

パネル討論「人工知能システム実現への課題」

1987年 11月 20日

「人工知能学会」と「情報処理学会・知識工学と人工知能研究会」共催
シンポジウム「人工知能システムの枠組」（於：東京・機械振興会館）にて

《パネリストとテーマ》 有川 節夫（九州大学）：基礎から応用へのかけ橋
内田 俊一（ICOT）：AI アーキテクチャと AI システム
井上 博允（東京大学）：AI と実世界とのかけ橋
真名垣昌夫（日本電気）：AI システムの応用
《司 会》 大須賀節雄（東京大学）

司 会（大須賀） 本シンポジウムは「人工知能システムの枠組」というテーマで行っています。現在、人工知能の分野では各種の応用システムがつくられ、いろいろ実績もできてきましたが、悪くいえば、いままでかなりの部分が経験的にやられてきています。そろそろこういう実例をもとにして人工知能システムというものの体系化を目指していく時期ではないだろうか、というのがこのテーマの意図です。

まずパネリストの御紹介から始めます。有川先生は広く基礎から応用の研究をやっておられます。特に類推であるとか帰納推論など高度の機能について研究を積極的に進められております。内田さんはAI システムのアーキテクチャという点では第一人者です。井上先生は知能ロボットに関して斯界の第一人者です。真名垣さんは現場においてAI システムの応用面で非常に優れた卓見をお持ちの方です。では有川先生からお願いします。

有 川 私は「基礎から応用へのかけ橋」という非常におこがましい題目をいただきましたが、基礎に見えたり応用に見えたりするようなことをやってきたことをシンポジウム運営組織の先生方がご存じで、話をしろということではないかと思えます。

私は、人工知能の研究の基礎を、最近では必ずしも広い認識を得ていないと思いますが、単にマッチングをとるという情報検索におきたいと考えております。これに関しましては十数年前に研究者の側に立った情報検索システムをまじめに考えたことがあります。そのときは、研究者は文献検索をどんなふ

うにしているのかということから始めました。いまの言葉でいいますと、研究者それぞれがその分野に関する知識をもっていて、その知識を使って文献検索するという、当時としては非常に知的なシステムを設計しました。そしてそれを定式化して、実際にシステムを作りました。それはある意味では非常に高級なことでしたが、当時の技術からしますとそこまで高度ではなくて、もっと基礎的なマッチングがあるはずだということに気がきました。それは文字列と文字列のマッチングですが、それに基礎をおいた本格的なテキストデータベースシステムを作りました。これは1981年から一般公開しておりまして、最近、日本語も扱えるように改訂作業を完了しました。ちょっとオーバーないい方をしますと、技術系の方が手回し計算機から電子計算機を得たときと同じようなインパクトを文科系の原典研究者に提供したことになるのではないかと思います。これはそういった意味で非常に実的なシステムでありませんが、それを長い間実際に維持してまいりますと実的な問題がたくさん出てきますし、同時にそこから理論的な問題もたくさん出てまいりました。つまり、実際のシステムを運営しながら、そしてそこから出てきた問題点を理論的に解決し、システムを増強あるいは効率化してきました。

帰納推論に関しては、注目していただけるようになりましたのはごく最近かと思いますが、実は1972年ぐらいから考え始めておりました。そのときはまだ知識工学とかエキスパートシステムあるいは人工

知能という言葉が定着しておらず、今日の事態とは非常にかけ離れていた状況でありました。いろんなフラットなデータをもとにしまして、我々はそれをルール化して、そして知識としてもっているわけですが、その一番基礎になるのは、フラットなデータがたくさんあると覚えてしまうのが非常に大変だから、それをルール化して抽象化して整理する。そのために帰納推論を人間はやっているんだと、そういった観点から研究をしていました。

最近帰納推論の理論は進んできましたが、応用は全く考えられていませんでした。それで実際に応用可能なものということ、人間と機械との基本的なインターフェイスであるデータエントリーの部分に応用しようと考えたわけです。そうしますと、人間が耐え得る時間内に帰納推論といえますか、学習が完了してちゃんと答えを返さなければいけないという、いわゆる計算のスピード、つまりコンプレクシティという問題との兼ね合いで定式化する必要が出てきたわけです。そうして非常に単純なものではありますが、学習機能をもつデータエントリーという単純なシステムを開発して、同時にその基礎を与えるような理屈をつくってまいりました。これは現在、九州工大にいる篠原君が修士のときにやった仕事です。

その方面では、最近 Shapiro という人のモデル推論システムがございまして、非常に将来性があると思っています。しかし、実際には相当問題があります。それに関して非常に手間ひまかかるわけですが、地道に理論のほうから解決しようとしております。すでに、ある程度の解は出てきましたが、我々がやっていることとの間にあまりにも違いがありすぎる。人間はもうちょっとうまくやっている。どこが違うのかということ、つまり人間がどうやっているかということからもう1回定式化するという作業をしております。最近では、人間のまねをするだけが能じゃないという考え方もあるんですが、こうしたものは人間のほうが明らかに先輩でありまして、とりあえず人間に近いものをやるのが大事かと思っております。

四つ目は類推ですが、類推に関してはその前段として、類推に使う類比の理論というのを、いま東京工大にいます原口君と二人でやってまいりました。類推というのは日常用語としてもよく使われる非常にポピュラーな概念なんですけど、これが一体どういったものかということがほとんどわかっていなかった。それに対して非常に苦勞をしたわけですが

