

TM-0880

対話による知識獲得

滝 寛和

April, 1990

©1990, 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

1. 知識獲得研究の背景

エキスパートシステムなどの知識情報処理システムの実現には、知識ベースと推論機構が必須である。知識情報処理は、推論機構が知識ベースの知識に従って、問題を解決することである。推論機構は汎用的に利用できるが、知識ベースは目的ごとに構築しなければならない。また、エキスパートシステムが利用する知識は、専門家の頭の中にあるため、個別に専門家から知識を獲得して知識ベースを構築しなければならない。この知識の獲得による知識ベースの構築は非常に困難な問題となっており、知識獲得のボトルネックと呼ばれている。この知識獲得のボトルネックの解消／緩和を目的として、対話型の知識獲得支援システムの研究開発が行われている。

2. 知識獲得の過程

実際の知識ベース構築に関する調査の結果、K E (知識工学者: Knowledge Engineer) の知識獲得過程は、およそ、次のようなものであることが分かった。

- (1) 問題の設定: 開発の意義と実現可能性の検討
- (2) 既存技術の評価: 知識システムの必要性の検討
- (3) 知識源の同定: 知識の所在と質・量の分析
- (4) 専門家モデルの同定: 専門家の問題解決と推論方法の分析
- (5) ユーザーモデルの同定: 目的と利用方法の分析
- (6) 知識表現の選択: 表現の選定と組合せの検討
- (7) 知識の抽出: 決められた知識表現を用いての知識の抽出
- (8) 知識の変換: 獲得された知識の知識システムツール向きの知識表現への変換
- (9) 知識ベースの管理: 知識の整合性の検証／維持

知識獲得支援システムが主に支援するのは、(7)(8)(9)の過程であり、その内容には、以下のものがある。

- ・知識の抽出支援: 知識の連想支援や知識表現法 (インターフェース) の支援
- ・知識の整理／体系化の支援: 断片知識の整理と知識表現への変換支援
- ・知識のリファイン支援: 知識の不足・冗長・矛盾の解消支援

次の章では、これらの支援方法について説明する。

2. 知識獲得の方法

対話方式による基本的な知識獲得支援システムの構成を図1に示す。知識獲得支援システムの主たる機能を順に説明する。

2. 1 対話方法 (インタビュー技法) の分類

知識獲得に用いられるインタビュー方法の分類を紹介する。

(1) 定型的インタビュー

状況や抽出されている知識に無関係に、決まりきった質問を行って情報を得る方法である。効率的ではないが、事前情報がまったくない場合に、わずかでも情報を得たいときに行う。他のインタビュー方法では、この方法で得た情報を手掛かりに、知識抽出に利用できる。

(2) 連想的インタビュー

心理学的な方法により、専門家に知識の連想を促す方法である。後述のETSのパーソナルコンストラクト・セオリーやEPSILON/Oneのプリポスト法のオペレーション名の抽出などは、心理学的な連想法である。

(3) 知識表現の整理や変換による方法

獲得した断片的知識を整理・体系化することや抽出した知識の表現の変換により、専門家自身が自分の知識を再認識して、不足や矛盾などを気がつくようにする方法である。ETSのリファインは、この方法である。

(4) 知的インタビュー

知識獲得支援システムが、あらかじめ獲得すべき知識がどのようなもの（たとえば、問題解決の方法など）であるかを知っていて、その知識に従って効率的なインタビューを行う。MOREのリファインやEPSILON/Oneのオペレーションの内容の抽出（プリポスト法の後半）は、この方法に属する。

2. 2 知識の抽出支援の問題

専門家から必要な知識を効率よく抽出する問題である。一般に、専門家は自分の持つ知識とその利用に関する知識をあまり意識していない。そのため、専門家に知識を連想させる方法が必要となる。また、専門家が考えている知識とツールが用意する知識表現のギャップも知識の抽出を困難にしている。MOREのドメインモデルやEPSILON/Oneの専門家モデルは、知識獲得のために用意された知識表現である。ツールの知識表現をタスクレベルの表現にしたものもある。その代表的なものが、類型タスク（汎化タスク、generic tasks）であり、知識システムによく現れる問題解決の方法と知識表現を一体化した知識表現の枠組を提供している。

