

TM-0820

グループ知識獲得支援システム  
GRAPE構想

国藤 進, 上田晴康, 須永知之,  
井深克憲, 岩内雅直(富士通)

October, 1989

©1989, ICOT

**ICOT**

Mita Kokusai Bldg. 21F  
4-28 Mita 1-Chome  
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456 3191-5  
Telex ICOT J32964

---

**Institute for New Generation Computer Technology**

# グループ知識獲得支援システム

## GRAPE構想

國藤 進、上田晴康 (富士通国際情報社会科学研究所)

須永知之、井深克憲、岩内雅直 (株式会社富士通ソーシャルサイエンスラボラトリ)

### 1. はじめに

本論文では、知識システム構築最大のボトルネックである知識獲得ボトルネック [Lenat 86] を解消するために、新しくグループ知識獲得支援システムGRAPE(Group knowledge Acquiring & Processing Environment, 「葡萄」, ぶどう(ロゴ))を提案する。GRAPEを設計するに当たって、知識システム構築方法論と支援ツールのサーベイに基づき、現在最も研究開発の立ち遅れている知識システム構築の上流工程を支援するシステム構築を考える。

知識システム構築方法論は、一般に次のような問題解決過程 [Kobayashi 86, 87, Kunifuji 87] からなる。すなわち、①問題の設定、②既存技術の評価、③知識源の同定、④専門家モデルの同定、⑤ユーザモデルの同定、⑥知識表現の選択、⑦知識の抽出、⑧知識の変換、⑨知識ベースの管理、⑩性能の評価である。すなわち、①～③が問題の定式化を伴う知識の収集段階、④が知識表現の選択段階、⑤～⑧が知識の移植段階、⑨～⑩が知識の管理段階に相当する。システム工学の用語法でいえば、①～⑥の過程はシステム分析、⑦～⑩の過程はシステムのモデル構築に相当する。

さて知識システムの研究開発は、(1)ラビッドプロトタイプリング、(2)プロトタイプリング、(3)実用システム開発の3フェーズからなる。われわれはこのうち、フェーズ(1)を支援するツールを研究開発する。その理由は、後述のサーベイに見られるように、①～⑩の前半の工程を支援するツールがほとんど存在せず、かつ、フェーズ(1)では、前半の工程の占める比重が高くなっているからである。GRAPEはシステム分析の各種手法を駆使して、①～⑦の過程を支援する特に、問題の定式化を支援する過程を通じて、その問題用のフェーズ(1)の初期知識ベースを獲得する。得られた初期知識ベースの洗練作業は、フェーズ(2)の作業とみなす。またGRAPEが実際の問題解決に役に立つことを実証するために、GRAPEの計画型問題(プランニング問題、スケジューリング問題等)への適用を配慮し、計画問題支援機能も付与する。

### 2. 知識システム構築の上流工程

著者らによると、知識システム構築は次のような問題解

決過程 [Kobayashi 87, Kunifuji 88a] からなる。

①問題の設定: 現在のAI技術で実現可能なシステムを構築することができるか、開発するだけの価値があるかなどの評価を行い、問題を選択する。

②既存技術の評価: 設定された問題に対し、従来のシステム技術で取り扱いが可能な範囲と限界を明らかにし、AI技術導入の必要性を明らかにする。

③知識源の同定: 設定された問題の解決に必要なとされる知識とその利用可能性を評価するとともに、各知識源ごとに使われる知識の質と量を分析する。

④専門家モデルの同定: 主要な知識源が人間の専門家の場合、その専門家がどのような知識を、どのような問題解決戦略および推論方法に従って用いているのか、その基本的な枠組みを明らかにする。

