

《解 説》

知的インタフェース

た な か ほ つみ
田 中 穂 積*

1. はじめに

「知的インタフェース」という用語は、おそらく第5世代コンピュータの調査段階で発表された計画書のなかではじめて使われた用語であったと記憶している¹⁾。人間からみたコンピュータが、あたかも人間と同等であるかのごとくふるまうようにするためには、人間とコンピュータとの間の会話形態を、人間の側からみて自然なものにする必要がある²⁾。その後第5世代コンピュータ計画では、人間とコンピュータとの間の会話を、より自然な形態、すなわち自然言語、音声、図形画像を通じて行えるよう、コンピュータの入出力インタフェース機能の高度化をはかることが重要な研究課題の1つとして取り上げられた。それは、知的インタフェースの研究と呼ばれている。

ここでつぎの注意をしておく。かつて米国で、ELIZA と呼ばれる（自然言語による）対話システムが作成されたことがある。このシステムは、人間の行う対話に含まれる特定の単語に着目し、あらかじめ用意しておいた質問文を出力したり、「それで?」といった相づちを打ち、会話の進行を促すことにより、システム側がきわめて表層的な言語処理を行うだけで、人間と自然な会話が可能であるということを示したシステムとして話題になったものである。しかし、このような表層的な言語処理しか行わないシステムは、「知的インタフェース・システム」とは無縁である。真の意味での「知的インタフェース・システム」は、システム側が対話の文を理解する機能をもつものでなければならない³⁾。

ところがこの「理解する」ということの意味がまだ十分に解明されていない。人間と同程度の「理解」を

システムに行わせるためには、自然言語や音声や図形画像をどのようにして人間が理解しているかを知る必要がある。これは人間の認知機構と密接に関連しており、認知科学の重要な研究課題になっている。以上から、真の意味での「知的インタフェース・システム」の実現には学際的な視点が必要であるとともに、そこには長期を要す困難な研究課題がいくつか含まれている、ということが理解できよう。次章でもう少し詳しく説明するが、最近の研究から明らかになってきていることは、「理解」には膨大な「知識」の存在が前提となるということである。これには

- (i) 知識をどのような形式でシステム上に表現するかという知識表現形式と知識ベースの問題
- (ii) 知識をいつどのように用い、問題解決を行うかという推論/問題解決の問題
- (iii) 膨大な知識を知識ベースに蓄積するための知識獲得の問題

が含まれる。そして、(i)、(ii)、(iii)は相互に関連し合うものであり、1980年代の人工知能研究の主要な研究テーマであることもよく知られている。第5世代コンピュータ計画では、以上を総称して、知識情報処理 (knowledge information processing) の問題と呼んでいる¹⁾。

以上の説明から、知的インタフェース・システムとは、自然言語、音声、図形画像を介して、人間とコンピュータとの間に自然な対話の手段を提供するものであることが明らかになったと思われる。また人工知能の研究に精通した読者には、知的インタフェース・システムは、自然言語理解システム、音声理解システム、図形画像理解システムを総称したものであることが理解できよう。

2. 知的インタフェース・システムのアーキテクチャ

知的インタフェース・システムのアーキテクチャを、図1、図2に示す。自然言語と音声は人間の言語

* 東京工業大学工学部
東京都目黒区大岡山 2-12-1
キーワード: 知的インタフェース (intelligent interface), 自然言語理解 (natural language understanding), 知識ベース (knowledge base), 第5世代コンピュータ (fifth generation computer).

