。

2.2.2 RDA/SQL プロトタイプ^(注11)

自然発生的に分散しているデータベースから情報を取り出すために、NISTはRDA（遠隔データベース標準化アクセスプロトコル）とSQL（構造化クエリー言語）を高度化している。これによって、分散データベースから情報を取り出すことが可能となる。

このインターネットベースのRDA/SQLプロトタイプは、現在3つのベンダーからアクセスできる。そこでは、分散データベースをあたかも一つのリレーションデータベースを扱うかのような形でのデモンストレーションや、エレクトロニック・コマースやその他のアプリケーションに適用できる複雑なオブジェクトから情報を得る方法などが可能となる。

2.2.3 製品モデル等の情報交換標準化

1995年度と1996年度にNISTでは、製品モデルデータの情報交換標準（STEP）や他のデータ交換標準を用いた産業での共同研究を予定している。そこでは、NISTのデモ機関での戦略検討も目的とされている。

1996年度には、NISTで、インターネットベースの情報アクセス、検索、選択のためのインターフェースの提供と、それらの標準参照データ、標準参照材料の普及を予定している。

2.2.4 自動調達機能^(注12)

電子メールによる購入を実現するFASTへの支援によって、ARPAでは自動調達の機能を含んだエレクトロニック・コマースでの課題に着目している。そこでのニーズは、間接費の少ない製品開発支援を国防省と産業界との間でのビジネスに対してFASTを通して実現するものである。

(注11) 詳細については、<http://waltz.ncsl.nist.gov/HPCC/commerce.html> を参照のこと。

(注12) 詳細については、<http://info.broker.isi.edu/1/fast> を参照のこと。

この研究開発の問題点は、

- (1) エレクトロニック・コマースにおける大規模な情報伝達
- (2) 政府購入段階での生産性の向上（政府コストの低減）
- (3) 「外国」製品コードとのインターフェース

などが挙げられる。

デジタル・ライブラリとエレクトロニック・コマースとの相乗効果が現出することにより、ARPAは1996年度に、実証的な課金機能を含んだ2つのテーマを融合した環境下での情報サービスのプロトタイプを計画している。

2.2.5 コマースネットの研究結果詳細

これらの実験プロジェクトの中でも、最もアクティビティの高いコマースネットに着目し、その内容と体制を整理する。

コマースネットは、一地域における実証プロジェクトに過ぎないが、エレクトロニック・コマースに関連する代表的な企業が数多く参加しており、外部のエレクトロニック・コマース実験にも影響を及ぼすほどの先進性、規模を持っている。従って、今後のエレクトロニック・コマースにおけるデファクト・スタンダード的な意味を持つと考えられる。

2.2.5.1 コマースネットの概要

コマースネットは、インターネット上でエレクトロニック・コマース（電子商取引）を実現するための大規模な実証実験を行なう非営利コンソーシアムである。

コマースネットの設立は、1993年TRP（Technology Reinvestment Project）に対して提案されたEIT（Enterprise Integration Technologies）、BARRNet（Bay Area Regional Research Network）、スタンフォード大学のCIT（Center for Integration Technologies）の三者によるものが発端である。この提案は、カリフォルニア州政府及びスマートバレー公社の強い支援を受けていたことから、1994年4月から3年間のプロジェクトとして連邦政府から認定され、600万ドルの予算を獲得した。また、コマースネット参加企業から、同額（600万ドル）のマッチング・ギフトを受けている。

設立当初のコマースネットのメンバーは、シリコンバレー地区の半導体、コンピュータ及び金融機関を中心に、その顧客、取引先、関連する公的機関で構成されていた。

このようにコマースネットそのものは、カリフォルニア州北部を中心に開始されたプロジェクトであるが、現在では州外からの参加も可能であり、他地域のエレクトロニック・コマース実験プロジェクトとの積極的な連携も進められている。

2.2.5.2 コマースネットの目的

コマースネットでは、最終的な到達目標として、企業が自由にビジネス情報をやりとりするための使いやすい、オープンな基盤整備を行ない、電子市場を創造することを掲げている。コマースネットでは、今後5年以内に米国内のほとんどの企業・団体がインターネットを通じてビジネスを行なうであろうと想定している。

しかし、現実にはさまざまな課題が存在しており、その課題克服のためにコマースネットでは電子市場確立のための大規模市場実験を行ない、次のような成果を想定している。

- (1) 解決すべき課題の明確化
- (2) 明確化された課題を踏まえて、エレクトロニック・コマースに必要とされる技術、アプリケーション、ビジネスプロセスの標準化の推進

2.2.5.3 エレクトロニック・コマースによる企業、一般消費者への効果

エレクトロニック・コマースの普及により、次のような効果が考えられる。

(1) 調達、購買業務の合理化

電子化により、注文、支払い等の各プロセス間の時間の遅れがなくなるとともに、伝票等の扱いによる間違いもなくなる。この結果として、調達・購買業務が正確かつ迅速なものとなる。

(2) 製品のライフサイクル（研究開発～生産～生産停止）全体のコスト低減

製品の開発段階から、オープンにすることで広範囲な競争入札が行なわれ、開発コストが低減できる。さらに、製品の生産・販売段階では、電子カタログによる広告宣伝費及び営業経費の低減、電子決済による手数料の低減等が挙げられる。また、ソフトウェアや書籍などのように電子的に配送できるものについては、在庫コスト及び流通コストが削減できる。

(3) 製品開発期間の短縮

設計者、製造担当者、関連業者などがネットワーク上で情報を共有するとともに、親密な双方向のコミュニケーションをとることが可能となり、製品開発期間の短縮が期待できる。

(4) 仮想企業の出現

ネットワークにより遠隔地の企業であっても、距離を意識することなくコミュニケーション

ンが可能となり、企業の枠を越えた目的指向のプロジェクトチームが形成される。プロジェクトごとに適任者で構成され、従来の企業のように自社内に資源を抱え込む形での経営は、環境変化への俊敏な対応ができなくなると想定される。

(5) 中小企業のビジネス機会の獲得

ネットワーク上で事業展開を行なうことにより、これまでの大企業が保有していたチャネルや人的ネットワークを中小企業でも獲得することが可能となってくる。そこでは、広告宣伝費を掛けなくても電子カタログのデザインさえできれば、費用を掛けることなく市場開拓が可能となる。

(6) 新たな情報サービスの出現

ネットワーク取引が活発に行なわれることにより、これまで存在し得なかった新種のサービスが生まれてくる。例えば、膨大な電子カタログの中から希望する商品を検索する統合ディレクトリ・サービス、入札者と応札者との引き合わせを行なうブローカーサービス、ネットワーク上での決済を行なうための電子決済サービス等が新たなサービスとして考えられる。

電子データによる商取引はこれまでも行なわれてきたが、その形態は事前に取り決めを行なった特定の企業間または個人間に限られており、商用 VAN などの専用線ネットワークを用いたものであった。この形態では、規模の大きな企業でなければメリットを享受することが難しく、限定顧客対象であるという大きな課題が存在してきた。

コマースネットでは、こうした課題を解決するためにグローバルな顧客獲得と事業協力者を確保するために、エレクトロニック・コマースの媒体としてインターネットを選んでいる。インターネットを使った必要最低限の電子データのやりとりは、ワークステーション1台と電話回線を用意すれば十分であり、中小企業や個人にとって大きな負担を強いるものではない。また、インターネットに関する技術を保有しない企業に対しては、コマースネットが有償で技術的支援を行なっている。

ただし、インターネットを利用した場合には、次のような課題が発生する。

(1) アクセスが難しいこと

これまでインターネットは技術者向けのネットワークとして発展してきたため、一般ビジネス分野での応用は始まったばかりである。そのため、技術者不足等の原因によりアクセス

が一般的に難しいとされている。

(2) 情報検索機能が弱いこと

インターネット上の情報資源は、各サイトが独自に管理するため、それらの情報を一元的に管理、統合する仕組みはない。そのため、どこに自分の知りたい情報があるかを探すことが難しい。

(3) セキュリティが甘いこと

インターネットは、データが不特定多数のさまざまなサイトを経由して運ばれるため、あるサイトを通過する情報を観察することで、内容を盗み読んだり、改ざんすることは可能である。そのため、クレジットカード番号やパスワード等のセキュリティ情報が盗まれることは、当たり前になると考えておかなければならない。

(4) 決済制度がないこと

セキュリティが甘いことから、金銭の授受においては暗号化などの別手段が必要となる。そのため決済制度が確立していない。

コマースネットでは、これらの課題を克服するために、解決策を検討するとともに、実証実験（パイロット・プロジェクト）によって解決策の妥当性を検証し、エレクトロニック・コマースのための必要な技術及びビジネスプロセスの標準化を進めることを目的としている。

2.2.5.4 コマースネットでの実験項目

コマースネットでは、インターネットのもつエレクトロニック・コマースの媒体として活用する際の課題を克服するために次のようなサービスの提供を計画している。

(1) インターネットのアクセスの難しさの克服

a. ISDN 接続の安価な提供

サンフランシスコ湾沿岸を対象として、中小規模の企業・団体が利用可能な ISDN 接続を安価に提供するサービスを行なう。このサービスは、BARRNet と Pacific Bell の協力のもとで行なわれる。

b. スターターキットの提供

インターネット技術の蓄積が少ない企業のためにスターターキットをオンラインで提供している。このキットには、WWWサーバ用ソフト、統計解析ソフト、http変換プログラム等のPDS、シェアウェアが含まれている。

(2) 検索機能の貧弱さの克服

a. マルチメディアカタログの提供

WWWを標準として採用したハイパーメディアによる洗練されたカタログを提供する。

b. 高機能なディレクトリサービスの開発

ユーザが入手したいと思う情報にできるだけ早く到達するために、ハイパーリンクによるディレクトリ情報を提供する。さらに、将来的にはエージェント技術等による高機能な検索機能を開発、提供する。このサービスはCITが研究、開発を担当している。

(3) セキュリティの甘さの克服

a. セキュリティ確保方式の開発

実際のビジネス環境での利用に耐えられるセキュリティの確保のために、公開キー暗号化方式によるユーザ認証、アクセス制御、データ交換セキュリティの研究を行なっている。このサービスはRSA、NCSAとの共同の下にEITが担当している。

b. セキュリティ実現への障壁回避

セキュリティ実現に際しての最も大きな障壁は、連邦政府による暗号化ソフトウェアの輸出制限である。コマースネットは連邦政府に対し、輸出規制の緩和とEES (Escrow Encryption Standard) を再検討するよう要請するレポートを発表した。

(4) 決済制度の欠落の克服

a. カード、電子小切手のパイロットプロジェクト計画

コマースネットが目指すゴールの一つとして、コマースネットを構成するメンバーの金融機関を通じた電子決済機構の実現がある。そのための取り組みとして、クレジットカード、デビットカード、電子小切手に関するパイロットプロジェクトが計画されている。

2.2.5.5 コマースネットの組織

・参加企業・団体

コマースネットでの実験に参加している企業・団体は、次の5つの区分に分類される。

- ・設立メンバー (Founding Member)
- ・出資メンバー (Sponsoring Member)
- ・参加メンバー (Associate Member)
- ・賛助会員 (Subscriber)
- ・ユーザ (User)

(1) 設立メンバー

設立メンバーは、コマースネット設立当初からの参加企業・団体で、代表者が理事会 (Corporate Board of Directors) に参加している。

(2) 出資メンバー

出資メンバーは、コンソーシアムの管理、パイロットプロジェクトへの参加が可能な団体であり以下のような権限を持つ。現在、米国内に本社を持たない企業は出資メンバーとして参加することができない。

- ・運営委員会 (Sponsoring Steering Committee) およびワーキンググループにおける投票権
- ・メンバーディレクトリへの登録、自社サーバへのコマースネットからのリンク
- ・プロジェクト成果情報の優先的入手
- ・プロバイダースターターキットの無償入手
- ・「ストア・フロント」セットアップのための技術支援
- ・トレーニングコースへの無料参加
- ・コマースネットが関与する会議、展示会等への参加

出資メンバーとして参加するためには、年間35,000ドルの費用が必要である。

(3) 参加メンバー

参加メンバーは、出資メンバーとほとんど同じであるが、中小企業をターゲットとした設定になっており、出資メンバーと比較してやや制限されている。

- ・ワーキンググループへの参加権
- ・メンバーディレクトリへの登録、自社サーバへのコマースネットからのリンク

- ・プロバイダースターターキットの無償入手
- ・トレーニングコースへの無料参加
- ・コマースネットが関与する会議、展示会等への参加

参加メンバーとして参加するためには、年間5,000～10,000ドルの費用が必要である。

(4) 賛助会員

賛助会員は、コンソーシアムのメンバーではない比較的小規模な、コンソーシアムへの参加を希望しない企業等を対象としたものである。

- ・メンバーディレクトリへの登録、自社サーバへのコマースネットからのリンク
- ・プロバイダースターターキットの無償入手
- ・トレーニングコースへの無料参加
- ・賛助会員メーリングリストへの参加

賛助会員として参加するためには、年間1,250ドルの費用が必要である。

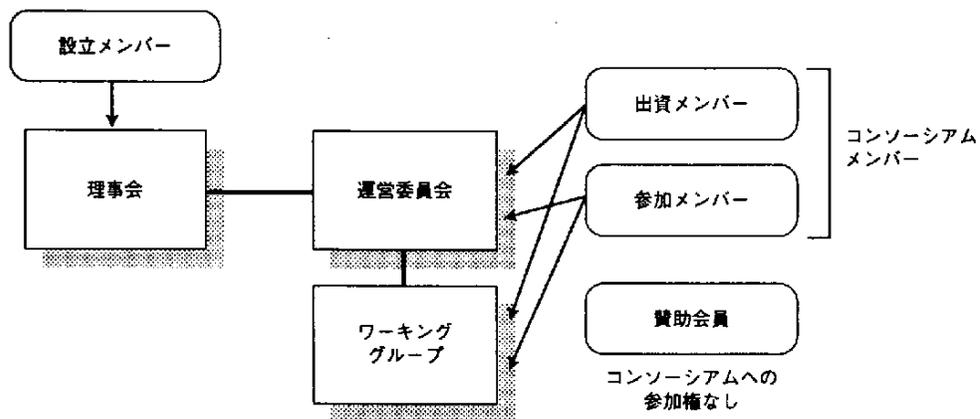
(5) ユーザ

インターネットユーザであればだれでも、コンソーシアムメンバーが提供するストア・フロントの顧客として、コマースネットの実験に参加することができる。

2.2.5.6 コマースネットの運営形態

コマースネットは、次のような組織形態に役割分担しつつ、コマースネットを運営している。

- ・開発中心チーム (Core Development Team)
- ・理事会 (Corporate Board of Directors)
- ・運営委員会 (Sponsoring Steering Committee)
- ・ワーキンググループ



図III-4 参加団体と運営組織の関連

(1) 開発中心チーム (Core Development Team)

設立メンバーのうち、TRPへの提案に関与したBARRNet、EIT、およびCITの3機関を特に「開発中心チーム (Core Development Team)」と称している。これらの機関はそれぞれコマースネットの運営上の各側面で重要な役割をになっている。

BARRNetは、Pacific Bellとの協調により、中小規模企業に安価なISDN接続の提供を実現する役割をになっている。

EITは、プログラム全体の管理 (WWWサーバの運営を含む) と、ネットワークサービス実現のための技術開発の役割を担っている。特にインターネット上でのセキュリティ保持に関する技術分野に重点が置かれ、Secure HTTPの開発者であると同時に、NSCA、RSAとの協力により、Secure NCSA Mosaic、Secure NCSA httpdの開発も行なっている。

CITは、NIIプロジェクトにおける先端技術開発の支援を行なっているが、コマースネットにおいても同様の役割を担っている。特に、エージェント技術をベースにした知的情報検索システムの開発を行なっている。

(2) 理事会 (Corporate Board of Directors)

理事会では、各設立メンバー、カリフォルニア州政府、スマートバレー公社の代表者、

運営委員会の議長、および理事長 (Executive Director) をメンバーとしており、コンソーシアムの経理、法務、及び日常活動の管理責任を負う。

(3) 運営委員会 (Sponsor Steering Committee)

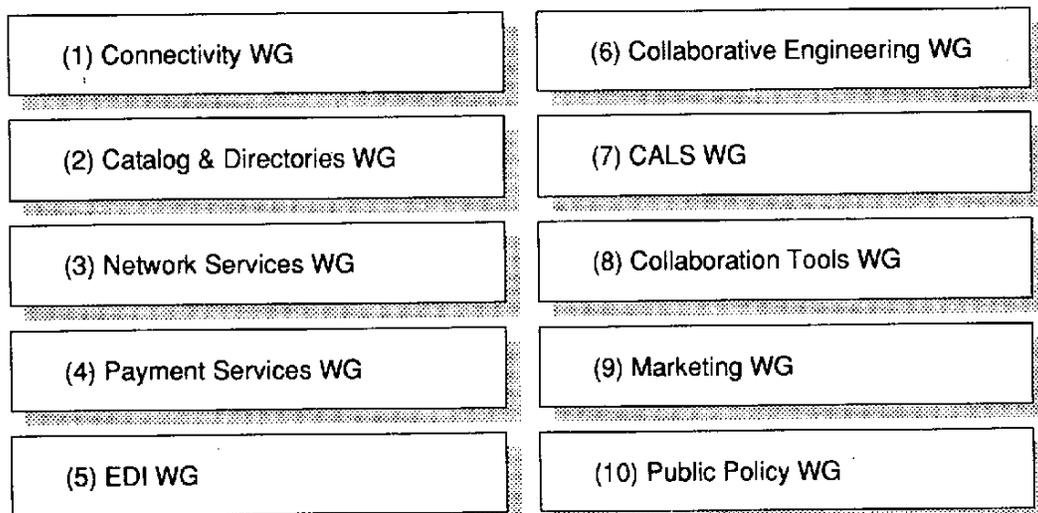
運営委員会では、各出資メンバーからの代表、及び参加メンバーの代表者から構成される。運営委員会は理事会と協力し、各メンバーの管理を行なうとともに、ワーキンググループ運営の管理責任を負う。

(4) ワーキンググループ

ワーキンググループは、エレクトロニック・コマースに関する技術的課題の検討やパイロットプロジェクトの選定等を行なう、コンソーシアムメンバーの集合体である。

2.2.5.7 ワーキンググループの構成

コマースネットでは、サービス実現のための技術面、制度面での具体的な検討を行なうことを目的として、以下の10ワーキンググループを設置、活動している。



図III-5 ワーキンググループの構成

2.2.6 エレクトロニック・コマースの到達目標

エレクトロニック・コマースプロジェクトのうち、到達目標等が明らかになっているものは、次のようなものが挙げられる。

NIST「エレクトロニック・コマース実験」

<1994年度>

- ・エレクトロニック・コマースを支援するツール類の構造開発
- ・必要とされるセキュリティ・サービスの評価
- ・製造業支援アプリケーションのプロトタイプ開発
- ・デモンストレーション環境の設置
- ・ワークショップの開催と報告書刊行

<1995年度>

- ・電子購入のパイロットシステムのデモンストレーション
- ・セキュリティに関するフレームワークと関連基本サービスの開発

2.2.7 今後の見通し

既に、各種エレクトロニック・コマース実証実験は進められており、電子決済やセキュリティ等も解決手段がいくつか確立しつつある状況にあるといえる。

コマースネットにおける先行的な実証実験も、積極的に展開されていることから、エレクトロニック・コマースの一般への普及は、比較的早いものと予想される。

現段階での技術的ブレークスルーは、

- ・認証機構（セキュリティ機能）

程度であって、これはほぼ克服の目途はついているものと考えられる。さらに、社会的要因として、

- ・決済制度の確立

があるが、これについても、デジキャッシュ等の統一化・標準化により克服されることは確実であろう。

その意味では、産業界全体のニーズとしても、エレクトロニック・コマースに関するニーズは大きなものがあるため、積極的な展開が今後もなされるものと予想され、一般への普及も数年後には確立するものと考えられる。

2.3 製造プロセス及び製品

HPCCの技術は、製品の加工や製造過程と同じように、製品の設計過程や生産設計に適用することが可能である。そこでは、製品データの新しい標準の開発が鍵であり、その標準データは生産プロセスの設計と、生産・製造プロセスの設計の高度化を通じて活用できるものである。

さらに興味深いことに、それらの新しい標準データは、機械産業、電気産業、建設業、化学産業などあらゆる分野から注目されている。

2.3.1 NIST 製造テスト環境 (注13)

SIMA (System Integration for Manufacturing Applications) プログラムの一部として、NISTでは、高度製造システム及びネットワークテスト環境 (AMSANT: Advanced Manufacturing Systems and Networking Testbed) を設置し、産業界でのユーザにデモンストレーション環境を用意すると同時に、自発的な標準を開発・発展させていくための支援を行なっている。

プロトタイプシステムとインターフェースは、標準的な製造業の組織に適した構造となっている。この研究は、インターフェースのプロトコル、情報モデル、構造の高度化を目指したものである。1995年度には、AMSANTで、機械部品製造アプリケーションと装置プラント産業が開発された。ここでの研究は、HPCCの他の機関と産業界との共同作業で進められており、ワークショップや訓練教材、インターネットによるデータ構造や販売前段階のプロトタイプシステムによって進められている。特に、プロトタイプシステムは、潜在的ベンダーによって実際にインストールされ、テストと評価がなされている。

そこでは、プロトタイプSTEP (Standard for The Exchange of Product data) の機能テストシステムや概要テストに適した開発ツールキット、STEPアプリケーション・プロトコルのためのソフトウェア開発環境などが示されている。

2.3.2 シミュレーションベースの設計・製造の情報高度化

このプロジェクトは、アイオワ大学とRPI (Rensselaer Polytechnic Institute) で研究されているもので、NIIによって生産組織が設計や製造段階での諸問題をいかに共同開発できるかを検討しているものである。RPIでは、2つの自動車製造会社での異なるCADシステム間で、ステアリングポンプのソリッドモデルのデータ交換するためのコア技術を開発してきた。ここでは、当初、STEPを用いたデータ交換を行なった。このSTEPはその後、ISOの標準として発表されることになった。STEPによって、どのようなCADシステム間であっても製品データの交換のための中立的なフォーマットが提供されているのである。

(注13) 詳細については、<http://elib.cmc.nist.gov/fasdj/projs/sima-pm/sima.html> を参照のこと。

このアプローチは、コンピュータ技術にも共通である。例えば、10の異なったソフトウェアパッケージが基本的には同じ機能を持っているにもかかわらず、異なったデータフォーマットを持っていた場合、中立的なフォーマット変換プログラムをそれぞれのプログラムとプログラム間ごとに用意しないとイケないことになる。こういったケースに似たような状況は、CADシステムなどにおいても、パッケージ数が増えれば増えるほど累乗的に増えていくことになるのである。

1996年度の研究のトピックスは、インターネットやその他のWANにおいて、全方位的な設計のための機械システムのシミュレーションにある。そこでは、高度な生産システムのための中立的データベースが設計され、生産工程の変更のための分散型コントロールシステムが設計された。このシミュレーション環境は生産データの交換のためにPDES (Protocol Development Environment Standard) /STEP標準を用い、対象のモデリングサービスにはCORBA (Common Object Request Broker Architecture) 標準を、データの表示にはMosaicを使用するものである。このテストには、異なったCADシステムパッケージとアイオワ大のシミュレーションベースの設計環境を用いて、高級車のサスペンション組み立てを構成する要素の再構築が予定されている。

2.3.3 複合材を用いたマイクロ構造レベルの特性研究

このプロジェクトは、テキサス大学によるもので、複合材の最適設計のための理論計算上のツールボックスを開発することが目的である。機械技術者とコンピュータ技術者が共同でマイクロ構造レベルから直接、複合材の設計、分析を行なうことができる計算式群を開発することを目的としている。

マイクロ構造の特性は、テキサス州オースチンのALCOAやCOMCOといった産業共同体によって提供されている。研究課題は、複合材のマイクロ構造のモデリング、基礎構成要素の分析、並行アルゴリズム、およびデータ構造等が挙げられる。

2.3.4 その他

これらの他、1995年度のARPAの実績は、

(1) 設計の初期段階でのCAD環境としての移動体コンピューティングシステムの構築

ここでは、電線を敷設した環境下で広帯域、小型セル、無線アクセスポイントなどの機能を有する。

(2) マルチチップモジュールの組み立てサービスへのネットワークを用いたアクセスの構築

(3) 製造業のための情報基盤サービスの開発 (例えば、生産工程分析や試作のスピードアップ)

が挙げられる。

また、1996年度の計画としては、

- (1) ネットワークアプリケーションのためのシミュレーション設計環境と総合無線計測回路システムの構築
- (2) 工場シミュレーションと生産・製造プロセス設計ライブラリの再利用のための、ネットワーク設計と製造サービスの拡張開発

がある。

2.3.5 SIMA プログラム (注14)

中でも、NISTで進められている製造テスト環境研究は、SIMA プログラムの一部として実用テストレベルまで到達している。

(1) プログラム概要

1994年、NISTはSIMAプログラムをHPCCの一部として設置し、製造環境にHPCCの技術を適用することを加速するために、情報技術と製造技術に関する実験を始めた。さらに、NISTでは高度化製造技術システムの統合化のために、発展プログラムを進めており、製造システムの要素とインターフェース特性の評価のためのプロトタイプによるテストや、設計・生産計画・生産工程への高度コンピュータ・ネットワーク技術の適用実験、高度製造システムやネットワークへの経済的効果の予測実験環境整備などを行なっている。

(2) 研究実績

1994年にAMSANTは、機械部品生産アプリケーションとプロセスプラント産業を対象として始まった。そこでの設備は、高度ネットワークとコンピュータ資源を持ち、製造アプリケーションのための統合システムと標準プロトタイプを遠隔実験するためのものである。AMSANTの現在のネットワーク資源は、HPCCのサポートの下でワシントンの7つの政府機関のATMネットワーク(ATDnet)と接続されている。AMSANTの設備は、NISTの研究者と産業界からの共同研究者、および他の機関パートナーとの間での実験・開発活動に焦点が絞られている。数値設計、生産計画、生産ソフトウェアアプリケーションなどは、既にインストールされ、NISTの研究者によって現在評価が行なわれている。そこでは、システム統合に必要なインターフェース・プロトコル、情報モデル、統合構造の概念設計が進められている。

(注14) 詳細については、<http://elib.cme.nist.gov/fasd/projs/sima-pm/sima.html> を参照のこと。

SIMA プログラムは、1994年度、いくつかのワークショップを開催した。そこでは、製造アプリケーションの統合のための産業界のニーズ調査、仮想・分散型製造システムの高度操作インターフェースのための表示技術調査、機械・装置両産業におけるSTEPのアプリケーションプロトコル開発のためのユーザ要件定義調査を行なっている。

さらに、追加的プログラムとして、プロトタイプSTEPの機能テストシステムや概要テストに適した開発ツールキット、STEPアプリケーション・プロトコルのためのソフトウェア開発環境などのデモンストレーションが、「NIIによる障壁排除」会議の期間中行なわれた。

また、1994年度には一連の技術報告書が刊行され、ワークショップ議事録を含めたもので、近々WWWでも公開予定である。それらの刊行物の主なものは、

- ・注文靴製造業における高度技術のためのプログラム要求仕様
- ・機械制御システム・インテグレーションのための参照構造
- ・STEP AP203仕様のベータテストプログラムの試験方針
- ・SIMAのための技術プログラム表現

などが挙げられる。

2.3.6 製造プロセス及び製品における到達目標

以上2.3.1～2.3.5に挙げた製造プロセス及び製品の高度化プロジェクトでは、次のような到達目標が挙げられている。

ARPA 「MADE・イン・アメリカ」

- ・MADE (高度製造プロセス開発のためのキーソフトウェア開発及びデモンストレーション)の初期デモンストレーション
- ・MADE / IRFPA-FM ベータ版のテスト
- ・最終デモンストレーション及び技術移転

NASA 「航空機器設計及び製造」

< 1994年度 >

- ・NASA 航空機器コード「solver」の完成
- ・航空機器組合との共同研究準備
- ・ASOP (Affordable System Optimization Process) での中心研究領域となる3つの主要プロジェクトの着手

< 1995年度 >

- ・航空機やジェットエンジンのような航空機構成要素への ASOP 設計手法の適用デモンストレーション

NIST 「製造システム環境」

< 1994年度 >

- ・プロセス装置産業と化学産業における機械的部分製造工程のモデル開発
- ・これらの製造システムの適用アプリケーションでのインターフェース仕様検討

< 1995年度 >

- ・アパレル産業及び電気機器製造業におけるモデル開発
- ・前年導入したシステムの拡張のためのインターフェース仕様検討
- ・アパレル産業及び電気機器製造業における適用アプリケーションでのインターフェース仕様検討
- ・製造業における標準データの管理システムの仕様検討
- ・製造アプリケーションの統合化のデモンストレーション

NIST 「技術移転環境」

< 1994年度 >

- ・HPCC 開発技術の普及のための技術移転メカニズムの開発・プロトタイプ化の計画

< 1995年度 >

- ・電子図書館、機器選択、参入団体のための認識のための要求仕様の検討

NIST 「プロセス産業のためのシミュレーションと設計」

< 1994年度 >

- ・プロセス産業アプリケーションの可視化と配布

< 1995年度 >

- ・複雑な化学・分子プロセスのモデリングとシミュレーション技術の開発

NSF「製造業のための情報技術」

<1994年度>

- ・データベース、リアルタイム監視・制御、ネットワーク、マルチメディア、可視化技術の
双方向設計及び製造工程のための新技術開発の支援
- ・仮想環境、遠隔操作、テレプレゼンス、その他共同設計・作業のための学際的プログラムの
実施

<1995年度>

- ・NRENをベースにした仮想環境、仮想工場プロジェクトのデモンストレーションの開始
- ・NRENを含めた情報基盤を用いた学術的研究の産業への適用プログラムの開発
- ・次世代の製造業・情報世代のための訓練プログラムの開発

2.3.7 今後の見通し

このようにみえてくると、製造関連については、特定業種に関するモデル構築レベルであり、仮想工場や仮想環境の確立にはまだかなりの時間がかかるものと考えられる。

特に、標準化の問題がそこには存在しており、標準的モデルや標準化を考えない特定業種（宇宙産業、軍需産業等）の狭い範囲内では適用が考えられるが、一般的な製造業への適用は、モデリングレベルがここ数年の到達範囲であろう。

技術的ブレークスルーとしては、

- ・標準化された業種モデルの構築
- ・実際の工程管理等に耐え得るインターフェースの開発

の2つが大きなものとして挙げられるが、技術的に見た場合、それほど困難なものではないと考えられる。むしろ、製造工程そのものの進化や各企業ごとの製造プロセスの社外秘部分等社会的要因によるブレークスルーが大きいものと予想される。

これら企業ベースでの高度情報技術の普及は、各企業単体ベースでのスピードの方が早いものと考えられ、トップダウン的普及と個別企業単位での普及との両者のシナジー的進展によって展開が進んでいくものと考えられる。その意味では、HPCCの産業界全体に対する刺激としての役割は重要であり、モデルシステムの積極的なデモンストレーションや訓練プログラムが実施されればされるほど、企業個別のシステムも高度化する遠因となるはずである。

これらの高度製造業プロジェクトは、製造業全般に対する高度情報技術の普及・啓発機能が重要であり、その活動成果は各業種、各企業、各工場単位にボディーブローのように競争力優位を獲得する外部環境として、有効に作用するものと考えられる。

2.4 エネルギー・マネジメント

2.4.1 概要

エネルギー需給の管理の改善は、石油消費、発電所への投資、貿易赤字のすべてに利益をもたらす。このため、DOEと公益事業者は、ドキュメントを交わし、エネルギー需給管理に関する National Challenges を実現するのに必要なツールと技術を評価する。また、予想できる経済的利益に関しドキュメントを交わし、公益事業者がNIIの展開に参加できるように必要な政策または法律の変更を見極める予定である。

開発すべき新技術は、相互操作性、認証、プライバシー制御、multicast data aggregationの分野での分配システムに関するものであり、エネルギー供給・需要をリアルタイムで管理できるユーティリティーの機能強化を行う。

財政支出を計画しているのはDOEであり、広域・分散ネットワークツール、サービス、プロトコルといったテーマでの開発および実用化プログラムに対して資金を投入する。これにより、エネルギー使用の効率、保存、請求、顧客サービスを改善し、エンドユーザ相互の交流を喚起し、エネルギー使用の制御を可能とする。

2.4.2 開発状況と到達目標

(1) 予算

1996年度の実行計画書に記述される予算によると、1994年度、および1995年度当初には、本テーマは National Challenges として予算が割り当てられていない。1995年度の期の途中で予測値として50万ドルが計上されている。これから、本テーマは、1995年度 Blue book には提案されたものの、実行計画書には組み入れられず、1995年度途中から計画、実行が開始されたと考えられる。

1996年度にはIITAへ100万ドルの予算配分が予定されている。IITAが1995年度の Blue book が出るころにはエネルギーの低消費化に対し貢献する意志があったと考えられる報告書が存在するが^(注15)、それ以降の報告は Task Group から出されていない。

(2) 実行計画内容

- a. 他のDOE 実行グループや EPA、NASA、NOAA との共同開発においては、ローカルサイトに固有のデータを、ある広さをもった文脈に集積するために多岐にわたる空間的規

(注15) HPCCIT/IITA Reports (1994年2月) IITA Task Group 報告 (議長: Melvyn Ciment (NSF)、共著者: Randy Katz (ARPA), YT Chien (NSF))。詳細は <http://www.hpcc.gov/reports/reports-nc0/3.5.html> を参照のこと。