⑤ユーザモデルの同定: 構築しようとしているシステムの利用者は、システムに何を期待し、どのような使い方をするのか、その基本的な枠組みを明らかにする。

⑥知識表現の選択: ③～⑤の分析結果に基づき、適切な知識表現形式の選択または組み合わせを行う。

⑦知識の抽出: ⑥で選択された知識表現の枠組みのもとで、各知識源に存在する知識を抽出する。

⑧知識の変換: ⑦で抽出された知識を計算機で利用可能な形式に変換し、実際に計算機に移植する。

⑨知識ベースの管理: 知識ベースに追加される知識の整合性を検証したり、外から与えられる知識を説明する知識を知識ベース内に自動構築する。

⑩性能の評価: 利用可能なテストデータを用いて、システムが妥当な性能を示すかどうか評価する。

この方法論に基づき、従来から存在する知識獲得支援ツール/システムをサーベイ [Kunifuji 88b] すると、次のようになる。

TMS (Doyle 79) やATMS (de Kleer 86) は知識ベースを管理するためのツールである。TEIRESIAS (Davis 82)、SEEK (Politis 84) やSEEK2 (Ginsberg 85) は知識を調整、洗練し変換するツールである。ETS (Boose 84) はPCT(Personal Construct Theory) (Kelly 55) に基づき、知識を抽出するツールである。ROGET (Bennett 85) やMORE (Kahn 85) は知識を抽出、変換するツールで、分析型問題用に開発された。SALT (Marcus 85) は合成型問題用に開発された知識を抽出、変換するツールである。AQUINA

S (Boose 87) は現存する最も広い過程をカバーする知識獲得支援ツールである。すなわち、知識の抽出、変換、知識ベース管理をカバーする。

このように、各種の知識獲得支援ツールが存在するにも係わらず、①～③、⑥の過程、すなわち問題の定式化や知識表現を決定する部分をサポートする知識獲得支援ツールは存在しない。これを、われわれは知識獲得ボトルネック以前の解決すべき問題として、それぞれ問題定式化ボトルネック、知識表現ボトルネックと呼ぶことにしよう。

1986年、著者がETSを日本の研究者に紹介したので、日本にはETS型のツールが数多く存在する。CIAS (Yamazaki 87) はそのようなツールの一つで、典型的タスク構造 (Chandrasekaran 85) に基づくものである。優AI (Sawai 89) もETS型ツールで、AHP (Analytic Hierarchy Process) に基づく初期知識ベース獲得を行う。

三才児 (ミサコ) (Ginbayashi 87, Fujii 87) は別のタイプのツールで、ユーザとの自然な対話を通じて知識を獲得し、それを階層型フレーム表現に記憶し、それらの知識に関して質問応答できるシステムである。三才児の挙動は丁度、三才児 (サンサイズ) が最初、ほとんど知識を持たず、意味もよく分からないまま、会話を通じて、新しい知識を片っ端から吸収してしまうのと似ている。

ES/EDM (Matsumoto 87) は当社で開発されたエキスパートシステム構築のための実践的方法論である。この方法論に基づき設計されたSAKAS (Toudou 88) は対話的なエキスパートシステム構築アドバイザーである。その知識獲得支援能力はAQUINASに匹敵する。著者の一人は既に同僚と知識獲得支援システムKaiser (Kitakami 84, Kunifuji 85) と仮説推論システムIRS (Kunifuji 86) を研究開発した。KaiserはFGCS'84でデモンストレートされた。これらとともに、知識ベースの管理過程を支援するツールである。

さて問題定式化や知識表現のボトルネック問題を解決することは、近年、多くの研究者にとってより興味深い研究課題となって来た。

幸いにも、日本にはKJ法 (Kawakita 70, 87) と呼ばれる知識を整理し、発想を産み出すための知的生産の技術が存在する。KJ法は与えられたデータから新しいアイデアを得るための手法である。

KJ法の手続きはXerox PARCで開発されたColab (Stefik 87) と似ている。Colabはフェースツーフエースの協調的問題解決のコンピュータ支援を行うために開発された実験的会議室である。いわば、ブレインストーミングを支援するためのコンピュータ黒板である。