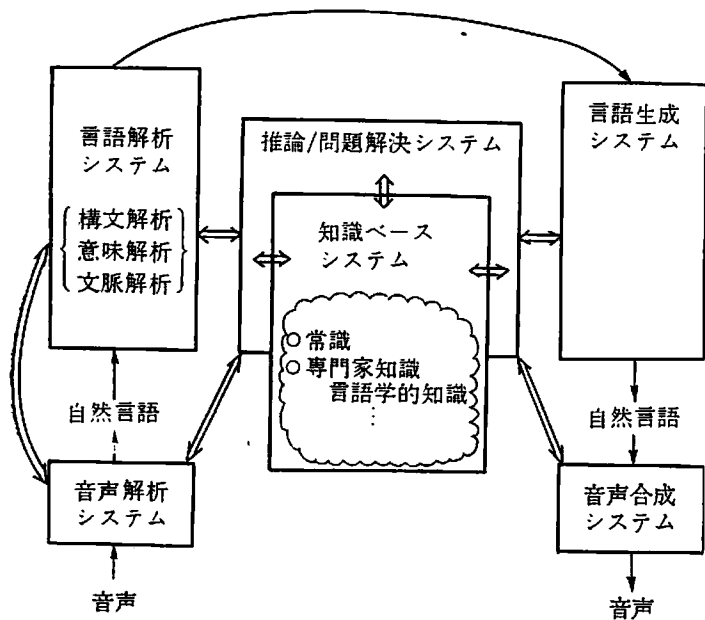


図1 自然言語と音声による知的インタフェース・システムのアーキテクチャ

知的インタフェース・システムに入力された文を最初に解析するとき、知識ベースに蓄積した言語学的知識（文法、辞書）が利用される。利用にあたっては、推論/問題解決システムの助けを借りる。解析された結果は、入力文が質問文であれば言語生成システムにより解答文を作成し表示する。入力文が平叙文であれば、言語解析結果を言語理解の結果として知識ベースに蓄積（知識獲得）すると共に、「わかりました」などと答える。このとき、システム側に理解不能事態が起されれば、それについて人間側に質問を出して助力を仰ぐこともある。

ここで、言語学的知識を用いて入力文の言語解析を行うために、推論/問題解決システムの助けを借りることが必要であるということを示した。図1から明らかなように、そこでの推論/問題解決システムは、言語解析専用のシステム（これはパーザと呼ばれる）

理解の機構と直接関連するものであることは明らかである。図1は自然言語と音声による知的インタフェース・システムのアーキテクチャであるが、機能的につぎの3つの部分に分けることができる。

- (i) 音声・自然言語解析/合成システム、
- (ii) 推論/問題解決システム、
- (iii) 知識ベースシステム、

(i)の音声解析には、音声波の物理的解析（音響分析）が含まれている。さて図1で、自然言語処理の流れを追ってみよう。

ではなく、汎用の推論/問題解決システムである。後述するが、最近の研究によれば汎用の推論/問題解決システムによって、パーザと呼ばれる言語解析専用システムの代用が可能であることがわかってきている（図3）。それにより、言語解析システムの作成労力が大幅に軽減される。

図2は、第5世代のコンピュータの計画段階で発表された図形画像による知的インタフェース・システムのアーキテクチャである¹⁾。図形画像を直接入力すると、これは図形画像解析システムによりさまざまな処理を施されて知識ベースに蓄積される。

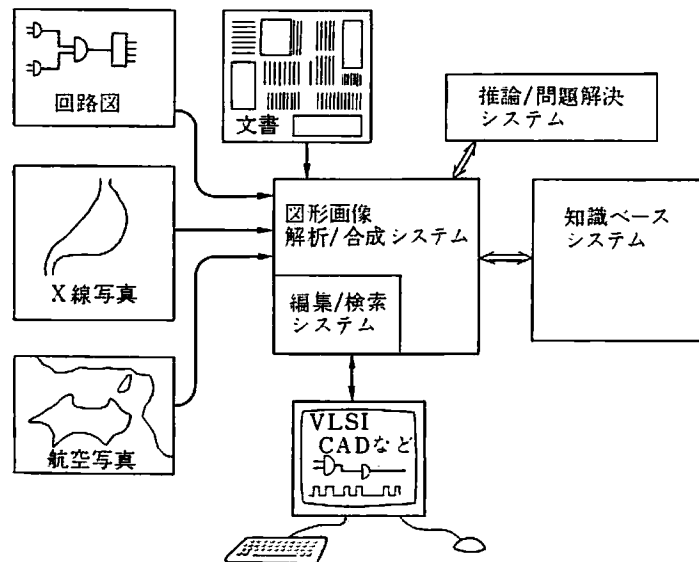


図2 図形/画像による知的インタフェース・システムのアーキテクチャ

図2では、自然言語/音声による知的インタフェース・システムと異なり、入力された図形画像をそのまま生データとして知識ベースに蓄積する場合もありうるのでそれらの編集検索システムは重要である。図形画像による知的インタフェース・システムの利用者は、必要な図形画像を知識ベースから検索したり編集することができる。これは図2の編集/検索システムが行う。

図2と図1とを比較すると、図2では図形画像を理解するという側面が若干弱められていることがわかる。これは、図形画像理解の機構が、自然言語理解の機構と比べて多くの未解決の問題をかかえているという事情を反映している。たとえば自然言語を理解するために自然言語解析で用いる文法や辞書に相当