2. 3 知識の整理・体系化支援の問題

知識獲得支援システムが用意している知識表現で直接知識獲得ができる場合には問題がないが、未整理の知識に対しては、整理を行い特定の知識表現で表す必要がある。KJ法は、発想支援に有効な方法であるが、このKJ法を利用した知識獲得支援システムにCONSISTがある。この他に、概念間の関係を整理するには、表やネットワークが利用される。

2. 4 知識のリファイン支援

知識のリファイン問題は、知識ベース内の矛盾・冗長・不足を検出してその不備を除く処理を行う問題である。論理型知識表現での無矛盾性の維持は一貫性の管理と呼ばれており、ある項目の肯定と否定を同時に導かないように知識ベースを保つことである。その他の矛盾は、陽に矛盾となる状態を定義する必要がある。例えば、『同時に同じ場所に2つ以上のものが存在できない』や『同時に1つのものが2カ所以上に存在できない』などである。冗長性の除去には、同じ知識の検出や知識の包含関係を調べる機能が必要となる。知識の不足の検出には、知識の利用環境や対象とする問題をはっきりさせる必要がある。後述のMOREは、診断用の知識ベースを構築するが、診断を行うのにどのような知識が不足しているかを検出する。命題レベルの矛盾検出と解消には、ATMSを利用できる。

3. 対話型知識獲得支援システム

対話による知識獲得支援システムの代表的なものとして、ETS/AQUINAS/CTAS, MOREとEPSILON/Oneについて紹介する。

3. 1 ETS/AQUINAS/CTAS

分類型問題のための知識獲得支援システムに、ETS、AQUINAS、CTASがある。これらの知識獲得支援システムは、知識をレイティング・グリッド(rating grid)の形式で獲得する。分類型問題は、与えられた特徴を満たすか、その特徴に近い項目を選ぶ問題である。この問題のために獲得すべき概念は、項目、特徴と項目・特徴間の関係の度合いである。レイティング・グリッドは、これらの概念を含んだ知識表現である。ここでは、動物を分類する問題を例として考える。そのレイティング・グリッドの一例を図2に示す。この図では、項目として、チーター(cheetah)、虎(tiger)、狼(wolf)、狐(fox)、ライオン(lion)が与えられている。特徴として、褐色(tawny_color / not_tawny_color)、速く走る(run_fast / run_slow)、強い/弱い(strong / weak)、群れる/群れない(make_group / not_make_group)が抽出されている。項目・特徴間の関係の度合いとしては、1から5の値が抽出されている。この知識表現では、与えられた項目を分類する特徴とその特徴との関係の度合いを獲得する方法について説明する。これらの知識獲得支援システムでは、分類の特徴を抽出するのに、パーソナルコンストラクト・セオリー(personal construct theory)を使っている。これは、異なる3つの項目を提示して、2つに共通で他の1つにない特徴を連想させる方法である。連想された特徴とその反対の特徴の対をコンストラクト(construct)と呼ぶ。たとえば、「チーター、虎、狼の中で、2つに共通で、他の1つにない特徴は、何ですか?」と質問することで、「群れる」(虎以外は、群れを作る)を人間に連想させる。ETSでは、この方法で、与えられた項目を分類する特徴を獲得し、それらの特徴と項目間を1から5の5段階の度合いで獲得する。たとえば、「チーターは、群れを作りますか(値5)、作りませんか(値1)、5段階で入力して下さい。」と質問する。ETSは、完成されたレイティング・グリッドのリファインを行うために、知識に含まれる一部の特徴を強調した表現を専門家に提示する。レイティング・グリッド(図2)のマトリックスを横に眺めると特徴間の関係の強さが、縦に眺めると項目間の関係の強さが見えてくる。項目間の類似性は、クラスター・ツリー(図3)で、特徴間の含意性は、導出グラフ(図4)で再表現される。専門家は、これらの表現を見てレイティング・グリッドを修正する。AQUINASは、レイティング・グリッドのレイティング値を1から5の5段階から名義尺度(言語: ADA, COBL, LISP)、順序尺度(大きさ: 小さい、中くらい、大きい)、間隔尺度(温度: 32度、112度)と比率尺度(高さ: 1.0倍、2.0倍...)に拡張して、さらに知識の階層性も扱えるようにしている。CTASは、類型タスクの考え方をを用いて階層分類と順序付けタスクの各々の知識を獲得する。たとえば、動物の分類で、チーター(cheetah)、虎(tiger)、狼(wolf)、狐(fox)、ライオン(lion)の他に、キリン、ウシ、シマウマの分類を考える。これらを分類するときに、明らかに思いつく特徴があれば、その特徴で分類木をつくる。この例では、肉食(チーター、虎、狼、狐、ライオン)と草食(キリン、ウシ、シマウマ)に分けられる。さらに、これらを細分類していく。分類する特徴が思いつかなくなったら、その項目の集合に対して、特徴で順序が付けられるように、レイティング・グリッドで表される知識を上記に説明した方法で獲得する。