れども、ほかの推論体系と同じ枠組の中で、特に確定節中での理論化とシステム化をやってまいりました。

このようなことをまとめてみますと、実用的なものに関しては理屈を考えまして基礎を与え、それから理論に関しては応用を考えるという基本的な姿勢をもって取り組んできたつもりであります。それでいろいろな実際の問題、理論の問題が非常に具体的にはっきり見えてきたのではないかと考えています。人工知能とか情報科学・工学という実学をやっていくうえでは、目的基礎という応用のきく基礎、基礎のある応用、こういったところを意識してやっていくことが大事だと私の経験から帰納推論しております。成熟した学問というのは応用など考えていたんではとても展開できないということがありますから、純粹基礎はやらなければいけないと思いますが、現在は目的基礎を本当に意識してやる時期ではないかと考えています。

同じようなことは相当前になりますが、九州大学にいらっしやいました北川敏男先生が情報科学を推進するにあたって、理論、方式、実験というとらえ方をされました。当時は学際領域なので理論の人と方式の人と実験の人が集まって情報科学をやりましょうというとらえ方だったわけです。しかし私は、それ以来ずっとそういったところで苦勞させられてきた経験から、3分野の人が集まってやるのではなくて、同じ人が理論もやり、方式もやり、実験もやるということが非常に大事なのではないかと思っています。つまり、方式も理論に影響されますし、理論は実験結果を使ってまた構築しなければいけない種類のもので、つまり、理論というのは、固定されたものではなくて、いろいろな経験、実験を通じて柔軟に変化していく種類のものだと思います。帰納推論というのがまさにそうでありまして、類推もそうでありまして、要するに「こんなものでどうでしょうか」という提案をしているにすぎないわけです。

いずれにしても、同じ研究者が基礎と応用という両面を意識してやっていくことが人工知能における基礎から応用へのかけ橋という新しい枠組みを目指すうえでは非常に大事なのではないかと思っております。

司会 有川先生に体験を踏まえてお話いただきましたけれども、二つの重要な点があったかと思えます。一つは、理論と応用は決して分離できないものであること、もう一つは、一人の人間が多くのことを行わなければならない時代になっていることです。

この考え方は特に AI においては重要に思えます。つい最近もアメリカの人と話をしております、マルチ・ディシプリナリが大事だということをいってました。それは一人の人間が複数の分野を理解することが要求される時代にきてるという意味だったのですが、有川先生のおっしゃったことと期せずして一致していましたので大変興味深く伺いました。

次に内田さんをお願いします。

内田 私はマシンを作るという立場でございますので、その立場から、AI のシステムがどういう枠組みで見えるか、見たいかというような観点から話したいと思います。

まず、下のほうの機械を作る立場といたしましては、できるだけゼネラルなマシンを作りたいと思うわけです。その上にあるアプリケーション、それを支えるいろいろなソフトウェアシステム、だんだん下がってきて OS、最後にアーキテクチャ、ハードとくるわけですけれども、その中に共通的な部分でできるだけ見だしたいという方向に思考が進むわけです。どんな整理をしているかといいますと、まず AI の応用システムの特徴とするものは何かについて、非常におおざっぱに人間がその相手であるということから、マンマシン・インターフェイスが大事であるということがいわれるわけです。特に応用システムにおいても、そのマンマシン・インターフェイスをどのぐらい人間向きに作るかというのが、実際面においてもそのシステムの応用範囲、使い勝手を決める重要なファクターになっている。

次はもうちょっと中身になりますが、知識ベースを用いる推論ですが、これは動かしてみたら一つの応答に5分かかったという、まず使えない。システムが大きいものであれば、その下のハードウェアが応答速度として少なくとも数秒の遅れのものですむところまでにする。これらの条件を考えて基盤となるコンピュータシステムにどのような形でその要求が落ちてくるかを考えたいわけです。

先にポイントだけ挙げますと、特に最近重視されているのはプログラミング環境です。AI システム自身を使うときマンマシン・インターフェイスが大事ですけれども、実態としてはどの時点でその AI システムが完成したのかということがなかなかわからないわけです。どんどん知識をたして作成中なのか、利用中なのかかわからない。有川先生の帰納推論の話にありましたようなところがありまして、プログラミング環境が利用環境に密接しており、作るときは開発者が作り、使う局面はまた別というのが

はっきり分かれられないという傾向がある。そこで、知識表現言語とかシステム記述言語、その効果的サポートが必須となります。

もう一つはスピードで、人間は非常に短気であるということがあり、結局それはスピードにはねかえってくる。システムが何層かにまたがると、各言語階層をつなぐコンパイル技術というのがスピードにまずきいてくる。ハードのほうはあとで並列処理でスピードアップしますが、従来見過ごされていたコンパイル技術というのが特に重要になってきた。同時に、高い層にわたるなおかつ並列処理というものを前提として考えますと、会社組織の中でも会社に来た大きい注文を事業部の間でどうさばいていくかというような、ジョブの分割とか割当の管理が非常に重要になる。

システムの組立を考えると、まず何か応用があると、何かしら知識表現言語というのを作るわけです。当然それが言語であるからにはプログラミング環境がある。その下の実行環境としては、コンパイルしたものを実行するという話があり、それにはなんらかの推論機構と知識ベースを使う、そのための管理機構もあるわけです。