するものが図2ではどのようなものになるかということが問題になる。そもそもそのようなものは存在するのかという議論すらある。しかし図2も図1と同様に、つぎの3つの部分に分けることができる。

- (i) 図形画像解析/合成システム
- (ii) 推論/問題解決システム
- (iii) 知識ベースシステム

図2の知識ベースについていえば、図形画像は2次元データであり、生データの蓄積という問題があるため、膨大な記憶容量が必要となることが予想される。したがって、図形画像用の大規模な知識ベースをどのように構築しておくか、また、それらに高速にアクセスするためにはどのようにしたらよいかは今後大きな研究課題である。

3. 知的インタフェース・システムの事例

——自然言語による知的インタフェース・システムをめぐって

3.1 対象分野の限定

筆者は図形画像の研究についてはよく知らない^{4)~6)}。そこで以下では、自然言語による知的インタフェース・システムを取り上げて、そこに含まれるいくつかの問題を説明すると共に、筆者の考え方を示してみたい。

自然言語による知的インタフェース・システムは、人工知能の研究では自然言語理解システムと呼ばれていることはすでに述べた。この自然言語理解システムを狭義に解釈したものに質問応答システムがある⁷⁾。実用的な観点からは、自然言語による質問応答システムの開発は重要なテーマである⁸⁾。

自然言語による質問応答システムの典型例は、データベースへの照会を自然言語で行うシステムである。データベースへの照会を行う自然言語の質問文の型と単語の種類はおのずと限定される。それにより、

- (i) 大規模な文法規則の開発が不要
- (ii) 大規模な辞書の開発が不要
- (iii) 辞書の各エントリ(単語)に高度な知識を埋め込むことが不要
- (iv) (i), (ii), (iii)の結果として、大規模な知識ベースの開発が不要
- (v) 言語解析、推論/問題解決に要する時間を短縮することが可能

になる。

1章で述べたように、自然言語による知的インタフェース・システムの実現には、言語理解という困難な問題を解決しなくてはならない。このことは、自然言

語の解析/生成技術がまだ未熟であるということの意味している。そのため、システムが扱う対象分野をデータベースに限定し、(i)~(iv)に述べた制約を課して、自然言語に関する現在の技術的未熟さをカバーし、それにより自然言語による知的インタフェース・システムの実現をはかろうとしている、というのが現状である。こうした考えに基づいて、米国ではすでに商品化されたシステムもある。しかし、その種のシステムにも現状では知的インタフェース・システムとして限界があるというのも事実だろう。その主なものを挙げると以下のようである⁹⁾。

(i) 対話者が、システム側が想定した文法規則に従わない文を入力することがある。時には文法的に誤った文を入力することがある。このような場合に適切な処理を行う技術の研究が十分ではない。

(ii) 対話の流れを考慮した応答を行う研究が十分ではない。対話の流れを考慮した応答を行うためには、システム側が対話者の意図を把握する必要がある。この問題は、対話者のモデルをシステム側がもつ必要がある、ということの意味している。それにより、対話者が何らかの誤解を解く努力が必要になるが、この種の研究は緒についた段階にある¹⁰⁾。

(i)と(ii)の問題をさらに検討するために、次節では解析/合成技術について説明する。

3.2 解析/合成技術

自然言語の解析/合成技術は、つぎの5つに大別される。

- (i) 形態素解析技術
- (ii) 構文解析技術
- (iii) 意味解析技術
- (iv) 文脈解析技術
- (v) 文章生成技術

形態素解析は、入力した文を構成する単語を認定するもので、辞書を参照しながら行う。形態素解析の問題は、英語の場合には、名詞の複数形の語尾変化や、動詞の時制変化などがあり、辞書の見出しに、これらの変化形が一般には記載されていないため、いわゆる変化形から原形を復元する必要があることである。日本語の場合には、活用変化、音便変化に伴う語形変化の問題だけでなく、単語と単語との間に空白がないため、単語の切り出し(自動分割)が困難であるという問題がある(ちなみに読者は「にわにはにわがある」の形態素解析を試みよう)。最近では、日本語ワードプロセッサ技術の進展とともに、形態素解析のためのさまざまな技法が開発され、形態素解析の精度の向上がはかられている。平仮名が長々と連続した部分

