

TM-0409

解析型知識獲得メタシステムの構想

椿 和弘, 滝 寛和

November, 1987

©1987, 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**

# 解析型知識獲得メタシステムの構想

A Model of a Meta System for Knowledge-Acquisition Systems  
in Analytic Problem Domains

椿 和弘、滝 寛和 (ICOT)

解析型問題の対象知識について適切な知識表現とそれに対応した獲得支援を行う環境を提供するメタシステムについての構想をPSIネットワークの環境整備問題を例に報告する。

## 1 はじめに

エキスパートシステム開発の負担を軽減するためにドメインのタスクの構造に適した枠組みを提供するツールの研究・開発が行われており、徐々にその成果が表われてきている。しかしながら、最大のボトルネックである知識獲得作業そのものは、依然として大きな問題として残っている。その問題のシステムによる解決方法はETS(Roose 84)、MORE(Kahn 85)、ROGET(Bennett 85)によってまだ対象知識獲得の切り口が見出された段階に過ぎない。知識獲得で必要なのは、専門家から得た知識を抽出することと抽出された知識がパフォーマンス的にも効率的にも専門家並にタスクを処理することにある。ここで専門家作業を行う際に専門家が用いる基本的な概念と問題解決のタスク構造に着目することは、専門家の知識を抽出して実用的な知識ベースを構築する上で有効であると思われる。専門家の持つ問題解決のためのモデルは多様である。しかしながら、理解の際に用いている基本的な概念やタスク構造はほぼ同じであり、その概念構造が微妙に異なっていると仮定される。エキスパートシステムの対象分野を合成型問題と解析型問題に分けるとすると、解析型問題における基本的な概念は上記のシステムにおいて、ドメインに依存しているが、有効な表現・獲得手法が報告されている。またタスク構造(Chandrasekaran 86)、[小林 87]についても解明されつつある。

著者らは解析型問題について専門家から対象知識を専門家の認識レベルに近い形式で獲得する環境を提供するメタシステムの構想を行った。メタシステム構想の目的はナレッジエンジニア(以後KEと略す)の知識獲得作業を軽減することである。前記の知識獲得支援システムは専門家から知識を抽出するには有効であるが、タスク処理の面からは獲得された知識の概念のレベル・種類は整理されておらず、知識獲得一般に用いるには獲得される知識がパフォーマンス的に不十分である。より精度の高い対象知識を獲得するためには、獲得される知識表現モデルの構造が適切に選択されること、それに応じた知識獲得支援が行われることが必要であると考えられる。そこで診断エキスパートシステム(ICOT 87a)、既存の知識獲得支援システムTEIRESIAS(Davis 79)、SEEK(Politakis 84)等の解析、及びPSIネットワークの環境整備問題(ICOT 88)の知識獲得解析を行った。そして解析型問題におけるメタシステムに有効な基本概念とタスク構造に基づく知識表現モデル(タスクモデル)、及びその獲得方法についての見解を得た。本論文においては解析型問題の対象知識について適切な知識表現とそれに対応した獲得支援を行う環境を提供するメタシステムについての構想をPSIネットワークの環境整備問題を例に報告する。

## 2 解析型知識表現モデル

### 2.1 解析型問題における基本概念

解析型問題における基本概念を既存の解析型問題向けの知識獲得支援システムで用いられている概念と解析型問題の定義から検討する。ETSは分類作業の獲得支援を行うシステムであり、用いられる概念は結論項目(分類対象)と特徴(分類対象を識別する要素)である。特徴と結論項目の因果関係を用いて、特徴からその特徴と因果関係のある結論項目が同定される。ROGETは医療診断作業の獲得支援を行うシステムであり、用いられる概念は医療診断に共通に表われる構造的な概念である。構造的な概念は因果関係でリンクされており、これらを組み合わせることにより医療診断問題の複数のサブタスクが表現される。各サブタスクでは、因果関係を用いてタスク処理が行われる。MOREは診断作業の獲得支援を行うシステムであり、用いられる概念は微候(出来事や状態)・仮説(診断結果)・条件(診断の精度を上げる条件)である。各概念は因果関係でリンクされており、微候と条件からこれらと因果関係のある仮説が同定される。各支援システムで使用される概念は、問題の結論となる概念、結論と因果関係のある概念、及びそれらの間の因果関係であると考えられる。