ColabのCognatorの場合、その手順はブレインストーミング、構造化、および評価からなる。KJ法の場合、その手順はブレインストーミング、ラベル集め、グルーピングと一行見出し作り、その繰り返してネスティング、空間配置と関係付け、および文章化からなる。すなわち、ColabとKJ法では、構造化と評価の順序が逆転している。

KJ法をコンピュータで支援する多くのシステムがインプリメントされつつあるが、それらは未だ知識獲得支援には接続していない。そのようなシステムにCONSIST (Shinohara 89), KJエディタ (Ohiwa 88) やKNOA (Fuse 87) がある。

以上のサーベイから、われわれはより上流工程を支援する知識獲得支援ツールが求められていること、一人の専門家の専門的知識のみならず、大勢の人の意見から合意形成された知識を抽出するツールが求められていること、客観的情報のみならず、主観的情報をも問題解決に利用しうる問題解決原理を必要としていることが指摘できる。すなわち、知識システム構築の最上流から支援し、グループの知識を協調問題解決に利用できるグループウェア (Tazelaar 88, Ishii 89b) 的機能をもった知識獲得支援システムの研究開発が望まれているのである。

### 3. GRAPEの初期知識ベース獲得機能

本節では、グループ知識獲得支援システムGRAPEの基本構想を述べる。GRAPEの目的は、上記の知識システム構築

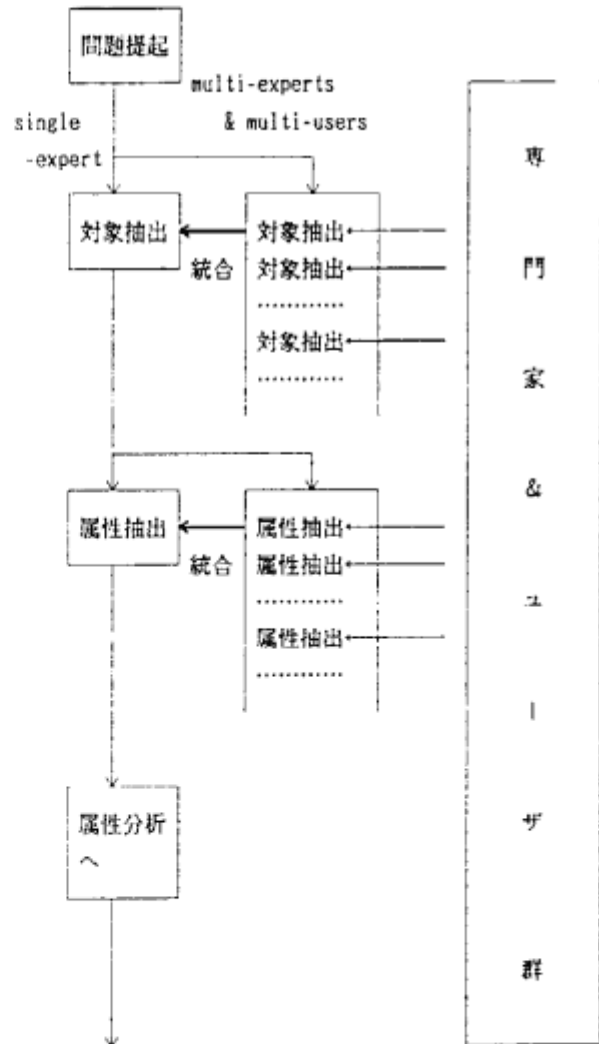


図1 対象-属性抽出

の上流工程を支援し、かつグループ知識獲得の本質を明らかにすることを研究目標とする。GRAPE の精神はKJ法で、その技術としては「Colab+ AQUINAS+ AHP+  $\alpha$ 」を活用することをモットーとする。

GRAPE は初期知識ベース獲得機能と計画問題支援機能からなる。初期知識ベース獲得機能は更に、対象・属性のグリッド抽出、属性構造分析、および主観的評価の3段階からなる。そのそれぞれに対し、グループウェア的機能を付与することができる。

