

60-11

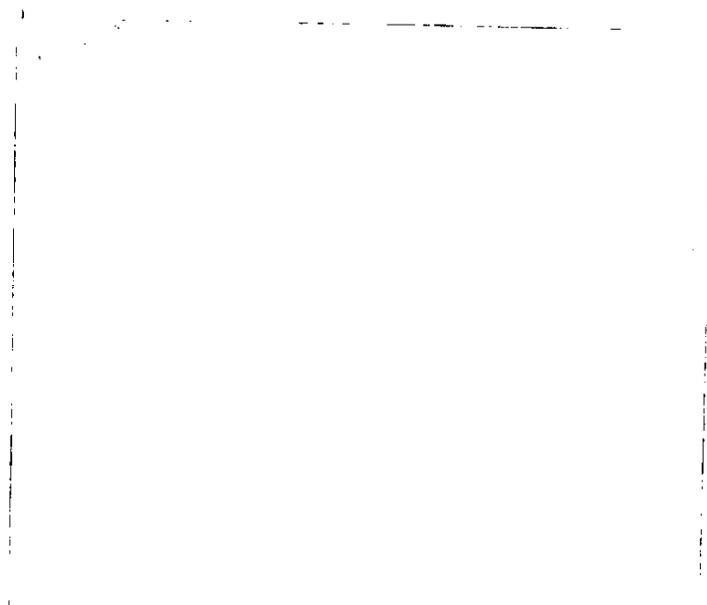
エキスパートシステムの事例調査

昭和61年4月



財団法人 日本情報処理開発協会

ICOT-JIPDEC AI センター



はじめに

当協会では、これまで第5世代コンピュータ研究開発計画の作成、自然言語処理の調査研究、そして、昨年10月には、機械翻訳シンポジウムを開催するなど人工知能関連技術に関する各種事業を実施してまいりました。

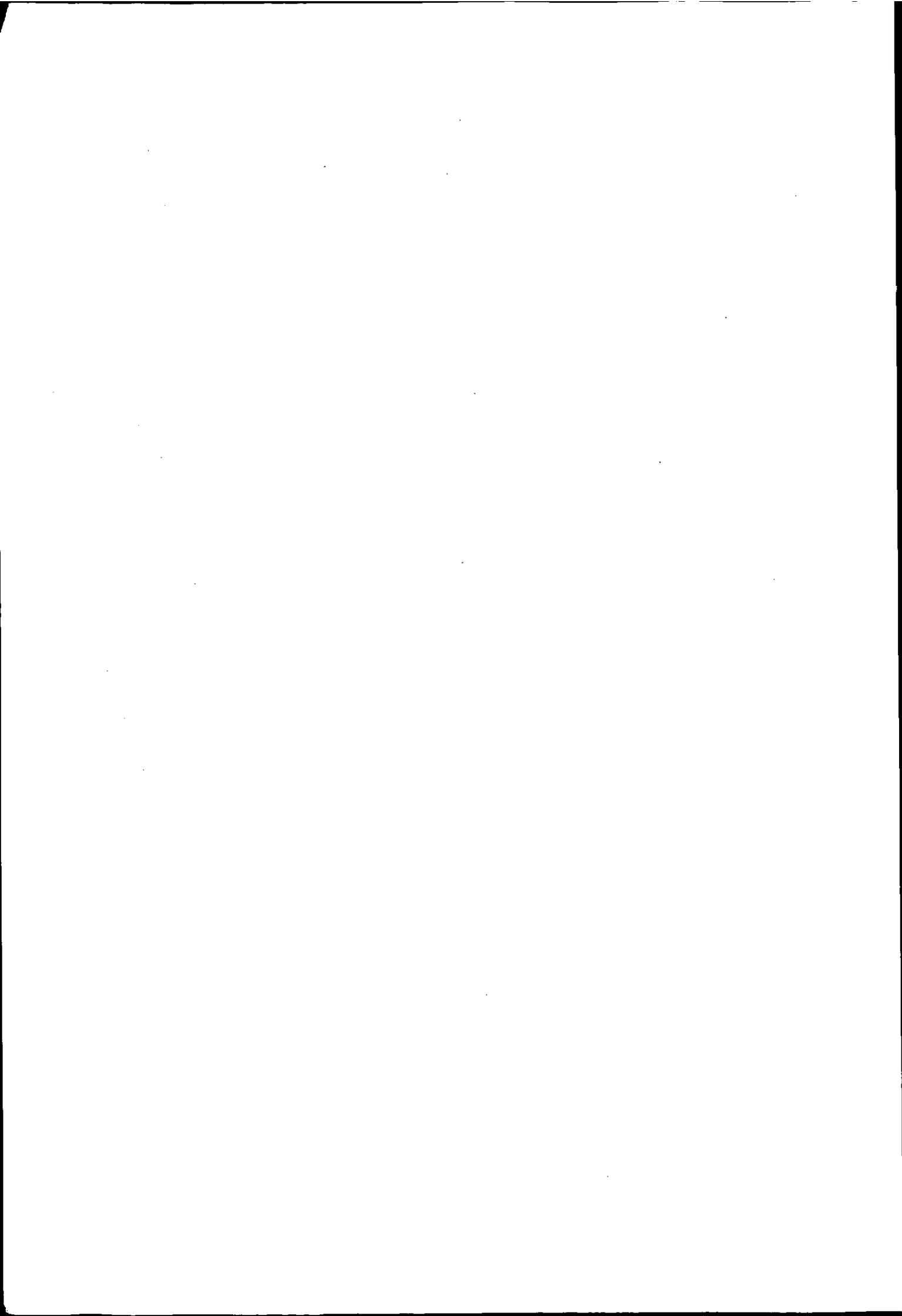
この度、(財)新世代コンピュータ技術開発機構との共同により、「AIセンター(仮称)」を設置し、人工知能関連技術の普及・促進活動を行うこととなりました。

当協会は、この事業の一環として人工知能応用技術の中で、最も注目を集めている「エキスパートシステム」をとり上げ、普及促進の観点から各種の調査研究を実施する予定でございます。この調査研究の事前調査として、本年2月から3月にかけて、このエキスパートシステムの分野では、最も進んでいる、米国に出張し、研究機関、ユーザ等を訪問し、意見交換を通じ、現状と動向を調査してまいりました。

ここに、その結果をとりまとめるとともに、併せて実施しました西独、日本の事例を掲載し、エキスパート・システムに関心をもたれる方々のご参考に供したいと思っております。

なお、本調査の実施に当って、ご支援、ご協力を賜りました調査訪問先等関係各位に対し、心より感謝いたします。

昭和61年4月

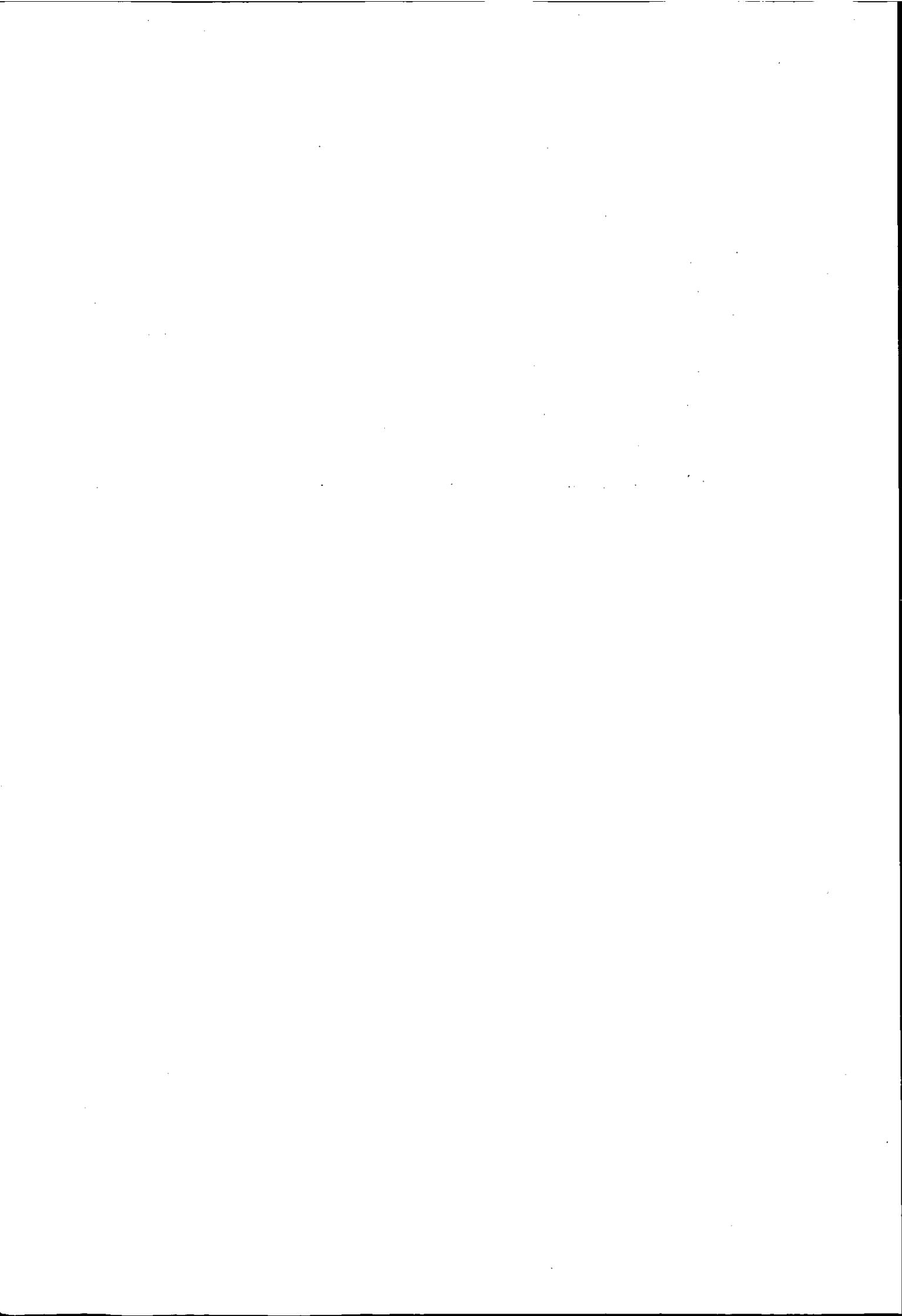


目 次

1. 米国におけるエキスパート・システムの事例	1
1.1 調査の概要	1
1.1.1 調査の目的	1
1.1.2 調査事項	1
1.1.3 調査期間	1
1.1.4 訪問先とエキスパート・システム	2
1.2 調査の内容 (訪問機関別)	4
1.2.1 SRI International (PROSPECTOR, HYDRO)	4
1.2.2 Stanford University (Advanced Architecture Project)	13
1.2.3 Xerox PARC (PRIDE 他)	18
1.2.4 RAND Corp. (LDS, SAL)	22
1.2.5 Westinghouse Electric Corp. Research & Development Center (Cable Converter, ISIS-II, VT, PDS)	30
1.2.6 Carnegie Group Inc. (CRYSTAL)	40
1.2.7 Digital Equipment Corp. Hudson Research Center (XCON, XSEL他)	47
1.2.8 Yale University (Case based reasoning)	55
1.2.9 Columbia University (DADO2)	58
1.2.10 Boeing Computer Services (AI Center, ETS)	60
1.2.11 Schlumberger Doll (Dipmeter Adviser System)	78
西独, 日本におけるエキスパート・システムの事例	81
2. 1 西 独	81
2.1.1 Ford Motor Co. at Cologne (DEX, C3)	81
2.1.2 Siemens AG (SICONFEX)	83

2.2	日 本	85
2.2.1	キヤノン(株)中央研究所 (OPT EX)	85
2.2.2	日揮(株) (EXFLOW)	88
2.2.3	日本電気(株)C&Cシステム研究所 (WIREX)	90
2.2.4	三菱電機(株)中央研究所 (電力系統解析支援エキスパート・システム)	93
3.	調査のまとめ	95
3.1	エキスパート・システム	95
3.1.1	開発動向	95
3.1.2	知識獲得方法	96
3.1.3	効 果	97
3.2	エキスパート・システムの関連動向	98
3.2.1	ナレッジ・エンジニアの教育	98
3.2.2	エキスパート・システム普及を妨げる要因	98
3.2.3	開発ツール等の動向	99
付録 エキスパート・システム事例一覧表		
1.	CRYSTAL (CGI)	100
2.	XCON (DEC)	100
3.	XSEL (DEC)	102
4.	LDS (RAND)	102
5.	SAL (RAND)	104
6.	Dipmeter Adviser System (Schlumberger)	104
7.	PROSPECTOR (SRI International)	106
8.	HYDRO (SRI International)	106
9.	Cable Convertor (Westinghouse Electric Corp.)	108

10.	I S I S - II (Westinghouse Electric Corp.)	108
11.	VT (Westinghouse Electric Corp.)	110
12.	PDS (Westinghouse Electric Corp.)	110
13.	PRIDE (Xerox PARC)	112
14.	DEX. C3 (GMD, Ford Motor Co.)	112
15.	SICONFEX (Siemens AG)	114
16.	OPTEX (キャノン機)	114
17.	EXFLOW (日揮機)	116
18.	電力系統解析支援エキスパート・システム (三菱電機機)	116
19.	WIREX (日本電気機)	118



1. 米国におけるエキスパートシステムの事例

1.1 調査の概要

1.1.1 調査の目的

米国におけるエキスパートシステムの開発事例と動向を調査し、日本におけるエキスパート・システム構築の参考とするとともに、我が国の情報処理の発展に資する。

1.1.2 調査事項

研究機関、コンピュータ・ユーザで開発しているエキスパート・システムについて、開発経過、開発環境、システム概要、知識獲得法、将来計画などの事項を調査する。

1.1.3 調査期間

昭和61年2月22日～昭和61年3月12日

1.1.4 訪問先とエキスパート・システム

16システム

月 日	訪 問 機 関	エキスパート・システム等
2. 24	SRI International	PROSPECTOR (地質学) HYDRO (水分学)
2. 24	Stanford University Knowledge Systems Laboratory (KSL) Heuristic Program- ming Project (HPP)	Advanced Architecture Project (エキスパートシステムの 並列処理アーキテクチャ)
2. 25	Xerox Palo Alto Research Center (PARC)	PRIDE (複写機の紙送り機構設計 システム)
2. 26	RAND corp.	LDS (損害賠償訴訟) SAL (アスベスト汚染賠償請求)
2. 28	Westinghouse Electric Corp. Research & Develop- ment Center	VT (エレベータ構成) Cable Converter (ケーブルTVの変換器修 理) ISIS-II (工場作業スケジュール作 成) PDS (センサーを使った故障診 断システム用ツール)
2. 28	Carnegie Group Inc.	CRYSTAL (プロジェクト管理, ソフ トウェア開発支援)

月 日	訪 問 機 関	エキスパート・システム等
3. 3	DEC Hudson Research Center	XCON (コンピュータ構成) XSEL (コンピュータのコンポネ ント選択とレイアウト) IBUS (旧IDT) (コンピュータ故障診断) ISA (注文から資材配分と照ら し、納期を決定する) IMACS (受注品のリソース見積り と製造計画) PTRANS (組立てとテスト計画)
3. 5	Yale University Department of Computer Science	Case-based Reasoning (事例に基づいた推論方式)
3. 6	Columbia University Department of Computer Science	DADO2 (プロダクション・システ ム向き並列処理マシン)
3. 10	Boeing Computer Services	AI Center ETS (知識獲得ツール)

なお、Schlumberger Doll については、日本シェルンベルジェを訪問し、調査を行ったので、最後に掲載した。

1.2 調査の内容 (訪問機関別)

1.2.1 SRI International

① 面接月日・相手

昭和61年2月24日 (月)

10:00~13:30

DAVID R. BROWN Engineering Research Groupに所属。
NASASpace Station のエキスパートシステムに 従事。(管理者)

Staff Scientist

Advanced Computer Systems Department

② 住所・電話等

SRI International

HEADQUARTERS

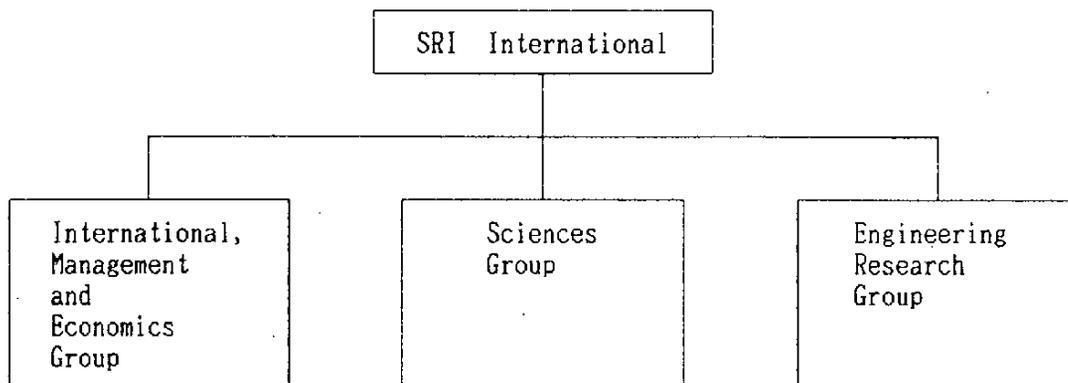
333 Ravenswood Ave.

Menlo Park, CA 94025-3493

Telephone: (415) 326-6200

Telex: 334486

③ 組織・業務内容



スタンフォード大学の付属機関から独立した非営利の研究機関であり、受託研究が中心で、そのほとんどは、DARPA, NASA, NSFから依頼されている。1984年の収入は、193.8百万ドル。

Engineering Research GroupがAIを研究している部門で50人位の研究者をかかえて

いる。(全職員数は、約 3,000人)

研究内容としては、Perception、知識表現、自然言語処理等を行っているが、最も力を入れているのは、自然言語処理である。

SRI インターナショナルのアウトサイド・グループとして、10~11のグループが、外部機関にある。

④ 開発システム

A. PROSPECTOR

鉱床の探査で地質学者を支援するコンサルタント・システム。対象地域の地質データを受け取って、特定鉱物の鉱床をその地域で発見できる確率を推定する。様々な鉱床について発見確率を推定可能(たとえば、塊状硫化物 (massive sulfide)、炭酸鉛/炭酸亜鉛、斑岩鉛 (porphyry copper)、硫化ニッケル、砂岩ウラニウム (sandstone uranium)、斑岩モリブデン (porphyry molybdenum)。本システムの専門知識は、1) 鉱床のモデルを構成する地質学ルールと、2) 岩石および鉱物の分類法 (taxonomy) とをベースにしている。

1. Domain: Diagnosis

2. プロジェクト開始: 1976年 (研究開始)

1978年 (プロジェクト開始)

3. 研究者数: 6人

4. 開発環境: ①ハードウェア: DEC2060→Xerox 1108

②開発言語: Interlisp

5. 推論制御方式: 前向き推論+確信度 (ルール上)

6. 知識表現方式: セマンティック・ネットワーク

7. 知識獲得: 地質研究機関3社の複数の専門家からインタビューにより、知識を獲得した。ツールとしてKAS* を開発した。

*KAS (Knowledge Acquisition System)

これは、PROSPECTORから地質学の知識をとり除いたエンプティ知識ベースで、ルールベースの知識表現を採用している。

KASは、その知識をコード化するため部分的に意味ネットワークを持つ

知識ベースと、前向きおよび後向きチェーンと確信度による推論エンジンを持っている。KASのサポート環境には、説明機能と知識獲得機能があり、同意語認識、解答の見直し、サマライズ、トレーシングを行う。開発言語はInterlispである。

〈参考文献〉

- ・ Reboh, Rene. Knowledge engineering techniques and tools in the PROSPECTOR environment. SRI technical note 243, SRI International, June 1981.

これは、NSF, U. S. Geological Survey (USGS) の依頼で開発し、現在は、SRI インターナショナルでは、誰も担当していない。前記のUSGSで、IBM PC上 (C言語) で実際に使っている。(Preselector : 22の地域モデルでルール数1,218) (入手資料7.参照) 又、ある銀行でも利用しているようだ。

PROSPECTORそのものは、複雑すぎて、テクノロジー・トランスファがうまくいかなかったが、LOOPS, ROSIEなどに研究成果が活かされている。

〈参考文献〉

1. R. O. Duda, P. H. Hart, and N. J. Nilsson, "Subjective Bayesian Methods for Rule-Based Inference Systems," AFIPS Conference Proceedings Vol 45, pp. 1075 -1082 (National Computer Conference, 1976).
2. R. O. Duda, P. E. Hart, N. J. Nilsson, and G. L. Sutherland, "Semantic Network Representations in Rule-Based Inference Systems," in Pattern Directed Inference Systems, D. A. Waterman and F. Hayes-Roth, eds., pp. 203-221 (Academic Press, New York, New York, 1978).
3. P. E. Hart, "Observations on the Development of Expert Knowledge-Based Systems," Proc. Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 1001-1003 (Cambridge, Massachusetts, August 1977).