模に対応したデータ集約技術を開発する。

EPA、NASA、NOAA との作業により、環境状態のリモートモニタリングを DOE サイトに加える。

b. 顧客やユーティリティ会社によってエネルギー消費をリアルタイムで制御できるようにする能力をもたらす先進的な遠隔通信技術を実用化し、それにより、既存のエネルギー受給管理パイロットプロジェクトの下に DOE エネルギー効率計画に沿った仕事を行う。

c. 情報に関する National Science and Technology Council の NII と HPCC のプログラムの枠組みのなかで情報インフラ技術の研究開発を実行する。

内容は、情報操作と解析のツール、階層的分散情報ストレージ、協力技術、情報の身元保証である。

d. Federal Network Council との共同により、分散した多種多様な遠隔通信サービスを念頭においたアーキテクチャーに含まれる保護に関する技術と機構を統合する。また、分散し協調して行う業務や遠隔隣席環境を強化するための Common Object Request Broker Architecture を開発する。

e. インターネットや NII を通じ、選択された先進的な ER 設備（例えば、次世代光源）を使用可能にする他の ER programs と共同作業することにより上述の事項の可能性を示す。

(3) 成果と到達目標（到達目標は初めの実行プランから変更されている）

a. 1994 年度成果：

エネルギー受給管理についての産業 - DOE 共同研究をはじめた。

b. 1995 年度到達目標：

エネルギー受給管理の産業 - DOE 共同研究を完成する。

次の付け加えられた課題に対する研究を完成する。

- ・電気事業は NII を形成するだけの法的権威を持っているか。
- ・電気事業は共通の遠隔通信サービスにどのように寄与できるのか。
- ・National Challenges の NII の構造的必要事項を精密化するため、企業と共同で複数のプログラムをはじめた。

c. 1996 年度到達目標：

パイロットプロジェクトの評価と National Challenges 適用事項を援助するために、NII の要求に関する参照文書を作成する。

2.5 政府情報の一般公開

HPCCプログラムではNational Challengesとして下記の八項目を挙げているが、ここでは第2項の政府情報の一般公開を取り上げる。この項目は第1項のデジタル・ライブラリ構築技術を基盤技術として、政府関連機関に蓄えられた各種の情報を専門家から子供たちまでに広く提供することを目標としている。そのため、第5項の教育と生涯学習の項目とも深い関連を持つ。

1. Digital Libraries
2. Public Access to Government Information
3. Electronic Commerce
4. Civil Infrastructure
5. Education and Lifelong Learning
6. Energy Management
7. Environment Monitoring
8. Health Care
9. Manufacturing Processes and Products

2.5.1 関連するデジタル・ライブラリプロジェクト

Mosaic等のブラウザでアクセスできる、インターネット上のサーバに構築されたHPCCプログラムの財政支援を受けたデジタル・ライブラリを下記に挙げる。

2.5.1.1 地球情報

米国航空宇宙局(NASA:National Aeronautics and Space Administration)はデジタル・ライブラリ関連技術とリモートセンシング情報利用プロジェクトに関する情報を一般に公開するために、様々な企業や大学と協力してリモートセンシング情報公開センター(Remote Sensing Public Access Center)を1994年に設立した。また、1994年から1995年にかけて以下の18のリモートセンシング情報利用プロジェクトに資金援助を行った。

(1) アテナ(Science Applications International Corporation)

アテナはインターネットを通じて得られる地球物理学関連情報を題材に、幼稚園児から高校生までの理科、数学、技術科で用いる教材とカリキュラムを開発しようとしている。

(2) BADGER(Lockheed Missile and Space Corporation)

ロッキードのパロアルト研究所の地元チームはスマートバレー社と協力してBADGERを開発している。これは衛星写真や空中写真から合成されたサンフランシスコ湾岸地域の電子地理情報をオンラインで視覚化するシステムである。このシステムはインターネットを通じて地方自治体や公共機関、その他どんな企業や環境団体、非営利組織にも提供される。環境特性や地下敷設物、私有地境界、市政境界、国政調査データ、人口統計情報等全てはBADGERの階層化された視覚化システムで記述されている。

(3) 大気圏学及び宇宙科学のデータと情報の中学3年生その他への提供(ワシントン大学)

科学と数学教育で使用することを目的とした北西太平洋地域への取組。

(4) 地球科学分野の人々に向けた教育課程の試行(EOlogic Corporation)

地球科学分野の人々の対話と交流を促進するために、学生に地球科学の調査方法を指導し、データや助言、手法や教則本、ツールや専門家の指導を得られるようにする教育課程を作り上げる。

(5) 緊急事態及び危機管理手法(北テキサス大学)

自然災害及び人為的災害に備え、緩和し、対応するためにNASAのリモートセンシング情報が役立つことを実演するインターネット上のアプリケーションを開発する。

(6) 森林管理計画(ミネソタ大学)

森林資源管理のためにLANDSATが撮ったイメージ情報、デジタル化された空中写真と地上で得られた森林データベースを組み合わせる。

(7) NASAのリモートセンシングデータベースを用いたアプリケーションとインターネット技術を通じた初等教育課程での科学教育の効果増大(The Analytic Science Corporation)

幼稚園児から小学生向けに気象情報に基づいた教育課程を組み立てている。

(8) 環境探査(Wheeling Jesuit College、ウェスト・バージニア州)

NASAの未来の教室計画(COTF)の一環である。この大学は地球の環境科学の単元で用いるソフトウェアの開発に3年間携わっている。このソフトウェアはNASAのリモートセン

シング技術を利用した教育アプリケーションを実演し、インターネットとWWWを通じて利用できるようになる。NASAとその関係機関が持つテラバイト級のリモートセンシングデータは教育活動に利用できるが、その在りかや利用の仕方を知る教師や学生は少ない。このプロジェクトはこれらのデータベースやほとんどリアルタイムで得られる情報の利用を促進する。

(9) リモートセンシング情報を用いた洪水管理の改善 (SENTAR, INC.)

この共同体は Distributed Active Archive Centers (DAACs) から得られるリモートセンシングデータをアラバマ州緊急事態管理庁が行う洪水災害管理活動の能力を改善するのに用いている。

(10) ハワイでの教育、一般公開及び観光へのNASA デジタルイメージ情報の利用

(ハワイ大学とテラシステム社)

インターネット上で観光業者、教育での利用、テレビ放送及び研究者に提供されるハワイ諸島の最新情報とイメージ写真。

(11) 知識へのパスポート：双方向テレビとインターネットを通じた科学の最前線への電子的旅行 (The Childhood Project, Inc.)

南極、クーパー空中観測機 (NASA アームズ研究センター所属)、ハッブル宇宙望遠鏡からの情報。

(12) テレビを通じた地球と宇宙科学情報の一般公開 (WRC-TV)

毎日の気象情報と出来事を包括し、インターネットを通じて科学科の授業で利用するために、現在の地球と宇宙科学の視覚化を実現する。

(13) 衛星データ利用のリアルタイム農事管理用意思決定ツール (ウイスコンシン大学)

4種類のアプリケーションを開発する。

- a. 農場で用いる灌漑スケジューリングツール
- b. 公共事業体が発電スケジューリングに用いる灌漑用電力需要予測システム
- c. ジャガイモの葉の病気予測のための葉の湿潤期間評価のためのシステム
- d. クランベリー耕作のための霜被害予測システム

(14) 国立科学博物館を通じて地球と宇宙科学データを参照するための基盤

(カリフォルニア大学バークレー校)

このプロジェクトは国立科学博物館をお互いに結ぶ国設の科学情報基盤 (SII) を構築しようとするものである。この情報基盤は、既存の、国中に張り巡らされた公立科学博物館 (それ自体、研究センターと密接に結ばれている) を結ぶ高信頼性インターネット網体制の上に構築される。

(15) ネットの渡り歩き：圧縮された衛星写真を用いた水に関するアプリケーション

(メーン湾水族館)

幼稚園児から高校生を対象に、地表/海水面、海洋学アプリケーションと、環境に対する人間活動の影響を調査する。

(16) 日常の教育ツールとしての科学とインターネット利用 (スミソニアン宇宙物理天文台)

このプロジェクトの目的の一つは、小学生がコンピューターとインターネットを使って科学調査の基本的な経験を積めるように、ソフトウェアを利用可能にすることである。そのために、天文学の研究用ソフトウェアを幼稚園児から高校生向けに改造する。この活動は、広範に利用されている SAO イメージ表示プログラムと小学生向けの天文解析プログラムを含む。

(17) 火山の世界 (ノースダコタ大学)

このプロジェクトはアメリカ合衆国とその他の世界と他の惑星にもある火山の対話型情報センター (最新情報はインターネットを通じて日々更新される) を構築しようとするものである。ノースダコタ州の教育施策では4年生から8年生のための学校が設立される予定である。また、セントヘレナ山とハワイ火山国立公園には誰でもアクセスできる情報窓口が設立される。

(18) 宇宙への窓 (ミシガン大学)

インターネットベースの地球と宇宙科学を学ぶ能動的な学習システム (シミュレーションによって作成されたアニメーションと音声の説明がついた博物館と図書館) である。

1995年度の後半にNASAは産業界と学会のパートナーにリモートセンシングアプリケーションの第2ラウンドを構築するための協同体作りと補助金支給を提案した。補助金は1996年度に

支給される。

米国海洋・大気科学局（NOAA：National Oceanic and Atmospheric Administration）は環境データと情報を整備する役割の国家機関である。これらのデータは独立以来の環境の歴史を表している。近年、非常に大量のデータ（5000件以上）がオンラインで直接に、または注文に応じて利用できるようになった。

NOAAの3箇所の国立情報センターがこれらの情報を管理・配布している。近年各センターはHPCC関連技術を用いてこれらを供給する新しい方法を探索してきた。国立気象データセンター（NCDC：National Climatic Data Center）は利用者が直接気象情報を操作し、その結果をオンラインで見られるGlobal Climate Perspectives Systemを開発し、利用できるようにした。国立地球物理データセンター（NGDC：National Geophysical Data Center）は太陽表面から地球物理学に関するデータ、また最新のDMSP衛星のイメージ情報から古気象学のデータまで広範囲の情報を供給している。国立海洋科学データセンター（NODC：National Oceanographic Data Center）は世界中から得られた海洋科学の最新データをオンラインでアクセスできるようにしている。

さらにNOAAは40カ所以上の情報センターをオンラインで国中で利用できるようにしている。

1996年度にはNOAAはインターネットの新しいツールを使うデータ配付方法の開発を計画している。さらに、多彩なNOAAの環境データを練り上げ、NOAAの各地のデータセンターに分配し、より短時間に確実にアクセスできるようにしようとしている。

2.5.1.2 教育

教育省（ED：Department of Education）はインターネットベースのAskERIC（Educational Resources Information Center）を設立した。これは下記の機能を提供する。

- (1) 質問を受付、回答を返すサービス
- (2) 学習計画やプリント、(CNN：Cable News NetworkやDiscovery Channel、PBS：Public Broadcasting Service等から得られる) ビデオ教材、調査情報等を提供する先生のための仮想図書館
- (3) National Urban Leagueと協同で開発された、National Parent Network（これは両親が子供の成長を支えるための材料を含む）

1995年度と1996年度は仮想図書館にマルチメディアやハイパーメディアを含めて、電子化されたERICの参考文献のデータベースを作り、1995年度中にこの中に挙げられた参考文献の前文を利用可能にすることに注力する。

1995年度と1996年度に教育省の教育研究改善局（OERI：Office of Educational Research and

Improvement) は、現在の研究開発活動を含む検索可能なデータベース、効果的な例題プログラム、教育関連の諸統計、INetを通じてアクセス可能な省内情報、それらの目的に用いる Institutional Communications Network の中核部分を開発している。更に、幼稚園児から高校生、また身体的な不自由がある人のために Mosaic の機能拡張を試している。

2.5.1.3 健康管理情報

国立医学図書館 (NLM : National Library of Medicine) のコンピュータベースの医学文献解析検索システム (MEDLARS) は図書館にある生命医学や健康関連の大量の情報に素早くアクセスできるようにと構築された。世界規模の通信ネットワークを使って、MEDLARS の検索サービスはオンラインで個人や研究所に開放されている。このサービスは一日当たり 1 万 8 千件以上利用されている。

MEDLARS をさらに使いやすく、簡便に検索できるように、NLM は PC/マッキントッシュ互換の Grateful Med ソフトウェアを開発した。インターネットの素早い通信機能を生かした Grateful Med の利便性により、健康管理の専門家の利用が大きく増進した。

国立バイオテクノロジー情報センター (NCBI : National Center for Biotechnology Information) は分子生物学、生化学、遺伝学に関する知識を自動的に蓄積・分析するシステムの構築を進めている。また NCBI は生物学上重要な分子の構造と機能を分析する、最先端のコンピュータベースの情報処理手法の研究を取りまとめている。これは世界規模のインターネットを通じて、バイオテクノロジーの研究者と医療関係者からのデータベース利用と整合化を促進させている。

国立ガン研究所 (NCI : National Cancer Institute) は、ガンの抽出、予防、治療、看護に関する PDQ (Physician Data Query) 記述機能 (英語とスペイン語の利用が可能) と、ガンシート、文献を含む CancerFax と CancerNet (インターネットの e-mail) 情報を無料で提供している。

2.5.2 課題

HPCC プログラムの内、政府情報の一般公開を進めるための課題は次の通りである。

(1) NREN 関連

- a. ネットワークの相互接続性の向上
- b. ネットワークの性能向上
- c. ネットワークの操作性、運用性、安全性の向上

(2) ASTA 関連

- a. コンピュータシステムの使いやすさの向上
- b. 高性能コンピュータ研究所を設置し、広く研究者に利用できるようにする。

(3) IITA 関連

- a. コンピュータシステムを使いやすくする知的システムインターフェースの開発
- b. デジタル・ライブラリのための次世代オブジェクト技術の開発

2.5.3 開発目標

各項目の1996年の開発目標を次に示す。

(1) NREN 関連

- a. ギガビット級のネットワーク技術研究を通して、2.4Gbit/sec程度の性能を有する実験ネットワークを全国規模で展開する。
- b. 40Gbit/sec以上の光技術を用いたネットワークのプロトタイプ構築と、ネットワークプロトコルの拡張。

(2) ASTA 関連

- a. 継ぎ目のない全国規模のコンピューティング環境として、国立メタセンターを設立する。
- b. テラフロップス級のコンピュータシステムの提供。
- c. 地球規模の気候モデルの構築とデモ。

(3) IITA 関連

- a. エレクトロニック・コマースやデジタル・ライブラリプロジェクトを含めたテストベッドを通じて情報サービスのプロトタイプをデモする。
- b. 携帯型機器を用いてインターネットサービスの拡張機能のプロトタイプを開発する。
- c. デジタル・ライブラリ関連で行なわれた研究と実験成果のデモ。
- d. デジタル・ライブラリ関連開発の第二次助成策の取りまとめ。

2.5.4 主要関連機関の活動

政府情報の一般公開に関する活動を進めている主要機関の内、米国航空宇宙局（NASA）、米国大気海洋庁（NOAA）、教育省（ED）の活動内容について紹介する。

2.5.4.1 米国航空宇宙局（NASA）

(1) NREN

全国規模の研究・教育のためのネットワーク構築を通じて、今後要求される高度なネットワーク機能を含んだワーキングモデルを提示し、標準を設定する。

NASAが有する各種のデータとコンピューティング機能を、幼稚園から高校までの学校、デジタル・ライブラリ、教師のための教材センターのために利用できるようにする。

将来必要となるギガビット級の高速通信網のために、衛星通信技術を開発する。

(2) Information Infrastructure Technology

地球物理学と宇宙科学に関するデータをインターネットを通じて一般に公開する。

NSF、ARPAと協力してデジタル・ライブラリの研究を進める。この活動は次に示すリモートセンシングデータ利用プロジェクトと連動して進める。

(3) Information Infrastructure Applications

リモートセンシングデータとその活用のためのアプリケーションプログラムの開発とインターネットを通じた一般への公開を進める。

このようなデータ公開を通して、教育と生活、経済の向上発展を図る。

NASAの航空工学、宇宙科学の研究活動の波及効果として、幼稚園から高校までの数学、科学、技術科教育の展開を助ける。

2.5.4.2 米国海洋・大気科学局 (NOAA)

(1) Advanced Computation

将来的には低価格化が期待される超並列高性能コンピュータシステムを用いて、気象予報と気候変動予測の面で大きく前進を図る。

(2) Networking Connectivity

NOAA が持つリアルタイムデータ、歴史的気候データをインターネットを通じてユーザーに提供するために、ネットワーク性能の大拡張を図る。

(3) Information Dissemination Pilots

インターネット上の最新ツールを用いるデータ配信パイロットモデルを構築し、NOAA のデータセンターに蓄積されたデータをユーザーから効果的に利用できるようにする。

2.5.4.3 教育省 (ED)

(1) AskERIC Service

マルチメディア情報、ハイパーメディア情報を扱えるように拡張を行う。

教師、管理者、両親と生徒の要望を満たすために、双方向対話型通信機構でサポートされる、全国規模の情報専門家のネットワーク構築のきっかけを造る。

(2) OERI Institutional Communications Network (INET)

ネットワークを通じて検索可能なデータベースの中核部分を決め、構築を進める。この中には最新の研究成果、有益な模範教材、教育上の諸統計値、教育省からの発行物等を含む。

ネットワーク上の各種データを検索したり、取り出すサービスを強化する。そのために文書とデータフォーマットの内容を拡張する。

教育省の各中央機関やサポートセンターの統合を援助する。

(3) Regional Education Laboratory Program

教育関連の応用研究を統括し、情報の普及と技術的サポートを行っている各地域教育研究所で開発された技術を統合し、新たな技術成果の造出と利用者へのサービスを図る。

ゴーファベースのサービスメニュー方式と合わせて、WWWベースのグラフィカルなシステムも開発する。

(4) Teacher Networking Project

ここでは教師の専門性を高めるのに効果的なアプリケーションを提示することを目的としている。それによって教師自らが自己研修のために教材へアクセスするのを促す。またそのためにネットワークを使いこなすための情報を提供する。

(5) National Institute on Disability and Rehabilitation Research

身体障害者が直面する問題への技術的解決法の開発とテストを行い、その情報交換のためのシステムを開発する。また、身体障害者への補助具の配付方法を改善する。

(6) GOALS 2000 Technology Planning Grants to States

小中学校課程の教育達成度を増大できるように、全国的に、技術・設備の導入を進め、そのためのスタッフの訓練も行うための活動を援助する。

2.6 環境モニタリング

環境モニタリングは、環境変化の理解と予測、そして、今日直面している環境問題に対応するために必須のものである。ちょうど、金融指標、労働指標、あるいは、他の経済状態の指標を監視するように、環境に関する指標を監視し、環境の状態を判断する必要がある。NIIは、環境観測、解析、情報の普及過程の支援において、断片的なインフラストラクチャを連結し、複数の分野にまたがった広い視点から見ることのできる包括的な環境モニタリング遂行能力をもたらすために重要となる。

2.6.1 概要

National Challenges の環境モニタリングでは、観測システム、計算機センター、記録保管所、図書館、情報普及システムの全米統合ネットワークを開発する。このようなインフラストラクチャは、環境モニタリングおよび保護活動における国家投資のうえに構築されることによって、多様な観測データと情報の統合的管理者として役立つ。また、リアルタイムで継続的な観測データ、オンラインデータベース、そして高度な計算能力を容易にそしてタイムリーにアクセスできるため、環境と経済にとって重大で長期的な損害を回避することができる。

環境モニタリングからみたNIIは、統合化の要素であるとともにそれを促進するものである。すなわち、利用者が地理的に分散している多くの異種データベースで作業できるように、輸送機構とデータ変換サービスを提供するものである。

2.6.2 開発状況と到達目標

HPCCプログラムでは、環境モニタリングの分野で、NASA、NOAA、EPAの各機関が取り組んでいる。大規模広範囲の環境情報のデジタル・ライブラリが構築され、これらの蔵書を有効に使用できるようにするための道具が開発される計画である。この中には、衛星画像や広範囲にわたる地球科学データベースの公開、地球観測パイロット情報システム、環境情報への要求を満たす教育訓練プログラムが含まれる。以下、IITA関連の活動について現況を述べる。

(1) EPAのデータ公開

EPAは、知的な対話的操作インターフェース、検索および解析技法、経験のないユーザーのためのオンラインマルチメディアチュートリアルの開発を行ない、生態観測、大気や水質モデルに基づく予測、汚染物質の集団暴露などの色々な環境データベースを公開することを計画している。また、1996年度予算要求では、このテーマに102万ドル要求されている。

現在EPAでは、NASA、NOAAと共同で、州、連邦、産業界の各組織で利用する環境アプ

リケーションと政策方針決定支援を行なう高度なツールの開発に注力している。

環境基準の制定を行うコストを下げ、HPCC技術の市場を増やすことで、産業に経済的恩恵をもたらす環境政策決定が、効率的でかつ科学的、そしてタイムリーにできるようにする。高性能環境評価ツールを容易に技術移転できるように、計画では、一連のパイロットプロジェクトを行っている。これらのプロジェクトは、環境科学者、アナリスト、政策決定者のニーズを評価するとともに、支援カリキュラム、訓練用資料、ツールの開発を行なう。

このような環境評価ツール開発の最初のステップとして、UAMGUIDES (Urban Airshed Model with Graphical User Interface and DEcision Support) と EDSS (Environmental Decision Support System) が開発された。これらは、MCNCが開発し、州の環境グループに提供したもので、都市および地方の大気評価および評価モデルの改良を支援する。

次のステップでは、現在計算能力不足で実行できない複雑な複合汚染の評価とクロスメディア環境問題を扱うことのできる次世代大気評価モデリングシステム (Air Quality Modeling System Models-3) を開発する。このシステムでは、クロスメディア環境評価に求められる規模と分解能の問題を解決するのに必要な計算機資源の増加のためにスケーラブルな並列計算機を必要とする。

研究では、次のようなことに関係する基本的な技術上の問題に取り組む。それは、空間、時間、マルチメディアデータの支援、知的データアクセス技法、オブジェクトデータベース、異種のハードウェア、ソフトウェアプラットフォーム間の相互操作性、地球科学情報に対する一般大衆のニーズを満たす公的な利用および教育用の情報の作成である。

また、1996年度、EPAは環境データに関連する対話型操作、検索、解析、ヘルプ機能の知的インターフェースとデータ管理、解析方法における研究に対して助成金を交付する。

(2) NOAAの情報普及パイロット

インターネット、NIIのネットワークの利用により、NOAAのもつ莫大な実時間および経歴情報をすべての利用者に対して、さらに完全で便利な形で、タイムリーな方法で提供可能にする計画である。1996年度予算要求では、このテーマに50万ドル要求されている。

NOAAのもつ膨大な量の環境データおよび情報のうちのいくらかを、インターネットをとおして先行公開を開始する。NOAAのPMEL (太平洋環境研究所) では、沿岸および公海上における環境モニタリングに注力しており、一日から一句の時間的規模で海洋の移り変わりの予測を支援する。現在、エルニーニョ現象の理解と予測を目的として、太平洋の熱帯域がモニタされている。現在進行中の国際的な研究は、エルニーニョ現象が天候と水揚げに影響するメカニズムを理解することを目標としている。このメカニズムが明らかになることで、モニタリングプログラムにより予報者が広い領域の数カ月の天気を予測することができ、太

平洋漁業の漁獲高に経済的な影響が期待できる。PMELは、太平洋の熱帯域の海温計測結果についてはほぼリアルタイムで、グラフィック表示をインターネット上^(注16)に公開している。

環境情報は、NIIの一部として、民間団体、研究者、教育者、一般大衆が利用できるように、各地域のNOAAデータセンターに地理的に分散して置かれることになる。

1996年度は、インターネットの高度データアクセスツールを使用し、NOAAの種々の環境データの一部を公開するデータ普及パイロットを開発する。

(3) NASAの情報インフラストラクチャ技術

インターネットを利用して地球および宇宙科学に関するデータを公開する。1996年度予算要求では、このテーマに880万ドル要求されている。

1994年度、このデータ公開を支援するデジタル・ライブラリ技術の研究に対して、ライス大学とウィスコンシン大学に助成金が交付された。

1996年度、NASAは、リモートセンシングアプリケーションを支援するのに必要なデジタル・ライブラリ技術の追加部分を決定し、リモートセンシングデータアプリケーションの公的使用に対し助成金を交付する。

(4) NASAの情報インフラストラクチャアプリケーション

インターネット上にリモートセンシング画像のデータベースへのアクセスと支援ソフトウェアを開発、提供する。NASAは、HPCCプログラムを土台に航空宇宙科学技術研究、および、数学、科学、工学教育を支援するNIIの開発を容易化し、現在の教育を向上させるインフラストラクチャを構築する計画である。1996年度予算要求では、このテーマに1800万ドル要求されている。

1994年度、インターネットによる地球および宇宙科学に関するデータの公開を支援するアプリケーションに対して、ミネソタ大学、ノースダコタ大学、ハワイ大学に助成金が交付された。

1996年度、NASAは、リモートセンシングアプリケーションを支援するのに必要なデジタル・ライブラリ技術の追加部分を決定し、リモートセンシングデータアプリケーションの公的使用に対し助成金を交付する。

(注16) 詳細については、<http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/el-nino-story.html> を参照のこと。

2.6.3 その他の計画

HPCC プログラムではないが、環境モニタリングに関連するその他の主要な計画としては次のものがある。

Earth Observing System (EOS) ^(注17)

Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP) ^(注18)

Global Change Data and Information System (GCDIS) ^(注19)

以下、これらについて述べる。

(1) EOS

NASA の Mission to Planet Earth プログラムの基礎となるもので、Global Change Research Program (GCRP) に不可欠な部分である。

大域的な気候の変化を研究するために設計された器具を運ぶ宇宙船で、1998年初頭から稼働し始める予定である。

EOSDIS は、地球科学観測データを管理するシステムで、データの解釈とモデリング、EOS データの処理、配信、保管、および、EOS 観測所に対する指令と制御など、EOS の研究活動を支援する計算能力とネットワーク機能を提供する。カリフォルニア大学バークレー校では、「End-to-End Problem in EOSDIS」プロジェクトで、シームレスなデータ分散を支援する次世代分散データベース管理システムを研究している。

(2) EMAP

国土の生態資源の状態をモニタおよび評価し、それによって、環境保護管理の意思決定に寄与することを目的とする。これを達成するために、4つの目標を掲げている。

- ・地域ベースで、国土生態資源の選択指標の現在の状態、方向、変化を評価する
- ・国土生態資源の地理的な分布を評価する
- ・自然および人為的なストレスの選択指標と生態資源の状態の指標との関連を探す
- ・国土生態資源の統計年報および定期的な評価を提供する

(注17) 詳細については、<http://gcmd.gsfc.nasa.gov/gcmdEOS.html>を参照のこと。

(注18) 詳細については、<http://earth1.epa.gov/emap/>を参照のこと。

(注19) 詳細については、<http://www.gcdis.usgcrp.gov/>を参照のこと。

(3) GCDIS

数十億ドルの連邦プログラム Global Change Research Program (GCRP) の一部。

研究者、研究者、政策決定者、教育者などが、global change データ、情報をできるだけ簡単にアクセスできるように、適切な水準の通信技術、相互操作性、接続性を提供するものである。

GCDIS は、global change の研究に関係する個々の政府機関で運用される分散情報システムの集合体で、それに横断的な新しいインフラストラクチャが追加されたものになっている。共通の標準、アプローチ、技術の共有などで相互操作性を獲得する。

現在行われている計画には、次のものがある。

- ・ネットワークの相互接続、省庁にまたがるデータのゲートウェイ、データ交換用共通標準の採用、関係省庁間の情報普及の手続きと方策の制定の開発。
- ・ネットワーク、および、データの収集と配布を支援するデータ処理センターの実現。

2.6.4 今後の技術課題

次のような技術課題がある。

(1) 相互操作性

いろいろな観測データ、さまざまなデータタイプ、広範囲にわたるデータサイズがある。環境データをさまざまな観測システムから情報製品に統合化したり、ユーザに配布できるように、データフォーマットと電子情報交換プロトコルを共通化する必要がある。

(2) 情報セキュリティと信頼性

環境情報におけるユーザの機密を保持するために、データの完全性と信頼性を保つ手段を講じる必要がある。統一的な品質標準を採用し、実施する必要がある。

(3) 大規模データへの対応

ユーザが要求したときに環境モニタに必要なデータが利用可能なように優先度付けされた転送手段を提供する必要がある。バンド幅と優先度付け機能は、生命と財産を守るために、とくにリアルタイム環境データ収集に重要である。また、バースト的データ転送への対応も必要である。

2.7 教育と生涯学習

教育と生涯学習に対する National Challenges では、あらゆる年齢の人々や様々な能力を持つ人々を対象とした教育、訓練、学習システム実現のために、HPCC 技術を利用する。その目指すところは、以下のとおり。

(1) 遠隔教育

地理的に離れた地域にいる学生を、最良の方法で教育すること。

(2) 教師研修

あらゆる教育レベルに対し、教師が利用できるリソースを増強すること。

(3) 情報入手

学生は、図書館に出かけずに、情報やリソースにアクセスできること。

(4) 生涯学習

年齢や地域に関係なく、人々に教育の機会を与えること。

(5) デジタル・ライブラリ

学生でも教授でも、それぞれのレベルに合った情報をネットワーク経由で入手できること。

2.7.1 HPCC 技術による変革

HPCC 技術は、教育、研究、訓練、生涯学習にも様々な変革をもたらす。この例として、次のようなものが挙げられている。

(1) 教育

小学校の生徒は、外国のことやその国の文化、出来事について、授業よりも多くのことを学び、世界中のペンフレンドと交信できる。地理的に離れた複数のハイスクールの学生は、数学、科学、通信について学び、共同作業することもできる。ある学生は、遠く離れた美術館や教育施設にネットワーク経由で訪問する。学生は、インタラクティブなマルチメディアの百科事典や他の学習ツールで、無数の情報の中から自分に合った情報を探し出せる。

(2) 研究

学術研究は、ますます早いペースで変化していく。離れた場所から装置の共同使用や科学上の問題について共同作業を行ってきた 1990 年代における科学者の共同研究体制は、様々な地域の研究者や団体を加えて、ここ数年の間にますます複雑化する。地理的に離れた場所にいる研究員は、実験結果を共有し、チーム研究プロジェクトに参加し、学生指導までも共同で行うことができる。一団体に研究するには費用がかかり過ぎるプロジェクトは、共同研究の有力候補となる。

(3) 訓練

シミュレーションによる教育と訓練は、OJTにますます多く使われるようになる。例えば、パイロットの訓練には、長い間フライトシミュレータが使われてきた。航空分野では、今日ではシミュレーションは別のところでも使われていて、まだ組み立て中の飛行機の整備や修理を、整備士がシミュレーションで学ぶ。整備士は、飛行機が完成するまでには、自信をもって能率的に整備や修理をできるようになる。

(4) 生涯学習

会社に勤めている人は、勤務外の時間にインターネットを使って、会社に居ながら大学の講義を受けることができる。講義を聞いたり見たりするだけでなく、質問をすることもできる。質問は教授に送られ、後で回答を受け取る。講義に出席できない場合は、コンピュータが講義内容を記憶しておき、後でそれを見ることができる。

2.7.2 活動内容

教育に対するネットワークインフラのプログラムは、1994年度にNSFが開始した。教育プログラムは、HPCCに関係する政府機関のほとんどが実施している。その中から、NSFとNASAの活動内容について取り上げる。

2.7.2.1 NSFの活動内容

- ・ 学生がMOSIS (Metal Oxide Semiconductor Implementation Service) によりVLSIを製作する場合、ARPAとジョイントして資金を供与
- ・ ハイスchoolの学生と教師に研究を体験してもらう探求プログラムの実施
- ・ 教育ネットワークのパイロット・プロジェクトの実施
- ・ デジタル・ライブラリの教育への応用に対するパイロットモデルと大規模モデルの開発
- ・ インターネットを利用したメリーランド州でのバーチャル・ハイスクールの試行

2.7.2.2 NASAの活動内容

NASAはK-12 (Kindergarten to Twelve) プログラムを推進している。NASAは、インターネットを利用した教育に関し、教師の研修から技術サポートまでを含め、幅広く活動している。K-12の目標として、以下が挙げられている。

- ・教育界に広められる技術やアプリケーションの開発
- ・インターネットによる高度な技術キャリア取得の示唆
- ・教育プロセスへのネットワークとコンピュータの統合
- ・教師と学生が関心をもつNASAの情報に関するインターネットベースのカリキュラムの開発
- ・初等教育に的を絞った企画の開発

NASA K-12の活動内容は、次のとおり。

(1) 教室とNASAをオンライン接続

NASAのインタラクティブ・オンライン・プロジェクト。教室とNASAをオンライン接続し、進行中の作業や人工衛星から受信した映像を、生中継を含めて紹介する。NASAの専門家のレポートや彼らの研究のバックグラウンド情報も提供する。

(2) インターネットに関する教育ビデオの作成

インターネットが学校教育にとって素晴らしいリソースであることを伝えるビデオ、インターネットへの接続を検討している学校のためのガイダンス・ビデオなどを作成。これらのビデオは、無料でコピーできる。

(3) 学校への技術支援

以下の3つで構成される。

- ・複数の学校をインターネットにより接続
- ・WWWについて教師を教育し、また、教師にWWWを使った教育方法を指導
- ・教室とNASAの専門家をオンラインで接続

(4) 教師に対する地球科学教育、コンピュータとインターネットの教育

メリーランドの24の学区から選ばれた教師が、4週間の夏季講習プログラムを受講する。

教師にはパソコン、電話回線、インターネットのアカウントが与えられる。

(5) 地球システム科学コース ECOlogica の開設と普及

ECOlogicaにより、NASAのデータやコンピュータ用リソースがハイスクールレベルのカリキュラムに取り込まれる。学生は地球システムのある面に焦点をあて、科学ツールや、化学、数学、物理学の知識、モデリング、データ視覚化、シミュレーションの技術、電子出版物等を用いて勉強する。

