

資料

エキスパートシステム評価に
関する研究開発

~~持出禁止~~

平成元年3月

JIPDEC

財団法人 日本情報処理開発協会



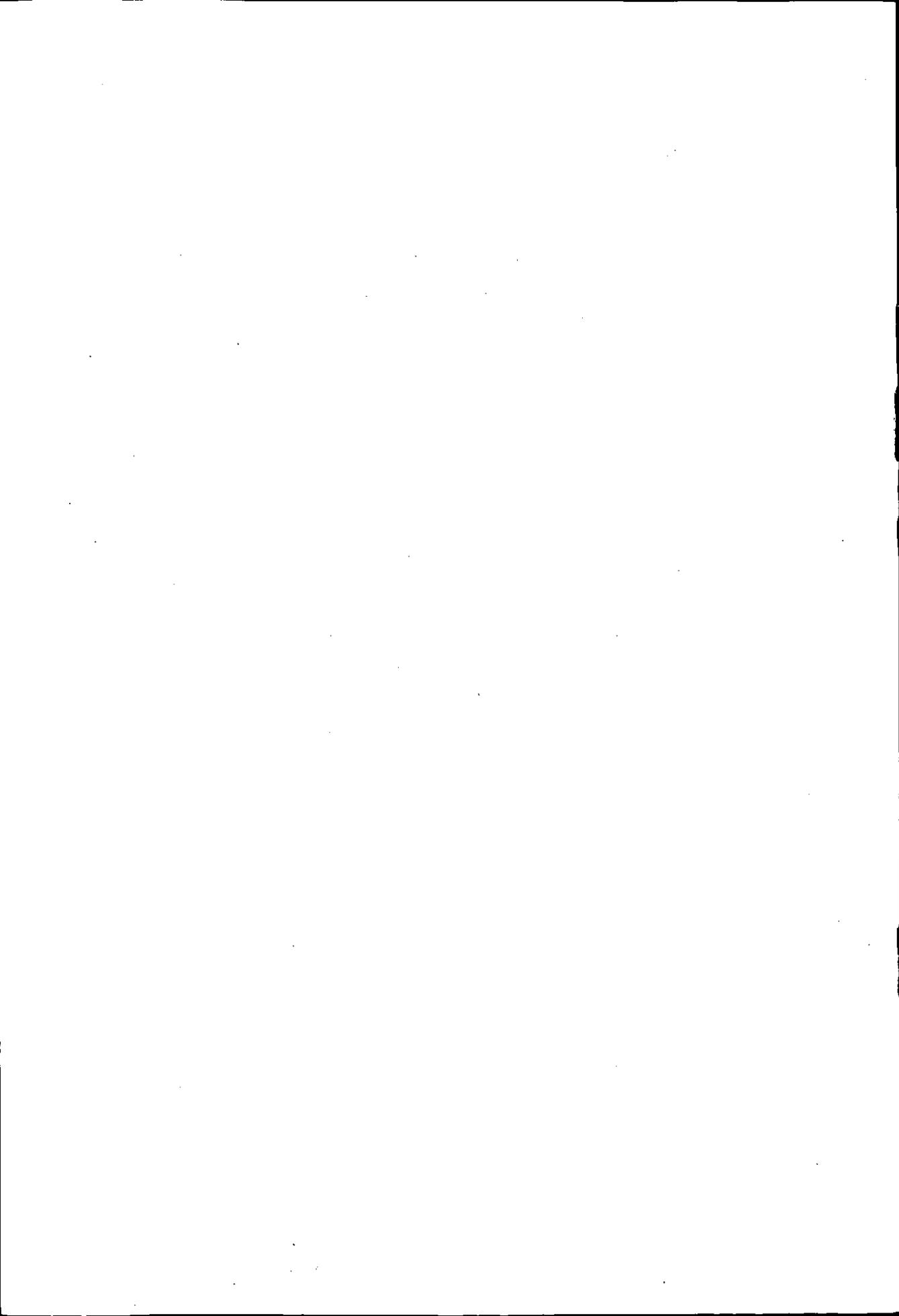
EC

1
3

本書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部
である機械工業振興資金の補助を受けて昭和63
年度に実施した「エキスパートシステム評価ガイ
ドラインの研究開発」として、実施した内容及取
集した主要な資料をとりまとめたものです。

目 次

1. 研究開発の目的	1
2. 実施内容の概要	2
3. 実施内容の詳細	3
3.1 ESの構築実験	3
3.2 英国調査	4
3.3 第1次米国調査	5
3.4 第2次米国調査	5
3.5 国内ユーザ訪問調査	6
3.6 エキスパートシステム評価ガイドライン研究委員会	7
付録 英国調査	
A. SD (Systems Designers) - Scicon	11
B. ロンドン大学 Birkbeck カレッジ	23
C. 英国国防省	31
D. Brunel 大学	39
E. 王立ガン研究財団 (ICRF)	47
F. Ernst & Whinney マネジメント・コンサルタント	53



1. 研究開発の目的

近年、わが国においては、人工知能の研究成果を踏まえて、多数のエキスパートシステム（以下ESという）が開発・導入され、既に一部実用に供されるようになってきた。

ESは、専門家の知識を整理して蓄積した知識ベースそのものがシステムの能力に大きく影響を及ぼす。同一の問題であっても、利用する知識ベースが異なると、それから得られる解答が異なったものとなる可能性がある。このようなことは、従来の情報処理システムには起り得ないことである。このため、ESにおける問題解決の根拠となる知識ベースの正当性を評価する方法の確立が求められるようになってきた。特に、ESの本格的普及に先駆けて、その評価ガイドラインを作成しておくことは、導入後の種々の問題の発生を回避することからも、また技術アクセメントの面からも重要である。

本プロジェクトは、システム監査的視点からESの開発や活用における評価のためのガイドラインを提案するものである。

2. 実施内容の概要

まず始めに、研究開発の基本方針として、E S 評価の研究開発のフレームワークを以下のように作成した。

- ・ E S 開発・導入の実態調査
- ・ E S の評価の現状調査
- ・ E S 構築実験
- ・ E S 評価関連の文献調査
- ・ E S 評価ガイドラインの検討・原案作成
- ・ 研究委員会の設置と検討事項

次に、内外の実情、文献の収集・分析、研究委員会による検討、E S の構築実験など具体的な実施方法を定めた。

E S の開発及び評価の実情調査については、国内のほか海外については、英国、米国を対象に実施した。国内は、新日本製鉄㈱等10機関を調査した。国内の実用化版E S の実態調査を通して、現段階でのE S は専門家支援の位置付けであり、まだ専門家を代行するに至るシステムは存在していないことが判明した。英国については、㈱オーディエスを通じて英国の調査機関OVUM社に作業を依頼し、System Designers 社等6機関の調査を行った。また、米国については、昭和63年8月及び10月にそれぞれ調査員を派遣して、テキサス大学等12機関を調査した。これらの海外の調査を通して、ビジネス用E S は、着実に浸透して、従来の情報処理の上位機能として位置付ける傾向にある。また、先進的な研究機関では、従来の経験的知識ではない、対象モデル、定性方程式等、より深い知識の研究と高次推論の研究が活発に行われている。

研究委員会については、「エキスパートシステム評価ガイドライン研究委員会」を設置し、評価方法の考え方について研究と討論を進めた。

また、E S 構築実験については、メンタルヘルスシステムにおける組織プロフィール解説エキスパートシステムを㈱日本生産性本部の協力を得て、構築実験を進めた。

3. 実施内容の詳細

3.1 ESの構築実験

メンタルヘルス診断システムが組織処理を行って出力した各尺度の偏差値をデータとして入力し、解読して、その企業体組織の状態を把握するための文章形式でのアドバイス文を生成するプロトタイプ版ESを構築した。

メンタルヘルスシステム自体は、プライバシーを重視して個人単位に行う処理と、企業組織としての活性度を見る組織処理、そして因子分析や判別分析等の実験処理を行う3つの機能から成っている。

今回開発したプロトタイプ版ESは、そのうちの組織処理の出力データを解釈するESである。

構築実験を通じて、ES開発に対する、以下に示す体験や成果が得られた。

① テーマ選定を適切に行うことの難しさ

ESとしての期待される効果を予め把握することが大切である。

② 専門家から知識を獲得することの難しさ

知識を専門家から獲得するのは非常に大変なので、専門家自身が知識を整理するのを支援するツールが必要となる。

③ 実用化するためには、既存システムとの統合が必要だ

ES自体の構築にはそれほどのマンパワーを必要としないが、既存システムとの統合に要するマンパワーはかなり大きい。

④ ルール数の拡大の困難さ

データの異常値や良好な状態を把握するルールに関しては比較的容易に知識獲得ができるが、取りたてて特徴のないデータをいかに解釈するかルールに関しては、きめ細かい解釈をする種々のルールが必要となり、知識獲得が容易ではない。

3.2 英国調査

英国調査では、(株)オーディーエスを通じて英国の調査機関OVUM社に調査作業を依頼し、英国におけるエキスパートシステムの評価の現状について調査した(付録に詳細を掲載した)。

(1) 調査期間

昭和63年6月13日(月)～8月15日(月)

(2) 調査対象機関

- ① SD (Systems Designers) - Scicon
- ② ロンドン大学 Birkbeck カレッジ
- ③ 英国国防省
- ④ Brunel 大学
- ⑤ 王立ガン研究財団 (ICRF)
- ⑥ Ernst & Whinney マネジメント・コンサルタント

(3) 調査結果

以下に、調査結果を簡条書きで示す。

- ・SD-Scicon社がESの品質を保証するために採用している手法の要諦は、KVT (Knowledge Verification Template, 知識検証母型) と呼ばれる知識を記録するための母型構造を使用している点にある。
- ・CSA (Computing Services Association, 計算サービス協会) のワーキング・グループでは、ESの品質保証のためのガイドラインを作成中である。
- ・GEMINI (Government Expert systems Methodology Initiative) プロジェクトでは、ES開発方法論及びツールセットの研究開発を行っている。
- ・ロンドン大学では、「ルールベース・システムの完備性及び一貫性の検証」の研究を行っている。

- ・英国国防省では、ESに対し、従来ソフトウェアの品質保証技術の適用を試みている。
- ・Brunel 大学では、知識獲得方法論を開発している。
- ・王立ガン研究財団（ICRF）では、OSM（Oxford System of Medicine）と呼ばれる野心的なESを開発している。
- ・Ernst & Whinney 社では、Stagesと呼ばれるES開発方法論を開発し、実用的に使用している。StagesはGEMINI プロジェクトの有力なたたき台である。

3.3 第1次米国調査

第1次米国調査では、AAAI（The American Association for Artificial Intelligence）主催の第7回全米人工知能会議に出席し、ESに関する最新技術を調査した。