4. R. O. Duda, P. E. Hart, and R. Reboh, "A Rule-Based Consultation Program for Mineral Exploration," Proc. of the Lawrence Symposium on Systems and Decision Sciences, pp. 306-309 (Berkeley, California, October 2-4, 1977).
5. P. E. Hart, R. O. Duda, and M. T. Einaudi, "PROSPECTOR -- A computer-Based Consultation System for Mineral Exploration," Journal of the International Association for Mathematical Geology, Vol. 10, pp. 589-610 (October 1978).
6. P. E. Hart, R. O. Duda, and M. T. Einaudi, "Computer-Based Consultation System for Mineral Exploration," in Computer Methods for the 80's in the Mineral Industry, Alfred Weiss, ed., pp. 127-140 (Society of Mining Engineers, New York, 1979).
7. J. Gaschnig, "Preliminary Performance Analysis of the Prospector Consultant System for Mineral Exploration," Proc. Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 308-310 (August 1979).
8. K. Konolige, "An Inference Net Compiler for the PROSPECTOR Rule-Based Consultation System," Proc. Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 489-498 (August 1979).
9. R. O. Duda, J. Gaschnig, and P. E. Hart, "Model Design in the Prospector Consultant System for Mineral Exploration," in Expert Systems in the Microelectronic Age, D. Michie, ed., pp. 153-167 (Edinburgh University Press, Edinburgh, 1979).
10. R. O. Duda and P. E. Hart, "PROSPECTOR -- An Expert System for Mineral Exploration," to appear in AI Handbook, E. A. Feigenbaum, ed. (1981).
11. R. O. Duda, M. T. Einaudi, and P. E. Hart, "The Encoding and Use of Ore Deposit Models in the Prospector Consultation Program," Proc. Annual Meeting of the Geoscience Information Society, to be published.
12. R. O. Duda and P. E. Hart, "Rule-Based Modeling of Ore Deposits for Mineral Exploration," AAAS Symposium Volume on Machine Intelligence and Perception (1980).

13. J. Gaschnig, "An Application of the Prospector System to the DOE'S National Uranium Resource Evaluation," Proc. First Annual National Conference on Artificial Intelligence, Stanford University, Stanford, California, pp. 295-297 (1980).
14. R. Reboh, "Using a Matcher in Making an Expert Consultation System Behave Intelligently," Proc. First Annual National Conference on Artificial Intelligence, Stanford University, Stanford, California, pp. 231-234 (1980).
15. R. O. Duda and J. Gaschnig, "Knowledge-Based Expert System, Come of Age," in BYTE, pp. 238-281 (September 1981).

SRI インターナショナル・テクニカルレポート

Report Code : A - PRICE \$10.00

"Semantic Network Representations in Rule-Based Inference Systems"

R. O. Duda, P. E. Hart, N. J. Nilsson, and G. L. Sutherland

Technical Note 136, March 1977 (31 pages)

Report Code : B - PRICE \$10.00

"Development of a Computer-Based Consultant for Mineral Exploration"

R. O. Duda, P. E. Hart, N. J. Nilsson, R. Reboh, J. Slocum, and G. L. Sutherland

Annual Report, SRI Projects 5821 and 6415, October 1977 (202 pages)

Report Code : C - PRICE \$10.00

"A Computer-Based Consultant for Mineral Exploration"

P. E. Hart, R. O. Duda, and K. Konolige

Second Semiannual Report, SRI Project 6415, April 1978 (81 pages)

Report Code : D - PRICE \$10.00

"Development of the Prospector Consultation System for Mineral Exploration"

R. O. Duda, P. E. Hart, P. Barrett, J. Gaschnig, K. Konolige, R. Reboh, and

J. Slocum

Final Report, SRI Projects 5821 and 6415, October 1978 (193 pages)

Report Code : E — PRICE \$10.00

"A Computer-Based Consultant for Mineral Exploration"

R. O. Duda, P. E. Hart, K. Konolige, and R. Reboh

Final Report, SRI Project 6415, September 1979 (185 pages)

Report Code : F — PRICE \$10.00

"A Multics Prospector"

B. Michael Wilber

Final Report, SRI Project 7855, September 1979 (81 pages)

Report Code : G — PRICE \$50.00

"Development of Uranium Exploration Models for the Prospector Consultant System"

John Gaschnig

Final Report, SRI Project 7856, March 1980 (603 pages)

Report Code : H — PRICE \$10.00

"The Prospector Consultation System for Mineral Exploration"

Richard O. Duda

Final Report, SRI Project 8172, April 1980 (120 pages)

Report Code : I — PRICE \$10.00

"Operation Manual for the Prospector Consultant System"

R. O. Duda, J. Gaschnig, R. Reboh, and B. M. Wilber

Final Report, SRI Project 8172, January 1981 (75 pages)

Report Code : J — PRICE \$10.00

"Workshop on the Potential of Formal Ore Deposit Models for Exploration,
Resource Assessment, and Education"

John Gaschnig

Final Report, SRI Project 2204, May 1981 (49 pages)

Report Code : K-PRICE \$10.00

"Knowledge Engineering Techniques and Tools in the Prospector Environment"

Rene' Reboh

Technical Note 243, June 1981

Report Code : L-PRICE \$10.00

"Development and Application of a Knowledge-Based Expert System for Uranium Resource Evaluation"

J. Gaschnig, J. Reiter, and R. Reboh

Final Report, SRI Project 2225, October 1981 (177 pages)

B. HYDRO

水分学者がHSPF（降水が分水界を通過して分散する物理プロセスをシミュレートするプログラム）を利用できるように支援するシステム。分水界の特性を、HSPFが理解できるように数値パラメータで記述する。パラメータの推定は、土壌の種類、土地利用、植生、地質に関する知識と、こういったファクターが当該のパラメータに与える影響についての知識を使って行う。PROSPECTORから派生したシステム。

1. Domain : Diagnosis
2. プロジェクト開始 : 1981年
3. 開発環境 ①ハードウェア : Xerox 1108
②開発言語 : Interlisp
4. 推論制御方式 : 前向き推論 + 確信度 (ルール上)
5. 知識表現方式 : セマンティック・ネットワーク
6. 知識獲得 : ツールとして、KASを使った。

2-3人の専門家からインタビューにより、獲得した。

HYDROは、Research Prototypeまで作ったが、研究者がいなくなり、今では、Deadエキスパート・システムになっている。

(参考文献)

1. Gaschnig, J., Reboh, R., and Reiter, J. Development of a knowledge-based expert system for water resource problems. Report SRI 1619, AI Center, SRI International, August 1981.
2. Reboh, R., Reiter, J., and Gaschnig, J. Development of a knowledge-based interface to a hydrological simulation program. SRI Technical Report 3477, SRI International, May 1982.

⑤ 問題点、将来動向など

1. 面接者のD. Brown氏は現在、Rockwellインターナショナル、NASAスペース・センタからの委託により、スペース・ステーション関係のエキスパート・システムを開発している。SRIインターナショナルでの開発ツールは、KEEやARTを使っている。ハードウェアは、DEC2060, VAX11シリーズ, Symbolics3600 シリーズ, PC等である。
2. エキスパート・システムの開発環境は、種々の機能をもったLispマシン等で行うが、運用段階では、PROSPECTORがIBMのPC上で動いているように、PC等を使うことができる。その時は、C言語のような処理効率の良い言語におとすことが大切である。(Downloadエキスパート・システム)
3. ナレッジ・エンジニアの仕事は、IBMの定義でいうシステム・アナリストの仕事である。

⑥ 入手資料

1. "Annual Report 1984", SRI International, 1984
2. J. Gaschnig, R. Reboh and J. Reiter, "An Annotated Bibliography about PROSPECTOR," SRI International, February 1982
3. R. O. Duda, P. E. Hart, K. Konolige and R. Reboh, "A Computer-Based Consultant for Mineral Exploration," SRI International, September 1979

4. R. O. Duda, "The PROSPECTOR System for Mineral Exploration," SRI International April 1980
5. R. Reboh, "Knowledge Engineering Techniques and Tools in the PROSPECTOR Environment," SRI International Technical Note 243, June 1981
6. R. Reboh, J. Reiter and J. Gaschnig, "Development of a Knowledge-Based Interface to a Hydrological Simulation Program," SRI International, May 1982
7. R. Reboh and J. Reiter, "A Knowledge-Based System for Regional Mineral Resource Assessment," SRI International, February 1983

1.2.2

スタンフォード大学

① 面接月日, 相手

昭和61年2月24日(月)

15:00~16:30

・ Prof. Edward Feigenbaum H P P のリーダー

Heuristic Programming Project(H P P)

Knowledge Systems Laboratory (K S L)

Department of Computer Science

・ Hiroshi Okuno NTT基礎研究所からHPPに研究員として、86年2月より従事している。
H P P, K S L

② 住所, 電話等

Heuristic Programming Project

Knowledge Systems Laboratory

Department of Computer Science

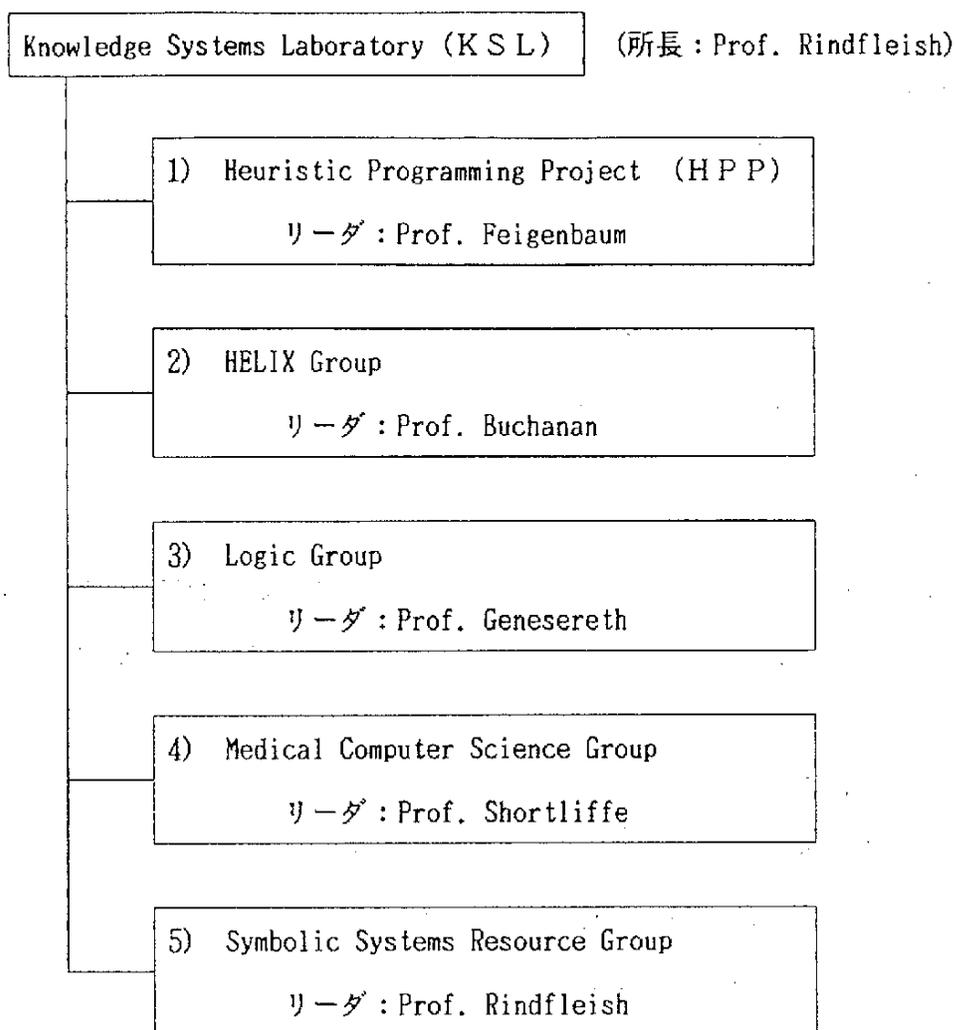
Stanford University

701 Welch Road, Bldg. C · Palo Alto, California 94304

TEL. (415)497-3444

③ 組織・研究内容

〈組織〉



KSLは、教授、博士課程、修士を含めて、100人位の研究者がいる。

1) Heuristic Programming Project (HPP)

HPPは組織変えて、Knowledge Systems Laboratory (KSL)の傘下に入って、研究を行っている。

現在のメイン・テーマは、Advanced Architecture Project (APP)であり、エキスパート・システムの並列処理の研究を行っている。

基本となる、アーキテクチャは、Blackboardモデルである。

2) HELIX Group

HELIXは、彼らの興味であるHeuristics, Expertise, Learning, Instruction, Experimentationの略字である。

現在、Blackboardモデルを使ったたんぱく質化学の問題解決「PROTEAN」

conceptual hierarchyを使った「NEOMYCIN」, 「GUIDON2」, およびmachine learning「Knowledge Acquisition」の研究をしている。

3) Logic Group

Introspection(内視)の機能(i.e. 自分自分の問題解決の行動を制御, 推論する機能を知識表現ツールとして提供する)を狙った「Meta level Representation System (MRS)」の研究, この他、コンピュータ・ハードウェアのCADシステム「DART/HELIOS」, OSやネットワークのユーザ支援システム「Intelligent Agent」の研究を行っている。

4) Medical Computer Science (MCS) Group

腫瘍を対象としたコンサルテーション・システム「ONCOCLIN」とリンパ腺に対し、顕微鏡を通してみつけられたものからリンパ腺ノードの病状を推論する「PATHFINDER」を研究している。

5) Symbolic Systems Resource Group

このグループは、KSLの研究設備を整備する役割を持っている。優秀なハッカーがいて、ネットワーク(SUMEX-AIM)の整備・拡充, 新しいマシンの立上げ(TI Explorerへのソフトの移植)等を、次々と処理してしまう、とのこと。

④ HPPでの研究

HPPでは、エキスパート・システムにおけるspace(探索の空間)とtime(推論時間)をどう克服するか、どう向上していくかを研究している。

研究プロジェクトは、Advanced Architecture Project (AAP)と呼ばれ、Blackboardモデルを基本とした並列処理アーキテクチャの研究で、DARPA, NSFから研究資金を受けている。

研究は、次の5つの分野にわかれて、実施している。

1) Application (研究者は、MITから来ている人)

Distributed Signal Processingをテーマに、複数のレーダー・サイトから入ってくる時々刻々を変えるデータをもとに、複数の飛行機の識別(機種・型番など)を行うシステムの研究を行っている。

2) Problem Solving Framework (Nii, Brown が担当)

Blackboardモデルを基本として、その concurrencyを上げる研究をしている。
ツールとして、Concurrent AGE (CAGE), TINAの2つを開発して、評価研究している。

3) Knowledge Retrieval (Okuno)

できるだけ高速にKnowledge sourceから、データを持ってくる研究をしている。
Knowledge retrievalの並列化。

4) Programming Language (Okuno)

Concurrent Lispの提案をする。

5) Hardware Systems Architecture (DECからの研究者)

Distributed memory (Shared memory ではない) とDistributed processor をミックスしたアーキテクチャで「CARE」と呼ばれ、すでに3年間程、研究を行っている。

以上、5つの層に分けて、研究をしており、各層で、現在のスピードの約10倍の成果を出したい、とのこと。(オーバーヘッドを見込んで、全体システムで、1,000倍を狙っている。) 研究予算があと1年半か2年で区切れることから、HPPのこのプロジェクトの研究結果も、その頃には、はっきりするであろう。

研究設備は、Symbolics 3600 (×4), TI Explorer(×16) その他に医療センターのマシン等が使える。(SUMEX-AIM経由)

TI Explorer は、1人1台位のわりであり、このマシンを中心にソフトウェアを開発している。

⑤ 問題点、将来動向など (Prof. Feigenbaumのコメント)

1) ナレッジ・エンジニアの教育

現在のエキスパート・システムは、ナレッジ・エンジニアがいて、その人が専門家から、知識を獲得して、ルール化し、システムを構築している。将来は、専門家自身でエキスパート・システムを構築することになる。そういう観点からは、ツールの開発がもっとも重要な研究テーマである。

現状のAI教育をみると、Boeing社(5ヶ月)、DEC社(14ヶ月)のもの

が優れていると思う。しかし、最も良いのは、大学で実施しているマスターを対象としたカリキュラム（2年間）がベストである。

2) エキスパート・システム普及のためのボトルネック

現在、エキスパート・システムを構築する上で、ハードウェアの価格、性能に問題は無いが、将来の大規模なエキスパート・システムを実現する際には、このままでは、ハードウェアは大きなボトルネックとなるであろう。パフォーマンスという点からであり、並列処理システムの開発が絶対に必要である。

又、ユーザ側の知識不足も大きなボトルネックとなろう。そのためにも、教育は、大切な事項である。

⑥ 入手資料

1. "Knowledge Systems Laboratory 1985," Stanford University KSL, 1985

1.2.3

Xerox Palo Alto Research Center
(Xerox P A R C)

① 面接月日, 相手

昭和61年2月25日(火)

10:00~13:30

- ・ Dr. Kenneth M. Kahn COMMON LOOPSの研究者
Member of Research Staff
Intelligent Systems Laboratory

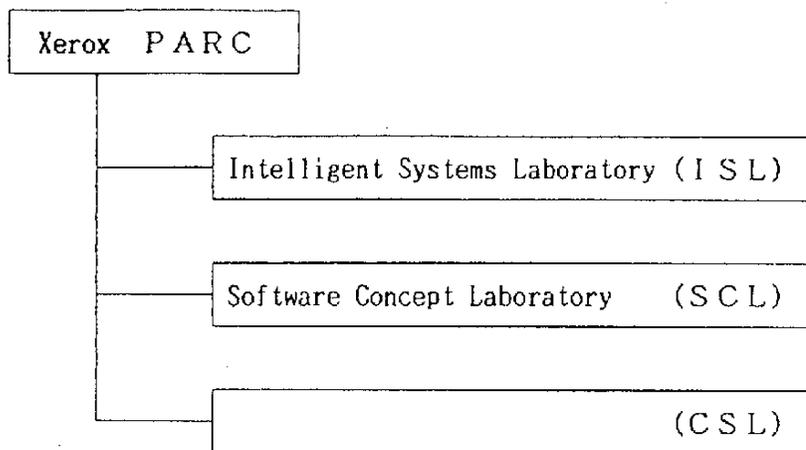
- ・ Dr. Sanjay Mittal エキスパートシステム「PRIDE」
Member of Research Staff の研究者
Intelligent Systems Laboratory

- ・ Dr. Johan dekleer Assumption-based
Member of Research Staff Truth Maintenance
Intelligent Systems Laboratory System(ATMS)の研究者

② 住所, 電話等

Xerox Palo Alto Research Center
3333 Coyote Hill Road
Palo Alto, California 94304
415-494-4390 (Dr. Kahn)
Telex 674839

③ 組織、研究内容



Xerox PARCには、250~300人の研究者及びサポートスタッフがいる。

1) Intelligent Systems Laboratory (ISL)

約50人の研究者がおり、次の研究をしている。

- ・ Knowledge Systems Area
(PRIDE, LOOPS, COMMON LOOPS, COLAB等の研究)
- ・ Natural Language
- ・ 3-Lisp
- ・ ATMS
- ・ User Interface

2) Software Concept Laboratory (SCL)

- ・ Smalltalkの研究グループ

3) (CSL)

- ・ Graphicの研究グループ

④ 開発システム

1) PRIDE

複写機の紙送り機構を設計するためのエキスパート・システムである。Xerox PARCとXerox Reprographics Business Group (RBG)と共同で開発。

1. Domain : Design (Configuration)
2. 研究開始 : 1984年初め
3. 開発環境 : ①ハードウェア : Xerox 1100シリーズ
②開発ツール : L O O P S (Interlisp - D)
4. 推論制御方式 :
5. 知識表現方式 : ルールベース + フレーム・ベース + オブジェクト・オリエンテッド
6. オブジェクト数 : 1,000
7. 知識獲得

多くの専門家が、同じ問題に対する解決策を観察して、知識を獲得した。経験の浅い人と深い人、スタンダードな問題とノンスタンダードな問題等で、意見がわかれ、討論の結果、真にルール化すべき知識を獲得できた。
8. 利用状況効果 : 社内で試用し、数週間の設計作業が30分に短縮された。又、エンジニアリング研究部門の専門知識が応用部門の設計者にトランスファした。

〈参考文献〉

- 1) Mittal, S., and Dym, C. "Knowledge acquisition from multiple experts" AI Magazine, Summer 1985. pp. 32-36.
- 2) Mittal, S., Dym, C., and Morjaria, M.. "Pride : An Expert System for the Design of Paper Handling Systems," in Applications of Knowledge-Based Systems to Engineering Analysis and Design, (C. L. dym, Editor), American Society of Mechanical Engineers, 1985.
- 3) Mittal, S., Bobrow, D. G., and de Kleer, J.. "DARN : A Community Memory for a Diagnosis and Repair task," submitted to Expert Systems Journal.

⑤ 問題点、将来動向など (Kahnのコメント)

- 1) 並列処理言語について

I C O T の G H C や Concurrent Prolog など並列処理向きの言語は、非常に複雑で、一般のユーザにはなかなか受け入れ難いであろう。

2) Common Lisp の普及

Xerox PARC も、Common Lisp をベースとした、システム開発が行われている。

3) COMMONLOOPS の開発

知識表現言語 LOOPS を Common Lisp で開発するとともに、Partial Evaluation などの Prolog の特徴をとり入れ、ポータビリティと機能拡充を図る。

⑥ 入手資料

1) Bobrow, D. G., Mittal, S. and Stefik, M. J., "Expert Systems Perils and Promise," Xerox PARC, November 1985.

2) Bobrow, D. G., et al, "COMMONLOOPS," Xerox PARC Intelligent Systems Laboratory series ISL-85-8, August 1985.

3) Stefik, M., et al, "Beyond the Chalkboard : Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings," Xerox PARC ISL and University fo California, Berkeley, October 1985.

4) Mittal, S., et al, "PRIDE : An Expert System for the Design of Paper Handling Systems," The Winter Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers, November 1985.

1.2.4

RAND Corp.