の形態素解析には問題が残されているが、特殊な例を除き技術的問題は少なくなってきた。

形態素解析した結果は、構文解析により、文法的に妥当な単語の並びの文であるかどうか調べられる¹¹⁾。これは、主として文を構成する単語の品詞の並びが、文法にあっていようかを調べる操作に還元され、文の構文的な構造(主述関係、修飾被修飾関係)を認識することができる。構文解析にはさまざまなアルゴリズムが考案されており、技術的な問題点は比較的少ないといえる。構文解析を行うシステムをパーザと呼ぶことがあるが、最近第5世代コンピュータ計画で取り上げられた論理型プログラミングの枠組¹²⁾と構文解析との関連が目される。それによれば、ある形式(これを DCG と呼ぶ¹³⁾)で文法規則と辞書項目とを記述しておきさえすれば、それらを容易に論理型プログラムに変換できる。そして(パラメータとして)

文を与えてこのプログラムを実行すれば、パーザを別途作成することなく、(実行結果として)構文解析結果を得ることができる¹⁴⁾(図3)。これについては4章で再びふれる。

以上にみてきたように、構文解析システムとしては、比較的優れたものが開発されている。むしろ構文解析における大きな問題のひとつは、構文解析に用いる大規模な文法規則の作成にある。一般に、文法規則の数が増えるにつれて、文法規則の体系に曖昧さが付加され、多数の構文解析結果が得られる。不必要な構文解析結果を構文解析のレベルで極力排除しうる大規模な文法規則の開発は、知的インタフェース・システムの作成で不可欠である。

構文解析では排除しえない曖昧さの例を図4(a)、(b)に示す。図4(a)には「ナイフで紙を切る」という意味解釈が対応している。図4(b)には「ナイフ付きの紙を切る」という意味解釈が対応している。前者は意味的に妥当な構文解析結果であるが、後者は意味的に異常な構文解析結果である。

意味解析の役割はつぎの2つである。

- (i) 意味的に異常な構文解析結果の排除
- (ii) 意味構造の抽出

図4(b)を意味的に異常な文であるとして排除するためには「ナイフ付きの紙」が一般にありえぬとする常識を、知的インタフェース・システム側がもっている必要がある。このような知識は、図1の知識ベースに存在し、意味解析時に取り出されて利用される。

図4(a)から抽出された意味構造の例を図5に示す。図5は、動詞 cut に対して、目的語の paper と前置詞句の with a paper の果す意味的役割が、それぞれ object (対象格)、instrument (道具格)であることを表わしている。

これまでの説明から、図4(a)から図5の構造を抽出するためには、「ナイフで紙を切ることができる」という知識が必要になることがわかる。したがって、意味解析には、この種の知識を体系化して知識ベースシステムに蓄積しておくことが不可欠である。最近第5世代コンピュータ計画で、電子化辞書の計画が発表されたが、この電子化辞書上には、常識を含む膨大な知識が格納されることになる。電子化辞書の開発には、多大な労力と時間が必要だけでなく、膨大な金額を投資せねばならない。二重投資を避ける意味でも、国家的プロジェクトとして通産省が一見地味とも思われる電子化辞書の本格的な開発に取り組もうとし

