

解析問題向き知識獲得支援 システムの研究開発動向

國藤 進 (富士通・国際研)、小林重信 (東工大)、藤原良一 (三菱・中研)
門前弘邦 (富士通)、長田享一 (石油資源開発)、田中 博 (東大)
岩下安男 (NTT)、澤本 潤、滝 寛和、椿 和弘 (ICOT)

本報告は、昭和61年度にICOTが行った知識獲得支援システム・ワーキンググループ解析問題タスクグループの調査研究結果の要約である。知識獲得支援システム・ワーキンググループは知識システム(エキスパートシステム)構築の最大の隘路となっている知識ベースへの知識獲得ボトルネック問題に対して、解決のための知見を得ることを目的として開催された。本報告では、まず問題(業務!)別知識システム方法論の整備を行い、ついで3種の解析問題(解釈システム、診断システム、制御システム)に限定した上で、問題別知識獲得のニーズ分析、既存知識獲得支援ツール紹介、知識獲得に関する技術的シーズ分析を行い、最後に知識獲得支援システムのイメージ提案を行った。

A SURVEY OF NEEDS & SEEDS OF KNOWLEDGE ACQUISITION SUPPORT SYSTEMS FOR ANALYSIS-TYPE KNOWLEDGE-BASED PROBLEMS

S. Kunifuji (IIAS-SIS, Fujitsu) *, S. Kobayashi (Tokyo Institute of Technology)
R. Fujiwara (Mitsubishi Elec.), H. Monzen (Fujitsu), K. Nagata (Japan Petroleum Exploration)
H. Tanaka (Tokyo Univ.), Y. Iwashita (NTT), J. Sawamoto, H. Taki, K. Tubaki (ICOT)
* IIAS-SIS, FUJITSU LIMITED, 140 Miyamoto, Numazu-shi Shizuoka, 410-03 Japan

The purpose of our survey is to solve "knowledge acquisition" problems that are "bottlenecks" in building knowledge-based systems (expert systems). First, we clarify the basic features of knowledge acquisition problems in the following analysis-type application fields, i.e. data interpretation, diagnosis, and control problems. We analyze needs of knowledge acquisition in such problems, present knowledge acquisition support tool, and investigate seeds for knowledge acquisition support technology. Lastly, we propose an ideal knowledge acquisition support system to overcome brittleness and knowledge acquisition bottlenecks.

1. はじめに

本報告は、著者らの昭和60年度における調査報告結果¹⁾を受けて、昭和61年度に(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)が行った知識獲得支援システム(KAS)ワーキンググループ(主査:諏訪 基電総研室長)の解析問題タスクグループ(幹事:小林重信東工大助教授)の報告書²⁾の一部をまとめ直したものである。KAS ワーキンググループには解析問題タスクグループ以外に、合成問題タスクグループがあるが、その一年間における検討結果は別報³⁾に詳しいので省略する。KAS ワーキンググループは知識システム(エキスパートシステム)構築の最大のネックとなっている知識ベースへの知識獲得ボトルネック⁴⁾問題に対して、解決のための知見を得ることを目途として開催された。前年度の知識獲得に関するヒアリング調査^{1), 2)}の結果、まず問題(業務!)別知識システム方法論の確立が必須であることを認識し、61年度前半では方法論の整備も行った。ついで知識獲得に関する国内外支援ツールの調査、問題別ニーズ分析、知識獲得支援システムのためのシーズ分析を行い、最後に、理想とすべき知識獲得支援システムのイメージ像を検討した。そこで本報告では、まず問題別知識システム方法論の簡単な整理を行い、ついで解析問題に限定した上で、問題別ニーズ分析、既存知識獲得支援ツール紹介、知識獲得に関する技術的シーズ分析を行い最後に知識獲得支援システムのイメージ提案を行う。

2. 知識システム方法論

筆者ら^{4), 5)}によって指摘されているように、知識獲得問題は様々な局面からなる。本報告では、実用的見地からその最終局面である知識ベース管理問題以前の局面に焦点を当てる。そのような局面を攻略するにあたって、実際に知識システムを開発した当事者から知識獲得法をヒアリング調査した結果、一般に知識ベースへの知識獲得は、次のような10の段階^{6), 7)}からなることが分かった。

1) 問題の設定: 現在のAI技術で実現可能な知識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) 知識の評価: 利用可能なテストデータを用いて、知識システムが妥当な挙動を示すかどうかを評価する。

以上から分かるように、広義の知識獲得は1)~10)の10の段階で構成されるが、システム工学の用語法でいえば、1)~6)の段階はシステム分析、7)~9)の段階はモデリングに相当する。ここにより本格的な専門的知識が要請される対象ほど、モデリングよりもシステム分析の方法の適用が重要なウェイトを占めることに注意されたい。