推論機構というのは、ソフトで作った場合には言語のインタプリタという形で出てくるのが普通です。作る立場からは下にシステム記述言語をくっつけるわけです。ICOT でいいますと、Prolog 系の言語をいろいろ作っております、Prolog の言語とオブジェクト指向をくっつけて、例えば、ESP などという言語を作っているわけです。その下に、逐次型の場合でしたら PSI と呼ばれるマシンを置いたりして居るわけです。今回、並列処理という前提で話していますから、その下に実行環境としては並列マシン用の OS というのが入ってくるわけです。その下はマシン言語というのがあります。どこで境界が切れるかということ、推論を高速化するためできるだけハードでサポートする。

マシンを作る立場からしますと、AI のシステム記述言語から下がある種のシステムでありまして、その上は全部アプリケーションとしてみます。もう少し具体的な意味づけを与えるために、ICOT では各レベルでどんな言語を作っているかということをお述べます。逐次型だと PSI マシン、DEC 10-Prolog のような KL0 という言語、その上に Prolog とオブジェクト指向を結んだ ESP という言語を作っております。それから上は、例えば、自然言語ですと CIL という自然言語の意味記述用の言語を設計し

て使っているわけです。

並列版ですと KL1 と称する言語、ハードは並列推論マシンで PIM, それから KL1-C, これは GHC といわれるパラレル・ロジック言語。その上にオブジェクト指向のモジュール化をつけたユーザ言語 KL1-U, この延長でさらに、上に何があるかは研究段階なので、広く使えるような形で定まった言語はありません。一例としては、制約型の論理言語というのが非常に超高級言語として議論されています。

もの作りの立場からいいますと、先ほどいいましたコンパイル技術が非常に重要だといいたいわけですが、同時にプログラミング環境も大切で知識表現をどうサポートしていくか、すなわちデバッガ、インスペクタ、ブラウザなどをどう作っていくかいろいろあるわけです。低レベルのプログラミング環境は OS が提供するデバッグ環境もしくはハードがもっているトレース機能その他も使い得るわけですが、やはり、それらをベースとして、言語レベルと対応するものが欲しくなるわけです。ハードのほうの立場としましては、これだけ上に屋上屋が重なりますと、しゃにむに早くせよとなってくるわけで、上に高い層を積まれてもつぶれないくらい頑丈な足腰となるハードを作っていくことが何にもまして求められることになります。

高速化のための並列処理については、ハードウェアレベルの大きい問題もあるのですが相対的には小さくなりつつあり、応用システムとどう並列に構成していくか、検索などのアルゴリズムの並列化、さらに下がりまして AI 向き的高级言語、オブジェクト指向と結びついた形の超高級言語、それらの処理系、その下の並列 OS とかをどうつないで早くするかという話になるわけです。アプローチとしては、計算機の場合かなりシーズ指向なところがあり、まずハードとして何か提案し、少しずつ応用を育てながら再びハードも太っていくというような形のステップバイステップ・アプローチでいくしかないなというのが現在私の印象です。

司 会 アーキテクチャの立場からシステムを構想する上での階層的な枠組みをお話いただきました。明解にお話いただきましたので大変わかりやすかったと思います。続きまして、井上先生にお願いいたします。

井 上 「AI と実世界とのかけ橋」について話せということをいわれたわけですが、なかなかこれは難しい問題です。私の専門はロボットですが、ロボットは実世界、実時間というものを狙っているもので

ありますから、今日の話題といたしましてはロボットのシステムというような観点から AI との関連を考える上での材料を提供したいと考えているわけです。

まず歴史的に考えてみましてロボット、知能ロボットは AI の研究者というか、AI に属する人たちが 1960 年代に始めたと考えてもいいかと思いません。1970 年代の中ごろから産業への応用、FA とかそういう自動化への関心が高まりまして産業用ロボットというものが非常に盛んになって今日に至っている。この両方とも、ロボットをできるだけ賢くしよう、知的にしようというような考え方ももっているのですが、問題の設定の仕方、アプローチの関心の所在、アプローチなどがだいぶ違っているような気がいたします。AI の人たちが考えるロボットは、オートメーション志向の人たちからみると、あまり役に立たないとよくいわれますし、実際に動くところに力を注いでる人たちを AI からみると、あれは頭があまりないというようなこともありまして、何かお互いにすれ違ったようなところがあるという具合に思うわけです。

どちらにしても、最初ロボットが AI の分野で取り上げられたときに、AI のいろんな側面、例えば認識の問題とか計画の問題、知識の問題があります。それを全部一つのものとして総合する場としてロボットがとらえられていたと思います。その原点にもう一度帰る必要があるんじゃないかなろうかと思っっているわけです。極端にいいますと、ロボットをやっている人が AI を取り込むか、AI に関心のある人がロボットまで題材として取り込むか、それは自由であるわけですがけれども、取り込んだほうが得であると私は申し上げたいと思うわけです。

ロボットの定義は 100 人いれば 100 人ぐらい定義があるかもしれません。しかしここでの定義は、どちらかという AI 寄りの人たちにサポートされている定義だと考えてくださって結構です。「ロボティクスというのは、そのパーセプションとアクションをインテリジェントに結合する研究である」というとらえ方です。このようなとらえ方でみたとときに、ロボットを一つのシステムとして作るときのサブシステム、要素は四つ考えられる。

一つはパーセプション。目だとか、触覚だとか、そういう世界の状況を知るための認識の部分です。

それからアクション。実世界に働きかける分、マニピュレータだとか、動き回るとかそういうようなことです。

それから、認識したり行動したりするものの計画

を立てたり、問題解決したり、いわゆる頭で考える部分、インテリジェンス、それが3番目。普通はこの三つのシステムでロボットができるといわれるわけですが、それぞれ漢字一文字ずつ与えると、頭、目、手というような与え方ができます。ですけど、考えてみますとロボットというのはどんなに知能を持っていようと何しようと、人に使われる機械であることには違いはない、というわけで、人とのコミュニケーションが円滑にいかねばいけないと思うわけで、そういうロボットのシステムと人間との間のインターフェイスというのがフレンドリーになる必要があると思うわけです。