(1) 調査期間

昭和63年8月21日（日）～9月3日（土）（14日間）

(2) 調査員

金剛寺英雄（開発研究室主任部員）

(3) 調査対象機関

- ① 第7回全米人工知能会議（AAAI '88）
- ② DEC（Digital Equipment Corp.）
- ③ テキサス大学
- ④ カーネギー・メロン大学
- ⑤ MIT（マサチューセッツ工科大学）

3.4 第2次米国調査

第2次米国調査では、ES評価事例と、ES開発でのボトルネックである知識獲得について、主として調査した。

(1) 調査期間

昭和63年10月24日(月)～11月6日(日)(14日間)

(2) 調査員

鍛治勝三(開発研究室専任調査役)

(3) 調査対象機関

- ① PLS社(Phase Linear Systems Inc.)
- ② NIST(National Institute of Standards and Technology)
- ③ DEC(Digital Equipment Corp.)
- ④ Honeywell社
- ⑤ テキサス大学オースチン校
- ⑥ SRI International
- ⑦ Neuron Data社
- ⑧ ワシントン大学
- ⑨ BCS(Boeing Computer Services)

3.5 国内ユーザ訪問調査

国内でESを開発し、使用している先進ユーザーを訪問し、ESの評価の現状についてヒアリング調査した(本調査は、AI振興センターに協力して行った。)

(1) 調査期間

昭和63年12月12日(月)～26日(月)

(2) 調査対象機関及び調査対象ES

- ① ㈱日本社会医療研究所
ES名: 張仲景(漢方診断)
- ② 日揮(株)横浜事業所
ES名: プラント関連法令業務支援エキスパートシステム(EXPLAW)
- ③ 日産自動車(株)中央研究所

ES名：車室内レイアウト設計支援システム

- ④ カヤバ工業(株)技術研究所

ES名：油圧回路設計支援エキスパートシステム(OHCS)

- ⑤ キヤノン(株)情報システム研究所

ES名：レンズ設計支援システム(OPTEX)

- ⑥ 三井銀行事務センター

ES名：オンライン・バンキング・システムの障害対策支援システム
(ESCORT)

- ⑦ 花王(株)情報科学研究所

ES名：生産計画立案エキスパートシステム

- ⑧ 東京電力(株)システム研究所

ES名：機器の保守教育支援システム(ADVISOR)

- ⑨ (株)住金物産：合成樹脂事業部，(株)エスビックス

ES名：デッキ材コンテナ積み支援システム

- ⑩ 新日本製鉄(株)君津製鉄所

ES名：高炉操業支援エキスパートシステム(ALIS)

3.6 エキスパートシステム評価ガイドライン研究委員会

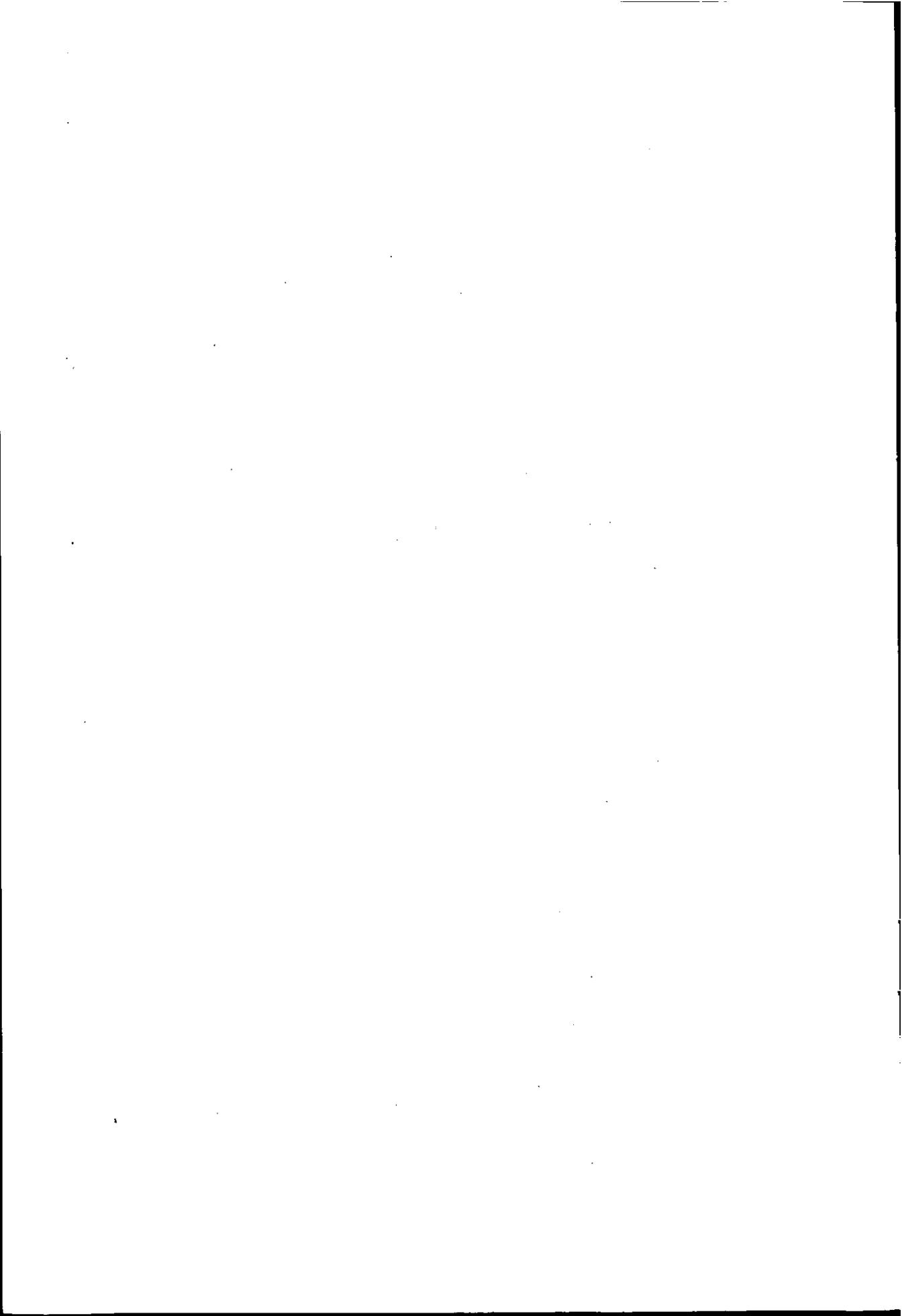
本委員会は、エキスパートシステムの評価の現状、評価基準(案)の検討、本プロジェクトへのアドバイスを目的に設置し、本年度は平成元年1月18日、2月15日、3月15日に開催した。

<委員会の構成>

宇佐見 仁 英	富士通(株)科学システム部
荻 野 徹	三菱電機(株)情報電子研究所
小林 慎 一	(株)三菱総合研究所 情報開発部
末 田 直 道	(株)東芝 システム・ソフトウェア技術研究所

安藤 明 株式会社石油産業活性化センター AI研究室
山本 欣子 株式会社日本情報処理開発協会

付 録 英 国 調 査



A. SD (Systems Designers) - Scicon

SD (Systems Designers) - Scicon

人工知能ビジネス・センター (AIBC)

コンサルティング・グループ・ビジネス・マネジャー

Gary Born

1. 要 約

- Born氏の主要な関心は、エキスパート・システム (ES : Expert System) 開発過程での品質保証 (QA : Quality Assurance) の側である。
- 同社が採用しているQA手法の要諦は、KVT (Knowledge Verification Template, 知識検証母型) と呼ばれる知識を記録するための母型構造を使用している点である。作成されたKVT集は、ESを構築する前に、専門家から獲得した知識に対する妥当性検定を行う際に使用される。その際には、ESを開発するのに、進化型プロトタイピング方式が採用される。そして、KVT集は、中間段階のプロトタイプや、最終システムに対するテスト・ケース群を生成するための基盤としても使用される。
- QA手法を支援するツールはまだない。
- CSA (Computing Services Association, 計算サービス協会) のワーキング・グループでは、ESのQAのためのガイドラインを作成中であり、今年末に出版する予定になっている。
- SD - Scicon社はGEMINI (Government Expert systems Methodology INitiative) プロジェクトの主導的な契約業者である。

GEMINI プロジェクトは、政府機関や産業界で使用される標準を勧告する英国政府機関である CCTA (Central Computer and Telecommunications Agency, 中央コンピュータ電気通信局) の要請を受け、ES 開発方法論及びツール・セットを研究・開発する共同企業体によって、着手された。この研究の成果は、1990年に利用可能である。

2. 職 歴

2.1 過去の職歴

- Born氏は、15年間、ソフトウェア会社で働いており、ソフトウェア工学を応用して開発された従来型システムの検証及び妥当性検定 (V & V : Verification and Validation) に対し、かなりの経験を積んでいる。
- 過去5年間、彼はESの分野で仕事をした。彼は、SPL社 (Systems Programmers Limited) でQA責任者になった。(SPL社は、Systems Designers社に吸収されるまでは、高度なソフトウェア開発での先端企業であり、現在は、SD-Scicon社の一部門である。) 彼は、SPL社でESのQAマネジャーとして、QAの経験を活かして、ESを作成した。彼は、ESを作成したこの個人的な経験が、ES開発標準を考える際に非常に役に立ったと確信している。
- 3年前に、彼は、SD社のシェル・ツールであるSD-Advisorの製品マネジャーとなった。1年前に、彼はコンサルタント業務を管理する現在の役職についた。
- 彼は、しばらく、SD-Scicon社の米国事務所でコンサルタントとして働き、そこで、知識獲得トレーニング・コースの講義をしていた。
- 1983年、彼はソフトウェア品質の管理に関するIEE (The Institution of Electrical Engineers) 主催のセミナーに論文を提出した。

- 1986年の初めに、CSAはES開発におけるQAを検討するワーキング・グループを設定し、Born氏をそのWGの主査として要請した。

2.2 現在の仕事

- SD-Scicon社人工知能ビジネス・センター(AIBC: Artificial Intelligence Business Centre)のコンサルティング・グループは、クライアントのための実務的な仕事に関係しており、研究は行っていない。このグループは、各種のフィジビリティ/オポチュニティ・スタディ、コスト効用分析、そして実際のES構築の仕事を行っている。
- 開発に25人・年以上も必要とするESの構築に成功した。
- CSAのWGは、まだ公には公開されていないが、ガイドラインの暫定版を出版した。しかし、完成版は、今年の終りまでには報道機関に対して配布されるであろう。
- Born氏はこのWGの成果を1988年6月に開催された第4回 International Conference on Expert Systemsに投稿した(1)。そして、彼は、今年末に英国のBrightonで開催されるUK Expert Systems '88コンファレンスで品質に関する特別なイベントを設けることを計画している。

3. 妥当性検定の考慮事項

3.1 妥当性検定での重要な考慮点

- Born氏は、最初に、我々は“Validation”という用語をどんな意味で使うかをはっきりさせることを望んだ。彼の定義では、“Validation”とは、作成されたものが、クライアントがシステムに対して期待したことを満足させることを含め、クライアントが要求したことと同じであるかどうかをチェックする活動である。逆に、“Verification”は、