GRAPE の第一段階は、心理学者Kelly によって提唱されたPCT を用い、問題を記述する属性とその属性によって特徴付けられる対象を抽出し、グリッド (Hart 86, Fransella 77) と呼ばれる属性と対象の直積上の格子点で分析していくことである。分析の目標は対象を類別する属性の木を構築すること、すなわち主観的な概念木 (決定木とも言われる) を構築することである。ここに、より詳細な段階的洗練・分析をする際、中間となる抽象的/仮説的对象を際に表示せざるを得ないことがあり、そのような対象のことを仮説と呼ぶ。

そのため、(1)最初、パーティシパントと呼ばれる各ワークステーションの参加者が、解くべき問題を決定する。ついで、(2)各パーティシパントが、シングル・ユーザかマルチ・ユーザかを選択する。マルチ・ユーザの場合、コーディネーターと呼ばれる司会者を一人決定する。また、(3)問題で考慮する選択枝を対象として導入し、WYSIWIS (What You See Is What I See) 原則で、お互いに他の人が入力した属性や対象の値を見れるようにする。

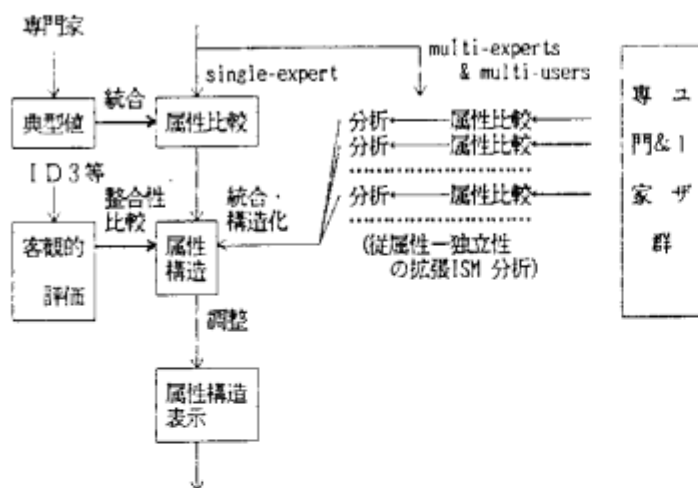


図2 属性分析

GRAPE の第二段階は、属性間の独立性-従属性分析を行い、属性の構造化 (階層構造、クラス生成等) を行う。この段階は(1)属性統合と(2)属性クラスターリングからなる。この両者ともに、幾つかの標準メニューの中から、メニュー選択で手法を選ぶやり方と、暗黙メニューをデフォルト

で与えるやり方がある。標準メニューとしては、ファジィ・クラスタリング、林の数値化理論、Quinlan のID3 アルゴリズム (Quinlan 85)、著者らによって提案された拡張ISM (Interpretive Structural Modelling) (Kunifuji 79)、KJ法等がある。後述のAHP の独立性-従属性分析との相性の良さから、暗黙メニューは拡張ISM とする。

どのような方法をとるにしろ、構造化された属性は、三末・杉山のアルゴリズム (Misue 88) を用い、複合グラフ表示されるものとする。

#### 4. GRAPE のグループ知識獲得機能

GRAPE の第三段階はAHP に基づく主観的評価プロセスである。グラフ理論で著名なT.L.サーティ教授によって提案された意志決定法AHP (階層構造に基づく分析法) (Satty 80) は、意志決定の際、計量化の難しい人間の勘やフィーリング部分を十分認識した上で、最大公約数的判断を抽出していく試み (Tone 86) である。近年、パソコン・ネットワーク (Tazelaar 88) の発展により、このAHP が協調問題解決活動の典型例であるグループ・セッションやAIシステム構築最大のボトルネックである知識獲得支援に使えることが分かってきた。この段階で、ETS やAQUINAS のようなグリッド手法でなく、AHP を利用する理由は主観的的概念木全体の整合性をとるシステムティックなアルゴリズムが与えられているからである。

