

講 演

A I 実用化の現状と可能性

㈱三菱総合研究所

人工知能開発室長

玉井 哲雄

1 AIブームの特徴

まずAIブームというのがここ2、3年続いているが、過去こういう技術関係が次々とブームが起こっては去り、あるいは去ってはいないかもしれないが、一時ほどの熱が鎮静化して逆に着実な技術開発に向かっているという流れがあるかと思う。最近だけでもバイオテクノロジーとか、OA、FA、ニューメディアと、非常に目まぐるしく、例えば毎年のお正月の新聞等のトピックなるものが変わっていくわけである。こういうものと確かにAIの騒がれ方は非常に類似点があるが、違う点も2点ぐらいあるかと思う。

一つは、まず言葉として例えばバイオテクノロジー、あるいは遺伝子工学、遺伝子の組み替えによって新しい薬品をつくっていくとか、そういう意味でのバイオテクノロジーというのは言葉としても新しいし、概念としても新しい。OA、FAはもちろん、ニューメディアに至っては和製英語、日本でつくられた言葉だというわけで、言葉とか概念としても非常に新しい。

ところが、人工知能(AI)という言葉は古い。AIという語を、随分よくみるようになった

のは確かに最近で、いまだに人工知能を「人工知能」と誤ったミスプリをよく見るほどである。しかし、アーティフィシャルインテリジェンスという言葉は、正確に言うと1956年に言葉として最初に使われたものであり、すでに30年以上たつ。その言葉が出てくる前にももちろんそれに類した研究はあったから、OAやニューメディアと比べると非常に長い。つまり、1970年代の後半くらいまでは基本的には研究分野の話であって、産業界が応用の面から注目したのはごく最近である。そういう意味で最近だということは共通であるが、言葉あるいは概念の歴史は長い。

もう一つ、AIは、どこまでの範囲を指し、AI以外の技術との境はどこにあるのか、この辺が多少あいまいである。例えば、バイオだったら、遺伝子の組み替えという技術が具体的なものとしてある。OAとかFAについても、その概念は多少あいまい性があるかもしれないが、具体的なものとして例えばワープロとかパソコンとかファクシミリというものがあるから、イメージが人によって大きく変わることはないと思う。その点AIはかなり大きな領域を含んで

いることと、その中でやっていることがかなりまちまちであるので、どうしてもあいまい性があるというのが特徴というか、ちょっとほかの技術的なブームの現象と違うところではないかと思われる。

2 AIの定義

そういうわけで、AIの議論をすると必ずまず定義の話が出てくるわけで、この辺がAIの特徴である。

ところが、その定義は非常に抽象的であり、やらないのと大差がないものである。

この点、通産省が今後のAI産業のビジョンを示すため、AIセンターに委嘱して、今年3月にまとめたAIビジョンという報告がある。これは、総合委員会のほかに、技術分科会と需要分科会の二つの分科会をつくって、技術の動向と需要の動向をそれぞれにまとめたものである。総合報告に関しては、日本経済新聞社から本となって発行されている。

このビジョン作りに際し、我々はいろいろ議論をして、かなり一般的な定義をした。「AIとは、人間が用いる知識や判断力を分析し、コンピュータ上に生かそうとする技術である。」どちらかという技術的、プラグマティックな定義である。AIビジョンというのは、産業面からということであるので、どうしても応用とか実用化、適応という面からとらえているのでこういう定義になる。

世の中にはいろいろ定義があり、例えばリッチという人は、「その時点で人間の方がより得意とする仕事を、コンピュータでいかに実行させるかを研究する学問である。」と、ある意味でネガティブな定義をしている。人間がその時点で得意とする仕事をコンピュータにいかに実行させるかということとは、いつまでたっても追いつかないし、追いついたときにはそれはAIじゃないという話になって、多少形容矛盾があ

るような定義である。でもこういう見方も確かにある。それから、ウィンストンは、MITの有名なAIの先生だが、彼の定義は、「人工知能の主要な目標は、コンピュータをより有用なものとし知能の原理を理解することである。」

ここで申し上げたいのはAIの目的には、大きく分けると次の二つがあることである。一つはコンピュータをもう少し人間の知能並みにまじなもにするということである。例えば、推論とか記号的な処理もできるようにする。それは非常に工学的な立場である。だからこのAIビジョンは、どちらかというそれに乗っている。

もう一つは、もう少し科学的な立場で、知能というのは何か、知能を成立させている基本的なメカニズム、原理は何かを研究することである。これに対しては、哲学、心理学あるいは言語学という立場からいろいろなされてきた。コンピュータをその研究の道具にしよう。コンピュータ上に人間の知能のモデルをつくって、シミュレーションなど、いろいろ実験をしてみることによって知能の仕組みを解明しようという立場と、大きく二つあると思う。ウィンストンの場合は両方書いてある。

ファイゲンバウムは、「知識工学」という言葉を1977年に提唱し、これがなかなかうまくネーミングで、今の産業面、応用面からのAIブームの火付け役になった。そのファイゲンバウムの定義は、「知的なコンピュータシステムの設計に関連したコンピュータサイエンスの一分野である。知的なコンピュータシステムとは、我々が知的であると感ずる人間の行動を代行するシステムである。」となっている。

エキスパートシステムの特徴

次に、AIの具体的な分野を見よう。AIの中で今産業界が一番注目しているのが、エキスパートシステムとか知識処理的な分野で、ほかに例

えば自然言語の処理、音声認識、画像処理がある。その辺の現状をまずざっと見てみたい。ただ技術の動向をみるだけでなく、ある程度産業的な「実用化の動向」という面から話を進めていきたい。

まずエキスパートシステム、これが今のAIブームの火付け役であるだけでなく、今日AI的なシステムを一般の企業が導入とした場合、イメージとして、エキスパートシステムのことを言っていることが圧倒的に多い。アメリカでは、1970年代の後半ぐらいからこういうシステムが出始めて、日本でも84、5年からいろいろな取り組みが始まったが、初めのことから比べればシステムの例は非常に多くなっている。最初のうちは数が数えられたが、今ではリストを追い掛ける気もしなくなるくらい数だけは増えている。多分日本でもある程度きちんとしたエキスパートシステムでさえも1,000という台に乗っているようだ。アメリカでは多分その一けたくらい上になっていると思う。