さて知識システム方法論は適用される問題のタイプ(業務)別に異なる^{8), 9)}といわれている。たとえば、①解釈問題、②診断問題、③制御問題、④計画問題、⑤設計問題、の5分野における問題の特徴、基本タスク、問題解決機能についてまとめたのが、表1⁹⁾である。この表に顕著に見られるように、知識システム方法論は解析型の問題(①、②、③)か合成型の問題(④、⑤)かによって、問題を解決するための方法論が大幅に異なってくる。そこでKAS ワーキンググループでは、解析問題タスクグループと合成問題タスクグループの二つのタスクグループを形成し、それぞれ別個に調査活動を行った。

3. 解析問題のニーズ分析

既存のAI製品(ツール、環境)を実際に駆使して、知識システム構築に取り組んだ開発者の声によると、現場の実際のニーズを考えると、まだまだ既存AI製品の不備や知識獲得方法論の未整理が指摘されている。そこで上述の三種の解析問題の知識獲得ニーズを分析すると、次のようになる。

(1) 解釈システムにおける知識獲得のニーズ

解釈システムとは、主として計測器やセンサを通じて取得した連続的データを分析し、システムの状態や構造を推定し、物理的意味付けを与えるシステムのことである。一般に石塚¹⁰⁾の指摘するように完全な知識か、不完全な知識か、あるいは常識・経験的知識かによって、その知識獲得方法も異なってくる。解釈システムの知識獲得はこのうち前二者を対象とすることが多いが、その特質上、エンドユーザも与えられた対象に対する解釈モデルといった常識・経験的知識を必要とする。

与えられた知識がノイズを含まない完全なもので再現性の高いものであれば、従来型のボトムアップ型解析で充分対処できる。しかしながら、与えられた知識が欠落データやノイズを含む場合、一般に解釈の多義性や組み合わせ爆発の問題を起し、ここに知識工学手法を用いたトップダ

	解釈問題	診断問題	制御問題	計画問題	設計問題
定義	<p>解釈問題は、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づけを与えることである。</p>	<p>診断問題は、システムに異常または故障が生じたとき、観測されたデータおよびシステムに関する知識を利用して、原因の箇所を同定することである。</p>	<p>制御問題は、システムの状態を監視して、あらかじめ予定されたとお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。</p>	<p>計画問題は、与えられた目標を達成するために、利用可能な資源（人・金・もの）の割り当てを時系列として決定することである。</p>	<p>設計問題は、システムの入出力の要求仕様が与えられたとき、これを実現するために、構成要素を組み合わせ、かつ各構成要素の内部仕様を決定することである。</p>
特徴	<ol style="list-style-type: none"> 1. 時空間データの高次相関 2. 雑音の混入 3. 誤りの存在 4. 必要なデータの欠落 5. 信号処理技術との接続 6. 対象に関するモデルの利用 7. 感覚データの取扱い 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計レベルの知識の利用 2. 経験的知識の利用 3. 経験的知識の不確実性 4. 操業データの利用 5. 計測のための時間とコスト 6. 知識の抽象化の必要性 7. 対症的診断の推論制御 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 時間遅れによる履歴依存性 2. 非線形性による局所性 3. 安定化の応答性 4. 制御精度の実現 5. 実行プロセスとの接続 6. 実時間性と信頼性の確保 7. 顧客系における解析問題 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 探索空間が非常に広い 2. 評価属性が多様である 3. 環境予測が不確実である 4. 部分計画間の相互作用 5. 既存計画の再利用 6. 費用と便益のトレードオフ 7. 対話型計画作成支援の要求 	<ol style="list-style-type: none"> 1. システム構造の解空間が大 2. 解析による合成が基本的 3. 構成要素の最適化の必要性 4. 検証の完全性および効率性 5. 対話形式での設計支援問題 6. 設計段階に応じた支援形態 7. 対話型設計支援の要求
基本タスク	<ol style="list-style-type: none"> 1. 特徴の抽出 2. モデルとの不完全な照合 3. システム構造の同定 4. システム状態の推定 5. あいまいさの処理 6. 不完全性の処理 7. 解釈の多様性 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 異常事象の分類階層的表現 2. システム構造の階層的表現 3. 解釈問題のタスクを内包 4. 計測点の選択的決定 5. 異常原因の同定 6. 浅いモデルによる効率性 7. 深いモデルによる完全性 	<ol style="list-style-type: none"> 1. システム構造の表現 2. システム動特性の表現 3. 診断問題のタスクを内包 4. モデルによる状態の予測 5. 安定化操作の優先的実行 6. 安定操作下での省エネ化 7. オペレータガイダンス 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計画過程の階層化 2. 組合せ的探索 3. 制約条件の相互作用 4. 環境の予測 5. 上位レベルへの知的後戻り 6. 計画事例の検索と利用 7. 計画評価の多様性 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 構成要素とその関連の表現 2. 設計問題の階層的表現 3. 代替案の自動生成 4. 部分システムの評価 5. 上位レベルへの知的後戻り 6. 設計事例の検索と利用 7. 並列的問題解決
問題解決機能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分類階層によるクラス分け 2. モデル検索機能 3. 部分構造の評価機能 4. 階層的生成検査法 5. 不確実性推論 6. 仮説推論 7. 協調型推論 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事象駆動型推論 2. 目標駆動型推論 3. 不確実性推論 4. 仮説推論 5. 協調型推論 6. 効率性と完全性の調和 7. 費用/効果分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 状態の診断機能 2. シミュレータによる予測 3. 定性推論による予測 4. 制御側の多目的評価 5. アクシジョンガイダンス 6. テッドロックの解析 7. インターロックの回避 	<ol style="list-style-type: none"> 1. トップダウン精密化戦略 2. 拘束最小化戦略 3. 網羅的探索機能 4. 仮説推論による知的探索 5. 期待による計画事例の利用 6. 計画の多目的評価 7. リスク下での意思決定 	<ol style="list-style-type: none"> 1. トップダウン精密化戦略 2. 拘束最小化戦略 3. 最適化機能 4. 検証機能 5. 仮説推論による知的探索 6. 期待による設計事例の利用 7. 協調型推論