さて最初に述べたように、シングル・ユーザかマルチ・ユーザかによって、グリッド統合の仕方が異なって来る。また、電子会議に参加するパーティシパントが複数のワークステーションで同期/非同期 (Ishii 89a) で参加するかによって、システムの構築法が異なって来る。実際、表1に見られるように、様々なシステムがある。GRAPE も、上記のどの段階か、どういう利用の仕方かによってインプリメンテーションの仕方が異なって来るが、最初の段階では同期・同室インプリメンテーションが、最終的には非同期・遠隔インプリメンテーションが望ましいのであろう。

		時間	
		同期的	非同期的
場所	同室	Colab (Xerox PARC) Nick (MCC) etc.	gIBIS (MCC) etc.
	遠隔	Media Space (Xerox PARC) Cruiser (Bellcore) etc.	

表1 電子会議システム (Kohda 89)

ついで、グリッドを構成する属性がどのような尺度であるかによって、グリッド値の活用法が異なって来るであろう。例えば、属性には一般に、名義尺度・順序尺度・距離尺度・比尺度の4種類があるといわれているが、AHP は本質的に比尺度向きのデータ評価法である。従って、それ以

外の尺度をもつ属性が関連する場合、それぞれの尺度を何らかの尺度変換し、比尺度上でグリッド分析するのが望ましい。順序尺度を距離尺度に変換する手法として展開法が知られている。ただし、ID3 等の客観的概念木との整合性をとるのは、もっと別の種類の方法を必要とする。

以上の過程で、専門家の役割は、典型的タスクの考え (Chandrasekaran 86) を利用し、最初に属性と対象からなるグリッドの理想値を付与することである。実際にセッションが開始した後は、専門家とユーザの役割は全く対等であり、前者の切り分けを考えない。

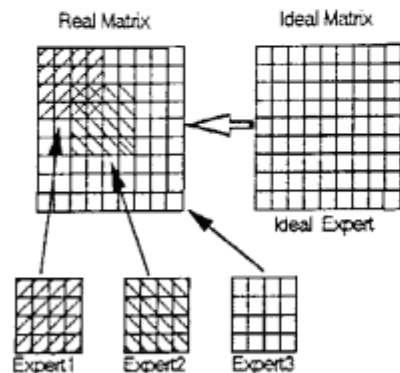


図3 グリッド分析

さて、典型的タスクの考えを利用し、専門家が初期入力した典型値 (グリッドの理想値) と、そのグループ・デザインに参画したパーティシパントの入力値の幾何平均を取り、その値をグループの入力値とする。幾何平均をとる理由は、AHP が比尺度向きデータ処理手法であるからである。このグループ全体のグリッドに対して、AHP を適用しウェイト計算し階層図に表示する。ここに、ウェイトを枝の太さで表現する。整合的な解を得るための調整や、その調整の量を表示するには、新谷のKORE/CDSS (Shinlani 89) が利用できる。解をどの値に対して調整するかは、ユーザとのインタラクションでなされる。以上のプロセスを経て、属性・対象間の写像が発見され、形成された概念木の重みを分析することにより、知識システムの初期知識ベースの知識獲得に必要なフレーム構造や重み付きプロダクションシステムが得られる。

対象空間から仮説空間を生成するには、上記で得られた主観的概念木を徐々に客観的概念木に、何段階もの知識変換を行い、一般的知識のみならず例外的知識をも反映するように洗練していかなければならない。その第一歩としてすべきは、全ての関連仮説、中間仮説の抽出であろう。そして、GRAPE の第二段階で議論した属性構造化と類似の手法を用い、仮説空間の構造を決定していく。何らかのクラスタリング手法の活用のみならず、問題に依存したモデルに基づくガイダンスが望まれる。このようなモデルに基づく知識獲得には、MORE, MOLE, SALT等、既に各種のものが研究開発されているので、問題によってはそれらを用い知識