3. 2 MORE

MOREは、掘削泥水診断システムMUDの知識ベースをドメインモデルと呼ぶ知識表現で獲得する。ドメインモデルは、問題領域に含まれる概念と概念間のネットワークで構成される。診断のドメインでは、故障の徴候、故障個所の仮説とテストが重要な概念である。MOREのドメインモデルでは、3つの概念に加えて、テスト条件、仮説の発生頻度、徴候の条件と徴候の属性を扱う(図5)。MOREは、ドメインモデルで表された知識をリファインするために8つのインタビュー戦略を持っている。以下、その代表的なものを3つ紹介する。

(1) 仮説の区分戦略(differentiation)

これは、ある徴候を観測したときに、2つ以上の仮説が導かれるドメインモデルがあるときに、仮説を特定化する他の徴候を専門家に求めるものである。たとえば、「道路が濡れている」(徴候1)から仮説として、「雪が降った」(仮説1)と「雨が降った」(仮説2)があるときに、仮説1と仮説2を区別する他の徴候を求める。「季節が冬」(徴候2)が専門家から得られたなら、(徴候1)かつ(徴候2)なら仮説1で、(徴候1)かつ(徴候2でない)なら仮説2となるドメインモデルとなる。

(2) バスの分割戦略(path division)

ある徴候を観測したときに、その徴候から導かれる仮説との関係の度合い(確信度のようなもの)が弱いドメインモデルがある時に、その徴候・仮説間に別の徴候が無いかを質問する。たとえば、「気温が低い」(徴候3)と「雪が積もる」(仮説3)の間に関係がある。しかし、直接的には、関係が薄いとする。このとき、(徴候3)から(仮説3)に至る関係の間に他の徴候がないかを質問する。「雪が降る」(徴候4)が専門家から得られたとすると、「雪が降る」(徴候4)が「気温が低い」(徴候3)と「雪が積もる」(仮説3)のリンクの間に入る。

(3) 徴候の区分戦略(symptom distinction)

ある徴候が2つ以上の仮説を導くドメインモデルがあるときに、その徴候に関する属性を質問する。たとえば、「気温が低い」(徴候3)から「雪が降る」(仮説5)と「雹(ひょう)が降る」(仮説6)が導かれるドメインモデルがあるときに、(徴候3)の性質(属性)の違いで2つの仮説を区別できるかを質問する。「急激な気温の低下」(徴候属性1)と「ゆっくりとした気温の低下」(徴候属性2)が得られたとします。「気温が低い」(徴候3)かつ「ゆっくりとした気温の低下」(徴候属性2)のときは、「雪が降る」(仮説5)を導く関係と「気温が低い」(徴候3)かつ「急激な気温の低下」(徴候属性1)のときは、「雹(ひょう)が降る」(仮説6)を導く関係を持つドメインモデルが作られる。