① 面接月日・相手

昭和61年2月26日(水) 15:00~17:00

DONALD A. WATERMAN, Ph. D. 「A Guide to Expert Systems」の著者。
法律エキスパート・システム(LDS, SAL)の研究者で
あり、ROSIEの開発者の一員である。

SENIOR COMPUTER SCIENTIST

INFORMATION SCIENCES DEPARTMENT ARPANET: DON@RAND-UNIX

② 住所・電話等

THE RAND CORPORATION HEADQUARTERS

1700 Main Street · P. O. Box 2138 · Santa Monica, Calif. 90406-2138

(213) 393-0411, TWX: 910-343-6878

③ 組織、業務内容

1946年に米国空軍が、将来の空軍力と国家安全保障を研究するため、Douglas Aircraft Co.と契約した時、RANDプロジェクトが始まり、2年後、独立した民間の非営利団体としてRAND Corp. が設立された。設立基金は、フォード財団から提供された。

現在、RANDの研究は、国家安全保障と内政問題の多くの次元に渡っている。65の政府および関連機関のサポート、250以上の民間企業の援助を得て、約300のプロジェクトが動いている。

従業員は、984名(85年9月現在)で、研究スタッフは520名である。そのうち42%はPh. D., 31%はマスターをもっている。このほか、外部コンサルタントも利用している。(約400名)

研究スタッフは、Research Departmentに所属し、6つの研究部門(①Behavioral Sciences, ②Economic and Statistics, ③Engineering and Applied Sciences, ④Information Sciences, ⑤Political Sciences, ⑥System Sciences)に分かれている。

Dr. Watermanは、Information Sciences に所属している。

REVENUE (Fiscal Year 1985: 10/84-9/85)

	Millions	Percent of Total
Project AIR FORCE	\$ 18.1	30
Arroyo Center	4.3	7
National Security Research	17.5	29
(Department of Defense)	(16.0)	(26)
(Other U.S. Government and Foundations)	(1.5)	(3)
Domestic Research	17.2	29
(United States Government)	(11.3)	(19)
(Foundations and Other)	(5.9)	(10)
Institute for Civil Justice	2.2	3
Total Contracts and Grants	\$ 59.4	98
Rand-Sponsored Research	1.0	2
Total	\$ 60.4	100

*Numbers may not add to total shown because of rounding.

④ 開発システム

A. LDS (Legal Decision making System)

製品損害賠償訴訟の処理で法律の専門家を支援するシステム。製品損害賠償訴訟の記述を受け取って、被告の負担額、訴訟の価値、エクイティー（衡平方）の上の和解額を計算する。本システムの専門知識は、公式のデータ（法理論）と非公式のデータ（弁護士および賠償請求調停者の行動方針と戦略）をベースとしている。訴訟価値の計算は、次のファクターの影響を分析することによって行う。1) 損失（損害に起因する特別賠償金と一般的賠償金）、2) 義務（被告の義務を確立する確率）、3) 責任（損害について原告が負う責任の割合）、4) 特徴（弁護士の技量、訴訟当事者のタイプ度の本来的な検討事項）、5) 状況（賠償請求の戦略、タイミング、タイプに基づく検討事項）。

1. Domain: Planning

2. 研究開始年: 1979年

3. 開発経過	Plan	Actual
① Demonstration prototype	12 months	12 months
② Research prototype	24 months	36 months

4. ルール数とマンパワー

① Demonstration prototype	100 rules	6 man-months
② Research prototype	400 rules	24 man-months

5. 開発環境 ①ハードウェア: VAX 11/780

②開発ツール: ROSIE * (Interlisp)

6. 推論制御方式: 前向き推論+後向き推論

7. 知識表現: ruleベース+procedure-oriented

8. 特徴: 知識獲得機能

English-like ruler

Explanation は various level

} ROSIEの機能

9. エキスパート・システム導入による利点:

事例評価の標準化と専門家がどのようにケースを分析するかが理解できたこと。

研究のみに使用し、既にDeadエキスパートシステムとなった。

〈参考文献〉

1. Waterman, D. A. and Peterson, M. Rule-based models of legal expertise. Proceedings of the First Annual National Conference on Artificial Intelligence, 1980.
2. Waterman, D. A. and Peterson, M. A. Models of legal decision-making. Report R-2717-ICJ, Rand Corporation, 1981.

* ROSIE

ルールベースの知識表現言語であるが、Procedure-orientedの表現方式もサポートしている。主な特性としては、英語式の構文、サブルーチンとリカーシブ・サブルーチンを使用できるProcedure-orientedな構造、強力なパターン・マッチング機能、更に、ROSIEがリモート・ジョブを制御するためのローカル・オペレーティング・システムとのインタフェースがある。開発言語は Interlispであるが、実行上は、効率を考慮して、C言語に変換してある。

〈参考文献〉

1. H. A. Sowizral and J. R. Kipps, "ROSIE : A Programming Environment for Expert Systems," RAND Corp., October 1985.

・主なROSIEのアプリケーション

ROSIEは、RANDと外部グループによって、エキスパート・システムの開発に使用されている。例えば、①Dr. Watermanの法律関係のシステム、②TATR戦術対空目標指令システムの設計 (Callero et al., 1984年)、③戦略アナリストと戦術意思決定担当者を支援するワークステーション (Adept) の設計 (Beebe et al., 1984年) である。

TATRシステムは、敵機に対する攻撃の計画における戦略空軍指令担当者を支援するために設計されたもので、攻撃する空域を選択し、その空域のどの目標を攻撃するかを選択する。又、攻撃オプションを検討し、そのオプション

を測定基準に照らして評価し、敵に対する効果が最も大きいものを選択する。

Adeptワークステーションは、TRWが開発したもので、リアルタイムの情報分析に使用。軍事アナリストが敵の活動を評価するための試みである。このプロジェクトの目標は、状況評価のためのワークステーションの機能を確認し、この分野へのAIの応用可能性を証明することである。

B. S A L (System for Asbestos Litigation)

アスベスト汚染に関する賠償請求の評価で弁護士と賠償請求調停者を支援するシステム。現在、1種類の病気（石綿沈着症）と1種類の原告（絶縁工 (insulator)）を扱う。早期解決を実現するために、原告に対し支払うべき金額を推定する。使用する知識は、1)損害、2)被告の義務、3)原告の責任、4)訴訟の特徴（訴訟当事者のタイプ、相手方弁護士の技量等）に関するもの。

1. Domain : Planning

2. 研究開始年 : 1984年

3. 開発経過

	Plan	Actual
Demonstration prototype	<u>12</u> months	<u>12</u> months
Research prototype	<u>18</u> months	<u>18</u> months

4. ルール数とマンパワー

Demonstration prototype	<u>150</u> rules	<u>9</u> man-months
Research prototype	<u>300</u> rules	<u>14</u> man-months

5. 開発環境 ①ハードウェア : Xerox Dolphin

②開発ツール : ROSIE (Interlisp)

6. 推論制御, 知識表現, 特徴は, LDSと同じ。

(ROSIEの特徴である。)

7. エキスパートシステム導入による利点

事例評価の標準化と効率化

専門家1名から、インタビューにより、知識を獲得しプロトタイプを開発、研究用のみに使っている。

(参考文献)

1. Barstow, D. R., Aiello, N., Duda, R. O., Erman, L. D., Forgy, C., Gorlin, D., Greiner, R. D., Lenat, D. B., London, P. E., McDermott, J., Nii, H. P., Politakis, P., Reboh, R., Rosenschein, S., Scott, A. C., van Melle, W., and Weiss, S. M. Languages and tools for knowledge engineering. In F. Hayes-Roth, D. A. Waterman, and D. B. Lenat (eds.) Building Expert Systems, Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1983.
2. Fain, J., Gorlin, D., Hayes-Roth, F., Rosenschein, S., Sowizral, H., and Waterman, D. A. The ROSIE language reference manual. N-1647-ARPA, 1981.
3. Fain, J., Hayes-Roth, F., Sowizral, H., and Waterman, D. Programming in ROSIE : an introduction by means of examples. Report N-1646-ARPA, Rand Corporation, February 1982.
4. Hayes-Roth, F., Gorlin, D., Rosenschein, S., Sowizral, H., and Waterman, D. A Rationale and motivation for ROSIE. N-1648-ARPA, 1981.

⑤ 問題点、将来動向など

1. 知識獲得ツールは、Rulemasterなど、初歩的で、小さいシステムを対象としたものはあるが、本格的なものができるには、5年位かかるだろう。この分野では、説明機能などをもった知識ベース・エディタが当面の課題。
2. エキスパート・システムを普及させるためには、第1に知識獲得の技術がボトルネックになる。第2には、トップマネジャの理解、第3にはハードウェア及びソフトウェアの価格が問題である。(これは第2のマネジャの理解と絡む問題である)
3. パーソナル・コンピュータ・ベースのAIシステムは非常に拡大していくだろう。何故なら、すぐにSUNワークステーションレベルのマシンがパーソナル・コンピュータになるからだ。

⑥ 入手資料

1. RAND brochure, RAND Corp., November 1985.
2. D. A. Waterman and F. Hayes-Roth, "An Investigation of Tools for Building Expert Systems," RAND Corp. RAND/R-2818-NSF, June 1982.
3. D. A. Waterman and M. A. Peterson, "Models of Legal Decisionmaking," RAND Corp., 1981.
4. H. A. Sowizral and J. R. Kipps, "ROSIE : A Programming Environment for Expert Systems," RAND Corp. October 1985.
5. D. A. Waterman and M. A. Peterson, "Evaluating Civil Claims : An Expert Systems Approach," RAND Corp., May 1985.

1.2.5

Westinghouse Electric Corp.

Research & Development Center

① 面接月日, 相手

昭和61年2月28日 (金)

10:00~13:30

Dr. Werner S Emmerich	Director	.....	コーディネータ
	Corporate and		
	International R & D		
	Research & Development Center		
John H Murphy	Senior Scientist	.....	INFER86 の研究者
	System Sciences		
	Research & Development Center		
Neil Pessall	Advisory Scientist	.....	エキスパート・システム 開発
	Corrosion Research		チームのチーフ(ユザイ)
	Nuclear Materials		
	Research & Development Center		
Brenda J. Kagle	Program Manager	.....	エキスパート・システム の
	Expert Systems		ソフトウェア開発マネジャ
	System Sciences		AI教育担当
	Research & Development Center		
John M Beatty	Principal Engineer	.....	エキスパート・システム 開発
	Electronics Technology Division		チームのチーフ(ユザイ)
	Research & Development Center		
Timothy F. Thompson	Senior Engineer	.....	PDS の開発者
	Electronic and Software Systems		
	Research & Development Center		
Jan Schreurs PhD	Senior Engineer	.....	エキスパート・システム 開発
	Materials Systems		担当者 (ユザイ)
	Research & Development Center		

② 住所・電話等

Westinghouse Electric Corporation

1310 Beulah Road

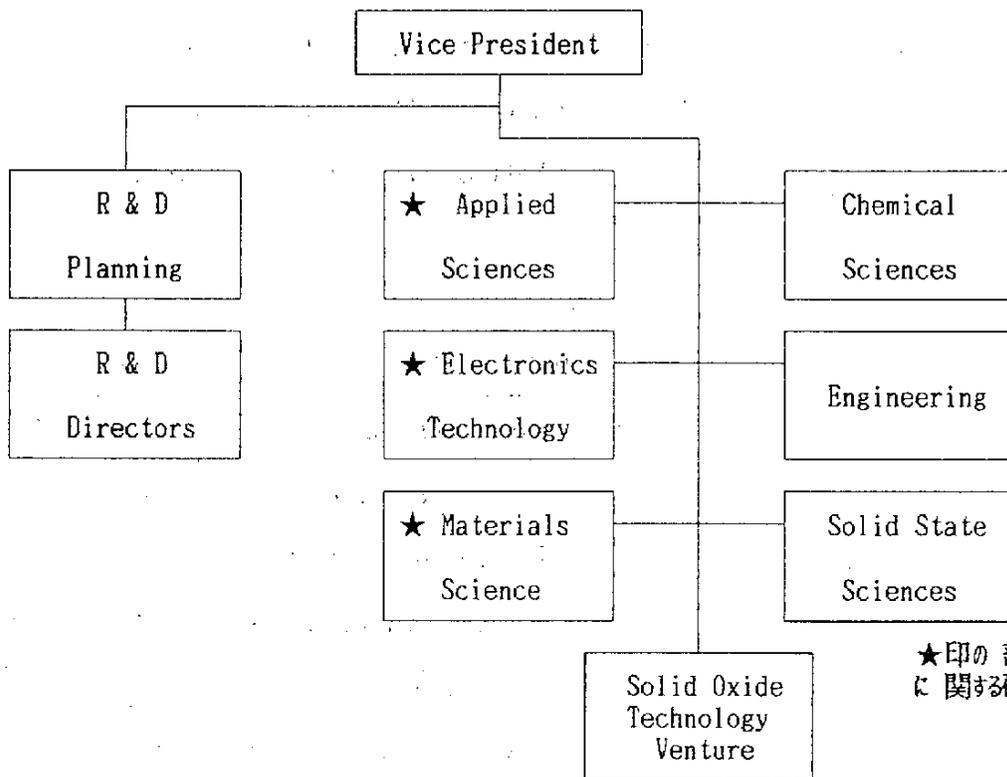
Pittsburgh Pennsylvania 15235

(412) 256-2820

TLX 703669

③ 組織・業務内容

R & Dセンターは、ウェスチングハウスの研究部門であり、エキスパート・システムに関する基礎研究、プロトタイプ・システムの開発、現場部門の指導・教育を行っている。実用レベルのエキスパート・システムは、現場部門で開発が行われている。以下にR & Dセンターの組織をのべる。



★印の部門は、エキスパートシステムに関する研究に従事している。

Engineering

- Product Engineering
- Special Projects and Operations
- Electrotechnology
- Mechanics
- Heat Transfer and Fluid Dynamics
- Corporate Standards

Materials Science

- Nuclear Materials ←★
- Advanced Processing
- Metallurgy

Applied Sciences

- Applied Physics
- Gas Laser R & D
- Nuclear Science
- System Sciences ←★
- Power Interruption and Plasma Systems
- Vacuum Laboratory
- Superconductivity and Cryogenics

Chemical Sciences

- Chemical and Process Engineering
- Chemical Analysis and Support
- Dielectrics and Insulation
- Advanced Chemical Research
- Polymer and Composite Research

Electronics Technology

- Electronic and Software Systems ←★
- Power Electronics Laboratory
- Program Management
- Control and Instrumentation Laboratory
- Manufacturing Electronics
- Advanced Systems Laboratory

Electronics Technology

この部門では、センサーベースの故障診断システム向けのツールとして、PDS (Process Diagnosis System) を開発した。この応用として、オーランドの Westinghouse Diagnosis Center では、タービン発電機用の自動リモート診断システムを開発し、実用に供している。

この予備試験は、Texas Utilities Generating Co.のデータによって行われ、発電所の状態診断に十分利用できることを証明した。

Applied Sciences

この部門では、エキスパート・システム構築の重要な課題として、エンド・ユーザのインタフェースと、知識獲得の研究を行うため、ケース・スタディとして、ケーブル・テレビ・コンバータの修理をサポートするエキスパート・システムをとり上げている。

この他に、Relay Logicianと Query Assistantを開発。

Relay Logicianは、リレー回路図に基づくもので、保守技術者が回路の故障修理に使用するシステムである。これは、エレベータ事業部のために開発されている総合システム (VT?) に組み込む予定。

Query Assistant は、疑似自然言語インタフェースや関係データベース・システムを組合せている。このシステムにより、ユーザはデータベースの構造や、特定のデータベース言語のquery syntaxを知らなくてもよい。

Materials Sciences

この部門では、材料の腐蝕、スチーム生成環境でのある結合材料の性能予測などを行うエキスパート・システム (特にコンサルテーション・システム) の開発を行っている。

具体的には、NSSSスチーム生成環境でのチューブと補助プレートの結合における材料の性能予測を行うシステムやX線研究室における装置エラーや配列問題を診断するシステムである。

研究は、Steam Generator Technology Divisionや Nuclear Services Integration Divisionと協力して進めている。

④ 開発システム

A. VT (Elevator Configuration)

ウェスチングハウス・エレベータ事業部で開発しているエキスパートシステムで、エレベータの構成を支援するものである。

1. Domain: Design (Configuration)

2. プロジェクト開始年月: 1984年1月

3. 開発経過

Plan

Actual

Demonstration prototype 6 months 6 months

Research prototype 12 months 14 months

Field prototype 15 months 18 months

Production prototype 18 months _____ months

Commercal system 24 months _____ months

4. ルール数とマンパワー

Demonstration prototype 500 rules 36 man-months

Research prototype 2000 rules 56 man-months

Field prototype 3000 rules 28 man-months

5. 開発環境 ①ハードウェア: VAX 11/780

②開発言語・ツール: OPS 5 + C

(CMUの推薦により選択)

6. 推論制御方式: 前向き推論

7. 知識表現: Ruleベース

8. システム構成とソースプログラム・サイズ

Component	Proportion of source program size
Inference engine	<u>2</u> %
Knowledge base	<u>52</u> %
Explanation	<u>2</u> %
Others	<u>44</u> %

9. 特徴

ウェスチング・ハウスでは、OPS 5ベースの知識獲得ツールを独自開発し、使用している。

10. エキスパート・システム導入による利点

ill-structuredな応用領域に対して、柔軟なプロトタイピングが行える。ルール構築の表現の豊かさ、知識獲得ツールの実証。

B. Cable Convertor (Repair of cable television convertors)

ケーブル・テレビのコンバータ修理をサポートするエキスパート・システムである。これは、実用化よりも、知識獲得に関する実験研究を目的としている。

1. Domain: Dagnosis

2. プロジェクト開始年月: 1984年6月

3. 開発経過

	plan	Actual
Demonstration prototype	<u>1</u> months	<u>2</u> months
Research prototype	<u>3</u> months	<u>12</u> months

4. ルール数とマンパワー

Demonstration prototype	<u>50</u> rules	<u>1</u> man-months
Research prototype	<u>300</u> rules	<u>5</u> man-months

5. 開発環境: ①ハードウェア: VAX/UNIXシステム

②開発ツール: OPS 5

(選定理由は、有用性、柔軟性)

6. 性能: 不満足な値

7. 推論制御方式: 前向き推論

8. 知識表現方式: ルールベース

9. 知識獲得方法: Performance base/protocol analysis

Video tape actual cable repair

10. 特徴: 適応性のあるヒューマン・インターフェイス…マルチレベルのインプットと説明

11. エキスパート・システム導入による利点

訓練と診断の容易化

C. I S I S - II (Intelligent Scheduling and Information System II)

工場の作業スケジュールを作成するシステム。注文の完了に必要な一連の作業工程の選択、開始/終了期日の決定、各作業工程へのリソースの割当てを行う。また、スケジュール作成者のインテリジェントなアシスタントとして、スケジュールの一貫性の維持や、不十分な制約条件をもたらす決定の識別の支援も可能である。

I S I S - II のオリジナルは、I S I S であり、I S I S は CMU の支援の下、S R L (Semantic Representation Language) で開発されたが、その後、K E E (Intellicorp 社) により、インプリメンテーションをやり直し、I S I S - II となった。この成果は、I J C A I - 8 5 でデモンストレーションされている。近い将来、I S I S - II は、コマーシャル・プロダクトとして、A I マーケットに出される。

このシステムは、代替的な作業スケジュールを生成、比較、評価して、スケジュール変更の影響を予測する。たとえば、技術者と管理者は、大量注文の影響を予測でき、優先順位の変更、在庫変更、残業、装置の酷使などが、収益と相殺するかどうか判断できる。

I S I S - II の特徴は、柔軟性と状況把握能力であり、装置の能力や加工などの物理的制約や、納期の相対的優先順位、在庫レベル、残業などの政策上の制約に基づいてアドバイスを行う。知識ベースには、製造環境とスケジューリングに適用されるすべての制約をモデリングするためのフレームとルールが含まれる。

I S I S - II は、製造部門のエキスパートが簡単にそのプログラムを変更できるとともに、数分で在庫や予算の変更などの制約と優先順位を追加することができる。

今年後半に Westinghouse Electric 社の現場におけるアプリケーションに適用する計画である。

D. P D S (Process Diagnosis System)

Domain specific tool の一種で、センサーを使った故障診断システムの開発に使用。CMU と共同で開発。

1. プロジェクト開始年：1982年、研究者 2 - 3 名
2. 開発環境 ①ハードウェア：V A X 11/780

②開 発 言 語：Lisp → C

(ダウンロード・ソフト自社開発)

3. 推論スピード：150~500 rules/sec.