表1 個別問題領域における特徴・基本タスク・問題解決機構

ウンの解釈の必要性が生じる。そのようなシステムへの知識獲得は、与えられた対象の専門家の解釈モデルと解釈システムの出力した解釈モデル間の双方向対話型の協調問題解決機構を必要とするであろう。

(2) 診断システムにおける知識獲得のニーズ

診断システムとは、システムに異常あるいは故障が生じた時、観測されたデータおよびシステムに関する知識を利用して、その原因を同定するシステムのことである。診断システムへの知識獲得は、与えられたシステムが自然システムか人工システムかによって異なってくるが、特に獲得可能な知識がどのようなものであるかによって、知識獲得の方法は異なる。

自然システムの場合、観測データおよびシステム知識ともに局所的・定性的のものであり、あいまいな知識の統合が問題となる。これに対して人工システムの場合、因果関係に関する知識が小規模システムの場合は容易に利用可能である。しかしながら、大規模システムの場合はシステム工学的手法を用い、問題を階層的に分解する等の工夫が必要である。いづれにせよ、システムに関する知識と何らかの経験的知識の両者を、いかに効率良く知識獲得するか問題である。

(3) 制御システムにおける知識獲得のニーズ

制御システムでは、システムの状態をモニタしつつ、制御操作系列を加え、あらかじ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していく。知識獲得のニーズは、制御システムの知識の構造に依存するところが大きい計測データのデータ処理の一環として特徴パラメータを抽出する場合には、知識獲得よりもむしろパタン認識の技法が効果を発揮するであろうし、データに内在する不確実性に対してはファジー推論のための知識を獲得する必要があるかもしれない。制御対象の状態を診断知識には、診断木を用いる方法と仮説推論による方法がある。診断木型の知識に対しては、後述のように知識獲得ツールの整備が進んでいるが、仮説推論については今後の研究に負うところが大きい。

制御対象を操作するための推論モデルのうち、状況依存型のルール集合を用いる場合には、操作員の経験知識をルールベース化することになり、これを体系立てて知識獲得する効率の良い方法が望まれる。このとき、インタビュー方式では主として原理的、概念的知識が得られるのに対して、現実の操作環境化で得られる知識は定量的で、一見すると前者の知識と異なるように見えることもある。これらの知識を収集し、一貫した知識として体系付ける手法の開発が望まれる。

4. 解析問題向き知識獲得支援ツールの開発動向

知識獲得支援システムは、主として診断分野を中心に研究開発されてきた。初期のシステムとしてはTEIRESIAS, SEERが挙げられるが、その特徴としては増大する知識ベースの保守の過程の支援を行うことに重点が置かれている。よ