MOREの枠組を一般化して、ドメインモデルを自ら定義できる知識獲得支援システムを構築するツールとして、SISがある。

3. 3 EPSILON/One

3. 3. 1 専門家モデルとブリポスト法

EPSILON/One は、知識表現に専門家モデルを用いた知識獲得支援システムである。KEの知識獲得の技術は実際に開発された知識ベースに内在するという仮説のもとに、プロダクションルールで記述された診断用知識ベースの解析結果から専門家モデルは生まれた。専門家モデルは、図6のようにオペレーションと呼ばれる問題解決の基本要素から構成される。このオペレーションのタイプは、上記の解析の結果求められたものであり、7種類(分類、選択、組み合わせ、順序付け、変換、入力と出力オペレーション)が求められている。プロダクションルールでは、これらの操作が1つまたは、複数のルールで実現されている。EPSILON/Oneの構成は、図7のようになっている。知識抽出モジュールはブリポスト法により知識を抽出する。ブリポスト法は次の過程で行われる。

- (1) 任意のオペレーションの抽出
- (2) 既に抽出したオペレーションの前後(ブリポスト)に行うオペレーションの抽出
- (3) オペレーションのタイプの決定(7つタイプの中から選ぶ)
- (4) オペレーションのタイプを実現するための知識抽出
- (5) オペレーションの処理対象要素の抽出。

EPSILON/Oneでは、専門家モデルの表現のままで、推論の実行モニタリングを行う機能がある。また、オペレーションの入出力の例からオペレーション内の知識を帰納推

論により求める機能拡張が行われている。

3. 3. 2 知識獲得の例

既存のギアの組み合わせ（1対）であるギア比を満足する減速機構を作る問題を考え、対話イメージで知識獲得過程の例を示す。なお、EPSILON/Oneの質問をQ:で、専門家の答えをA:で表すとする。

(1) 任意のオペレーションの抽出

Q: この問題におけるオペレーションにどのようなものがあるか?

A: 「ギアの組み合わせ」と「ギア比の検査」があります。

(2) 既に抽出したオペレーションの前後に行うオペレーションの抽出

Q: 「ギアの組み合わせ」の前にどのようなことをしますか?

A: 「大ギアの材質検査」と「小ギアの材質検査」を行う。

Q: 「ギアの組み合わせ」の後にどのようなことをしますか?

A: 「ギア比の計算」を行う。

(中略)

Q: 「ギア比の計算」の後にどのようなことをしますか?

A: 「ギア比の検査」を行う。

Q: 「ギア比の検査」の前にどのようなことをしますか?

(以下省略)

獲得されたオペレーションとそのプリポスト関係を図8に示す。

(3) オペレーションのタイプの決定

Q: 「大ギアの材質検査」のオペレーションタイプは?

A: 選択です。

Q: 「小ギアの材質検査」のオペレーションタイプは?

A: 選択です。

Q: 「ギアの組み合わせ」のオペレーションタイプは?

A: 組み合わせです。

Q: 「ギア比の計算」のオペレーションタイプは?

A: 変換です。

Q: 「ギア比の検査」のオペレーションタイプは?

A: 選択です。

(4) オペレーションのタイプを実現するための知識抽出

Q: 「大ギアの材質検査」は、選択オペレーションですが、その選択基準は何ですか?

A: 材質が鉄であること。

(中略)

Q: 「ギア比の計算」は、変換オペレーションですが、その変換方法は次のどれですか?、数値計算、値の入れ替え、要素の分解のどれですか?

A: 数値計算です。

Q: 数値計算で計算対象の属性は何ですか?

A: ギアの歯数です。

Q: 計算式を入れて下さい。

A: $\text{ギア比} = \text{ギアの歯数 (小ギア)} \div \text{ギアの歯数 (大ギア)}$

Q: 「ギア比の検査」は、選択オペレーションですが、その選択基準は何ですか?

A: ギア比が $1/2$ から $1/3$ であること。

(5) オペレーションの処理対象要素の抽出。

(a) 要素の流れの抽出

Q: 「大ギアの材質検査」の処理対象は、何ですか?

A: 大ギアカタログです。

Q: 「小ギアの材質検査」の処理対象は、何ですか?

A: 小ギアカタログです。

Q: 「ギアの組み合わせ」の処理対象は、何ですか?