4. 推論制御方式：前向き推論

確信度は, facts(calculated) とrules(a prior)の両方使う。

5. 知識表現方式：ruleベースとフレームベースの混合。

6. システム構成とソースプログラム・サイズ

Component	Proportion of source program size
Inference engine	5 %
Knowledge base	80 %
Explanation	15 %
Others	— %

(data acq. -separate)

7. 特徴

- ① リアルタイム・オペレーション
- ② センサーの degradeに適應する。

8. その他

Westinghouse Diagnostic Centerでは, PDSを用いて各種のエキスパート・システムを開発している4~5人の専門家が使っている。

⑤ 問題点, 将来動向など

1. 1985/86年における電子およびソフトウェア・システム部門のAIプロジェクトは, 以下の通りである。

<SPONSOR>	<PROJECT TITLE>	
PGCD	Diagnostic Center Software Development	} CMUと共同 プロジェクト。60人 が従事している。
PGCD	Plant Data Center Development	
PGSD	Diagnostic Rule Base Development	
SGTD	Water Chemistry Artificial Intelligence	
WELC	Expert System for Elevator Diagnosis	
TRAN	People Mover Expert System	

I L S	Adaptive Maintenance Aids	} Westinghouse Electric Corp. 独自のプロジェクト。
W P Q C / R & T D	Productivity Improvement via Artificial Intelligence	
E U A	EMETCON Configuration System	
T Q	Development of Expert Systems for DPBU	

2. システムの開発には、CMUやT I (テキサス・インスツルメント) の協力を得ながら、やっている。コンサルティング業務を依頼している。

3. ナレッジ・エンジニアは、Domain expertになる。従ってExpertは、A I 言語・ツール等に精通することが必要。

4. A I プログラマは、従来のプログラマが勉強すればなれる。

基本的な違いはない。但し、我社では、年とった人は無理と考えている。

5. A I 教育

2つのコースを実施している。1つは、Stanford大学やCMUに行って高度な教育を受ける。もう一つは、社内プロジェクトに入って、ケース・スタディ的に、勉強する。

この他にも、セミナー (2日間) を実施する。

A I 関係に従事している人は、約 100人位いるだろう。

6. ボトルネック

① ユーザ・フレンドリィなインタフェース (自然言語処理)

② もっと簡単にエキスパート・システムを作れるように、構築作業をJOBにしない。

③ ツールの標準化。

④ ソフトウェア・ボトルネック (ハードとソフトのハイアラキーの問題であるが、まず、ハードは問題ない)

7. パーソナル・コンピュータによるA I システムは、今後、広く普及するであろう。

8. Standardized Expert System Shell

Westinghouseでは、A I の未来は、その基礎の強化にかかっていると考えている。

R & Dセンターの数学部門は、確率理論のA I を核心に組み込んだ推論エンジンの開発を開始した。(INFER 8 6)

更に、知識ベースを既存の事実から引き出す確率・帰納エンジンの開発も計画して

いる。

INFER 86 の概要

- 1) 研究開始年月日：1986年2月1日
- 2) 開発環境 ①ハードウェア：IBM PC/XT/AT, VAX/UNIXシステム
②開発言語：C (高速性と移行性により選定)
- 3) 推論制御方式：前向き・後向き推論
確信度は, factsと rulesの両方
- 4) 知識表現方式：ルール・ベース
- 5) 特徴：
 - ・Truth Maintenance 機能
 - ・自然言語処理
 - ・アドホックな, 推論エンジンを使うことはできないが, reasoning のモードに関して大変柔軟になっている。

〈参考文献〉

1. J. H. Murphy, "Standardized Expert System Shells," Westinghouse Electric Corp. R & D Center, February 1986.

⑥ 入手資料

1. "Westinghouse Third Quarter Report 1985," Westinghouse Electric Corp. 1985.
2. "Westinghouse R & D Center Profile," Westinghouse Electric Corp.
3. "Highlights The Westinghouse Research and Development Center," Westinghouse Electric Corp.
4. J. H. Murphy, "Standardized Expert System Shells," Westinghouse R & D Center, February 1986.

1.2.6 Carnegie Group Inc. (CGI)

① 面接月日・相手

昭和61年2月28日(金) 14:00~17:00

・Mark Fox Ph. D (CGIの設立者の1人, Knowledge Craftの開発者, CRLの概要等の説明)

・Beverly Kedzierski Ph. D (CRYSTALプロジェクトのリーダー, 研究者)
Director, Software Engineering Systems

・Ranjan Chack (CGIの概要, その他)
Director, World Trade

② 住所・電話等

Carnegie Group Inc.

Commerce Court at Station Square

Suite 650

Pittsburgh, Pennsylvania 15219

(412)642-6900

TELEX : 4970240 CARNEG

FAX : (412)642-6906

③ 組織・業務内容

カーネギー・グループは、人工知能の製造分野への応用を専門に知識ベース・システムの開発、各種AIツールの開発を行っている。

同社の主要領域は、次の4つである。

1. Automated Engineering Design

(CAD/CAM/CAEエキスパートシステム)

2. 工場全体の知的生産管理

3. センサ・ベースのマシン制御と診断

4. プロジェクト/プロダクト管理

大企業スポンサー（ボーイング、T I、G S I、フォード、D E C）と共同でプロジェクトを推進している。

設立は、1983年で、カーネギー・メロン大学の4人の研究者（Jaime Carbonell, Mark Fox, John McDermott, Raj Reddy）により、行われた。設立と同時に、教育、コンサルティングを開始した。1985年には、全額出資の子会社であるCarnegie Federal Systems Corp. が設立され、連邦政府（D A R P Aか？）との契約による研究開発を行うことになっている。

1984年度と85年度には、総額1,110万ドルの株式投資がD E C、Generale de Service Informatique（仏）、ボーイング、テキサス・インスツルメント、フォード自動車により行われた。

また、これらの企業は、総額2,160万ドルにおよぶ、数年のソフトウェア開発契約をC G Iと行っている。

この他、長期借用という形で、総額320万ドルの財政援助を得て、コンピュータや事務備品の購入にあてた。

1985年10月31日現在の総資産は、約1,150万ドル。

C G Iは、現在約90人のスタッフがおり、その内60人がテクニカル・スタッフである。（18～20人のPh. Dがいる）

Knowledge Craft（K C）やLanguage Craft（L C）のツール開発には、12～15人の人が従事している。

日本においては、I T Iが総代理店として、C G Iの製品を販売、技術サポートをしている。（I T Iへは、30%の出資をしている）。I T Iのスタッフは、C G Iに7人位常駐して、K C、L Cの日本語化を進めている。

ロケーションとしては、ピッツバーグの中心地、Golden Triangleの向い側（マナング川をはさんで）、Station Squareの6階（2,340㎡）と7階がオフィス（900㎡）になっている。7階は、教育のための会議室などが中心、6階が研究室になっている。7階は、拡張する計画。

研究設備は、Symbolicsマシンが23台、Explorerが12台、S U N 3、H P - 9000 / 32（Bobcat）V A Xが数台、あとは、P C（I B M - P C / R T等）がいくつかある。

各マシンは、Ethernetで接続され、外部との接続は、Decnet経由となっている。

④ 開発システム

1. CRYSTAL (Knowledge-Based Software Development Environment)

ボーイング・コンピュータ・サービス (BCS) とカーネギー・グループによる知識ベース・ソフトウェア開発環境 (CGIにおいては、CRYSTALプロジェクトと呼ばれる) は、AIを使用して、ソフトウェアの専門家とその管理者を従来のシステムでは不可能であったことをサポートするソフトウェア工学/プロジェクト管理システムである。

このシステムは、ソフトウェア開発作業のオーガニゼーション、意思決定、意志伝達のサポートをする。ソフトウェア開発管理をサポートする各種の情報は、開発の全フェーズから推論され提供される。

第一段階として、プロジェクト管理、ソフトウェア開発支援、構成/変更管理のための機能を提供している。これは、高度なソフトウェア開発の自動化を達成するための枠組となる。

(概要)

① プロジェクト開始年月：1985年1月

研究は、Dr. Kedzierskiによって、数年前よりKestel Institute (Palo Alto) にて、CHIプロジェクトとして行われていた。

② 研究者数：現在12名 (去年は5名)

リーダー Dr. Kedzierski

③ 開発環境：①ハードウェア：Symbolics3600

②開発ツール：Knowledge Craft

CRL-OPS 5

CRL-Prolog

④ ルール数：デモンストレーション・システム 150 rules (1985年12月時点)

1000 スキーム

CGIのプロジェクトに適用し、ブートストラップ的に開発をすすめている。

⑤ 推論制御方式：前向き推論、後向き推論、ブラックボード

⑥ 知識表現方式：セマンティック・ネットワーク (shemata)

+object-oriented

⑦ 特徴：・知識ベース・エディタ (Coconut)により、優れたグラフィック・インタフェースを提供している。

・Manufacturing Forecasting System (MFS)をサポートしており、ソフト開発管理・計画に適用している。

・Knowledge-based simulationの機能を有する。(?)

このCRYSTALプロジェクトは、CGIの中でも、かなり大きなプロジェクトであり、実際にCGIのソフトウェア・プロジェクトは、これを使って、プロジェクトを進めている。(従って、よくバグが発見されるので、この修正、更には、機能の拡充等で、毎日、忙しいようだ。)

今、CGIでは、成果の工業所有権の帰属が問題になっている。このCRYSTALも、本来、Dr. Kedzierskiが以前から研究していたものであり、Boeing又はCGIがその権利を独占することになれば、問題がおきる、ということである。

(参考文献)

1. B. I. Kedzierski, "Knowledge-Based Software Development," Carnegie Group Inc., August 1985.
2. B. I. Kedzierski, "Communication and Management Support in System Development Environments," Proceeding of Conference on Human Factors in Computer Systems, March 1982.

⑤ 問題点, 将来動向など

1. 教育

- (1) Knowledge Craft (KC) を売る前の教育として、問題の理解、適用方法についてのセミナーを行う。1~2日間。
- (2) KCを売ってから、その説明のための教育を1週間位かけて行う。参加費は高い。
- (3) この後、ユーザがかかえている具体的な問題についてコンサルティングをしながら、教育をしていく。

これは、CGIに常駐して、CGIのマシン、研究者を自由にアクセスできる。

- (4) 特に、Knowledge Engineerのために、アドバンストAI、及びSEの教育プログラムがある。
- (5) TIから、AI教育用VTR(42時間)の開発を受託し、完了した。日本では、ITIが販売する。

2. 長期計画

- (1) Non-monotonic reasoningをやる。(5年以内)

目的は、ヒューリスティック・サーチのバージョン管理。Worldのメカニズムを実現すること。

- (2) TMSを1987年以内に、実現する。(Domainを絞って)

これは、ユーティリティ・レベルにする。

- (3) Common sense reasoningを行う。表現の方法が問題。KCのメタ知識表現は、この一種である。

- (4) Run time versionの開発。

- (5) Application shellの開発。(CRYSTALのような)

- (6) ポータビリティを狙って、KCをCでインプリメントする。

3. CGIにおける一般的なエキスパートシステム開発体制

リーダー	1名	……	Ph.Dを持ち、経験豊富なAI研究者
KEr	1~3名	……	言語、ツール、AI知識をもっている人
専門家	1~2名	……	応用領域の専門家
エンジニア(イザの)	1~2名	……	ユーザでエキスパート・システムを運用していく人、アイデア、システムの理解、メンテナンス、社内訓練等、CGIとユーザとの間のAIトランスファを行う人。

4. 米国AIビック4の概要

INTELLICORP
Funding : \$29 million Founded : 1980 Major investors : Public
IntelliCorp in the market leader with more than 526 copies of its \$60,000 KEE program sold. This year revenues are expected to reach \$27 million. The company was set up by a group of Stanford University professors, led by Edward A. Feigenbaum. It went public in 1983.
TEKKNOWLEDGE INC.
Funding : \$17 million Founded : 1981 Major investors : General Motors, Procter & Gamble, Nynex
Set up by scientists from Massachusetts Institute of Technology, Rand Corp., and Stanford. Teknowledge has sold 70 copies of its \$50,000 S. 1 package. Analysts foresee 1986 revenues of about \$17 million. The company is preparing its first public offering.
INFERENCE CORP.
Funding : \$15 million Founded : 1979 Major investors : Lockheed, Ford Motor
Inference has installed 130 copies of its \$85,000 software, ART, in the past 15 months. Founder Alexander D. Jacobson, a former computer researcher at Hughes Aircraft, predicts that 1986 revenues will top \$8 million.
CARNEGIE GROUP INC.
Funding : \$11 million Founded : 1983 Major investors : Digital Equipment, Texas Instruments, Boeing
Founded by a group of professors from Carnegie-Mellon University, the company has sold 53 copies of its \$50,000 Knowledge Craft program. Revenues are likely to reach \$12 million in 1986. Many analysts expect Carnegie Group to go public by yearend.

(出典 : Business Week, Feb. 10, 1986)

5. CGIのパートナーと開発システム

Company	Applications Focus
DEC	1) Natural Language understanding 2) VLSI Design 3) Factory Scheduling (Materials Handling)
GSI	1) Knowledge-based add-on to standard software (GSI's relationship focuses on European distribution on Carnegie products)
Boeing Co.	1) Software Engineering 2) Factory Scheduling
Texas Instruments	1) Production Management (FMS Cell Controller; Milling Mgt.) 2) Defense Mission Management
Ford Motor Co.	1) Automotive Diagnostics 2) Factory Scheduling

(出典: "AI Research Highlights," New Science Associates, Inc. Jan. 1, 1986)

⑥ 入手資料

1. Carnegie Group Inc. brochure
2. "Background and Capabilities Corporate Profile," Carnegie Group Inc., February 1986.
3. Carnegie Group Inc. Newsletter
4. "Introduction to Knowledge Craft™," Carnegie Group Inc., 1985.
5. "Knowledge-Based Software Development Environment," Carnegie Group Inc., 1985.
6. "Language Craft™: An Integrated Environment for Constructing Natural Language Interfaces," Carnegie Group Inc., 1985.
7. J. G. Carbonell, "Thoughts on an International Center for Machine Translation," Carnegie Mellon University, June 1985.
8. J. Carbonell, "International Center for Machine Translation," Carnegie Mellon University, October 1985.
9. A. Sathi, M. S. Fox, and M. Greenberg "Representation of Activity Knowledge for Project Management," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence vol. PAMI-7, no.5, September 1985.

1.2.7

Digital Equipment Corp. Hudson Research Center

① 面接月日・相手

昭和61年3月3日(月) 10:00~14:30

Steven Gutz AI教育実施部門の管理者。

Group Engineering Manager

Intelligent Systems

Technology Application

Tools Engineering Group

Kazu Tachibana AIマーケットの調査担当。

Artificial Intelligence Marketing

Masaaki Morita 米国DECにおける日本リエゾンオ

Japan Liaison Office Manager フィスの専従担当者。

General International Area

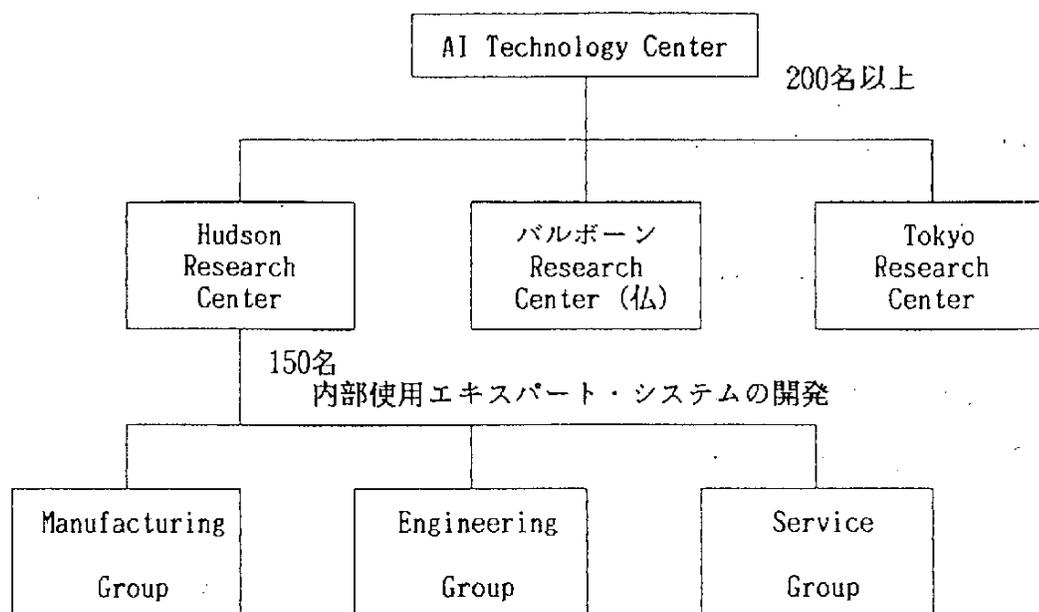
② 住所・電話等

Digital Equipment Corporation

77 Reed Road

Hudson, Massachusetts 01749-2895

③ 組織、業務内容



・製品開発

・KE r 教育 (13週間→外部のオープン10週間)

④ 開発システム

1) XCON (eXpert CONfigurer of VAX 11/780 computer systems)

VAX 11/780 コンピュータ・システムの構成決定用エキスパート・システム。顧客の注文通りにシステムを構成するにはどんなコンポーネントの追加が必要かを決定し、さらにコンポーネント間の空間的關係を決定する。この空間的關係は、1組の図面の形で出力する。構成決定は、コンポーネント同士を組み合わせる際の制約条件をコンピュータ構成標準手順に適用することにより行う。非対話式のルール・ベース型システムで、前向き推論制御方式を使用。システム開発ツールはOPS 5。カーネギー・メロン大学とDigital Equipment Corporation(DEC。マサチューセッツ州、ハドソン)の協同開発。DECは本システムを、VAXコンピュータの構成決定に日常的に使用。稼働中のルール・ベース型システムの中では、規模、完成度の点で最高。18 millionドル/年の利益をあげることができた。

1. Domain Design (Configuration)
2. プロジェクト開始年月 1978年12月
3. プロジェクト構成 CMUの研究者 (J. McDermott他)

4. 開発ステージにおける開発期間とルール数

Demonstration Prototype (Design and Prototype)

5ヶ月, 250ルール (OPS 4), 3人月

Research Prototype, Field Prototype

(Development, Validation)

7ヶ月, 750ルール (OPS 4), 12人月弱

Production Model

5年, 4,200ルール (OPS 5 BLISSバージョン)

BLISSバージョンは, 平均構成時間を16CPU分 (Lispバージョン) を 1.5CPU分 (約1/10) に減らした。

5. 開発環境

ハードウェア

ソフトウェア OPS 5 (BLISS版)

6. 推論制御方式: 前向き推論

7. 知識表現方式: ルールベース

8. 効果

- ・ 1,800万ドルのコスト低減ができた。

- ・ システム構成エラーが減った。(精度75→95%に向上した)

1. Bachant, J. and McDermott, J. R1 revisited : four years in the trenches. AI Magazine, vol.5, no.3, Fall 1984.

2. McDermott, J. R1 : an expert in the computer systems domain. Proceedings AAAI-80, 1980.

3. McDermott, J. R1's formative years. AI Magazine, vol.2, no.2, 1981.

4. McDermott, J. Domain Knowledge and the design process. ACM/IEEE 13th Design Automation Conference Proceedings, 1981.

5. McDermott, J. R1 : a rule-based configurer of computer systems. Artificial Intelligence, vol.19, no.1, September 1982.

6. McDermott, John. Domain knowledge and the design process. Design Studies, vol.3, no.1, January 1982.

7. Polit, Stephen. RI and beyond : AI technology transfer at DEC.

The AI Magazine, Winter 1985.

2) XSEL (eXpert SELLing assistant)

VAX 11/780 コンピュータ・システムのコンポーネント選択とレイアウト設計で、セールスマンを支援するシステム。CPU, メイン・メモリ, ソフトウェア, 周辺装置 (端末, ディスク, ドライブ等) を選択し, 選択結果をXCONに渡す。(XCONは, このデータを拡張してシステムを構成する)。本システムが備える知識は, 1)コンポーネント間の関係と顧客が所持すると思われる様々なアプリケーションとに関するドメイン知識と, 2)顧客のニーズに合致したコンポーネントを選択するためのノウハウ。対話式のルール・ベース型システムで, 前向き推論制御方式を使用。システム開発ツールはOPS5。カーネギー・メロン大学とDigital Equipment Corporation(DEC。マサチューセッツ州, ハドソン)の協同開発。実用レベルである。

1. Domain Design

2. プロジェクト開始年月 1981年

3. 開発ステージにおけるルール数・マンパワー

Demonstration ・ Research ・ Field Prototype

2,000ルール, 4人年

Production Model

2,200ルール

4. 開発環境

ハードウェア

ソフトウェア OPS5 (BLISS版)

5. 推論制御方式: 前向き推論

6. 知識表現方式: ルールベース

7. 知識獲得方法

米国内の各所から, 20人の販売員を集め, 知識獲得を行った。

(参考文献)

1. McDermott, J. and Steele, B. Extending a knowledge-based system to deal with ad hoc constraints. Proceeding IJCAI-81, pp. 824-828, 1981.
2. McDermott, J. XSEL : a computer sales person's assistant. In J. E. Hayes, D. Michie, and Y. H. Pao(eds.) Machine Intelligence, 10. Chichester, England : Horwood, pp. 325-337, 1982.
3. McDermott, J. Building expert systems. In W. Reitman (ed.) Artificial Intelligence Applications for Business, Norwood, N. J. : Ablex, 1984.

3) IDT→IBUSに名称変更

故障したPDP 11/03コンピュータについて、現場で交換可能なユニットをサービス・エンジニアが見つげ出せるように支援するシステム。テスト対象のコンピュータに関する知識（たとえば、コンポーネントの機能、コンポーネント同士の関係）を使って、診断テストを選択・実行しその結果を解釈する。前向き推論のルール・ベース型システム。システム開発ツールはFRANZ LISPとOPS5。

1. Shubin, H. and Ulrich, J. W. IDT : an intelligent diagnostic tool. Proceeding AAAI-82, pp. 290-295, 1985.

4) ISA (Intelligent Scheduling Assistant)

顧客からのコンピュータ・システム注文について、現在および計画中の資材配分に照らして、納期を決定するシステム。顧客からの注文（変更や取消しを含む）を受け取って、注文毎に納期を決定する。問題のある注文については追加情報（たとえば、納期案、見つかった問題、納期の代案）を表示。注文取消し確率、資材入手可能性、納期に関する制約を緩和させるノウハウ等、納期決定関連の重要な専門知識を格納。前向き推論のルール・ベース型システム。システム開発ツールはOPS5。

1. Orciuch, E. and Frost, J. ISA : an intelligent scheduling assistant. Proceedings of the First Conference on Artificial Intelligence Applications, IEEE Computer Society, December 1984.
2. O'Connor, D. E. : Using expert systems to manage change and complexity in manufacturing. In W. Reitman (ed.) Artificial Intelligence Applications for Business, Norwood, N.J. : Ablex, 1984.

5) IMACS (Intelligent Management Assistant for Computer System manufacturing)

コンピュータ製造管理者を支援するシステム。文書管理、生産能力計画立案、在庫管理等、製造プロセス管理に関するタスクを実行する。顧客からの注文を受け取り、受注品の製作に必要なリソースを見積もれるように大まかな製造計画を作成。受注品の製造開始直前に詳細な製造計画を作成し、それを使って製造工程を監視する。前向き推論のルール・ベース型システムで、協調動作する一群の知識ベース・サブシステムから構成。システム開発ツールはOPS5。

1. O'Connor, D. E. Using expert systems to manage change and complexity in manufacturing. In W. Reitman (ed.) Artificial Intelligence Applications for Business, Norwood, N. J. : Ablex, 1984.