工程間及び工程内での内部的な一貫性及び正当性を証明する過程である。

- (以後では, “Validation” を“妥当性検定”, そして, “Verification” を“検証”と和訳することにする。)
- これらの定義は, 従来型のソフトウェア 開発に適用されるこれらの用語の理解と一致する*。本インタビューでは, ESの妥当性検定及び検証(V&V)の両方を対象とすることに, 同氏は同意した。
- ES妥当性検定固有の致命的な重要な考慮点は, 非口頭的なコミュニケーションでの情報の獲得及びその理解であると, 彼は考えていると述べた。従来型コンピュータ・システムの仕様は, 言葉で表現することができる。たとえ仕様が図あるいは形式論理で書かれていたとしても, 仕様を言葉で表現することができる。
- ESは, 言葉で表現することのできない領域での人間の活動を対象としている。例として, 彼は, 医師が患者に与える助言を取り上げた。助言を与える際の医師のボディ・ランゲージは, 患者が助言を受け入れるかどうかに関して重大な役割りを演じる。助言が患者によってフォローされるためには, 助言が信頼できなければならない。ユーザがESを信頼できないと思った場合には, ESのその他の側面がどんなにテストされ, 正しいことが証明されても, そんなことには無関係に, ESは使われない。
- V&Vに対するその他の考慮点に関しては, ESと従来型ソフトウェア

〔訳注〕* : ソフトウェア工学では, “Validation” は“妥当性検査”と和訳され, 「ソフトウェア開発過程の最後に, 出来あがったソフトウェアが要求事項に従っているかどうかを確認するためにソフトウェアを評価する過程」と定義している。

一方, “Verification” は“検証”と和訳され, 「ソフトウェア開発サイクルの所与の過程での成果が, その前段の過程で確立された要求事項を満たしているかを決定する過程」と定義している。

ア・システムとの重大な違いがないと、彼は確信している。その他の考慮点は、一貫性、完備性* (completeness),そして、制御の複雑性である。特に、すべてのプログラム・パスをチェックするのが不可能であるような極度な複雑性を内在する確立された分野としてリアル・タイム・シミュレーションを、彼は指摘した。彼は、ES開発者はシミュレーション・プログラムがどのようにして妥当性が検定されているかを調べ、知識を得るとよい、と示唆した。

- ES開発で進化型プロトタイピング方式を採用した場合の妥当性検定に影響を及ぼす考慮点は、プロトタイピングがいつ完了するかを決定する点である。ある段階にあるプロトタイプを凍結させ、それを仕様とし、最終製品をテストする際の拠所として使用する。この仕様化段階に到達した後では、開発サイクルの残りの段階においては、従来型のソフトウェア工学のV&V技術を使用すべきである。
- 別の考慮点として、統合化 (integration) がある。コンピュータ・システムのある部分とESとのインタフェースを厳密に定義し、構築することに対し、ES開発者は重要視していない。

3.2 適用領域からの要請

- Born氏は、適用領域固有の考慮点はあまりないが、ESが使用された場合のシステムの致命度について考慮する必要がある、と感じている。
- 人命に係わる適用領域でESが使われる場合には、ESが助言者として使われるのに比べ、より厳格な妥当性検定が要求される。
- リアル・タイムの適用領域にESが使われる場合には、効率性及びガーベージ・コレクションが妥当性検定での重要な考慮点となる。ES

〔訳註〕* : ESの場合には、正しいものすべてが導出される度合である。

の実行中に、探索木を生成するので、ESは動的に大量のメモリを必要とする。ESが結論に到達した際には、この大量のメモリはゴミとなり、開放することが可能となる。リアル・タイム・システムの場合には、このゴミを回収する効率的なアルゴリズムが本質的な考慮点である。彼の経験によれば、リアル・タイム・システムは制御以外の対象を監視するのに使用されている。

- 英国政府がソフトウェアに適用できるように消費者保護法を拡張しているが、そのインパクトが何であるかはまだはっきりしないが、産業界の人々の大半は判例（Test Case）を待っているように見える。この法律は、ソフトウェア開発者に対し、製品が正しいことを保証するために最善を尽くすことを要求しているように思われるが、ES開発での最善を尽くすための承認された標準はまだ存在しない。
- 対象とする専門家の経歴が、知識をどのようにして獲得して、妥当性検定のために、どのようにして獲得した知識をその専門家に戻すかのやり方に対し、影響を与えることになる。Born氏が一緒に働いた医師達は、抽象概念を理解することに困難を感じておらず、そして、一緒に働いたコンサルタント達は、すべての事項を具体的な用語で説明することができる。

4. 妥当性検定の手法とツール

4.1 手 法

- SD-Scicon社はES開発に適用するQAの手法としてチェック・リストを持っている。図1にそのチェック・リストを示す。
- 知識引出し（Knowledge elicitation）の期間中、妥当性検定の手段として、KVT（Knowledge Verification Template）を使用しており、このKVTがQA手法の核となっている。KVTのアイデアはSD社の米国事務所から出てきた。KVTに関しては、入手資料〔2〕

1. 仕様書が完成したか
 - a) インタビュー
 - b) KVT集 (Knowledge Verification Templet)
 - c) その他

2. 検証及び妥当性検定
 - a) KVT集がレビューされたか。
 - b) テスト・ケースが作成されたか。
 - c) テストが完了したか。
 - d) 専門家がテスト結果を十分にチェックしたか。
 - e) ユーザがテスト結果を十分にチェックしたか。

3. 使用の容易性
 - a) 導入及び操作マニュアルが用意されているか。

4. プロトタイプの改良容易性
 - a) 改良に対する示唆
 - b) 完全化のための示唆
 - c) 構造及び設計に関する情報
 - d) 理論的根拠

5. 構成管理
 - パイロット・システム (Pilot) / プロトタイプ
 - ステータス管理
 - バージョン番号
 - 変更管理情報
 - 許可された変更を管理するための監査証跡
 - ラベル付フロッピー・ディスク
 - 別の個所で保存されているバックアップ

 - 仕様書及び設計書
 - 発行ステータス
 - バージョン管理
 - 1つのファイルに保存されている文書類
 - ソフトウェアを管理するための監査証跡

図1 SD-Scicon社のQA監査用の
チェック・リスト

を参照されたし。

- KVTの利点は、専門家とのインタビューの間に獲得した知識を書き留めるための母型構造を提供している点にある。SD-Scicon社のES開発方法論では、KVT集を完成させ、インタビュー後48時間以内に専門家にそのKVT集を返却しなければいけないことを規定している。KVT集を受け取った専門家は48時間以内に、それに対する修正案を返却しなければならない。これらの時間制限は、プロジェクトのはずみを維持し、知識を陳腐化させないための本質的な条件である。ファクスは、開発者がこの時間制限を守るのを助ける有力な手段である。KVT集はテスト・ケースを生成する際の基盤として大いに役に立つことが実証された。
- 彼は、専門家をESの究極の妥当性検定者とするものの危険性を見抜いている。QA手法では、システムの将来のユーザにインタビューして、KVT集を作成することも要求している。こうすることにより、ユーザと専門家との間での見方の違いを明確にし（構築されるESがユーザに使用されるように）、この違いを克服することができる。
- KVTを使用する時に適用されるこれらの基本的な原則は、専門家が最初のプロトタイプを見た時に驚かないように、不意打ちをなくすことにある。
- ESの開発では、進化型プロトタイピングをフォローする。構築されたESは、テスト・ケースを入力して実行され、期待されたされる比較評価してテストされる。

4.2 ツール

- 使用されている各種QA手法を支援するのに利用できるツールはまだない。彼は、自動テストを支援するツールをほしがっている。

5. 妥当性検定の事例

- Born氏は、特定の事例として、保険代理店用ESを引合いに出した。しかし、彼は、クライアントに対する機密保持のために、詳細を用意しなかった。
- そのESはパソコンで走行し、開発に25人・年を要した。Born氏はそのESに対する妥当性検定の責任を負っていた。KVT方法論は、知識獲得段階で非常に役に立った。
- テストに際して、テスト計画が用意された。テスト・ケースはKVT集を使用して生成され、各種のテスト報告書が欠陥報告と追跡のために作成された。テスト・ケースを使ってESを実行し、その処理結果を検査した。このテストは手作業で行われた。テスト・ケース入力を自動化しなかった1つの理由は、質問に答える順番が可変で、かつ、その応答に対して会話的にチェックしなければならなかったからである。
- テスト戦略は有効に機能し、そのESは製品として引渡されており、現在使用中である。テスト・ケースは、新しい引渡し版に対して再度使用される。

6. 今後の予定

6.1 今後の計画

- Born氏は、知識引出しの期間に収集した（非口頭的言語情報を含めた）情報に注釈を付ける記法の開発を望んでいる。彼は直観的な情報を最小にし、明確化することを望んでいる。例えば、被インタビュー者が話の途中の特定の個所で、そわそわした場合には、その個所について討論するのは、彼にとっては不愉快で、心地よくないことを意味

している。彼の心地よくない原因を明らかにし(そのためには、関連する知識が収集されているならば)、それを記録する必要がある。

- 彼は、知識を表現できなければ、妥当性検定を行うことができないので、この側面は非常に重要である、と考えている。ESを専門家に見せ、「それについてどう思いますか」と質問する現在のやり方は、単に意見を集めているのであって、偏見のない妥当性検定をやっているものではない。
- 彼は、知識獲得に際して、現在の認知心理学に基づいたアプローチではなく、システム分析に基づいたより形式的なアプローチに移行することを望んでいる。彼は、後者のアプローチでは、スキルのない人でも知識獲得ができる、と確信している。
- 彼は、SD-Scicon社がGEMINIプロジェクト(後述)に参画し、V&Vのための方法論及びツールに関して主導的役割を演ずることを期待している。

6.2 今後取り組むべき主要な課題

- Born氏は、次に示す課題に取り組むべきであると考えている。

①無矛盾維持(Truth Maintenance)

ルールがお互に矛盾しないように維持すること。「ルールがあいまい(fuzzy)であるかどうか」、「あるルールによって生成される結論が、別のルールによって生成される結論と矛盾するかどうか」を検査するのは、困難である。ルールベースをブラウジング(browsing)するのを支援するツールが必要となる。

②一貫性及び完備性を検査する手法及びツール

③安全性を最重要視しているソフトウェアに対するV&V

7. この種の研究をやっている他の人の紹介

- Born氏は、今回の訪問調査先のリストに載っている人々を含めて何人かについて言及した。彼は、また、入手資料〔1〕の中で列挙されている、CSAワーキング・グループのメンバーも紹介した。
- 一般的に、彼は、この主題が注目されるとは思っていない。
- 彼は個人的には、SD-Scicon社の米国事務所で行われているKVTの研究を除いて、他の国々で行われている研究については知らない。しかし、彼はAbacus Programming社（カルフォルニア州Nuys）がV&Vを含んだES開発方法論を保持していることを伝えている新聞を示した*。