この四つの要素はお互いに関係があるわけで、これを一つのシステムにまとめようというのがロボットであるというわけです。一般論としていってもあまり仕方がございませんので、私たち研究室で何年もかけてこのような観点でロボットのシステムを作ってきております。それを題材にして、どんなところにAIの原理を適用する場があるかということをご皆さんに考えていただきたいと思うわけです。そういう意味で知能ロボットの総合システムの一つの例として、私たちの研究室でやってきたCOSMOS(コミュニティ・センサー・モータ・オペレーションスタディ)という名前のシステムについて話します。

これは一言でいいますと、ビジョンとかマニピュレーションとかいろんなインテリジェンス、ユーザインターフェイス、先ほど言いました四つのサブシステムにかかわる部分を全部Lispのシステムの中に組み込んだものということです。ですから、Lispでビジョンとかマニピュレーション、それからいろいろ問題解決もできるようになったら、それを関数として組み込んでいって一つのシステムにしているというわけです。実時間、実世界を対象としてプログラミングできる環境という具合にいったほうがいかもしれません。そういうようなシステムを作ろうという具合に思いますときに、いろんなことを考えていかなければいけないのがロボットのやりにくい面でもあり、また楽しい面でもあります。例えば、手があって、目があって、コンピュータがあって、ユーザインターフェイス、いろいろそういう知能を持ったロボットのシステムを作ろうと考えたときに、先ほど申しました四つのサブシステムはどうしても必要になります。この四つの要素はこのままではあまりにも漠然としておりますので、もう少し要素分解してみる。そうすると、例えばマニピュレー

タの機械を設計するとか、制御するためのソフトを作るとか、いろいろ動かすための軌道を計算するとか、もろもろのことが出てくる。AIに関係ないものもあります。機械設計の問題もありますけれども、ずっと手順を踏まないと実世界で動く機械にはなりません。ビジョンの場合でも入力装置からプリミティブ、ラインファインダ、シーンアナリシス、ステレオ、いろいろあります。

こういうようなものを一つのものに取り込んでいこうというわけですが、これは有川先生がおっしゃいましたように、理論と方式と実験というものを一人の人がやるのが望ましいと、それは確かに私もそうだと思います。ですけども、今お話したようなシステムは、一人の人ではなかなかできないので、ある程度重点をもちながら何人かでうまく協力してやっていく必要があります。

私たちが作ってきたシステムはハードウェアでいいますと、ミニコンピュータの下に手だとか、手も2、3本、力のセンサーだとか、タッチセンサーだとか、三次元のレーザースポット・スキャナーだとか、テレビカメラとかをつないでいる。ソフトは一番トップレベルのところLispがあり、その下にアームを制御するシステム、軌道の計算、問題解決能力を少しもったロボット言語、ビジョンによるシーンアナリシスなどがすべてトップレベルのLispから使えるような具合になっている。

これから先どんな具合に進めていこうかという、目も何個かあって、手も何本かあって、それを制御するためのリアルタイムのマルチタスクのOSも必要です。目の機能としては、実時間シーンアナリシスもありますし、それをフィードバックし、動作をモニターすることも必要。そのようなビジョンがモデルとうまく結合してほしいというのが希望としてあるわけです。そういうモデルを使って計画も立て、こういうものをうまく具合に結び合わせて、実世界、実時間を扱えるようなAIのシステムとして育てていきたいという願望を持っているわけです。

結局、私が申し上げたいことは、ロボットのいろんな要素のところAIの原理を導入しないと賢いロボットにはできないということをいつも痛切に感じているわけです。ロボットの問題を考えていただくと、実世界とAIとのかけ橋が自然とできてくるのではないかと、それだけを申し上げたいと思って今日は参りました。

司会 ロボットという統合機能システムの立場からお話いただきました。こういう面からの検討は

個々の AI の機能としてどういうものを開発していかなくてはいけないかという問題に対し非常に大きな視点を提供するものだと考えています。それでは、続きまして真名垣さんからお話をお願いしたいと思います。

真名垣 「AI システムの応用」ということで、産業界から私一人出てまいりました。応用面からものを眺めて、どういった分野の応用へいこうだろうか、そこに今の AI の技術なり情報処理の技術がうまく生かされていこうかということを考えていきたいと思っています。

産業界といえますのは非情でして、理論はできなくてもアプリケーションとしてはどんどんニーズが出てシステム開発されます。例えば、AI のブームは今おさまりつつありますが、マルチメディアがブームになってきています。それに従ってデスクトップパブリッシングのようなマルチメディア関連アプリケーションがどんどん増えてくるというような、ニーズ先行型、ニーズ喚起型の世界です。

アプリケーション自体をながめて、三軸でとらえています。一つは従来のように時間、空間を克服するような分散化の流れ、2 番目は情報化の軸です。現在ではこのあたりの知識処理が非常に盛んにされており、人間にとり有益で精選された情報の提供を狙い、情報の価値を目指しています。そしてもう一つ、非常に大きな流れは、感性の流れです。感性という形容詞の「美しく」のように「しく活用」に代表される領域なのですが、それをどう計算機で処理するかという問題で、いわゆるアートの世界に入ってくる。この従来の計算機が不得手としたアプリケーションが非常に多くなってきています。こういったアプリケーションの低流があり、応用がどんどん走ってきている。