また、解析型の問題には解釈、診断、制御が含まれ、各問題は下記のように定義される[小林 87]。

- ・解釈問題とは、計測器やセンサを通して観測された連続的なデータを分析して、システムの構造や状態を推定し、これに物理的な意味付けを行うことである。
- ・診断問題とは、システムに異常または故障が生じたとき観測されたデータ及びシステムに関する知識を利用して、原因の故障箇所を同定することである。
- ・制御問題とは、システムの状態を監視して、予め予定された通りにシステムの状態が遷移するように操作を加えることである。

各問題を専門家が処理する場合を想定すると、システムにおいて観測される特徴に対してヒューリスティックな専門知識を用いて推論を行い、システム構成要素に対してアクションを行うことであると考えられる。例えば、診断問題においては観測されたデータ(特徴)に対して、観測データと故障箇所に関する専門知識を用いてシステム内の原因となる故障箇所(システム構成要素)の同定(アクション)を行うことになる。一般に専門家の基本的なヒューリスティックな推論は特徴とシステムの構成要素を因果関係で結び付けることであると考えられる。上記の支援システムでは、結論と因果関係のある概念が特徴に、問題の結論となる概念がシステム構成要素とアクションを組み合わせるものに対応する。よって、アクションが問題ごとに定義されるものであるとすれば、解析型問題の基本概念は特徴とシステム構成要素、因果関係のリンクを用いて図2.1-1で表現される。

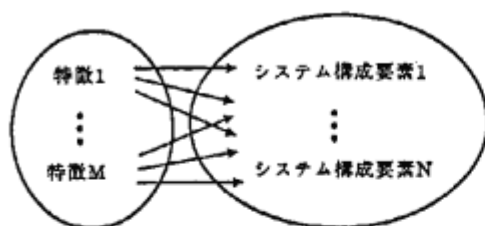


図2.1-1 解析型問題の基本概念

特徴とシステム構成要素は、解析対象システムにおける事実を表す概念(以後事実概念と呼ぶ)であり、因果関係はそれらの間の推論関係を表す概念である。ここで解析対象の構造が自然システムのようにあまり良く分かっていないものについては、因果関係は頻度的なものであるが、人工システムのように良く分かっているものについては、因果関係の種類として頻度的なもの以外に、機能的なもの、構造的なものがある。特徴がシステム構成要素の振る舞い、状態、入出力データを表現している場合、特徴がシステム構成要素と機能的な因果関係にあると定義する。特徴がシステム構成要素と包含関係にある場合、特徴がシステム構成要素と構造的な因果関係にあると定義する。

## 2. 2 解析型問題におけるタスクモデル

獲得された知識が知識ベースレベルのパフォーマンスを持つためにはタスク構造に適した表現モデル構造に獲得される知識をマッピングすることが有効であると考えられる。ここで解析型問題における類型タスクには階層化分類・順位付けがあり、2.1の基本概念により構成されるタスクモデルが必要である。階層化分類は、例えば、診断問題における診断木である。診断問題の階層化は中間仮説を設けることによって行われる。特徴とシステム構成要素によって階層化が行われるとすれば、どちらで階層化されるかにより表2.2-1で表現される4種類のパターンが考えられる。これらの階層化のパターンは、解析対象が自然・人工システム、或いは対象が[[[・well-structuredである場合により異なると考えられる。

表2.2-1 階層化分類の基本的なタスクモデルパターン

|       | 特徴 | システム構成要素 |
|-------|----|----------|
| パターン1 | 無し | 無し       |
| パターン2 | 有り | 無し       |
| パターン3 | 無し | 有り       |
| パターン4 | 有り | 有り       |