ただ、全体の数が増えている割には実用的なシステムは正直なところまだ非常に少ない。こういう状況がちょっと長く続いている。もう2年くらいそんな状況かと思う。

エキスパートシステムは、ある限定した分野の専門家の持っているノウハウ、経験的な知識、例えば数式とか理論に乗らない過去の経験上うまくいく知識をAIの知識処理の技法を使ってシステム化する。それによって、専門家の知識とか判断力をシステムとして実現してやるというものである。

その特徴は、まず第1に、何とんでもAIの看板で、そこにおける典型的な手法であるわけで、例えば一番ベーシックなものとしては記号処理、さらに推論、探学などの技法を用いる点が挙げられる。ここがエキスパートシステムにとっては基本になるメカニズムである。それから、探索とか推論でも使われるが、ヒューリス

ティックス、なかなか訳しにくいのが、発見的な知識を使う方法も、特に知識を使うための知識として活用される場面が多い。

第2の特徴として、限定した問題領域を対象にする。AIの歴史を振り返ると、特に1960年代は一般的な問題解決原理とか、定理を証明する自動定理証明技術とか、探索空間の探索技法というかなり一般的に通用する原理的なものが目指され、かなりおもしろい成果はあげたが、実際的な問題に適用すると余りうまくいかなかった。実際的な問題には、逆にもっと個別の知識を積極的に利用した方がいいという発想の転換が70年代に起こり、エキスパートシステムはそういう考え方の応用の典型例といってもよいかもしれない。

こういうブームのきっかけをつくったスタンフォード大学のMYCINというシステムがある。血液の感染症という病気の診断であるが、感染症という非常に特殊な分野に限定して、それをつくった人自身がコンピュータサイエンスだけでなく、医学の専門家であり、その知識を傾けてつくったという個別の知識を使うのが2番目の特徴である。

第3に、あいまいな知識、人間の場合はかなりあいまい性をうまく使っているわけで、これを取り扱う。取り扱うといっても、実は難しい。最近ファジ集合とかファジ理論が改めて注目されて、7月にも東京で国際学会が開かれたが、それは人間の持っているあいまいなものを処理する能力のごく一部である。あいまいな知識の扱いは、エキスパートシステムの一つの特徴になり得るものだが、現実にはエキスパートシステムでこれをうまく処理しているものはそれほどない。

第4としては、ちょっと違う視点である。従来のソフトウェア、例えば意思決定のシステムなどはまさに知識の塊であって、何も改めて知識工学とかAIとか言わなくても、すでに知識

処理は行われていたと言えないことはない。しかし、ソフトウェアの構造として大きな違いがある。

というのは、いわゆるエキスパートシステムとか知識処理型のシステムは、知識の部分と、知識をコントロールする制御的な部分、あるいは問題解決の手続き的な部分を分離する。例えば、if-thenの型で知識を書くという典型的な場合に、知識はルールという定まった形式で知識ベースに入る。それを処理する部分はプロダクションシステムという形で外側にあって、それが制御のメカニズムである。だから知識を後から追加するとか変更するとか、専門家の頭の中に入っていた知識を改めて一定の知識表現で記述するなど、その辺にメリットがあると言われるゆえんである。

5番目の特徴は、システムの説明能力である。これは、どちらかという人間に安心感を与えるための機能といえる。機械が何か勝手に判断する、その結果は普通人間にとってはなかなか信用できないものであるが、それも機械がどうしてそういう結論を出したかを説明してくれることが、エキスパートシステムにとってかなり重要な機能であるとよくいわれ、またそれを多くのものが実現している。要するにここで最も重要なのは知識の表現であって、先程述べたようなプロダクション型のif-thenルールのようなものが典型的な例であるが、知識の表現というのは実はそれだけではなくて多くの可能性がある。今後とも理論面からも実用面からも追求されなければならない重要な分野であろう。

適用分野の例をここに挙げておいたが(図1)、このほかにもこれらの組み合わせが使われているし、またこれらを一般に使えるようにするソフトウェア、通常シェルといわれるものが作られている。

(表1)は日本におけるシェルの開発状況を

見たものである。

プロダクションルール型が一番典型的なものとしてあったが、最近マルチパラダイム型という、フレームによる知識表現にルールなどの表現を混合したものとして作られている。フレームとは複雑な構造を持った対照とそれらの対象間の関係を記述するのに向いた知識表現である。

3 エキスパートシステムの今後の課題

今後多分出てくるであろうものは、もっと分野に特化したシェルである。シェルとはエキスパートシステムを構築するツールをいう。なぜシェルというかという、貝の中身のところが知識ベースで、知識ベースは問題に合わせて入れかえられる。知識ベースをとり去った部分、殻のところをシェルと言っているわけである。

分野に特化したシェルとは、例えば、電気機械の故障診断に向いたシェルとか、あるいはLSIの設計に向いたシェルとか、もう少し広い場合はある種の設計型の問題に向いたシェルとか、ある種のコンサルテーション型の問題に向いたシェルとか分野で分ける。知識の表現の方法も分けるかもしれないし、ある種の推論メカニズムも分けるかもしれない。また、ある程度共通的に使える知識は一部組み込みで入っていることも考えられる。これが今後出てくるだろうし、一部既に出てきている例もある。

今までどちらかという、エキスパートシステムとかAIタイプのシステムは、スタンドアロンという形で独立した、閉じたシステムとしてつくられるケースが多かった。それには幾つかの理由がある。一つにはハードウェアも、リスブマシンのような独立したものをを用いることが多かった。ソフトウェアも、AIの文化と過去のDPの文化とはかなり違うものであったので、ソフトウェアの蓄積も違うところで起こってきている。だから当初は、あまり結合という

ことは考えていなかったし、特にアメリカの場合 AI のベンチャーが主導でやってきたが、ベンチャーは AI 分野では典型的に大学のスピンアウトに限られて、大学の先生をやりながらベンチャービジネスを別にやっているケースが多かった。そのため、従来のビジネス・ソフトウェアとは全く独立した Lisp などの環境の上で AI ソフトが作られてきている。

またアメリカの産業界は、リスプマシンをある程度買って、これに投資しようという形もあったが、やはりそれも実際の現場には使えない感じになってきている。今後ますますデータベースとか、CAD とかの既存の業務システムへの結合がどうしても必要になる。