本題に入りまして、「AI システムの応用」ということで考えていきますと、一つは、従来のデータ処理の世界から情報処理の世界に入り、さらに論理中心であるが非論理も徐々に入ってきている。今の知識処理の技術で、従来の情報処理の階段をワンステップ上がったろうと考えております。それを別の観点からとらえますと新しいシステムスタイルとか、プログラミングスタイルは確かに 1 段上がり、アドバンストな情報処理としての、価値はあると考えています。

特に最近では、AI、知識処理ってなんだろうとか、役に立つのだろうかという議論は影をひそめ、確実にそのよさが普及してきている。できないとこ

ろは当然できないんですが、できところは非常に明快になってきたと思います。その流れの中でエキスパートシステムというのが非常に志向されてきている。ただ数百のエキスパートシステムが国内にあるが、残念なことに、実用システムは 1 割にみえないといわれています。こういった現状の中で今後どういふふうに進んでいくかと考えますと、一つは井上先生からありましたロボット的な、動きを伴った制御、問題解決の問題、そういった分野が要求されてきます。もう一つの方向が従来からよく行われておりました視覚、音声のパターン認識、目と耳の役目のところ。特に環境、状況の認識は非常に大きい。第 3 の方向が感情の処理、いわゆる感性的なところ。この三つの技術流を通じて最終的には人間と技術の接近を目指す情報処理系が作りあげられていくと考えています。

知識処理の現状を別の視点で見えますと、一つは言語に代表し、もう一つは非言語に代表して考える視点がある。そしてもう一つは、より専門家が使うといった、だれが使うかという視点がある。これらの視点にかかわらず、演繹とか帰納推論、類推とか定性推論とか対話モデル、こういったところはすべての面で必要なベースとなる技術となってくる。

もう一点、応用という面では違う視点でながめてみたいですね。特に AI を研究あるいは技術を開発されている方をお願いしたいんですが、システム全体、ライフサイクルという立場で考えないことにはなかなか実用にはいかない。つまり、エキスパートシステムを試作し限られた問題に対して評価しましたというのでは、なかなか運用に入らない。現実の問題は非常に大きなテーマです。従来の定型的、ターミニスティックな問題を従来の技法で考えて、どの部分に知識工学的な技術を導入するか。こういうシステムの発想が非常に大きい技術として要求されています。要求定義にしましても、従来のソフトウェアリングの世界の技術で本当に十分であろうか、そこにどういう問題があるのか。知識は量の問題と質の問題がありますが、それを使う知恵というものもあるわけです。知恵というのは問題をどのように解析していくかという分析能力にかかっています。そして設計では、知識獲得とか構造化、いわゆるエキスパートシステム構築といわれるところの技術の問題もある。そして製造の問題、これは非常によくやられている。

また大きな点として、知識の変質の評価の問題があります。知識処理的なシステムの一つの特徴はブ

ロトタイピングです。よく開発したというのは、設計、製造としては限られた分野でプロトタイプはできたということですが、知識処理の場合は、メーカー、ベンダーがプロトタイプを作ってもユーザが自分自身で成長させていく必要があるわけです。そして知識の内容、量も質も評価しながら成長させていく必要がある。あるいは性能の問題もある。そうすると、宣言型ですべてやっていって性能が上がるかとか、ルーチンワークになれば、アルゴリズムにしていく非知識化みたいな問題が出てくる。こういったところをシステム技術として眺めて、初めて実用レベルのアプリケーションができる。特にエキスパートシステムを作られる方は、こういった長いレンジで考えていただく必要があるのではないのでしょうか。同時に共通基盤技術をカチッと押えていただきたい。先ほどから、理論と方式と実験、アプリケーションの開発まで一人でやったほうが良いという話もあるんですが、グループで是非やっていく必要があるかと思えます。また、システム・ライフサイクル的に物事をとらえ、その中で基礎技術をつみあげることにより、非常に個性、感性豊かな個人レベルの企画をするアーティストとか、デザイナーが使えるようなシステムを支援することができるかというところに挑戦することができる。それによって初めてパートナーというシステムが上がる。アプリケーションの究極の目的は、組織を支援するのほひとつなんですけど、組織の中の個というものに注目して良きパートナーになりうるシステムが上がるのが夢と考えています。

司 会 組織としてシステムを開発するという立場から開発プロセスとその技術の問題、技術の動向を広くお話していただきました。

これで4人のパネリストの方の基調演説を終わりましたが、この四つの話をどう結びつけたらいいかが大問題です。このあとはフロアの皆さんの忌憚のないご意見をいただいて議論を進めたいと思います。

島 川 (三菱電機) パネラーの方と違う意見をもっております。例えば、AI アーキテクチャの話で最初にゼネラルなマシンが必要であると内田さんがおっしゃったんですけど、ゼネラルなマシンを使うと、ゼネラル性が足枷になって実際の応用システムが作りにくいことがときどきあるわけです。私もOPS-5とか83とかPrologとかのプログラミングの経験はあるんですけど、どうしてもそういうゼネラルなマシン、言語というものに引っ張られて、思っ

ていることを素直に表現できないという経験があるわけです。「最初にマシンありき」という考え方が強いように思いますが、最近ではシリコンコンパイラの技術も発達していますので、もっとソフトのほうから「始めに要求ありき」で要求を素直に表現できる言語を作り、それを素直に実行するマシンを作るアプローチがあってもいいんじゃないかと思うんですが、いかがでしょうか。