パターン1のモデルは解析対象の内部構造が不明である場合である。例えば、SEEKの対象としているリュウマチの一種である神経組織の病気の診断問題がこれに当てはまる。専門家の推論は特徴とシステム構成要素が一段の因果関係によって結びつけられているだけである。また、パターン1のモデルは、他のパターンモデルにおいて末端の階層局面においても表われる。パターン2とパターン3のモデルは対象の内部構造が少しは知られている場合である。例えば、医療診断において兆候により階層化が行われたり、器官によって階層化が行われたりする。解析対象や専門家により階層化に用いられる概念が特徴になるかシステム構成要素

になるかが異なる。パターン4のモデルは解析対象の内部構造が知られている場合である。例えば、電気設備のトラブルシューティング問題[ICOT 87a]においては、特徴による階層化とシステム構成要素による階層化が混在する。

順位付けは、例えば、現状において観測される特徴と因果関係のあるシステム構成要素を関係の強い順に並べることであり、解析型問題においてはその表現としてCF値がよく用いられる。ここで、既存のエキスパートシステムにおいてCF値は特徴とシステム構成要素間の経験的に得られた因果関係情報を表現するばかりではなく、探索効率に関する情報をも含めて表現することがあるが、基本的には因果関係情報によってなされると考えられる。それで順位付けタスクは上記の各パターンモデルにおいて因果関係リンクをCF値で表現することにより表現される。

## 3 解析型知識獲得メタシステム

解析型知識獲得メタシステムは解析型の問題領域においてKEが専門家から対象知識を専門家の認識レベルに近くかつタスク処理に適した表現で獲得する環境を提供するものである。この種のシステムとしてはSIS(インタビューシステムの為のシェル[川口 87])がある。SISはタスク構造に依存しない一般的なシェルを供給するが、本システムは解析型問題を中心に検討している。メタシステムの獲得の対象となるのは事実概念のインスタンスである。メタシステムは解析型問題一般に表われる基本概念で構成されるタスクモデルとそのタスクモデルに基づく獲得手法を用いて、専門家との対話によりこれらを獲得することになる。これによりメタシステムで獲得される事実概念のレベル・種類とタスク構造が整理される。このためメタシステムは、基本タスクモデルの選択、システム構成要素に対するアクションの定義、KEと専門家による事実概念の定義・タスク構造に基づくリファインを中心にした事実概念の獲得、各支援をスムーズに行うためのユーザインタフェースの各支援を行うことになる。ここで、現時点では戦略的知識は考慮していないので、メタシステムはメタ知識の獲得は行わない。また事実概念間の関係の新たな獲得や定義は行われない。図3-1にメタシステムの獲得イメージを示す。

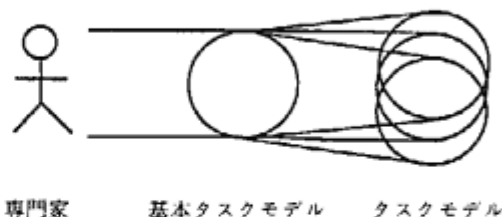


図3-1 タスクモデルの獲得イメージ

メタシステムによる知識獲得支援の主要なコンサルテーションは(1)問題の基本概念的定義(2)基本タスクモデルの定義(3)タスクモデルの初期獲得(4)タスクモデルのリファインの4段階からなる。KEとシステムの間でのコンサルテーションが第一、第三段階で行われ、専門家とシステムのコンサルテーションが第二、第四段階で行われる。ここで、第一段階の前にKEは対象問題の基礎知識を本・資料・専門家等から獲得する必要がある。

第一段階では対象問題のタイプ選択、アクションの定義、事実概念の定義が行われる。問題のタイプの選択は解析、

診断、制御のなかから選択することによって行われる。アクションの定義はシステム構成要素へ事実概念が付加されることにより行われる。例えば、診断における故障箇所の同定は故障箇所の異常状態を検出するアクションを行うことになるので、異常状態をシステム構成要素へ付加することになる。事実概念の定義は事実概念名の変更、問題固有の事実概念の登録、構造の変更、事実概念間の因果関係(頻度、構造、機能)の選択が行われる。KEの作業を支援するためにデフォルト値や具体例が用意されている。