って、獲得された新しい知識と既存の知識ベースの整合性を保つために不備な知識を洗練することを、主な目的としている。各システムは知識ベース構築に用いられる知識システム構築用ツールの特殊化されたデータ表現と単純な推論メカニズムを利用して知識ベースの整合性維持支援のためのコンサルテーションを行う。例えば、TEIRESIASではEMYCINのプロダクションシステムと後ろ向き推論メカニズムに関する知識を用いて、知識ベース内のルールの間の矛盾点の発見と修正が効率良くできるコンサルテーションが行われる。

近年の知識獲得支援システムでは短期間に質の高い初期知識ベースを構築することに重点が置かれている。このために心理学的アプローチやモデル論的アプローチをとっており、インタビューを用いて、専門家が容易に専門知識の抽出とその抽出された知識の整理、および洗練の支援が行われる。そこで、最近の代表的な知識獲得支援システムであるETS¹¹⁾, ROGET¹²⁾, MORE¹³⁾について、まず簡単な説明を行い、ついで各システムを対象分野・方法論の点から比較を行う。

ETS¹¹⁾は知識獲得プロセスの短縮と獲得される問題解決知識の質の向上を目的として開発された知識獲得支援システムである。ETSはPersonal Construct Theoryに基づくグリッド方法論を用いて、専門家に自動的にインタビューを行い、専門家が問題解決に用いる発見的知識とパラメータからなる初期知識ベースの抽出を知識工学者が介在することなく支援する。このためETSは、特別の訓練を必要としない簡単な内容のインタビューとRating Gridと呼ばれる表、およびEntailment Graphと呼ばれる図を用いて、専門家の支援を行う。なおETSは合成問題や解析と合成が結合された問題をうまく扱えない。余りにも不定な知識、手続的な知識、戦略的な知識の獲得には向いていない。項目の概念のレベルを統一できない、特徴は二つの値しかもてない、最終的な作成されたルール群の部分的修正はできない、確信度はルール単独では意味をもたない等の欠点がある。

ROGET¹²⁾は専門家が問題解決の構造的知識の表現に用いる様々な知識を、知識獲得の初期の段階において効率的に専門家から抽出して整理することを目的として開発された知識獲得支援システムである。ROGETでは診断型エキスパートシステムのタスクで用いられるある種の概念が、本質的には全て共通であるということを利用して、過去に構築された診断型システムの知識ベースをもとに、タスク毎に共通概念の一般的枠組みが用意されている。この枠組みを専門家とのインタビューに用いて、体系的な専門用語の獲得を支援することになる。ROGETで得られる概念構造は、タスクに含まれるゴールとサブゴール、大部分のタスクを解くのに必要なファクト、観察結果、条件、概念間因果関係を表したものである。ROGETで獲得された初期知識ベースは不完全なものであり、新たな概念の枠組みの付加とその詳細化、および新しい概念の因果関係の付加を行う必要

表2 知識獲得支援ツールの比較

	ETS	ROGET	MORE
適用分野	分類作業(診断等)	診断作業(医療、故障)	診断作業
支援レベル	初期知識ベース	初期知識ベース	知識ベース
方法論	Personal Construct Theory	概念構造	対象モデル、インタビュー戦略
入力方式	システム主導、対話的	システム主導、対話的	システム主導、対話的
入力データ /入力内容	項目、項目分類特徴、項目特徴間の関係度、特徴間相対的重要度	概念の実体名	仮説、徵候、条件、確信度
出力データ /獲得内容	IS-300とOFS用プロダクションルール、確信度	EHYGIN用プロダクションルール	MUD用ルール
先行知識	無し	概念の一般化された枠組み、過去のインタビュー例、概念の関係	8インタビュー戦略
発展性・ 適用拡張性	他の高次知識獲得システムのフロントエンド、解析部分をもつ設計・計画問題	他の低次知識獲得システムにより獲得された初期知識ベースの概念の整理、設計・計画分野	診断一般への拡張

があり、また獲得されたルールについてもタスクの基本的な推論構造しか表しておらず、ルール内容について十分な検討が必要である。

MORE¹³⁾は掘削泥水診断システムMUDの開発の経験から考案された知識獲得支援システムである。MOREは診断知識を表現することと更に強力な診断結果を獲得するのに必要な種類の情報を抽出すること、およびルールに確信度を割り振る専門家を支援することを目的として開発された。MOREはMUDの解析と専門家との討論を考慮して得られた8つのインタビュー戦略が迅速に精度の高い知識ベースを獲得するのに有効であることを利用している。このためMOREは対象モデルを用いて、対象領域を大まかに構造化し診断ルールからなる初期知識ベースの獲得を行い、8つのインタビュー戦略をこの不完全な初期知識ベースに適用することにより掘削泥水診断用知識ベースの構築を行う。MOREは対象領域に関する対象モデルを利用しているので、短期間に自分自身で知識の整理、効率良く信頼性の高い知識ベース構築ができるが、対象領域が変わった場合の汎用性に難点がある。従って、拡張可能性の高い診断一般に適用できるシステムにするための工夫が必要である。