内 田 ご質問をマクロに考えますと、単にアーキテクチャの問題に限らないと思います。システムを提供する立場からいいますと、システム記述言語の階層とか知識表現言語の階層とかで、できるだけゼネラルなものを提供したいという立場があるわけです。いまの話は、たまたま一番下のハードについてで、これはAIシステムのハードに限らずにある問題だと思います。ハードの問題になったときにシリコンコンパイラなどがあるので、ということについて私もそういうアプローチはあるべきだと思いますが、意外と現実的になりにくいということがあります。特に安く作ることと専用化することは必ずしも同じにならないということがあります。

ソフトなり応用指向でかなり専用のに作りたいたいことは非常によくわかりますが、その辺はかなり相対的なものであります。第5世代ではPrologを取り上げてPSIというマシンを作っている。そのマシンは我々からみると、AI向きには非常に汎用性がありますし、いまのお話からしますとそれも汎用なんだろうと思いますが、一歩広げまして従来の68000とかからみますと、専用になっています。それが安いかというと、必ずしも安くなかったりするわけです。これから先、もしハードの世界で応用指向のものがあるとすれば、単なるシリコンコンパイラでなくて、いま議論の対象になっていますエキスパートシステム的なものとかが入ってくるだろうと思うわけです。現時点ではそこまでいかないというのが実態なので、私のほうとしては依然としてかなりゼネラルな話ということできさせていただきました。

司 会 いまの問題は単にハードウェア・アーキテクチャの問題だけではなくて、AIシステム全般に関するご指摘ととらえるべきだと思います。この問題に関してほかのパネリストの方で、

真名垣 ゼネラルなアーキテクチャをどこまで考えるかという点なんですけど、これは比率の問題であろうと思います。例えば、一番下のプロセッサレベルで考えると、並列性をどこまでもっているかであるかと思えますし、それをどんどんOSレベル、アウ

ター OS とかあげていきますと、ドメイン・スペシフィックな要求が強くなってくる。安く仕上げても合理的なレベルのソフトを提供する立場では、コアの部分は汎用的なアーキテクチャが望まれてくる。その汎用性がいま言われているようなノイマン型といったレベルではなくて、例えば、コンexionマシンとかのレベルの汎用性も出てくる。エキスパートレベルまでいきますと、知識表現とか現在のツールではアプリケーションに依存して他領域での使い勝手が悪い。そこで拡張といいますか、ドメインシニェルみたいなものが出てくる。

井上 私もアーキテクチャについていつも悩んでいることですので、先ほどご紹介したロボットのシステムを作るときにどんな具合にその問題を考えてきたかということをお話したいと思います。先ほどのご指摘では、要求が先にあるってそれ向きのアプローチもあっていいのではないかと、それはそのとおりだと思いますが、一方では使ってみないと本当の要求は出てこないという面もあるわけです。大事なのは時間的なスケールを2、3年で考えるのか、10年で考えるのかということ。私たちのロボットは、わりと大きなシステムになってくるものですから5年はすぐたってしまう。10年ぐらいはかかりそうだと、そうなる、できるだけ汎用的なものでアプローチしていったほうがソフトウェアを蓄積しやすい。途中で、世の中の流れは変わっていきますから、うまく転換していきやすいという面もあるかと思うんです。私どもが汎用的な知能ロボットを目指していることにも関連するかもしれませんが、できるだけ汎用的なものを求めていったほうが展開が楽だったという経験をもっています。

司会 どうもありがとうございました。現在、存在している知識表現の中で本当の意味での汎用性があるもの、つまり問題の分野にかかわらず一つの言語ですべてのことを記述できるような汎用言語があるかという問題があります。そういう汎用言語が実在したうえで、それが使いにくいということになると、汎用性はマイナスではないかということがいえませんが、現在、私の知る限りではそういう言語はまだないので結論的なことは言えないのではないのでしょうか。そういう意味で将来まで見越したうえでの判断が必要かと思います。真名垣さんがご指摘になったように、一番先端のユーザレベルでは、ドメインスペシフィックになっています。どこかのレベルで汎用から専用で切り換わるレベルがあるはずですし、それがどこかということを見きわめる

ことが、AIシステムの枠組を定義づける一つの見方ではないかという気もいたします。ひとまずこの質問はおきまして、もちろん関連の質問でも結構ですが、何かございますか。

寺野 (電力中央研究所) ちょっと話を変えたいと思います。人工知能システムの応用という側面で、先ほど非常に数は多いけれども実用になっていないというお話がありましたが、関連して電力業界にも多くのシステムができていますが、大部分があまり使われていないという状況があります。理由の一つに、あまりにも簡単にものが動いてしまう。それがいままでのソフトウェア技術ではなかったことがあげられます。もう一つは、診断型のシステムがわりによくできそうだという意見がありましたが、特に電力業界では診断システムを必要とするような故障はめったに起こらないわけです。いわゆる浅いレベルの診断システム問題があり、かといって深いレベルの診断システムを作るには知識が集められない、というのが応用システムに関する一つのコメントです。

もう一点は、電力業界のシステムを見てみますと、直接社会的な影響が大きくなる。そうすると、システムが正しく動いただけではだめで、中の知識自身が社会的に認められるものであるかが課題になってくる。それを認めさせるのに1年や2年では無理で、10年、20年のレンジで考えなければいけないことがあげられます。