(6) 遠隔地の天体望遠鏡を使った教育

学生はパソコンと電話回線を使って、南カリフォルニアのウィルソン山にある24インチ天体望遠鏡にアクセスできる。学生は天文学と天体物理学の分野で発見の機会を与えられるだけでなく、関連する様々な知識を得ることができる。

(7) Internet Library Information Assembly Database (ILIAD) システムの開発と保守

knowbot (knowledge robot) によるサービスで、インターネット情報に対する教師からの問合せとその回答を、単純で費用がかからない電子メールベースで実現する。

(8) ローコストでLANをインターネット接続するための開発

一本の普通の電話線を介して、80台以上のコンピュータを接続したLANをインターネットに接続する。このLANを通して、電子メール、gopher、FTP、WWWを使うことができる。

(9) 教師によるコンピュータ教室の運営を支援するコンピュータラボの開設

このラボは、インターネットに接続された7台の教育用ワークステーションと一台の指導員用ワークステーション、オーバヘッドプロジェクタや他の教育機器を備える。

(10) 広帯域、ローコストを目指したRF帯無線によるインターネット接続の実現

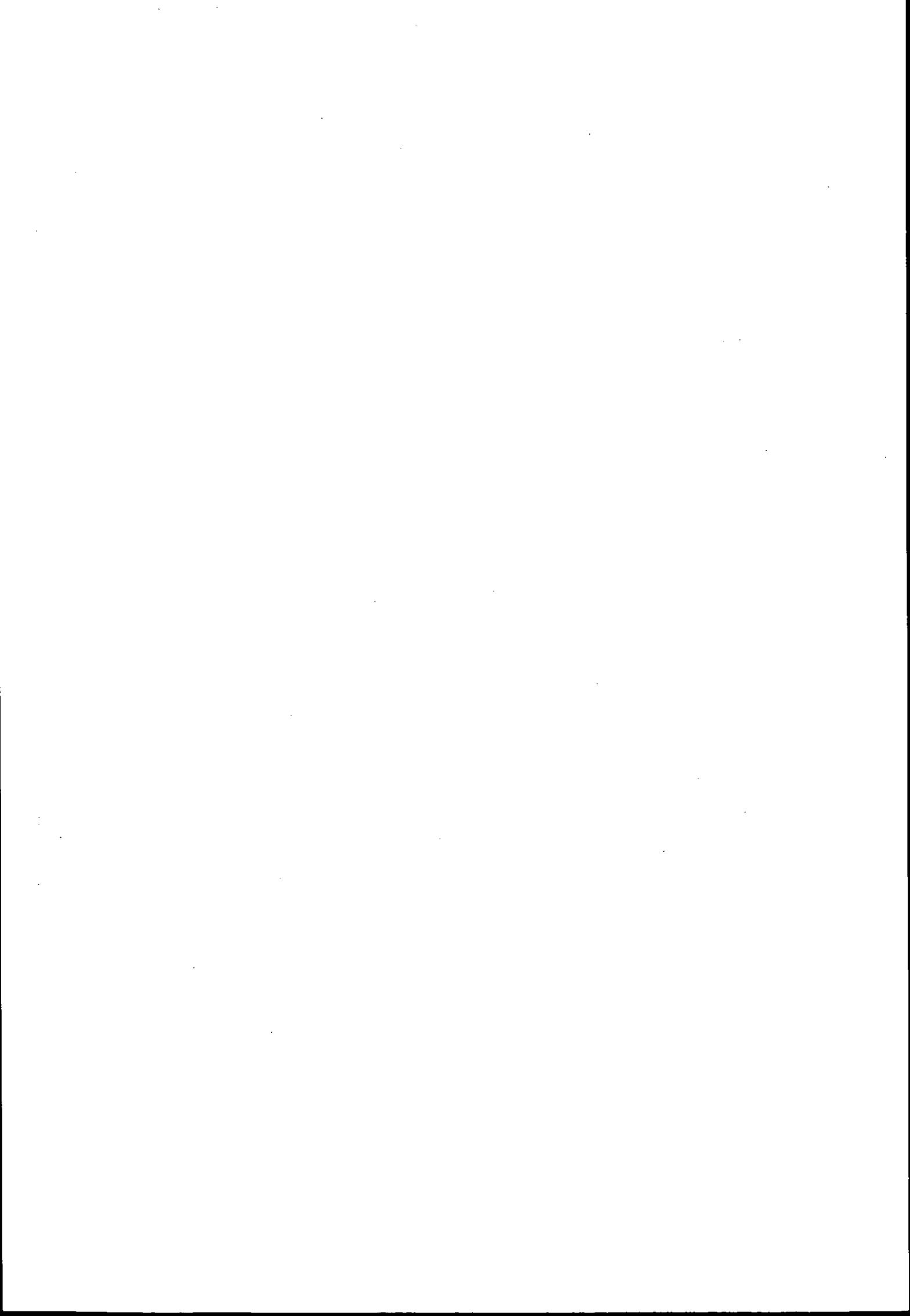
パイロットとして、3学校と2インターネット・ポイント間で試行中。ISDNも、学校がインターネットに接続する際のオプションとして、調査対象となっている。

2.7.3 技術上の課題

インターネットを利用した教育は、参加する学校の数も増え、着実に成果をあげている。しかし、教えることと学ぶことの道具として、教師も学生もコンピュータやインターネットの使い方を知っていることが必要である。現状では、インターネットで提供されるリソースの多くは知識ある人によって作成され、自分の思うようにインターネットを使いこなすには、たくさん覚える必要がある。そのため、米国では教師の研修とともに、小さいうちからコンピュータやインターネットに慣れるよう、教育環境を整えてきている。ただし、人によって使いこなす能力に差があるのは当然であり、アプリケーションに応じてその都度操作を覚えるのも負担になる。このことから、今後もインターネットを利用した教育を推進するためには、誰にでも簡単に使えるユーザインターフェースを提供することが、必要であろう。

<参考文献>

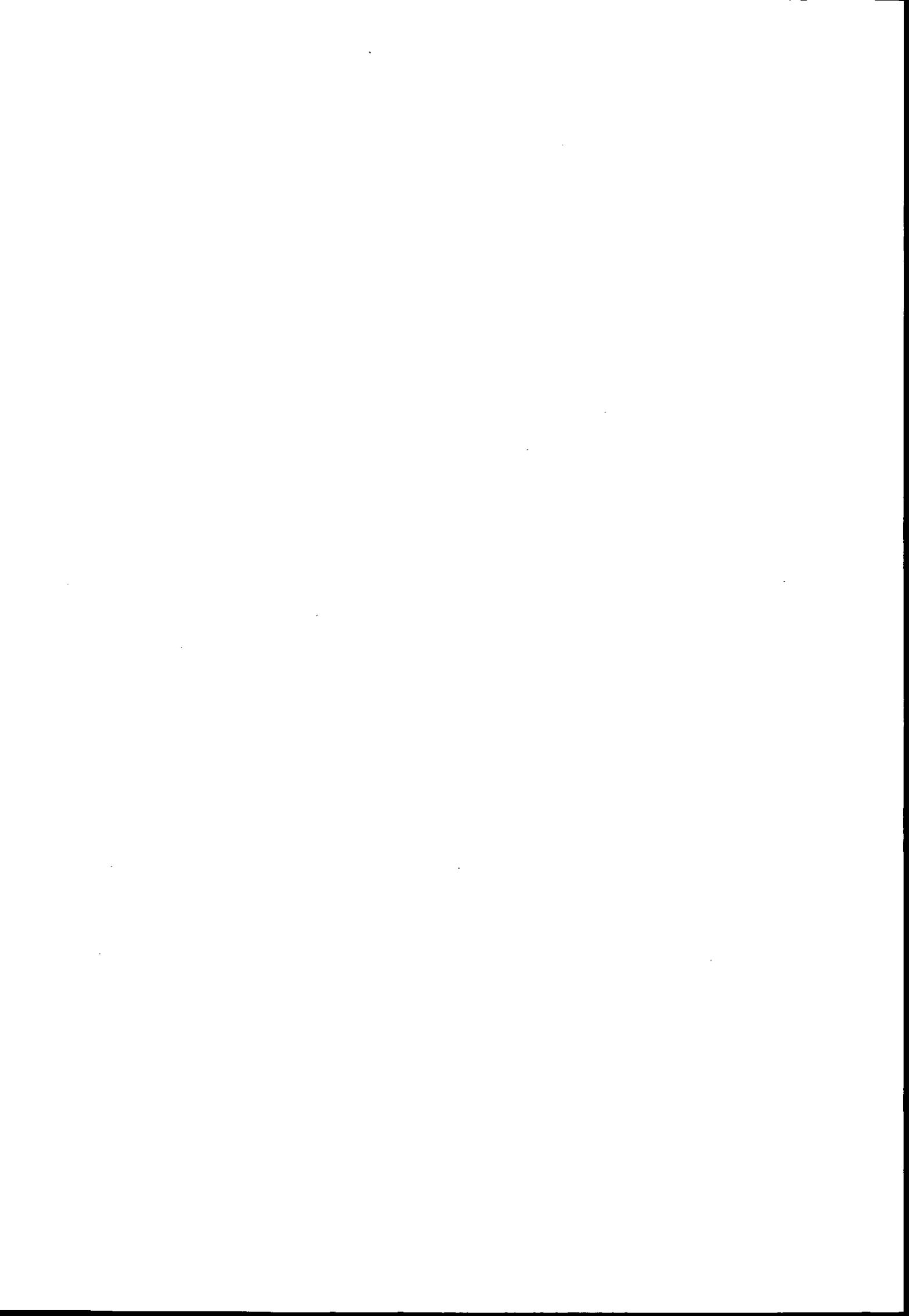
- [1] High Performance Computing and Communications; FY1996 Implementation Plan.
- [2] High Performance Computing and Communications; Foundation for America's Information Future
(Supplement to the President's FY 1996 Budget)
- [3] National Research Council, Computer Science and Telecommunication Board; Evolving the High Performance Computing and Communications Initiatives to Support the Nation's Information Infrastructure (1995)
- [4] Interoperability, Scaling, and Digital Libraries Research Agenda: A Report on the May 18-19, 1995, IITA Digital Libraries Workshop August 22, 1995.
- [5] SIMA; Systems Integration for Manufacturing Applications (SIMA) Program (1995)
- [6] HPCC; Electronic Commerce (1995)
- [7] Robert Neches at el; Electronic Commerce on the Internet, USC Information Sciences Institute.
- [8] FAST; The FAST Electronic Broker - Standard Parts Acquisition (1994)



第Ⅳ部

米国の先端的ソフトウェア研究開発 における連邦政府プログラムの役割

1. 連邦政府プログラム調査の背景と目的
2. 情報技術とその開発プロセスの特徴に関する検討
 - 2.1 情報技術の特徴
 - 2.2 情報技術の研究開発プロセスの特徴
 - 2.3 情報技術開発における連邦政府の役割
 - 2.3.1 研究開発における政府の役割
 - 2.3.2 市場化・情報基盤整備における政府の役割
 - 2.3.3 研究開発から情報基盤整備へ
 - 2.3.4 産学官の連携
 - 2.3.5 長期的な研究開発の継続
 - 2.4 連邦研究開発プログラムの仕組み
3. まとめ



1. 連邦政府プログラム調査の背景と目的

(1) 調査の背景と目的

我が国では、先進技術を基盤とする新たな創造的技術立国としての再活性化が期待されて久しいなか、必ずしも十分な変革が実現されていない、との評価が一般化している。特に、情報分野における技術革新が顕著となり、先進的な情報基盤の整備がグローバルに急がれているなかで、我が国の情報産業の低迷が大きな懸念要因として注目され始めている。

ソフトウェア化が進む情報技術分野は、それ自身が新たなアイデアあるいはアーキテクチャといった個人の有する独創性を具現化するかたちで生み出されるという性格が強い。このことは、情報技術分野における低迷が、創造的技術立国を目指す日本において、実はその創造性を創出するための十分な環境が整えられていないのではないか、という深刻な問題を抱えていることを示唆している。

一方、先端的ソフトウェアを含めた情報技術全般の研究開発の動向を米国について見てみると、ここ数十年の間に創出された成果は我が国のそれと比較して極めて充実したものであり、しかもこうした日米格差がここしばらくは拡大してゆくのではないか、というのが一般的な見方である。こうした日米格差が生じる背景には、単に研究者の資質といった要因ではなく、情報技術に関する研究開発から実用化に到るプロセスにおいて、日米間で基本的な構造の相違があるのではないかと、という点が懸念されている。

本調査では、特に米国の連邦政府が行なってきた研究開発プログラムに焦点をあて、上述した日米格差の問題について検討することを目的としている。

(2) 調査の内容

本調査では、情報技術分野における米国連邦政府の研究開発プログラムの有用性を検討するために、「情報技術とその開発プロセスの特徴及び連邦研究開発プログラムの役割に関する検討」を行なう。

情報技術およびその開発プロセスは、他の研究領域と比較して幾つかの注目すべき特徴を有しており、そのことを理解することは当該分野における政府研究開発プログラムのあり方を議論する上で重要なことと思われる。本調査では、こうした情報技術およびその開発プロセスに関する特徴について検討した上で、そうした特徴を踏まえると、政府が実施する研究開発プログラムにどのような役割が求められるか、という点を検討する。具体的には、情報技術分野における研究開発モデルとして「研究開発」、「標準化・プラットフォーム化」、「市場化・情報基盤整備」というプロセスを循環的に経るなかで技術要素が成熟化する、というスパイラルモデルを仮定した時に、米国の連邦機関がこのスパイラルを円滑に駆動する上で有効な役割を果たしてきたのではな

いか、というのが主要な論点となる。また、このスパイラルモデルの視点から、過去数十年間における米国連邦機関の研究開発プログラムの経緯について議論するとともに、米国連邦機関が行なう研究開発プログラムの仕組みについても、HPCC計画を例として検討する。

2. 情報技術とその開発プロセスの特徴に関する検討

2.1 情報技術の特徴

本節では、研究開発における政府の役割について検討するにあたり注目しなければならない「情報技術」自体が持つ特徴について検討する。

(1) 技術要素の独創指向性

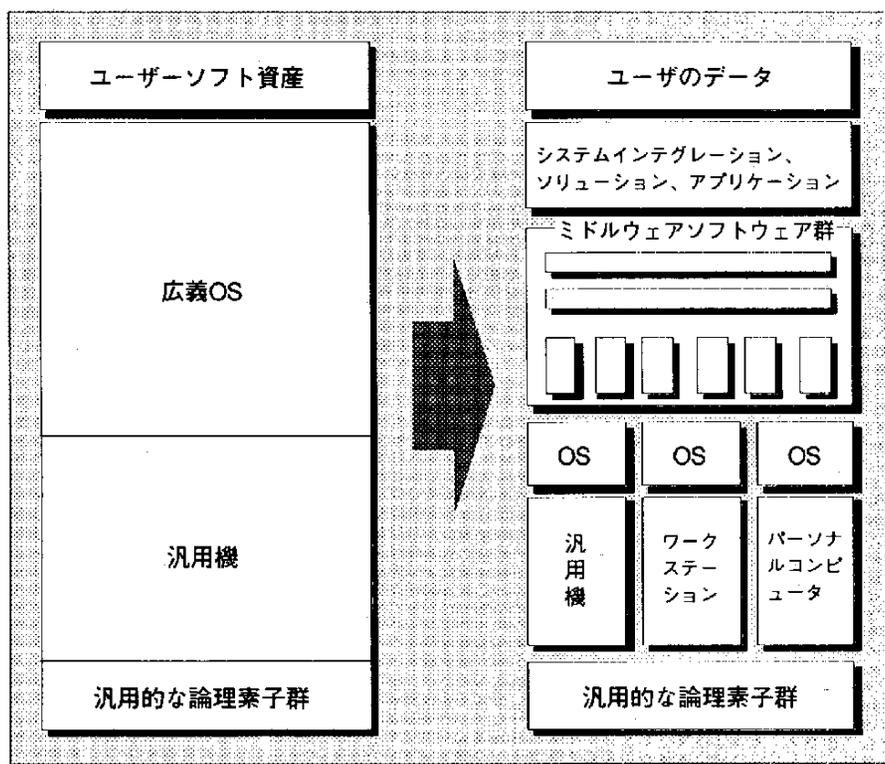
情報技術は、その技術要素に付与される開発者の独創性に依存する割合が他の分野と比較して大きな分野ということが言える。一般に多くの技術分野では、当該分野を構成する技術要素が多かれ少なかれ自然科学的な原理によって支配されることは避けられない。ところが、情報技術の分野は基本的なハードウェア技術の分野においてはこうした自然科学的な原理によって支配される割合が相対的に大きいものの、より上位のソフトウェア領域の技術要素では、当該技術要素が前提とするアイデアやアーキテクチャが技術の良し悪しを支配する主要要因として重要になってくる。言い替えれば、技術のソフト化が進んでいると言える。

以上のことから、より成熟化・ソフト化が進んだ情報技術分野においては、技術要素の良し悪しを支配するアイデアやアーキテクチャを独創する活動が、研究開発のなかでより重視されなければならない、ということを指摘することができる。具体的には以下のようなことが言える。

- ・アイデアやアーキテクチャの試行錯誤が研究開発のなかである程度許容されなければならない。
- ・独創的なアイデアやアーキテクチャを創出する活動にインセンティブが与えられるような「オープンかつコンペティティブな研究開発」の環境が提供されなければならない。

(2) 技術要素の重層性

情報技術は、その成熟化・ソフト化が進むにつれて、当該技術を構成する技術要素が重層化してきているという見方ができる。すなわち、あるアイデアやアーキテクチャをベースとする技術要素の研究開発や製品化は、それ以前に開発された技術要素を前提とし、その上位技術として構成されることが一般化してきているということである。例えば、一つのコンピュータを構成する技術構成を大まかに見ても、図IV-1に示すように汎用機を中心とした比較的簡単な階層から、論理的にはより複雑な階層構造を持つ技術構成へと変化してきている。

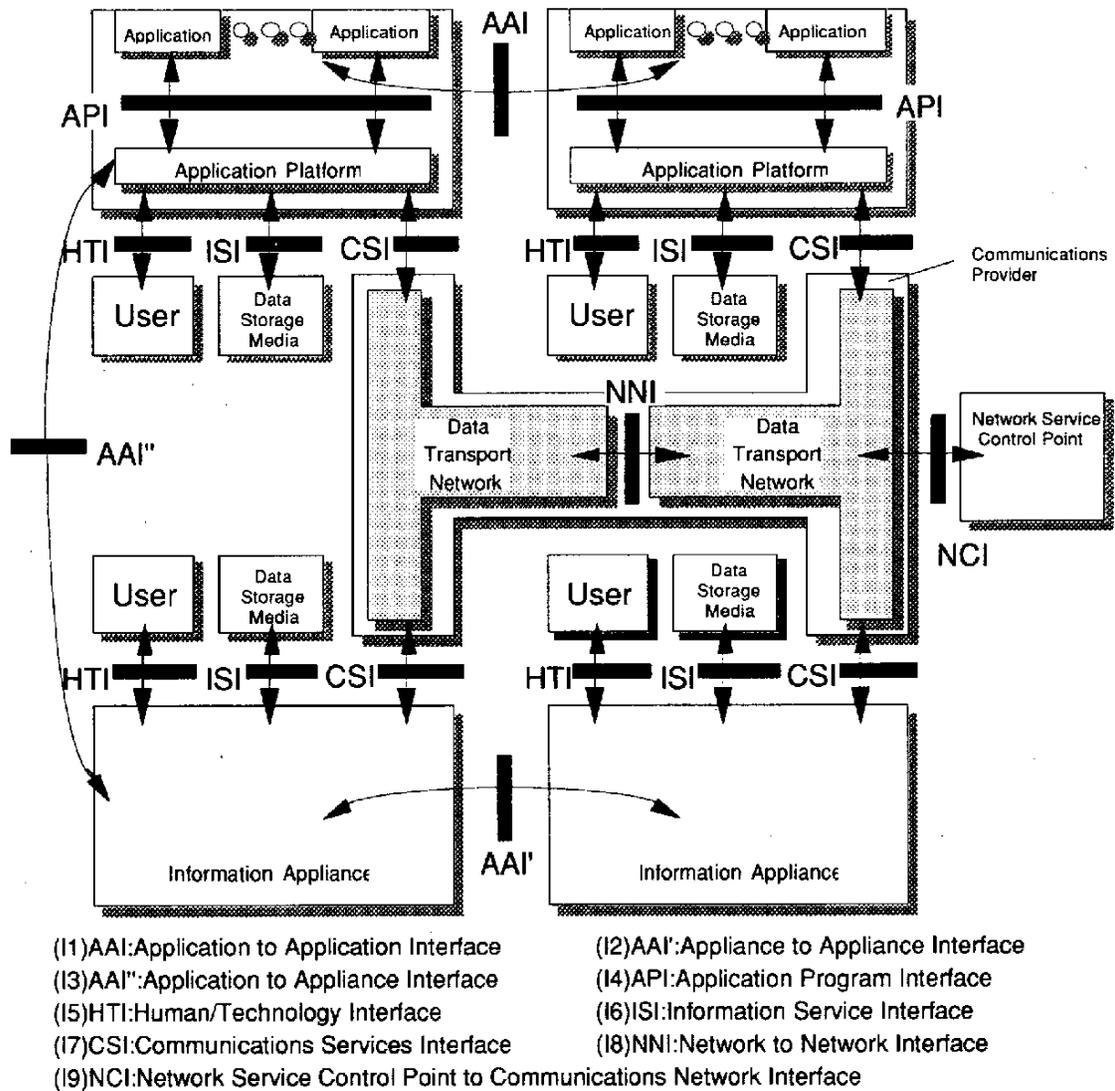


出典：通商産業省機械情報産業局 電子情報技術（IT）を活用した産業のダイナミズム回復のためのプログラム（平成7年）

図IV-1 情報技術の重層化

このような技術要素の重層化は、複雑化する情報システムを新たな技術要素によって効率的に高度化し、市場化する上で技術開発の自然なスタイルを提供している。ある独立した技術要素を組み合わせるような研究開発が効率的であること、情報分野における技術要素は常に完結した情報システムの一部として機能することが求められるために、他の技術要素との関係を仕様化することが重要であること、といった幾つかの要因によって、技術要素の重層化は情報システムの研究開発において自然なアプローチであったと言える。近年ではネットワーク化、デジタル化が進むことによって、情報システムを構成する情報技術は一層複雑化してきている。この場合にも、個々の技術要素は他の技術要素と特定のインタフェースを形成しながら組み合わせられ、全体としては技術の重層化が進んでいるという見方ができる。図IV-2は、複雑化する情報技術の体系を

分類しようとする幾つかのモデルを参考にして、重層化する情報システムのインタフェースモデルを作成したものである。ここで (I1) から (I9) は情報システムを構成するクリティカル・インタフェースと考えられているもので、特にこのインタフェース部分を中心として技術の重層化が進んでいるものと考えられる。



出典) 三菱総合研究所

図Ⅳ-2 重層化する情報システムのインタフェースモデル

このように技術要素を重層的に構成するアプローチでは、特定の技術要素の「プラットフォーム化」を進める意味合いが大きい。ここにプラットフォーム化された技術（「プラットフォーム技術」と呼ぶこともある）とは、「当該技術要素の上位技術としてより高度な機能を提供する技術要素の創出を促進するような技術要素」を指し、情報技術を構成する上で重要な役割を担うものと考えられるものである。

有用なプラットフォーム技術は、それ自体がパッケージソフトウェアとかソフトウェア環境、

ネットワークプロトコルといった製品として市場化され、市場投入された製品自体もまた新たなプラットフォームと呼べるものになる。こうした製品レベルのプラットフォームは、いわゆる現在の情報産業市場における主要な投資対象になっている^(注1)。

一方、製品レベルのプラットフォームは、より高度な機能の実現を目指す研究開発の新たな投資の対象にもなる、というのも重要な点である。例えば、インターネットの技術は、情報ネットワーク上で多様な機能を実現するために行なわれた多くの研究開発とその成果としての技術要素にとっては、なくてはならない「プラットフォーム技術」であったことは明らかである。インターネット技術の上に World Wide Web という新たな情報アクセス技術のプラットフォームが提供されたように、「プラットフォーム技術」の上には新たな「プラットフォーム技術」が開発され、より上位の技術要素の研究開発を誘う。技術要素の重層化は、このようなプロセスを経て進んでいるものと考えられるのである。

2.2 情報技術の研究開発プロセスの特徴

前節で指摘した情報技術がもつ幾つの特徴によって、それらの情報技術を研究開発するプロセスについても幾つかの重要な特徴を指摘することができる。

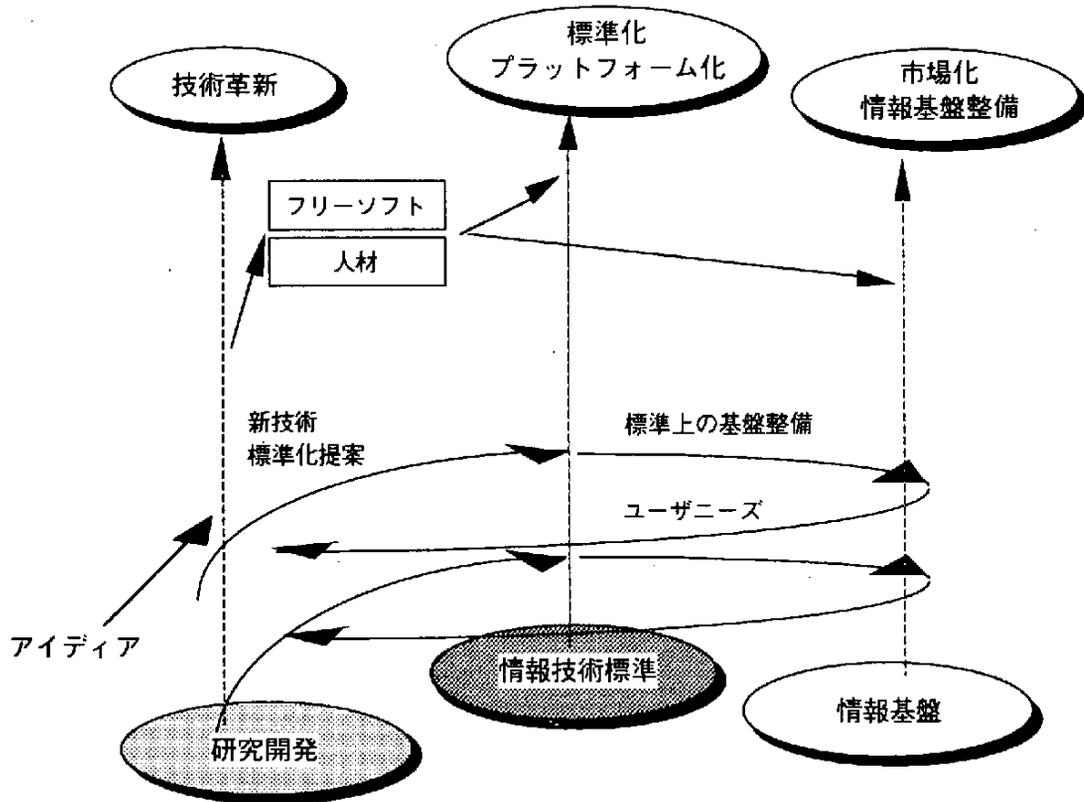
第一に、すでに指摘した「技術要素の独創指向性」によって、プラットフォーム技術となり得るような有用な技術要素の研究開発プロセスのなかでは、他の研究分野にも増して、多様なアイデアやアーキテクチャの試行錯誤がある程度許容されなければならない、ということが言えよう。米国の National Research Council / Computer Science and Telecommunications Board が公表したレポート^(注2)（以下、CSTB レポート）によれば、アイデアやアーキテクチャが10年から15年のサイクルを経て実用化される事例を調べた結果として、結局、"It is hard to predict which new ideas and approaches will succeed"ということを指摘している。重要なプラットフォーム技術の基礎となったアイデアやアーキテクチャを、提案当初から有望であると予想することは極めて困難なことであった、というのである。もし、それが事実であるならば、一見無駄とも思えるような試行錯誤を行なうことも、より最適な技術を育てるためにはやむを得ないということが言えるのである。

(注1) ソフトウェアについて言えば、欧米ではプラットフォーム化されたパッケージソフトウェアの割合が1992年時点でソフトウェア全体の生産量の7割以上に達している。一方、我が国におけるその割合は3割程度である。これは我が国では個別ユーザが特注するソフトウェアの割合が高く、プラットフォーム化されたパッケージを組み合わせるシステムを構築する市場構造が、欧米ほどはっきりとしていないためだと言われている。

(注2) Computer Science and Telecommunications Board, National Research Council; "Evolving the High Performance Computing and Communications Initiative to Support the Nation's Information Infrastructure, National Academy Press, Washington, D.C. 1995. 本文書の要約と注文情報は、インターネットの <http://www.nap.edu/bap/online/hpcc/index.html> 上で入手することが可能である。

第二に、独創的なアイデアやアーキテクチャを創出する活動にインセンティブが与えられるような「オープンかつコンペティティブな研究開発」の環境が、活発な情報技術の研究開発プロセスを支えるインフラストラクチャとして不可欠である、という点である。多様なアイデアやアーキテクチャの提案を行なうこと自体に対してインセンティブを与える一方、適切な提案の評価システムの中で研究資金の配分を行なうプロセスを通じて、有望なアプローチを「選りすぐる」仕組みが用意されなければならないだろう。

第三に、技術要素の重層化が進み、いわゆる「プラットフォーム技術」が情報技術において果たす役割が大きくなることで、単に特定の技術要素を「研究開発」することと、当該技術要素の「標準化」あるいは「プラットフォーム化」、そうしたプラットフォームを用いた製品の「市場化」あるいは「情報基盤構築」ということが不可分の関係を作り出している、という点を指摘することができる。さらに言えば、ここに挙げた各プロセスを循環的に重ねるスパイラルな開発プロセスが、情報技術の成熟化において重要な役割を果たしていると考えられるのである（図IV-3）。以下、本節ではこのことについてさらに詳しく検討する。



出典) 三菱総合研究所

図IV-3 情報技術の開発モデル

すでに指摘したように、有効な「プラットフォーム技術」は当該プラットフォームに基づく新たな製品として市場化され、そうした製品は新たな情報基盤の一つとして集積されるようになる。

近年では、「情報基盤」の整備を進めようとする動きが各国で活発化しているけれども、こうした動きも一方で情報技術のプラットフォーム化を促進する要因となっていると言える。情報基盤の整備は、オープンな情報ネットワーク上で相互運用が可能な様々な製品プラットフォームを機能統合することで実現される傾向が一般化しているからである。

逆に、情報基盤を整備していくという観点で考えるならば、たとえ技術的には優れていても、他の技術要素とうまく統合され、組み合わせることができるようなプラットフォーム的な技術要素でないと、その技術要素が普及することは難しくなっている。こうしたことから、あるアイデアやアーキテクチャに基づいて特定機能を実現している技術要素が研究開発されると、多くの場合その技術要素をプラットフォーム化しようとするのが情報技術分野における研究開発の常識的な戦略となっている。

具体的には、当該技術要素を他の技術要素と組み合わせやすいようにパッケージ化し、その組み合わせの際に必要なインタフェースを標準化することで、当該技術要素に基づく製品が市場において一定のシェアを得られるようにするのである。情報技術の標準規格を統一するにあたって、しばしば企業あるいは企業連合間の競争が行なわれるのも、有効なプラットフォームを市場化するための技術戦略的な企業行動の一つである。

ある製品が市場に投入された後に、さらに新たなユーザニーズは喚起される。一般に、情報技術の分野ではこのユーザニーズをうまく見極めることが最も重要であることは常識となっている。既存のプラットフォームに不足している機能や性能が明らかになれば、これは新たな研究開発のシーズとなる。言い方を換えれば、より高度な機能を必要とする先進ユーザが存在することは、情報技術の開発プロセスを駆動する重要な促進要因と言える。

さらに、あるプラットフォームをベースとした「情報基盤」が整備されることによって新たな研究開発が促進される場合も考えられる。この良い例が、インターネットという情報基盤が整備されたことで、TCP/IPに準拠したネットワーク技術が標準的なプラットフォームとして定着する一方、インターネットを利用するユーザニーズが安定して見込めるために、このプラットフォーム技術をベースとした新たなアイデアやアーキテクチャの提案が触発されたことである。例えば、インターネット上でWorld Wide Webや探索エージェントといった新たな情報アクセス技術の研究開発が行なわれ、これらの技術が、さらにプラットフォーム化し「Electronic Commerce」や「遠隔医療」といった研究分野を活性化させている。

このインターネットの場合を見る限り、「情報基盤」の存在は様々な形で新たな研究開発のシーズを提供している。インターネットが整備されることによって、コンピュータネットワークを利用する様々な「コンセプト」が意識され、新たなアイデアやアーキテクチャの提案に結びついた例もある。IBMやOracleが提案しているプラットフォームは、ユーザが携帯できるとごく簡単な機能しか有していない端末で、むしろその端末からネットワーク上に分散している様々な資源

を利用するようなプラットフォームである。これは、コンピュータネットワークが広く普及していることを前提としない限り構想することができないアイデアであり、アーキテクチャであると言える。

以上のように、ある技術要素の「研究開発」、当該技術要素の「標準化・プラットフォーム化」、「市場化・情報基盤整備」といった開発プロセスは、相互に緊密な関係をもちつつ、それぞれが情報技術の開発に本質的な役割を果たしている。しかも、これらの開発プロセスは一つの技術要素について1回のみ現れるのではなく、それ以前のプロセスの影響や重層化された技術蓄積の上に、循環的に現れる傾向がある。図Ⅳ-3に示したモデルは、情報技術の開発がまさにこうしたスパイラル的な展開に従うことを模式化したものである^(注3)。