8. その他の指摘事項

- SD-Scicon社を訪問している時に、GEMINIプロジェクトで働いている同社AIBCの製品部門に所属するコンサルタントであるEd Crispin氏と立話しをすることができた。
- GEMINIはGovernment Expert systems Methodology INItiativeの略で、CCTA（Central Computer and Telecommunications Agency）、英国大蔵省の一部門、そして英国通産省がスポンサーのプロジェクトである。
- GEMINIプロジェクトは、SD-Scicon社が主導している共同企業体によって着手された。共同企業体の参加企業及びプロジェクトの範囲に関しては、入手資料〔3〕、〔4〕を参照されたし。
- GEMINIプロジェクトは、2つのフェーズに分かれている。第1フェーズは、CCTAがスポンサーで既に開発された“従来型システムを開発するための方法論”SSADM（Structured Systems Analysis and Design Methodology）の思想と一貫したESのための開発方法論とそ

〔訳注〕*：Abacus Programming社ではESI（Expert System Implementer）を開発した。

のツールの要件を定義するフェーズである。可能な場合には、その方法論／ツールはSSADMとコンパチブルにしたい。第2フェーズは方法論を支援するツールを構築するフェーズである。

- GEMINI プロジェクトは現在、第1フェーズの3/4の所にあり、たくさんのES開発者及びツール・サプライヤに対し調査を行った。V&Vが主要な関心事である。プロジェクト全体では、13カ月を予定している。
- Crispin氏は、ESが非決定的であり、時々あいまいな知識を使用するという事実に基づいた個所の中に問題点があると見ている。彼は、これらの問題点を早期に理解することが、GEMINIにとって重要である、と確信している。V&Vは、最終製品に対する妥当性検定だけでなく、開発方法論での中間段階でも必要となる。
- 彼は、この分野で公式の研究をやっている人を見い出せなかった。

9. 入手資料

- [1] Born, G., "Quality in Expert System Development," 4th International Conference on Expert Systems, June 1988, pp.8, Learned Information, Oxford.
- [2] Brulé, J. F., Levin, J. M., and Mack, G.A., A Framework for Commercial Expert System Development, SD-Scicon Internal Report, pp.16.
- [3] CCTA Launches New Expert Systems Initiative, CCTA Press Notice, 9th June 1988, pp.2
- [4] Montgomery, A., GEMINI-Goverment Expert Systems Methodology Initiative, SD-Scicon Report to CCTA, pp.35.

B. ロンドン大学 Birkbeck カレッジ

ロンドン大学 Birkbeck カレッジ
コンピュータ科学・数学センター 所長
コンピュータ科学科学科 科長
Dr. Roger Jhonson

1. 要 約

- Johnson 教授はエキスパート・システム (ES: Expert System) の妥当性検定のある特定の一分野「ルールベースの完備性 (Completeness) 及び一貫性 (Consistency) の検証」について研究を行っている。
- 彼は、元々は、ディシジョン・テーブルの分析のために開発した手法をこの問題に対して適用した。
- 彼は、BIRCH と呼ばれるプロトタイプ・ツールを保持しており、Xi Plus を使用して開発されたルールベース・システムに対して彼の手法を適用し、その手法の有効性を実証した。

2. 職 歴

2.1 過去の職歴

- Johnson 氏は、約 12 年間、学術機関やソフトウェア・ハウスで仕事をした。5 年前に現在の職位に就き、この期間、彼の所属する学科では ES に関する研究やコンサルテーションを活発に行っている。
- 当学科の研究は 2 つに大別される。一つは、データベース及び情報システムの研究で、長い伝統がある。もう一つは、ES の構築と、構築を支援する手法やツールを研究する応用 ES の研究である。オフィス・オブジェクト管理を行う ES を開発した。この ES では、従来のイ

ンデクシング・システムを部分的に使用している。

- Johnson 教授は Alvey 理事会での研究補助金を決定する主要理事であり、ルールベース・システム検証を行う研究員を雇うことができた。Alvey 理事会は、新しい情報技術の研究を産学協同で行うことを目的とした政府支援の 5 年間の研究プログラムを管理するために、1983 年に、英国政府によって設立された。
- (後述するように)ルールベース・システム検証の研究は、約 12 年間に渡って行ったディンジョン・テーブルの検証及び操作に関する研究から派生した。

2.2 現在の仕事

- データベース・グループは、データベースから知識ベースへの移行に関しての研究を行っている。
- 応用 ES グループは、AIM (Advanced Informatics in Medicine) プログラムの下で、欧州共同体委員会 (CEC: Commission of the European Communities) が資金を拠出している。プロジェクトを Birkbeck カレッジ心理学科とで共同研究を行っている。
- ルールベース・システム検証に関する研究は、資金不足のため、現在は中断している。SERC (英国の Science and Engineering Research Council) に対して補助金を申請する研究はアルファ品質 (alpha quality) として格付けされなければならない。しかも、SERC はアルファ・プロジェクトすべてに対し資金を拠出するほどの資金を保持していない。

3. 妥当性検定の考慮事項

3.1 妥当性検定での重要な考慮点

- Johnson 教授の研究は、ES の妥当性検定の重要な一分野である「ル

ールベースの完備性及び一貫性の検証」に特化している。

- 彼は、他の考慮点については考えていない。

3.2 適用領域からの要請

- Johnson 教授と彼の研究チームが採用したアプローチは、適用領域には依存しない。

4. 妥当性検定の手法とツール

4.1 手 法

- Alvey プログラムの下で、Birkbeck カレッジの研究者達は、ルールベースを検査する手法と、その手法を支援するツールを開発した。
- 彼らは、Expertech 社が発売している IBM PC 用の ES シェル Xi Plus を使って作成されたルールベースを対象にして研究に着手した。この手法は、ルールベースの構造を調べ、静的分析によって、ルールベース構造からディンジョン・ツリー構造を抽出する。次に、このツリーは、ルールベースの一貫性を損なう原因となる「欠如分岐」(missing branch) や「未結合部分」(disconnected portion) を見つけるために、処理・分析される。
- 各ルールはツリーの小さな部分を形成し、これらのルールは、再帰的な副目標の子孫によって、結合することができる。最終版のツリーにおいては、葉は質問である。質問に対する応答は、人間か、あるいは監視機器から入力される。例えば、患者の体温は自動的に計測されるか、あるいは看護婦によって計られ、端末からタイプインされる。
- 1970 年代の初めに、Peter King (現在は Birkbeck の教授) と Johnson 教授は、ディンジョン・ツリーが一貫状態でない場合に、記入項目に対してどんな結論を出すことができるかに関する諸所見を提示した。例えば、条件テスト「65才以上ですか」に対する応答が

真ならば、その時には、別の条件テスト「18才以下ですか」に対する応答は偽でなければならず、そして、この条件はテストする必要がない。論理従属 (logical dependency) が条件間に存在することが既知であれば、ディンジョン・テーブルを検査するに必要な探索回数を、それ故に大いに削減することが可能である。

- Johnson 教授と彼の同僚は、Alevy での ES 研究を通じて、ES によって発せられる質問の大半は、論理的に独立ではないのに、これらの暗黙の従属性がしばしばルールベースの中に反映されていないことに、気が付いた。例えば、ES 構築者は、メニュー上の諸項目が相互に排他的で、すべてのケースをカバーしていると仮定したとする。しかし、これらの情報はルールベースの中に明示的にコード化されていないであろう。
- 彼らは、明示的にコード化されていないルールベースから、構文だけを手掛りにして、これらのルールを抽出することは不可能であることを発見し、これを「深い知識」(deeper knowledge) と呼んだ。このことを認めることにより、探索空間を本質的に縮小させることが可能となる。この手法を使用しないと、静的分析では、組合せ爆発が発生し、急速に管理不能になってしまう (入手資料 [1] 参照)。
- 20 個程度のルールを保持している小規模 ES の場合でも、経験のある KE (Knowledge Engineer) がコードを調べ、ルールベース中に欠如したルールがないかを検査するのは不可能である。これは、現在の ES 用の言語が非常に原始的である (Johnson 教授は、その言語が、従来型システムを構築する際に使用されるアセンブラ言語と同レベルであることを示した。) ことが一因である。Birkbeck で開発した諸手法は、そのような ES の中で非一貫性ルールの可能性のあるルールを自動的に同定するであろう。

4.2 ツール

- BIRCH (Birkbeck Rule Checker) と呼ばれるツールが開発された。ツールの使い方に関しては、入手資料〔2〕に述べられている。
- このツールは欠如ルールや非一貫性ルールの可能性のあるルールを見つけ、開発者に対し、これらのケースをカバーするように助言する。

5. 妥当性検定の事例

- BIRCHを40個までのルールを保持するESに試用した。この規模を越えるESに使用するのは不可能である。BIRCHは記号処理用言語ICONを使用してPC用に作成されている。VAX版のBIRCHがリリースされるのを待っている。
- Birkbeckの研究者達は、ツールの有効性が、ルールの個数だけでなく、推論の強度 (the intensity of reasoning) にも依存することを発見した。頻繁な推論を必要とし、目標の個数が少ないESの場合には、多数の目標を持ち、少数回しか推論を行わないESに比べ、組合せ爆発の問題があまり発生しない。
- ツールは問題点を同定するのに有効であることが立証された。しかし、KEは、ティンジョン・テーブル形式の出力を知識ベースに関連付けることが困難であることを発見した。
- 彼らの研究はXi Plusを使って行われているが、ツールは彼らの研究をルール用シェルを使うように簡単に変換できるフロント・エンド・プロセッサを備えている。

6. 今後の予定

6.1 今後の計画

- Johnson教授は、VAX版BIRCHでは、100ルールまでの知識ベースに対して有効に機能すると確信している。この規模を超えると、

探索空間の組合せ爆発の問題が再び発生する。

- 彼は、ディンジョン・テーブルでの研究成果に基づいて、ツールが探索空間を、乗法的ではなく、加法的な探索回数で探索できるように空間を分割するアルゴリズムの開発のためのいくつかのアイデアを持っている。彼はまた、探索する必要のない空間をより効率的に同定するアルゴリズムを開発したいと思っている。
- この手法では、ESの仕様が正しいと仮定している。Johnson教授は、同じような研究を行っている別のチームが開発したESを調べ、この手法の妥当性検定的手段として相手のESを使用し、お互にクロスチェックしたいと思っている。
- 彼はまた、数学モデルの研究をする計画を持っており、数学モデルを使ってESの妥当性検定を行いたいと思っている。彼は、人間システム（呼吸や血液の循環系など）の一連の数学モデルを開発する契約を医科カレッジとかわしている。医科カレッジでは、病気の診断がどのようになされたかを学生に説明する教育エイドとしてESを使いたいと思っている。彼のアイデアは、医師団によって正しいと認められた数学モデルを使用して、ESの妥当性検定を行うものである。