獲得した方が便利かもしれない。問題領域の知識獲得で重要なのは、得られた結果の説明付けなので、説明機能の付与が大切である。以上のプロセスは、GRAPE のグループ知識獲得機能として、標準装備されているものとする。

### 5. GRAPE の計画問題支援機能

本節では、GRAPE の応用領域として計画型問題 (スケジューリング問題、プランニング問題等) にターゲットを絞り、計画問題向け知識獲得支援機能について議論しよう。この機能のことを、ここではGRAPE の計画問題支援機能と呼ぶことにする。



図4 計画問題支援機能

GRAPE の計画問題支援機能のシステムフロー概略は、次のようになる。

①大まかな仮説項目を (中間仮説項目も含めて) 対象項目データベースより抽出する。②プランニングに必要な項目を挙げる。③知識ベースより獲得できるものに関してはその評価を参照し、それを使う。それ以外に関してはユーザがインタビュー形式により入力する。④以上の評価を用い、知識ベース生成時の構造化と同じ手法を用いて構造化する。⑤ユーザにプランニングの際の (時間等の) 制約事項の入力を促す。⑥その制約に基づき枝刈りし、新たに構造化し直す。⑦大まかなプランニングができたところでユーザの好みを含め修正を行う。この修正には、事例に基づく推論 (Kolodner 88) が適用できる。

本方式は、基本的に制約プログラミングを用いることになる。制約には、知識ベースから直接獲得できるものと、ユーザから対話的に抽出するものがある。前者の例に金銭、時間等の物理制約が、後者の例に主観値等の心理制約がある。制約間には優先順位をつけられるものも多いので、制約緩和法が柔軟に利用できる環境でインプリメントするの

が望ましい。どの程度まで詳細にプランニングするのかは問題の規模と与えられたリソースに依存する。また、問題によっては(例えば、車の選定・家具の選定等では)決定そのものにしか興味がなく、この後半の機能が不要な場合もある。

GRAPE 完成時には、主観的評価と客観的評価の入り乱れる問題の解決に寄与する。具体例としては、新婚旅行の相談、結婚相手の選定、家庭のメニュー選定、労使争議の解決、ソフトウェアの選定、就職先の決定、研究開発予算の分配、等に利用できる。

## 6. おわりに

グループ知識獲得支援システムGRAPEの研究開発構想を述べた。「葡萄」の一房にあたる個々のワークステーションは、オブジェクト指向論理プログラミング言語ESPマシンであるPSI-IIを用いる。複数台のPSI-IIマシンの複合体が、各地に散在し、サイトを形成する。各サイト間は、イーサネット経由で通信される。サイトのあるもの、あるいは「葡萄」の一房のあるものはSUN上でインプリメントされる。複合グラフの表示やAHP固有値計算等は、SUN上でインプリメントした方が効率的であろう。いずれにせよ、本研究は知識獲得支援ツール/システム面の研究開発から協調問題解決向きグループウェアに問題接近する第一歩となるであろう。

(謝辞) 本研究の一部は、第5世代コンピュータ・プロジェクトの一環として行われた。本研究の動機となったシステムKORE/GDSSを研究開発された当研究所新谷虎松研究員および意志決定支援システムについて貴重なコメントをいただいた戸田光彦博士に感謝する。

## (参考文献)

(Bennett 85) Bennett, J.S.: ROGET: A Knowledge-based System for Acquiring the Conceptual Structure of a Diagnostic Expert System, *J. of Automated Reasoning*, Vol. 1, 1985, pp.49-74.  
(Boose 84) Boose, J.H.: Personal Construct Theory and the Transfer of Human Expertise, *Proc. of AAAI'84*, 1984, pp.27-33.  
(Boose 87) Boose, J.H. and Bradshaw, M.: Expertise Transfer and Complex Problems: using AQUINAS as a knowledge-acquisition workbench for knowledge-based systems, *Int. J. of Man-Machine Studies*, Vol. 26, 1987, pp.3-28.  
(Chandrasekaran 86) Chandrasekaran, B.: Generic Task in Knowledge-based Reasoning: high-level building blocks for expert system design, *IEEE Expert*, 23/30, 198

6.