A: 「大ギアの材質検査」と「小ギアの材質検査」の処理結果です。

Q: 「ギア比の計算」の処理対象は、何ですか?

A: 「ギアの組み合わせ」の処理結果です。

Q: 「ギア比の検査」の処理対象は、何ですか?

A: 「ギア比の計算」の処理結果です。

(b) 要素とその属性・属性値の抽出

Q: 大ギアカタログの具体的な要素を挙げてください。

A: 大ギア 1、大ギア 2.....

(中 略)

Q: 大ギア 1 は、「大ギアの材質検査」、「ギアの組み合わせ」、「ギア比の計算」、「ギア比の検査」で処理されると思われます。必要な属性の候補は、「材質」、「歯数」、「ギア比」です。必要な属性を選択して値を決めて下さい (未定や処理途中で求められるものは、Unknown にして下さい)。

A: 材質 = 鉄

A: 歯数 = 1 2 0

(以下 省略)

4. まとめ

知識獲得支援における問題と獲得の方法について、対話による知識獲得支援システムについて解説した。対話以外の知識獲得では、テキストからの知識獲得 (テキスト解析)、深い知識から浅い知識を生成する知識コンパイラや学習による方法がある。学習による方法では、他の知識との類似性に注目して知識を得る類推や例の一般化による概念形成を行う帰納推論などがある。基本的な知識をもとに経験により知識を増やしていく人間の知識獲得のように、推論の実行により知識ベースの自動リファイン (知識の追加や修正) が行われていくことが望ましい。そのためには、対話による知識獲得に学習の技術やATMSなどの知識ベースの管理機構を融合した知識獲得支援システムの研究開発が必要である。

参考文献

- 1) 諏訪、小林、國藤、岩下: エキスパートシステム開発事例による知識獲得の諸相、計測と制御、25-9, pp 801-809, 1986
- 2) 滝、裕: 知識獲得のための知識表現『専門家モデル』, 人工知能学会学会誌, Vol.5, No.2, pp 203 - 212, 1990
- 3) J. H. Boose: A Knowledge Acquisition Program for Expert Systems Based on Personal Construct Psychology, J. of Man-Machine Studies, Vol. 23, pp 495-525, 1986
- 4) 滝: 知識獲得支援システム EPSILON/One, 第7回 第5世代コンピュータに関するシンポジウム 予稿集, pp 17-18, 1989
- 5) G. Kahn, S. Nowlan and J. McDermott: Strategies for Knowledge Acquisition, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI7-5, pp 511-522, 1985

- 6) B. Chandrasekaran: Generic Tasks in Knowledge- Based Reasoning: High-Level Building Blocks for Expert System Design, IEEE Expert, 1-3, pp23-30, 1986
- 7) 篠原、寺野: 関係の階層化を利用した知識ベース構築支援システム、電子通信学会、人工知能と知識処理研究会資料、AI86-32, 1986
- 8) J. de Kleer: An Assumption-Based Truth Maintenance System, Artificial Intelligence, 28, pp127-162, 1986
- 9) J. H. Boose and J. M. Bradshaw: Expertise Transfer and Complex Problem Using AQUINAS as A Knowledge-Acquisition Workbench for Knowledge- Based Systems, J. of Man-Machine Studies, Vol.26, No.1, pp3-28, 1987
- 10) 椿、滝、藤井、山崎: 類型タスク構造に基づく知識獲得、計測自動制御学会、知識工学部会、知識獲得と学習に関する特別講演会資料、1988
- 11) A. Kawaguchi, R. Mizoguchi, T. Yamaguchi and O. Kakusho: SIS: A Shell for Interview Systems, Proceeding of IJICAI-79, Vol.1, p359-361, 1978
- 12) H.Taki and Y.Fujii: Operation Presumption: Knowledge Acquisition by Induction, Proceedings of Third European Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems, pp34-48, 1989
- 13) 溝口、滝、他: 知識獲得支援システム (ICOT WG 報告)、ICOT Technical Memorandum No. 654, 1988
- 14) 小林: 知識システム技術の現状と将来、Vol.27, No.10, pp 859-868, 1988