ETS, ROGET, MOREという三種の知識獲得支援ツールについて適用分野、支援レベル、方法論、入力方式、入力データ出力データ、対象領域の先行知識、システムの発展性・適用拡張性といった観点から比較したのが表2である。

5. 解析問題のシーズ分析

本章では、解析問題に対する知識獲得の技術的シーズとして、仮説推論、定性的推論、Generik Task、類推を取り上げ、その知識獲得への寄与を指摘する。

(1) 仮説推論から知識獲得への接近

仮説推論^{14)・15)}とは、前もって与えられたその問題を解くのに利用可能な既知の知識集合を“F”とする時、与えられた観測事実の集合“O”を説明する適切な仮説“h”を、所与の可能な仮説集合“H”の部分集合の基礎例集合から適切に選択していく推論のことである。仮説推論の枠組みに対して、(a) 無矛盾性管理問題、(b) 仮説選択問題、(c) 仮説同定問題、(d) 競合仮説解消問題、(e) 掃納推論問題、(f) 仮説推論枠設定問題といった問題との関連が、國藤ら¹⁴⁾によって考察されている。

	解析型知識システム	合成型知識システム
O	観測事実集合	目標(仕様)集合
F	既知の知識集合	初期世界モデル集合
H	解析可能な仮説集合	合成可能な仮定集合
特 徴	・探索空間： 比較的小 ・方法論： 整理 ・獲得ツール： MORE, ROGET, ETS	・探索空間： 大 ・方法論： 未整理 ・獲得ツール： ?
適 用 結 果	・系統的仮説生成 ・仮説選定/同定の評価基準が比較 的明らか ・制約知識利用可能	・RESIDUEの生成 ・制約の伝播

表3 仮説推論の解析型/合成型知識システムへの適用

なお仮説推論は解析型知識システム¹⁶⁾のみならず、合成型知識システム¹⁷⁾の枠組みをも与える。仮説推論を解析型/合成型の知識システムへ適用した場合の比較を、表

3に示す。一般に解析型知識システムに比し、設計型知識システムの場合、その方法論の整備やそれ向きの知識獲得支援システムの構築が遅れている。従って、当面の目標は設計型知識システムの方法論を確立し、ついでそれ向きの知識獲得支援システムを構築することであろう。また仮説推論と知識ベース管理システムとの関係については、文献¹⁴⁾等に詳しい。ここでは仮説推論が、知識獲得支援のための基礎技術である知識同化・調節機構やトランザクション管理機構と密接な関連があることのみ指摘しておく。

(2) 定性的推論から知識獲得への接近

定性的推論¹⁸⁾の知識システムへの応用に関しては、知識ベースにおける「深い知識」の問題と関連する。すなわち、今まで知識システム、特に診断システムでは、知識ベースは専門家の経験的知識・発見的知識のみを表現したものが多く、専門家もっている対象の構造・法則等に対する知識が含まれていなかった。この知識は、専門家が直接利用できる発見的知識・経験則がないとき、対象や領域の基本法則に戻って、より広い立場から考え直すときに利用できる。

また従来の知識表現は対象や状態の無時間的な概念的関連(属性、含意、判断)を表すのに適していたが、プロセスやプラント等の時間的な変化を示すシステムの推論には適していなかった。この表現には、従来のシステム制御理論が適用できる場合も多いが、知識が不完全で数値的に表現できない場合には、変数のおよその範囲やメカニズムの構造だけに準拠して推論する必要がある。定性的推論はプロセスを非数値的な定性的微分方程式で表現できる点で、このような場合に利用可能である。

定性的推論は未だ知識システムの深い知識としては一般的には利用されていないが、予測のみならず測定値の解釈に利用できるため、診断型のみならず、データ解釈型のシステムにも適用可能である。

知識システムの知識獲得に関しては、定性的推論ではプロセスの構造が構造対応的に記述できるため、ルール形式に変換する必要がない。また個々の状態推移をルールとして与えなくても生成可能であるため、移植すべき知識が少なくて済むという利点がある。