ある技術要素は、本モデルに言うようなスパイラルが繰り返されるなかで、次第に技術要素が成熟化し、重層化されていくとみることができる。このスパイラルのなかで、殆どの技術要素が淘汰される一方で、ある技術要素は当初予想できない程に大規模な市場を形成することがある。

技術要素の淘汰は幾つかの理由で起こる。当然、当該技術要素で実現した機能がユーザーニーズに適合せず、市場のなかで淘汰される場合が多い。我が国の情報技術市場は長く「ベンダ主導」の時代が続いたと言われているが、情報システムに対する明確な要求仕様をもっている先進ユーザーも次第に現れてきている。こうしたユーザーニーズに応え得るプラットフォームを開発することが、情報技術分野において市場競争力を確保する上で不可欠になっている。さらに、スパイラル的な展開モデルにおいては一度市場の支持を得ることができたプラットフォームを、さらに新たなニーズに適合すべく洗練化することも重要である。

技術要素の淘汰は、「標準化・プラットフォーム化」のフェーズにおいても起こる。我が国企業では、そもそも自社技術要素を他の技術と組み合わせて利用できるようなパッケージ化に対して積極的でなかったと言われている。また、うまく技術要素のパッケージ化が行なわれたとしても、他の技術と結合するインタフェースの標準化が不十分であったり、当該標準をオープンにしなかったことで、うまく市場化に結び付かない場合もある。こうした「標準化・プラットフォーム化」において成功している米国の場合、しばしば見られることは技術の標準化が「de facto標準（事実上の標準）」ベースで行なわれることである。

一方、成功する技術要素は、殆ど例外なく当該技術のプラットフォーム化に成功している。一般に、ある技術要素はその上位技術として多様かつ高度な機能を実現するプラットフォームとなり得ることで、情報基盤整備におけるクリティカル技術となり、市場競争力を強化することができる。さらに、他の技術との融合は新たなプラットフォームを創出する契機を与え、一般により

(注3) 情報技術における開発プロセスにおいて、研究開発、標準化、市場化や情報基盤整備が重要な要素であることは、むしろ欧州の ESPRIT 計画においてより戦略的に考えられていた、と言える。計画創設当初から、欧州統合に向けて情報技術の標準化が重視され、さらに、標準化が市場競争力を獲得する最も重要な要因の一つであることが認識されるようになったからである。

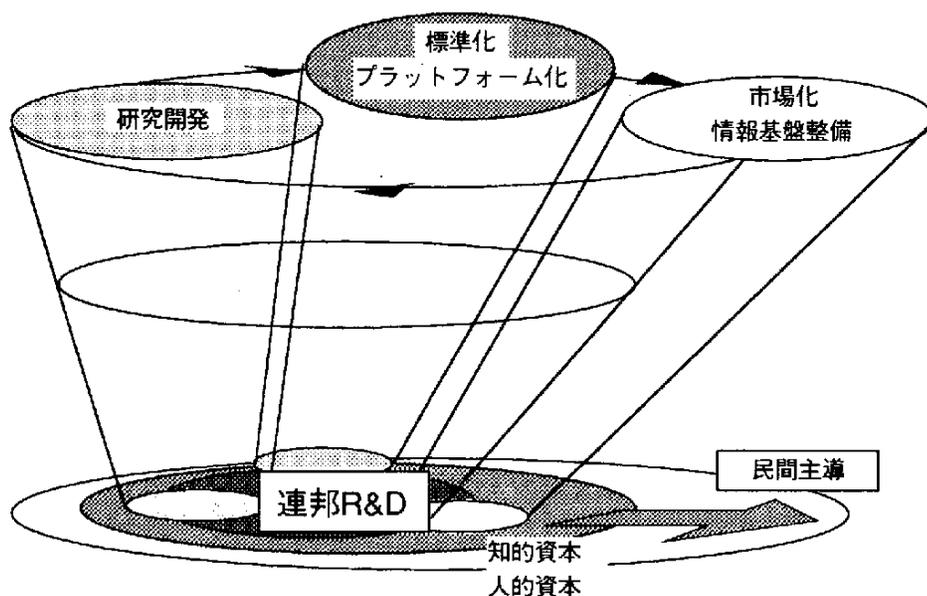
多大な市場へのインパクトを与えることが多い。ところが、こうしたプラットフォーム化の成否に関わる要因（市場ニーズ、他技術との融合、情報基盤等の環境要因）は、その見通しが得難く、そこに情報技術開発の困難な点がある。

2.3 情報技術開発における連邦政府の役割

前節に述べたスパイラルな開発プロセスの考え方に従うと、ある二国間で情報技術を生み出す潜在力に格差があった場合に、その原因はこのスパイラルな開発プロセスがどれだけ円滑に推進されているか、という点に求めることができると考えられる。もしこのことが正しいならば、情報技術分野における日米格差を生み出しているのは、技術を生み出す構造的な問題であって、早急にこのギャップを解消しない限りは、当面日米間の格差を縮小することも難しいのではないか、という見通しが得られる。

例えば、米国における研究者や技術者の流動性の高さは、この開発プロセスを積極的に駆動する促進要因であることは明らかである。あるアイデアやアーキテクチャの有効性が主に大学における研究開発により確認された場合に、研究者がその技術を持ってビジネスをおこし、「市場化」に結び付けるために不可欠な「標準化・プラットフォーム化」を行なって成功した事例は数多い。また、そうしたベンチャー企業が成立しやすいビジネス環境が米国では提供されていることも良く知られている。

以下、本節では米国の連邦政府自らがスパイラル的な開発プロセスを駆動する上でどのような役割を担ってきたかを検討する。



出典) 三菱総合研究所

図IV-4 スパイラルな開発モデルと連邦政府の役割

結論から言えば図IV-4に示すように、米国の連邦政府は「研究開発」、「標準化・プラットフォーム化」、「市場化・情報基盤整備」の各フェーズにおいて、当該技術要素が実用技術として成熟するまでに、何等かの形で重要な役割を担っていたのではないかと、ということが明らかにしたい要点である。この図では当該技術の成熟度を1サイクルの大きさとして表しており、具体的には、価格性能比、当該技術要素に基づく製品の市場規模やユーザ数、といったものでこの成熟度を測ることができると思われる。

まず、コンピュータの創成期について見ると、連邦政府が本サイクルにおける全ての段階で主要プレーヤーであったことは明らかである。ロケットやミサイルに搭載可能な高度な制御装置を実現するために、連邦政府は自らがユーザとなってコンピュータの研究開発に投資を行なった。このように米国では、連邦政府自体が情報技術分野では、最も高度かつ先進的ユーザであり続けている点は、日本には見られない重要な点であると思われる。

一般に米国では、民間企業では取り組むことが困難な巨大技術（宇宙技術や軍事技術）は、連邦政府の研究開発が担うべき重要な役割であり続けている。こうした巨大技術において求められる「通常の民生技術では考えられない」技術仕様が、しばしば民生技術においても大きなインパクトを有する技術のシーズを提供してきたことが言える。インターネット、高性能コンピュータ、知的インタフェース／人工知能、CALS等は、実はいずれも軍事目的で、特にDARPAが支援する先端的な軍事研究開発にその起源を見いだすことができる技術である。

近年では、巨大技術が民生技術に転用されるスピノフ効果の効率が厳しく議論されるようになり、その重要性は相対的に低下してきていると言われるものの、依然として米国における政府研究予算の半分は国防研究が占めている。さらに、連邦政府が、情報技術の高度かつ先進的ユーザの役割を担うという点では、いわゆる「情報基盤」の整備事業がますます重要になってきている。インターネットを米国全体の研究及び教育分野の共通インフラストラクチャとして整備しようとするNREN（National Research and Education Network）の研究開発プログラムはその典型例である。さらに、先進的な情報技術を利用するアプリケーションとして、NII構想の下で「National Challenge」が推進されている。

以下、図IV-4を踏まえて幾つかの観点から情報技術の研究開発における連邦機関の役割について検討を行なう。

2.3.1 研究開発における政府の役割

前出したCSTBレポートによれば、情報技術分野において米国の連邦政府の研究開発プログラムの支出は全体で10億ドルのオーダーであり、民間が拠出している総額200億ドルから比べれば必ずしも大きな割合を占めている訳ではない。しかし同レポートは、民間企業が投資を躊躇するような基礎的研究あるいは探索的研究分野において、連邦政府の支援は欠かせないとしている。

(1) 技術的なリスク回避

一般に技術が未成熟でありスパイラルサイズが小さいサイクルでは、すでに何度も指摘しているように、当該技術要素の将来的な成果を予測することは難しく、むしろ技術的なリスクを無視することができない。前出のCSTBレポートは、このような典型例としてRISCプロセッサを挙げている。RISCプロセッサは、IBMのJohn Cockeによって発明されたが、十数年の間IBMはこの技術の製品化に踏み切れず、結局、大学におけるRISCプロセッサの研究を連邦機関が支援した後に、始めてSun Microsystemsが製品化に入っている。

このように連邦政府の研究支援プログラムが、技術的な見通しが不透明であった研究開発に投資され、予想もしなかった成果を収めた例として、CSTBレポートは図IV-5をまとめている。

(2) 基礎研究への貢献

さらにCSTBレポートが研究開発における政府の役割として強調するのは基礎研究である。近年、米国の民間企業は研究開発予算を縮小する方向にあり、残された研究開発予算も短期的な研究開発予算に振り向けることが多い。同レポートはこうした傾向がコンピュータ業界や通信業界(分割後のAT&T、Bellcore)に見られる、としている。

(3) オープンかつコンペティティブな競争の確保

すでに述べたように情報技術分野では、独創的なアイデアやアーキテクチャを創出する活動にインセンティブが与えられるような「オープンかつコンペティティブな研究開発」の環境が、活発な情報技術の研究開発プロセスを支えるインフラストラクチャとして不可欠である。スパイラルな開発モデル自体は、常に研究開発のフェーズにおいて新たなアイデアやアーキテクチャの提案を必要とする。有望なアイデアやアーキテクチャの提案を受け入れ、その技術的なフィージビリティを確認するチャンスを与え、最終的に有望なアプローチを「選りすぐる」仕組みが用意されなければならない。各連邦政府が独自に行なっている研究公募プログラムは、「革新的なアイデアやアーキテクチャの発見・発掘」、「アイデアやアーキテクチャのフィージビリティの確認」、「アイデアやアーキテクチャの技術への転換」といった幾つかの課題に対して、それぞれ有効な評価システムを提供するとともに、全体として独創的なアイデアやアーキテクチャの提案を喚起するような公平かつ透明な競争システムの維持に貢献している。

TABLE 1.1 Some Successes of Government Funding of Computing and Communications Research

Topic	Goal	Unanticipated Results	Today
Timesharing	Let many people use a computer, each as if it were his or her own, sharing the cost.	Because many people kept their work in one computer, they could easily share information. Reduced cost increased the diversity of users and applications.	Even personal computers are timeshared among multiple applications. Information sharing is ubiquitous; shared information lives on "servers."
Computer networking	Load-sharing among a modest number of major computers	Electronic mail; widespread sharing of software and data; local area networks (the original networks were wide-area); the interconnection of literally millions of computers	Networking has enabled worldwide communication and sharing, access to expertise wherever it exists, and commerce at our fingertips.
Workstations	Enough computing to make interactive graphic useful	Displaced most other forms of computing and terminals; led directly to personal computers and multimedia	Millions in use for science, engineering, and finance
Computer graphics	Make pictures on a computer.	"what you see is what you get" and hypermedia documents	Almost any image is possible. Realistic moving images made on computers are routinely seen on television and were used effectively in the design of the Boeing 777.
"Windows and mouse" user interface technology	Easy access to many applications and documents at once	Dramatic improvements in overall ease of use; the integration of applications (e.g., spreadsheets, word processors, and presentation graphics)	The standard way to use all computers
Very large integrated circuit design	New design methods to keep pace with integrated circuit technology	Easy access to "silicon foundries"; a renaissance in computer design	Many more schools training VLSI designers; many more companies using this technology
Reduced Instruction Set Computers (RISC)	Computers 2 to 3 times faster	Dramatic progress in the "co-design" of hardware and software, leading to significantly greater performance	Millions in use; penetration continues to increase
Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID)	Faster, more reliable disk systems	RAID is more economical as well: massive data repositories ride the price/performance wave of personal computers and workstations.	Entering the mainstream for large-scale data storage; will see widespread commercial use in digital video servers
Parallel computing	Significantly faster computing to address complex problems	Parallel deskside server system; unanticipated applications such as transaction processing, financial modeling, database mining, and knowledge discovery in data	Many computer manufacturers include parallel computing as a standing offering.
Digital libraries	Universal, multimedia (text, image, audio video) access to all the information in large libraries; an essential need is tools for discovering and locating information	Pending development	Beginning development

出典) CSTB レポート

図IV-5 予想しない技術展開によって連邦政府による支援が成功した事例

(4) 多様なアプローチへの支援

特に情報技術の分野で重要なことは、複数のアプローチが存在した場合に、有効なアプローチが当初から必ずしも明らかではない点である。この場合、すでに指摘したように試行錯誤的な研究開発あるいはオプション分担型^(注4)の研究開発を進める必要がある。このような場合、連邦政府の研究プログラムのなかで複数のアプローチの可能性を同時並行的に探索することが有効となる。

例えば、DARPAが1983年に開始した戦略的コンピュータ開発計画（SCI計画）のなかでは、高性能コンピュータとして多様なアーキテクチャの提案を求め、それらの研究開発に対して同時に支援を行なった。そのうちの幾つかのモデルについては重要なプラットフォーム技術となり、製品化するに到っている。同様のことは、SCIほど劇的ではなかったものの第五世代コンピュータ計画においても試みられている。

また、後述するようにDARPAは高速コンピュータネットワークのスイッチング技術についても初期の研究開発では、ATM、HIPPI、PTMといった幾つかのアプローチを同時に評価し、最終的にATMを採用するようなことも行なっている。

こうした研究開発のあり方については、研究資金の無駄使いという批判があるが、真に有用な技術を生み出すためには、幾つかのオプションについて研究開発することが不可欠であり、この場合はむしろ連邦機関が中心となってオプション分担型の研究開発体制を組織し、全体として多重投資を回避することが有効となる。

2.3.2 市場化・情報基盤整備における政府の役割

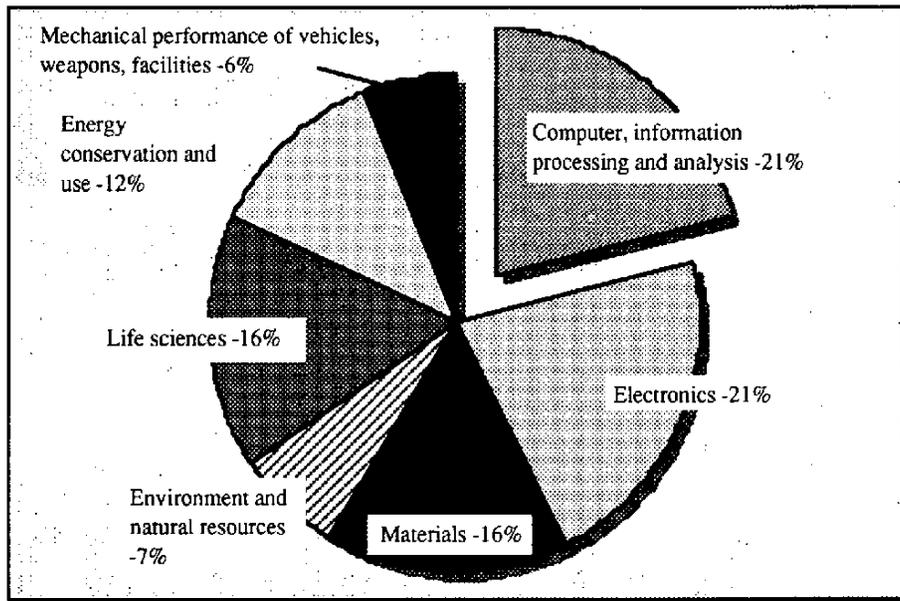
(1) コンピュータの先進ユーザ

連邦政府自体は、先進的なユーザとして情報技術を直接利用することによって、情報技術の開発プロセスのうち「市場化・情報基盤整備」において主要な役割を担っている。スパイラルモデルに基づく開発モデルにおいて、情報技術のベンダに対して一定の市場と新たな研究開発投資における原資を提供する一方で、提供されたプラットフォームを適正に評価し、新たな技術的フィードバックを行なうような先進的ユーザの存在は、極めて重要である。連邦政府は一貫して、この先進的なユーザとして主要な役割を果たしてきたと言える。

まず、連邦政府が実施する宇宙・軍事関連開発は、常に先進的なコンピュータ技術のユーザであり、自らのミッションに沿ったコンピュータ技術の研究開発に対するスポンサーになっている。例えば、1982年にSmall Business Innovation Development Act (PL 97-219、PL 102-564)を根拠法

(注4) ある技術課題を解決するにあたって複数のアプローチ（オプション）が存在する場合に、多重投資による不効率を避けるために、関連する機関が可能なオプションを分担して研究開発を行なう方式を言う。

として創設されたSBIRプログラムは、研究開発予算が1億ドルを超える全ての連邦機関が、その各研究開発予算のうち一定比率の予算を中小企業に出資するというプログラムであるが、同プログラムにおける情報技術関連の連邦機関別出資割合を見てみると、最も高いのがDoDの26%であり、これにNASAの25%が続いている。こうしたDoDやNASAは、当該連邦機関が利用とする情報技術に焦点を絞って、中小企業を対象にその研究開発の研究公募を行なっている。



出典：Science & Engineering Indicators -1993

図IV-6 SBIRプログラムの分野別出資割合

HPCCI (High Performance Computing and Communication Initiative) が開発対象としている高性能コンピュータも、幾つかの連邦機関が先進的な初期ユーザとして、高性能コンピュータの調達、評価、技術的フィードバックなどで研究開発に参加している。例えば、DARPAは軍事分野における材料研究に、NASAは航空機設計における流体計算、DOEにおける核爆発シミュレーション(核実験の停止に伴い計算シミュレーションに対するニーズが急速に拡大したと言われる)、EPAにおける大気汚染シミュレーション、のように、各連邦機関は個別ミッションのためにHPCCIで開発された高性能コンピュータを調達し、各ミッションに役立てるとともに、開発者に対して技術的フィードバックを行なってきた(注5)。

(注5) ただしCSTBレポートは、今後、連邦機関がベンダよりハードウェアを調達するという直接的な投資は、連邦機関の特定ミッションをサポートしたり特殊ハードウェアを利用したりする場合を除いて停止し、むしろ、大学や研究機関で実施されるような前競争段階にあるアーキテクチャやハードウェア研究に対して資金援助を強化すべきであるとしている。

(2) 情報基盤の整備

近年では連邦機関が中心となって進めている情報基盤の整備事業が、新たな情報技術の推進力として重要になってきている。NRENによるコンピュータネットワークの整備や Supercomputing Center はこうした事業の典型的な例と言える。連邦政府は、NRENを通じて Supercomputing Center 等の計算資源やデジタルライブラリ等の情報資源にアクセスできるインフラストラクチャを構築しようとしている。ここで構築された情報基盤は、すでに述べたように新たな研究開発を触発することが期待されている。

すでに、HPCCIではネットワーク上で新たな高性能コンピュータを利用するアプリケーションとして遠隔医療、デジタルライブラリ、教育、製造 (CALS)、電子商取引、行政サービス、環境モニタリング等の「National Challenge」と呼ばれるアプリケーションに関する研究開発を1994年より同プログラムに追加している。このコンポーネントには、情報アクセス技術や知的インタフェース技術のように、ネットワーク上でコンピュータを利用するための基本的なプラットフォーム技術の研究開発も含まれている^(注6)。

2.3.3 研究開発から情報基盤整備へ

(1) インターネットにおける事例研究

インターネットは、その技術的起源から国家的な情報基盤として整備するまで、連邦機関が図IV-4にあるスパイラルを一貫して支援してきた技術分野であると見ることができる。ここでは、このインターネットについてやや詳細に事例研究を行なうことによって情報技術の研究開発における政府に役割について検討してみる。

インターネットは、1960年代前半に米国ARPA (現DARPA) が企画したARPANET構想に始まる。このARPANETは、カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA)、スタンフォード研究所 (SRI)、カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB)、ユタ大学の4ヶ所の電算センターを結ぶネットワークという構想でスタートしている。このARPANETは、当初から分散情報処理を指向した開放型相互接続システム (open systems interconnection) であり、その意味で最も先端的な情報技術開発課題に挑戦していたと見ることができる。すなわち、多様なハードウェアアーキテクチャを有するマシン間の通信を確保し、ほぼ全てのパケット交換ネットワークハードウェアをベースとし、複数のコンピュータオペレーティングシステムに対応可能なネットワークアーキテクチャを当初より目指していたわけである。今日、こうした技術を実現させている「パケット交

(注6) それまでHPCCIが主要なアプリケーションとしていたのは「Grand Challenge」と呼ばれる、高性能コンピュータと高速通信ネットワークを利用した大規模科学技術計算であった。これらの研究は、情報技術以外の分野との学際的研究が多く、どちらかと言えば長期的な研究が中心となっていた。新たに「応用指向」で、短期的なインフラストラクチャ整備を目指して「National Challenge」を加えたことで、長期的研究開発と短期的研究開発のバランスをとったという見方がある。

換ネットワーク技術」は、以上の経緯の中でDARPAにより採用され、そのアイデアの具体化が進められ、その後、TCP/IPプロトコルの提案につながった。TCP/IPはARPANETの通信プロトコルとして採用され、結局、今日のインターネットの標準プロトコルとして今日に到っている。

DARPAは1980年頃よりARPANETのTCP/IPへの移行作業を進め、1983年にこれを完了させている（完了と同時に、研究を目的としたARPANETの一部から、軍専用のネットワークとして用いられるMILNETとして分離された）。この間、DARPAはTCP/IPを用いた初期の実験プロジェクトのスポンサーとなった。図IV-4における「標準化・プラットフォーム化」も、DARPAが行なう研究開発プログラムのなかで進められたことになる。

特にコンピュータ科学の研究を行う大学研究者の間でTCP/IPのプロトコル普及を進めるためにDARPAがとった戦略の一つは、当時、殆どのコンピュータ科学の研究者が利用していたカリフォルニア大学の「Berkeley Software Distribution」から入手できるUNIXオペレーティングシステムとTCP/IPを統合し、フリーソフトウェアとして提供していくことであった。DARPAは、マサチューセッツ州ケンブリッジのボルト・ベラネク・アンド・ニューマン社（BBN）に資金提供を行い、UNIXで利用可能なTCP/IPプロトコルの実装を行い、さらに、BBN社が開発したTCP/IPプロトコルをバークレイのUNIXディストリビューションに統合すべく、カリフォルニア大学に対する資金提供を行った。これにより、フリーソフトウェアとして研究者が利用するUNIXベースのTCP/IPが配布され、90%以上の大学のコンピュータ科学科においてTCP/IPベースのコンピュータ間通信がサポートされた。この時期、各大学のコンピュータ科学科はLANの導入を進めようとしていたために、TCP/IPの普及の促進要因となった。こうして、DARPAの支援プログラムのなかで、TCP/IPは技術として成熟化する一方、コンピュータ科学の研究者間に浸透し始めたインターネットの標準プロトコルとして定着していった。

コンピュータネットワークが全米の研究者にとって重要なものとなることを予想し、DARPAが構築してきたインターネットを研究者全体に普及することを主導したのはNSFである。1985年、NSFは、ミシガン大学やイリノイ大学をはじめとする全米5ヶ所の大学に「Supercomputing Center」を開設し、そこを拠点としたアクセスネットワークを構築するプログラムを開始した。さらに1986年に、NSFNETと呼ばれるスーパーコンピューティングセンターを接続するバックボーンネットワークに対する出資を開始し、ネットワークングプログラムを推進していく。さらにNSFは、1986年には、ある地域の研究機関を相互接続する多数の地域ネットワークを構築するための原資を提供している。地域ネットワークを育成することで、米国内の研究ネットワーク整備を加速する、とのNSFの戦略はこの時期に始まる。

(単位：ドル)

		stage1&stage2	stage3+ARPA (ギガビット)	ARPA・NSF以外の NREN ->地域ネットワーク
1986	NSFNET (前年に SC を設置)	-/?	-	-
1987	Merit社とNSFが契約 (MCI、IBMが協力)	-/?	-	-
1988	T1(1.544Mbps)	-/?	-	-
1989		14M(MCI+IBM=40-50M) (515/95 ネットワーク)	-	-
1990	ANS (Advanced Network&Services, Inc) T3(45Mbps)	14M	16M/-	-
1991		23M/-	27M/-	-
1992		55M/- (4976/1697 ネットワーク)	40M/-	-
1993		50M/30.1M	55M/45M	26M
1994	NSFNET 解体->民間移譲	50M/41.6M	60M/59M	47M
1995	1995 vBNS(156Mbps 以上) 開始	-/40.8M	-/77M	38M

- ・ Stage1&Stage2 = (BB 運用=11.5M+地域ネットワーク支援=7M+個別大学支援)
- ・ ここで NREN の運用に要しているコストの 80%は回線のリース料とルータ
- ・ 現状の Internet の維持費用については、連邦政府は全体の 10% (60-100M/年) 程度を拠出しており、それに対して、Hart/Reed/Bar, "The Building of the Internet", TELECOMMUNICATION POLICY (Nov. 1992)によれば、大学、地方政府および州政府が残りの 90%を拠出しているという。この 90%の予算には、地域ネットワークや構内 LAN の設備費用が含まれていると思われる。(MR1作成)

図 IV-7 NREN に対する連邦政府拠出予算の整理

NSFは1987年に、IBM、MCI、Merit社(ミシガン州の大学8校によるコンソーシアム)とNSFNETを共同運営する委託契約を結ぶ。3社グループは、1988年8月、NSFNETの中核である5つのセンターを結ぶバックボーンとして、伝送速度1.544Mbpsの「T-1」を構築し、1990年9月には、NSFNETの管理・運営を専門に手掛ける合弁企業、アドバンスト・ネットワーク・サービス(ANS)社を設立した。1992年12月にはバックボーンが45Mbpsの「T-3」に代わり、1994年1月には、ANSの親会社の一つであるIBMが、全米でT-3の伝送速度が利用できるようなったことを発表するとともに、NSFからの委託で、バックボーンをさらに高速化して155Mbps(「OC-12」)とする準備を進めていることを明らかにした。図IV-7は、HPCCIにおいてNSFNETがNREN(National Research and Education Network)と呼ばれる新たな国家的な研究・教育ネットワークとして整備が進む過程も含めて、1986年より米国連邦政府はインターネット整備および関連研究開発に出資している予算の経緯を示したものである。本図にあるように、インターネットの整備予算は単に連邦政府のみが支出していた訳ではない。IBM社やMCI社は1989年までに、回線、機器提供、開発に相当な現物寄与(in-kind)を行っている。これらの会社は、一部連邦政府の資金援助を受けながら、インターネット整備とそのための技術開発を進めた。

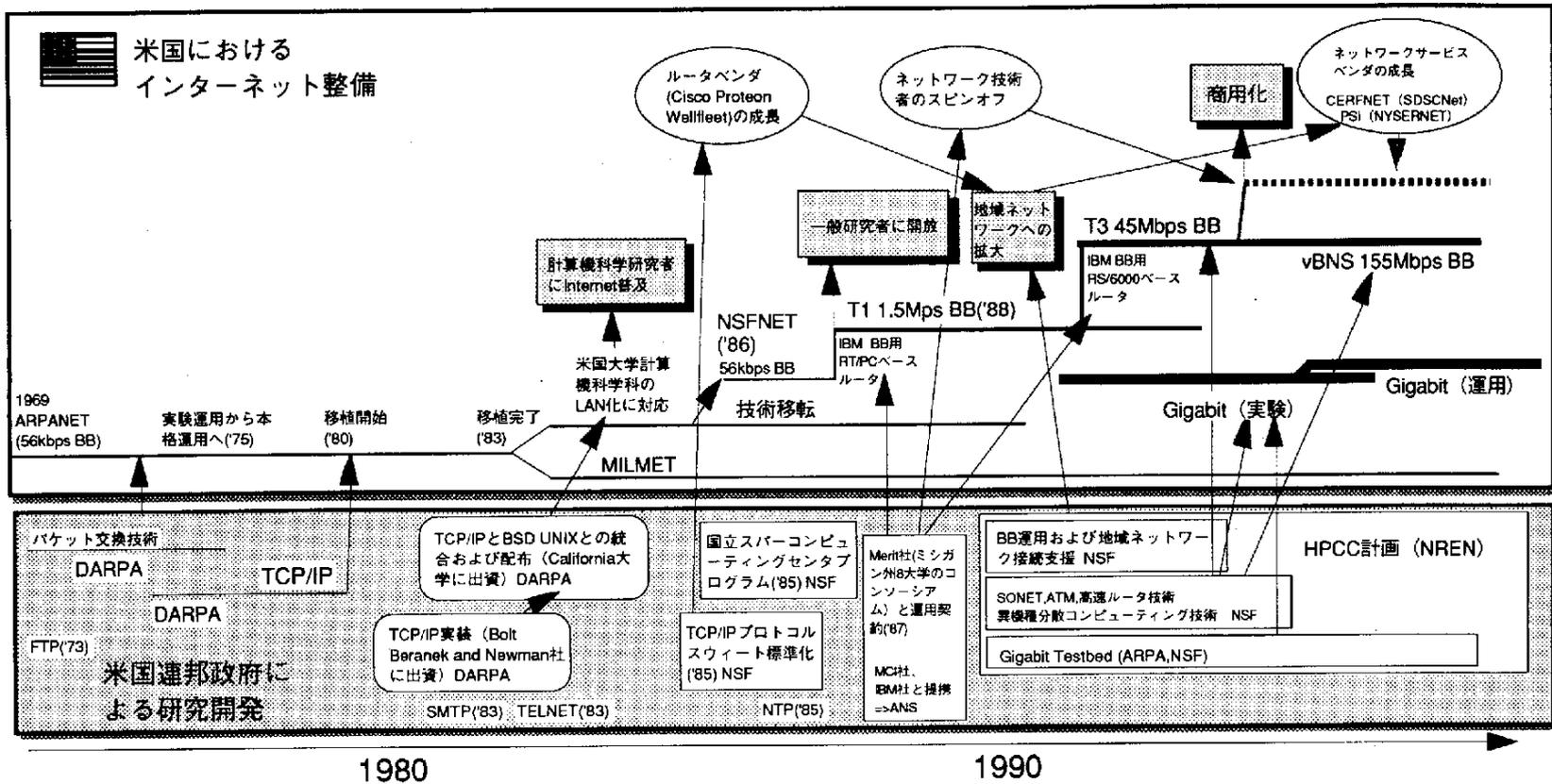
また、原資はNSFより提供されているものの、多くの地域ネットワークは当該地域の大学、研

究機関あるいは州政府等が全投資の90%程度をもって構築されている。例えば、アイオワ州のICNでは、州内の大学、図書館等を結ぶネットワークのために1億ドルを州が負担し、その4分の1の金額を関連教育機関が負担しているという。

米国においては、ARPANETの最初の公開デモンストレーションが行われた1972年以後、企業向けにネットワークへの接続サービスを提供する民間事業者が少しずつ現れ始めている。そうしたネットワークングベンダのさきがけであるBBN社（前出）が1975年に設立したテレネットは、その後、Sprint社の所有となり、現在のインターネットサービスSprintNetの原型となる。1980年代後半になると、ベンチャー資本に基づくUUNETテクノロジー（バージニア州フォールズチャーチ、1987年設立）、パフォーマンス・システムズ・インターナショナル（PSI、バージニア州ハートランド、1989年設立）等の中小規模のネットワークング事業者が多く設立されるが、これらの企業は、専用回線ベースの事業以上にグローバルかつオープンなデータネットワークであるインターネットへの接続サービスへの需要が高いことに気づき、インターネット事業へ参入することになる。ところが、1990年に政府の資金により運営されているNSFNETが営利企業同士の通信に利用されていることに対する批判が連邦議会内で起こり、NSFはNSFNETのバックボーン利用規則AUP（Acceptable Use Policy）を定め、「純粹に研究・学術目的以外の利用」を禁じたことから、商用インターネットの普及が一時後退することになる。1991年3月に設立されたCIX（Commercial Internet Exchange）は、この措置によりSprint社やUUNET、PSIなどの民間サービス事業者が、NSFバックボーンに次ぐ第2のバックボーンとして確立したものである。

この間、Sprint社やUUNET等の民間ネットワーク事業者は、大学や研究機関をNSFNETのバックボーンへ接続するサービスを州政府やNSF等の資金を得ながら行い、NSFNET自体は、Merit社、IBM、MCI社の合併による非営利企業ANS（Advanced Network & Services, Inc）によって運営管理された。さらに、ANSは、1991年9月に、民間企業と研究・学術機関間との接続を行うための子会社、ANS CO+REを設立している。

以上の経緯により民間ベースのインターネット産業基盤が整備されたことで、NSFはそれまでの統制を緩めてインターネットの管理主体を民間に移行させる方針を打ち出した。High Performance Computing and Communications ActによりNRENを政府機関や大学、学術研究機関、教育機関を接続するための専用デジタルネットワークにしようというのがNSFの方針である。1992年5月、NSFは「NSFNETを廃止し、民間サービス・プロバイダーを各地のNAP（Network Access Point）の管理主体とする」という移行計画を発表し、各地のNAP（San Francisco Pacific Telesis、CHICAGO Ameritech、WASHINGTON MFS、PENNSAUKEN N.J. Sprint）、データの流れを管理する伝送経路調停機関（Routing Arbiter Authority）、超高速バックボーン・ネットワーク・サービス（vBNS）事業者より構成されるNSFNET以降のアーキテクチャが示された。ここでNSFより資金を得て運営されるのは、スーパーコンピューティングセンタを接続する高速バックボーンであるvBNSであり、それ以外のインターネットは民間主導のシステムへ移行した。