6.2 今後取り組むべき主要な課題

- 現時点では、実際には、ルール間にはしばしば相互に依存関係があっても、各ルールは独立したオブジェクトとして記述されている。ある種のモジュール化方法論がルール間に構造を与えるのに適用できれば、妥当性検定に大いに役に立つであろう。

7. この種の研究をやっている他の人の紹介

- Johnson教授は、自分と同じ研究をやっている人は英国には誰もいないと確信している。Expertech社ではルールベースのドキュメント化ツ-

ルをいくつか用意しているが、妥当性検定ツールではなく、開発者が、何が行われているかを理解するのを助けるクロス・リファレンス・ツール以上のものではない。

- 米国，特にTRW社とLockheed社ではこの種の研究が行われているが（入手資料〔3〕参照），Birkbeckの研究ほどは進んでいない。
- 入手資料〔4〕は典型的な例である。

8. その他の指摘事項

- 大半のESの開発はPC上で行われている。Johnson教授は，V&Vツール（Validation and Verification tool）がSunやVax程度の能力を必要とするならば，それらのツールは現実問題に対する実用的な解決手段を与えないであろうことを指摘した。
- 彼は，知識ベースは知識ベースの中に入れられたものしか保持していないことに注目することにより，現在のES技術ではバグの除去に関して開発者を支援できないという事実を，ESサプライヤはしばしば故意に隠している，と確信している。
- 英コンピュータ学会（BCS：British Computer Society）の技術担当副会長であるJohnson教授は，英国におけるソフトウェア開発の標準化にも興味を持っている。BCSでは，ソフトウェアの信頼性に関するワーキング・グループを設けている。このWGでは，産業界に対し，V&Vのための形式的手法を使用すれば，開発費が約30%増大するのを許容してもらうことが非常に困難であると痛感している。

9. 入手資料

- 〔1〕 Johnson, R., Joly, G., and King, P., "Validation and Verification in Expert System Rule Sets," Proc. the IEE Colloquium on Testing Expert Systems, Dec. 1987, pp. 3.

- [2] Johnson, R. G., Joly, G.C., and King, P. J.H., "BIRCH -The Birkbeck Rule Checker - An Example," Technical Report, Department of Computer Science, Birkbeck College, University of London, 1988, pp.5.
- [3] Johnson, R. G., Joly, G.C., and King, P.J.H., "Survey of Techniques for the Checking of Rule-based Expert Systems," Technical Report, Department of Computer Science, Birkbeck College, University of London, 1987, pp. 8.
- [4] Gragan, B. J. and Steudel, H. J., "A Decision - Table - Based Processor for Checking Completeness and Consistency in Rule-Based Expert Systms," Int. J. Man-Machine Studies, Vol. 26, pp. 633-648, (1987).

C. 英国国防省

英国国防省

DGDQA (Directorate General of Defence Quality Assurance) “ Aquila ”

ソフトウェア部門

上級専門技術官

Ieuan E. Jones

1. 要 約

- 国防省 (MoD : Ministry of Defence) の部門 Aquila は、 MoD の調達官を支援するために、技術的な専門知識を提供する責任を負っている。ソフトウェア部門は、 MoD の調達プロジェクトにソフトウェアが含まれている場合に、品質保証に関する技術的支援を行う責任を負っている。
- Jones 氏は、 MoD の調達プロジェクトで使用する経費の内、 5.5 % が人件費で、その残りの 50 % はソフトウェア費であると試算している。ソフトウェア費は毎年、約 4 兆英ポンド (4 billion) に相当する。
- ソフトウェア部門で、 Jones 氏は技術とその将来動向を明確にする職務を行っている。この 2 年間、彼はエキスパート・システム (ES : Expert System) に対する MoD 側での品質保証 (QA : Quality Assurance) を支援するのに必要なツール、開発方法論や手続類を整備する仕事を行った。
- 彼は、 ES の開発に適した工程に、妥当性検定 / テスト技術をどのように適用するかを理解することが主要な問題であると考えている。この観点を支援する目的で、彼は ES 開発でのライフサイクルを開発し、 QA をこの

ライフサイクルに、どのようにすれば適用できるかについて検討した。

2. 職 歴

2.1 過去の職歴

- 1986年には、Jones氏は、AI技術が防衛分野に対しどんなインパクトをもたらすかを調査した。この調査をやる前は、彼はAIに関しての仕事の経験がなかった。
- 彼は、まず最初に、AIを導入するのに適する潜在的な分野を探すことから始め、次の2つの分野を同定した。
 - ①従来のコンピューティング技術では十分な柔軟性が発揮できず、パワーが不足する管理問題
 - ②戦闘管理、センサー・データの容解、そしてC³(Communication, Command, and Control)のような大規模システム
- Jones氏は、他の所では何をやっているかの調査も行い、米国国防省のDARPA(Defense Advanced Research Project Agency)の補助金で行っている研究から、数多くの役に立つ情報を収集した。
- DARPAの研究によると、膨大なデータを非常に短い時間で処理しなければならない場合には、そのデータを容解すれば、勧告されたアクションの競合過程をもたらすと結論付けている。正しい専門家(ここで言っている専門家は人間で、専門知識を保持している)を選定する問題は、品質問題でもある。例えばTI社(Texas Instrument)のPilots' Advisor(DARPAの支援で開発された)は、最初は専門家のためのフライト・マニュアルとして使用されていた。出来上がったシステムがパイロットが操作しているやり方を正確に表現していないことに気付いたパイロット達は、このシステムを受け入れなかった。結果として、そのシステムはパイロットの専門知識を使って再構築された。
- Jones氏は、英国でのESのQAに対する取り組みについても調べた。

彼は、すべての詳細を文書化させることから、創造性を妨げるような、どんな統制があるかまでの広範なアプローチのスペクトラムを見出した。少数の実用主義の人達は、プロトタイプ作成中は自由を許し、しかし、最終システムの構築に際しては、最初からQAを使用することを主張している。

- Jones氏は、AI界では、AI技術は学界によって推進され、安易な解決策を生成する迅速な手段として、AI技術をビジネス界に売り渡したという事実を苦しんでいる、と確信している。このことが、品質問題をもたらしている。
- 1987年初めに、Jones氏は、ES評価に関して、調査が必要な3つの側面を同定した内部資料を作成した。この諸側面については、3.1節で述べる。
- そこで、Jones氏は、既にQAシステムを導入している企業が、ESをも対象にするようにQAシステムをどのように拡張したかについて調査した。彼は、QA標準のいくつかはそのまま適用でき、いくつかは技術用語の面でほんの少し変更する必要がある、残りはAI技術のインパクトを理解して、困難ではあるが、再構築をする必要がある、と考えている。
- 彼の見方が、入手資料〔1〕に述べられている。

2.2 現在の仕事

- Jones氏は現在、ES開発におけるライフサイクル・モデルの開発に関心を持っている（入手資料〔2〕、〔3〕）。彼は最初に、従来のQAでESに適用するのが簡単な部分を抽出し、抽出された既知のQA手続をES開発に適用し、適用が困難な部分は将来の研究課題として分離した。
- 彼の見方が、今やMODの査定官が正規の企業視察をした際に、その企業でESを開発していれば、査定官が採用するアプローチに影響を与え

ている。

3. 妥当性検定の考慮事項

3.1 妥当性検定での重要な考慮点

- Jones 氏に関心を持っている主要な考慮点は、QA を ES 開発にどのようにして適用するかである。特に、彼は、ES を品質標準 AQAP1 及び ISO 9001* に適合してどのように開発するかに関心を持っている。AQAP1 (Allied Quality Assurance Publication 1) は NATO 連合での産業に対する品質管理システムに対する NATO の要件をまとめた標準である。AQAP3 は NATO のソフトウェア品質管理システムの要件標準である。この標準は、NATO 加盟国に対して、軍用システムを開発する際に強制的に適用される。ISO 9001 は、国際標準化機構 (ISO) の商用ソフトウェア・システムに対する品質標準である。
- 彼は、次に示す考慮すべき 3 つの側面を同定した。
 - ①推論エンジン
 - ②知識ベース
 - ③影響の範囲 (Sphere of influence)
- 推論エンジンが Lisp や Prolog のような AI 言語を使って作成されている場合、それらの言語に対する形式的な定義書や確定した開発標準がないので、妥当性検定問題が発生する原因となる。しかし、推論エンジンは、Pascal や Fortran のように標準化された言語で構築することは可能である。
- 知識ベース構築には、新しい技術を使っており、内部での矛盾を検査す

〔訳注〕* : Quality Systems - Model for quality assurance in design/development, production, installation and servicing

るような妥当性検定は主要な考慮点である。彼が同定した最も困難な品質管理問題の1つは、知識ベースの構成管理/変更統制である。

- Jones氏は、「影響の範囲の問題」とは、ESが出荷されるとすぐに、ESが処理する設計対象とした問題を処理するやり方が変化してしまうことを認識するような問題である、と定義した。この様に、ESと操作環境とのインタラクションについては、品質評価の期間中は、常に考慮されなければならない。

3.2 適用領域からの要請

- 安全第一のリアルタイム・アプリケーションの場合には、MODは構築言語として数学的に検証可能なプログラム・コードを生成する言語を採用することを要求する。PascalやCoralの場合には、検証用ツールがいくつか存在する。しかし、この分野にESを導入することになれば、どのようにして検証するかについてまだ解明されていない構築技術や言語を使用することになってしまう。

4. 妥当性検定の手法とツール

4.1 手 法

- Jones氏が勧告したES開発に取り組む手法は、先ず最初に開発工程のライフサイクル・モデルを確立し、次に、このライフサイクル用のQA手続類を計画する。
- 計画や進捗管理のような、ライフサイクルの管理的側面に関しては、既存のQA標準類で統制される。
- 文書化標準や品質レビュー手続に関しては既存の標準類に準拠させるが、技術用語に関しては、ES界で使用している技術用語に変更する必要がある。
- 知識ベース生成技術及びシステム・テスト技術は、ES技術に依存する。

Jones氏は、知識ベースのローディングは、一貫性を検査する保護ツール類 (guardian tool) を介して行われなければならない、と主唱している。彼は、テストはホワイト・ボックスで、そして、テスト戦略の策定は設計と併行してやるべきで、それにより、システムの内部構造を考慮に入れることが可能になる、と確信している。

4.2 ツール

- M o Dの部門Aquilaは助言部門の役割を担っており、ツール類に関して、開発したり、調達したりはしない。
- Jones氏は、自分が勧告した知識ベースの一貫性を維持する能力を持つミニコンピュータ及びメイトフレーム用のツールがいくつか存在することを主唱した。しかし、彼はP C用の同種のツールがあるかについては知らない。
- Lifespanのような構成管理ツールは、開発のセッション間でのファイル類を統制するのに使用可能である。しかし、セッション内での知識ベースの変更統制を支援するツール類は存在しない。