埋め込み型のエキスパートシステムも今後の課題である。埋め込み型はいろんなレベルのものがありうる。家庭の環境でちょっと例を挙げれば、今でもクーラーとか冷蔵庫に簡単な CPU が入っている。あるいは、自動車エレクトロニクスがものすごく大きな比重を占めているが、そこに例えば故障の診断などのある程度の処置を外につけるのではなくて、機器、あるいはもう少し大きなものでいうとプラントなどの中に埋め込んでしまう。最初に製品をつくる時からそういう形のを考慮した設計にしておく、そういうものが今後出てくる可能性が十分ある。

それから、リアルタイムのシステムであるが、特に非常にクリティカルな原子力プラントとか石油化学のプラントでの、例えば運転時のサポートあるいは故障の場合のサポートなどでは、リアルタイム性はクリティカルである。AI 型のソフトはもともとパフォーマンスが余りよくないので、リアルタイムをかなり強く要請されると非常に難しい。現状ではかなり苦しいところがあるが、今後この辺がある程度できていかなければいけない。

最後の点は特殊な話かもしれないが、今まで

の知識の表現はどちらかという論理的な関係に強くて、時間の推移とか空間的な位置関係の扱いは充分でなかった。今後その辺はかなり工夫が要る分野であろう。

4 エキスパートシステムの製造業における事例

今まで一般的な話をしたが、実用化の現状ではどんなシステムがつくられているかについて以下述べたい。

エキスパートシステムの分類として、大きく診断型と設計型あるいは制御、教育に分けられる。一般的に診断型というのが初めて出てきたし、比較的実現しやすい。設計型は、人間が設計する場合でも、非常に大きな創造力を要求されることでもあり、設計型でもいろいろあるので一概には言えないが、どちらかというとなし。

制御はすでに述べたように、リアルタイム性が要求されるから別の意味で難しい点がある。それから教育は、いわゆる普通の意味での生徒の教育もあるし、別の意味ではこれがエキスパートシステムだから、エキスパートを育てるための教育というシステムももちろん考えられる。

以上の分類が可能であるが、次に特に日本の場合を中心に具体例を挙げてみよう。

初めに製造業関係の分野のうち、生産計画とか生産管理の分野では余り多くの例はない。ただ東亜燃料で石油精製プラント用の生産計画というエキスパートシステムをつくっているようだが、こういう意味での生産計画は今後いろいろ可能性がある分野だと思う(表2)。

アメリカの例ではソフトウェアの生産プロジェクト管理がある。ソフトウェアのプロジェクト管理は昔からいろいろなソフトがあるが、それほど使われていない。例えば PERT の関係とか資源の割り当て問題のように、数式モデル

に乗る部分以外に、プロジェクト管理にも記号的な処理の必要なものがあり、それを実現しようとしているものだが、まだ実用化に至っていないようだ。これはカーネギーグループというアメリカのAIの会社がやっている。

ショブショップのスケジューリングのエキスパートシステムに、カーネギーグループあるいはカーネギーメロン大学とウェスティングハウスと一緒にやっていたものである。日本にも来たマーク・フォックス等がやっているが、これはある程度実際的なもののようなのだ。しかし、一般には生産計画とか生産管理関係は今のところは例が少ない。

設計関係では、いわゆる知的なCAD CAMと言われるような分野であるが、後で詳しく触れる。

次に制御については、例えば川崎製鉄・水島では、リベットの生成ラインを制御する例とか、加熱炉の燃焼制御とかを、実際のラインに組み込んでいる。これらは狭い意味でのエキスパートシステムとはちょっと違い、制御のロジックをルール型で書いている。そのルールを操作するソフトを使って、ほかのところは例えば Fortran などの制御の中に組み入れて使っているタイプであり、新しいソフトウェアの開発手法として使っているものである。ルールベースで制御の方法を記述しているという意味では注目してよい。

今後はプロセスコントロールのコンピュータに組み入れられていく。今までどちらかというスタンドアローンでやってきたものでも、結合がよくなっていけば、しだいに制御のようなかなか難しい分野にも入っていく可能性はあるかと思う。

それから、操業の監視、運転の支援など、要するにプラントとか製造ラインのオペレーションの支援をするようなものはいろいろある。この例に多いように、鉄鋼関係はこの辺を一生

懸命やっている。例えばこれは君津の例であるが、高炉の操業判断で、温度の変化を予知し、温度が低下した場合などに処置をする。原因を追求して手を打っていくというのが一つの例である。

次の設備診断とか保全是、今の運転の操業の支援とどこから切れるかは難しいが、特に、製造業というよりは電力、ガスあるいは公共的なシステム例が多い。それと、今まではマニファクチャリングの過程だったが、できた製品に関して検査をする、あるいはコンサルテーションするものもある。典型例では、自動車エンジンの故障診断で、トヨタも日産もやっている。ちょっと変わった例では、皮膚の診断エキスパートシステム、これはどちらかという製品の検査というよりは営業用であるが、資生堂も似たようなことをやっている。セールスのための知識システムの例といえる。

設計用エキスパートシステム

設計は高い創造性を必要とし、一般にエキスパートシステム化が難しいとされる。しかし、設計は常に無のところからすべて創造的に行うわけではなく、大体類似した過去の設計があって、それをもとにやるとか、あるいは同じようなものをたくさんつくっている場合は、設計ルールがかなり定式化されている。そういう場合には類似設計での検索、設計ルールのアドバイスやチェックなどが実用的なものになり得る可能性がある。

機械設計のエキスパートシステムの例を表3に示すが、数は少ない。

ここに挙げているアメリカのICAD社の例は、かなり宣伝されており、実際に使っているという話が資料の上では出てきているが、日本の場合にはまだどちらかという実験的なものが主になっているようである。

一方、VLSI設計の方は、AIに取り組んでい

るコンピュータ企業や半導体産業にとって身近な問題であることもあり、また役に立つ可能性が高いこともあって、日本でもアメリカでも多くの企業が取り組んでいる。これらも、研究段階からようやく実用化段階にきたところかと思う。

また、同じ設計という言葉を使うが、ソフトウェアの設計も実は非常に要求の高い分野である。

AIセンターが実施したアンケートによれば、約200社中、将来のエキスパートシステム適応分野の例の中で、数だけ単純に考えると2番目に多いのがソフトウェア開発支援である。すなわち、ソフトウェアの自動プログラミングとかソフトウェア開発の支援が含まれる。

ただし、こういうアンケートに答えるセクションは、システム部門であることが多いので、自分の問題を答えるケースが多いことも一つの理由ではある。しかし、三菱総研でもこういうアンケートをやったことがあるが、やはりこの問題への関心が我々が想像するよりも高かった。