図IV-8 インターネットの普及と政府の役割 (MRI作成)

図IV-8に、以上にまとめたインターネット普及のプロセスを整理する。

ここまででその詳細を見てきたインターネット普及プロセスの中で、米国政府が果たした役割について再度検討してみる。

・情報基盤のための先進的情報技術の研究開発支援

「研究開発」と「標準化・プラットフォーム化」

すでに述べたように、分散情報処理を指向した開放型相互接続システムとして ARPANET の研究開発の企画を提案したのは DARPA であり、その後、TCP/IP 関連の基盤的な研究開発、試験運用のスポンサーとなったのも DARPA である。DARPA はインターネットの初期においてその「研究開発」と「標準化・プラットフォーム化」における主要な支援組織であった。

・情報基盤整備の推進と新たな技術展開 「市場化・情報基盤整備」と「研究開発」

一方、インターネットにおいて「市場化・情報基盤整備」の面で主要な役割を担ったのは、NSFNET の構築を進めた NSF であった。さらに、1992 年に開始された HPCCI においては、インターネットに関連する研究がより組織的かつ省庁横断的に実施されるようになる。すなわち、NREN プログラムの中で、異機種接続型分散情報処理、次世代の高速通信ネットワークであるギガビットテストベッドの研究が連邦政府によって実施された。この時点で、インターネットという情報基盤は、高性能コンピュータ技術という新たな技術要素と意識的に融合されることにより、より革新的なネットワークコンピューティングに向けた研究開発のためのプラットフォームとして位置づけられるようになる。

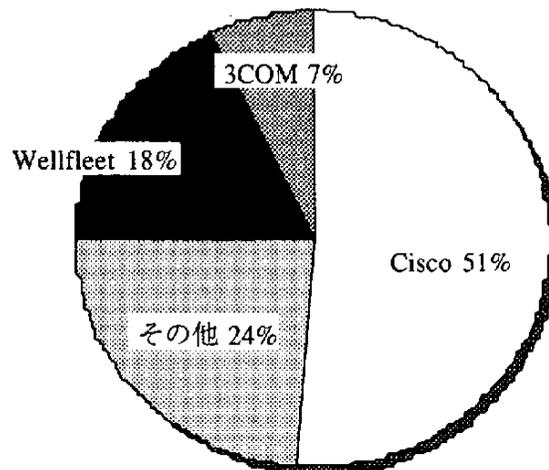
・人材育成と知的資産の集積

このように連邦政府は、インターネットの普及においてその基礎的技術の研究開発を行う大学や企業を支援してきた。こうした大学や企業が行う研究開発プロジェクトを通じて、当該分野の研究者／技術者の育成やソフトウェアの開発が行われた。ここで育成された研究者／技術者の多くは、その後スピンアウトし、インターネットビジネスを起業する。ソフトウェアは、前述した TCP/IP プロトコルと UNIX の統合の例に見られるように、フリーソフトウェアとして一般ユーザに提供され、インターネットの普及と研究者の研究環境整備の両方に貢献した。特に近年 NSF が資金援助する Supercomputing Center の一つである NCSA の技術者が開発した World Wide Web のブラウザである「Mosaic」は最も広く配布されたソフトウェアの一つであり、インターネットユーザが急増する大きな要因を作った。このように、人材育成とフリーソフトウェアという知的資産の集積が進んだことも、連邦政府が支援する研究開発プログラムの重要な効果になっている。

・インターネット関連産業の育成

連邦政府の資金援助によって実施された研究開発やインターネットの運営事業を通じて、インターネットをささえる産業基盤が醸成されていったことも重要である。

IBMは、NSFバックボーンのグレードアップに対応して自社のルーティング技術を提供したが、結果的に政府の資金援助により、ルーティング技術の高度化に成功した。T1（1.5Mbps）のバックボーンノードはトークンリングにより相互接続された多重IBM RT/PCプロセッサにより対応しているが、T3（45Mbps）バックボーンについては、RS/6000ベースのルータ技術を開発・運用している。バックボーン以外にネットワーク相互接続に用いられるルータについても、連邦政府より資金を得て研究・製品開発を行ったCISCO、Wellfleet等の米国企業が、現在もそのままルータの世界市場で優位の状況を維持している（図IV-9）。



出典：Gartner Group

図IV-9 世界のルータ市場シェア（1994）

ネットワーク事業者についても同様であり、NSFより資金援助を得てインターネットへの接続業務を行っていた民間ネットワーク事業者が、前述したように今日のインターネットとユーザを結び付けるインターネット・サービス・プロバイダーあるいはインターネット・サポート・プロバイダーに成長してきている。

(2) Gigabit Testbed

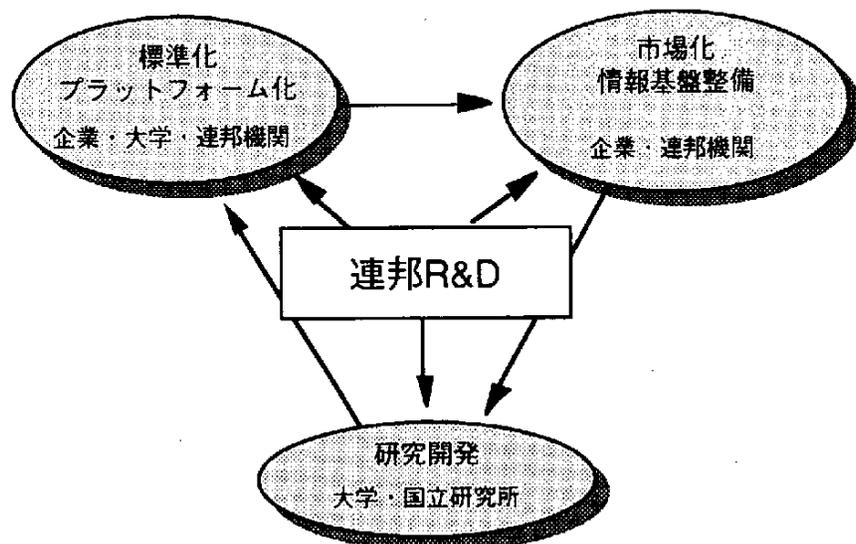
HPCCIにおいてNREN構築と同じ研究コンポーネントに位置づけられるGigabit Testbedにおいても、ほぼインターネットの場合と同じような連邦政府の役割を見ることができる。1986年後半にNSFのGordon BellはBellcoreを訪問し、150Mbpsの伝送速度を可能とするCMOSベースの高速パケットスイッチング技術について説明を受け、その数カ月後、NSF内でワークショップを開催して、将来の高速コンピュータネットワークの構想について議論を行なった。この結果を踏まえて1987年中ごろにGigabit Testbedプロジェクトの提案がNSFに提出された。1988年に、

通信業界では ATM の標準化作業を進めている。1989年に Gigabit Testbed プロジェクトが、NSF と DARPA により開始され、ATM、HiPPi (スーパーコンピュータの分野で利用されているスイッチング技術)、PTM (IBM が提唱している高速スイッチングのプロプライエタリ標準) 等を数年をかけて評価した後に、ATM を Gigabit Testbed のスイッチング技術として採用した。1990年には ATM の最初の製品が市場に投入され、これを利用した幾つかの実用プロジェクトが推進された。さらに、DARPA は ATM の「標準化」の活動に対して支援を行ない、その標準化が完了した後は、本格的に高速コンピュータネットワークの機器・サービスの初期の「市場化」の立ち上げに、連邦機関の主要な活動はシフトしてきた。ATM や SONET サービスの政府調達がそれである。

2.3.4 産学官の連携

米国の連邦機関は大学と民間に対してほぼ同程度に研究開発の資金支援を行なっている点は、日本が殆ど大学を対象としていることと比較して大きな違いになっている。このような資金的背景もあって、連邦機関の研究開発プログラムは、大学と企業間の研究開発の連携が良好に行なわれることが多い。例えば、NSF が資金援助する Supercomputing Center は、科学計算に高性能コンピュータを利用するユーザとしての大学と高性能コンピュータのベンダ間のコミュニケーションを円滑化する「場」を提供するものとして評価されている。

すでに指摘したように、米国における研究者や技術者の流動性の高さは、情報技術の開発プロセスにおける各段階がうまく結び付く環境を作り出している大きな要因であるが、各段階と関係を有している連邦政府による研究開発プログラムの存在もまた、研究開発、標準化・プラットフォーム化、市場化・情報基盤整備という各段階の活動がうまく結び付くような仕組みを提供しているものと考えられる (図 IV-10)。



(MRI 作成)

図 IV-10 開発の各プロセスの調整と連携

図IV-11には、こうした連邦レベルの研究開発と民間ベースの研究開発や製品のプラットフォーム化、市場化がうまく結び付いた成功例を整理している。

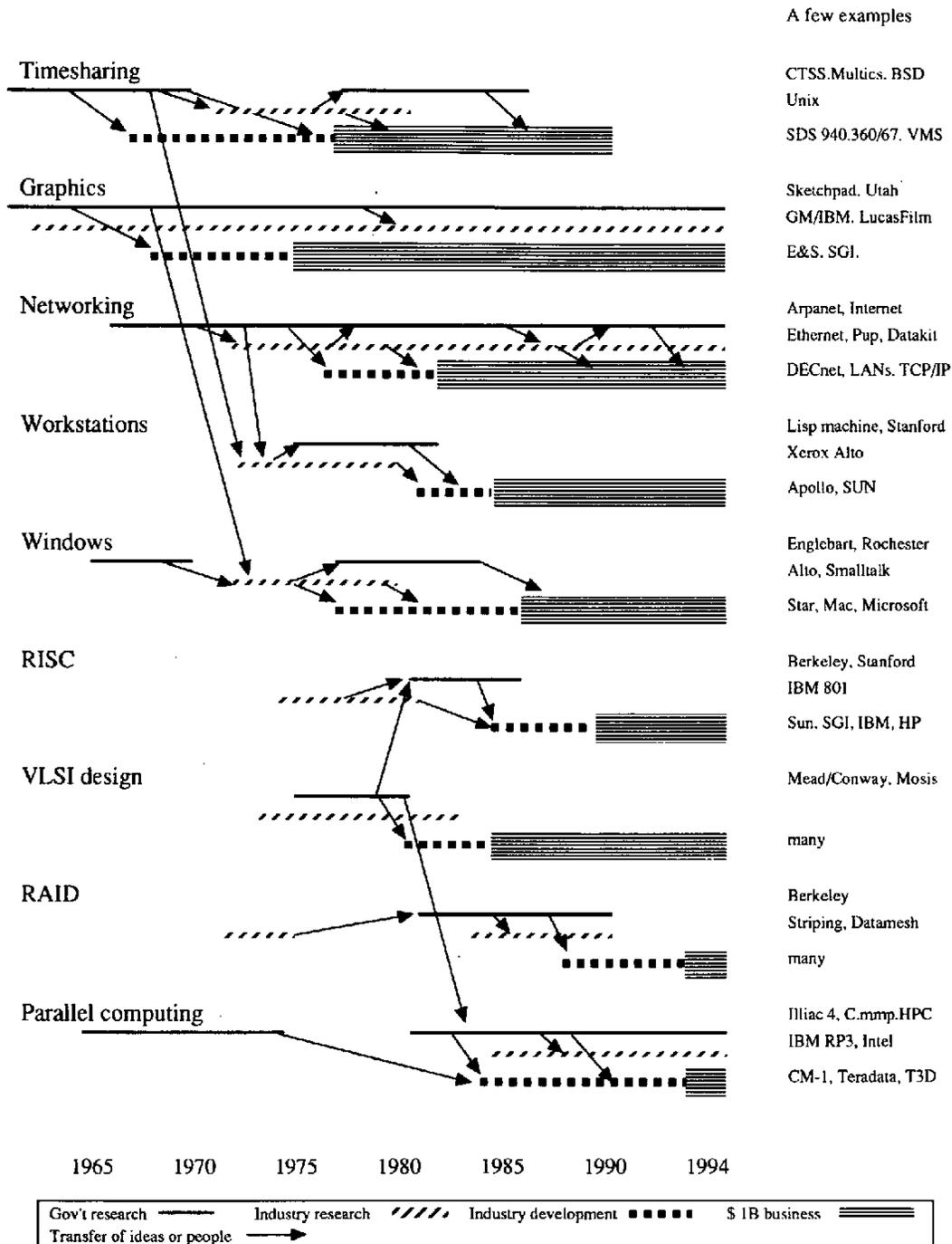


FIGURE ES.1 Government-sponsored computing research and development stimulates creation of innovative ideas and industries. Dates apply to horizontal bars, but not to arrows showing transfer of ideas and people.

出典) CSTB レポート

図IV-11 連邦政府支援の研究開発プログラムと民間の活動の結び付き

2.3.5 長期的な研究開発の継続

図Ⅳ-4に示すスパイラルな情報技術の開発モデルについて言える重要な点は、スパイラルモデルにおいて複数のサイクルが継続的に支援されるような研究開発プログラムの長期的ビジョンが不可欠である、ということである。我が国では、特定の技術分野について実施される研究開発支援は、最長でも10年程度であり、そうした研究開発プログラムで得られた成果が、その後の研究開発にうまく結び付かない例が多かった。

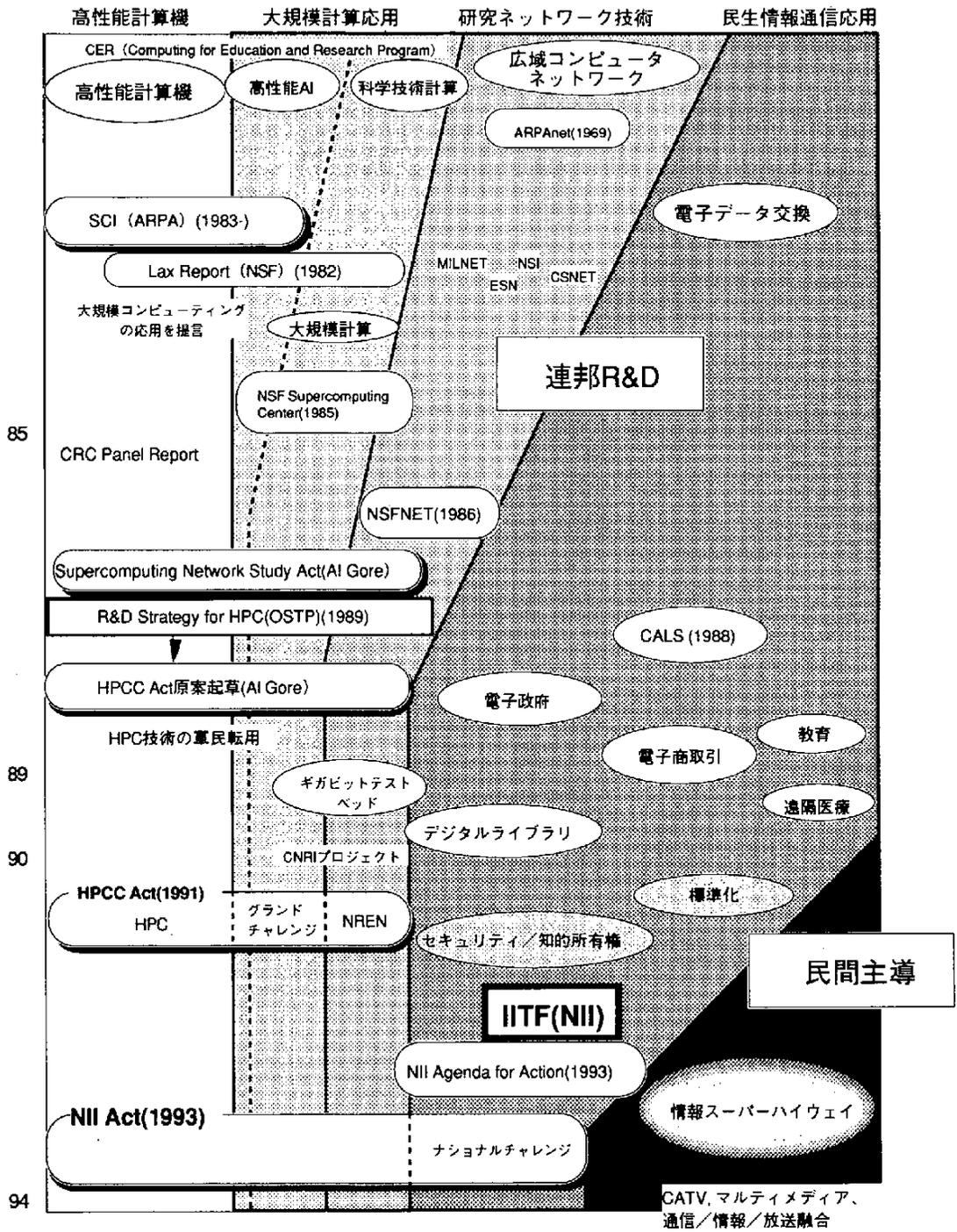
一方、米国における連邦研究開発プログラムを見る限り、ある技術分野の研究開発は、支援レベルの波は存在するにしてもこれまで継続的かつ戦略的に展開されてきているのではないかと見ることができる。図Ⅳ-12は、過去数十年間における連邦研究開発プログラムの推移を整理してみたものである（ネットワーク部分の詳細は図Ⅳ-8を参照のこと）。

1980年代からの米国の情報技術開発の流れを見ると、「高性能計算機」、「応用ソフトウェア技術」、「広域コンピュータネットワーク」の3つがその柱となっている。高性能計算機の研究開発は、DARPAが中心となって超高速・超並列計算機のためのハードソフト技術を開発してきている。応用ソフトウェア技術としては、主に軍事利用を目的としたAI技術、大学に設置されたNSFのスーパーコンピューティングセンターなどが中心となって推進する数値計算を中心とした大規模計算アプリケーションの2つが主な研究テーマとなってきた。インターネットからNRENに到る経緯は、すでに前項で詳細に述べた通りである。

こうした個別の研究分野は、それぞれ幾つかのスパイラルによって成熟化し、新たな研究分野を開拓してきたと見ることができる。連邦政府は、すでに述べたようにそれぞれ特定の分野に対して継続的な支援を行ない、これらのスパイラルを駆動する上で重要な役割を担ってきたばかりではなく、個別の技術分野を統合していくことによってより戦略的な研究開発プログラムを企画するためのベースを作ってきた。

1989年にOSTPが構想したHPCCIは、「高性能コンピュータ」、「Grand Challenge（大規模計算問題）」、「情報ネットワーク」を個別に研究するのではなく、それらを融合した「情報ネットワーク上に分散した高性能コンピュータによるグランドチャレンジ問題の解決」という既存の研究分野横断的なコンセプトを打ち出した戦略性において注目される。さらにこの統合は、「情報基盤」をより意識し、前述した「National Challenge」の研究コンポーネントが追加され、ネットワーク上における様々なアプリケーションの開発が推進され、基礎研究と応用研究、あるいは長期的研究と短期的研究のバランスがとられることになる。すでにインターネットにおいて見たように、連邦研究開発プログラムにおいて実用化された技術はいずれ商用化され、いわゆる民間主導による情報スーパーハイウェイの具体化に結びつけようとしている。重要な点は、こうしたより多岐の研究分野を統合するような研究開発プログラムは、それまで個別の連邦機関が実施してきた研究開発プログラムを連邦政府横断的に調整することによって実現されていることである。

以下、こうした動きを情報政策的な観点から整理しておく。すでに指摘したように HPCCI の構想化には大統領の諮問機関である OSTP が大きな役割を担っている。OSTP は 1976 年 国家科学技術政策、組織、プライオリティ法 (PL94-282) によって Ford 政権下で組織された大統領府の諮問機関である。OSTP は、1982 年に出された Lax Report を受け、1983 年に、FCCSET 下にパネルを設置し、情報技術の R&D 政策に関する検討を行なった。1985 年にそのパネルのレポートが提出され、High Performance Computing の領域に国家財政による研究開発が必要であると報告している。その翌年 Gore らを含む上院科学技術委員会は Super Computing Network Study Act を提出し、NSF が超高速計算機ネットワーク研究の中心母体となることが決定された。NREN というキーワードはこの法案から使われ始めた。OSTP が出した 1987 年のレポートを受けて翌年 Gore らは HPCCI の原案となる HPCC Act を起草しているが、様々な議論を経て結局 1991 年に成立した。しかし、ギガビットレベルの通信、マルチメディア情報技術の推進などはもうすでに HPCCI を企画する段階で盛り込み済みであったにもかかわらず、1991 年に NTT が公表した 2015 年構想がきっかけとなり、情報スーパーハイウェイとして国民的情報インフラの構築が情報戦略計画の前面に出した計画に模様変えされた。1993 年の NII 法案では、HPCCI の全体方針をハイエンドユーザ向けの基礎研究開発プロジェクトから、NII 構想を実現するための運用技術開発、パイロットプロジェクトの推進母体となるように修正、さらに、具体的なアプリケーション技術の開発をめざす「National Challenge」を対象とした IITA コンポーネントを大きな予算枠をつけて新設した。



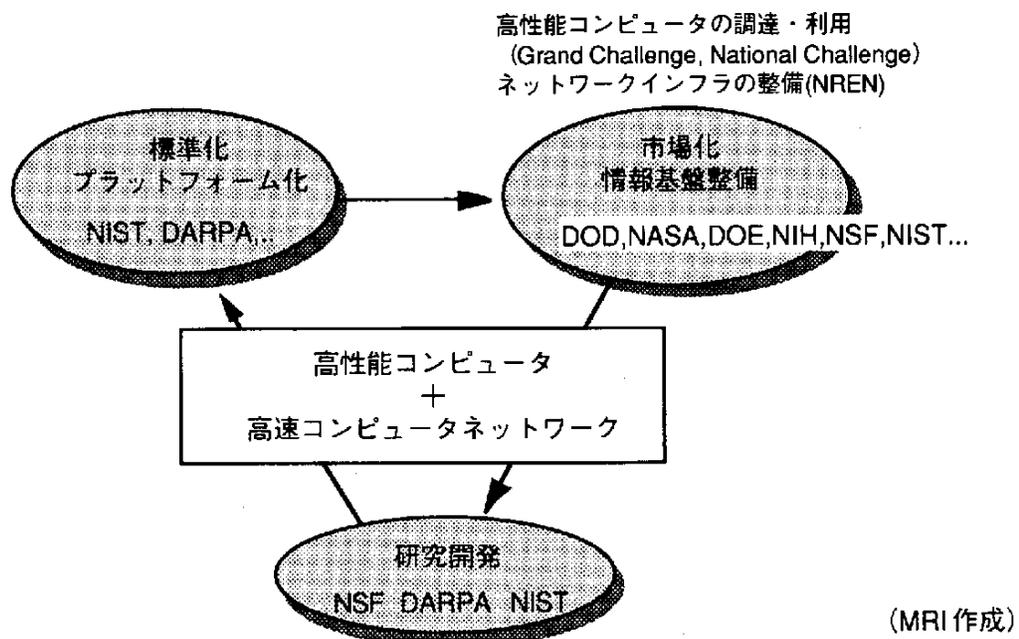
(MRI 作成)

図IV-12 連邦研究開発プログラムの変遷

2.4 連邦研究開発プログラムの仕組み

情報技術分野における連邦研究開発プログラムには複数の連邦機関が関係している。以下、HPCCIにおける高性能コンピュータや高速通信ネットワークを例に各連邦機関が実施する研究開発プログラムの概要を述べる。

HPCCIに参加している複数の連邦機関は、高性能コンピュータや高速通信ネットワークの開発サイクルで見ると、概ね、図IV-13のような役割分担になっている。このようにHPCCI全体で見れば、高性能コンピュータや高速通信ネットワークの開発サイクル全体がカバーされているものの、個々の連邦機関は、各機関のミッションに適合した段階のみを担当することになる。



図IV-13 情報技術の開発サイクルと連邦機関の関係

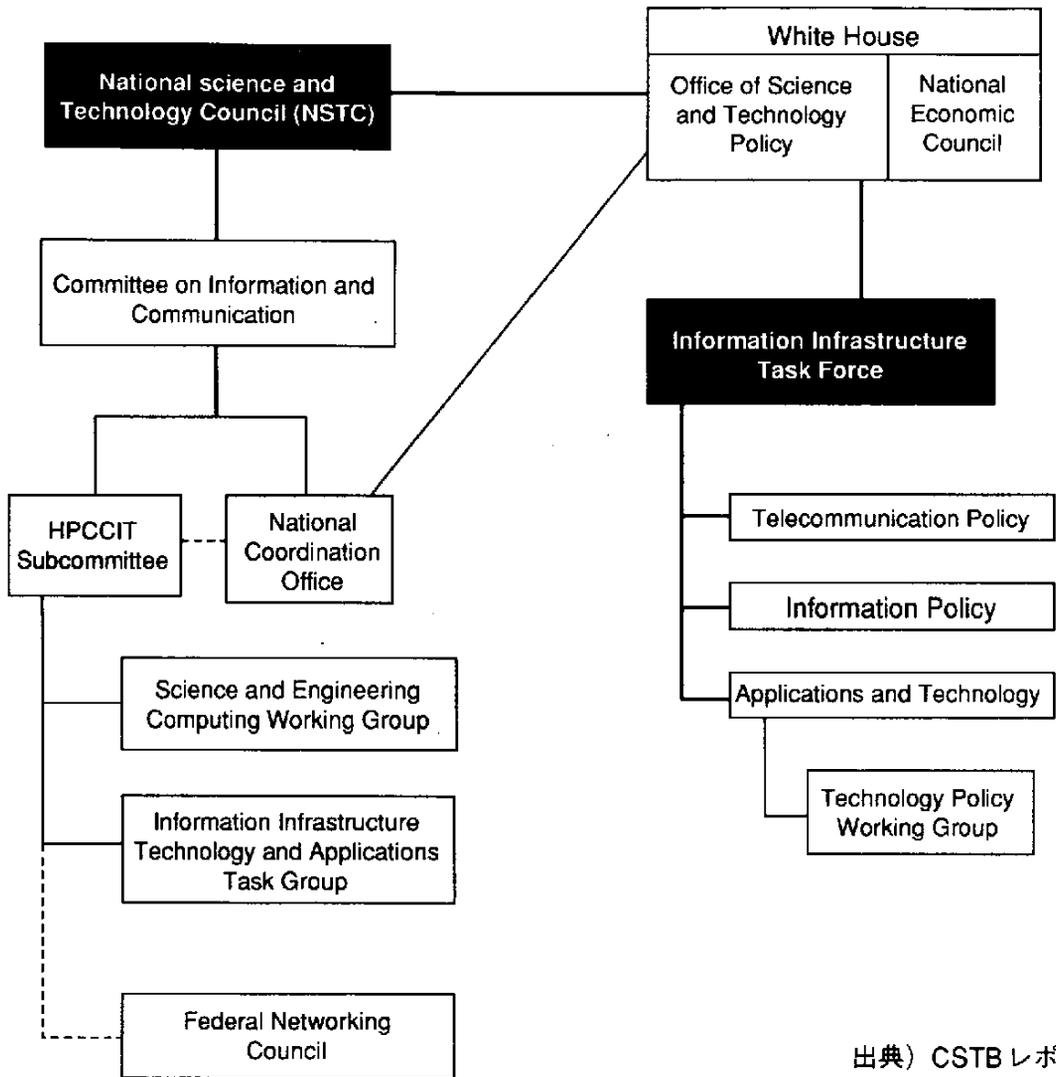
高性能コンピュータや高速通信ネットワークの研究開発を実施しているのは、NSF、DARPA (殆ど以上2つでコンピュータ科学の研究開発はカバーしている)、NIST等である。重要なことは、これらの連邦機関はHPCCI共通の研究開発プログラムを動かしているのではなく、各連邦機関が独自のミッションあるいは戦略に従って企画／実施している研究開発プログラムを、HPCCIに運用している、ということである。

高性能な軍事技術を実用化する必要があったDARPAは、従来より注目すべき技術分野の探索と絞り込みを行ない、その上で期待される成果を明確にし、当該分野に関する研究開発を重点的に進める傾向がある。そのため、HPCCIにおいてもDARPAは、高性能コンピュータや高速通信ネットワークに関する技術目標やマイルストーンについてDARPA自身がプログラムを立案し、このプログラムに沿った公募を行なう。DARPAのProgram Managerはその研究プログラムの全体を把握しており、提案審査プロセスにおいて専門家によるPeer Reviewを行なわない。一方、

NSFは基礎研究を中心とし、DARPAのように技術目標等を設定せずに、自由にアイデアやアーキテクチャの提案を求めることが多い。したがって、プログラムに応じて予め公募要領を公表する場合と公表しない場合の両方がある。NSFは、提案の採否は実質的にNSFのProgram Officerが判断するものの、提案の審査では外部審査員によるPeer Reviewを採用している。NISTは、一般の産業競争力強化に対する研究開発ニーズに応えるために、産業技術の研究開発プログラムや産業基盤として不可欠な各種標準化活動を推進するプログラムを強化し始めている。HPCCIとは異なるが、近年NISTは市場化の可能性が高い競争前段階技術の研究開発を対象とするATPプログラムの予算を増大させている。このATPプログラム、科学技術メリットとビジネス上のメリットの両面からPeer Reviewを実施する。

一方、DOE、NIH、NASAといった連邦機関は当該機関が有するミッションにおいて高性能コンピュータを利用するユーザという位置づけになる。むしろ、高性能コンピュータ上で動作するソフトウェアの開発は各機関が行なう。高速通信ネットワークによるネットワークインフラを整備するのはNSFが中心になって推進している。

このように、HPCCIでは高性能コンピュータや高速通信ネットワークの開発サイクル全体をカバーするために、連邦機関間の役割の調整と連携が図られている。従来こうした連邦機関間の調整は行なわれず、各機関が行なう研究開発が重複するケースが多く見られたが、HPCCIではそのようなことがないように、これらの連邦機関間の調整を横断的に行なうべく、図IV-14に示すような体制が組織されている。ここに、各連邦機関は、HPCCIT Subcommitteeの下にあるWorking GroupやTask Groupのメンバになっている。



出典) CSTB レポート

図 IV-14 HPCCI の推進体制

3. まとめ

本調査レポートにおいて述べられた内容は以下のように要約することができる。

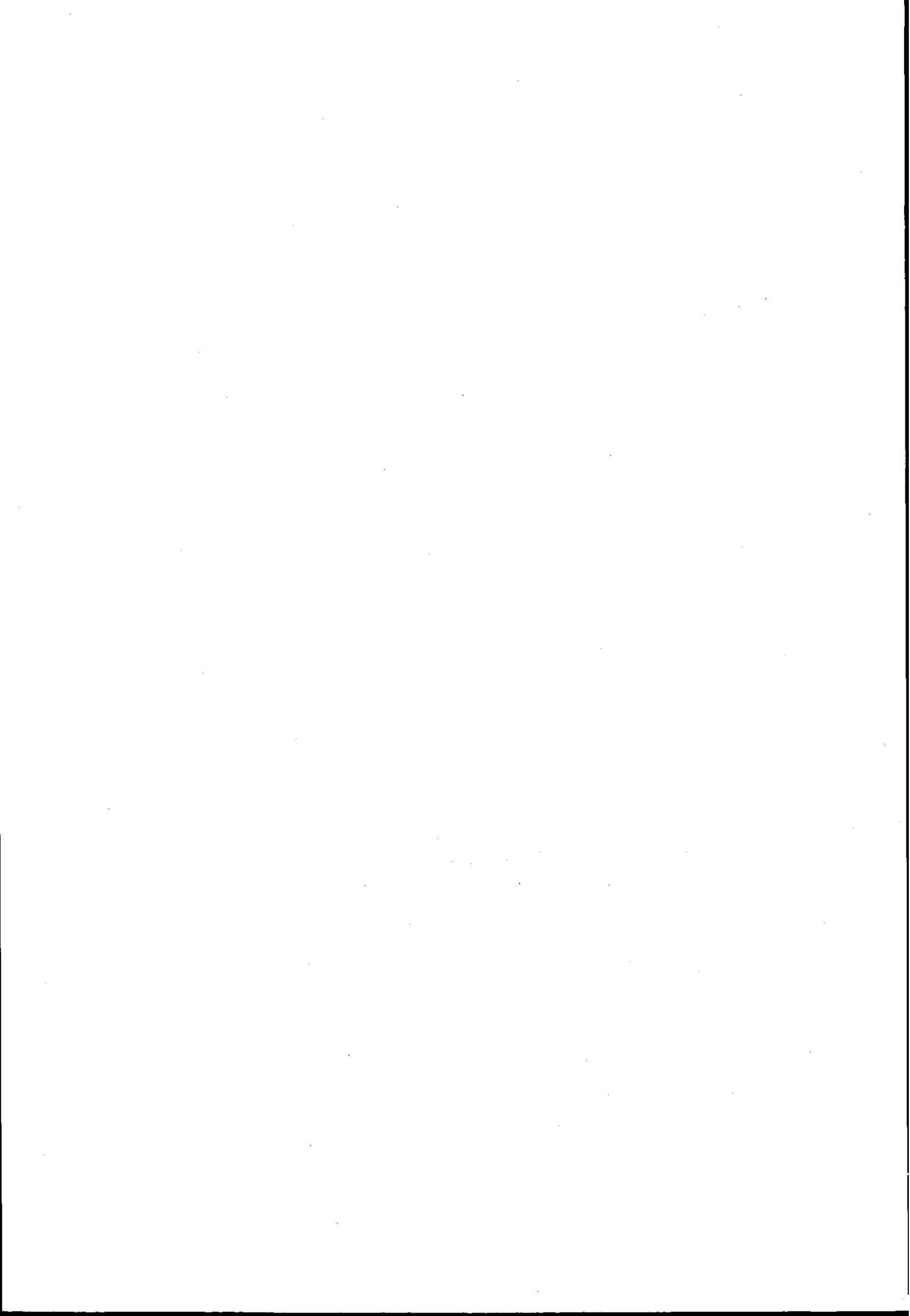
(1) 情報技術分野は、独創的なアイデアやアーキテクチャによって技術の良し悪しが評価されることが多いソフト的技術の側面が強い一方、当該技術要素の上位技術として新たな機能の実現を促進するようなプラットフォーム技術が重層化されることによって技術形成が進む、という特徴を有している。