5. 妥当性検定の事例

- Jones氏は、M o D用のE Sのためのソフトウェアを開発しているいくつかの企業を知っており、それらの企業ではQ A手続類を適用している。しかし、M o Dの安全条項のため、彼は特定の事例について話をすることはできず、一般的な原則のみ話をすることができる。

6. 今後の予定

- Jones氏は、今や、E SはQ A環境下で開発可能ではあるが、知識ベースの妥当性検定に関しては改良のために更なる研究が必要である、と確信している。

- ・彼が調査したいと思っている将来の開発課題は、次の通りである。

①LispやPrologの形式的定義

- ②ESの支援環境……QAツール類は開発ツール類と統合化され、開発活動を自動的に検査・記録する。これらのツール類はユーザにとってトランスペアレントで、品質技術者がアクセスできる記録を生成するはずである。

- ③Adaライブラリの開発……AIソフトウェアを構築するのに必要な機能を提供するAdaライブラリを開発すること。

- ・彼は、今日までの自分の仕事は静的システムのみを対象に調査していたことを強調した。今後は、彼はリアルタイム・システムについて考慮する予定である。この点で、彼は、AI、従来型プログラミング、そして併行処理の間での差異が不明瞭になってきたと感じている。実りある研究方向は、これらのシステムをたくさんの協調システム（cooperating system）に分解し、そのいくつかのシステムをESとして実現する方向である。これらのシステムは共通の知識ベース、即ち黒板（blackboard）を介して結合されているはずである。

即ち黒板（blackboard）を介して結合されているはずである。

- ・彼は、そのようなシステムでのQAの側面を定義するのが非常に困難であることは認めている。

7. この種の研究をやっている他の人の紹介

- ・Jones氏は、英国でのESに関する品質についての重要な研究は、SD-Scicon社のGary Born氏が主導しているCSA（Computing Service Association）での研究であると考えている（インタビューAを参照）。
- ・Bath大学のグループは数学に基盤を置いたLisp標準を提案しており、そして、NPL（National Physical Laboratory）はPrologのBSI（British Standards Institute）標準の作業を行っている。
- ・米国では、前述のDAPRAの研究が注目に値する。

・彼は、欧州大陸で行われている研究については知らない。

8. その他の指摘事項

・M o Dが軍用E Sを開発する企業に対し使用を義務付けることになる支援環境は、高度ワーク・ステーションやミニコンピュータの性能を必要とすることになる。

9. 入手資料

- (1) Jones, I.E., The Development of Expert Systems in the Context of an Approved Quality Assurance Environment, Controller HMSO, Nov. 1987, pp. 11.
- (2) Bibby, J. W. and Jones, I.E., "A Layered Model for Life Cycle Engineering," Quality Assurance, Vol. 14, No. 2, pp. 54-58, (June 1988).
- (3) Jones, I.E., Application of the Bibby-Jones Layered Model to Developing Expert Systems, Controller HMSO, Nov. 1987, pp. 8.

D. Brunel 大学

Brunel 大学

コンピュータ科学科学科長

Prof. Les Johnson

1. 要 約

- Johnson 教授と彼の研究チームは、たくさんの研究プロジェクトやコンサルティング・プロジェクトにおいて役に立った知識獲得方法論を開発した。
- 彼らは、エキスパート・システム (ES: Expert System) 開発で使用する進化型プロトタイピングでの工程モデル (Process model) を規定した。彼らは、SGN (Systemic Grammar Network) を使って、形式的な competence モデル* を作成するための知識獲得手法を考案した。彼らが構築した ES のアーキテクチャには、ディシジョン分析の際に使用される推論戦略の明示的定義が入っている。
- Johnson 教授は、他の多くの知識獲得アプローチでは小規模な問題までにしか適用できないが、彼らの知識獲得方法論は大規模な商用アプリケーションに適している、と断定している。
- 彼らはまだ、支援ツール類は持っていない。

〔訳注〕*：しいて訳せば“能力”である。Performance (性能) という用語と対比して使用されている。構造化された知識と、その知識を操作する推論知識やノウハウとの間の相互関係を表したモデルである。

2. 職 歴

2.1 過去の職歴

- Johnson 教授は、過去10年間、AI及びESの分野で活発な研究を行った。初期の頃は、彼はサイバネティックスの理論面の研究を行っていたが、最後の6年間は、理論面の研究を続けながら、ESの技術的開発も活発に行った。
- 彼は、英国での最初のESはBrunel 大学で開発し、そのESは、ICL社がCRIBと呼んでいる故障診断システムである、と断定した。
- Johnson 教授は、ESの開発では、確固たる理論的基盤とESの全体像 (perspective) を必要とするという信念で研究を行ってきた。彼は、ESの研究分野は、遺憾ながら、心理学者によって左右されたという事実を重視し、ソフトウェア工学の方がよりよいバックグラウンドであると確信している。
- 彼はESに関する本を3冊書き、産業界に対し広範なコンサルタント活動をし、そして、CRIBでNEOCRIBと呼んでいる更新版を含む、第2世代ESを開発した。

2.2 現在の仕事

- Johnson 教授の研究グループは、2つの大規模な研究プロジェクトを持っている。第1番目は、英国政府のAlvey 理事会がスポンサーのプロジェクトで、知識型入札評価システムの開発である。第2番目は、欧州共同体委員会 (CEC: Commission of the European Communities) のESPRIT* プログラムによって支援されており、腫瘍の治療法を助言するシステムTAOの開発である。

〔訳注〕* : European Program for Research and Development in Information Technology の略。

- 彼は、ESのアーキテクチャに対する彼の見方を解説している本を現在執筆中である。
- 彼の学科では、産業界から派遣されている何人かの研究生を受け入れており、そして、彼は、産業界に対し、ESの使い方に関する技術的側面や戦略的側面の両面でのコンサルティング活動を続けている。
- Johnson 教授の研究の目的は、実際の問題に立ち向かうことのできる学術的な研究を展開することである。

3. 妥当性検定の考慮事項

3.1 妥当性検定での重要な考慮点

- Johnson 教授は、ソフトウェア開発と切り離しては、妥当性検定はできないと確信している。品質は後でシステムに追加することはできず、開発工程の各段階で考慮しなければならない。
- ES開発に参画する人々の大半は、工程での品質問題を無視していると、彼は考えている。
- 知識獲得手法と、獲得された知識の妥当性検定は、妥当性検定での主要な考慮点であると、彼は考えている。
- 一貫性及び完備性は重要な考慮点ではあるが、Brunel アプローチを使用することにより、知識獲得や進化型プロトタイプにとっては、二次的な考慮点となる。
- 加えて、ユーザがESと対話している時のユーザの振舞いに関しては、ESが意図された目的に適合しているかをテストする際に評価されなければならない。

3.2 適用領域からの要請

- Johnson 教授のグループは、推論戦略がアーキテクチャ上、分離され

た部分に明示的に定義され、ルールベース中では暗黙的に分散していないような第2世代ESを開発している。

- 推論戦略の性質は、適用領域ごとに異なる。例えば、因果モデル (causal mode) は医療診断には適しているが、法律の解釈のような領域には適さない。
- 専門家の推論戦略知識は、知識獲得フェーズで収集されなければならない。

4. 妥当性検定の手法とツール

4.1 手 法

- Johnson 教授と彼のチームは、知識獲得と知識表現の研究に特化している。
- ESライフサイクルでの知識獲得フェーズで採用されている従来型アプローチでは、分析者が専門家に質問をし、その返答を知識獲得票のある様式に変換している。そして、これらの票を専門家に送り返し、コメントをもらい、そして、専門家から同意がもらえるまで、洗練する。
- Johnson 教授のアプローチでは、ESの全体像と目的から専門知識の competence モデルを構築する。最初に、広範で浅いインタビュー戦略がESの全体像と目的を決定するのに採用される。これには、ユーザ環境にいる専門家、管理者、ユーザ、そしてその他の人々との話し合いも含まれている。
- 次に、更に、半構造化された詳細インタビューがそのESの目的にもっとも適した専門家に対して行われ、そのインタビュー結果から、SGNを使ってモデルが構築される。このモデルは、専門家のその領域での技術とESの技術の間での技術的中立的な表現である。
- SGNは専門家から抽出した知識を異なる用語でその知識を記述する文章 (sentence) を生成することができるので、competence モデル

は知識の妥当性検定的手段として使用可能である。分析者が competence モデルを使用して専門家に説明すれば、妥当検定はティーチバック(teach-back)インタビューによって実施される。専門家と分析者の両方がその competence モデルがその目的や全体像に適合していることに満足するまで、知識獲得とティーチバック・ループが継続される。

- このアプローチは、入手資料〔1〕に詳しく述べられている。
- この手法は、社会科学の分野での文化人類学的方法論(?) (ethnomethodology) として知られているものの一例である。この分野では、インタビュー者と被インタビュー者とは相互に学習を行っている。
- 入手資料〔2〕では、competence モデル構築のための規則を説明し、モデルの必要性の検証を行っている。
- 彼らは、最初は、この知識獲得手法を、自分達が構築しているESに直接適用することを試みた。しかし、現在では、彼らは進化型プロトタイプングでの工程を包含するように方法論を改良した。この件に関しては、入手資料〔3〕に述べられている。
- まず最初に、ペーパー設計が行われ、テストされ、次に、限定された機能が構築され、そして、運用環境で実際に試用される。最終システムが作成されるまで機能の追加が行われる。
- 彼らのモデルを知識表現ツール、Lisp, Prolog などで表現できる形式に変換できることを確認した。
- 知識獲得を行った分析者がプロトタイプを評価し、ESが意図された目的・目標に達しているかという点をESを使用しているユーザの振舞いを調べて、検査する。
- 一貫性検査はSGNを使用して行われる。完備性検査は進化型プロトタイプングの過程を通じて行われる。開発工程の各工程で妥当性検査を実施することにより、構築の最終時点での大規模なテストの必要性を除去することができる。

- Johnson 教授は、彼らが採用しているアーキテクチャでのアプローチが妥当性検定を容易にすることに貢献できると考えている。ESを完全にテストするには、ESがその結論に到達した過程を説明できなければならない。説明ができるためには、ソフトウェアをトレースできなければならないが、このことは、ソフトウェアがトレースを可能にするような構造を保持していなければならないことを意味している。
- 採用しているアーキテクチャ原理（設計原理）では、ソフトウェアをモデルの深い推論構造に則してモジュールに分割する。例えば、医療診断システムの場合には、「主訴の決定」、「仮説の構築」、そして、「仮説検定の計画」にまず分割されるであろう。これらのモジュールは更に、推論戦略の静的ツリー構造に則して分割されるであろう。
- ツリー中の各モジュールは、自モジュールの終了条件を保持している。終了条件は、次に移行するノードを規定し、次の推論を表現する有向グラフを生成するであろう。この有向グラフは説明を与えるために、トレースされることになろう。