6) PTRANS

Digital Equipment Corporation のコンピュータ・システムの製造・配送の管理を支援するシステム。顧客からの注文書と工場の生産状況に関する情報とを使って、受注コンピュータ・システムの組立て・テスト計画（システム製造スケジュール等）を作成する。また、計画の進捗状況の監視、問題の発見と解決策の提案、切迫した資材の不足／過剰の予想も実行。セールスマン支援システム、XSELと連係動作するように設計されているため、注文を受けた時点で配送期日を確実に決定可能。前向き推論のルール・ベース型システム。システム開発ツールはOPS5。Digital Equipment Corporation とカーネギー・メロン大学の協同開発。

1. Haley, P., Kowalski, J., McDermott, J., and McWhorter, R. PTRANS : A rule-based management assistant. Technical Report, Computer Science Dept., Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Pa., January 1983.
2. McDermott, J. Building expert systems. In W. Reitman (ed.) Artificial Intelligence Applications for Business, Norwood, N. J. : Ablex, 1984.

⑤ 問題点、将来動向など

1. 知識獲得

応用領域に応じて、ツールを開発する。

いまは、内部使用として、MORE (CMUとの共同開発) を使っている。MOREは、診断システム用の知識獲得ツールで、専門家が故障状況と調査結果を入力すると、診断・評価を提出するためのより詳細な情報をたづねてくる。このようにして得られた情報により、診断ルールを生成するとともに、ルールの蓄積と同時に、システムの弱点をみつけ、より強力な診断システムにするための知識を示唆する。又、確信度のアサインについての矛盾のチェックも行う。

〈参考文献〉

- ・ Kahn, G., Nowlan, S., and McDermott, J. A foundation for knowledge acquisition. Proceedings of the IEEE Workshop on Principles of Knowledge-Based Systems, IEEE Computer Society, IEEE Computer Society Press, 1109 Spring Street, Silver Spring, Md., 1984.

2. 教育

Prof. John McDermottが当初より、コンサルティングをDECに行っていたが、この時から、Apprenticeship的に13週間の教育をDECの研究者にしており、これをいままで内部用に実施していた。今後は、この教育を外部にオープンする形をとる。

3. エキスパートシステム普及のボトルネック

- (1) トップ・マネジャのエキスパート・システムに対する理解不足 (何ができるかわからない)
- (2) 経験のないユーザのたち上げをどうするか。
- (3) 装置 (ハード, ソフト) が高いこと。

⑥ 人手資料

1. J. Clanon, "Growing Your Own Artificial Intelligence Resources;" Digital Equipment Corporation's Expert Systems Training Apprentice Program.

1.2.8

Yale University

① 面接月日, 相手

昭和61年3月5日

13:00~15:00

・ Prof. Christopher Riesbeck Case Based Reasoningの研究者。
・ Artificial Intelligence AIビジネスには興味がない。
Department of Computer Science

② 住所, 電話等

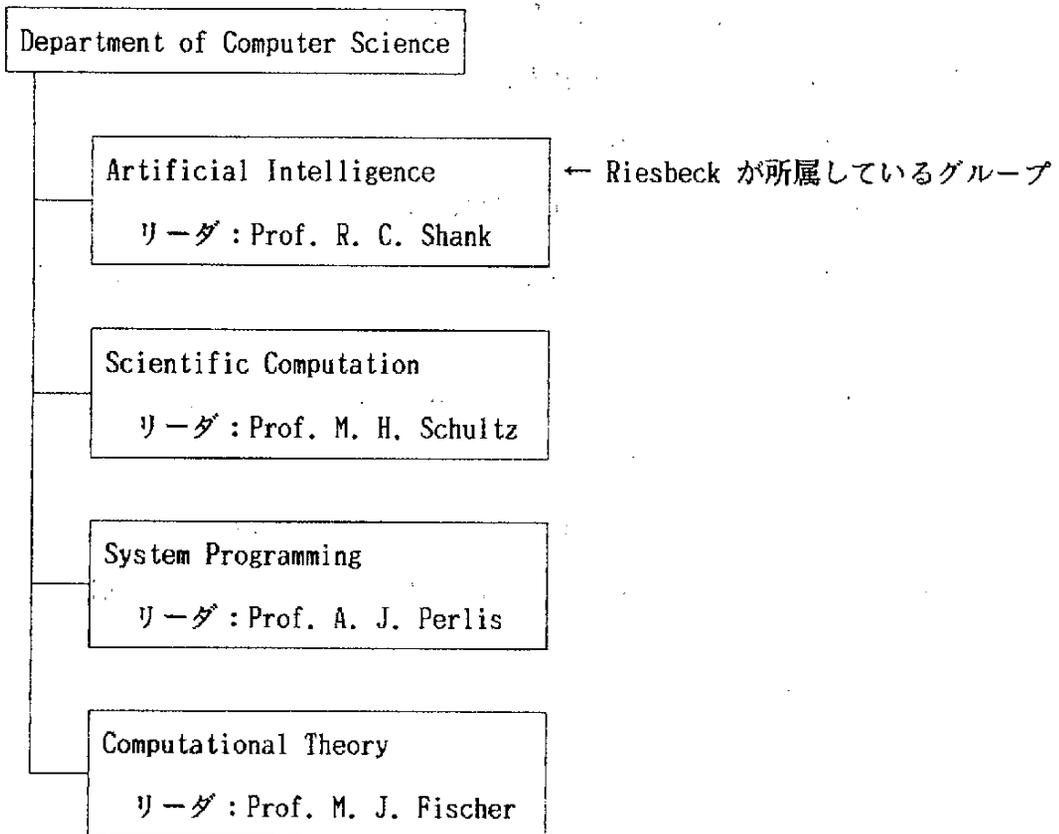
Yale University

Hillhouse 10

New Haven

CT 06520

③ 組織, 研究内容



④ 研究内容

1. Case based reasoning

C. K. Riesbeckは、一般に行われているrule based reasoningではなく、case based reasoningの研究を行っている。この方法では、implicitなルールを扱うことができる。又、caseというのは、Shankの提案しているscriptにも似た概念で、ある種のパターンで表現される。したがって、推論はパターンマッチングを基本としている。知識ベースには多数のcaseがインデクス付けされて構造化されている。case based reasoningでは、入力された exampleを利用してcaseのインデクス付け (Case間の説明、関連づけ) を行う。このインデシングの基本的なところは自動的に行える。これは見方によっては、exampleからの学習とも考えられる。case based reasoning を、料理、犯罪の解決、肺ガンの診断等へ応用する研究を進めているが、産業への実際の適用は考えていない、とのことである。

問合せは、柔軟な、自然言語で行えるが、冗長なものでなく、ショートEnglishである。

〈参考文献〉

1. W. M. Bain, "Toward a Model of Subjective Interpretation," YALEU/CSD/RR #324, Yale university, July 1984.
2. K. Hammond, "Indexing and Causality : The organization of plans and strategies in memory," YALEU/CSD/RR#351, Yale University, December 1984.
3. C. K. Riesbeck, C. E. Martin, "Direct Memory Access Parsing," YALEU/DCS/RR#354, Yale University, January 1985.
4. R. C. Shank, C. Riesbeck, "Explanation : A Second Pass," YALEU/CSD/RR #384, Yale University, July 1985.
5. T. Dean, "Temporal Imagery : An Approach to Reasoning about Time for Planning and Problem Solving," YALEU/CSD/RR#433, Yale University, October 1985.

⑤ 問題点, 将来動向など

1. ナレッジ・エンジニアの教育について

AIプログラミングの理解は、基礎であるが易しい。問題領域の選定など、「choosing」は、とても難しい。又、いかに知識を表現して、システムにオーガナイズすることも困難な作業である。彼らを教育するのは、大学のマスターコースを利用し、企業のかかえている問題を、大学と企業の両方を往復しながら、研究することが1つ考えられる。

⑥ 入手資料

1. W. M. Bain, "Toward a Model of Subjective Interpretation," YALEU/CSD/RR #324, Yale university, July 1984.
2. K. Hammond, "Indexing and Causality : The organization of plans and strategies in memory," YALEU/CSD/RR#351, Yale University, December 1984.
3. C. K. Riesbeck, C. E. Martin, "Direct Memory Access Parsing," YALEU/DCS/RR#354, Yale University, January 1985.
4. R. C. Shank, C. Riesbeck, "Explanation : A Second Pass," YALEU/CSD/RR #384, Yale University, July 1985.
5. T. Dean, "Temporal Imagery : An Approach to Reasoning about Time for Planning and Problem Solving," YALEU/CSD/RR#433, Yale University, October 1985.

1.2.9

Columbia University

① 面接月日、相手

昭和61年3月6日

15:30~17:00

・ Prof. Salvatore J. Stolfo プロダクション・システム用パラレル・マシンDADO
Department of Computer Science の研究者

② 住所、電話等

Columbia University

New York City

NY 10027

TEL 212-280-2736

③ 研究内容

ルールベースのエキスパート・システムの実用化が広がるにつれて、実行速度が問題になってきた。そこで、プロダクション・システム用にReteアルゴリズムの使用や、BLISSやC言語等のシステム記述言語で効率を上げている。しかし、これでも十分ではなく、AT&TのACEでは、16,000ルールもあり、ケーブルの故障診断ではVAX11/780をフル稼働して、半日かかるようである。IBMのYES/MVSでも、本格システムになれば、同様の問題が起こるとのこと。*（*このような実験結果について、Prof. Stolfoは、今夏に論文を出すとのことである。）

そこで、Stolfo（彼は、ACEプロジェクトのメンバーであった）は、プロダクション・システムを対象とした並列処理マシン「DADO」を開発している。この研究は、AT&Tからの委託により、行われているもので、ACEのハードウェアとして、DADOのアーキテクチャを採用する予定である。

DADOは、現在、2号機を開発したところであり、プロセッサ数1,023個、ローカル・メモリ16KB（全体では、16MBとなる）で1ボードに32個のCMOS（1800ゲート）が搭載されており、このボードが32枚ある。全体は、非常にコンパクトにまとまっている。このDADO 2は、VAX11/750をホストとしてそのバックエン

ド・マシンとして、動く。このシステムでは、現在、PL/M, C, Lispの各ソフトウェアが走る。今後、OPS 5, Prolog等のサポートを行っていく計画である。

〈参考文献〉

1. M. D. Lerner, G. Q. Maguire Jr., S. J. Stolfo, "An Overview of the DADO Parallel Computer," Proceedings of National Computer Conference, 1985, June 1985.

④ 入手資料

1. M. D. Lerner, G. Q. Maguire Jr., S. J. Stolfo, "An Overview of the DADO Parallel Computer," Proceedings of National Computer Conference, 1985, June 1985.

1.2.10

Boeing Computer Services (BCS)

① 面接月日・相手

昭和61年3月10日(月) 9:15~13:30

Bruce R. Wilson AIセンターのトップ・マネージャであり、その上部組織ATAD
Chief Scientist-Computing Technology のアシスタント・ジェネラル・マネージャである。

Miroslav Benda, Ph. D. AIセンターの主任研究員
Manager - Knowledge Based Systems

Alan R. Korncoff, Ph. D. (同上)
Manager
Knowledge-Based Systems

Dr. J. S. Kowalik AIセンターにおけるテクノロジー・トラン
Manager, Technology Transfer スファ計画を担当しているマネージャ。

Ronald W. Eaglestone BCSのFar East地域の担当者
Manager-Technical Support (AIセンターの職員ではない)

上記以外に、3名程の研究者が同席した。

② 住所・電話等

Artificial Intelligent Center (BAIC)

Advanced Technology Application Division (ATAD)

Boeing Computer Services Co. (BCS)

P. O. Box 24346

Seattle, WA 98124

③ 組織・業務内容

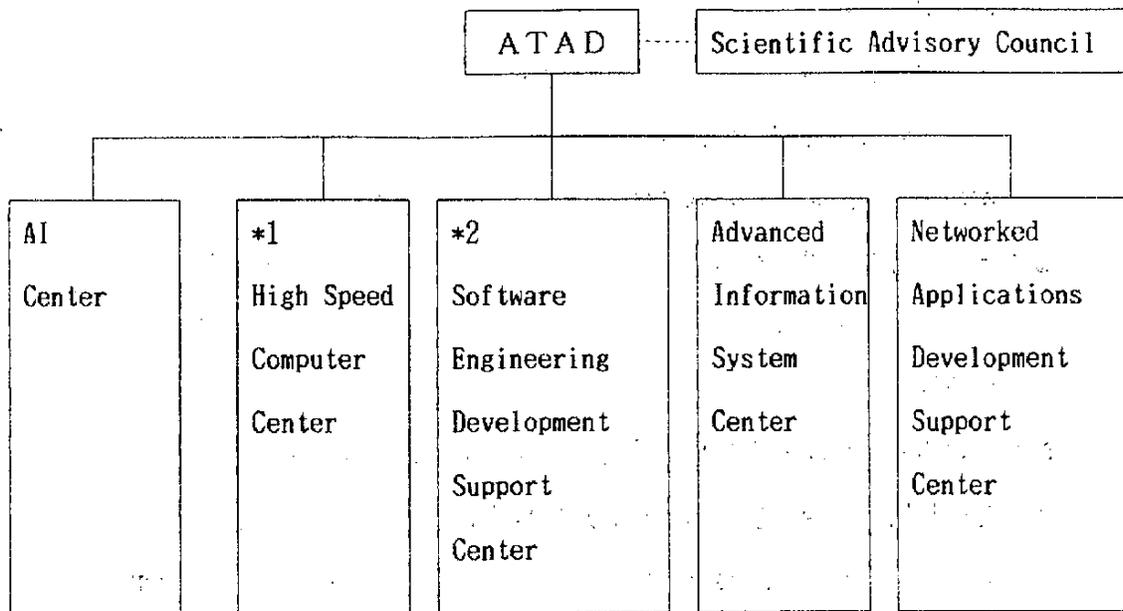
ボーイング社における人工知能の研究開発は、AIセンター設立前にも数年間にわたり、いろいろな部門で行われていた。1982年に、AI研究の相互調整をはかって研究の重複をさけ、AI技術開発に必要なとなる外部の第一線級のAI研究者を引きつけるに足る魅力的な組織を作ることとを目的として、AIセンター(BAIC)が設立された。又、BAICは、ボーイング社の他部門におけるAI研究の予備要員を育成するための社内AI教育部門としての役割をもっている。AIセンターは、1983年にワシントン州BellevueのBCS本社内に独立したオフィスが開設された。社内AI教育は、1984年初めに始まり、1985年2月に卒業した社員が第1期生である。

このAIセンターは、共用リソースとして、ボーイング社のどの部門でもAIセンターと研究開発を提携することにより、当該部門でのAI研究を進めるために利用できる。センターは、次の4つの機能をもっている。

- 1) ボーイング社に戦略的な利益をもたらすAIトピックにおいて、プロダクト技術および内部のサポートのための研究開発を行う。
- 2) AI技術をアカデミックなものから、ボーイング社の業務アプリケーションにトランスファする。
- 3) 実験的なアプリケーションの開発を研究所によって支援する。
- 4) ボーイング社のコンピュータ研究者に大学院レベルのAI教育を実施する。

AI研究を実用化するためのクオリティ、フィージビリティ、リソースの見積り等のための「Standard」を今後確立する考えである。この第一歩として、ATADは社内プロジェクトと請負プロジェクト(DARPA、NASA等からの請負)の両方をこのような「Standard」という観点から、監視するためのScientific Advisory Councilを設置している。

AIの導入を成功させるカギは、AI研究プロジェクトのStandardを高く保つことにあり、ボーイング社のトップは、このCouncilから適切な助言を受ける必要があると考えている。従って、Scientific Advisory Councilのメンバーは、AIセンターのKnowledge-Based Systems部門におけるReal-Time Systemsグループ、Interactive Systemsグループ、Technology Transferグループの各マネジャ、および主要大学のコンピュータ・サイエンス学部の代表者で構成されている。



* 1 Parallel Symbolic Machine の開発。

現在、32PEsの平行・マシンを開発済で将来256PEsにする予定。(6月のコンピュータ・アーキテクチャの会議に論文を発表)

* 2 Expert Advisors Project (独自) と Knowledge-Based Software Development Environment Project (CGI の CRYSTAL) を実施している。CRYSTAL は、今年の夏には、BCS で動き出す予定である。このプロジェクトは、AI センターとの共同プロジェクトである。

③-1. AIセンターの研究内容

AIセンターのプロジェクトは、具体的な問題を取り上げるほか、先端技術を開発させたり、具体的な問題で得られた技術を一般化し、種々のアプリケーションに適用すること等も行っている。

研究分野としては、

- 1) 知識ベース・システム (Knowledge Based Systems)
- 2) 音声認識と自然言語処理
- 3) センシング (マシン・ビジョン)
- 4) ロボティクス
- 5) 自動プログラム生成

に分類される。

ATADの他の部門でも一部AIの研究をオーバーラップして行っている。例えば、ソフトウェア・エンジニアリング部門で現在開発中のソフトウェア開発ワークステーションには、将来、エキスパートシステムが取り入れられることになっている。このワークステーションは、自動プログラミングの技術を利用して、仕様からプログラムを自動生成できるようにする計画である。

テクノロジー・トランスファ計画は、素質を持ったボーイング社の従業員のためのAI教育をはじめとし、研究成果を種々の形態でボーイング社全体で利用できるようにするためのプログラムである。

この教育を受けた従業員は、AIセンターのAssociates Program (AI教育計画)において、インストラクタやアドバイザーとして役目も果たす。

又、AIセンターは、センターのスタッフに高度なハードウェア (Symbolics 3600, VAX 11/780, Xerox1100, SUN workstation など)、およびソフトウェア (KS-300, OPS5, S.1, M.1, LOOPS など)を提供し、スタッフの研究を支援している。(研究設備の詳細は、70ページ「AIセンターの研究設備一覧」を参照。)

A. Knowledge-Based Systems

A-1. 協調型知識ベース・システム

ひとつの知識表現形式をもつ独立型の知識ベース・システムを設計することは、比較的簡単であるが、大規模な実用システムの構築という問題に直面すると、知識ベースは大規模になり、適切な表現形式は、多様化する傾向がある。BCSでの協調型の知識ベース・システムは、特定の問題をリアルタイムで解決するために協調し、かつ、パラレルに動く複数のエキスパート（知識源）の設定に関連する研究を行っている。この分野の研究は、広範囲の適用領域に利益をもたらす可能性があり、現在検討中のアプリケーションには、

- 1) スペース・ステーション (NASA)
- 2) Strategic Computing Program のPilot Associate (DARPA)
- 3) command, control, and communication (C³I) (DARPA)
- 4) 戦場管理 (DARPA)
- 5) ソフトウェア工学 (独自)

がある。

AIセンターは、現在スタンフォード大学のHeuristic Programming Project (HPP) と積極的に協力し合い (Concurrent AGEなど)、協調型エキスパートシステムに関する研究を行っている。この共同研究の目下の重点は、複数知識源をもつリアルタイムな協調において、ブラックボード・アーキテクチャが有用であるか、ということに置かれている。概念的にはこのアーキテクチャは、問題解決の結果を柔軟に、かつダイナミックに他のプロセスに伝えるマルチ・プロセスを含んだアプリケーションに向いているからである。

ブラックボード・アーキテクチャの現在の論点は次の通りである。

- 1) Concurrent Architectures : 複数のエキスパートの使用において、内在するパラレリズムを利用したアーキテクチャの研究。
- 2) Control Strategies : 複数の専門家間の協調的な問題解決を模倣する戦略の研究。
- 3) Constraint Satisfaction : 実世界の強制を伝達し、充足させる研究。
- 4) Explanation : 複雑な問題解決戦略と黒板フレームワークの解決策を説明する機能の研究。

5) Learning: 制御のヒューリスティックスを学習する研究。

この分野におけるAIセンターの長期目標は、多数の知識源を効果的に統合するための柔軟なフレームワークを開発することである。このようなフレームワークのプロトタイプは1986年には出来あがる予定である。

B. 診断システム

AIセンターでは、次のような理由から電子・電気機械装置の診断システムを開発している。

- 1) 装置の耐用期間中に異常が発生する。
- 2) 装置の種類が増加している。
- 3) 装置が複雑になってきている。
- 4) 装置の価格は、診断と修理の価格より、はるかに高い。
- 5) 組込みテスト (B I T : Built-In Test) と組込みテスト装置 (B I T E : Buill-In Test Equipment) を使用する傾向が高まり、部分的にはあるが、非常に大量のデータの中からパターンを検出するという診断作業に変わってきている。
- 6) 診断の専門知識と素養が比較的乏しい。

AIセンターは、装置とシステムの診断のための知的な自動警告システムを構築できるようなツールを開発することに重点を置いている。

研究の焦点は、設計・分析診断、保守・修理診断のために、診断のヒューリスティックスと設計に基づく診断とを結合することである。

設計・分析診断は、一度欠点が見つかった後、その設計変更をサポートする。保守・修理診断は、異常のある構成要素の交換あるいは修理を行って、正常に戻すことに重点をおいている。

HELIOS (スタンフォード大学 Knowledge Systems Laboratory (KSL) で開発された CAD システムの診断インタプリタ) を AI センターの診断システムの土台としてとり入れている。KSL との共同研究では HELIOS を広範囲の電気機械システムに適用するための拡充を試みている。次の応用分野において、ドメインの専門知識と研究のフレームワークが得られている。