(2) その結果、情報技術の開発では、「研究開発」、「標準化・プラットフォーム化」、「市場化・情報基盤整備」という各フェーズが循環的に繰り返されるスパイラル的な進化モデルが重要になっている。

(3) 米国連邦政府は、こうしたスパイラルモデルを円滑に駆動する上で重要な役割を担ってきた。各連邦機関は、独自の研究開発プログラムにおいて長期的かつ継続的な視点から、民間の活動を補完する特定のプレーヤ（「研究開発」の推進者、「標準化・プラットフォーム化」の推進者、「市場化・情報基盤整備」の推進者言い替えれば先進的ユーザ）としての役割を果たしてきた。結果的に、連邦R&D全体という観点で言えば、循環的なスパイラルモデルの全フェーズに対して一定の役割を果たしている。

(4) 近年では、こうした各連邦機関の研究開発プログラムを省庁横断的に調整することによって、多くの研究分野が統合されたより大規模な研究開発プログラムが推進され、これが新たな技術融合による研究開発や情報基盤整備を促進し続けている。

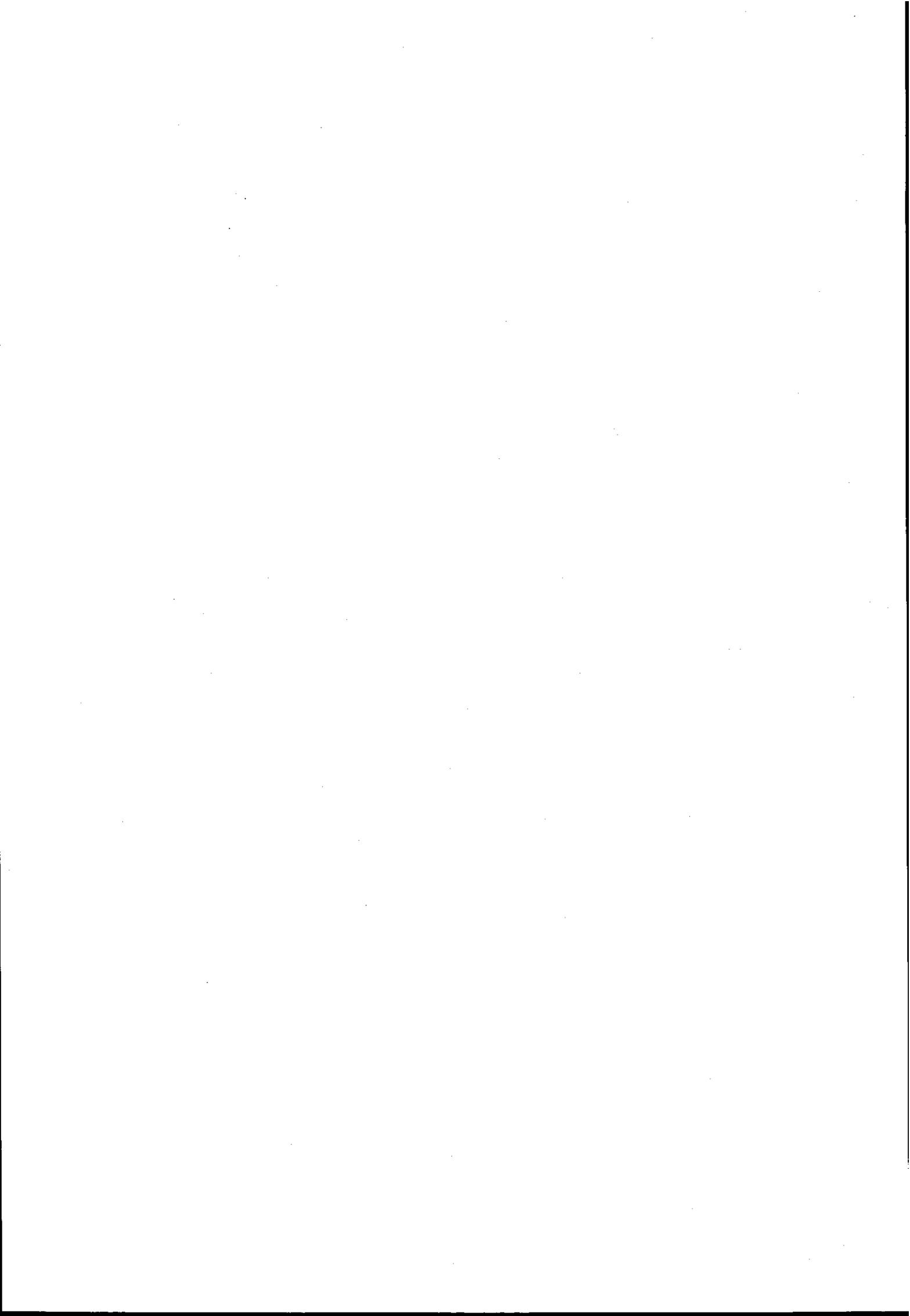
(5) さらに、連邦機関の研究公募プログラムは、「革新的なアイデアやアーキテクチャの発見・発掘」、「アイデアやアーキテクチャのフィージビリティの確認」、「アイデアやアーキテクチャの技術への転換」といった幾つかの課題に対して、それぞれ有効な評価システムを提供するとともに、全体として独創的なアイデアやアーキテクチャの提案を喚起するような公平かつ透明な競争システムの維持に貢献している。



付属資料 1

情報技術開発を実施している 米国主要連邦機関の概要

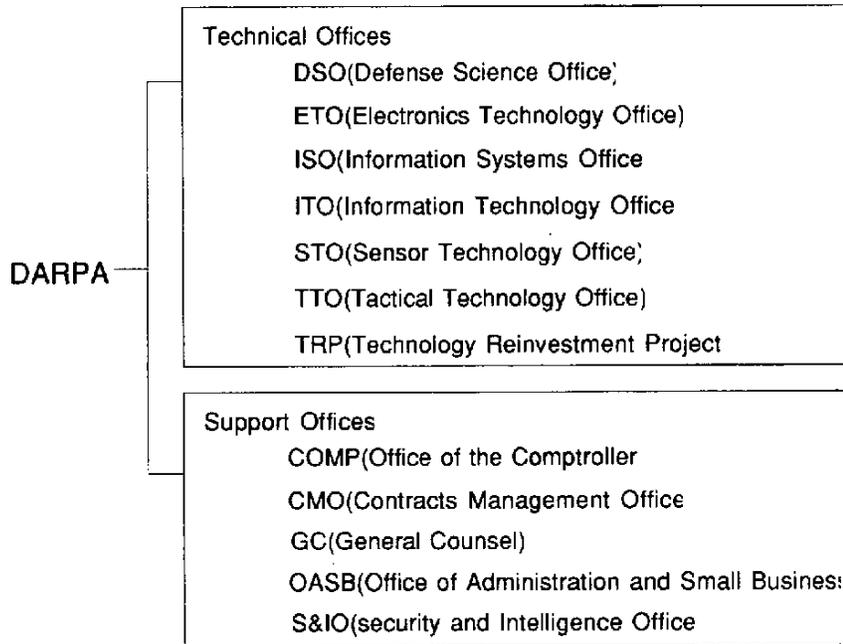
1. DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)
2. NSF (National Science Foundation)
3. NIST (National Institute of Standards and Technology)
4. DOE (Department of Energy)
5. NIH (National Institutes of Health)
6. SBIR (Small Business Innovation Research)



1. DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) ^(注1)

(1) 組織概要

DARPA は、PL85-325 (DoD Directive 5105.41) を根拠法とする DoD の外局として分離独立された連邦機関であり、DoD 内部における研究開発プロジェクトの企画、実施を所轄している。DARPA に対して 1994 年度に認められた研究予算は 21.6 億ドルであった。



出典： <http://www.arpa.mil> より作成

図：付1-1 DARPA の組織図

DARPA の組織は図：付1-1 のようなものである。DARPA の職員タイプは「Program Manager」、 「Office Director」、 「Director DARPA」 の 3 階層がある。DARPA は前述したおよそ 20 億ドルの研究開発予算に基づく研究プログラムを、200 人弱の職員（このうち半分の 100 名弱は Program Manager である）で対応している。後述するように、Program Manager は個別プログラムの企画や提案審査などを担当する専門スタッフであり、5 年以上の関連実績経験を企業、大学あるいは軍関係で積んでいるのが通常である。Program manager は常に専門分野における研究コミュニティとの関係を維持し、技術・研究動向に精通するとともに、革新的なアイデアのシーズを探索していることが期待されている。

(注1) 詳しくは <http://www.arpa.mil> を参照のこと。

(2) 研究開発の概要

DARPAが実施する技術プログラムは、主として新規性あるいは革新性を有する技術を対象として高リスクな研究開発に焦点をあてるものとなっている。1992年度にDARPAの技術プログラムが目指す領域は高性能コンピュータ/高温超伝導/ニューラルネットワーク/先端材料/衛星技術/人工知能/高速データネットワーク/ロボティクス/高品位ディスプレイ/ソフトウェア/国防関連製造技術等であった。このなかには1983年より開始された戦略的コンピュータ計画が含まれるほか、HPCC計画においても最も多くの資金分担を得て高性能コンピュータや高速通信ネットワークの研究開発を推進している。

DARPAが実施する研究開発プログラムは、大きく技術的フェジビリティを確認するプロジェクトとプロトタイプシステムを開発するプロジェクトに分類される。このようにDARPAは、技術開発/コンセプト実証から純粋科学/次世代先端的基礎技術開発まで広範囲な研究開発活動に関与しているが、総じて言えることは、これまで国防上有意と思われる研究分野の開拓から技術開発を対象として、戦略的に一定の要求仕様を定めた先端技術の研究開発プログラム("program")を企画し、推進してきたことである。例えば、超並列コンピュータ技術や高速データネットワーク技術といった特定分野においてDARPAは、産学官の連携を確保し、今日極めて重要と考えられているこれらの分野のコンセプト作りから実用化に到るまでの研究開発を推進するために、研究開発プログラムを企画立案してきた。

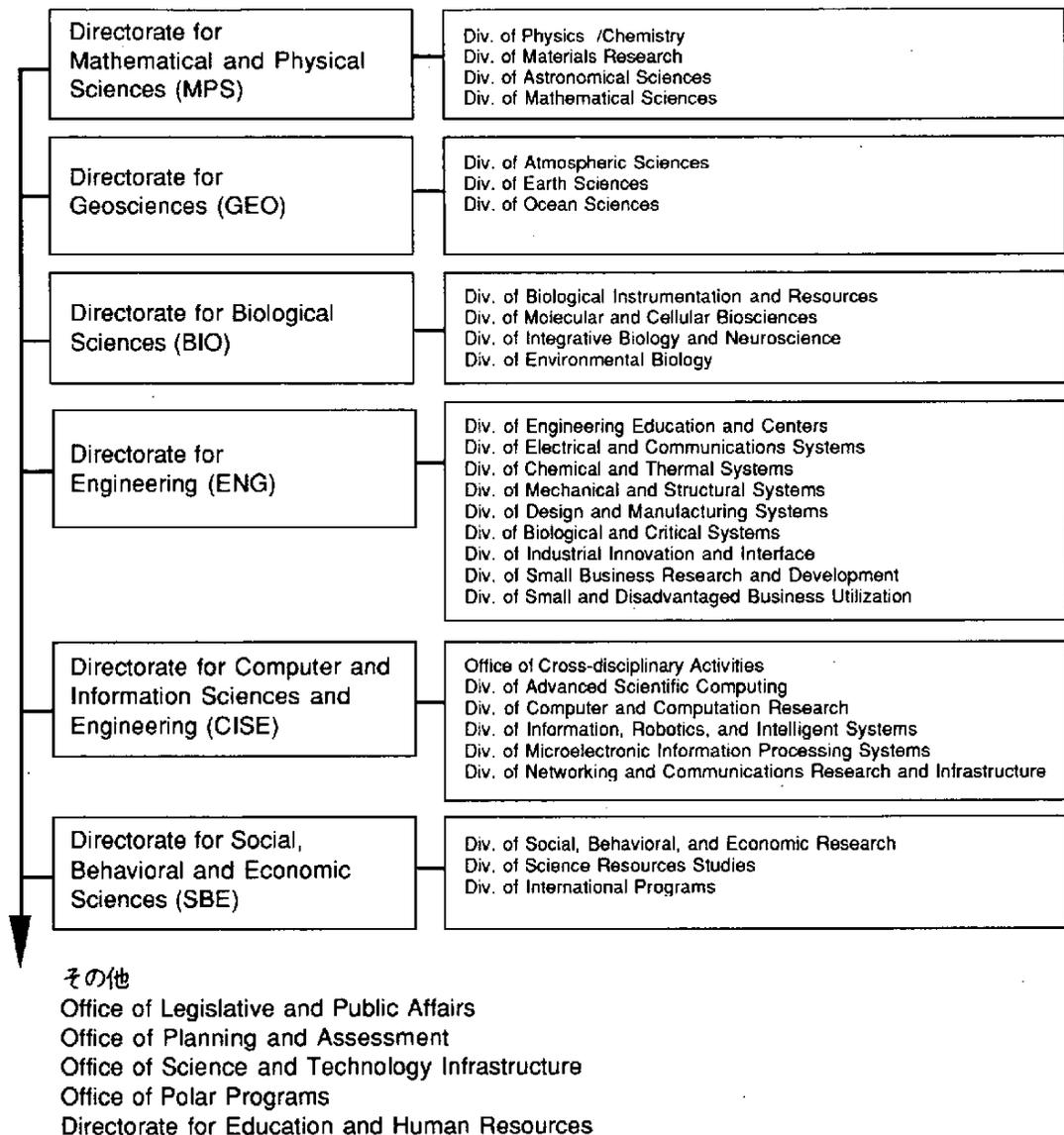
軍事分野の研究開発において生み出された技術成果を民間分野に移転する観点からは、DARPAの研究開発プログラムについても、程度の差こそあるものの他の軍事研究開発プログラムと同様の批判がなされた。しかし、DARPAは確実に軍事予算が圧縮されている今日にあっても、軍民両用技術開発や軍事技術の民間移転を目的とした研究開発プログラム(Technology Reinvestment Program)のコーディネータとして重要な役割を与えられている。

2. NSF (National Science Foundation) (注2)

(1) 組織概要

NSFは、P.L.81-507 (the National Science Foundation Act of 1950)を根拠法とする連邦機関であり、科学及び工学に係わる基礎的研究や教育を企画・支援することを主な目的としている。NSFは、2,000以上に及ぶ大学や研究機関に対して資金供与を行っており、基礎研究分野における学術機関への連邦資金供与の25%をカバーしている。

(注2) 詳しくは<http://www.nsf.gov>を参照のこと。



出典： <http://www.nsf.gov> より作成

図：付1-2 NSFの組織体制

図：付1-2に示すようにNSFの組織は、各分野において資金供与を行なう研究プログラムを実施する部局より構成されている。各部局に所属し、研究プログラムの運営スタッフとなる「Program Officer」には2つのタイプがある。「rotator」と呼ばれる Program Officerは1~2年間に限って大学等よりNSFにきているスタッフであり、残りが常勤スタッフである。やや古い数字であるが1987年時点でrotatorは約100人、常勤スタッフは約200人である。

(2) 研究開発の概要

NSFは、医療といった一部分野を除く殆どすべての科学及び工学分野を対象に研究プログラムを実施している。NSFが主に研究支援の対象とするのは、大学、学術団体、非営利目的研究所、中小企業、(例外的に)他の連邦機関、定職を有しない個人等であり、分野としては基礎研究分

野に力点が置かれている。逆に、技術支援、パイロットプラント、商用目的の製品開発、特定研究や技術革新がおよぼす市場調査といった活動は支援対象に含めていない。近年では、産業競争力の増進に利する科学技術の研究開発を産学共同で推進するために、ERC (Engineering Research Centers) や STC (Science and Technology Centers) の支援プログラムなども実施している。

前述した DARPA が、ある技術分野を特定し、一定の技術目標を設定するミッション志向であるのに対して、一般に NSF の場合は、広範囲な基礎研究分野において優れた研究をサポートしている、ということが言える。ただし、NSF についても、NSF に課された独自ミッションがあり、これを遂行するための戦略的研究開発分野を設定し、比較的重点的な研究支援を行なう場合もある。ここに NSF が重視する点は当該プログラムが以下のような目標を有している場合である：

- ・ 科学および工学分野における知識の増進
- ・ 将来の人材のための教育・トレーニング
- ・ 学界と公的部門・産業部門の間の技術移転の増進
- ・ 国家的に重要な問題に対する見通しの明確化
- ・ 研究や教育のためのインフラストラクチャの整備・強化

情報技術分野は、図：付 1-2 にある CISE が担当部局である。情報技術分野で NSF が実施する重要なプログラムには、1985 年に開始された Supercomputing Center の支援プログラムと NSFNET の構築プログラム、HPCC 計画がある。HPCC 計画では、NREN (National Research and Education Network) の構築、各コンポーネントにおける基礎的研究 (例えば、Grand Challenge における学際的な計算科学研究、National Challenge におけるデジタルライブラリ) において主要な役割を担っている。

3. NIST (National Institute of Standards and Technology) ^(注3)

(1) 組織概要

NIST は、従来商務省の下部組織である NBS (National Bureau of Standards) を前身とするが、1988 年の包括通商および競争法において「技術基盤の構築・強化」を目的とした連邦研究開発機関の再編のなかで拡大改組された。NBS は標準や規格に係わる事業を行なう機関であったが、NIST となって以降、特に産業分野における研究開発プログラムの企画立案、推進、製造分野における中小企業の助成等を進める組織として重視されはじめた。DARPA が軍事部門においてクリティカルな重点技術の研究開発をサポートしたのに対して、NIST は産業競争力にインパクトをおよぼすクリティカルな技術の研究開発を促進することが期待されている。

(注3) 詳しくは <http://www.nist.gov> を参照のこと。

(2) 研究開発の概要

NISTはその傘下に独立した研究機能を有する研究機関を有している点で、DARPAやNSFとは異なる。情報技術分野における研究所は、情報技術の標準化において重要な役割を担っている他に、コンピュータネットワーク（セキュリティやネットワーク技術）、電子商取引といった広範な研究開発を実施している。

ATP（Advanced Technology Program）は、新たなNISTのミッションとして1990年に創設された研究支援プログラムであり、NIST Actを根拠法としている。ATPは、高リスクでありながら米国の経済に対して重大なインパクトを与え得る技術を、単一企業もしくは企業連合が研究開発する活動に対し、複数年度にわたって資金援助することを目的としており、当初は大きな予算を確保して行なうプログラムにはなっていなかった。

しかし、同プログラムに対する産業界の関心は極めて高く、1994年に同プログラムをあらゆる技術分野を包括する国家プログラムとし、オープンな研究公募のメカニズムのなかで運用していくことが決められた。ATPを通じて拠出される予算規模も急速に増大し、NIST当局は、さらに産業界と連携しながら、ATPを1997年までに年間7億5千万ドル規模の研究支援プログラムにまで拡大したいとしている。

4. DOE（Department of Energy）^{（注4）}

(1) 組織概要

DOEは、特にエネルギー分野を中心として国家的安全保障に関わる研究開発を実施している機関であるが、その初期において原子爆弾の開発に主要な役割を果たしたことからわかるように、原子核物理学を始めとする広範な基礎科学分野において研究開発を実施している。

DOEは、これらの研究開発を傘下の幾つかの国立研究機関を中心として実施している。そうした研究所には、Ames National Lab.、Argonne National Lab.、Fermi National Lab.、Lawrence Berkeley Lab.、Lawrence Livermore National Lab.、Los Alamos National Lab.、Oak Ridge National Lab.、Sandia National Lab. 等がある。さらに、DOEは民間への技術移転プログラムにおいて重要な役割を担っており、上記の研究機関の研究者と民間企業の研究者が共同研究を行なう、CRADAs（Cooperative Research and Development Agreements）を結び、産学連携を推進している。

（注4） 詳しくは<http://www.doe.gov>を参照のこと。

(2) 研究開発の概要

DOEは前述のように物理学を中心とした基礎科学研究やエネルギー関連の研究を主要な研究対象としているが、そうした研究分野との関連で幾つかの情報技術に関連する研究開発を実施している。

1950年代初期に、John von Neumannの指導の下でスタートしたApplied Mathematical Science (AMS) プログラムは、そうした研究の一つの起源になっている。1983年にAMSプログラムは改編され、Scientific Computing Staffに組み込まれ、解析・数値的手法、情報分析手法、先端的な計算コンセプト、エネルギー分野における計算科学といった研究がDOE全体で推進されてきた。同プログラムのなかでDOEは多くの並列コンピュータを購入・開発し、計算科学分野における主要な成功事例を生み出すとともに、全米の研究者に対してこうした計算資源を提供している。HPCC計画において、DOEはGrand Challengeにおける計算科学的研究を中心に研究開発を進めている。

5. NIH (National Institutes of Health) ^(注5)

(1) 組織概要

NIHはPublic Health Serviceの下部研究機関であり、1887年に1研究室として発足しているが現在は生命科学分野における最も中心的な研究機関として、独自の研究所における研究開発と関連機関(大学、メディカルスクール、病院等)への研究支援を実施している。

NIH予算はおよそ100億ドルである。連邦R&D予算に占める生命科学分野に対する支出は年々増加しており、その殆どはNIHに配分される(NSFは、広範な基礎研究分野に資金援助を行なっているが、NIHとの関係から生命科学や医療に関する研究開発への資金援助は対象外となっている。)その81%が研究公募等に基づくグラントで、1,700近い機関のおよそ35,000プロジェクトに対して資金援助を行なっている。これらのグラントはNSFと同様にPeer Reviewにより審査されることになっている。一方、全体の11%の予算はNIH内部の研究機関が実施する2,000程度のプロジェクトに支出される。

(2) 研究開発の概要

NIHは生命科学分野における研究開発を主目的としており、当該研究分野に関連する情報基盤的な研究開発(例えば、ヒトゲノムといった遺伝子データベースの整備や医療機関等を結ぶネットワーク整備等)や、生命科学分野における計算科学(例えば、薬品設計や蛋白質の三次元構造解析等)について、研究開発を進めている。これらの分野は、HPCC計画におけるNIHの主要担

(注5) 詳しくは<http://www.nih.gov>を参照のこと。

当分野になっている。

6. SBIR (Small Business Innovation Research) ^(注6)

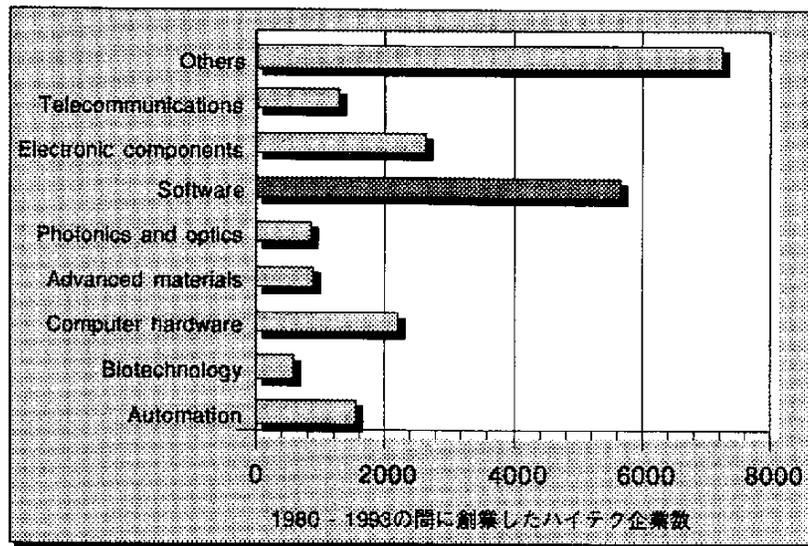
(1) プログラムの概要

SBIRは、連邦政府の研究開発支援を中小企業に対して行なうことを目的として、1982年に Small Business Innovation Development Act (PL 97-219, PL 102-564) を根拠法として創設されたものである。SBA (Small Business Administration) が調整役となって、研究開発予算が1億ドルを超える全ての連邦機関が、その各研究開発予算のうち一定比率の予算を中小企業に出資することになっている。当初、この比率は1.25%であったが、1992年の Small Business Research and Development Enhancement Act により毎年この数字を増やし、1997年には2.5%にまで引き上げる予定である。ちなみに、1991年におけるSBIRの全出資額は4億8,300万ドルであり、このうち情報技術分野は後述するように全体の21%にあたる約1億ドルである。

(2) 研究開発の概要

SBIRプログラムが、情報技術分野において重要な役割を担ったことを推測させるデータが図：付1-3である。1980年から1993年の間にハイテク分野を対象とした企業の創業件数を分野別で比較しているこの図より明らかなように、ソフトウェア分野は際立ってハイテク企業の創業が活発だった分野であり、全体のおよそ31%を占めている。創業当初、中小規模であったこれらのハイテク企業のなかに、SBIRプログラムの支援を受けて研究開発を行ない、技術力や商品開発力をつけていったソフトウェア開発ベンチャーが少なくないことは容易に想像できることである。

(注6) 詳しくは <http://www.arpa.mil/sbir/sbir/sbir.html> を参照のこと。

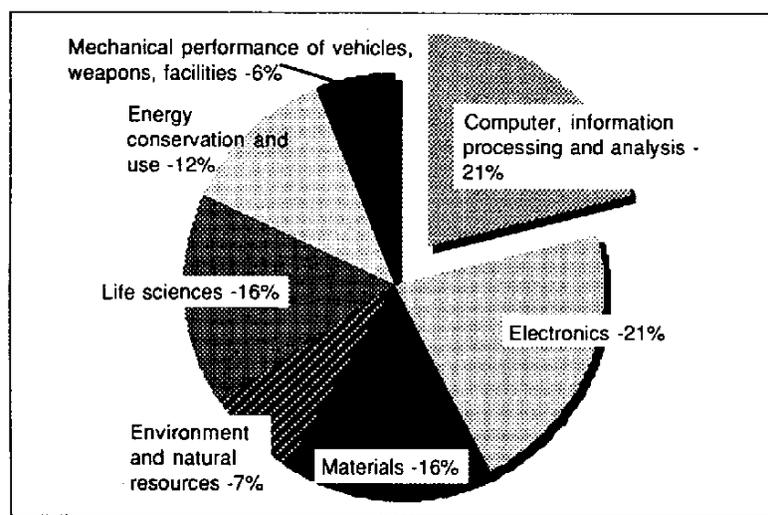


出典： Science & Engineering Indicators -1993

図：付1-3 米国における分野別ハイテク企業創業数（1980-1993）

一方、情報技術分野はSBIRプログラムのなかでも比較的重点的に支援された研究開発分野でもあった。図：付1-4は、SBIRプログラムが出資した割合を研究分野別に示したものである。全体の5分の1が情報技術分野に出資されていることがわかる。

連邦機関別にSBIR総出資額に占める情報技術分野の割合を見てみると、最も高いのはDoDの26%であり、これにNASAの25%が続く。3番目に情報技術分野の割合が高いNSFは18%です。これに全連邦機関の平均である21%を下回っている。全SBIR出資額の約半分を占めるDoDにおいて情報技術分野への出資割合が高いことが、SBIR全体としても情報技術分野の割合を高くしている要因となっている。

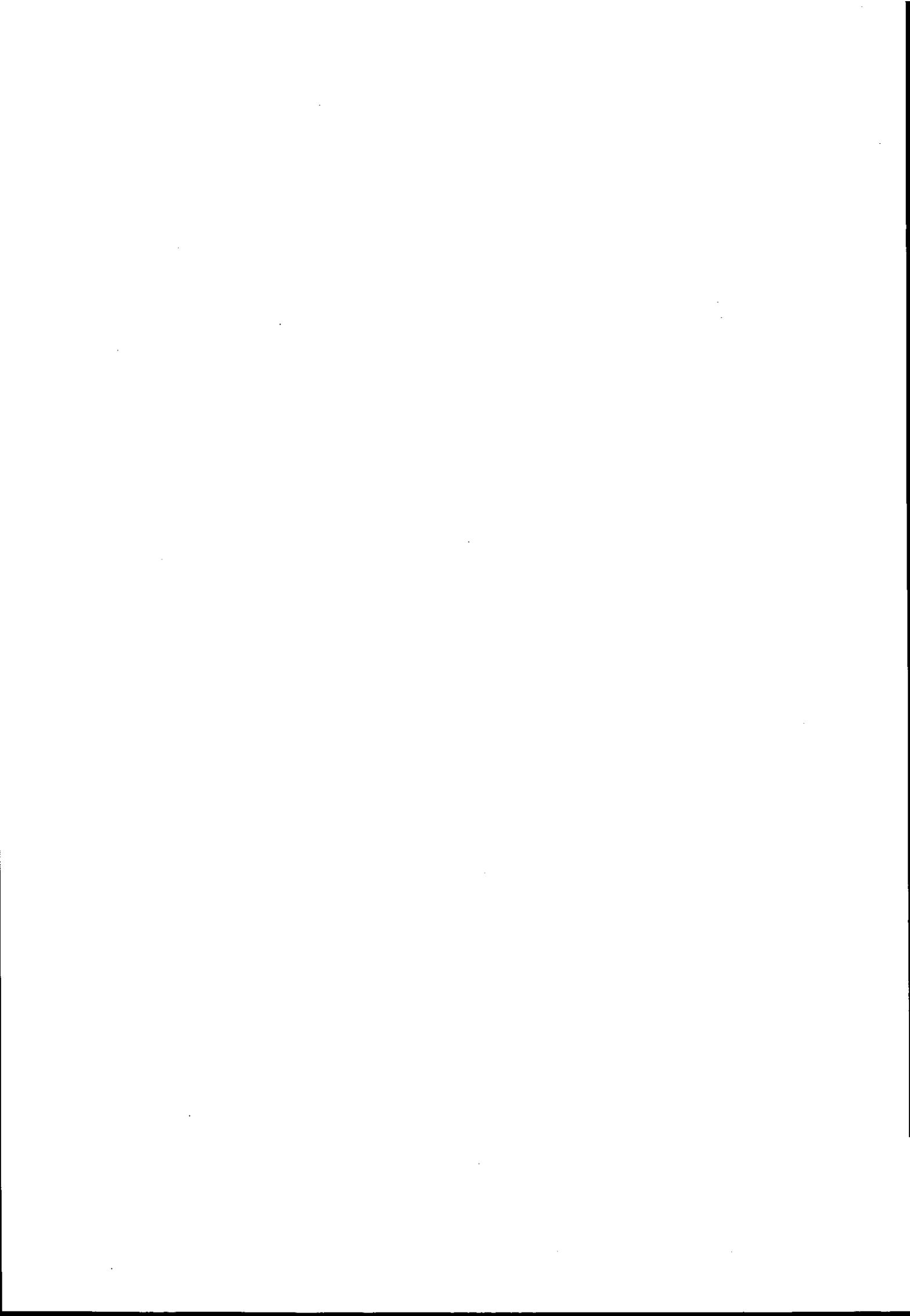


出典： Science & Engineering Indicators -1993

図：付1-4 SBIRプログラムの分野別出資割合

付属資料 2

ADL 社調査結果に対する 委員による分析結果



本付属資料は、アーサー・D・リトル（ADL）社による「米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向」の調査結果に対し、その技術的検証を行ない、また今後の調査研究の方向付けや調査方法等の検討に役立たせるために、「米国における先端情報技術動向委員会」の各委員の分析結果をまとめたものである。

ここでは、次の項目に焦点を当てて各委員の自由な意見を出していただいた。

- 1.本調査の結果や分析に対するコメント
- 2.米国の情報技術の現状認識
- 3.本調査に関連して日本として必要な対応策
- 4.日本の情報技術を発展させるために今何が必要かなど

委員分析1

[米国の情報技術の現状認識]

第1章の米国政府による研究開発運営の現状では、米国政府の研究開発全体の年間予算を約700億ドル、その中の科学技術の研究開発予算を約375億ドル、その中のIT分野の研究開発予算を約27億ドルと見積もっている。日本における、IT分野における研究開発予算は、最近の補正予算を加えてもおそらく数百億円の単位であろうから、まず、予算の総量的に見て、米国は恵まれているという印象を持った。

また、IT分野の研究開発予算約27億ドルの中身であるが、DARPA、NASA、DOE、NSFの4省庁から予算がバランスよく配られている。当然ながら、日本にはDARPAやNASAに当たるものはない。強いていえば、DARPAは防衛庁、NASAは宇宙開発事業団に相当するのだろうが、そういった機関が、研究開発予算を広く供給するということはまず考えられない。

NSFは、いわば文部省的な、基礎的なファンディングをする機関と考えられる。しかしながら、文部省の科研費をNSFと比較した場合、NSFの方が、はるかにIT分野に対して好意的である。例えば、文部省の科研費で情報科学分野は複合領域とみなされ、そこへの科研費の支出も極めて少ない。科研費の重点領域研究などでも情報科学分野のテーマはほとんどない。工学や物理学などの、いわゆる伝統的な分野が尊重され、情報科学分野は、予算面でも立ち遅れている。(これは、日本における、大学教育が、いわば基礎教育指向、教養指向で、みずからリストラができず、変化する科学技術に取り残されていることとも関係がある。)