第二段階ではタスクモデルの選択と事実概念の定義が行われる。専門家に対して対象問題の性質に関する質問を行うことにより、適切なタスクモデル選択支援が行われる。次に、事実概念の定義が行われるが、これは第一段階の事実概念の定義と同様に行われる。

第三段階ではタスクモデルの事実概念のインスタンスの大まかな獲得がKEを介した簡単なコンサルテーションにより行われる。

第四段階ではタスクモデルに応じたリファインにより第三段階で得られたタスクモデルの詳細化が行われる。これは専門家から抽出される事実概念のインスタンスをタスクモデルの構造にはめ込むことになる。

よってメタシステムに必要な機能はシステムの持つ4つの基本タスクモデルの選択支援、タスクモデル内の事実概念の管理、作成されるモデルに応じたリファインの管理、各支援を行うためのユーザインタフェース管理である。ここで対象問題のタスクモデルは固定されたものではなく、問題によってはパターン1のモデルから4のモデルへの移行も考えられる。システム構成は図3-2のようになる。

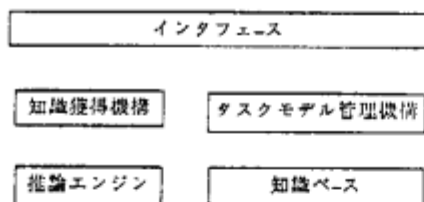


図3-2 メタシステムのシステム構成

メタシステムの機能実現のためには基本タスクモデルを表現する枠組み、各モデルに対するリファイン手法とユーザインタフェースが必要になる。図3-3にタスクモデルの表現の枠組みを示す。

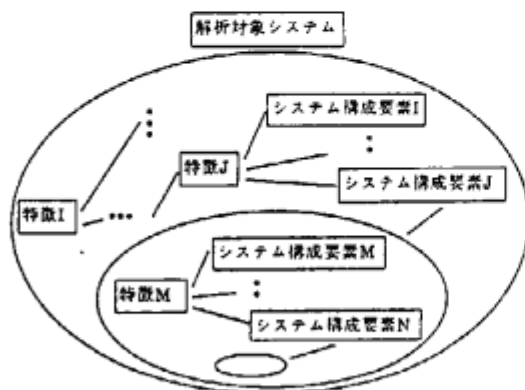


図3-3 タスクモデルの表現枠組み

これは特徴とシステム構成要素の事実概念をノードとして、それらの間を結ぶ3種類(頻度、機能、構造)の因果関係リンクによって表現されるフレームになる。新たにKEと専門家によって定義される事実概念はこの3種類のリンクによってモデルへ付加されることになる。

リファイン手法はシステム構成要素を特徴によって識別することが基本になるが、前出のタスクモデルのリファインを行うためには階層化のための手法も必要になる。特徴による階層化では特徴間の順序関係のリファインであり、システム構成要素による階層化ではシステム構成要素間の包含関係のリファインである。メタシステムに必要なリファイン手法は識別・順序付け・包含の3種類になる。

ユーザインタフェースとしては特徴やシステム構成要素の獲得が容易になるような表現、リファイン支援のためのタスクモデルの内部構造のグラフィック表現が重要になる。そのため表や図による獲得支援、モデルの階層的な表現とマクロ的な表現、及び事実概念間の表現が必要である。

#### 4 PSIネットワーク環境整備問題

##### 4.1 PSIネットワーク環境整備問題の概要

PSIネットワークはPSI及び汎用計算機をイーサネット・タイプのLAN及びDDXで結合したシステム[ICOT 87b]であり、17のサイトのPSI間にネットワーク機能を提供している。PSIネットワークの障害対応はJIPDEC(日本情報処理開発センター)のSINPOS開発員により行われている。環境整備の対象となるのはPSIネットワークを構成する各種装置、ホスト、及びPSI内のソフトである。障害発生が知られると電話、診断パソコン、PSIのネットワーク機能等により障害原因の同定・復旧処置が行われる。例えば、ホスト間のファイル転送の障害の場合、その障害原因としては各装置のスイッチの入れ忘れ・フロッピーの入れ間違いレベルの障害からPSI内の通信ソフトのバグレベルまで多岐に渡る。知識獲得は障害対応にあたっている開発員から行った。