しかし、エキスパートシステムやAIを実現するのがソフトウェアでありながら、自分自身の問題であるソフトウェア設計のエキスパートシステム化は難しい。それは単に紺屋の白袴という問題ではなくて、ソフトウェアの設計とか開発は考えるべきファクターが非常に多く、組み合せの数がすぐ爆発するような数になってしまうということが一因である。ここで挙げたのは、アメリカの、いずれもどちらかというところと研究的な色彩の強い例である。

目指すところは、仕様を入れてやれば自動的にプログラムができるということを狙っているわけだが、まだまだそこまで行っていない。

MITのProgrammer's Apprenticeというのは有名で、自動的に全部できるのではなくて、プログラマーの助手という形で役に立てよという

狙いで長いこと取り組んでいるプロジェクトである。これもいろいろ壁にぶち当たってプロジェクトの方向が少しずつ変わったりしてきている。

最後に挙げたCHIは、Kestrelというスタンフォード系の研究所で作られたが、最近ではReasoning Systemという別の会社で、もう少し実用的なシステムを売りはじめている。もちろん全部自動的にできるわけではなく、Goldel Greenという人が、長いことかかっているいろいろなやってきたものの中の実用化に供しやすい部分を、民間企業に提供し出した段階である。以上が大体製造業関係である。

5 金融業および他の業界における事例

当初、エキスパートシステムに対する関心は製造業が先行した。例えば前に挙げたMYCINのような医療の診断が、最初のエキスパートシステムの例として出てきたが、それにごく近い分野として、製造業では機械とかプラントの故障の診断という問題があったことがこの一つの理由である。もう一つは、いわゆる重厚長大といわれたような産業に本業の理由で成長がとまって、何か新しい事業展開を図りたいという要請がある。だから、社内の問題解決のためのエキスパートシステムを使うというだけではなく、AIの技術を入れることによって新しいビジネスチャンスをつかむということで製造業が最初に力を入れた。

それに対し、ここに来て金融関連が随分関心を持ち出してきている。

確かに金融関係はかなりエキスパートシステムに乗りそうな問題を多く持っている。そのビジネスが広い意味での意思決定の積み重ねであるから、そこで様々な経験的な知識を使っているはずである。ただ、対象がエンジニアリング的なものではないので、人間の要素がどうしても入ってくるために、一般的には難しい問題が

多い。しかし、何しろ今、金融業は資金を持っているから、投資をしようという機運はあると思われる。

アメリカでは金融業に特化した AI ベンチャー、要するに金融業のためのエキスパートシステムをつくるとか、AI のコンサルテーションをやるという企業が数多く出てきている。例えば Applied Expert System という会社があって、略して APEX と呼んでいるが、MIT 系の企業で結構有名な先生も入っている。これが Plan Power という資産の運用支援、要するに個人向けの日本の言葉で言うと財テクをやるシステムを出している。アメリカの場合、ファイナンシャルプランニングという個人向けの資産の運用や遺産相続のやり方などのアドバイスをするものが、独立したビジネスとして成立している。そのファイナンシャルプランナー用のシステムである。ゼロックスのマシンに乗せてハードごとに 5 万ドルで売っているようである。

日本でも富士ゼロックスがこれを導入して、基本的な核となるものを使って日本向けのものを開発しようという動きがある。

それから、これもかなりよく知られているが、Palladian という会社のファイナンシャルアドバイザーというシステムがあって、企業の財務上の意思決定、例えば企業が新しい製品を出すときのキャッシュフローの分析をするなどのアドバイスをする。

それから、Syntelligence というカリフォルニアの会社は、SRI という研究所で Prospector という有名なエキスパートシステムをつくった人々が、SRI をやめてつくった会社である。Prospector は、エキスパートシステムが騒がれ出した当初のころに非常に有名だったシステムで、モリブデンの鉱脈を見つけたことで知られる。地質学の知識とか鉱石、鉱物学の知識を織り込んだシステムである。それで成功した人々

が、金融分野に乗り出して、例えば保険の査定、アンダーライティング用のエキスパートシステムなどをつくっている。

それと、アメックスホソリゼーションというクレジットカードの利用の承認をやるシステムを、ART というシウエルを使ってかなり大々的に開発している。

日本でも多くの例がある。銀行関係では三和銀行のベストミックスというのがある。これは、金とか国債あるいは定期預金を組み合わせた商品を中心に、個人向けの資金の運用相談という形で Plan Power のような大きなシステムではなく、また取り扱うものも銀行商品に限って、簡単な組み合わせを決めるものである。また、日興証券と富士通と一緒に株式の銘柄選定のようなエキスパートシステムをつくった。今の証券会社はかなり積極的に、資金の運用相談システムとか、ポポートフォリオのようなものに取り組んでいるようである。クレジットカード会社のダイヤモンドクレジットは三菱総研とともに入会審査のエキスパートシステムを作っている。カードの申し込みに対し、それを入れるか入れないかはクレジットカード会社にとっては非常にクリティカルな判断となる。従来は審査役がバツと見て決定したわけであるが、その審査役の持っている判断を知識ベース化した。知識ベースといっても審査役をインタビューして知識を抜き出すだけではなく、過去の膨大なデータから一種の情報理論的な処理をして、客のプロフィールにより信用度を見分けていくというようなものである。

それから、これはまだ実験的な段階で実用的に使えるわけではないが、為替の円・ドルレートを予測するものもある。ルール数は 700~800 のものを実験的につくって、我々が開発した ZEUS というエキスパートシステムのシェルの評価のためにやってみた。しかし、本格的なものにするにはさらに多様なファクターを入れて

いかなければいけないので、今のところそこまで拡張することはペンディングにしている。

ほかにも、銀行あるいは保険業界でもいろいろな動きが見られる。

ほかに日本で活発なのは建設業界である。横並び的なところがあるが、大手の建設会社はそれぞれアプローチは少しずつ違うが、例えば、工法の選択とか、建築法に適合するかどうかのチェックなど、いろいろなテーマでやっている例がある。

流通業界では、例えば西友グループが共同でAIの研究会をつくって、実験的に幾つかパソコン上のエキスパートシステムをつくっている。

6 エキスパートシステム開発上の問題点

次に企業がエキスパートシステムをつくる場合の問題点を見よう。当然のことながら、まず何のためにやるのか。専門家が不足するからそれに対処しようとするのか、効率の問題なのか、専門家を育てるためという導入目的あるいはエキスパートシステムの位置づけを明確にする必要がある。これはエキスパートシステムに限らずシステムを開発するためには当然のことかもしれないが、今やどうも周りがやっているからとか、同じ業界がやっているからという動きがどちらかというとも多いような気がする。