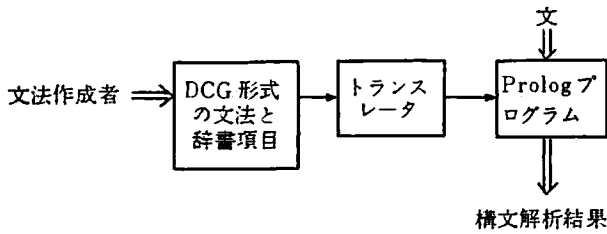


図3 論理型プログラミングの枠組みにおける構文解析

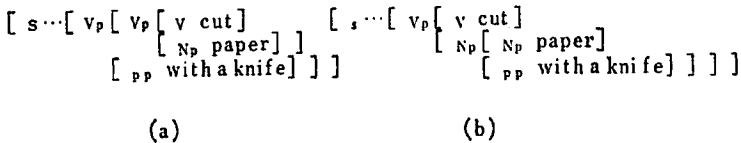


図4 2つの構文解析結果

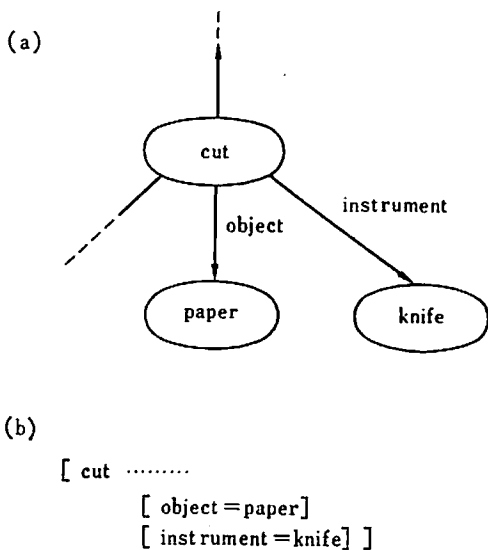


図5 意味構造の例

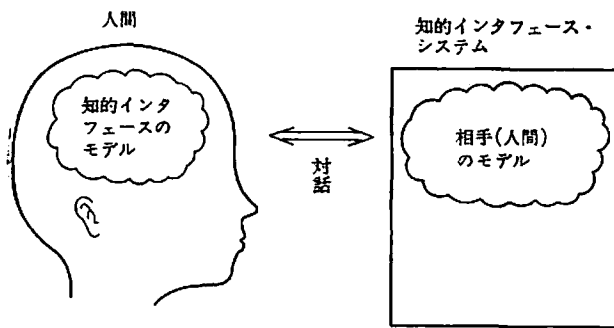


図6 対話のモデル

ていることは評価できる。これは知的インタフェース・システムを実現するうえで貴重な財産として後世に残ることになると期待される。

意味解析と知識の関連について、これまで論じてきたが、それは主として1つの文を対象とするものであった。しかし、人間と知的インタフェース・システムとの対話は、複数の文の系列(対話の系列)からなるものである。対話は、以前の対話の内容を受けて相手に応答することが基本である。したがってそこでは1文を超えた文脈解析技術が重要な役割を果たす。

対話がスムーズに進行するためには、知的インタフェース・システム側で、対話の相手(人間)がどのような意図をもち対話を行っているか、相手に対話の主題に対してどの程度の知識をもち合せているか、などといった推測を行うための(対話者の)モデルをもつ必要がある^{10), 15)}(図6)。それに基づき、質問文に含まれる指示代名詞や連体詞の指示するものを決定したり、質問に直接含まれていない事実を推論して後続する質問文に備えることができる。これらは文脈解析の果すべき重要な役割である。

たとえば、「塩素酸ナトリウムを熱し、発生する気体を水上置換で集気ビンに集める。それは水にとけない」という文の系列中に含まれる「それ」が前文の何を指示するかは、単純には決まらない。「それ」を「集気ビン」であると解析したら、正しく文の意味を理解したことにはならないだろう。この例での「それ」は、「気体」を指す。「文の焦点には目的格が多くなる」という言語学的事実により、対話の焦点をあらかじめ抽出しておくことができる。指示代名詞の指示するものの探索順序として焦点を優先させるといった(人間の対話に関する)モデルを知的インタフェース側がもつことで、この場合には指示先の正しい同定が可能になる。

しかしながら、対話の相手のモデルの作成には、困難な問題が山積している。長期的な視点で知的インタフェース・システムを考えるなら、こうした問題の解

決に向けての努力を今後続ける必要がある。

文章生成技術は、推論した結果を文章に組立てて出力する技術である。質問応答の場合には、答のパターンをいくつか用意しておく方式がよく用いられる。しかし、対話の流れを考慮し、応答文のスタイルや代名詞化、省略を含む自然な文章を作り出す技術には、文脈解析と同様に困難な問題が含まれている。

4. おわりに

知的インタフェース・システムについてそのアーキテクチャと、特に自然言語による知的インタフェース・システムの諸技術の現状と今後の課題について述べた。筆者は、Prologに代表される論理型プログラミングの枠組みの中で知的インタフェース・システムの問題を考えることが重要であると思う。これまでの自然言語の研究を仔細に検討すると、自然言語を解析するためのプログラムのほとんどは、Prologに組み込みの機能で代用可能なことが予想されるからである。Prologを用いることで、構文解析用のパーザを作成する必要のないことは、すでに図3に関連して説明した。意味解析についても、Prologに組み込みの機能を用いることにより、プログラム作成労力が著しく軽減可能なことが明らかにされている¹⁶⁾。このような事実と図1の推論/問題解決システムが、Prologのインタープリタでそのままおきかえ可能であることを考えると、論理型プログラミングの枠組みで、知的インタフェースの諸問題を考えることは有意義なことだと思われるのである。