- 1) 設計の変更・評価をサポートするための航空機エンジンの診断。

- 2) ヘリコプターの推進および飛行制御システムの診断。
- 3) すべての電子・電気機械装置の保守・修理診断のためのエキスパート・システムの生成を容易にするシステムの開発。

C. 知識獲得

知識獲得はエキスパート・システムの構築において最も時間がかかる作業であり、6ヶ月から24ヶ月を要するのが普通である。通常の知識獲得方法は、ドメイン・エキスパートにインタビューするというものである。AIセンターでは、Expertise Transfer Systems (ETS) を使用して、システムに初期インタビューを実施させることで、この期間を数ヶ月短縮できる。ETSは、1950年にGeorge Kellyにより開発された精神療法テクニックであるPersonal Construct理論に基づいたものである。ETSは、最初、一つの専門知識源しかない比較的小規模な分類型の問題のために開発されたが、現在は多くの専門家からの情報を結合できるように拡張されている。更に、長時間にわたり発生するプランニングまたはプロセスのような問題や、分割しなければならない大規模な問題などに対処できるようにする、という計画がある。

AIセンターは、事例や観察からの学習といった他のコンピュータの学習にも関心をもっている。現在は、多数のトレーニングケースを分類するプログラム「AIDA」を使って、この研究にとりくんでいる。AIDAは、AIセンターの客員研究員であるイリノイ大学の Ryszard Michalski により開発された。

D. 自然言語処理

AIセンターの長期目標は、コンピュータへの一般的な自然言語インタフェースを提供するツールを内部で開発し、開発されたツールを外部で評価することである。そのようなインタフェースを提供すれば、ユーザは、いろいろなドメインおよびアプリケーションにわたって、幾分制約があるものの、自然な英語で応用システムとコミュニケーションできるようになる。

この一環として、AIセンターは、現在、データベースとエキスパート・システムに対する自然言語インタフェースに取りくんでいる。自然言語インタフェースの役割は、時間のかかるメニュー・インタフェース又は特殊なコマンド言語の学習を減らすことである。

特に、あまりコンピュータを使わないユーザのために、必要となる教育を減らすことを狙っている。

最近の自然言語インタフェースの1つの問題点は、実世界から隔絶して研究が行われているため、実際的用途に適用しにくい自然言語システムとなることである。AIセンターのアプローチは、「アプリケーション・ドリブン」である。つまり、自然言語システムの適用が可能と思われるアプリケーションを明らかにし、そのアプリケーションのためのシステムを直接その領域のユーザと共同で設計する、というものである。このようなアプローチでは、自然言語システムが最初から作業場所に統合されるので、実際にシステムを使用する人々からのフィードバックが得られるという付加的なメリットもある。

E. Image ProcessingとScene Understanding

AIセンターは、シーン理解と対象物識別の分野における基礎研究と実験的開発を行っている。3次元空間における対象物とイベントの獲得のための手続きと効率的なイメージ理解アルゴリズムの研究が含まれている。

更に、対象物から背景への変化、範囲のから対象物への変化、局面角度の変化、および矯正措置の初期化といったシーンの多様性のための知識ベースの開発と操作も含まれている。

イメージ処理とシーン理解の分野におけるAIセンターのプロジェクトは、以下の通りである。

- 1) ストリング処理アルゴリズムと類推的な推論エンジンを使ったダイナミックな対象物の識別。
- 2) エキスパート・システムをもつadaptive double-gate contrast filteringを使った対象物の長距離検知。(20マイル)
- 3) stereo pairs を使った3次元空間の対象物の獲得と概念的操作。
- 4) moire photogrammetryの操作のための知識ベースの開発。

この研究は、6人の専門家により行われ、その内、4名はPh. D., 1名は、コンピュータ・サイエンスのマスター、1名は、写真光学エンジニアリングの学士をもっている。

F. Robotics

ロボティクスに関する現在の主要な研究は、高度なロボット・コマンド、コントロール、そしてプランニングの概念を開発・評価できるようなテストベッドを開発することである。このテストベッドは、数値処理と記号処理、可動および固定ロボットのシミュレーション、物理的なロボット (PUMA560)、そしてデータ収集・表示のためのハードウェアとソフトウェアを提供する。このテストベッドは、視覚および音声のハードウェア・ソフトウェアと統合され、インテグレート・ロボット計画制御システムとして、テストやデモンストレーションが行われる。

ロボティクスに関する他のプロジェクトは、次の通りである。

- 1) 身体障害者のための音声起動ワークステーション：1984年、AIセンターでは身体障害者が使用できる音声起動端末を開発した。今回のワークステーションは身体に障害のあるユーザがマニュアルを持ってきたり、フロッピー・ディスクを変更できるようにするための音声起動ロボット・アームの拡張が行われている。
- 2) Khatib制御：スタンフォード大学のDr. Oussama Khatibとコンサルティング契約を結び、AIセンターのスタッフと共同で低水準ロボット制御における彼の重要な概念をボーイングにトランスファすることを進めている。

③-2. Associates Program

AIセンターがその専門知識をボーイング社の他の部門にトランスファするための主なメカニズムがAssociates Programである。

この計画では、ボーイングの他の部門の一定資質をもつ技術者およびコンピュータ要員が、一定期間 (通常は1年間)、AIセンターに滞在し、AIの理論とテクニックについて大学院レベルの教育を受けることができる。研修時間の一部は、主任科学者の講義を聞くことであるが、多くの時間は、1人の主任科学者の下で、自分の所属部門により設定されたAI問題の研究に向けられる。研修終了後、所属部門に戻る時は、研修生はセンターで開発したすべてのプログラム、ドキュメンテーションなどを持ち帰る。この資料は、その部門での将来のAI研究の中核となる。研修生の数は、1回につき、約20名程度である。

一方、Software Engineering Technology Research Support Centerは、1986年

に知識ベース型ソフトウェア・エンジニアリングにおける Research Associatesの制度を確立する計画。これは、ボーイング系列会社のすべてのAIスペシャリストがこの対象となり、このAssociatesは9ヶ月から24ヶ月の期間、人工知能をソフトウェア工学に適用する研究を行う予定。

その任期が終了すると、所属組織に戻って、開発した技術の実用化にあたる。

③-3. 大学との関係

AI研究を行っている大学との関係を保ち、AIセンターとボーイング社がAI分野における大学での最新の研究にアクセスできるようにするため、AIセンターは、定期的にセミナーを開催している。セミナーでは、一流のAI研究者がAIセンターのスタッフ、それ以外のAIAD、ボーイング者の従業員、大学の研究者により、各々の研究について意見交換を行う。セミナーで講演した研究者のうち、何人かは、客員研究員としてAIセンターに参加し、AIセンターのスタッフと共同で自分の大学での研究をボーイング者のアプリケーションに適用している。

又、AIセンターは、スタンフォード大学やCMUをはじめとする主要大学と密接な関係を保ち、共同研究や、コンサルティングの依頼等を行っている。特に、スタンフォード大学とは、地理的にも近いという理由で、これまで多くの研究者がAIセンターを訪れている。AIセンターは、Stanford Computer Forumのメンバーでもある。

③-4. Carnegie Group Inc.(CGI)との関係

1984年11月に、ボーイングは、CGIの株主になっている。

BCSは、CGIとの間で知識ベース型ソフトウェア・システム(CRYSTAL)の開発契約を結んでいる。又、研究の一環として、AIセンターのスタッフ数名をCGIに常駐させている。

③-5. AIセンターの職員

AIセンターはVictor J. AnselmoとBruce Wilsonにより管理されている。WilsonはATADのアシスタント・ジェネラル・マネジャでもある。センターの常勤スタッフは、約50名で主任科学者とサポート要員がいる。非常勤スタッフは客員

研究員、コンサルタント、A I Associatesである。

常勤の主任科学者の技能を補足し、ボーイングが大学でのA Iの展開についていけるように、A Iセンターでは、一流の研究者を2～6ヶ月間の期間、非常勤スタッフとして配置している。センターにいる間、客員研究員は、自分の研究の一部をA Iセンターに移し、ボーイングの特定のアプリケーションに拡張するとともに、センターのスタッフと Associateのためのセミナーを実施する。

③-6. A Iセンターの研究設備一覧

Hardware

1985年3月現在

Bellevue, Washington

- o VAX 11/780, VMS operating system
- o VAX 11/780, UNIX operating system
- o Two Symbolics 3600 LISP machines
- o Three Symbolics 3670 LISP machines
 - o One with high-resolution color display
 - o Ethernet-compatible communication at 10 megabits/sec(MIT Chaosnet)
- o Two Xerox 1100 Scientific Processors
- o Seven Xerox 1108 Scientific Processors
- o Four Sun workstations
- o Two IBM PC/XTs

Huntsville AI Center (Huntsville, Alabama) -- early 3d quarter 1985

- o DEC UNIX system
 - o VAX 11/750
 - o 4-MB memory
 - o 0.5-GB disk
 - o 1600-bpi tape drive
 - o Eight VT220 terminals
 - o DEC 400-lpm printer
- o Symbolics 3670 LISP machine
 - o 4-MB memory

- o 129-MB disk
- o Color display
- o Graphics printer (planned)
- o Local area network
- o 9600-bps circuit to Bellevue

Kent AI Center (Kent, Washington) -- 2d quarter 1985

- o DEC UNIX system
 - o VAX 11/750
 - o 4-MB memory
 - o 0.5-GB disk
 - o 1600-bpi tape drive
 - o Eight VT220 terminals
 - o DEC 400-lpm printer
- o Symbolics 3670 LISP machine
 - o 4-MB memory
 - o 129-MB disk
 - o Color display
 - o Graphics printer (planned)
- o Local area network
- o 9600-bps circuit to Bellevue

Vertol AI Center (Philadelphia, Pennsylvania)

- o Two Xerox 1108 Scientific Processors
 - o 2 megabytes each of memory
 - o 23 megabytes each of disk storage
- o Xerox network communications link to the VAX's at the Seattle AI Center

Software

Bellevue AI Center

- o Eunice -- UNIX capabilities, via emulation, on the VAX-VMS system
- o All-in-One office support on the VAX-VMS system
- o Artificial intelligence tools
 - o KS-300 -- an expert system building tool, based on EMYCIN from Stanford University and enhanced by Teknowledge, Inc.
 - o Metalogical Reasoning System (MRS) -- a knowledge representation system, developed by Michael Genesereth at Stanford University, that can observe, reason about, and control its own behavior
 - o OPS-5 -- production rule system developed at Carnegie-Mellon University
 - o OPS-5e -- enhanced OPS-5 for the Symbolics, Inc. LISP machines, taking advantage of Zetalisp and the display windowing system
 - o S.1 -- product descendant of KS-300, from Teknowledge, Inc. for expert system development
 - o M.1 -- a Prolog-based expert system tool for the IBM PC, developed by Teknowledge, Inc.
 - o LOOPS -- an extension of the Interlisp-D programming environment adding object-, access-, and rule-oriented paradigms to the Interlisp procedure-oriented base
 - o AUREA -- a machine learning, rule generation system developed by Ryszard Michalski of the University of Illinois

Huntsville AI Center

- o ULTRIX Version 1.0 (upgrade to Version 2.0 planned)
- o UUCP (UNIX networking)
- o ChaosNET (upgrade to TCP/IP planned for Symbolics workstation, to DECNET for the LAN)
- o Artificial intelligence tools
 - o Metalogical Reasoning System (MRS)

- o KEE
- o S.1

Kent AI Center

- o ULTRIX Version 1.0 (upgrade to Version 2.0 planned)
- o UUCP (UNIX networking)
- o ChaosNET (upgrade to TCP/IP planned for Symbolics workstation, to DECNET for the LAN)
- o Artificial intelligence tools
 - o Metalogical Reasoning System (MRS)
 - o KEE
 - o S.1

Languages

Bellevue AI Center

- o FranzLISP
- o INTERLISP-D -- on the Xerox 1100 machines
- o Prolog (POP-11) -- an AI programming environment that contains a Prolog compiler, for the VAX-VMS system (from the University of Sussex)
- o SmallTalk -- on the Xerox 1100's
- o Zetalisp -- on the Symbolics, Inc. 3600's (Symbolics-enhanced MIT MACLISP)
- o CommonLISP -- on the VAX-VMS
- o Pascal, Fortran, C, and Bliss -- on the VAX-VMS

Huntsville AI Center

- o C (upgrade to EMACS editor planned)
- o Fortran 77
- o Pascal
- o FranzLISP
- o Zetalisp (upgrade to CommonLISP planned)

Kent AI Center

- o C (upgrade to EMACS editor planned)
- o Fortran 77
- o Pascal
- o FranzLISP
- o Zetalisp (upgrade to CommonLISP planned)

④ 開発システム

1. E.T.S. (Expertise Transfer System)

知識獲得はエキスパート・システムの構築において最も時間のかかる作業であり、6～24ヶ月間を要するのが通常である。このため、いろいろな所で、知識獲得のためのツールや方法論の研究が行われている。

AIセンターで開発されたE.T.S.は、ヒューリスティックな知識を獲得するための自動化の1つの方法論であり、これを使用することにより、知識獲得の大半な削減ができ、わずか2時間以内でプロトタイプエキスパート・システムができる。

E.T.S.は、問題をある種の特性に基づいて分類する必要があり、かつ、有限個の解決策の中から適切な解決策を選択しなければならない、という領域での知識獲得に使用される。(コンサルテーション・システムに向いている)

E.T.S.は、一連の質問と比較により、知識ベースに含めるべき専門分野の項目を専門家から引き出す。このような過程から、各要素の適用性を評価するための分類パラメータが得られ、この情報から、E.T.S.は評価グリッドを設定し、専門家の思考を評価し、ヒューリスティックなルールを生成する。

ルールが生成された後、E.T.S.は複数のエキスパート・システム・ツール(例えば、KS-300™, M.1, S.1, LOOPS, OPS.5, Prolog, MRSなど。主として、KS-300™を使用しており、200以上のプロトタイプを作成している。)のための予備的なプロトタイプを自動的に作り出すことができる。このようにして、専門家から引き出された予備情報は、一般的に手作業の方法によって得られた知識よりも完全であり、一貫性がある。

プロトタイプは、手作業でさらに洗練する必要があるが、重要な問題の属性とあいまい性や矛盾する所がこの段階で分かることから、洗練の作業は能率的である。

ナレッジ・エンジニアの話では、E.T.S.の使用により、全体の知識獲得の期間が少なくとも2ヶ月は短縮された、ということである。

E.T.S.は、現在拡張されているが、その1つとして、同一問題領域に対して、複数の専門家の専門知識と推論を階層状に複数の評価グリッドで結合した知識ベース・システムの生成機能がある。

E.T.S.の開発を更に進め、より多くの知識獲得過程に拡張するとともに、全般的な知識獲得時間を半分に短縮し、時間とコストの大幅な節減を実現する計画である。

〈参考文献〉

1. Boose, John H., "Personal Construct Theory and the Transfer of Human Expertise," Proceedings AAAI-84, pp. 27-33, 1984.
2. Boose, John H. "Rapid Acquisition and Combination of Knowledge form Multiple Experts in the same Problem Domain," BAIC Technical Report, June, 1985.
3. Boose, John H., "Expertise Transfer System Technical Note : The Generation of Certainty Factors for Production Rules," BCS AI Center BCS-G2010-3, November 1984.

⑤ 問題点, 将来動向など

1. 今後の計画

- ・研究項目 (研究は, 大学, 研究機関との共同で行うものもある)
 - (1) Knowledge Acquisition の研究
 - (2) Inductive Reasoning の研究
 - (3) Human Gesture の研究
 - (4) Natural Languageの研究
 - (5) Analogical Reasoningの研究
- ・Businessとして, アプリケーション・プロトコルでのAIビジネスを行う。
- ・当面は, Blackboardアーキテクチャによる, 異なったエキスパート・システムの協調問題解決システムを開発する。ハイアラキーBlackboardアーキテクチャを開発する。
- ・トラディショナル・システムとの結合は, インプリメント言語のC言語を使って, インタフェースをとっている。

⑦ 入手資料

1. Boeing Computer Services (B C S) brochure
2. "Boeing Computer Services Artificial Intelligent Center," BCS Advanced Technology Applications Division," (ATAD), April 1985.
3. J. H. Boose, "Rapid Acquisition and Combination of knowledge from Multiple Experts in the Same Problem Domain," BCS AI Center BCS-G2010-23, June 1985.
4. J. H. Boose, "Expertise Transfer System Technical Note : The Generation of Certainty Factors for Production Rules," BCS AI Center BCS-G2010-3, November 1984.
5. "Distributed Artificial Intelligence : An Annotated Bibliography," BCS ATAD, January 1986.

システム名 : Dipmeter Adviser System

ディップメータとは、物理検層の一種目で、主として、地下坑井中において、地層の傾斜角度・方位、および地質層序、堆積構造等の情報を得るためのものである。これまで、この解釈は、解釈者の経験に頼り、時間がかかっていた。

このため、Dr. R. G. Smith を始めにする研究グループは、ディップメータの記録解析に対し、専門知識をとり入れた本エキスパート・システムを開発した。

1. Domain : Interpretation

2. 研究開始年 : 研究開始 1979年

プロジェクト開始 1981年

3. 研究従事者 : 非常に優秀な研究者 4～5人

4. ルール数 : 100ルール

5. 開発環境 ハードウェア : Xerox 1108 ワークステーション

開発言語 : Interlisp - D

プログラム開発環境が良いので、選んだ。

LOOPSは、重たい。

開発ツール : STROBE (オリジナル・ツールでUNITから思想を継承している。)

6. パフォーマンス

典型的な質問に対する応答時間は約1秒。

7. 推論制御方式 : 前向き推論

8. 知識表現方式 : ルールベース + フレームベース

9. インタフェース : 優れたメニュー・ドリブンのグラフィック・インタフェースで、

ログ・データのスムーズなスクロールができる。

10. システム・コンポーネントとプログラム・サイズ

(コンポーネント)	(ソース・プログラムの比率)
Inference Engine	8%
Knowledge Base	22%
Explanation (User Interface)	42%
Others	28%

(Feature Direction サポート環境)

11. 知識獲得

専門家よりのインタビューによる。

12. その他の特徴

パターン認識ができる。(Feature Direction としてインプリメント)

13. 効果等

- ・ディップメータの解釈が統一され、迅速になった。
- ・推論過程をみることができる。

14. 参考文献

- (1) R. Davis, H. Austin, I. Carlom, B. Frawley, P. Pruchnik, R. Sneiderman, J. A. Gilreath : The Dipmeter Advisor, Interpretation of Geological Singals, Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence. IJCAI, August, 1981, p. 846~849
- (2) R. G. Smith, R. L. Young : The Design of the Dipmeter Advisor System, Proceedings of the ACM Annual Conference, ACM, New York, October, 1984. p. 15~23
- (3) J. A. Gilreath : The Dipmeter, Schlumberger Publication, 1976
- (4) R. G. Smith, J. D. Baker : The Dipmeter Advisor System, A Case Study in Commercial Expert System Development, Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI, 1983
- (5) 齊藤, 森「油田検層におけるエキスパートシステムの適用」
エレクトロニクス昭和60年11月号, pp48-52, November 1985

15. 回答者

日本シュルンベルジェ㈱

システム開発事業本部

地質モデリング部 部長

森 俊 二

〒229

相模原市淵野辺 2 - 2 - 1

2. 西独, 日本におけるエキスパート・システムの事例

2.1 西 独

2.1.1 Ford Motor Company (Cologne)

システム名 : DEX. C3

Ford Motor Co.と西独国立数理計算機研究所 (GMD) のXPS (Expert System Research Group) は, 自動車のC3オートマチック・トランスミッションの故障診断システム「DEX. C3」を開発した。

このシステム開発の狙いは, Ford Motor Co.におけるエキスパート・システム適用の可能性とその機能を調査することであった。

このシステムは, Explanation の機能に力を入れて開発している。

1. Domain : Diagnosis

2. プロジェクト開始 : 1984年夏

3. 開発ステージと開発期間とルール数

Demonstration prototype	6ヶ月	30ルール
-------------------------	-----	-------

Research prototype	4ヶ月	170ルール
--------------------	-----	--------

Field prototype	2ヶ月	200ルール
-----------------	-----	--------

4. 開発環境

ハードウェア : Xerox 1108ワークステーション

開発言語 : Interlisp -D

(パワフルなプログラミング環境と精通度から選んだ)

開発ツール : EMYCINのようなプロダクション・ルール・インタプリタを独自に開発した。

5. パフォーマンス

典型的な質問に対する応答時間 : 3~10秒

6. 推論制御方式 : 前向き推論+後向き推論+確信度係数 (ファクト上)

7. 知識表現方式 : ルール・ベース

8. ヒューマン・インターフェイス : グラフィック機能に優れている。

9. システム・コンポーネントとプログラム・サイズ

(コンポーネント)	(ソース・プログラムの比率)
Inference Engine	40%
Knowledge Base	50%
Explanation	10%
Others	—

10. 効果

自動車のオートマチック・トランスミッションの故障診断については、あまり専門家がいらない。この専門知識をコード化できたことが効果である。

11. 参考文献

1. "Expert Systems in the German Research Institute for Mathematics and Data Processing (GMD)" GMD
2. D. Bungers, "Using Expert Systems for the Customer Service of Ford Europe," Second International Conference on Artificial Intelligence Technologies, Expert Systems and Knowledge Engineering, Ruschlikou, Switzerland, April 1985.