それから開発条件もかなり技術的な話である。知識工学的なアプローチをするのに向いているのは、アルゴリズム的にきちんと解けるものなら、その方が効率がいいわけだから、それ以外のものを選ぶというのが第1点。次に専門知識をどこから得る必要がある。基本的には大体専門家から得るが、それが確保できるかどうか第2点。それから、余り大きな問題とか複雑な問題は難しいし、逆に余り簡単に解ける問題だったら意味がないので、その辺の問題の適性も決めねばならない

ここで非常に重要なのは検証ができること。これが大変難しい問題で、エキスパートシステムをどのように検証するというのが案外ネックになる場合がある。つまり従来のソフトウェアシステムと違ってエキスパートシステムの出す答えは多くの場合余り決定的なものではない。そういう分野だからこそ意味があるわけだが、逆に答えが合っているのかいないのかという判断ができにくい場合がある。専門家の判断と比較するといった手段くらいしかない。

あいまいさのある程度取り扱おうとしているシステム、その一番簡単な例はいわゆる確信因子 (certainty factor) といって確からしさが1であるとか0.5だとかいう答えを出すようなものが一つのやり方としてある。0.5くらい確からしくこういうことが言えるというときに、これが合っているかどうかは実は非常に難しい。合っていないと思ったときに、0.5じゃない、0.3くらいだと思ったときにどこをどう直したらいいのかというのは現実では難しい問題である。

知識の情報源が評価をしてくれて、それと同時に知識ベースを見て修正していくしかない。しかし、知識ベースは知識を加えられるとか、削除できるとか、変更できるのがいい点だが、それを無秩序にやっていると実は手に負えないカオスになってしまうことがある。やはり検証ということから考えると知識の構造を整理する必要がどうしても出てくる。そのやり方にはまだなかなか一般的な方式が見出されていない。知識工学というとかかなり格好いいが、その辺になってくると随分泥臭い話になる。

エキスパートシステムは多くの可能性があるし、すでに様々な試みがなされてきているが、まだ問題点も非常に多い。幾つか挙げると、一つはエキスパートシステムの特徴として、分野を限定して、その分野のかなり深い知識あるいは経験的な知識を使うと述べたが、それが欠点

にもなっており、範囲を狭めているから常識的な判断ができないこともある。予想してないような入力あるいは問い合わせがあったときに、人間のように常識で判断することで、ある程度推論を省略するとか、一応もっともらしい答えを出すということができない。エキスパートシステムに限らず、常識をどう扱うかはAIの大きなテーマだが、現状はなかなか問題がある。

2番目は、エキスパートシステムの開発は一般に非常に時間とコストがかかる。だいたい世の中で技術の蓄積が進んできて生産性が上がってはきたが、それでも知識をどう獲得するか、専門家の知識をいかに引き出して知識表現に落としやるかというところがボトルネックになっている。できればこのような諸過程をある程度省略して、コンピュータが自動的に学習してくれるのが一番いいわけであるが、これもAIの非常に大きなテーマであるにもかかわらず、学習についてはごく一部例があるだけで、人間の学習能力と比べたら全くお話にならない。ただ、例えばワープロの頻度を覚えているのが非常に役に立つということからもわかるように、今後技術的にも応用的にも重要な分野だと思う。

3番目は、すでに述べたように動作の正しさの検証が困難ということである。

4番目は、既存のシステムか既存のデータベースとの結合が、今までだいたい問題があったが、だんだん工夫されてきつつあるところである。

エキスパートシステムは研究面からいうと非常に限られた部分でしかないが、応用面からいうと今のところAIの中心である。他の話題については簡単に触れることにしたい。

7 自然言語処理

自然言語処理は、AIの基盤技術として、非常に大きな分野であるだけでなく、応用面から見

ても今後エキスパートシステムに次いであるいはそれ以上に重要になってくる可能性がある。自然言語というのはちょっと変な言葉だが、要するに普通の人間が使う日本語、英語という意味で、機械が使う言語に対して自然言語といっているわけである。

要素的な技術としては構文の解析と文法、例えば日本語の文法、英語の文法を機械が処理するのに向いた文法理論がいろいろ工夫されているが、その文法に従って解析する。それから非常に難しいことは、意味をしかるべく解釈するということである。この意味解析は、普通のイメージでは一つの文単位の話であるが、実は一つの分単位だけでは解決できない問題がものすごく多い。例えば会話だったら会話の流れとか、そのときのテーマに応じた解析、簡単なことと言えば代名詞が何を指しているかを理解するためにも文脈の解析が要る。

ここまでが解析で、それから文を生成する。このコンピュータが外へアウトプットするためには文を生成する能力も要る。それから文脈を理解するためにある程度の推論が要ることが多いが、話したり書いている対象の世界について、多くの知識を持っていて、その知識に基づいた推論をすることがどうしても必要になる。またベースには辞書が要るということで、自然言語を処理するためには非常に多くの要素技術が必要である。

辞書については、日本電子化辞書研究所という会社もできて、かなり標準的な辞書づくりを詰めようとしている

応用の可能性は非常に広い。機械翻訳に関しては、各メーカーが商用システムを出してきている段階で、それをすぐ実用化するほどではない。かなり限定した分野で辞書をだんだん充実させていけばかなり使えるものが出てきた段階といえる。

それから、データベースへの問い合わせシ

テム、例えば野球のデータベースがあったとしたら、今の時点での打率は幾らかということ、決まったデータベース問い合わせ言語で聞くのではなくて、普通に日本語で聞く。そういうシステムは日本では実験的なもののみで、商品化されているものはまだないが、アメリカでは随分例が出てきている。日本の場合は技術的に難しいというよりは入力の方が英語と比べると問題がある。本当は音声認識と結びついて、話し言葉に対して答えてくれればいいが、音声認識技術の方はまだそこまでっていない。

あとは可能性としてはロボットに指示するときに自然言語でやるとか、自然言語によるプログラミング、いわゆる自動プログラミングとやや近い関係のものもある。

それから、少し違う分野では、文章を要約したり、文体を直したりするような文章処理も可能性が高い。現在のワープロは、単語単位あるいは文節ぐらいの知識しかないが、もう少し文法や意味を理解して様々なことをやれる可能性がある。