(昭和61年2月21日受付)

参考文献

- 1) T. Moto-oka (ed.): Fifth Generation Computer Systems, North-Holland, 147/158 (1982)
- 2) D. L. Waltz: Natural Language Interfaces. SIGART Newsletter, 61, Feb. (1977)
- 3) テリー・ウィノグラッド著(澁ほか訳): 言語理解の構造, 産業図書(1977)
- 4) P. H. Winston: The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill (1975)
- 5) D. Marr: Vision, Freeman and Co. (1982)
- 6) H. Tanaka et al.: Intelligent Man-Machine Interface, 文献1)の147/157
- 7) S. R. Petrick: On Natural Language Based Computer Systems, IBM J. Res. Develop., July, 315/325 (1976)
- 8) ハリー・テナント著(森ほか訳): 自然言語処理入門, 産業図書(1984)
- 9) P. Hayes and R. Reddy: Graceful Interaction in Man-Machine Communication, Proc. of Int. Joint Conf. on AI 6, 372/374 (1979)
- 10) A. Joshi, B. Webber and I. Sag (eds.): Elements of Discourse Understanding, Cambridge Univ. Press (1981)

- 11) T. Winograd: Language as a Cognitive Process. Syntax, Addison Wesley (1983)
- 12) W. F. Clocksin and C. S. Mellish: Programming in Prolog (Second Edition), Springer-Verlag (1984)
- 13) F. C. N. Pereira and H. D. Warren: Definite Clause Grammars for Language Analysis. Journal of AI, 13, 231/278 (1980)
- 14) 田中, 松本: 自然言語処理における Prolog, 情報処理, 25-12, 1396/1403 (1984)
- 15) C. Sidner: Focusing in the Comprehension of Definite Anaphora, in Computational Models of Discourse, The MIT Press, 267/330 (1983)
- 16) 田中, ほか: Definite Clause Dictionary, Proc. of Logic Programming, ICOT, 12-1 (1985)

編集後記

やや過熱気味の AI ブームである。これはマスコミの誇大宣伝と産業界の過剰な期待の相乗作用によるところが大きい。ユーザレベルで実用化可能な知識システムが出現し始めたことは喜ばしいことだが、問題の注意深い選択と技術者の超人的努力に依存しているのが実状である。こうした時期に知的情報処理の基盤となる理論や技術を見直すことは意義深いことと思われる。このような現状認識が本特集を構成する契機となった。

知的情報処理という概念は実体をもって明確に定義される概念ではないが、人間の情報処理に比肩しうる高度の情報処理の形態を指すものと考えられる。知的情報処理の基盤は、数値を主体とする従来の手続き的な計算ではなく、知識を主体とする非手続き的な推論にあることは間違いない。現在までに実現されているもっとも優れた知識システムに比べて、人間は状況の把握や理解に優れ、高度の問題解決能力をもち、環境変化に対し柔軟に対処することができる。

知的情報処理の実現には、人間の認知プロセスを解明し、これをモデル化するための認知科学的研究ならびに新しい計算アーキテクチャの枠組の下で人間の計算機の界面をできるだけ人間的に近づける技術開発を指向する工学的研究と連携が不可欠である。理想的には認知科学が工学技術をリードするような状況が望ましい。本特集は両者の間のギャップを素直に認めるとともに、両者の有機的な結びつきが知的情報処理の発展に寄与するとの認識を反映している。

第一線で活躍され、ご多忙中にもかかわらず、ご執筆をお引き受けいただいた著者の方々には厚くお礼申し上げます。本特集は服部 晋編集副委員長を主査に、小畑秀文・宮本捷二・小林重信の各委員からなる小委員会において、昭和60年7月より企画編集を進めたものである。その過程において、システム工学部門の知識工学部会の運営委員の各氏には専門家の立場からかすかすの貴重なご意見をいただき、非常に役に立った。ご協力いただいた方々にお礼申し上げます。特に諏訪 基 (電総研)・国藤 進 (ICOT) の両氏には深く感謝申し上げます。

なお、本特集ではあまり言及されなかったが、情報処理を真の意味で知的水準に近づけるには、帰納的推論や類推など学習に関する基礎理論の確立が必要である。本誌第25巻第9号に「学習」のミニ特集が予定されていることを付記する。

(東京工業大学 小林重信)