12. 回答者

Mr. Thomas Christaller

Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH

Institut für Angewandte Informationstechnik

Forschungsgruppe Expertensysteme

Postfach 1240

D-5205 Sankt Augustin 1

Tel. : (02241)14.2791

Telex : 889469

Otto-Hahn-Ring 6

D - 8000 Munich 83

Tel. 89-636-48491

2.2. 日本

2.2.1 キャノン(株) 中央研究所

システム名：レンズ設計エキスパートシステム

(Optical System Design Expert System : OPTEX)

レンズ設計者は、レンズシステムを設計するための要求仕様 (e.g. 焦点距離, ズームレンズの倍率, フィルムの大きさ, 形状寸法) から, CADシステムを使った, 多量なシミュレーションにより, レンズ・システムを開発する。この際にセットするパラメータ (e.g. レンズの曲折, レンズの間隔, ガラスの材料) とその数値は, 専門家の経験により, 行われてきたが, これをサポートするエキスパート・システム (OPTEX) を開発した。現在, このシステムは, フィールド・テスト中である。

1. Domain : Design

2. プロジェクト開始年月 : 1984年1月

3. 開発ステージにおける開発期間・ルール数・マンパワー

・ Demonstration Prototype	3ヶ月	30ルール	9人月
・ Research Prototype	12ヶ月	100ルール	54人月
・ Field Prototype	8ヶ月	500ルール以上	32人月

プロジェクト $\left\{ \begin{array}{l} \text{設計専門家 数名} \\ \text{知識工学者 5人} \end{array} \right.$

4. 開発環境

ハードウェア : Symbolics 3640

日立M-280H CADシステム

開発言語 : Lisp, FORTRAN (インターフェイス部)

開発ツール : エンド・ユーザがカスタム・オーダー的にエキスパートシステムを開発できるように, 独自にツールを開発した。

5. パフォーマンス

推論速度 50ルール/秒

典型的な問合せに対する応答時間 1.5秒

〔但し、これは、Symbolics とM-280Hとの間の1コマンドのレスポンス時間である。〕

6. 推論制御方式：前向き推論

7. 知識表現方式：ルールベース+フレームベース

8. ヒューマン・インタフェース：設計情報を見易い形（グラフ等）に表示する等、

グラフィック機能に優れている。

9. システム・コンポネントとプログラム・サイズ

〈コンポネント〉	〈ソース・プログラム・サイズの比率〉
Inference Engine	10%
Knowledge Base	85%
Explanation	—
Others (CAD側インタフェース)	5%

10. 知識獲得

インタビューにより、知識を獲得するとともに、弟子入りにより、実用になるルールを獲得した。弟子入り (Apprentice ship) は、1回2週間程度で、2回程実施した。

11. 効果

機械化による省力効果である。VTR用のズームレンズの設計で従来は、2～3時間かかっていた作業が、これを15～20分に短縮できた。又、ち密な設計が可能となり、より良いレンズ系が開発できる。

12. 将来計画

ユーザ（専門家）が自分自身でエキスパート・システムを開発できるようにしていく。その為に、発生すると思われる混乱を防ぐため、Truth Maintenance SystemやRedundancy Checkの機能を実現していく予定。

13. 参考文献

- (1) 浅野 他：光学設計エキスパートシステムの構想（その1），
情報処理学会第27回全国大会予稿集 6 D - 6, 1983
- (2) 飛鳥井 他：レンズ設計エキスパートシステム（その2），
情報処理学会第30回全国大会予稿集 6 D - 3, 1985
- (3) 菊地 他：レンズ設計エキスパートシステム（その3），
情報処理学会第30回全国大会予稿集 6 D - 4, 1985
- (4) 加藤 他：レンズ設計エキスパートシステム（その4），
情報処理学会第31回全国大会予稿集 1 M - 5, 1985
- (5) 浅野 他：レンズ設計エキスパートシステム；昭和60年度電子通信学会情報・システム部門全国大会予稿集 S 2 - 7, 1985
- (6) 溝口 他：「AIテクノロジー」第3章 レンズ設計 オーム社
1986年2月
- (7) 菊地 他：レンズ設計エキスパートシステム，情報処理学会・知識工学と人工知能研究会 4 4 - 4, 1986年1月

14. 回答者

キャノン(株) 中央研究所

知能工学研究部

第13研究室

菊地 一成

〒243-01 神奈川県厚木市森の里若宮5番地

TEL 0462-47-2111

8. ヒューマン・インタフェース：自然言語処理機能に優れている。
9. ソース・プログラム・サイズ：230KB（ユーザプログラムサイズ）
10. 知識獲得
 - ・専門家から、インタビューにより知識獲得した。
 - ・選定条件をマトリックスにして、整理した。
 - ・選定の流れ図を書いた。
11. 効果
 - ・プラント設計をする新人エンジニアの教育になった。
 - ・ナレッジ・エンジニアの研修になった。
12. 将来計画
 - ・今後、いくつかのテーマについてエキスパート・システムの構築について検討していく。
 - ・専門家が使うので、インターフェイスの機能拡充（日本語など）をしていきたい。
 - ・現在いるSE（システム・エンジニア）に知識工学の技術・知識を修得させたい。

13. 参考文献

- 1) 田中克己「流量計器選定エキスパートシステム」（AI総覧）

日揮㈱

14. 回答者

日揮㈱

システムエンジニアリング本部

システム技術部 部長

那 須 宗 也

〒232 横浜市南区別所1-14-1

2.2.3

日本電気(株) C&Cシステム研究所

システム名：LSI配線設計用エキスパート・システム

(Knowledge-based VLSI Routing System : WIREX)

LSIの配線設計において、自動配線プログラムが結線できなかった端子間の配線作業を支援するエキスパート・システムである。

このシステムは、結線できなかった端子間配線に対して、既配線パターンを動かして、制約条件を満足した配線パターン(2層金属配線)を発見するものである。

1. Domain : Design

2. 研究開始年月 : 1982年4月

プロジェクト開始年月 : 1983年4月

3. 開発ステージにおける開発期間とルール数

Demonstration Prototype	12ヶ月	100ルール	} 研究者5人 (KE)
Research Prototype	12ヶ月	130ルール	
Field Prototype	12ヶ月	260ルール	
Production Model	7ヶ月	300ルール	

(日本電気・社内で試用している)

4. 開発環境

ハードウェア : NEC MS-190ミニコンピュータ

開発言語 : Prolog

5. パフォーマンス

典型的な問合せに対する応答時間 : 数秒

6. 推論制御方式 : 前向き推論

7. 知識表現方式 : ルールベース

8. ヒューマン・インターフェイス : グラフィック機能に優れている。

9. システム・コンポーネントとプログラム・サイズ

(コンポーネント)	(ソースプログラム・サイズの比率)	
Inference Engine	10%	} (Prolog)
Knowledge Base	10%	
Explanation	—	
Others	80%	(FORTRAN)

10. 知識獲得

専門家のインタビューと未結線の図を基にしたケース・スタディを実施して、知識を獲得した。

11. 特徴

知識ベース・システムと伝統的なCADシステムの結合

12. 効果

- ・LSIのルーティング作業(線引き, 削除, 修正)の時間が短縮した。(2,100ゲートのLSI設計において, 従来2時間以上かかっていたが, これが約30分になった)
- ・CAD開発部門と使う部門が分かれており, 従来は, この間のトラブル(フィードバックが遅いなど)があったが, これが, 使う側でも手を入れられるようになり, トラブルがなくなった。

13. 将来計画

WIREXにインプリメントするのではないが, 日本語インタフェースやグラフィックをとり入れたエキスパート・システムの開発をとり入れていきたい。

14. 参考文献

- 1) Fujita, T. and Goto, S., "A Rule-based Routing System," Proceedings IEEE International Conference on Computer Design : VLSI in Computers (ICCD '83), pp. 451-454, Nov. 1983.
- 2) Mitsumoto, K., Mori, H., Fujita, T. and Goto, S., "AI Approach to VLSI Routing Program," 1984 International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS '84) Proceedings, pp. 449-452, May 1984.
- 3) Mori, H., Mitsumoto, K., Fujita, T. and Goto, S., "Knowledge-Based VLSI Routing System — WIREX —," Proceedings of the International

Nov. 1984.

- 4) 森, 若田, 光本, 後藤, 「VLSI配線エキスパートシステム: WIREX」,
「電子通信学会技術研究報告(回路とシステム)」, CAS84-127, pp. 89-94,
1984年11月
- 5) 森, 光本, 藤田, 後藤, 「配線設計エキスパートシステム」, 「情報処理学会
第28回(昭和59年前期)全国大会」, 講演番号4G-8, 1984年3月
- 6) 森, 若田, 「LSI配線エキスパートシステムにおける知識」, 「情報処理学
会第30回(昭和60年前期)全国大会」, 講演番号5L-1, 1985年3月
- 7) Mori, H., Mitsumoto, K., Fujita, T., Wakata, H. and Goto, S., "WIREX :
VLSI Wiring Design Expert System," VLSI 85 International Conference,
Aug. 27, 1985.
- 8) 光本, 森, 藤田, 後藤, 「CADLOG-CAD向けPrologインタープリター」,
Proc. of The Logic Programming Conference '84, 講演番号14-5, Mar. 1984.
- 9) 同上, 「CAD向けPrologインタープリターCADLOG-」, 「情報処理学
会第29回(昭和59年後期)全国大会講演論文集」, 講演番号7N-6, 1984年
9月.
- 10) 後藤, 「CAD用知識処理言語-CADLOG」, 「PIXEL」, no. 24,
1984年9月.
- 11) Fujita, T. and Goto, S., "Knowledge Base and Algorithm for VLSI Design,
1985 IEEE International Symposium on Circuit and Systems (ISCAS '85),
pp. 877-880, Kyoto, Jun. 1985.
- 12) 後藤 他, 「対話型配線設計の処理時間を短縮するLSI配線設計用エキスバ
ートシステム」日経エレクトロニクス(1985.11.4), pp.245-271; 1985年11月.

15. 回答者

日本電気㈱ C&Cシステム研究所

応用システム研究部 主任

森 啓

〒213 川崎市宮前区宮崎4-1-1

Tel. 044-855-1111

システム名：電力系統解析支援エキスパート・システム

(Expert System for Power System Planning)

電力系統における過負荷，異常電圧の解消案を作成するエキスパート・システムである。三菱中研で電力系統解析支援のために研究してきた解析計算ツール，マン・マシンインタフェース，データベースの技術を継承し，知識ベース・システムとして開発したものである。このシステムの特徴の一つは，知識獲得であり，これは専門家に実際の問題解決を行ってもらい，その時のシステム操作記録と利用したルールに関する音声記録から知識を獲得するものである。(Verbal Protocol Analysis)

1. Domain : Planning

2. 研究開始年月 : 1983年 4月

3. 開発ステージにおける期間・ルール数・マンパワー

Demonstration prototype	—	—	—
Research prototype	18ヶ月	100ルール	36人月 (3人年)
Field prototype	12ヶ月	150ルール	24人月 (2人年)

(専門家2名, KE兼専門家2名)

4. 開発環境

ハードウェア : Apollo DN-420 ワークステーション

開発言語 : Prolog

5. パフォーマンス

典型的な問合せに対する応答時間 2分 (1つの問題解決に対し)

6. 推論制御方式 : 前向き推論 + 後向き推論

7. 知識表現方式 : ルールベース

8. ヒューマン・インタフェース : グラフィック機能が優れている。

9. システム・コンポネントとプログラム・サイズ

〈コンポネント〉	〈ソース・プログラムの比率〉
Inference Engine	} 30%
Knowlege Base	
Explanation	10%
Others	60% { Human Interface 30% Others 30% }

10. 知識獲得

Verbal Protocol Analysisツールを使って、知識獲得を行った。その前に、数人の専門家とディスカッションにより基本的な知識の獲得を行い、更に、複雑な問題解決の知識獲得のために、具体的な問題の解決法を教示してもらった。

従って、Verbal Protocol Analysisは、詳細な知識の獲得に使った。

11. 効果

系統解析者は、電力系統の詳細な仕様を考慮せずに、解消案を作成できるようになった。

12. 将来計画

・知識獲得の研究を行う。

13. 参考文献

- ① R. Fujiwara et al., "An Intelligent Load Flow Engine for Power System Planning", IEEE Power Engineering Society, 14th PICA, San Francisco, May 6-10, 1985.
- ② 藤原 他, 「バーバルプロトコルを用いた知識獲得実験」日本認知科学会第3回大会, 1986年6月

14. 回答者

三菱電機㈱ 中央研究所

システム研究部第4グループ

藤原 良一

〒661 尼崎市塚口本町8-1-1

TEL 06-491-8021

3. 調査のまとめ

3.1 エキスパート・システム

今回の米国調査では、研究機関（大学含む）5ヶ所、ユーザ2ヶ所、AI関係企業1ヶ所を訪問し、エキスパートシステム11件、エキスパート・システム・ツール2件、その他（プロジェクト、ハードウェア等）を調査してきた。この訪問調査以外に西独2件、米国1件、日本4件の調査を行った。

ここでは、今回の調査をメインテーマであるエキスパート・システム（18件）についてその現状と動向を調査項目に従って、述べる。

3.1.1 開発動向

研究機関では、1978年頃から、開発がスタートしており、このシステムが一部、企業の実用システムとして、稼動している。例えば、CMUのR1プロジェクトがDEC（XCON）で、SRI InternationalのPROSPECTORがU. S. Geological Survey（Preselector）で、Dipmeter Adviser SystemがSchlumber Dollで各々、本格的に稼動している。

1983、84年になると、企業側で独自に開発プロジェクトをスタートし、これらの一部は、フィールドで一部試用されている。

例えば、Westinghouse Electric社のVT、Xerox社のPRIDE、キャノンのOPTEX、日電のWIREXなどである。

現在、エキスパート・システムの構築作業の中心は、研究機関から企業に移り、その企業の中でも、システム開発部門からエンドユーザ部門に移っている。この開発主体の推移により、エキスパートシステム開発を支援する方法論、ツールの研究開発が各機関で行われている。それは、知識獲得を中心としたものである。

今回の調査機関は、製造業がほとんどであった。適用分野は、電気・電子装置に関連するものが多い。「応用領域」としては、診断（Diagnosis）5件、設計（Design）8件、計画（Planning）5件である。診断システム5件の内、4件が「確信度係数（Certainty Factor）」を扱っている。「ルール数」からみると、1000ルール以上のシステムは、全てOPS5によるものであり、人月当りのルール作りも他のLisp、Prolog、Knowledge Craftと較べ、かなり早くできるようである。反面、同じことを表現するのに、多くのルールを書く必要がある、ということになるのかも知れない。

「開発環境」は、ハードウェアではXerox 1100シリーズ、VAX11シリーズが圧倒的に多く、ソフトウェアでは、Lisp (特にInterlisp)、OPS 5のユーザが多い。しかし、最近のシステムをみると、LOOPS Knowledge Craft、KEE、オリジナル・ツールなど新しい開発ツールを使ったシステムが、ほとんどである。又、「知識表現方式」も、以前のは、ルールベースのみのものが多かったが、最近のシステムでは、オブジェクト・オリエンテッドをとり入れたものが多くなっている。「システム・コンポーネントとソースプログラムの比率」の回答をみると、Inference Engineはうすく、Knowledge Baseは厚くなっている。次表に示すようにプログラムの大半が、Knowledge BaseとExplanationやHumanInterfaceに費されている。

表 システム・コンポーネントとソース・プログラムの比率

システム コンポーネント	Dipmeter Adviser System	VT	PDS	DEX.C3	OPTEX	電力系統 解析支援 システム	WIREX
Inference Engine	8	2	5	40	10	} 30	10
Knowledge Base	22	52	80	50	85		10
Explanation	42	2	15	10	—	10	—
Others (Human Interface等)	28	44	—	—	5	60	80

3.1.2 知識獲得方法

エキスパート・システム構築の要は、知識獲得であり、これは、従来、応用領域の専門家から、知識工学や人工知能用言語等を熟知したナレッジ・エンジニアが、インタビューにより、専門知識を獲得し、ルール化して、システム開発を行っていた。この期間は、ある企業のデータでは、6ヶ月から24ヶ月かかっていた、とのことである。又、エキスパート・システムは、常にアップデートしていかなければならず、ナレッジ・エンジニアは、システム・メンテナンスを引続き、していかなければならない羽目になる。(エンドユーザにテクノロジーを移転すれば良いが、従来技術は、エンドユーザの理解を一般的に越えていた)

しかし、今回の調査先、特に、Westinghouse ElectricやBCSのユーザ側では、エンド・ユーザ(専門家)自身で、エキスパート・システムを開発する形態

に変わってきている。このために、知識獲得をサポートする各種のツールを提供しており、かつ、知識工学等を熟知したスタッフが開発のコンサルティング等を行っている。その場合も、1人の専門家の知識をとり入れるのではなく、同一領域の複数の専門家の知識を獲得して、インプリメントする形態が多いようだ。

この分野は、実用化を狙った知識獲得ツール（BCSのETS, Westinghouse Electric社の Performance base/protocol analysis, 三菱中研の Verbal protocol analysis 等）と、長期的研究（Learning from example など）の両方が行われている。

3.1.3 効果

エキスパート・システム構築による、効果として、次のようなことがあげられた。

- 1) 従来の方法より、迅速に行える。（ほとんどのシステム）

例. PRIDE : 設計時間 数週間→30分
OPTEX : " 2-3時間→30分
WIREX : " 2時間以上→30分

- 2) 設計分野では、ち密な設計作業ができる。

例. XCON : 構成精度 75%→95%

- 3) 部門間のコミュニケーションが良くなった。

例. WIREX : CAD開発部門と利用部門との垣根がなくなった。（利用部門でCADをいじれるので）
CRYSTAL : プログラマ、管理者等とのコミュニケーションが良くなった。

以上の他に、対象領域における評価基準の明確化、新人教育など副次的な効果も、いくつかあがっている。

3.2 エキスパート・システムの関連動向

3.2.1 ナレッジ・エンジニアの教育

AIプロダクトの提供側では、DECのAI教育(13週間)、Carnegie Group Inc.のKnowledge Craftの教育(2週間)や、ケース・スタディを中心とした研修が行われている。

一方、ユーザの方でも、BCSでは、AIセンターにAssociates Programを設置し、エンド・ユーザのAI教育(ケーススタディ中心)を1年間かけて行っている。このAssociatesは、原課にもどって、更にそこのスタッフを教育する。Westinghouse Electric Corp.でも短期のAIセミナーの他、CMUとの共同で、プロジェクトを進め、ケース・スタディ的にエンド・ユーザの研修を行っている。このように、ユーザサイドでの教育が充実してきている。

3.2.2 エキスパート・システム普及を妨げる要因

本格的なエキスパート・システムの普及には、様々なボトルネックが考えられるが、米国においては、次のような意見が出された。

1) Feigenbaum

ユーザ側のエキスパート・システム構築に関する知識不足が現状の問題である。将来的には、ハードウェアが大きなボトルネックとなる。

2) Waterman

第1に知識獲得の技術、第2にトップマネジャの理解不足、第3にハードウェア、ソフトウェアの価格である。(この第3の問題は、第2のトップマネジャの問題と絡んでいる)

3) Westinghouse Electric Corp.