自然言語処理の歴史は、実は非常に長く、特に機械翻訳などは、60年ぐらいからずっとやってきたが、とにかく手ごわい問題で、最近になってようやく実用化の芽が出てきた感じかと思う。従来は機械翻訳をやっている人たちは、知識とか推論という話はしてなかったが、今後はそのようなAI的な技術が活用されていくだろう。

概念的に今挙げた要素技術の関係を絵にしたのが図2である。対話システムだとすると、人間が入力したものに対して形態素の解析をやる。形態素解析とは、日本語の場合なら名詞、形容詞、動詞、助詞、助動詞など切り分けて、あるいは動詞の活用形などを決めるものである。

これが決まると今度は、文法に従って主語や述語の関係を決める。その後意味を解釈する。

意味は例えばデータベースの問い合わせに関してだつたら、データベースのどういう検索に帰着させるかが意味の解釈になる。機械翻訳ならば、相手のターゲットになる言語に落とすためのものをつくるのが意味の解釈になる。

その次が文脈解析であり、ここに知識があって推論機構が要る。また、例えばエキスパートシステム的なものだとすると、この先で問題解決をやって答えを出していくというイメージである。

8 音声理解

音声理解は、要するに話し言葉の理解である。よって、かなり自然言語処理と共通する部分もあるが、その前にまず音波を解析して、アとかイとか音の単位となる音韻を認識するというのがまずある。ここは音声認識独自の技術である。これについては、日本ではかなり進んだ技術がある。また日本語は音が一つ一つ母音で区切られているから、英語なんかと比べると比較的やりやすいようである。

その次が英語レベルの認識、ここから先は自然言語とほとんど同じであるが、構文解析、意味解析である。

ただ、問題はここから全部切り離されるわけではなくて、逆に単語や文の解析から、音韻解析へのフィードバックのメカニズムが必要なわけである。だから、単純にここから先は自然言語処理に渡せばいいという問題ではない。

そもそもはAIという意味ではなくてやられてきたわけである。そういうことがわかるためには言葉を、人間が聞き取る仕組みについての知識、AI的な処理が必要だであろうということで、アメリカでは幾つかのプロジェクトが、単に音響的な処理だけではなく、言語の問題とか知識の問題とかを意識的に融合させたものとしてスタートした。日本でも同じような動きがある。

現状を見ると、離散単語—言葉を単語で区切って発音すれば、コンピュータにてとってかなり聞き取りやすい—に関してはIBMとかクルツワイルなどで、数千語のレベルのものが実用化してしまい、日本が先行していたのにむしろアメリカでそういう例が出てきている。

日本語の場合は大体書くときも単語の分かち書きをしないことからわかるように、単語で切ることにはなじまない。特に助詞がたくさんあり、活用があるので、それを一々区切って発音するのはとても無理である。ところが、英語はある程度がまんでできるので実用性がある。日本の場合、非常に限られたところでは実用化されている。これは数十語とか百語程度が認識できている段階である。

音声認識の場合、必ず出てくる話は特定話者か不特定話者かという話で、例えば私の話す癖とほかの人と同じ単語でも発音が違う。不特定な話者が話しても理解するようにするのは、かなり大変だが、話者を決めてしまえばかなりのことが今でもできる。しかし、数千語となると特定話者では余りに立たない。特定話者に数千語を全部話すなんてことも大変だから、話者適応といい、少し話してもらって、それでパラメーターを調整するというをやっている。

さらに、学習機能は今後重要になってくるだろう。

アメリカでは、軍関係がAIに力を入れているが、その中の一つのプロジェクトで、戦闘機のパイロット用音声認識システムがある。パイロットには、大量の情報が入ってきて、いろいろな操作をしなければならない。そのときにはパイロットが言葉で指示する。余り多くの複雑な言葉はしゃべれないが、雑音が多く入っている。パイロットがストレスも非常に高い状況でしゃべった言葉に対して追従することを、今一生懸命にやろうとしている。

さらに難しい話として、人間の場合は今私が

話しているが、非常にあいまいな話し方をしている、文法的におかしいとか、言葉が抜けているとか、エーエーと言ったり、言い直したり、こういうのに対応するのも非常に難しい問題のようである。

9 画像理解

次に大きな分野としては、画像理解あるいは画像認識というものがある。この場合、言葉の使い分けがあって、画像理解と言っている場合は主として3次元のものを対象にして、AI的なテクニックで解決しようとしている難しい問題、画像認識という2次元のパターン認識のようなものも含めて広く言っている感じもある。画像理解の基本的なパターンは、図3にあるように、例えばテレビカメラのようなものから、それを個別に細分化してパターンを得、特徴を抽出する。例えば線を抽出するとか、線と線との関係を抽出するなどである。それから特徴を解釈する。例えば線と線との関係で、ここに一つの立方体のようなものがあるとか、もう少しまとまった単位のものとしてシーンとして理解していく。例えば椅子だとか、基本的なものの関係として理解するためにはモデルを用いる。これは対象に対して、既に人間の中にあるモデル的な理解が入ってきている上に、さらに一般的な共通の知識というのも使う。

線と線との関係とか、明るい、暗いということから、面と面との関係を知るとかということも基本的な問題で難しい分野である。さらに難しいのは、AI的なところでは、それが何をあらわしているか、あれは椅子で、これは机だとか、机と椅子とはどういう関係にあるとか、向こうにあるのは壁だ、手前ではなくて向こう側にあるとか、そういう関係を理解するのは、部屋などについての知識があるからである。それを一個一個パターンで検索してやっていたのではとても大変である。部屋にいると思うから、部屋に

は多分椅子があるかもしれないし、窓があるかもしれないかと思っっているからわかる。それが知識であり、知識に基づく推論である。そこに、先程の自然言語処理とかエキスパートシステムと共通する知識処理の問題が出てくる。

実際の実用例としては主として2次元のもの、あるいは2次元に落とせるようなもので、プリント版とかICの欠陥検査、あるいはキュウリとか魚の等級判定、あるいは加工用の穴あけの位置検出というものは既に実用化されている。しかし、同じ2次元でも例えば胃カメラのバリウムを飲んだX線写真からおかしいところを検出するようなものは非常に難しい。2次元といっても3次元のものを映しているからということもある。パターンがそう単純ではないということもあるようだ。