(Davis 82) Davis, R. and Lenat, D.B.: *Knowledge-Based Systems in Artificial Intelligence*, McGraw-Hill, 1982.  
(Doyle 79) Doyle, J.: A Truth Maintenance System, *Artificial Intelligence*, Vol.12, No.3, 1979.  
(de Kleer 86) de Kleer, J.: An Assumption-based TMS, *Artificial Intelligence*, Vol.28, pp.127-162, 1986.  
(Fransella 77) Fransella, F. and Bannister, D.: *A Manual for Repertory Grid Technique*, Academic Press, 1977.  
(Fujii 87) 藤井則夫、銀林 純: 三才児をモデルにした知識自動獲得システムの応用例と試行結果、*情報処理学会第35回全国大会5P-6*, pp.1879-1880, 1987.  
(Fuse 87) 布施理恵子、脇野敏浩、沢井 進: 知識獲得整理支援ツールKNOAの方法、*情報処理学会第35回(昭和62年)全国大会7N 1*, pp.1787-1788, 1987.  
(Ginbayashi 87) 銀林 純、藤井則夫: 三才児をモデルにした知識自動獲得システムの概要、*情報処理学会第35回全国大会5P-5*, pp.1877-1878, 1987.  
(Ginsberg 85) Ginsberg, A., Weiss, S. and Politekis, P.: SEEK2: A Generalized Approach to Automatic Knowledge Base Refinement, *Proc. of IJCAI'85*, pp.367-374, 1985.  
(Hart 86) Hart, A.: *Knowledge Acquisition for Expert Systems*, McGraw-Hill, 1986.  
(Ishii 89a) 石井 裕: グループワークのコンピュータ支援に関する研究動向、*Human Interface N&R*, Vol.4, 1989, pp.113-117.  
(Ishii 89b) Ishii, H.: Cooperative Work Models and Groupware, *FRIEND21 Int. Symp. on Next Gen. Human Interface Technologies*, Sept. 1989.  
(Kahn 85) Kahn, G., Nowlan, S., McDermott, J.: MORE: An Intelligent Knowledge Acquisition Tool, *Proc. of IJCAI'85*, 1985, pp.581-584.  
(Kawakita 70) 川喜田二郎、牧島信一編著: *問題解決学—KJ法ワークブック*、講談社、1970.  
(Kawakita 87) 川喜田二郎: *KJ法*、中央公論社、1987.  
(Kelly 55) Kelly, G.A.: *The Psychology of Personal Constructs*, Norton, 1955.  
(Kitakami 84) Kitakami, H., Kunifuji, S., Miyachi, T., and Furukawa, K.: A Methodology of Knowledge Acquisition System, *Proc. of 1984 Int. Symp. on Logic Programming*, Atlantic City, pp.181-192, 1984.  
(Kobayashi 86) 小林重信: *知識工学*、昭晃堂、1986.  
(Kobayashi 87) 小林重信: *知識システム方法論*、講習会テキスト エキスパートシステム: 方法論と応用、計測自動制御学会、1987年3月。  
(Kohda 89) 神田陽治、渡部 勇: CSCW、片山卓也(編) *次世代基礎技術研究委員会報告書*、IPA、1989年9月(発刊予定)。  
(Kolodner 88) Kolodner, J.(ed.): *Proceedings of a W*

orkshop on Case-Based Reasoning, Florida, May 1988.