① ユーザ・フレンドリなインタフェース(自然言語処理)

② もっと簡単にエキスパート・システムを作れるように、構築作業をJOBにしない。

③ ツールの標準化。

④ ソフトウェア・ボトルネック(ハードとソフトのハイアラキーの問題であるが、まず、ハードは問題ない)

4) DEC

① トップマネジャの理解不足。

- ② 経験のないユーザの立上げが難しい。
- ③ ハードウェア、ソフトウェアが高いこと。

5) Stolfo

ハードウェアのスピード。

全体としては、ベンダー側は、ユーザ側のトップ・マネジャの理解不足を強く唱えており、ユーザ側は、ヒューマン・インターフェイス、エンドユーザ指向のツール（使い易く、高機能なツール）をボトルネックとしてあげている。又、ハードウェアの性能も、将来、ボトルネックになるという研究者の意見も、見のがせない。

3.2.3 開発ツール等の動向

1) 開発ツール

ユーザ側では、エンドユーザ自身によるエキスパート・システム開発のために、各種の知識獲得ツールを開発している。現状のものは、高度ではないにしても、実用的で、知識獲得時間の短縮には、役立っているようである。例えば、BCSのETSでは、最初のプロトタイプを数時間で作ってしまう。（既に、200システム程のプロトタイプを作った。但し、後の修正では、ETSは使わないようだ。）

勿論、高機能な Learning from exampleのような知識獲得の研究は、大学を中心に行われている。

又、COMMONLOOPSにPrologの機能を取り入れるなど、ツールのマルチ・パラダイム化も進んでいる。

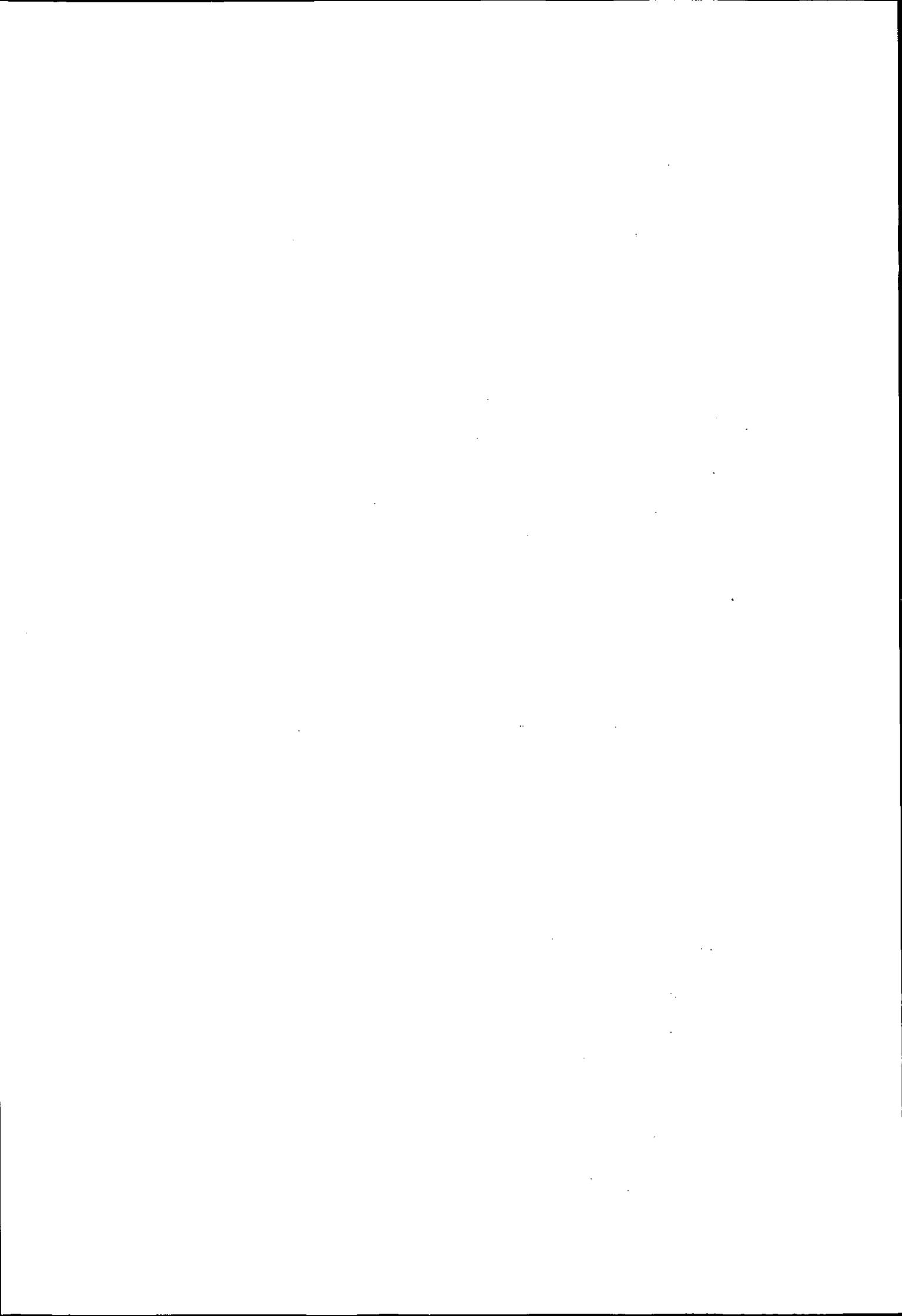
その他、Domain specific tool (PDS, ISIS-II, CRYSTALなど)も、利用又は開発されている。

2) その他（言語、ハードウェア）

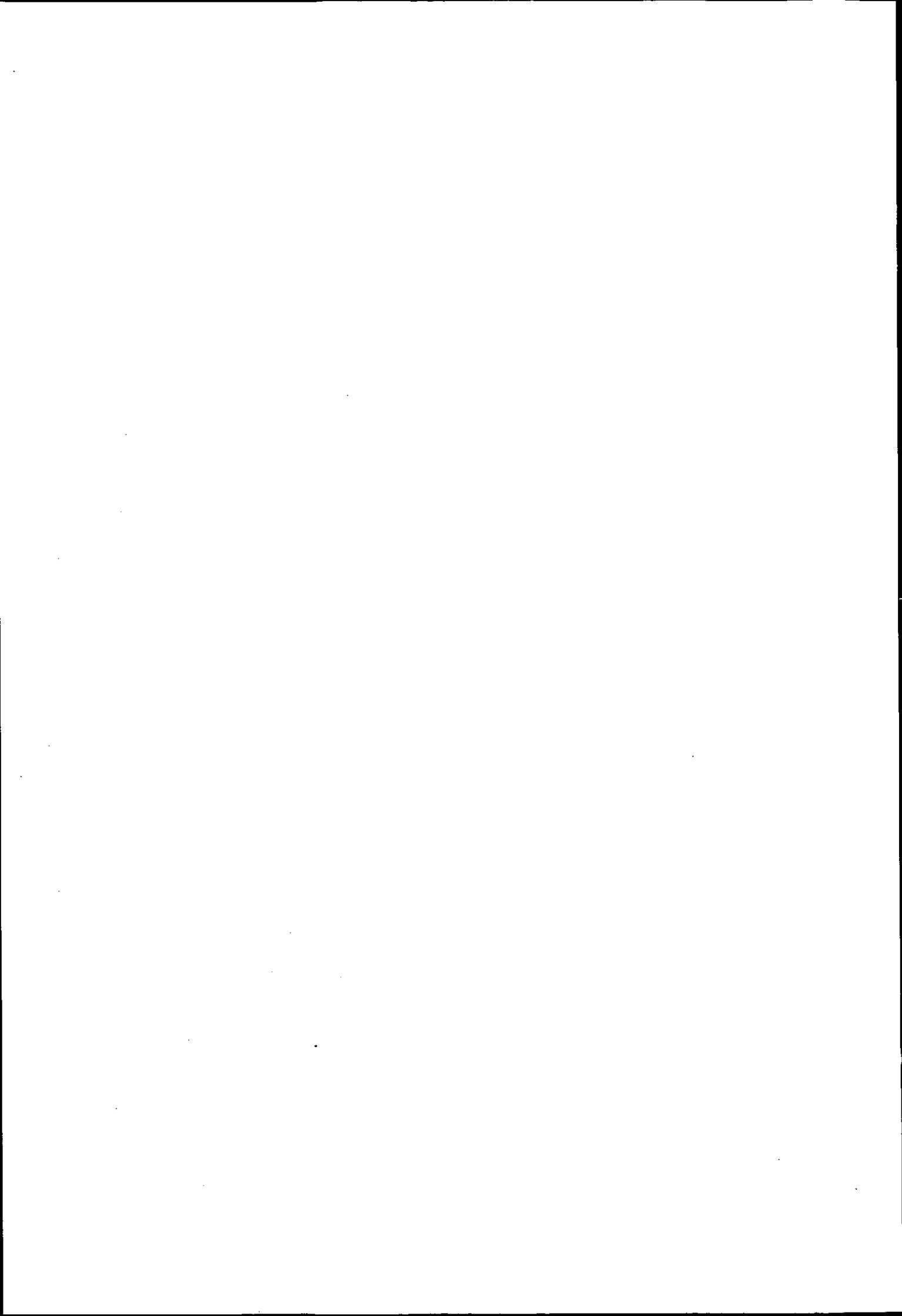
言語は、CommonLispがものすごいきおいで普及している。（Xerox PARCでさえ、CommonLispである）

ハードウェアは、LispマシンへTIの Explorer, エンジニアリング・ワークステーションではSUN, HPのBobcat, PCでは、IBMのPC-RTの動きが注目される。

又、パラレル・マシンは、試作品が一部できあがってきた段階である。



付録. エキスパート・システム事例一覧表



エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	CRYSTAL	XCON
開発機関	Carnegie Group Inc.	CMU DEC
適用分野	プロジェクト管理 ソフトウェア開発支援	コンピュータ・システムの構成
問題領域	{ Planning } { Debugging }	Design (Configuration)
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1985年1月	1978年12月
プロジェクト構成	AI研究者12名	DEC 12人 (1980年) CMU J. McDermott他
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype	} 150ルール (1985年12月) 1000スキーム	} 5ヶ月, 250ルール, 3人月
Research Prototype		
Field Prototype		} 7ヶ月, 750ルール, 12人月弱
Production Model		5年, 4,200ルール
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア	Symbolics 3600シリーズ	
開発言語・ツール	Knowledge Craft CRL-OPS5, CRL-PROLOG	OPS5 (BLISS)
推論制御方式	前向き推論+後向き推論 +黒板	前向き推論
知識表現方式	意味ネットワーク+ オブジェクト・オリエンテッド	ルールベース

システム名	CRYSTAL	XCON
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine		
Knowledge Base		
Explanation		
Others		
知識獲得方法		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ① 知識ベース・エディタにより優れたグラフィック・インタフェース。 ② CGIのプロジェクトに適用している。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 平均処理時間 2.3分/件、精度 95%
効果	<ul style="list-style-type: none"> ① ダイミミックなスケジュール管理ができた。 ② プログラム間のコミュニケーションがスムーズいき、モジュール組合せテスト・デバッグがスムーズに行った。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 1,800万ドルのコスト低減ができた。 ② 構成エラーが減った(精度75→95%)
将来計画	<ul style="list-style-type: none"> ① ソフトウェアの自動生産への枠組とする。 ② BCSに今夏移し、本格的な試用に入る。 	

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	XSEL	LDS
開発機関	CMU DEC	RAND Corp.
適用分野	コンピュータシステムの構成	法律
問題領域	Design	Planning
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1981年	1979年
プロジェクト構成	専門家(販売員) 20人 KEr ?	専門家 1人 KEr 1人
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype	} 2,000 ルール, 4人年	12ヶ月, 100ルール, 6人月
Research Prototype		36ヶ月, 400ルール, 24人月
Field Prototype		
Production Model	2,200 ルール,	
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア		VAX11/780
開発言語・ツール	OPS5 (BLISS)	ROSIE (Interlisp)
推論制御方式	前向き推論	前向き推論+後向き推論
知識表現方式	ルールベース	ルールベース+手続き型

システム名	XSEL	LDS
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine		
Knowledge Base		
Explanation		
Others		
知識獲得方法	① 20人の販売員から獲得した。	① 専門家からのインタビュー ② ツールとして、ROSLIEの機能を使用
特徴		① 英語のようなルール表現 ② 手続き型を含んだ知識表現 ③ Explanationがvalious levelである。
効果		① 事例を評価する際の基準ができた。 ② 専門家がどのようにケースを分析するかが理解できた。
将来計画		このシステムは動いていない。

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	SAL	Dipmeter Adviser System
開発機関	RAND Corp.	Schlumberger-Doll
適用分野	法律	地質学
問題領域	Planning	Interpretation
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1984年	1981年 (1979年)
プロジェクト構成	専門家 1名 KEr 2名	専門家 数名 KEr 4~5名
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype	12ヶ月, 150ルール, 9人月	
Research Prototype	18ヶ月, 300ルール, 14人月	
Field Prototype		
Production Model		
Commercial System		100 ルール
開発環境		
ハードウェア	Xerox Dolphin	Xerox 1108
開発言語・ツール	ROSIE (Interlisp)	Interlisp - D STROBE
推論制御方式	前向き推論+後向き推論	前向き推論
知識表現方式	ルールベース+手続き型	ルールベース+フレームベース

システム名	SAL	Dipmeter Adviser System
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine		8%
Knowledge Base		22%
Explanation		42%
Others		28%
知識獲得方法	<ul style="list-style-type: none"> ① 専門家からのインタビュー ② ツールとして、ROSLIEの知識獲得機能を使用 	① 複数の専門家よりのインタビュー
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ① 英語のようなルール表現 ② 手続き型を含んだ知識表現 ③ Explanationがvarious levelである。 	<ul style="list-style-type: none"> ① メニュードリブンのグラフィック・インターフェイス ② パターン認識ができる。
効果	<ul style="list-style-type: none"> ① 事例を評価する際の基準ができた。 ② 評価作業が効率的になった。 	<ul style="list-style-type: none"> ① ディップメータの解釈が統一され迅速になった。 ② 推論過程を見ることができる。
将来計画	① 研究のみの使用である。	

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	PROSPECTOR	HYDRO
開発機関	SRI International	SRI International
適用分野	地質学	地質学
問題領域	Diagnosis	Diagnosis
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1978年 (1976年)	1981年
プロジェクト構成	専門家3機関から複数人 K E r 6人	専門家 2~3人 K E r ?
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype		
Research Prototype		
Field Prototype		
Production Model		
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア	DEC20シリーズ→Xerox1108	Xerox1108
開発言語・ツール	Interlisp	Interlisp
推論制御方式	前向き推論+確信度係数 (ルール上)	前向き推論+確信度係数 (ルール上)
知識表現方式	意味ネットワーク	意味ネットワーク

システム名	PROSPECTOR	HYDRO
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine		
Knowledge Base		
Explanation		
Others		
知識獲得方法	地質研究機関3社から、各々複数の専門家にインタビューした。	2～3人の専門家からインタビューにより、獲得した。
特徴		
効果	① 鉱石の迅速な発見ができた。	
将来計画	① 現在、U.S.Geological SurveyでIBM PC(Cでインプリメント)上で稼働している。	① 現在、このシステムは動いていない。

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	Cable Convertor	ISIS-II
開発機関	Westinghouse Electric Corp. R & D Center	Westinghouse Electric Corp. R & D Center, CMU
適用分野	電気・電子装置	工場管理
問題領域	Diagnosis	Planning
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1984年6月	
プロジェクト構成	KEr兼専門家 1名	
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・マンパワー		
Demonstration Prototype	2ヶ月, 50ルール, 1人月	
Research Prototype	12ヶ月, 300ルール, 5人月	
Field Prototype		
Production Model		
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア	VAX/UNIXシステム	
開発言語・ツール	OPS5	SRL→KEE
推論制御方式	前向き推論	
知識表現方式	ルールベース	ルールベース+フレームベース

システム名	Cable Converter	ISIS-II
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine		
Knowledge Base		
Explanation		
Others		
知識獲得方法	<ul style="list-style-type: none"> ① Performance base / protocol分析によるツールの開発と利用 ② 実際のケーブル修理のビデオテープをみた。 	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ① ヒューマン・インターフェイスが優れている。(マルチレベルの入力と説明機能) ② 知識獲得ツールの研究が主目的である。 	
効果	<ul style="list-style-type: none"> ① 訓練と診断が容易になった。 	
将来計画		1. コマーシャル・プロダクトとして、市場に出す予定。

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	VT (Elevator Configuration)	PDS (Process Diagnosis System)
開発機関	Westinghouse Electric Corp. R & D Center	Westinghouse Electric Corp. R & D Center, CMU
適用分野	電気・電子装置	{ センサーを使った故障 診断用の開発ツール }
問題領域	Design (Configuration)	Diagnosis
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1984年1月	1982年
プロジェクト構成		CMU ? 社内 2~3人
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype	6ヶ月, 500ルール, 36人月	
Research Prototype	14ヶ月, 2000ルール, 56人月	
Field Prototype	18ヶ月, 3000ルール, 28人月	
Production Model		
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア	VAX11/780	VAX11/780
開発言語・ツール	OPS5, C	Lisp→C (ダウンロードソフトは自社開発)
推論制御方式	前向き推論	前向き推論+確信度係数 (ファクト上とルール上の両方)
知識表現方式	ルールベース	ルールベース+フレームベース

システム名	VT	PDS
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine	2%	5%
Knowledge Base	52%	80%
Explanation	2%	15%
Others	44%	—
知識獲得方法	① OPS 5 ベースのツールを独自に開発し、利用した。	—
特徴	① ill-structuredな応用領域に対し、柔軟なプロトタイピングが行える。	① リアルタイム・オペレーション用 150~500 ルール/秒 ② センサーのdegrade に適応する。
効果	① ill-structuredな応用領域に対し、柔軟なプロトタイピングが行えた。 ② 知識獲得ツールの実証が行えた。	—
将来計画		① コマーシャル・プロダクトである。

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	PRIDE (複写機設計)	DEX. C3 (トランスミッション故障診断)
開発機関	Xerox PARC Xerox Reprographics Business	Ford Motor Co. (Cologne) GMD
適用分野	電気・電子装置	機械装置 (自動車)
問題領域	Design (Configuration)	Diagnosis
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1984年初め	1984年夏
プロジェクト構成	複数の専門家 のKER	
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype	} オブジェクト数 1,000	6ヶ月, 30ルール
Research Prototype		4ヶ月, 170ルール
Field Prototype		2ヶ月, 200ルール
Production Model		
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア	Xerox 1100シリーズ	Xerox 1108
開発言語・ツール	LOOPS (Interlisp-D)	Interlisp - D EMYCIN like のツール(自社)
推論制御方式		前向き推論+後向き推論 +確信度係数 (ファクト上)
知識表現方式	ルール+フレーム+オブジェクト	ルールベース

システム名	PRIDE	DEX. C3
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine		40%
Knowledge Base		50%
Explanation		10%
Others		—
知識獲得方法	① 多くの専門家が、同じ問題に対する解決策を観察して、知識を獲得。	
特徴		① グラフィック機能に優れている。 ② 質問応答時間3~10秒
効果	① 社内での試用し、数週間の設計作業が30分に短縮された。 ② エンジニアリング研究部門の専門知識が応用部門の設計者にトランスファした。	① あまりいない専門家の知識をコード化できた。
将来計画		

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	SICONFEX (System Configuration)	OPTEX (レンズ設計エキスパートシステム)
開発機関	Siemens AG	キャノン㈱中央研究所
適用分野	コンピュータシステム構成	光学システム
問題領域	Design(Configuration)	Design
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1984年4月	1984年1月
プロジェクト構成		専門家 数名 KER 5人
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype		3ヶ月, 30ルール, 9人目
Research Prototype		12ヶ月, 100ルール, 54人目
Field Prototype		8ヶ月, 500ルール以上, 32人目
Production Model		
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア	Xerox 1108 Siemens EMS 5800	Symbolics 3640 日立 M-280H(CAD システム)
開発言語・ツール	LOOPS	Lisp, FORTRAN(インターフェイス部) エンドユーザ向きオリジナル・ツール
推論制御方式	前向き推論+後ろ向き推論	前向き推論
知識表現方式	ルール+フレーム+ オブジェクト+手続き型	ルール+フレーム

システム名	SICONFEX	OPTEX
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine	} 6MBのLispコード	10%
Knowledge Base		85%
Explanation		—
Others		5%
知識獲得方法	インタビュー方式	インタビューと弟子入りにより獲得。
特徴	① グラフィック機能に優れている。	① 推論スピード 50ルール/秒 ② グラフィック機能に優れている。
効果	① システム構成をする過程が明確になった。 ② エラーが少なく、大幅な時間の削減ができた。	① 機械化による省力効果 ② 設計時間の短縮 (VTRのズームレンズ設計が2~3H→30分) ③ ち密なレンズ設計が可能となった。
将来計画		① ユーザ自身でシステム開発ができるように、TMS等の機能を開発する。

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	EXFLOW (流量計器選定エキスパート)	電力系統解析支援 エキスパートシステム
開発機関	日揮㈱	三菱電機㈱中央研究所
適用分野	プラント設計	電力
問題領域	Design (Selection)	Planning
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1985年9月	1983年4月
プロジェクト構成	専門家 1人 KEr 1人	専門家 2人 専門家兼KEr 2人
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・メンバー		
Demonstration Prototype	1ヶ月, 300ルール	—
Research Prototype	} 4ヶ月, 660ルール	18ヶ月, 100ルール, 36人月
Field Prototype		12ヶ月, 150ルール, 24人月
Production Model		
Commercial System		
開発環境		
ハードウェア	富士通 M-380S →運用時は, ミコンに移す	Apollo DN-420
開発言語・ツール	BRAINS (UTILISP) →運用時は, C言語にする	Prolog
推論制御方式	前向き推論+確信度係数 (ルール上)	前向き推論+後向き推論
知識表現方式	ルールベース	ルールベース

システム名	EXFLOW	電力系統解析支援 エキスパートシステム
システム・コンポーネントと ソースプログラムサイズの比率		
Inference Engine	} 2500KBのLispコード	} 30%
Knowledge Base		
Explanation		10%
Others		60% (ヒューマンインターフェイス30% その他 30%)
知識獲得方法	<ul style="list-style-type: none"> ① インタビューによる。 ② 選定条件をストリック スで整理 ③ 選定の流れ図を作成 	<ul style="list-style-type: none"> ① インタビューによる。 ② 具体的な問題解決法の 教示を受けた。 ③ Verbal Protocol 解析 ツールを使って詳細知識 を獲得した。
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ① 自然言語処理機能が優 れている。 	<ul style="list-style-type: none"> ① グラフィック機能に優 れている。 ② 問合せの応答時間：1 つの問題解決に対し、2 分程度。
効果	<ul style="list-style-type: none"> ① プラント設計をする新 人エンジニアの教育にな った。 ② ナレッジエンジニアの 研修になった。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 系統解析者は、電力系 統の詳細な仕事を考慮せ ずに解消案が作成できる。
将来計画	<ul style="list-style-type: none"> ① 各種のエキスパートシ ステムの検討を行う。 ② 専門家が使い易いイン タフェイスの機能を拡充 する。(日本語など) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 知識獲得の研究を行う。

エキスパート・システム事例・一覧表

システム名	WIREX (LSI配線設計用エキスパートシステム)
開発機関	日本電気㈱ C&Cシステム研究所
適用分野	電気・電子装置 (LSI)
問題領域	Design
プロジェクト開始年月 (研究開発年月)	1983年4月 (1982年4月)
プロジェクト構成	専門家 数人 KEr 5人
開発ステージにおける 開発期間・ルール数・マンパワー	
Demonstration Prototype	12ヶ月, 100ルール
Research Prototype	12ヶ月, 130ルール
Field Prototype	12ヶ月, 260ルール
Production Model	7ヶ月, 300ルール以上
Commercial System	
開発環境	
ハードウェア	NEC MS-190 ミニコン
開発言語・ツール	Prolog FORTRAN (CADシステム)
推論制御方式	前向き推論
知識表現方式	ルールベース

(作り直し)

システム名	WIREX
システム・コンポーネントとソースプログラムサイズの比率	
Inference Engine	10%
Knowledge Base	10% (Prolog)
Explanation	
Others	80% (FORTRAN)
知識獲得方法	<ul style="list-style-type: none"> ① インタビューによる ② 具体的な問題解決の教示を受けた。
特徴	① 知識ベース・システムと伝統的なCADシステムの結合
効果	<ul style="list-style-type: none"> ① LSIのルーティング作業時間が短縮した。(2,100ゲートのLSI設計: 2H以上→30分) ② CAD開発部門と利用部門とのトラブルが解消された。
将来計画	① 他のエキスパート・システム開発において、日本語やグラフィックなどの機能を取り入れていきたい。

— 禁 無 断 転 載 —

昭和61年4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 (434) 8211 (代表)