知識システムの知識獲得の方法に利用できるまでに形式化が進んでいないが、定性的推論の枠組みを利用して、物理系の構造、因果関係の学習過程を表す研究が進んでいる例えばForbus¹⁹⁾では、Gentnerの構造写像理論に基づいて物理系の因果構造を理解していく過程を、①現象の要約的記述、②現象的因果記述、③日常物理、④専門家モデルに分け、定性的プロセス理論の枠組みを拡張した形式で、その学習過程を表現している。またSelfridge²⁰⁾は自然言語で与えられた4サイクルエンジンの記述を理解し、これを定性的な因果関係の構造に知識表現する方法を提案している。このような課題は未だ充分成功していると言い難いが、日常的な理解やその自然言語表現から定性的な構造を抽出するシステムは知識獲得過程に定性的推論が寄与す

る重要なテーマとなっている。

(3) 類型的タスク理論から知識獲得への接近

Chandrasekaran²¹⁾は知識情報処理における類型的タスクとして、次の6つを提案している。それらは、(1)階層的分類、(2)仮説照合・評価、(3)知識指向的データ処理、(4)仮説の発想論的組み立て、(5)計画選択・精密化による階層的設計、(6)状態抽象化である。

類型的タスク理論は知識システム構築における組織的アプローチを目指したもので、問題領域における自然な知識獲得を可能にしようという意図がある。類型的タスクをインプリメントしたCSRL²²⁾等では特別な知識獲得モジュールをもっていないが、知識形式が既に問題解決の類型に合わせて高度に構造化されており、いわゆる汎用シェルに知識を移植する場合と比べると、知識獲得・知識ベース構築において、つぎのような利点がある。

①知識構成がタスクレベルで構造化しており、汎用シェルの形式性による知識獲得の弊害が除かれている。たとえばルールベースシステムではしばしばルールの競合解消戦略が問題となるが、これは知識構成が充分構造化されていれば起こらない問題である。現状では、この競合解消戦略の知識獲得に費やされる努力も大きい。

②知識獲得の方法がある程度組織化できる。すなわちシステムが果たす問題解決が決まれば、全体の知識情報処理を類型的タスクに分解し、この類型的タスクに備わった知識構造に合わせて、知識を獲得していけば良いことになる。

しかし、このためには少なくともルーチンに遭遇する知識システムの知識情報処理の全体を包摂する必要がある。診断システムに対しては類型的タスク化は可能と考えられるが、設計システムに対してはタスクレベルの類型化の困難性は高い。実際、Chandrasekaranは設計問題を三つのクラス、すなわちクラス1：システムの構成要素も未知の場合、クラス2：構成要素は既知であるが設計方針が未知の場合、クラス3：設計方針も構成要素も未知の場合、に分けている。タスクが類型化されているのはクラス1のみである。

(4) 類推から知識獲得への接近

人間が発想を得るために日常最も多用する推論が類推である。類推では、与えられた観測事実を説明するために導入する知識体系の知識が不十分なので、他の既知の知識体系との間に何らかの翻訳・逆翻訳を行ないつつ、その事実を説明する仮説を生成する。

Polyaの「数学における発見はいかになされるか」²³⁾においても、類推と帰納が人間の問題解決において最も有用な推論図式との指摘がある。彼はそのなかで「二つの系がそれらの対応する部分の明白に定義可能な関係において一致するとき、それらを類似している」と呼んだ。Polyaの流れを受け、Winston²⁴⁾は因果関係に基づく類推研究を行い、フレームの対応付けに基づく類推システムを試作した。Winstonのシステムは因果関係を論理的含意関係にすり替えるところに、その本質がある。それ故、類推とは

「類似した前提からは類似した帰結が成立する」という推論図式だとみなすこともできる。このような考えを押し進めたものに、原口の類推の理論^{25)・26)}がある。上述の構造写像を見出すのに、部分同型に基づく類比による思考形式が利用されているとすのが、原口の類比の理論²⁵⁾である。この類比の理論を、「演繹と類比は同一の論理的枠内で体系化すべきである」という信念のもと、ホーン節集合を対象とする論理プログラミングに適用したのが、原口の類推の理論²⁶⁾である。原口の研究によりPrologのメタインタプリタを土台に、類推システムを実現する基礎が与えられた。

類推機能をもつ知識獲得支援システムの可能性として、次のようなものが考えられる：(a) 情報検索への応用〔シソーラス検索システム、意味検索システム、類推検索システム〕(b) プログラム合成への応用〔導出木からの類推、仕様からの類推〕(c) 非単調推論への応用〔サーカムスクリプション、アスクリプション〕(d) 常識推論への応用〔定性的推論、CYC プロジェクト〕。