4.2 ツール

- Brunel チームでは、彼らの方法論を支援するツール類をまだ開発していない。

5. 妥当性検定の事例

- Brunel の方法論は、VLSI 設計、医療診断システムなどのいくつかのプロジェクトで採用され、成功している。
- Johnson 教授は、この方法論では、分析者に対し非常に重い認知的作業負荷をかけてしまうことを発見したが、これは必要なことであると確信している。

- ・彼は、インタビュー技術に関する4日間コースを実施し、受講者を訓練しており、受講者は数カ月でインタビュー能力を備えることができることを発見した。ESP R I TのT A Oプロジェクトで、彼らは、従来の手段で達成できる期間に比べ、より短期間で、訓練された分析者が深い情報を生成できることを実証した。問題解決戦略に関する知見を抽出するのに、従来は2年間もかかっていたが、2週間で抽出できるようになった。

6. 今後の予定

- ・Johnson 教授は、E S でC A S EアプローチとI K B S* アプローチを統合できるようにするソフトウェア工学への新しいアプローチを開発するアーキテクチャ研究を続けるつもりでいる。Generic アーキテクチャでは、知的データ・ハンドラ (intelligent data handler) と呼ばれる制御タスクを保持するかもしれない。制御タスクは従来型データベース、知識ベース、あるいは数学モデルのいずれかを、適当な順序でアクセスすることになる。
- ・彼らは、オブジェクト指向アプローチを使用して、これらのアイデアを開発するために、E S P R I Tに新たな資金提供を申し込んだ。

7. この種の研究をやっている他の人の紹介

- ・Johnson 教授は、英国では、Leeds 大学のNoel Sheehy 先生の研究がすばらしいと思っている。彼の研究は適切な商用規模であるからである。この研究はE S P R I Tの一環であり、T E A M (Total Evaluation and Acceptane Methodology) と呼ばれている。

〔訳注〕* : Intelligent Knowledge-Based Systems の略で、S E R C (Science and Engineering Research Council, 科学技術研究会議) のI K B Sアーキテクチャ研究で研究されている。

- Johnson 教授は、米国では、スタンフォード大学のWilliam Clancyと、Xerox P A R C (Palo Alto Research Center) の Jan De Kleer が同じ方向の研究を行っていると考えている。
- Johnson 教授は、カナダでは、^{カネガリ} Calgary 大学の Brian Gaines と接触するのが価値があると考えている。

8. その他の指摘事項

- Johnson 教授は、今日使用されている E S 用のツールや手法の大半は小規模システムの設計用のもので、大規模な商用アプリケーションに使えるように拡張することはできないと見ている。

9. 入手資料

- (1) Johnson, L. and Johnson, N. E., "A Knowledge Elicitation Method for Expert Systems Design." System Research and Information Science, Vol. 2, pp. 153-166, (1987).
- (2) Johnson, L., "The Need for Competence Models in the Design of Expert Consultant Systems," International Journal of Systems Research and Information Science, Vol. 1, pp. 23-36, (1985).
- (3) Sanghrajka, P. and Johnson, L., Software Development and Evolutionary Prototyping, Brunel University Report for the Alvey Project IKBS 103 "Expert Systems in Bussiness".

E. 王立ガン研究財団 (ICRF)

王立ガン研究財団 (ICRF)

生体医療情報室室長

Dr. John Fox

1. 要 約

- ICRFでのFox博士のチームは、OSM (Oxford System of Medicine) と呼ばれる非常に野心的なエキスパート・システム (ES: Expert System) を開発している。このESは、知識ベースとして約1,000万個の事実 (fact) を必要とする。その様な大規模なESに挑戦するに際して、彼らはまず最初に、適用領域には依存しない意思決定理論を開発した。その開発目的は、その理論を知識獲得過程での意思決定をモデル化するのに使用し、完備性 (completeness) 及び充足性 (adequacy) を証明する際の理論的基盤を与えることである。
- 彼らの研究は出版するほどにはまだ十分には進んでおらず、有効性がまだ実証されていない。
- 彼らは、定量的な観測や統計解析を使用して医療ESを評価したかなりの経験を持っている。使用された手法は臨床医学での評価で使用されているそれと同じものである。

2. 職 歴

2.1 過去の職歴

- Fox博士は心理学者で、1973年に、CMU (Carnegie Mellon University) で博士課程満了後の院生としてルール型システムの研究

に着手した。1976年に、彼は研究成果を医療問題への適用を開始し、医療で使用可能な意思決定の統計的認知モデルを開発した。

- 1978年に、彼は真のESの研究に着手し、1981年にICRFとの共同研究を開始した。
- 最初に開発したESは消化不良の診断システムである。ルール型システムと確率理論を使用して構築されたシステムとの比較が行われた。
- 次に、彼らは白血病を診断するESを構築し、知識ベースに知識を追加する際の副作用について経験した。そのESの改良をあきらめて、その研究成果に基づいて、知識獲得のより有効な手法を開発した。(研究成果は出版されている(入手資料〔1〕)。)その結果、ESの再構築が実施され、このESが現在、王立自由病院(Royal Free Hospital)で使用されている。このESは、(人間の)世界的なクラスの専門医と比べ、99%の正確度で結論を与えることが観測された。
- 彼らは、論理データベース(logic data base)と科学的推論に関する別の研究も行っている。

2.2 現在の仕事

- Fox博士のグループは、製品としてのESを開発するのではなく、AIを医療に応用する学術研究を行っている。彼らは自分達の研究に必要なツール類は、自分達自身で構築した。
- 彼の現在の研究は、最も新しい研究経過レポートに要約されている(入手資料〔2〕)。
- 彼らが実行した最も大規模なプロジェクトはOSMであり、そのプロジェクトでは妥当性検定問題が最も重要視されるであろう。このプロジェクトでは、日常診療(primary care)をも含めて、医師を支援する知的医学教科書を用意することを試みている。このプロジェクトはオクスフォード医学事典を出版しているオクスフォード大学出版局(OUP,

Oxford University Press)との共同プロジェクトとして開始された。OUPは、ある種のインテリジェンスを備えた、コンピュータ・システムを利用した電子出版に興味を持っていた。

3. 妥当性検定の考慮事項

3.1 妥当性検定での重要な考慮点

- Fox 博士は、OSMでの妥当性検定での重要な考慮点は次に示す点であると考えている。

① ユーザ・インタフェース

ユーザ・インタフェースは、医師、患者、OSMの3者の使用に適していなければならない。

② 意思決定理論

第1世代のESは非常にアドホック的であり、大規模問題に挑戦するのに一般化する能力を備えていない。彼らは、知識ベースとは分離してテスト可能な理論を必要としている。

③ 拡張性

OSMはたえず拡張されなければならない。一貫性(true)を維持できる拡張可能な構造をOSMが備えているかの妥当性検定ができなければならない。

3.2 適用領域からの要請

- 白血病診断システムのようによく定義された問題は、(人間の)専門医と併用して、長期間使用することにより、定量的観測及び統計解析で妥当性検定を行うことは可能である。
- 特定の疾患用の個々のESを数百人もの患者に適用し、妥当性検定を行うのが不可能な場合には、このアプローチを全般的な患者治療には拡張されない。妥当性検定が、意思決定戦略の理論的モデルに対して妥当性検

定を行うことから成るのであるならば、問題解決に対するより理論的なアプローチを必要としている。

4. 妥当性検定の手法とツール

4.1 手 法

- Fox 博士は、ESを開発するための開発方法論 (process methodology) を持っておらず、個々の問題に適した手法類は蓄積している。
- 性能評価に関しては、彼らは臨床試験* で使用されているのと同じ統計解析手法を使用している。
- 彼らは意思決定理論を開発した。この理論はOSMでの知識獲得の際にテストされている。
- 彼らは、OSMのある側面を実証するために、PC用のOSMデモ版を作り、そのデモ版を1988年の末までに、約6カ所の診療所の臨床環境で使用し、評価するつもりである。
- 本格的なシステムを開発した後で、約2年間かけて、より公式の臨床試験を行い、1993年には、このシステムを一般に利用可能にする予定である。

4.2 ツール

- Fox 博士は、商用ツールに関して強い意見を持っておらず、彼のグループは自分で使用するツールは自作している。最初に開発したツールPROPS 1は、現在Xi Plusと呼ばれる商用ESシェルにコンバートされている。後継版としてより強力なPROPS 2が開発された。彼らはPROPS 2を使用して、推論戦略、即ち、意思決定戦略の妥当性検定を行うのに知識ベースを使用することが可能となった。また、PROPS 2

〔訳注〕*：新薬などを病人に投与し、その効果を試すこと。

では一貫性維持 (true maintenance) 機能を備えている。彼らは、会社 (Expertech社?) が PROPS 2 を商用ツール化するのを歓迎している。

- 彼らは統計的テストを支援するツール類を保持しておらず、テスト用ソフトウェアは各システム毎に個別に作成されている。

5. 妥当性検定の事例

- Fox 博士の手法は OSM 上で、有効性がまだ実証されていない。

6. 今後の予定

- Fox 博士は、AIM (Advanced Informatics in Medicine) プログラムの下で、欧州共同体委員会 (CEC, Commission of European Communities) が資金を拠出する受け皿を作るために、15 の欧州機関の連合を形成した。AIM の資金は高度な医療 AI システムを作成するのに必要な技術やツールを開発するのに使用される。
- 彼は “Z” のような形式的仕様化手法を ES の開発に適用できるように拡張するつもりであり、PROPS 2 の拡張版である PROPS 3 の拡張仕様を規定することから着手する予定でいる。
- Fox 博士が所属する研究所でのその他の研究の大半は、妥当性検定では考慮されていない探索的研究である。この研究から生じた有用な概念や研究成果が技術移転され、専門ソフトウェア会社で高品質な製品として作成されることを希望している。

7. この種の研究をやっている他の人の紹介

- Fox 博士は、日常診療 (primary care) に関する重要な研究をやっているのは、当所以外では CMU だけであると確信している。
- スタンフォード大学では第 2 世代の ES の研究を行っており、妥当性検定

が重要な課題である（第2世代ESでは、意思決定戦略が明示的に表現されている。）。

8. その他の指摘事項

- 特になし

9. 入手資料

- (1) Fox, J., Myers, C.D., Greaves, M.F., and Pegram, S., "Knowledge Acquisition for Expert Systems : Experience in Leukaemia Diagnosis," *Methods of Information in Medicine*, Vol. 24, No. 2, pp. 65-72, (1985).
- (2) Fox, J. and Rawlings, Knowledge Based Systems in Biology and Medicine : Five Years Report (Short Version), Biomedical Computing Unit, Imperial Cancer Research Fund, Dec. 1987, pp. 27.