3次元のものを認識するのは何に役に立つかということ、一番の応用は知能ロボットで、ロボットの目としての機能である。組み立てロボットのような、組み立てをやるだけでももちろん目が要るが、移動ロボットでは周りの環境を認識して、それに適応して次の動作を決めていかなければいけない。移動していくと目に見えるものの角度が変わってきても、同じものだという理解がなくてはいけないわけで、まさに3次元的な環境の理解が必要になる。またここでも知識処理が強調されてくることになる。

10 知能ロボット

知能ロボットという分野は、AIにとっては総合的な分野である。例えば、ロボット人間とが互いに言葉でやり取りをすれば言語処理の問題も入ってくる。ロボットが自分でプランニング、すなわち外部の条件あるいは今までやってきたことの履歴に応じて次の行動を決めていくことは、一種の問題解決という大きな分野でもある。環境の認識、自分がどういう位置にあるかとか、自分と外部との位置関係といっ

た眼の問題もかなり大きな問題である。またこれら全てに知識ベース技術が必要となる。

それから、ロボット特有の問題として、メカニカルなマニピレーターの機能があり、ちょっと挙げただけでも多様な要素があり、それぞれがこれからという段階のものが多い。

アメリカの例では、DARPAという軍関係の、日本語に訳すと防衛高等研究計画局という機関で、Strategic Computing Initiativeという、SDIに似たSCIというプロジェクトを実施している。ここで前述の戦闘パイロットの音声認識のシステムとともに、陸軍用の自律走行車両という知能ロボット・システムを開発している。これは人が乗らないで戦闘、あるいは偵察用に、悪条件の野山を自動的に走るものである。

今のところ一本道を自動的に走るようなものは、実験で動いているが、最終的には91、2年あたりに相当程度の能力を持った自動走行性車両をつくるということになっている。

日本では、極限作業ロボットというプロジェクトで、例えば原子力プラントの作業、海底の作業、あるいは宇宙の作業をやるようなロボットの開発が目指されている。工業用ロボットは日本で随分発達しているが、かなりの知能を持ち、目もあり、自分で動くこともでき、判断もできるロボットである。民間の企業よりはナショナルプロジェクトとして、個別の技術の進歩を計りながら、しかも統合化を計っていく必要があるということである。

11 AI市場の見直し

課題ではないかもしれないが、しかし、ある程度見ておかなければいけないところかもしれない。

AIのソフトウェア、典型的なのはエキスパートシステムとかエキスパートシステムに使うツールのソフトの需要は、積み上げの考えではなくて、アンケート調査に基づき、AIソフ

トが全体のソフトウェア人口という単位で見るときにどのぐらいのパーセントになるかを推定し、一方マクロ的な、国民経済の中でソフトウェアがどのぐらいの需要を占めるか、その中においてAI的なものがどのぐらいを占めていくか、といった観点から一部アンケート調査の結果を用いて実に大ざっぱに出したのがこれである。

それによると95年で4兆8,000億円。ただし、これは企業の中で、自分の中で開発するものも一応同じように金額に換算して出しているものであるから、マーケットとして経済的に外部化したものはこれが全部ではない。外のパッケージを買うとかソフトウェアハウスにAIソフトウェアを発注する、というような流通した形のソフトウェアの需要は、市場規模で6,600億円になる。さらにハードについては別の形で算定した。その結果、95に全体1兆6,000億という推定をしている。

私も三菱総研で以前、独自に別の形で予測したが、これより少し低い。かなりコンサーバティブな見通しをした。しかし、基本的には大きく違わない結果が出ている。

12 今後の展望

今後の展望として、現在も製造業からだんだん金融業や流通業にも広がってきていることにも見られるように、AIは今まで以上に多様な方面に浸透していくだろう。今まで掛け声が先行していたが、もう少し地に足のついたものへ入っていくだろうということが第1点としていえる。

それから、AIというのは別の見方をするとソフトウェアの新しい開発手法といえる。ソフトウェア自身が、今産業の中で我々の感覚以上に大きな役割を占めてきているが、ただ、ソフトウェアのつくり方自身は旧来余り大きく変わってきていない。いろんな意味で生産性を上げる

努力はされてきたし、それなりの成功はあるが、その間のハード、例えばLSIの大幅なエクスポネンシャルは生産性の向上と比べると、ソフトウェアは本当にゆっくりした歩みであった。それに対して、フロンティアという、可能性を広げていくという見方もできる。

それを実現するソフトウェアは、多少ステレオタイプの言えば定形処理から非定形処理へとか、データ処理から知識処理へという変化をもたらすだけではなく、例えば並列処理や、リアルタイム処理などのシステム技術と結び付き、新しい可能性を開いていくのではないだろうか。もともと並列処理が、AIの方では昔から一生懸命考えられていたというのは、AI型のソフトは探索型のものが多く、同時に処理をするに非常に得がある。第5世代コンピュータでも並列処理をかなりまじめにやろうとしているのは、そういうAIの応用を考えているからである。

AIの応用は、要するにマンマシンのインタフェースに使うものとも見こともできる。マンマシーンインタフェースは、別にAIだけで実現されるわけではないが、AIの多くの技術がインタフェースの向上というところに一番力を発揮する可能性がある。

今述べたことを、もう少し具体的なシステムとか製品がどういうふうに出てくるかという形で言ったのが①～④である。

- ① スタンド・アロン型のものだけでなく、CAD/CAM, CAI (コンピュータの支援による教育) や身近なOA 製品に至るまで、AI組み込み型の製品が増えてこよう。
- ② 自然言語処理技術応用のシステムが登場しよう。
- ③ マンマシン・インタフェースに重点を置いたシステムが目立つこととなろう。
- ④ エキスパート・システム関連だけでなく、画像認識、音声認識、知能ロボットなどを応

用した製品に様々なものが登場するだろう。ほとんど同じようなことをちょっと言い換えているだけかもしれないが、スタンドアローン型のものでなくて、例えばOA的なものとか、CADとかCAMというところに入ってきているものが組み込まれて出てくるのではないか。

自然言語については、今まで研究と実用面では機械翻訳しか出てきてなかったが、例えば、データベースへの問い合わせ言語とかいう形のもが出てくるのではないだろうか。マンマ

シーンインタフェースという形で製品化したものが出てくるのではないだろうか。

また、エキスパートシステム以外に、画像とか、音声とか、知能ロボットなども、広い意味でマンマシーンインタフェースとして、また何か今までにないような形の音声認識応用や画像認識応用の製品としてくるだろう。(終)