様々な常識を用いた推論と類推により、エキスパートシステムの「知識獲得ボトルネック」を解消していく野心的プロジェクトが、Lenat の CYC プロジェクト²⁷⁾である。Lenat の基本アイデアは、①イクシプリットに述べられた事実情報をエンコードする、②その情報をより一般的フレームに移し抽象化する、③そこで含意される常識的知識を抽出しエンコードする、④得られた常識的知識の文と文の間から読み取れる知識をも抽出しエンコードする、にあるすなわち、与えられた不完全知識に対して、フレーム構造内での抽象化・具体化という操作の過程で、人間が日常的に行う常識推論や類推の手法を駆使して、知識獲得していくものである。

知識獲得の自動化は人工知能研究者の理想であるが、当面は人間を介在して知識獲得を行うのをコンピュータが支援する半自動的知識獲得システムの開発にかなりの努力が払われるものと考えられる。いずれにせよこの種のシステムは、Lenat のシステムに示されるように、高度な類推機能や帰納推論機能を活用しているであろう。

6. 解析問題向き知識獲得支援システム提案

前述の知識システム方法論、知識ベース構築関係者、構築段階、構築作業過程、構築される知識内容等を検討した結果、次のような機能をもつ知識獲得支援システム構想を得た。

(1)知識表現インタフェース： 専門家から対話的に知識を収集するためのインタフェースである。対話的にガイドや質問を発生し、断片的知識を収集し、その結果を構造的知識（専門家特有の知識表現）として、図形や表の形式で表示する。

(2)知識抽出サブシステム I： ill-structured な対象には知識収集のためのガイドや質問を生成し、断片的に知識を収集する。また well-structured な対象には、専門家モデ

ルに近い知識表現の構築と、その表現に基づく知識の収集を行う。

(3)知識抽出サブシステム II (知識整理・洗練サブシステム)： 抽出した知識を整理・体系化する。またそれを専門家に表示することにより、知識洗練作業の支援を行う。また専門家の作業に対して、利用される知識の不足や修正の必要性を検出し、知識抽出サブシステム I とともに、専門家から新たな情報を収集する。

(4)知識変換サブシステム： 整理・体系化済の知識を知識システム構築支援シェル向きのターゲット言語での知識表現に変換する。

(5)知識ベース管理サブシステム： 知識ベースの無矛盾性管理や正当性管理を行う。仮説推論や ATMS が利用できる。

(6)知識評価サブシステム： 知識システムの推論機構として働き、動的な知識ベース評価をサポートする。

(7)知識学習支援機構： 帰納推論や類推等により、仮説生成や仮説検証の全過程を支援する。本機能は、(1)~(6)のどのサブシステムにも、部分的に導入し利用しうる。

以上の諸機能を装備した知識獲得支援システムの全体像を図 1 に示す。現実問題では、KJ 法等を利用した知識の整理・洗練の過程の支援が最も重要である。そのような研究動向および既存技術レベルを意識し、図 1 のサブセットを切り出し、専門家タスクの表現モデルを構築するモデリング作業とそこで得られた専門家モデルの具体化・洗練化を促す知識獲得支援システムが、現在 ICOT が研究開発中の EP SILON²⁷⁾である。

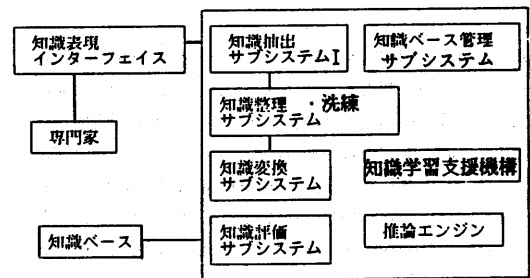


図 1 知識獲得支援システムの機能イメージ

7. おわりに

本報告は、ICOT が昭和 61 年度に行った KAS ワーキンググループ解析問題タスクグループ報告書の内容を要約したものである。まず知識システム方法論の簡単な整理を行い、ついで解析問題に限定した上で、そのニーズ分析、シーズ分析の結果、および既存知識獲得支援ツールの紹介を行い、最後に知識獲得支援システムの提案を行った。知識獲得に関して最も重要なのは、「はじめに AI ツールありき」ではなく、「はじめに問題ありき」という問題の原点からの接

近である。対象とする問題を冷静に正視し、適切なシステム分析法とモデリング法を選択・評価するためにも、各種解析/合成問題向きの知識システム方法論を確立することこそ、エキスパートシステムの知識獲得支援に関心のある人々に課せられた、当面最も重要な検討課題である。そのような方法論が整備された後、各種解析/合成問題向きの知識獲得支援ツールが徐々に研究開発されていこう。