DOEは、エネルギー省であるが、日本では、エネルギー省に該当するものがないために、DOEの重要性が認識されていない傾向がある。私が、米国の大学院で大学院生であった時も、指導教官はエネルギー省のサポートを受けていた。DOEのサポートは、NSFほど基礎的でもなく、DARPAほど戦略的でもない。米国の研究開発において、エネルギー省は、中核的な役割を果たしていると思われる。

DARPA、NASA、DOE、NSFの4省庁の出資先の資金配分の特色については、報告書の第2章に、きわめて適切にまとめられている。個人的に持っている印象とも良く合致していた。

日本では、一度プロジェクトが開始されると、途中で中止されることはあまりない。報告では、DARPAにおける、年間のproject retirement rateを20%としているが、これは米国の素晴らしい特色であろう。計画経済においては、例えば、会社は絶対に倒産しない。会社が倒産するのは不幸なことであるが、経済的に採算がとれない会社を存続させることは、赤字を限りなく出し続けることでもある。研究開発の場合、よりチャレンジングなテーマに挑めば挑むほど失敗する可能性も高くなる。したがって、開始したプロジェクトに関して、どのような、レビューを中間、終了時に行なうのか？ 途中で計画変更、あるいは、終了はどのように行なっているか？ につい

て、米国における詳しい情報が欲しいと感じた。

研究開発における政府の出資に関しては、Peer Review、Strong Program Manager という 2 つの方式が紹介されている。Peer Review は、NSF など で用いられている方式で、rejection rates が 20 ～ 60% と紹介されている。この、数字は、文部省の科研費の採択率が 20 ～ 25% であることと比較するとかなり大学教官についてはやる気の出る数字である。一般に、日本においては、公募されるテーマについて、競争率が異常に高くなる傾向があるが、それにくらべ NSF の数字は現実的であろう。また、Peer Review、Strong Program Manager のどちらの方式にしても、Program Manager が存在し、決定権を持つことは変わらない。あまり、個人の名前が表面に出ない日本との違いを感じた。

また、IT 分野の研究開発予算の約 27 億ドルのうち、約 11 億ドルが、HPCC 関係の予算であるというのは、正直なところ、驚きである。HPCC 関係が、景気がいいのは聞いていたが、まさかこれほど資金が集中的に投資されているとは思わなかった。一方、情報処理分野は、明らかに HPCC 分野だけではない。米国は、ここにそれだけ集中的に投資して平気なのか？ という印象も持った。

[本調査の結果や分析に対してのコメント]

ADL の最終報告については、良く調べられているという印象を持った。本調査の最大の特徴は、技術移転を促進するための法的な枠組として、1980 年の Bayh-Dole Act に焦点を当てたことであろう。これは、大学・研究所および研究者個人に金銭的なインセンティブを与える法律であり、米国における技術移転の考え方を象徴する法律である。

技術移転の促進については、日本人と米国人のメンタリティー、会社へのロイヤリティーの違いなどが良く論じられるが、ここでは、そういった面だけでなく、法的な枠組からも調査を行っている点が素晴らしい。これらについては、日本も大いに参考にすべきであろう。

報告書の第 2 章では、大学・研究所からの技術の商業化として、スピンオフを強調しているが、たしかに、転職、休職を含む人事の流動性が、重要な一つのメカニズムとなっていることは事実であろう。しかしながらこうしたドライな労働慣習が日本の世界に馴染むものかどうか、疑問の残るところである。最近、文部省もベンチャービジネスラボラトリーの制度を補正予算で開始したが、米国に見られるようなベンチャービジネスが、日本においても可能かどうか、学生を教育する側として、どうしても慎重になってしまう。

スピンオフだけでなく、会社のコンサルティング、報告のときに議論があったような not for profit organization の役割をも含め、総合的に判断すべきだと思われる。

日本では、特に大学教官においては、大学を象牙の塔ととらえ、実用研究を好ましいとしない。

また、金銭的利益を得ることへのためらいも存在する。一方、米国の場合には、経験に照らして考えてみると、素直に、リッチになるのは良いことであるという信奉が残っているようである。

一方、ADLの最終報告書で、やや物足りない点は、報告の基本的なトーンが、米国は優れているというトーンでまとめられていることである。米国の大学に、大学院生として在籍し、研究上で、米国の大学の教官と交流のあるものとしての感想を率直にいうと、確かに米国の制度には学ぶべきものも多いが、一方、明らかに、欠点も多く存在する。

会社経営などに関しては、米国式経営と日本式経営の長短が良く論じられるが、基本的には、長所の裏には、欠点も存在し、そこまでを観察しないと、日本に米国的な制度を持ち込んだところで成功するとは限らない。

米国において給与を9カ月しか支給しないこと、私企業でのコンサルティングを週1日は許容すること、あるいはtenure、sabbatical等の制度、これらについては長所と同時に、短所もあると考えられる。特にtenureの制度は、最近での米国での運用を見ていると、マイナスの面が目立つようである。

したがって、報告においては、米国式の研究開発の欠点、例えば、短期の研究成果を追った長期的なビジョンの欠如、人件費の高騰による研究費の高騰、人材の流動性の過剰による研究の中断、などの例も（もしあれば）挙げて欲しかった。

[本調査に関連して日本として必要な対応策]

この報告には、あまり触れられていないことであるが、日本の大学と米国の大学では、基礎体力が全く異なるという印象を持っている。米国の大学は、それ自体が一つの産業であり、極めて複合的かつ戦略的な機能を持っている。それと比べると、日本の大学は、清貧をもって潔しとする気風がある。また、社会の求める教育への適応も遅れている。情報科学関係の学科/大学院の充実がなされたとはいえ、米国の研究者層と比較すると、まだまだ人材の層は薄い。また、米国で大学/大学院の卒業生は、即戦力として働くが、日本では、即戦力としては期待されていないし、日本の教育制度の貧困からか、学生はそれだけの実力を持っていない。

このように基礎体力が異なるので、日米を同一の次元で論ずることは困難であるが、本調査に関連して、日本として、必要な対応策の一つは、研究開発の実用化のための枠組を、法整備を含めて作ることである。日本人のメンタリティーを、米国人と同様にすることは困難であろうが、競争原理を導入し、研究者個人に研究開発へのインセンティブを与えていかないと、研究の実用化は、今後いよいよ困難となっていくであろう。

また、資金の導入に当たっても、個人の名前を表面に出さない、集団無責任な体制ではなく、決定権を持つProgram Managerを積極的に育てていくことが重要であろう。また、研究投資にあ

たつて、政府からの出資だけでなく、民間からの出資を義務づけること、中間のレビュー、評価を外部評価を含め行ない、テーマの内の何パーセントかについては、テーマの中止を行なうことなどが、必要かと思われる。

また現在日本では、政府による資金投資の他、様々な財団が公的な資金援助を実施しているが、審査の手間や質を高めるためにも matching fundなどのシステムの積極的導入や、それに関する税金の優遇処置なども重要となろう。

日本人は、基礎指向が強く、応用を軽視する傾向がある。お勉強が好きで、オリジナリティーを尊重しない。applicationという言葉は、「適用する」とか「応用する」という以上の良い語感をもっていると考えられる。単なる基礎研究指向の研究開発からは、研究成果は出てこないのではないか？例えば、基礎研究所という概念は米国では通用しない。それゆえ、基礎研究所の英訳として Advanced Research Lab.と言っている日本の研究所も多い。日本でも、企業の研究所は、本当に企業のために役に立つ研究をしているのかという見直しの機運がある。研究成果は、産学が現実の問題にぶつかることから生まれるのではないか？例えば、エレクトリック・コマースなどは、非常に応用指向の強いトピックであるが、今後、こうした問題指向型の研究開発が増えてくるのではないかと思われる。

また、産学の人材交流という観点からは、産から学には、最近人材が流れるケースが増えてきたが、逆の学から産には人が流れない。学側の人間にそれだけ魅力のある人間が少ないということかも知れないが、双方向の交流を活性化し、それによりキャリアパス、給与、年金などの面で不利とならないようなきめこまかな制度の充実等も重要であろう。

委員分析2

米国における情報技術の研究開発の現状を把握するという点では十分な情報を得たと思うし、ADLのまとめや指摘には納得できる部分が多い。しかし、これは飽くまで米国の社会構造という文脈における観測データであることを念頭において理解しないとイケない。

米国政府からIT分野への年間支出は2,700億円となっているが、例えば研究者1人当たりで換算するとどうなるのか、企業、大学、政府系研究機関それぞれの研究者の比率はどうなっているのか、ということも合わせて理解する必要がある。また軍の予算が全体の1/3程度を占めているが、これは金額の多寡という問題だけではなく、国防という具体的、大規模かつ優先度の高い研究目標が設定されている状況で、様々なサブプロジェクトの遂行が統一的に管理されているということにも注意しなくてはならない。

本委員会のミッションが『IT分野の技術振興のために国は何をすれば良いのかを探ること』だとすると、ADLの報告書にあるような米国の状況から、我々日本にとって役に立つ教訓や方策を読み取りたい。つまり、日本という社会構造の中でも有効に機能する教訓とは何だろうか、また同時に、IT技術がより発展しやすいような社会構造への変革を促すような方策にはどのようなものがあるのかを考えていきたい。

(1) ホットな分野とは何か、プロジェクトのテーマ設定の巧みさ

ADLの報告書に従って研究開発のホットな分野を概観すると、その多くが、商用化に近くかつ幅の広いプロジェクトに位置付けられることに気付く。逆にホットな分野の定義がこうなのだととらえてもよいだろう。しかし例えばintelligent system/human interfaceのホットな分野の箇所、より純粋なAIに近い領域は話題に上がらなかったという記述がある。このような狭い領域を対象とする研究は、プロジェクトの対象にはなり得ず、従ってホットな分野にもなり得ないのである。

そして、そのようなホットなテーマのプロジェクトを推進していく時、現実にはどのような基礎技術を組み合わせれば良いのか、どのような基礎技術を研究開発すべきなのかという点にフィードバックがかかる点も見逃さず。報告書でも指摘されているように、このフィードバックがうまく機能することで、産業に対するインパクトと、基礎研究による技術レベルの底上げが同時に達成されているというのが、米国の研究開発体制で最も見習うべき点の1つと言って良いだろう。

ここで、プロジェクトのテーマ設定の巧みさを再認識すべきである。テーマとしては次の3つの要件を満たすことが必須である：

- a. 時宜を得ている。
- b. ニーズについてははっきりした目標やイメージがある。
- c. 特定の技術のみに偏ったり限定することがない（報告書では総合的という用語が使われている）。

またこれら注目すべき研究プロジェクトのテーマ一覧から、メガトレンドとして米国が考える近未来の計算機システム像というものを汲み取ることもできる。

それは以下のものであろう。

- ・かなり多くの複数の計算機がネットワーク（結合は疎/密両方あり得る、必ずしも物理的な位置の制約を意味しない）で相互に接続される。
- ・計算機群全体が協調して何か1つの仕事をこなす。
- ・扱う情報は、静止画、動画、音声、テキストなどで大規模である。
- ・知的なユーザインタフェース、入出力、問い合わせが可能。

このようなイメージ自体には目新しさは少ないが、この目標をブレークダウンして技術的に理解できる目標やテーマに分解していく巧みさに感心してしまう。

また、こうして掲げられた研究目標はニーズ指向的に設定されており、個々の要素技術までは具体的に特定していない。あるテーマの傘の下で、1つの目標に対して複数のプロジェクトが、協調しつつ一方では競合して柔軟に走ることができるような設定になっている。

さらに目標設定が巧みなのは、国家レベルだけではなく、研究所レベル、大学レベル、プロジェクトレベル、個人レベルでも言えることである。

(2) 幅広く厚くバランス良く、時折重点項目を混ぜる

ADLの報告に、マクロなレベルでどの分野にどれくらい予算が流れているかを観察しても動きが少ないため、それほど意味のある結論が導き出せない、という発言があった。これはつまり、予算が急に増えることもなければ急に減ることもないということである。例えばHPCCやNIIなどは、研究プロジェクトという範疇を越え、国家的なかなり長期にわたるプロジェクトに位置付けても良いだろう。その間は、一貫した大方針のもとで予算の執行や細かい計画の策定などが行なわれる。それにより、基礎、基盤、応用のどのフェーズにも偏ることなく予算を配分することが可能となっている。NSFとDAPRAが相補的な関係にあるのも見逃せない。

基礎研究など、ある一定の成果が出るまで時間がかかる研究を推進するためには、長期にわたり安定して資金を提供する必要がある。それに必要な予算が比較的多いような場合には、長期に

わたる国家的なプロジェクトを興す必要があることが分かる。

また、米国では研究の各フェーズに適した研究予算プログラムが用意されており、各研究予算プログラムの持つ性格づけがはっきりしていると思う。一方日本の、例えばIPAの提供している研究予算プログラムを見ると、どれがどんな目的でどのような研究を助成するのかが明確に区別できないように感じる。これでは結局内情に精通した小人数の研究者しか利用しないという結果になってしまう危険がある。

(3) 経済的、名譽的なインセンティブと人材の流動性

米国では、資金源によらず、研究の知的所有権はその研究を行なった個人またはグループに帰属したり、商品開発のための資金援助プログラムが充実している。さらに、大学教授が2年間ほどベンチャーの起業に従事しても、その後、教職へスムーズに復帰できるような制度があるようだが、このように組織としてベンチャーを興すことが奨励されている。

日本の企業内で特許を申請しても、それが個人の業績として認められ、個人の経済的に十分反映されるかという点必ずしもそうはなっていない。また大学の研究者は、組織として特許出願の支援を受けるようなことはないので、自分でその出願の手間を負担してまで特許を申請するかと考えると、否定的にならざるを得ない。

そのような日本の環境で育った研究者は、その後輩や学生に対して、やはりインセンティブの少ない環境での研究者のあり方を指導し、その資質は継承されていく。では米国で育った研究者なら良いかと言うと、それは米国という環境の中でのみ有効な振舞いであり、日本の社会的構造が米国式インセンティブを持った研究者を受け入れるかどうかは疑問である。日本は、米国式でない新しいインセンティブの与え方を模索するしかないだろう。

人と技術は一体であり、技術を持った人が流れないと、その研究も新しいフェーズに移らない。米国では人材の流動性が社会構造の一部となっている。日本でも最近一部、研究者が流れるようになってきたが、それでも多くの企業研究者や大学の研究者は、終身雇用の枠組の中で、研究者としての殆んど時間を（かなり狭い意味で）ある1つの組織の中で過ごす。これでは技術が流れないだけでなく、研究開発の環境としてもかなり刺激に乏しいものになってしまう懸念がある。また研究者だけでなく、開発やビジネスに従事する人も巻き込んで人材が流動しないと意味がないのではないかと思う。

(4) 職業としての program manager と program officer の確立

ARPA の program manager と NSF の program officer は職業として成立しており、上で述べた人材

の流動性を支える1つのポジションとなっている。

この program manager や program officer は、実際米国では研究者のキャリアの1つとして認知されている。このような認知が生じる背景としては、日本では、研究者が研究そのものを行なう能力だけが問われて、かなり高いポジションに就くのにに対して、米国では、数人のチーム・リーダーのレベルから、研究そのものだけでなく、マネージメントの能力も同時に要求されているからであると考えられる。これは非常に正しい考え方だと思う。

また、IFSの委員会でも話題に上がったことでもあるが、正しく予算配分をするためには、予算配分のマネージメント業務が職業として成立しなければならず、これはつまり、それ相応の人員費や経費が必要であることを意味する。日本のように、予算配分のための技術的判断をすべてボランティアに頼っているのは、かえって無駄が生じてしまうのではないだろうか。

(5) 産官学の一体感

ADLの報告の中に、政府からの資金がトップダウンに流れ、研究者からボトムアップに研究計画が提出され、それらがうまく協調して進んで行く点が指摘されていた。しかし、トップダウンと言っても、政府は第一線の研究者や技術者のビジョンを元に方向を策定しており、またボトムアップと言っても、研究者もそのような政府の動きに合わせて自分の研究テーマを変更したり取捨選択している。

むしろ(1)～(4)の結果として、米国では産官学が常に連絡を密にして協力しあっており、資金の流れと有効な研究計画の流れがきちんと対応付けられるのではないかと考えられる。このように産官学が共有できる問題意識や目標が設定されていることに起因するのだと思う。

そして、研究者、技術者、政策の策定者、予算の配分者など、各ポジションに居る人々が明確な意志を持って役割をはっきりと自覚し、協力的に業務を遂行しているという印象を受ける。その結果、米国の国防や産業に対して computer science の果たした役割とその重要性を国全体のレベルで認識している。一方、日本の計算機科学や工学が産業に与えるインパクトは、残念ながらそれほど大きくはない。日本でも計算機科学や工学はそれなりに産業を支えてきているのに、技術的な高さと経済的な効果が、表向きリンクしていないように感じられるのは、産官学に一体感が欠けているからではないかと考える。

(6) その他

ADLの調査はマクロな立場から米国の実情を調べたものであり、これを個人で行なうのは非常に難しいだろう。ADLの調査ではあまりカバーされていなかったミクロな個々の事例につい

ては個人ベースで把握できるだろう。この意味で、今回の調査方針は大変うまく切り分けられていたと思う。

ADLの報告では、米国は日本と比べてより競争社会であると強調されていたように思うが、日本の技術者は、競争すること自体にはそれほど抵抗感を持っていない。むしろ好ましいとさえ考えていると思う。健全に競争できる社会状況さえ用意できれば十分であり、ことさら競争を煽り立てる必要はないだろう。

米国の予算申請書の審査方法に用いられているピア・レビューがベストではないという発言があった。確かに、競争相手が審査することによる弊害はあるだろうが、現実にはピア・レビューより優れた審査方法が存在しない以上、やむなしだろう。

ある程度の予想はつくものの、さらに欧州での事例調査も加えると良いだろう。

社会構造全般の話なら、政治、経済、法律などに関しても議論すべきだが、往々にして議論の内容が散漫になり、抽象論一般論に帰結することが起きがちである。今後議論を進める上で、気をつけるべきポイントであろう。

委員分析 3

1. はじめに

ADLの「米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向」調査結果では米国での政府の研究投資の仕組みや現在盛んに研究開発が行なわれている分野がうまくまとめられている。また、調査資料2第3章での分野ごとの重点分野や個別プロジェクトの紹介は大変参考になった。現状調査という点ではよくできていると考える。欲を言えばこれらの研究投資がどのように役立っているのか（または役立っていないのか）や、なぜ役立っているのか（またはいないのか）についての分析があるとより役に立つと思われる。また、中間報告段階からいろいろ指摘があったように時系列的な変化や将来予測などがあると良かった。さらに、米国についての調査でも他の国との比較によって初めてその特徴が分かる場合もあるので、この調査を元にして今後検討していく必要がある。一部の記述については理念が先行し十分な裏づけがあるのかどうかははっきりしない部分が見受けられた。理念やキャッチフレーズは総論としては良いが、現実にそうになっているかどうかはきちんとした分析が必要である。これらの検討なしでは「米国がこうだから日本もこうすべきだ」という短絡的な議論になってしまう可能性がある。

2. 研究開発投資額

全研究開発投資額が\$182Bで連邦政府研究開発投資予算が\$70Bなので約38%である。これに対しIT分野では\$22.5Bと\$2.7Bで12%であり、平均と比較して非常に低い。政府予算からIT関連を抽出するのが困難なための誤差もあるだろうが、ある程度は実態を反映しているものと思われる。常識的には情報産業は先端産業なので政府予算による研究開発の比重が大きいと考えても不思議ではないが、実態は政府の比重が他の産業に比べて低いようだ。この理由はなんだろうか。この点を分析すれば情報関連産業における研究開発の特徴と政府の役割がはっきりするのではないか。

情報関連産業で政府予算の占める比率が低いことについて考えられる理由を思いつくままにくっく挙げてみよう。

- ・ 軍事研究や宇宙開発・高エネルギー物理など産業ベースで採算が取れにくい分野への投資がかなり大きく、それらの分野での政府予算の比重が高いため全体での比重が高まっている。IT分野は低いというよりは通常の産業並みである。
- ・ IT分野では産業界の研究開発投資が非常に活発で政府の比重は小さい。
- ・ IT分野は新しい分野で政府の対応は遅れている。

データがないのでこれ以上は議論できないが、他の産業の研究開発投資の現状と比較すればこ

の疑問への答えは得られると思われる。また、日本との比較も興味深い。

3. 研究開発の仕組み

まとめとして以下の5項目が挙げられている。

- ・研究開発政策のトップダウンでの運営。
- ・横断的プログラムなどによる運営。
- ・技術間に競争原理を働かせる。
- ・ボトムアップの提案により研究者間に競争原理を働かせる。
- ・短期指向・特定領域指向と長期指向・広領域指向の存在によるバランス。

これらの項目は理念としては良いことばかりである。このため、各国の政府などによる研究開発では多かれ少なかれ行なわれていると思われる。日本でも「横断プログラムによる運営」については分らないが、他の点は行なわれている。したがって、問題はこれらの項目が米国の仕組みの特徴として特筆すべきものであるかどうかだろう。この点は米国と他の国などを比較してみないと分らない。

上記の項目が米国の研究開発政策の特徴だとした場合は以下の2点が問題となる。

- ・これらの項目を実現するためにどのような方法を取っているか。日本とどこが異なるのか。
- ・これらが米国の情報産業の振興にどの程度貢献しているのか？

報告書の最後のまとめから上記の点については「DARPAの得意とするシステム総合開発型プロジェクト」が多いことと、それが米国産業の振興に非常に役立っていること、が米国の政策とその効果の特徴のように感じられる。それらと上記5項目がどのように関連するのか今後検討が必要と思われる。関連の分析によって理念とその実現の間のフィードバックがどのようになされているかが理解できるので、日本での今後の方針を検討する参考になると思われる。

4. 民間への技術移転

米国の研究開発政策の3つの基本方針として以下が挙げられている。

- (1) 自由市場・競争原理の仕組みを最大限取り入れる。
- (2) 実用化のための仕組みを政策的に運営。
- (3) 産業による商用化を最大限推進。

このような政策方針の元に自由市場メカニズムをより良く働かせる仕組みを提供するためのサ

ポートが行なわれている。米国の理念としては「成果の移転による私企業の利益は当然のもの」というのは理解しやすい。しかし、これらの理念を部分的に適用すると全体としては理念に反する事が起こる場合がある。

商品開発に政府資金による研究開発成果を利用できる企業は他の企業より競争では有利になる。大企業の方が人材・設備などが豊富なので受託で自由競争をすると有利になりがちである。従って、政府資金による研究開発に企業を参加させる場合にはこの点に対する配慮が必要になる。政府資金の受託を自由競争にした場合は実績のある企業が参加できる可能性が高くなり、結果として政府資金が市場での自由競争を阻害することがある。すなわち、政府資金が新しい企業の市場参入への障壁になる場合もある。このような事態は自由競争の理念からは好ましくない。

市場での自由競争を理想とする場合は、政府予算による研究開発自体が自由競争への介入・制限になる場合がある。独占禁止法の存在を見ても自由競争の理念とその実現が単純な関係にはないことがわかる。この問題（部分的な自由競争が全体的な自由競争を阻害する）を回避するには受託を自由競争にするだけでは駄目で、評価項目の設定などにおいて十分な配慮が必要になる。米国ではSBIRやSTTRなどベンチャー企業支援の仕組みもあるが、これらの予算はそれほど大きくはない。主力のプログラムで全体的な自由競争を保証するために配慮が行なわれているかどうか重要である。特に本報告書で重要と考えている「システム総合開発型プロジェクト」のような大きな予算の場合に自由競争を保証する仕組みがどうなっているかによって、この理念が本当に実践されているかどうか分かるのではないか。

政府の研究開発予算の45%が産業界に配分されているが、それらの内訳と運用が問題である。

- ・産業界への配分の企業の規模別の割合。
- ・企業への配分が行なわれたとき、どの程度の割合で商用化が行なわれてきたか？

これらの点の検討なしで、理念だけの自由競争を日本で適用すると逆効果になる可能性がある。日本では実績が重視されベンチャーの育ちにくい風土がある。その中で「自由競争が重要」といっても、応募を自由とするだけでは政府予算は既存企業中心に配分される可能性が強い。それによって研究開発成果があがり、産業界が活性化すればそれでも良いだろうが、そのことが直ちに「自由競争による結果」とはならない。自由競争を旗印にして実際は新規参入を妨げるようなことでは意味がない。自由競争の理念を導入するかどうかの検討と共に、もし導入する場合にはどのように競争を保証する仕組みを作るかが重要である。

5. 何が役に立っているか

米国の情報産業、特にソフトウェア産業は世界で最も成功している。OSやDBを初めとして、各種のパッケージも米国企業が世界の市場を席卷している。これに対して、日本を含めた各国は

情報産業関連の公共出資の研究開発を行なっても「プロジェクトの目的は達成したが、情報産業の振興にはあまり役立っていない」状態である。このような状況で「米国の政府予算による研究開発はこのように優れている」という報告書を読むと良いことばかりのように思えてくる。

しかしながら、最初に述べたように米国の情報関連の研究開発に占める政府予算は他の分野に比較して非常に少ない。従って、米国の情報関連産業は民間の研究開発によって支えられており、政府による研究開発支援はあまり大きな役割を果たしていないと考えることもできる。この見方を取ると、

- (1) 米国では政府の研究開発支援の役割は小さいので、その仕組みはあまり重要ではない。
- (2) 米国では政府の研究開発支援の予算は小さいので、より効果的に使用するために優れた仕組みができています。

の2つの可能性がある。

実際にどうであるかは政府予算による研究開発がどの程度産業界に役立っているかを検討する必要がある。これは政府予算で実施されたプロジェクトの成果を検討するだけでは分からない。また、直接的な成果だけでなく、プロジェクトで育った人材が産業に貢献するようなものも考慮すると一層把握しにくい。しかし、現在までに育った技術について政府の研究開発予算がどのように役立ったのかを調査すればある程度分かるのではないかと。

これに関連し、3章のまとめとして、「システム総合開発型プロジェクトは米国の成功にきわめて重要な役割を果たしている」とある。この記述は実際のデータに基づいていると思われるが、3章の中には直接この記述に導くものが見当たらない。3章の大部分は現在のプロジェクトの記述であり、これらがどのような成果をあげるかはまだ分からない。章末にいくつかのトピックスの歴史のチャートがあり、いずれのテーマにもなんらかの形で政府予算による研究開発が関係している。しかし、このチャートは簡単すぎてこれらの研究開発が「システム総合開発プロジェクト」として実施されたものかわからない。Arpanetのように明らかにこの型であることが知られているものもあるが、良く分からないものもある。例えば、産業界での研究開発が先行している場合などは政府予算がどの程度役立ったかは詳細に分析しないと分からない。また、政府予算での研究開発が先行した場合でも、それがどの程度役に立ったかは場合によって異なるはずである。このため、この章の結論は多少論理の飛躍があるように感じる。これらのトピックスについて政府予算がどのような形で配分されたのかのデータを追加したり、その成果には何があったかなどの分析を行えば、この章の結論はより説得力のあるものとなると思われる。

報告書としては「これが役に立つ」という処方箋的なものに重点を置くのはやむを得ないが、1章で述べているように長短期のバランスにも意味がある。そうだとすれば、直接役立っていない部分についてもいろいろな考え方があるだろう。

- ・直接役立たなくても産業界の裾野を広げるのが政府予算による研究開発の役割（NSFや日

本の科研費はもしかするとこういう位置づけ?)

・役立つものも無駄なので、本当に役立つものに集中投入すべきである。

これらの両極端の考えのどちらを重視するかによってどの程度で「バランス」が取れているかについての考え方は異なってくる。この問題については報告書では分析があまりされていないので今後の検討課題である。

6. 調査をどう活かすか

公刊資料とインタビューによる調査では得られた情報の処理の仕方によって結果がかなり異なってくる。また、同じデータを元にしても切り口や分析の方法によってその解釈は異なってくる。調査結果を活かすには結論をうのみにするのではなく、調査で得られた情報をもとにその解釈や意味付けについて再度議論してみるのが良いのではないか。ここでは報告書の記述に基づいて別の解釈の可能性や疑問点などをあげ検討を試みた。報告会の場では明解に思えた事項も別の観点から検討するといろいろな解釈の余地があることが分かる。

委員分析 4

1. 総論

全体的に ADL 報告は米国における研究投資の現状を知る上で、簡潔で示唆に富む良い報告といえよう。計算機関係で言えば、現在、私自身が注目している技術およびプロジェクトはほぼ全体的に網羅されており、また、ここ数年来のメガトレンドであるコンピュータ技術の通信シフトについても各所で言及されている。逆にいうと、全く予想外というトピックはほとんどなく、私自身が理解している米国研究状況と同様な報告がなされたという安心感と、本当に大事なことを見落としていないだろうかという懸念が半ばしているというのが正直な感想である。以下、報告書の順に気づいた点をコメントする。

2. 研究開発支出について

財政支出の抑制、国防予算の縮小が叫ばれている中で、米国の R&D 投資が実質的に増えているのか減っているのかを統計情報から判断するのは非常に難しいといえよう。また、情報技術 (IT) と一口にいても内容は多岐にわたっており、できれば、その中身の変化についてももう一歩突っ込んだ分析があれば、よりの確な予測ができたのではないかと思う。例えば、本報告では HPCC に焦点をあてているが、情報関連でこれまで中心的役割を果たしてきたスーパーコンピューティングセンターについても NSF は再編を計画しているという。今後さらに、通信分野が強化されるのか、コンピュータ分野であらたな動きが出てくるのか判断が難しいところである。SGI による CRAY 買収、Myricom のような WS/PC クラスタ用高性能 LAN の台頭、\$500 端末や TV-PC 融合の動きは何を物語っているのか。一方で、ベタ flops マシンプロジェクトの話が浮かんでくる背景は何なのか。いずれにしても、高性能計算 (HPC) 研究は一つのターニングポイントに来ており、これまでのように単純に研究費拡大というわけにはいかないであろう。本報告も、HPCC とその他というくくりでなく、情報と通信という視点で区分してみると、もう少しトレンドが明確になったのではないだろうか。

米国の政府出資の仕組みとして、トップダウン的政策とボトムアップ的研究提案がうまく協調しているという分析はまさにその通りと思う。さらに、DARPA のプロジェクトマネージャー制度や NFS 的なピアレビュー制度による短期研究評価と長期研究評価の棲み分け等、日本が学ぶべき点は多いと思われる。しかしながら、このような研究評価制度が機能している背景には、流動性の高い雇用関係、ミッション指向の業務体系、明確な個人の権限と責任といった米国の持つ社会的文化的要因も大きいと思われる。本報告の守備範囲ではもちろんないが、日本から、世界を動かすようなビッグサイエンスを発信したり、独創的な研究を推進させるためには単に制度の改革にとどまらず、「出る杭を生かす」ような風土作り、ひいては、「個性」を尊重するような教育制

度にまで踏み込む必要がある。

3. 民間への技術移転メカニズムについて

本報告の中で特に協調されていた事項の中に、「実用化研究への支援」がある。従来、大学での研究成果は「公開」が原則であったから、研究開発者へのロイヤリティの付与は180度の方向転換となる。しかしながら、この点ばかりが協調されすぎると本質を見誤る可能性があるかと懸念する。まず、第1に、大学研究の内、実用化に結びつく研究は極めて少ないということである。第2は、実用化研究は大学ではなく、ベンチャー企業として別組織で行なわれるということである。すなわち、少数の成功した研究者のビジネスをいかにして支援するかということがロイヤリティ付与の目的であり、これを持って米国の大学研究が変わったと結論づけるのは早急であろう。私自身は、米国の情報産業の強さは、やはり大学（non profit団体およびnot for profit団体）の持つ「公開性」にあると考えている。大学という公開の場で議論されるからこそ、新技術が生まれ、育成されるのだと理解している。

4. 注目すべき技術領域・研究プロジェクト

本章は、時間の都合上、個々の技術の紹介まではなされなかったが、報告書の内容は良くまとめられていると思う。以下、専門分野の立場から気づいた点だけ指摘しておく。

Hive computingは、MPPに代わるものとして紹介されているが、これは、CM-2、Masspar、n-cubeのように数千PE、数万PEからなる超並列マシンとは違うというように解釈すべきである。IBMのSP-2、IntelのParagon、日本のCenju-3、AP3000、SR2100といった並列マシンは実際にはhive computingにカテゴライズされるといって良いだろう。また、バークレー大学のNOWとプリンストン大学のSHRIMPは既存のWS/PCの利用を考えているが、スタンフォード大学のFLASH（magic chip）は専用のプロセッサボードを設計するための技術である。

Virtual factoryやtechnology CADと呼ばれている設計技術は今後大きな発展が期待できる領域の一つであろう。ただし、現段階では要求される計算量が巨大すぎて、実現できる範囲とのギャップが大きい。重要なテーマではあるが、半導体ビジネスとの関連が強いため、企業内研究向きテーマといえよう。研究の初期段階であれば研究組合のような形での研究推進も可能かとは思われる。

DNA computingに関しては、何故、ここで注目テーマとして挙げられたのか理解に苦しむ点がないわけではないが、インタビューされた研究（管理）者の分子生物に対する期待感がそれだけ高いということであろう。過去においても超伝導材料がブームになったことが何度かあったが、プロセッサ材料としては、コスト等の要因でシリコンの適応領域がさらに拡大しつつあるという