あとは全く正反対の理論的な話なんですけど、人工知能というと人間を相手にする側面がなければいけないはずなんですけど、その面が特にAIブームが起こってから希薄になっているんじゃないか。つまり、人間がどういう問題解決をやっているのかという立場がAIの一番おもしろいところであると思うんですけども、アプリケーションがたくさん出るがために、人間が何をやっているかという研究がおろそかになっているような感想をもっています。

司会 それは認知科学的な見方をもっと導入しなくてはいけないということに通じますか。

寺野 はい。

真名垣 まず応用のところで、確かに簡単にものが動きすぎる。これは確かに実用化を阻害する原因なのですが、その反面クローズに使えるというよさもあります。このため、必要にシステムを育てる努力をすることに加えて、もっと知識の質というものを考えないと、なかなか実用にならない。例えば、我々のところでやっている交換機の故障診断は、保守メンテナンスの要員がいない諸外国だと浅い知識でも

結構使えるというように、使う場所も考え知識の量、質をとらえる必要があると考えています。

もう一点の社会的な影響、これは非常に大きな問題です。知識の質を評価するメジャー、同時に、システムの品質、信頼性を評価するメジャーが必要だと考えています。

第2点の、人間相手という点ではむしろ最近重視されてきていると感じています。その現れが、対話者のモデルとか学習者のモデルとかの研究の芽生えになってきており、生理や認知心理などとの境界領域の研究が重視されてきた傾向にあると私は認識しています。

司会 ありがとうございます。この問題についてほかにもどなたかパネリストの方ございますか。

有川 二点目の人間をどう扱っているかに関してちょっと経験がございます。先ほど帰納推論をあげましたが、人間は非常にいろんなところで帰納推論をやっているわけなんです。理論のほうはどうかというと、かなり進んではいるんですが、実際に応用になりますと、例えば Prolog のプログラムですと append はいいいけれども reverse は大変だという程度のところまでとどまっている状況です。応用がきかないということで理論をやっている者としては辛い思いをするわけです。

そこで二つのことが考えられ、一つは言語をきちんと与える、述語などをちゃんと与えていくということで、「まあそれだけ与えるんだったら我々は何んでもできるや」ということがあるんですね。ですからそれさえも自動的に学習できるようにしたいということがある。

もう一つはそれと全く正反対で、人間を考えると、人間はいま学習しようとするものに比べるとものすごい知識をもっているわけです。それに比べるとほんのわずかなことしかやっていない。そういったことまで含めた枠組みを作る必要があるのではないかと現在思っているところです。それから、この際にコメントしておきたいのは、私の話に関して「三つのことを一緒にやるのは大変だ」ということだったんですが、私の真意は、同じプロジェクトの中で一緒にやるということではなくて、個別的にでもいいんですが、そういった経験を同じ人が持つことが必要なんだということです。

井上 私も二つほど。一つは、有川先生のいまの問題から、私ちょっと言葉がたりなかったんですが、私は全く同感だと思って言ったことです。一人でやっていくのは大変だけれどもロボットをやるとき

に、例えば、ハードウェアを作る人がソフトウェアのことを全然考えずにいいハードウェアができるわけがない。一人の人の中で少しずつウエイトをつけながらやり、全体のシステムとしては、そのウエイトの違ったのを足すと全体のバランスがとれるという具合にとらえています。

あと一つ、人間については結局人工知能というか、知能の原理に対する真正面からの切り込みの問題じゃないかという気がいたします。応用のことばかり考えるのではなくて、人間は果たしてどんな具合にやっているのだろうか、を考えるように、人が非常に知的にやっている問題で学べきところはたくさんある。人によって立場が違いますが、私たちはロボットで人間そのものを作ろうという気持ちは全くありません。けれども、いかに人間に比べてお粗末なものであるかということを経験して、一步でも人間に近づきたいという気持ちだけはもっているつもりです。考えてみますと一番むずかしいのが、ごく普通になにげなく人のやっていることだなという気がするんです。動作の場合も、認識の場合でもそうです。おそらく知能のところでもそうなのかもしれないと。あまり理論づけもせずにパッと飛躍するようなところ。そういうようなものをロボットに入れたいとも思ったりするんですが、そうなるこっちの意図と反したようなことをしちゃうと困るしと、いろいろ悩んでいる昨今です。

司会 この問題に関してフロアの方からご意見はございますか。

戸沢 (日本 IBM) エキスパートシステムを開発しているんですけど、実際に使えるようなものを作ろうと思うとどこが一番むずかしいかといいますと、よく知識を集めることだと言われるんですけど、どうもそんなとこじゃないんですね。プログラムを書くときに、後ろ向き推論の Prolog、前向き推論の OPS-5 を使うとかいう技術はプログラムを書く手間を省き見通しをよくすることはありますけれども、結局プログラムを書いているんです。ここでプログラミング技術が足りないからうまくできないのか、それとも人間の問題解決法がわからないかで問題が分かれるんです。プログラミングの技術の問題なのか、それとも人間はまだプログラムしたいと思っている問題の解き方がわかってないのか、そして人工知能の研究が問題の解き方を明らかにする方向になっているのかという点がある気がします。いまのところ、たまたま人工知能の結果が両方の面で利用され、その辺がクリアに分かれていないことが

問題なんじゃないかなと感じています。

—— 現在の人工知能システムは、記号の世界での処理が中心になっているのですけれども、今後は例えば、パターンの情報を扱って何か結論を導くという処理が必ず先にあるのではないかと思います。その辺についてご意見を伺えればありがたいなと思うんです。