##### 4.2 メタシステムによる獲得支援イメージ

まず第一段階では最初に問題のタイプの選択が行われる。この問題は障害原因を同定することになるのでそのタイプは診断であり、KEにより診断が選択される。次にアクションの定義が行われる。デフォルト値として異常状態が表示される。KEはデフォルト値を選択して定義を行う。事実概念の定義では、まず事実概念名の変更をデフォルト値を用いて特徴を兆候に、システム構成要素を障害箇所へKEは変更する。そして問題特有の事実概念の登録では、兆候の観測に計測機器を使用するので検査方法という事実概念をKEが登録する。概念構造の変更は行われず、最後に各事実概念間の因果関係の選択がKEにより行われる。検査方法と兆候は機能的因果関係で、兆候とシステム構成要素は頻度的・機能的・構造的因果関係で、システム構成要素と異常状態は機能的因果関係で結ばれる。ネットワーク環境整備問題の基本概念は下記の図4.2-1で表現されることになる。

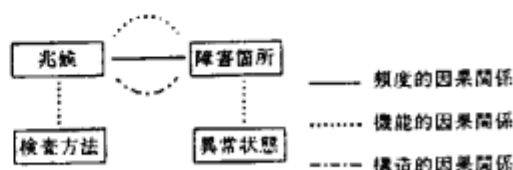


図4.2-1 ネットワーク環境整備問題の基本概念

第二段階では専門家との対話によりタスクモデルの選択が行われる。この問題では診断対象が人工システムであり、well-structuredな問題であるのでパターン3のタスクモデルが選択される。事実概念の定義では、環境の変化という事実概念を新たに定義する。そして環境の変化は頻度的因果関係で障害箇所へリンクされる。

第三段階ではKEがタスクモデルの事実概念のインスタンスを抽出する。KEはネットワークを構成する基本要素とその障害箇所についての大きな抽出を行う。

第四段階では抽出されたタスクモデルについてのリファインが専門家との間で行われる。頻度・構造・機能の3個の因果関係リンクが存在するので識別・包含・順序付けリファインが行われる。最終的に獲得されるタスクモデルのイメージは図4.2-2になる。

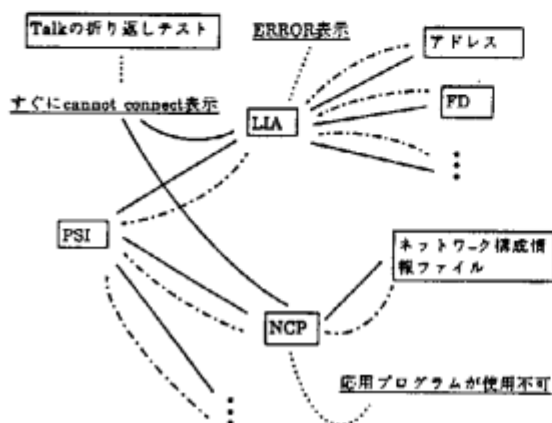


図4.2-2 タスクモデルのイメージ

## 5 今後の課題

解析型問題においてKEの対象知識獲得作業を支援するための環境を提供する知識獲得メタシステムの構想とPSI環境整備問題を例にその獲得支援イメージを述べた。下記に今後の課題をメタシステムの実現方法と将来性の面から述べる。