のが現状である。DNA computingは計算原理が従来型プロセッサと異なるという点では評価できるが、組み合わせ的検索が高速化できるというだけでは工学的価値はそれほど高くない。もし意味ある形で実用化されるとしたら、現在CMOSで実現されているような計算がより高速にできるということではなく、もっと質的に異なる計算（もはや計算と呼ぶような代物ではないかもしれない）が行なえる場合であろう。分子材料、遺伝子工学にはそれだけの魅力と可能性は確かにあると思う。

Human Interface/Intelligent Systemsにおいて、「知識処理」が不人気であるのは予想通りであった。「知識」そのものの「科学的研究」から「知識工学」にシフトした際に、顕著な功績を残せなかったことがその一因であろう。研究者の関心が「自然言語処理」、「音声認識」、「画像認識」といったヒューマンインタフェースにシフトしたのは当然の成りゆきと思う。ただ、調査資料2第Ⅲ章の表の中で、DARPAのプログラムの中にartificial neural network technologyが残っていることは意外であった。AIの下降とともに、NN研究も下火になったと理解していたが、DARPAのプロジェクトとして推進すべき研究課題が、まだ、残っていたということであろうか。少し気になるところである。

Communicationにおいて、高性能ネットワーク、モバイル、情報サービスが重要という指摘はまさにその通りと思う。電子通貨、セキュリティ、分散リアルタイム処理など解決すべき課題は多い。ただ、本報告ではどちらかと言えば要素技術の紹介が多いようである。情報技術の視点からの分析ということで対象からはずされているのかもしれないが、今後の通信技術の発展、ひいてはコンピュータ技術へのフィードバックの大きさを考える上で、「放送」と「通信」との融合あるいは相互乗り入れの影響は十分検討すべき課題と考えている。

5. プロジェクト分析

米国のホットプロジェクトを時間軸（stage of research）と技術領域（scope of research）の広さという2軸にマッピングする分析法は本報告独自のユニークな手法であり興味深い。このような軸による分類がどれだけの意味を持つかについてはあえてコメントを控えさせて貰うが、本報告が指摘する通り、米国における情報技術の活性化の原点は大学の「システム開発」への重点投資にあることは疑いの余地がない。大学でシステム開発が行なわれることは、産業界へは実用化へのスムーズな技術移管を大学サイドには、人材育成の機会提供、研究ニーズの明確化、技術の伝承および伝播をもたらす。残念ながら、現在の日本の大学でのシステム開発力は極めて脆弱であり、産業界からのニーズを満たすことは困難である。その要因として、大学自身が伝統的にアカデミック指向が強いということもあるが、博士課程学生が少ない、プロジェクトごとに研究要員を確保できない、講義コマ数が多いなど、様々な制度的弊害もあろう。

幸い、一部の大学では、米国型のシステム開発を目指す動きが始まりつつある。このような開

発体制は一朝一夕には構築できないと思われるが、情報技術の発展のために、是非とも実現して欲しいものである。システム開発力に関しては、国内メーカー研究所は米国大学以上の力を有しているが、人員規模、技術の公開性に限界がある。日本全体の情報技術のレベルアップにはより大きな人材プールでの技術の継承、伝播を支援する仕組みが不可欠である。そのためには、情報の公開が容易な大学での最先端システム開発の支援がもっとも早道と考えている。米国のように、「情報の囲い込み」を行なうのは情報公開が定着してからでも遅くはない。

委員分析5

1. 始めに

先端情報技術研究所からの委託によりアーサー・D・リトル株式会社が行なった「米国政府による情報技術研究開発運営の現状と技術開発動向」に関して、4月26日に行なわれた最終報告に基づき、

- ・米国の国としての研究投資方法に対するコメント
- ・米国と対比して日本における国家の研究投資

にかかわるコメントである。

2. 米国における国としての研究投資方法に対するコメント

ADLの報告の中でとくに目を引くのが、国が研究投資を行なう対象と実用化に対する考え方の違いである。米国では企業が技術を実用化できる技術を開発する段階まで、国が投資を行なっている。ただし、本当に商品化する段階では補助を行わず、最後の商品化リスクは企業に負わせている。技術が実用化される事で始めて研究投資が成功したと見做すためである。日本株式会社でなく、米国ベンチャー会社とでも言えるものだ。

「最後のリスクは自分で負え」「実用化される事で国民の利益となる」は、日本にも同じような理念はあるだろう。しかし、「実用化＝商品化」である事をはっきりと認識していると言う点が米国の特徴だと考える。更に、重点テーマ選定に関して、国としての統一見解を持ち、大枠での方向付けと方向の見直し、メンツに因われず行なわれていると言う印象がある。そう言った意味で、国としての方向付けと研究者からの提案がアクティブに行なわれているようだ。

通常、日本で考えられる「国が投資するのは、直接利益が見えないため企業が投資するのが難しい、長期・基礎研究である」との相違が目立つ。商用化を目前にするまでの間の研究援助方法が、具体的には良く分からない。

3. 日本における研究投資先と投資方法

日本において、国家が研究投資を行なう場合、投資の安全性や効果などの予見から、大企業や有名大学に投資が偏る傾向がある。しかし、大学はともかくとして、大手情報関連企業に対しての投資はあまり有効であるようには見えない。

なぜなら、

- ・年間数億円の研究投資は、大企業にとって大きなものとは言えない。
- ・投資が研究者に対するインセンティブとはならない。せいぜい、他の企業に対して、国が

補助を行なっているということにより、細かな優劣の決定が出来る事にしか役に立たない。

- ・（従来の）日本のプロジェクトにおいては、成果は紙(報告書)の上で出せば良く、実態を伴う必要がない。

などからである。

したがって、企業側には研究投資に対する緊張感は余りなく、ハングリーさが欠けているのではないかと考えられる。

一方、大学では、実用化が見えるようなテーマは選ばれない傾向が強く、そのテーマの成果が企業により実用化されるケースは、計算機技術関連ではあまり見受けられなかった。

日本の大学で、実用化に近いテーマが選択されないのは：

- ・実用化と言うことに、テーマとしての魅力を感じない
- ・実用化に近づけるための労力を割くだけのマンパワーがない

などだと考えられる。

大学で基礎的な研究を行ない、企業で実用化研究を行なうという分担がうまく働いているとも思えない。それは、企業への投資(補助金?)の財布と大学への投資の財布の出どころが異なるため、相互の投資に関連がなく投資効率が悪いことが理由だと思える。

4. 国としての目標設定方法

国として、研究を進めてゆく方向を定めるための手段を明確化することが、第一に必要とされる事である。例えば、米国の情報ハイウェイ構想を打ち出すには、技術的な裏付けと見通しが必要だったはずだ。そのような情報をどのように入手し、構成したのかを理解する事は国としての投資を考えると重要なことである。この点に関してADL調査に明確に回答がないのが残念である。

また、大枠の方向性が定まった後に、その方向性を個別のテーマにブレークダウンしてゆく手法は、トップダウンで出来る作業ではない。ここで言うトップダウンとは、(中央省庁+有識者)を指す。この点に関して、米国が複数の研究投資対象を競合させて成果を刈り取る方法を採用しているのは、最前に近い方法なのかも知れない。

5. ある情報系ベンチャー企業との会話

ADLの報告とは関係ないが、あるソフトウェアCAD開発のベンチャー企業の方から、求人に関する相談を受けた事がある。その内容は、「会社がある程度大きくなった段階で、大学卒の優秀な人材が極めて取りにくくなった」と言うのである。

理由は：会社が出来たての頃は、ある意味で創業者の片腕として会社に入社するので、やる気のある人間が取れる可能性がわずかながらある。しかし、100人規模程度に成長した段階で、悪く言えば中小企業と見做されてしまうため、有名大学卒の学生が見向きもしなくなってしまう。そう言った会社に求人に来る人間は、大手会社で先が見えて来た管理職など、バリバリの技術者と言うにはトウが立っている人だけになってしまう。以前に比べ、技術者の定住指向は弱まってはいても、大手指向が強い事を示している。

一方、投資をする側も受ける側も、従来の大型国家プロジェクトの枠から抜けていないため、こう言った会社が国から研究投資を受けるような仕組みは、今の日本にはない様に見える。

6. 日本としてすぐに出来る事

米国流の投資・開発スタイルがそのまま日本で有効に作用するのは不明である。しかし、最低限「公開の原則」は周知しなければならない。

たとえば、大学や、企業に対しての研究投資の結果を分かりやすく、入手しやすい方法で、公開する。学会発表などで、個別に公開されてはいるが、国の行なった研究投資という枠組でまとめて公表する事は重要である。

さらに、大枠の方向付けを行なうような重要な決定に関しては、決定前から広く内容を公開し、批判、意見を得るための体制を作る事。

成果の定義を見直す。実用化研究を重視することに対しては、異論が多いと思うが、研究のプロポーザルに対しての評価を行なうのと同様に、成果に対しての評価を行ない、広く公表する事が必要であろう。

企業においては、国からの委託研究内容を自社で利用することに対しての本能的な恐怖意識が存在する。これは、米国で「実用化されて初めて投資が回収される」との意識と根本的に異なるもので、「お上の金を使って懐を潤す」と言う事に対する罪悪感ではないかと思う。

この事は、国の態度だけではなく、国民的コンセンサスの問題なので、企業、(特に)大企業での実用化研究は苦しい内容になると思われる。

委員分析 6

(1) 報告では、アメリカの研究の評価は「商用化されたか否か」が非常に重視されているとのことである。これは、「技術は、実用化されて始めて公共の利益になる」という思想の反映である。これは、研究支援を行うスポンサー（納税者）にとって、非常にわかりやすい評価基準である。また、研究者にとっても、商用化されれば、研究者自身の利益にもつながることになる。

同様のことは特許制度にもよく現れている。先願主義をとる日本と欧州の国は特許制度が非常に似ているが、アメリカは長い間、先発明主義に固執し、そのため、特許制度の世界的な統一が行われていない。先発明主義は、発明者に対する利益が非常に高い反面、発明内容を秘密にする傾向が助長され、公開が遅れる傾向にある。従って、発明者の利益と公共の利益のバランスを考えた時、発明者に非常に偏った法制度になっている。

このような実用化を重視するアメリカの評価基準は、短期的に成果を出すという点では利点が多い。しかし、反面、基礎研究がおろそかになる、という危険がある。人工知能のブームが去ってから、「最近の人工知能研究はアメリカよりも日本の方が面白い」という声が聞こえるが、短期的な視野でしか、研究支援を考えないアメリカの欠点が現れているものと考えられる。

(2) 研究補助プログラムの審査・評価体制については、日米の相違が非常に大きい。というのは、アメリカでは、35歳程度のマネージャが研究補助金の分配についてかなり裁量権を持っているからである。これは、日本における補助金配分の審査体制とかなり異なる。

日本では、最近、情報処理分野について、いくつかの研究補助プログラムがスタートした。しかし、補助金額の高さから、応募が殺到し、審査がなかなか追い付かないようである。このような研究補助プログラムでは、書類審査の段階で、国立研究所や大学の研究者に採点を依頼しているようであるが、忙しい研究者が多く書類を渡されて、どこまで丁寧に審査できているか疑問である。実際、これらの研究補助プログラムについては、応募して落選した場合、どのような点で評価されなかったかの説明が全くない場合もあり、どのような採点基準が用いられたかも明らかでない場合もある。また、権威があって、ある程度の年齢の複数の採点者がつくことによって、個性的な研究は平均点が低くなり、無難な研究テーマが選ばれる可能性が高い。また、優秀な研究者を一定期間、ボランティアで審査に専念させるには無理がある。

アメリカの場合、35歳という若い年齢の研究者にマネージャをさせることによって、応募書類の中から新しい研究の芽を独断で発見し、伸ばしていくことが期待できる。

しかしながら、日本でアメリカと類似の制度を導入するには無理がある。日本では、アメリカほど研究者の流動性がないため、マネージャをしたことがキャリアとみなされず、研究者に復帰できない可能性があるからである。

(3) 米国では、NSFとDARPAが性格の異なる研究補助プログラムとして機能している。日本では、NSFと類似した制度が文部省の科学研究費であり、DARPAに似た制度がIPAの研究補助制度である。

文部省の科学研究費については、いくつかの問題がある。例えば、重点領域研究に採用されるために、多くの先生が参加した研究体制を組むことがしばしば行われている。多くの先生方の参加された研究チームでは、研究予算が個々の先生に分配されると、極めて少額になってしまい、予算があまり有効に生きてこない。また、これらの研究チームがあまり有機的に機能せず、個々の研究の進展には寄与したとしても、全体としては、ばらばらの成果でしかないこともあるようである。あまり人数の多い研究チームは、本来は分割して、複数の研究チームに重点領域予算をつけ、競争させることも必要だと思われる。

また、科学研究費においては、備品は購入できても、機器のレンタルは制限されるなど、非常に使い勝手が悪いことが問題である。その結果、古い機器が山積みされて有効に利用されない、という事態も生じる。

DARPAが長い歴史を持つのに比べて、わが国のIPAの研究補助制度は始まったばかりであり、その評価はこれからであるが、どこまで長期的に続く制度なのかは未知である。

(4) 日本の研究補助プログラムで問題であるのは、一度、当選してしまうと、その研究の中間段階や研究終了後の評価が適切になされないことである。補助金を出す前の審査と同様に、研究の中間段階や終了後の評価も丁寧に行うべきである。研究の中間段階で成果があがらず、最終的な成果も期待できないプロジェクトは補助の打ちきを大胆に行うべきである。

研究評価を行う場合、研究テーマによっては、論文数だけでなく、役に立つソフトが開発されたか、その分野でインパクトがあったか、など多角的な評価基準を用いる必要がある。

(5) アメリカと日本の相違で重要なことは、日本の大学や国立研究所の研究が実用化や商用化を重視していないということである。

その原因の一つは、研究予算が十分でないため、基礎的な研究しか行えないということにある。研究者に流動性があれば、会社で実用化研究を行った後で、大学で基礎研究を行うこともできる。しかし、現在の日本では、基礎研究や応用研究の役割分担が固定化されすぎていて、一人の研究者の視野が狭くなってしまいう傾向にある。

しかしながら、大学や国立研究所が民間会社と共同研究を行うことについては、問題が多い。例えば、(1)で述べたように、日本や欧州では、研究者が利益をあげるることについて、アメリカほど割り切った考えができないからである。

また、日本の大学や国立研究所で商用化を重視しない別の原因は、「実用化は企業がやるものである。大学や国立研究所は基礎研究をやる所である。」という役割分担論が強く主張されているからである。これは、ある点ではそのとおりである。しかし、この報告書でもあげられていたように、研究は、基礎研究、応用研究、実用化、の3段階で進展していくのではない。実際は、1つの研究分野が同時に進行し、各段階でのブレイクスルーがあって、互いの段階に影響を及ぼしながら研究分野全体が発展していくのである。その場合、効率良く互いの段階に影響を及ぼしあうためには、「良いアイデアを思いついた基礎研究者がスピンオフして、産業界に入る」ような人間の交流が活発であるか、または、「大学や国立研究所においても、商用化研究を積極的に行なう」などの発想が必要である。

(6) 報告書において、いくつかの研究プロジェクトを2つの基準 (stage、scope) で整理した点は大変興味ある分析である。ただし、scopeについては、少しわかりにくい点もある。例えば、「研究テーマそのものは幅の広いものではないが、応用範囲が広いため、その波及効果が非常に広く及ぶ場合はどうなのか」、「オリジナリティが非常にある場合と改良研究の場合を区別することはできるのか」などがあまり明確でない。他の整理の基準も必要なのかも知れない。

委員分析7

1. はじめに

これまで個人的にはNSFやDARPAに関して断片的にいろいろと聞いていたが、今回のADL報告書のように全体的にはとらえていなかったので報告書を読ませていただいて、とても参考になった。

以下では、2.で、「日本の情報技術を発展させるためには今何が必要か」に関して、公募型研究について私見を述べる。3.では今回の報告書の調査結果についてのコメントとして、今ホットな研究領域と、米国政府の研究開発姿勢自体についての客観性について述べる。

2. 日本の情報技術を発展させるためには今何が必要か

「日本の情報技術を発展させるためには今何が必要か」については、「政府として何をすべきか」という制限条件の上で考えると、提案公募型研究の促進ではないかと考える。報告書を読んでみて、アメリカのやり方は基本的にはそうではないかと理解した。報告書では、NSFでは unsolicited な提案が多く、それらはピアレビューによって採用されること、DARPA、DOE、NASAでは solicited な提案が多く、strong program manager 方式がとられている。solicited な提案の場合でも、4大機関が具体的なテーマを提示し、それを公募すると理解したが、いずれのケースにしても、研究者が公募し、それが、おそらくはフェアな過程を通して、テーマ採録決定が行なわれるという印象を受けた。

もっとも、昨年度から日本でもこのような方向での研究投資ははじまっている。NEDOの提案公募型研究、科技厅の戦略的研究（戦略的基礎研究推進事業）、IPAの公募などである。

NEDOは、1研究テーマあたり、5,000万から2億円であり、ちょうどNSFのピアレビュー方式と予算的に同額である。情報分野に限らず、医療などの計8分野での公募であり、約2,300件の応募があつて、そのうち105件の研究テーマが採録された。このうち情報分野は約10件であり、おそらく情報分野の予算小計は10数億円ではないかと推測される。（NEDOの公募には昨年度、第1次と第2次があり、上記は第1次に関するものである。第2次については、予算額は1件あたり、数千万円程度ではないかと思われる。また採録数については知らない。）

NEDOの公募型研究は、大学、国公立研究機関が対象であるが、おそらく規模としても日本ではじめてのものであったろうし、結構注目を集めた。私がNEDO公募について優れていると思う点は3つある。

一つは、NSF的なピアレビュー方式をとっていることである。大学からの提案は国公立研究機関の研究者が審査し、その逆に国公立機関からの提案は大学側が審査したが、このような、オー

ブな形での審査が行なわれたことはこれまで日本ではあまりなかったことではないかと考える。審査の公平性が確保されるならば、新規性に富む優れた研究テーマであれば採録される可能性は高いものとなるであろう。

一般に地方の県単位の研究機関ではその性質上、あまり先進的なテーマは取り組まれにくいですが、私の知るその種の機関の方も応募していることを知り、こういっては非常に失礼かもしれないが、とても驚いた記憶があり、それだけこの制度が好感と興味を持って受けとられた証左ではないかと考える。

二つめは、研究応募に関わるオーバーヘッドの少なさと、決定までの早さである。NEDOへの応募は確か昨年7月末で、決定は9月末であったとように記憶している。また公募のための書類準備も、それほどの負担とはならなかったが、これらの利点は、緊急性を要するテーマの立ちあげにとっては極めて重要なことであると考えている。

三つめは、ポスドク研究者の雇用など、研究人員確保の面での自由が、研究テーマ推進者に許されていることで、これは欧米では当たり前でも日本ではかなり革新的なことである。

逆に改善すればいいと思うことも三つある。

一つは、せっかくのいい制度でありながら、補正予算ベースではじまったことであり、制度自体にある程度の永続性が見えないことである。たしかに今年度もNEDO公募はあるが、ずっと額は減り、総額で25億円程度のはずである。来年度についてはどうなるのか、私はまだ知らないが、より恒常的な形での制度の定着を是非図るべきであると思う。

二つめは、単年度会計から来る制約である。これは国家予算である以上、仕方がない面もあるが、NEDOの第1次募集分については、変則的ではあるが、予算執行は2年にまたがることを許されているので、もし提案公募制度の定着化を図るならば、この点の改善は必須であると考えている。

三つめは、これはNEDOのせいではないが、ポスドクなど、研究者雇用の難しさである。日本人でポスドクをとろうとしても、なかなかいい人がいないというのが現状である。インターネットで募集を行なっても、私の経験では、中国、ロシア、イランが多く、しかもその大半がドクタをとったばかりで、生まれた本国では就職先がないから応募したという形であり、そういう人たちが果たして即戦力となりうるかは疑問である。欧米からの応募というのは極めて少ないが、かといって特にヨーロッパでは、研究ポジションが決して豊富なわけではない。そこで、ある程度国家的なサポートとして、人材データベース的なものがそろえられれば、いざ研究テーマがたちあがったときなど、極めて有効ではないかと考える。

以上をまとめると、NEDOが最初となった提案公募型研究は、審査の公平性、立ち上がりの早さ、人材雇用の面で優れたところがあるが、それを生かすためにはある程度NSFなどのように恒常的な形での制度定着を図り、予算執行についても余裕を残すべきである。またポスドク採用などについて、人材データバンク的なものを組織的に整備することなども重要であると考えている。

3. 報告書の調査結果について

私は、この報告書を読んで、さらに是非知りたいと思ったことは、米国政府の研究投資自体が、米国産業界全体から、どのように評価されているかということである。米国政府の研究投資は、米国全体の総額の3%にすぎないわけで、果たしてこの程度の影響力で将来の研究シードの育成なりを有効にやっけていけているのであろうかが知りたい。

日本でも通産省主導で情報産業界を引っ張るという図式が成立していたのはかなり前のことであると思われるが、これだけ変化の速い現在では米国政府の投資自体も、産業界への影響力という点では低下しているのではないかと考える。そのように私が思ったのは3章の、現在ホットな研究分野のところである。これは「米国政府が研究投資対象とするところ」の「現在ホットな研究分野」であるような印象を受けた。つまり、現在の、産業界を含めた世の中の最前線とはいささか距離があるような気がした。

4. おわりに

私のコメントを要約すれば、NSFのピアレビュー的な公募型研究の制度的定着を国として図るべきであるが、国によるホットな研究領域の設定は、現在のように変化の激しい世の中ではなかなかトップダウンには行かないものであると考える。ボトムアップな斬新な研究提案をただちに吸いあげ、実行に移すだけの制度を作りあげれば国としてやることは十分であると思う。それだけでも十分に研究者の意欲は活性化されるものとする。

委員分析 8

日本ではインフラというとすぐに情報インフラに注目しがちであるが、過去10年余の間アメリカでは次に説明する6つのインフラに関して次々と整備してきている。アメリカで議論／実行されてきたこれらの6つのインフラ整備を、日本でも議論し同様なプロセスを踏まなくては行かないだろう。つまり、日本で快適な情報ネットワーク社会あるいはサイバー社会を向かえるためには、少なくとも6つのインフラ整備を早急に具体化していくことが必要である。

6つのインフラとは、法律・政策・税制・教育・NFPO・情報インフラを指す。

1) 法律上のインフラの整備

- a) 情報公開法：Freedom of Information Act、最近では1995年7月のElectronic Freedom of Information Act: s1090、アメリカでは1991年7月10日付けの文書"A Citizens Guide on Using the Freedom of Information Act and the Privacy Act of 1974 to Request Government Records"に詳しく示されている。"need to know"スタンダードから"right to know"スタンダードへシフトし、個人が政府のレコードを調べることができるようになった。逆に政府が秘密にしたい事項は理由付けが必要になったが、大統領の特権で情報公開法から除外できる。プライバシー法と情報公開法とは相反するところもあり、慎重に検討されている。EFOIAの目的はデモクラシーの向上と各省庁が持っている情報を最大限にビジネス・研究・教育に活かすことができるところにある。
- b) 知的所有権法：Intellectual Property Rightなどの整備が早急に必要である。米国では、patent reexamination reform act of 1995、inventor protection act of 1995、その他数々の知的所有権に関する法案を作り出してきている。United States Intellectual Property Organization Act of 1995 [H.R.2533]やFederal Technology Commercialization and Credit Enhancement Act of 1995 [H.R.80]などはたいへん興味深い法案である。

2) 政策上のインフラ（一連のCompetitiveness actなど）の整備

世界マーケットで自国の競争力をどのように付けるかまたは向上させるかは重要な案件であるが、各方面の専門家と各省庁の横断的な手腕と強力な指導力が必要である。世界戦略を考慮に入れた政・産・学・官の緻密な連携が必要である。

3) 税制上のインフラ整備

情報ネットワーク社会構築を念頭に税制上の優遇措置を早急に整備する必要がある。通信機器の原価償却が10年では外国と対抗できない。Not-For-Profit-Organizationなどの税の優遇措置は必ず必要である。

4) 教育上のインフラの整備

教育上のインフラ整備は一番重要なものであり、また、6つのインフラ整備の中で最もお金と時間がかかる。コンピュータ（道具）がいかにか発達しても人間が道具について行けなくては、コンピュータもゴミとなってしまう。情報社会における読み書きソロバンや知的所有権、あるいは情報ネットワーク社会におけるルール（ネチケット）等の知識を我々は身につけておく必要がある。義務教育において知的所有権（パテント等）の訓練は国際社会において必修科目である。

5) 民間ボランティア組織（NFPO）のインフラ整備

米国ではDISA、AIIM、EMAのような非営利団体（not-for-profit organization）の組織が企業・大学・政府機関の要（かなめ）となってエレクトロニックコマースの普及に弾みをつけてきている。政府指導でない非営利団体組織は日本にとって必要不可欠である。例えば10年目を迎えたDISAの組織団体はEDIを中心に拡大をし続け現在800以上の団体会員を抱えている。DISAの組織はASC X12やEDIFACTやUN/EDIFACTの標準化に貢献してきている。DISAを中心としたエレクトロニックコマースの標準化に日本の標準化団体や企業が参加していないのは、後に問題になってくるだろう。米国政府の意向がDISAの活動に強く影響するかどうかという質問に対して、DISA理事長のカダレット・ロジャー氏は“DISAのメンバーに登録されればたとえ米国政府の1機関であってもDISAの1メンバーにすぎない”と語った。米国ではDISAのような非営利団体組織がリーダーとなって、政府および業界を引っ張ってきている。別の言葉でいうとDISAでは関係諸団体が、その非営利団体組織のなかでエレクトロニックコマースにおける標準化（ASC X12やEDIFACTおよびUN/EDIFACT）およびビジョン作りを行なってきた。米国では中小企業活性化のために政府の援助でECRCセンターが11カ所設立された。中小企業がエレクトロニックコマースへスムーズに参入できるように設立された非営利の支援団体である。エレクトロニックコマースに関して非営利団体組織で最も成功している例は、OCLCであろう。1967年に設立されたOCLCの組織は現在世界の63カ国にまたがり、2万1千以上の電子図書館にサービスを供給している。文字情報だけで14テラバイトのデータベースをかかえている。電子図書館の標準規格である、Z39.50の電子図書館サーバーのソフトウェアをOCLCは世界へ供給し始めた。日本では電子図書館の世界標準規格であるZ39.50がほとんど知られていないのはどうなっ

いるのであろうか。

DISA : data interchange standard association (1987年に設立された非営利団体で、現在800以上の団体会員を抱え教育に力を注いでいる。特にASC X12、Pan American EDIFACT Board、UN/EDIFACTの標準化の重要な拠点である。詳しくは：<http://www.disa.org/>)

AIIM : association for information and image management (現在600以上の団体会員を抱え、50年にわたってドキュメント管理に力を注いでいる非営利団体である。詳しくは、<http://www.aiim.org/>)

EMA : electronic messaging association (安全でグローバルなエレクトロニックコマースに力を注いでいる非営利団体である。詳しくは、<http://www.ema.org/>)

ECRC : electronic commerce resource center (中小企業がエレクトロニックコマースに参入支援するために設立された非営利団体、米国に11カ所の団体がある。)

OCLC : online computer library center (詳しくは、<http://www.oclc.org/>)

最後に

6) 広域ネットワークの情報通信インフラ整備 (National Information Infrastructure : NII や Global Information Infrastructure : GII)

この善し悪しが、今後の国の競争力に強く影響してくる。米国では、世界戦略を念頭に先に述べた5つのインフラを整備しながら情報通信インフラの整備に怠りはない。政府の役割で重要になってくるのが電子図書館の整備であり、各省庁が持っているデータベースの構築と電子アクセスは必須事項である。例えば、特許情報などはインターネットでリアルタイムに今日付けの特許情報をアクセスできないと意味がない。www.loc.govまわりの膨大なデータベースを日本は学ぶべきである。官邸に載せてある外務省のホームページなどは典型的な例で、ネットワーク社会の常識を理解していない。外務省とは外国に対する日本の窓であるべきであるが、自らのドメインあるいはサーバを持たないことは、日本のネットワーク社会への取組を露呈しており、たいへんまずい事態である。

米国では、政治家の仕事は法律を作り、国家のビジョンを創造することである。国民は上院・下院の法案を見ることによって、情報をシェアできる。

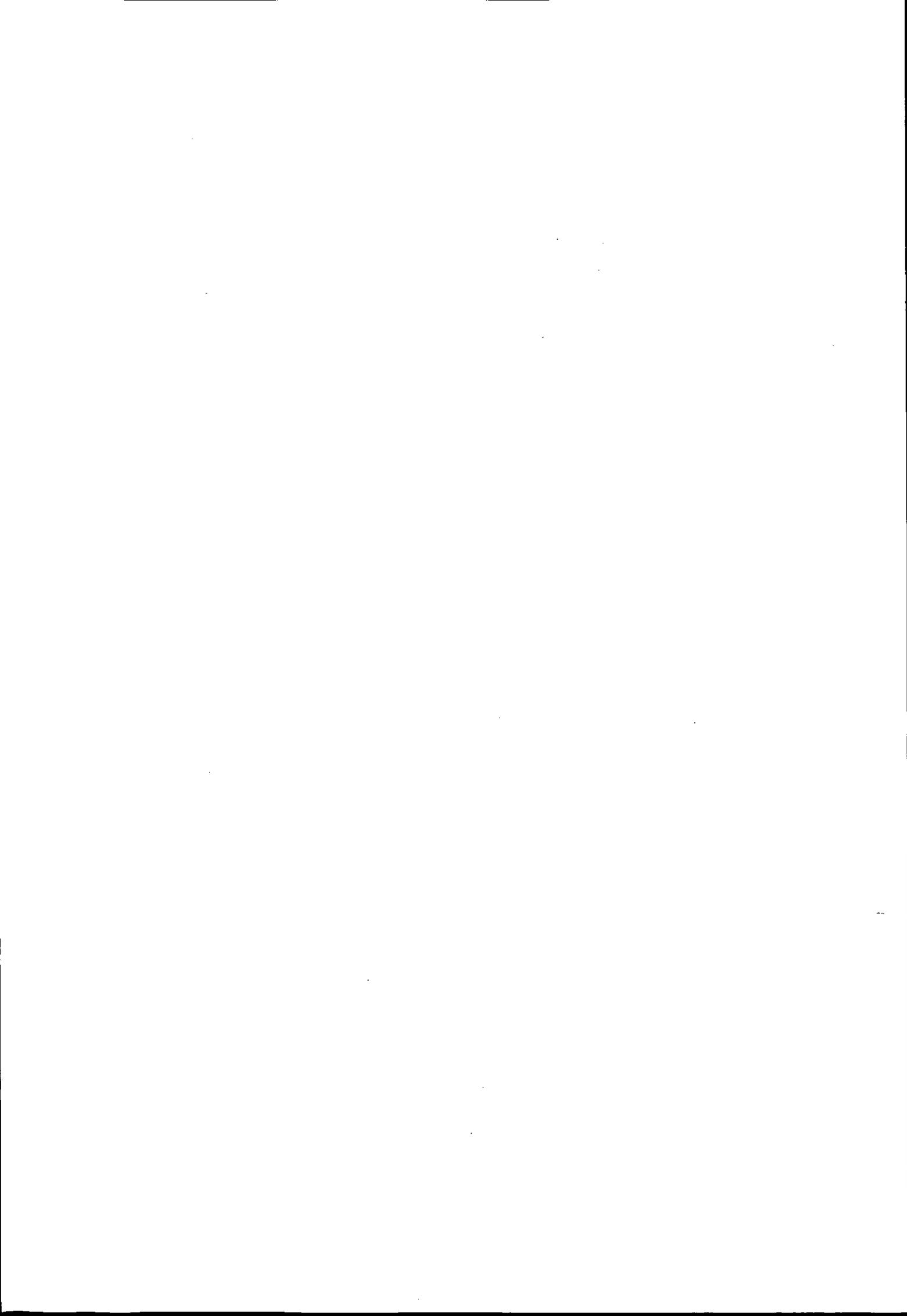
米国の国会で最近議論されている項目を整理してみると、以下のとおりである。

Abortion	Hazardous substances
Aged	Health policy
Agriculture	Higher education
Air pollution	Housing
Budgets	Humanities
Business	Immigration
Children	Intellectual property
Civil liberties	Intelligence activities
Congress	International affairs
Constitution	Job training
Consumers	Labor
Criminal justice	Law
Defense economics	Marine resources
Defense policy	Medicine
Drug abuse	Politics and government
Economic policy	Public contracts
Educational policy	Public lands
Elementary and secondary education	Science policy
Energy	Social security
Environmental protection	Solid wastes
Executive departments	Space activities
Families	Sports
Finance	State and local government
Food	Taxation
Foreign aid	Telecommunication
Foreign policy	Trade
Government employees	Transportation
Government information	Urban Affairs
	Veterans
	Water pollution
	Water resources
	Weapons systems
	Welfare

<参考文献>

1. CALS 産業革命 (花田・武藤・菊田 ジャストシステム、1995年)
2. 情報インフラの課題は何か (武藤佳恭 ダイアモンド社・ハーバードビジネス、pp10-12、Aug/Sept 1995)
3. 電子社会に備えよう (武藤佳恭 PC WORK!、Jan-June 1996)
4. インターネットの光と影 (武藤佳恭 読売新聞 1996年1月1日付)
5. 電脳遷都 (武藤佳恭 読売新聞 1996年1月10日付)
6. 高収益企業のための情報戦略 (武藤他 ダイアモンド社、1995年)





本書の全部あるいは一部を断りなく転載または複写（コピー）することは、
著作権・出版権の侵害となる場合がありますのでご注意ください。

米国の先端情報技術に関する調査研究

©平成8年3月発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会

先端情報技術研究所

東京都港区芝2丁目3番3号

芝東京海上ビルディング2階

TEL (03) 3456-2511