F. Ernst & Whinney マネジメント・コンサルタント

Ernst & Whinney マネジメント・コンサルタント

マネジメント・コンサルタント部門

エキスパート・システム・グループ・マネジャー

Mark Thomas

1. 要 約

- Ernst & Whinney (E&W) 社のエキスパート・システム・グループでは“Stages”と呼ばれるエキスパート・システム(ES: Expert System)の開発方法論を開発した。この開発方法論は構造化アプローチを採用し、英国政府がスポンサーで開発された従来型情報システムの開発方法論であるSSADM(Structured Systems Analysis and Design Methodology)と一貫的な関係を保っている。
- 妥当性検定は、Stagesでは明示的なステップであり、新しく人間の専門家を雇用した場合と同様に、試用の最初の6カ月間は試験期間とし、新しいシステムを監視下に置いておく。
- Stagesは知的所有権のあるES開発方法論であり、E&W社はそれに関する詳しい資料を用意していなかった。しかし、Stagesは、GEMINI(Government Expert systems Methodology Initiative)の有力なたたき台である。
- Stagesを支援する特別なツールはないが、分析フェーズのある部分では、SSADMツール群を流用することができる。
- Stagesは、多数のESの構築で内部的に使用され、成功している。

2. 職 歴

2.1 過去の職歴

- E & W社のマネジメント・コンサルタント部門は、機能別組織と市場別組織を組み合わせたマトリックス組織を導入している。例えば、機能の一つは情報システムで、そして、市場の一つは政府機関である。
- 情報システム・グループには、先端技術グループがあり、その先端技術グループの中に、ESサブグループがある。本グループは、社内で使用するESを開発するために、4年前に設立された。
- 本グループが最初に手がけたESは、Kent 大学との共同で開発された。そのESは運用には供されなかったが、その開発によって有益な経験が得られた。
- Thomas 氏と彼のグループは、目的を達したたくさんのESを構築した。それらのESすべては社内で利用されるESである。E & W社では顧客のシステムを開発しないという会社方針を持っているが、適用業務システムの仕様を決める際に支援したり、顧客側の要員あるいはソフトウェア・ハウスがシステムを開発する際にプロジェクト管理を行ったりはする。
- このグループが開発した最も大きいESは、“Vatia” (Value Added Tax Intelligent Assistant) と呼ばれるESで、当社の監査役がVAT (Value Added Tax: 付加価値税) に関する専門知識を必要とする際に使用される。英国のVATに関する法律は非常に複雑で、その道の専門家はごく少数しかいない。しかし、当社の監査役は、会計行為がVATの法律に則って正しく行われていることを確認し、署名しなければならない。E & W社は、2年前に開発したVatiaがVAT専門家の実務時間を節約しているので、数カ月で開発費が回収できたと主張している。
- Thomas グループは、ES開発と併行して、“Stages” と呼ばれるES開発方法論も開発した。

2.2 現在の仕事

- Thomas グループは社内で利用するESを開発し続けている。現在開発中のESは2つあり、一つはコンピュータ監査用の助言システムで、もう一つは特定領域を対象とするESの構築の実現可能性に関する助言を与えるESである。後者のESはStages を使って開発中である。
- Thomas 氏自身はGEMINI プロジェクトに参画し、かつ、クライアントに対しStages の使い方をコンサルティングしている。

3. 妥当性検定の考慮事項

3.1 妥当性検定での重要な考慮点

- Thomas氏は、妥当性検定は段階化された開発工程のすべての個所で当然行われるべきであると考えている。特に重要な点は、①専門家から獲得した知識に対する専門家による確認・署名、②ビジネスの成功を判定する評価基準に基づいてのマネジメントの同意、③導入・設置の前に行われる、そのモジュールの欠陥が多大な損害を生じさせられると思われるモジュールに対する集中的なテスト、そして、④そのESが独自の判断を行っていることを信じられるようにするための拡張された運用評価である。

3.2 適用領域からの要請

- E & W社の本グループが開発したESすべてが、法律や財務のように、特に規則に従って業務が行われる領域を対象としている。
- これらのESは、ESの処理結果に対して常識的な解釈を行うことができる人々と一緒にして使用される。このことを守らせるために、E & W社はそのESの使用に際して手続き上の統制* (procedural control)を

〔訳注〕*：コンピュータの操作に関する標準的な運用手続きの採用と遵守のこと。

課し、強制している。

- Tromas氏は、ESが他のシステムを直接制御する場合には、そのESに対する厳格な妥当性検定を行うための技術が必要である、と確信している。彼は、従来型の宇宙船管制システムに対しNASAが採用している方式と同様の、処理結果に対し多数決を行うための、異なるロジックを採用して作られた3つの版(3重系)があれば、各ESが独自の判断を行っていることが信じられる、と示唆した。

4. 妥当性検定の手法とツール

4.1 手 法

- Stages 開発方法論では、要求されたESに対し、ESが使用される対象領域に関係する①専門家、②ユーザ、そして、③マネジメントの3者から、それぞれの立場でのESの全体像(perspective)を聞くことから着手する。マネジメントが最初に提示するビジネスの成功を判定する評価基準に関する条項が必要であり、その条項は最終製品を評価する際に使用される。
- 3者の全体像をまとめ、ESに対する要求仕様書が作成される。この要求仕様書は全体像を提供した人々によって確認される。
- Stages の設計技法として、次の3つがある。
 - ①プロセスを表現する変形データ・フロー・ダイアグラム
 - ②データを表現する変形論理データ構造あるいはセマンティック・ネットワーク
 - ③ロジックを表現する知識ベース・マップ(KBM: Knowledge Base Maps)
- Stages では、分析/設計段階で作成される文書類すべてに対しドキュメント標準を規定している。
- ルールやデータを定義するツールに依存しない“ペーパー・モデル”(paper

model)を作成した後で、システム開発サイクルの各々では、各種の表現形式による成果物を輩出する。これらは、より精密なペーパー・モデルであったり、サンプラー(sampler, 約1日で作成できるミニプロトタイプ)と呼ばれる概念を実証するソフトウェア構築物であったり、そして、ある機能を実現したプロトタイプである。

- これらの表現形式による成果物は、妥当性検定のために専門家やユーザーに返却される。
- Thomas氏は、人間は紙のぶあつい設計書類を読んで、批評するよりも、プロトタイプを評価して時間を消化する方をより望んでいることを発見した。
- 入手資料〔1〕には、Stagesの開発工程が概説されている。
- Stagesでは、開発サイクルの終りの時点で、厳格なテストを実施する妥当性検定フェーズを規定している。彼らは、ESをブラック・ボックスとみなしてテストを行おうとすると、要求されるテスト・ケースの個数が膨大になり、すべてを実施するのが不可能となるので、ブラック・ボックス・テストは不十分であることに気付いた。代わりに、彼らはシステム中のモジュールの間での内部制御フローを分析し、それに基づいて行うホワイト・ボックス・テストを使っている。
- テスト戦略はリスク分析に基づいている。ES中のすべての経路をテストするのは不可能であるので、分析者と専門家とが協力して、ビジネス的な大局観から、キーとなるモジュールを決定する。すなわち、誤りによる損失費用が最も大きいモジュールを決定する。モジュールに対するテスト要求度が最も高いものからテストをやるように計画を立てる。
- テスト手続は、①まず最初にテスト計画を作成し、そのテスト計画に対し、マネージメントからの承認をもらい、②各テスト・ケースとそれに対する予想される処理結果を明文化し、これらに対し承認をもらい、そして、③テストを実施し、テスト結果を評価することから成っている。

この過程は、E Sの正当性を確信できるまで、くり返し実施される。

- Stages は、妥当性検定が完了した後でも、E Sを監視下に置かない状態でE Sを運用することを許していない。Thomas氏は、この件に関し、会社が人間の専門家を雇用した場合のアナロジを引合いに出した。まず最初に、会社の幹部が専門家の能力を判定するために、インタビューが行われる。次に、その専門家に対する妥当性検定に関する外部機関が保持しているその個人に関する情報を入手し、調査する。最後にその専門家が入社した最初の数カ月間を見習い期間とし、会社が彼の能力に満足するまで、彼のやった仕事をチェックする。
- E & W社では、新規のE Sに対しては、6カ月間を試験期間とし、この期間中は、すべての出力結果を専門家がチェックするようにしている。誤り報告書が作成され、必要があれば、E Sは修正される。
- Thomas氏は、E Sが蓄積している専門知識の対象範囲外で使用されるリスクを軽減するのに、彼らが使用している1つの技法について説明した。E Sは、人間の専門家が広範な知識を保持しているのに反し、狭い領域で非常に高い能力を発揮する傾向がある。例えば、Vatiaは、VATが正しく行われているかをチェックすることに関してのみ能力を発揮するが、税金計画に対し助言を与えることは出来ない。人間のVAT専門家は両方のトピックに対し適切な助言を与えることができる。
- この種の問題が発生しないようにするため、搭載された専門知識の対象範囲外の質問を捕捉するためのトラップ(trap)を用意する防御的プログラミング技法(defensive programming technique)を採用している。E Sは、これらのトラップで質問が捕捉された場合には、その由を伝え、ユーザに対し、別の専門知識源を訪ずれるように案内する。
- 彼らが使用している別の妥当性検定技法は、モジュールの目標要件を達成するよりもむしろ、データセットの一貫性をチェックすることを目的としたほとんど冗長なルール群を保持する手法である。しかし、この種

のルールがあまりにも多いと、実行時間のオーバーヘッドが増大し、受け入れられない水準に達する原因ともなる。

4.2 ツール

- テストを支援するツールは現在、保持していない。Automate のような SSADM のツール群は、分析フェーズを支援するのに使用されている。

5. 妥当性検定の事例

- Thomas氏は、例として、潜在的な損害賠償に関する法律を取り扱う、Stages を使って開発されたESを引合いに出した。非常に複雑であると考えられているこの法律を取り扱うことのできる専門家は、英国では唯一人しかいない。
- このESは、潜在損害賠償アドバイザー (latent damage advisor) と呼ばれ、500ルールを保持している。このESは現在使用中で、時々、専門家よりもよい助言を出すことができる。これは、専門家は、複雑な法律のすべての条文を常に思い出すことが困難であることに起因している。

6. 今後の予定

- Thomas氏は、自分の経験に照らして、Stagesの妥当性検定に関する箇所を再度書き直す予定でいる。しかし、これらの改訂は本質的ではない。
- 彼は、GEMINIプロジェクトでの自分の研究成果により、ES開発方法論、特に妥当性検定に関して、重要な進展をもたらすことができることを望んでいる。彼は、このプロジェクトの共同研究者が別の適用領域でのES経験を提供してくれることを歓迎している。
- 彼は、GEMINIプロジェクトでツールを開発することが重要であると考えている。

7. この種の研究をやっている他の人の紹介

- 彼が接触している他の人々がやっている研究は、GEMINI 共同研究者の研究である（インタビュー - A を参照）。

8. その他の指摘事項

- 特になし。

9. 入手資料

- (1) Thomas, M., Structured Techniques for the Development of Expert Systems, Ernst & Whinney Internal Report, pp. 10.

———— 禁無断転載 ————

平成元年3月発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会

東京都港区芝公園3丁目5番8号

機械振興会館内

TEL 03 (432) 9372

印刷所 株式会社 タケミ印刷

東京都千代田区神田司町2-16

TEL 03 (254) 5840