### (1)リファイン・ユーザインタフェース

識別・順序付け・包含の各リファイン方法を実現するためには、リファインの方法論とユーザインタフェースの両方の面から検討していく必要がある。識別のリファイン手法としてはMOREのインタビュー戦略やETSのgrid方法論が有効であると考えられ、これらを基に検討を進める。順序付け・包含のリファイン方法についてはシステム工学の手法と共通する部分も大きいと思われる。そこでAHP[真鍋 86]、クラスター解析、ISM法、DENATEL法[寺野 85]等を基に一般的なリファイン手法を検討していきたい。ユーザインタフェースは各手法・ドメインに依存するものであり、ダイアグラム・tree表現を基に各リファイン手法に適切な表現形式の検討を進める。

### (2)事実概念の定義支援

問題において用いられる事実概念は各解析型問題、あるいは各問題のサブタスクに依存すると考えられる。そのため充分なデフォルト値や具体例が用意されていることが必要になり、既存の各解析型のエキスパートシステムの知識ベースを解析して使用されている事実概念について検討していくことが必要である。

### (3)CF値の扱い

CF値は専門家の経験的な因果関係を表現したものであり、理論的な裏付けはない。専門家から直接CF値を抽出する場合、その精度の高い抽出手法を考えるのは難しい。というのはCF値は、専門家の作業処理状況における様々な要因によって、或いは環境の変化に伴い少しずつ変化していくと考えられるからである。そこでMOLE[Eshelman 86]で行われているように、事例を基にCF値を動的にリファインしていくようなアプローチが必要であると考えられる。

### (4)メタ知識の獲得

専門家並の効率を得るためにはメタ知識(戦略知識)が必要になる。現在研究が盛んに行われているexplanation based learningの枠組みを基にした獲得やSOAR[Laird 84]で行われているような実際の推論結果からの獲得が有効であると思われる。またICOTで開発が進められているEPSILON/EN[滝 87]や本メタシステムで獲得された対象知識を用いて獲得する方法も必要である。

#### [参考文献]

- [Bennett 85] Bennett, J.: ROGET: A Knowledge-Based System for Acquiring the Conceptual Structure of a Diagnostic Expert System., Journal of Automated Reasoning 1, 1985.
- [Boose 84] Boose, J.: Personal construct theory and the transfer of human expertise., In Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, Austin, Texas, 1984.
- [Chandrasekaran 86] Chandrasekaran, B.: Generic Tasks in Knowledge-Based Reasoning: High-Level Building Blocks for Expert System Design., IEEE Expert, Fall 1986.
- [Davis 79] Randall Davis: Interactive Transfer of Expertise: Acquisition of New Inference Rules, Artificial Intelligence 12(1979).
- [Eshelman 86] Eshelman, L. and J. McDermott.: MOLE: A Knowledge Acquisition Tool That Uses Its Head, In Proceedings of AAAI'86, 1986.
- [ICOT 87a] ICOT Technical Report, エキスパートシェル評価のための知識ベース, 1987 (to appear).
- [ICOT 87b] SINPOSシステム管理説明書, ICOT, 1987.
- [ICOT 88] ICOT Technical Memo, PSIネットワーク環境整備問題における知識獲得, 1988 (to appear).
- [Kahn 85] Kahn, G., S. Nowlan, and J. McDermott.: Strategies for knowledge acquisition., IEEE transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 7(5), 1985.
- [川口 87] 川口 敦生, 他: インタビューシステムのためのシェル, SISの開発, 人工知能学会第一回全国大会論文集, 1987.
- [小林 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.
- [Laird 84] John E. Laird, Paul S. Rosenbloom and Allen Newell.: Towards chunking as a General Learning Mechanism, In Proceedings of AAAI'84, 1984.
- [真鍋 86] 真鍋 龍太郎: 階層化意思決定法AHP, オペレーションズ・リサーチ, Vol.31, No.8(1986).
- [滝 87] 滝 寛和, 他: 知識獲得支援システム(EPSILON)における専門家モデル, 情報学会知識工学と人工知能研究会報告NO.52.
- [寺野 85] 寺野 寿郎: システムで学入門, 共立出版株式会社, 1985.
- [Politakis 84] Peter Politakis and Sholom M. Weiss: Using Empirical Analysis to Refine Expert System Knowledge Bases, Artificial Intelligence 22(1984).