司 会 いまのご発言に対して返答をお願いする前に先ほどの人間の問題とか、あるいは問題の解き方といったような問題について私も意見を述べさせていただきます。これまで長い間、人間がいろいろ苦心して問題の解き方を研究してきました。それはもちろん個人のレベルで独特のスタイルというのがありますけれども、大きな問題を解くためには個人でできる範囲は非常に小さくて、ある分野の人たちが集まって問題の定式化や解法を求めるといったこともあります。例えば、設計のプロセスなどでは定型的手順で図面を書きます。すなわち図面の書き方を技術として確立して、それを実現するというプロセスをとることによって、複雑なものを作れるようになったということはあると思います。ある意味では、工学における研究はそういう問題の表し方や解き方の研究だったといえます。そして、各分野ごとにいろいろな問題解決の方法論が蓄積されているはずで、それらが、機械工学便覧、電気工学ハンドブックなどの形でまとめられています。これらはノウハウ集ですね。

しかし、現在のエキスパートシステムでそのように開発されてきた高度の問題の解決手順を知識化し、それを利用して問題を解いた例はあまりないと思います。現在それができる知識表現言語があるかどうかとも問題です。そういう意味では、人工知能システムそのものがまだまだ発展途上にある。そして現在我々が手にしているものは、まだ非常に未熟なものだという気もいたします。これは私の個人的な意見です。

では、いまの方の記号化されない部分が多くあるというご発言に対して真名垣さんいかがでしょう。

真名垣 私自身もよくものを考えるとき、例えば、言語で入ってきて頭の中ではイメージの世界へマッピングして概念を広げているような気がします。そこでまた言語の世界に落としたり、そのマッピングを何回も繰り返し、思考の広がり、飛躍、さらには論理的、直感的な絞り込みを行っているような気がします。そういううまいメカニズムというものから考える必要があるが、解決策はなかなかみつ

からないと思っています。

イメージといいますか、イメージーションの世界を結構考える必要がある。特に認知心理系のある種の局面をとって、いろんなスキーマが提案されているわけです。ところが、全部眺めてみると、縦に筋を通したような研究がされていない。工学の場合は意外とそういうアプローチができるんじゃないだろうかと考えています。

井 上 別に答えがあって話をするわけではないんですが、イメージの世界と記号の世界をどう結びつけるかが大変おもしろそうところで、それがなんとかできないことにはロボットに知能を持たせられないのではないかという気がしています。例えば、インテリジェンスの取組み方としてニューロフィジオロジカルな自己組織系だとかもあり、それなりにかなり進んできていると思うんですけど、そのとき記号と結びつけるのを一体どうやるんだろうというつもいます。それでフツと思ったのが、昔、ミンスキーが編集した“Semantic Information Processing”という本です。本じゃなくて本のカバーの左側に細胞みたいなものとアナログ素子のネットワークが書いてあって、その次にロジック回路が、その右側に Lisp のセルの構造そして、その隣にセマンティック・ネットワークが書いてあって、それがなんかぐちゃぐちゃとつながったような絵が書いてあるんです。もし見るチャンスがあったらそれを見ていただくと、あのころからやっぱりそういうようなのを結びつけないかという考えがあったのではないかなと。

それともう一つは、記号で処理する場合でも矛盾を含んだままなんとか生きていけるようなシステムがロボットなどをやっているとはほしいという気がするんです。

長 沢 (筑波大学) 私は農学研究科におりまして専門が農業です。ですから知識工学というか、情報処理学会に入ったのが先月ですし、人工知能学会が9月ぐらいで、そういう意味で知識は全然ないんですけど、農業関係のエキスパートシステムという論文とか本を読んでまして何か現実に合っていないな、農家の人だったらもっとうまくやるのになというところがあるんです(笑)。どうしてかなと考えたんですけど、人工知能の基礎をやっている人は、それが多分すごく興味があって楽しいと思うんですね。エキスパートシステムのツールを作ってる人はそれが楽しい。それは利用する人たちのためという出发点から出ているのに、逆に技術だけを追いかけ

ているようなところがあって、そこでなんか対話がないんじゃないかなと。もちろん、農業分野の人たちが知識工学のことを勉強しなすぎるということでもあると思います。ですから私もこうやって勉強しようと思って来ているんですけど、お互いにもっと対話があったほうがいいんじゃないかなと考えているんですけど、その点はどうお考えでしょうか。

井上 多分、大須賀先生が先ほどお話になったときに、「人工知能の枠組のゼネラルなものはまだできていない段階である」ということをおっしゃいましたけど、どんどん育って行って、かなり一般性のあるような枠組ができてくると、いまのような問題がだんだん解消していくんじゃないかなという具合に考えます。それから、私の感じではエキスパートシステムというのは、AI というか情報処理の人たちが作るよりも、農学系の方の場合には、自分の専門知識をよく整理して使っていくというのが一番いいんじゃないかと思います。自分は農学系だ、ユー

ザだというような感じではなくて、もう場合によっては、これも情報処理だと思うくらいのつもりでやっていかれたほうがいいのではないかという気がします。実は私は機械工学の出身なのですが、機械のことよりも電気とかコンピュータのほうが好きで、好きでなんかやっているとそういう具合になっていくような気がしますから。

司会 「まず初めに分野ありき」なんてことは考えないほうがいいんじゃないかと私も思いますね。必要なら必要なことをやる。そのぐらいのフレキシビリティと勇気があったほうがいいんじゃないかと思います。

議論がだいぶおもしろくなってきたのですが、時間がちょっとオーバーいたしました。全体のまとめをする時間もなくなりましたので、ここで終わりにさせていただきたいと思います。どうも長い時間ありがとうございました。