[本稿は去る9月4日のセミナーの内容を要約したものです。]

表1 エキスパートシステム構築ツールの現状

西 暦 年		1982	1983	1984	1985	1986	1987
商 用 シ ェ ル	プロダクション ルール型	BRAINS(東洋情報システム) (1) COMEX(東京電機大) (1) C-EXPERT(東京理科大) (1) MECS-AI(東大) (1) OPS 83 (PST) ZEUS/AMS(三菱総研) (2)					
	マルチ パラダイム型	MIRROR(東京理科大) (1) ES/KERNEL(日立) (2) KBMS(NTT) (3) EXCORE(日電) CURL(富士電気化学) (3) LOOPS(XEROX) ESHELL(富士通) (2) XPT(CSK) (3) FMS(東京電機大) (1) KEE(IntelliCorp) Super-BRAINS(東洋情報システム) Knowledge Craft (CGI) ART(Inference) Shell-KABA(東京理科大+ 関ユニー) (3)					
	分野別シェル	分野別シェル					

- (1) 日経エレクトロニクス, 4月9日号, 1984
- (2) 日経コンピュータ, 3月18日号, 1985
- (3) 日経AI, 第1号(1月6日号)~第24号(12月16日号) 1986

表2 適用分野

-
- (1) 生産計画・管理
 - 石油精製プラント用生産計画 ES (東亜燃料)
 - ソフトウェア生産プロジェクト管理
CRYSTAL (CGI)
 - 工程スケジューリング ES ISIS (ウェスティングハウス)
 - (2) 設計
 - CAD/CAM
 - (3) 制御
 - ビレット工場精製ライン制御加熱炉燃焼制御システム (川鉄)
 - (4) 操業監視・運転支援
 - 異常炉況診断システム (日本鋼管)
 - 高炉操業判断システム (新日鉄)
 - 石油精製プラント運転支援 (日揮)
 - プラント異常診断 (出光)
 - (5) 設備診断・保全
 - 電力系統自動復旧システム (三菱電機)
 - BWR 給水系診断システム (日立)
 - (6) 製品の検査・コンサルテーション
 - 皮膚診断エキスパート・システム (花王)
 - 自動車エンジン故障診断(トヨタ),(日産)
-

表3 機械設計

-
- ・類似設計例の検索
 - ・設計ルールのアドバイス, チェック
 - 例) 類似設計探索 ATHENA (NEC)
ICAD システム (ICAD 社)
Hudson 社が熱交換器設計に利用
 - KAUS (東大一大須賀研)
内燃機関設計に利用
 - 設計診断システム(東大一中島研)
-

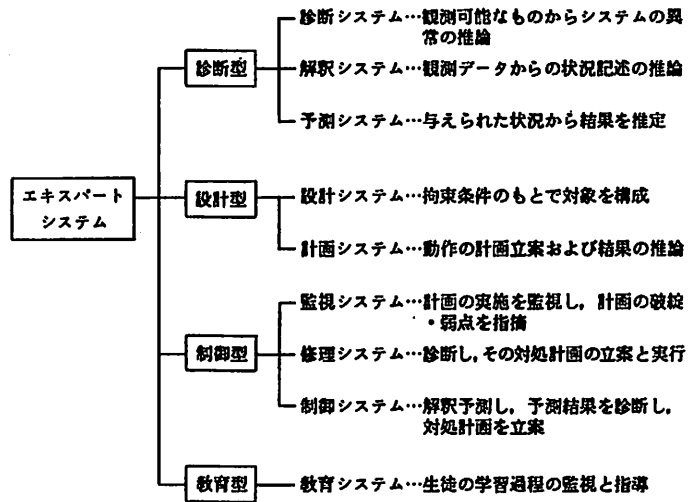


図1 エキスパート・システムの適用分野〔2〕

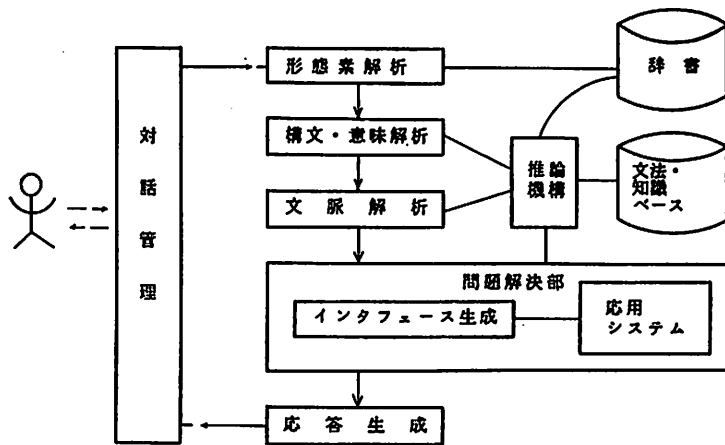


図2 典型的な自然言語理解システムの構成

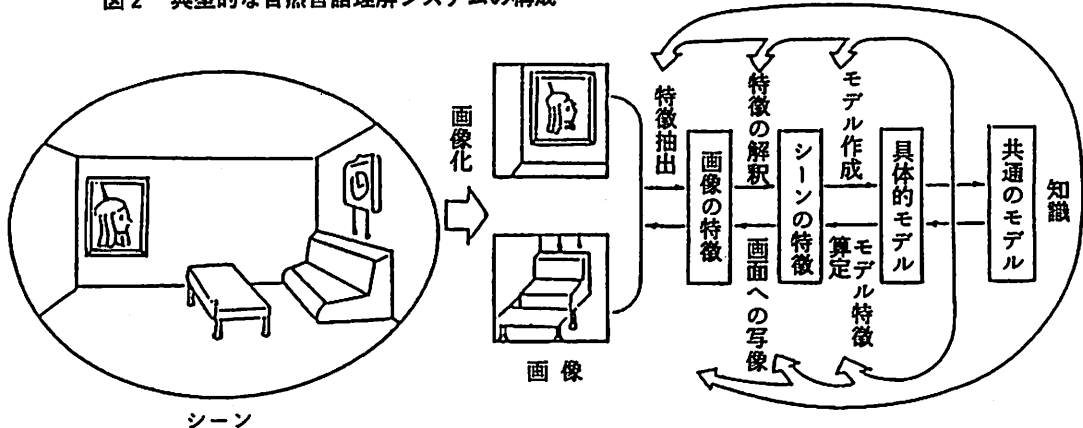


図3 画像理解システムの構成