〔Kunifuji 79〕 國藤 進、竹島 卓：複合頂点間の到達可能性解析、電子通信学会、信学技報CAS79-110、1979。

〔Kunifuji 85〕 國藤 進、北上 始、宮地泰造、古川康一：知識工学の基礎と応用（第4回）—Prologにおける知識ベースの管理—、計測と制御、24-6、539/548、1985。

〔Kunifuji 86〕 國藤 進、鶴巻宏治、古川康一：仮説選定機構の一実現法、人工知能学会誌、1-2、228/237、1986年12月。

〔Kunifuji 87〕 國藤 進、小林重信、藤原良一、門前弘邦、長田享一、田中 博、岩下安男、澤本 潤、滝 寛和、椿 和弘：解析問題向け知識獲得支援システムの研究開発動向、情報処理学会情報学基礎研究会5-3、1987。

〔Kunifuji 88a〕 國藤 進：知識獲得と学習研究の新しい流れ、人工知能学会誌、Vol.3, No.6, pp.741-747, Nov.1988。

〔Kunifuji 88b〕 Kunifuji, S.: Comments on Knowledge Acquisition and Learning, Proc. of FGCS'88, Tokyo Prince Hotel, Nov.28-Dec.2, 1988。

〔Lenat 86〕 Lenat, D., Prakash, M. and Shepherd, M.: CYC: Using Common Sense Knowledge to Overcome Brittleness and Knowledge Acquisition Bottlenecks, AI Magazine, Vol.6, No.4, pp.65-85, 1986。

〔Marcus 87〕 Marcus, S.: Taking backtracking with a grain of SALT, J.Man-Machine Studies, Vol.26, No.4, pp.383-398, 1987。

〔Matsumoto 87〕 Matsumoto, S.: FS/SDEM-Software Development Engineering Methodology for Expert Systems, A I'87, JAPAN, 1987。

〔Misue 88〕 三末和男、杉山公造：カード・システムを抽象化した複合グラフとその階層的描画法について、情報処理学会研究会報告、グラフィックスとCAD 32-2、1988。

〔Ohiwa 88〕 大岩 元樹：発想・概念形成支援ツールKJエディタ、昭和63年4月。

〔Politekis 84〕 Politekis, P. and Weiss, S.: Using Empirical Analysis to Refine Expert System Knowledge Bases, Art. Intell., Vol.22, No.1, pp.23-48, 1984。

〔Poole 85〕 Poole, D., Aleliunas, R. and Goebel, R.: The orist: a logical reasoning system for defaults and diagnosis, Knowledge Representation, N.J.Cercone & G.Mculla (eds.), IEEE Press, 1985。

〔Quinlan 87〕 Quinlan, J.R.: Generating Production Rules from Decision Trees, Proc. of IJCAI'87, pp.304-307。

〔Saaty 80〕 Saaty, T.L.: The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980。

〔Sawai 89〕 沢井 進、橋本恵司、泉理恵子、監野敏浩、寺野隆雄：知識獲得ツールYUAI、情報処理学会第38回（昭和64年前期）全国大会2C-9, pp.127-128, 1989。

〔Shinohara 87〕 篠原靖志：知識整理支援システムCONSISTの開発、電力中央研究所報告Y86003、昭和62年7月。

〔Shintani 89〕 新谷虎松：代替案選択支援機構における

主観評価の一貫性保持、Proc. of the LPC'89, pp.79-87, July 1989。

〔Stefik 87〕 Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D.G., Kahn, K., Lanning, S., and Suchman, L.: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings, CACM, Vol.30 No.1, Jan.1987, pp.32-47。

〔Tazelaar 88〕 Tazelaar, J.M. (ed.): Groupware, BYTE, pp.242-262, Dec. 1988。

〔Tone 86〕 刀根 薫：ゲーム感覚意志決定法、日科技連、1986。

〔Toudou 88〕 藤堂 清、松本俊二：エキスパートシステム構築アドバイザー/SKAS、人工知能学会第2回全国大会、1988。

〔Yamazaki 87〕 山崎毅文、滝 寛和、椿 和弘：類型タスク構造に基づく知識獲得支援—分類問題向け知識獲得支援システムCTAS—、人工知能学会第1回人工知能ツールと知識システム研究会、1987。