〔謝辞〕 KAS ワーキンググループ合成問題タスクグループは電子技術総合研究所諏訪 基氏を主査とし、日本電気株式会社盛敏氏、御東芝石井 曉氏、三菱重工業株式会社川雅也氏、大阪大学真田英彦氏、(財)電力中研寺野隆雄氏、日立製作所渡辺俊典氏、ICOT岡 夏樹氏が参加し、合成問題KAS に関して貴重なご意見をいただいた。KAS ワーキンググループ全体会議でのこれら各氏の討議に深謝するとともに、本調査研究を発表する機会を与えられたICOT第5研究室藤井裕一室長に感謝します。また本調査研究に、様々な形態でご協力いただいた法人、企業の皆様方に対し、心から感謝の意を表し、本調査報告の終わりとしたい。

〔参考文献〕

- 1) 國藤 進、小林重信、岩下安男、岡 夏樹、諏訪 基：エキスパートシステム開発事例における知識獲得と学習、知識システム方法論夏期シンポジウム報告書、富士通・国際研、昭和61年9月。
- 2) 諏訪 基、小林重信、岩下安男、國藤 進：エキスパートシステム開発事例にみる知識獲得の諸相、計測と制御 25-9, 801/809(1986)。
- 3) ICOT編：昭和61年度KAS ワーキンググループ解析問題タスクグループ報告書、to appear in ICOT TR(May 1987)
- 4) ICOT編：昭和61年度KAS ワーキンググループ合成問題タスクグループ報告書、to appear in ICOT TR(May 1987)
- 5) 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.
- 6) 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一、計測と制御、24-6, 539/548(1985)。
- 7) 國藤 進、北上 始、宮地泰造、古川康一：論理型言語Prologによる知識ベースの管理、Proc. of Logic Programming Conference '85, 141/154(1985)。
- 8) 小林重信：知識工学、昭晃堂、1986。
- 9) 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。
- 10) 石塚 満、松田哲史：不完全な知識環境下での高次推論、知識システム方法論夏期シンポジウム報告書、富士通・国際研、昭和61年9月。
- 11) Boose, J.H.: Personal Construct Theory and the Transfer of Human Expertise, Proc. of AAAI'84, 27/33(1984)
- 12) Bennett, J.S.: ROGET: A Knowledge-based System for Acquiring the Conceptual Structure of a Diagnostic Expert System, J. of Automated Reasoning, 1, 49/74(1985)
- 13) Kahn, G., Nowlan, S., McDermott, J.: MORE: An Intelligent Knowledge Acquisition Tool, Proc. of IJCAI'85, 581/584(1985)。
- 14) 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。
- 15) 國藤 進：仮説推論、人工知能学会誌、2-1、22/29、1987年3月。
- 16) Poole, D., Aleliunas, R. and Goebel, R.: Theorist: a logical reasoning system for defaults and diagnosis, submitted as a chapter in the volume Knowledge Representation, N.J. Cercone & G. McCalla (eds.), IEEE Press, 1985.
- 17) Finger, J.J. and Genesereth, M.R.: RESIDUE- A Deductive Approach to Design Synthesis, Stanford HPP Memo hpp-85-1, Jan. 1985.
- 18) Bobrow, D.G. (ed.): Special Issue on Qualitative Reasoning about Physical Systems, Artificial Intelligence, 24(1984)。
- 19) Forbus, K., Gentner, D.: Learning Physical Domains: towards a theoretical framework, Machine Learning II (1986)。
- 20) Selfridge, M., Daniel, J., Simmon, V.: Learning Causal Models by Real Worlds Natural Language Explanation, Proc. of 2nd Conf. on AI Application, 378/383(1986)
- 21) Chandrasekaran, B.: Generic Task in Knowledge-based Reasoning: high-level building blocks for expert system design, IEEE Expert, 23/30(1986)。
- 22) Bylander, T.C., Mittel, S.: CSRL: a language for classifying problem solving and uncertainty handling, AI Magazine, 66/77(Aug. 1986)。
- 23) Polya, G. 著、柴垣和三雄訳：数学における発見はいかになされるか、1. 帰納と類比、丸善、1959。
- 24) Winston, P.H.: Learning and Reasoning by Analogy, CACM, Vol. 23, No. 12, pp. 689-703, 1980.
- 25) 原口 誠：類推の機械化について、古川康一・溝口文雄共編：知識の学習メカニズム、共立出版、pp. 125-154, 1986。
- 26) 原口 誠、有川節夫：類推の定式化とその応用について、人工知能学会誌、Vol. 1, No. 1, pp. 132-139, 1986。
- 27) 滝 寛和、椿 和弘、岩下安男：知識獲得支援システムにおける専門家モデル、情報処理学会知識工学と人工知能研究会52-4、25/31、1987年5月。