

# 座談会——人間の知能と機械の知能

1986年9月6日 於：北海道大学

## 出席者

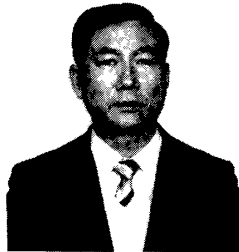
座長 志村 正道 (東京工業大学工学部情報工学科)

相原 恒博 (愛媛大学工学部電子工学科)	田村 進一 (大阪大学基礎工学部情報工学科)
安西祐一郎 (北海道大学文学部行動科学科)	鳥居 宏次 (大阪大学基礎工学部情報工学科)
稲垣 康善 (名古屋大学工学部電気工学教室)	中川 裕志 (横浜国立大学工学部電子情報工学科)
小川 均 (大阪大学基礎工学部情報工学科)	西田 豊明 (京都大学工学部情報工学科)
北橋 忠宏 (大阪大学産業科学研究所)	馬場口 登 (愛媛大学工学部電子工学科)
佐伯 元司 (東京工業大学工学部情報工学科)	原口 誠 (九州大学理学部基礎情報学研究施設)
杉山 裕二 (大阪大学基礎工学部情報工学科)	福村 晃夫 (名古屋大学工学部情報工学科)

この座談会は、昨年9月に北海道大学で開かれた文部省の知的処理機構の研究会に参加した方々にお集まりいただき、研究会後に行われたものである。ここに掲載したものは人間の知能と機械の知能について、2時間にわたって自由に話していただいたものを約半分に縮めて、編集したものである。

志村 今日、これからの人工知能の研究についていろいろお考えを述べていただきたいと思います。

人間の知能というものを考えますと、たとえば、学習や推論、そのほか理解であるとか、いろんな能力がありますが、そういうものを手本にして、あるいは取りだして、機械にインプリメントして何か知的なシステムを作り上げようというのが、人工知能の一つの目的だと思うのです。まず最初に、そういう立場から北海道大学の安西先生に、そのバックグラウンドから、人間の知能と機械の知能についてお話してください。



安西 人間の知能と機械の知能の関係について簡単に言うのはむずかしいんですが、大きな違いを申し上げますと、人間というのは、ダイナミックな時空間のなかで生存しているといいますが、時空間の変化に適応していくような、そういうシステムであるということです。それに比べて、今の人工知能のシステムというのは、そういう適応機能を持つ必要は今まではそれほどはなかったと、そういうことが大

きな違いだと思います。それをこれからどういうふうに定式化していくのかというのは、たとえば一つ具体的に申しますと、ロジックという方法があります。しかし、形式論理というのは、やっぱり時間的な概念ですとか、空間的な概念っていうのをフォーミュレートするには、ちょっとむずかしい点があります。特に時間の問題に関してはきちっと入っていないんじゃないかと思います。たとえば、テンポラル・ロジックでもどうしても無理して時間というものを形式論理のうえに乗せていかなければ、ということがあると思います。あるいは、非単調論理にしてもデフォルト・ロジックにしても、そういうノンモノトニックなロジックっていうのもそうです。やっぱり時間の流れのなかで人間というのは、新しい情報を受け取って、それを自分なりに変換していく、そういうシステムだというふうに考えられるわけですが、そういう時間の流れを無視して、ロジックだけのうえでもって学習みたいなことをやろうとすると、どうしてもちょっと無理したロジックを積み上げていかなきゃならないわけです。無理してやっているかどうかっていうのは主観的な問題ですが、そういうことがあると思います。ですが、その

一方では、やっぱり人工知能の研究というのが、徐々にそういうことを取り込んできて、ゆっくりではあるが知識の獲得とか学習とかそういったいろいろな問題を取り扱うようになってきている。それを人間の知能がこうだからって、ダイレクトのそれを計算機に乗せようとか、そういうことを考えるのは、やはり無理がありまして、計算機科学のなかでフォーミュレートできるところはフォーミュレートしていくというふうにしなないとそれはむずかしいわけです。テンポラル・ロジックとかノンモノトニック・ロジックというのもこの流れのうえにあって、きちんとしたシステム化のための基礎づけをするという意味では重要なコントリビューションだと思います。計算機、人工知能のシステムについても二つの考え方があって、人間に近ければ近いほど、人間の知能に近ければ近いほど良いという考え方もありますが、一方では、人間にできないことをやらせようという考え方もあるわけですから、その辺をどう考えるか。ただ、今までの歴史が示すとおり、知識表現なんかの問題にしましても、やっぱり最初は、人間の知能というものを定式化しようと思うところからみんな始まっているわけです。それが今一段落して、言ってみればソフトウェア工学と言いますか、ソフトウェア基礎論のレベルでもって、いろいろなことが考えられてるようになってきている段階なのです。

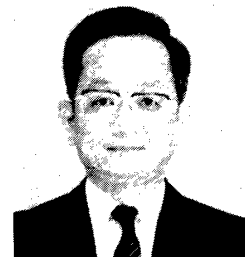
しかし、やっぱり何か新しいことを始めようと思うと、人間の知能というのがヒントになるわけです。研究には段階があって、人間の知能をヒントにしななければいけない段階もあれば、ソフトウェア基礎論みたいなことをやるべき段階もあるし、そのどこにアタックするかっていうのは、やっぱりその人自身、研究者自身の問題だと思います。



志村 今、安西先生のほうから論理の話が出てきました。論理というのは、実際に人工知能の問題では安西先生の言うように、無理してというか、そういった点もあるのかと思いますが、その辺のことを名古屋大学の稲垣先生に、論理と人工知能との関連について話していただきたいと思います。

稲垣 ロジックというのは、ずーっと昔から研究されていて、命題論理のときからの古い歴史を持っています。その命題論理というのは人間が考えるプロセスのなかの非常にきれいに切り出せる部分を切り

出してきて、それをモデル化している。それで、足りないので述語論理、さらにモーダル・ロジックだとか、最近になるといろいろなロジックを考えるわけです。人間は非常に複雑なことを考えるし、行うし、安西先生がおっしゃられたように、動いている世界のなかで適応しながら生きてる。その複雑な人間の考えを切り出してきてモデル化し、サイエンスの対象にしてきたと思うのです。一つずつ着実にモデル化していくことで、あるいはそれに対する理解を含めることで、われわれがフォーマルに扱える世界が広がるのではないかと思います。最終的に計算機に乗っけるためには、どうしても何かの形でフォーマルにしななければいけない。そうしないことには、計算機にはやっぱり乗らないんだと思うのです。それが如何にアダプティブに見えても、計算機に乗った世界ではフォーマルな世界のなかで動くわけで、そういうフォーマルなものの世界にどのように持ち込んだらいいかというのが、大事な研究になっていくのではないかと思います。今まで述語論理やなんかのところにとどまったんですが、やっぱり計算機の能力がだんだん上がってきて、扱える範囲が広がってきている。そういうなかで、最近、非常にロジカルな取扱いがいろんなところできるようになってきている。モデルの提案もたくさんあるし、それがやれるもんだから余計、加速されているような気がしています。



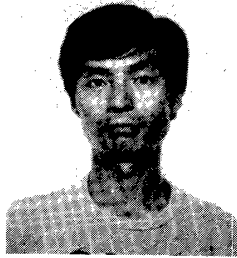
志村 次にソフトウェア工学に関することを横浜国立大学の中川先生にお聞きしたいと思います。

中川 ソフトウェア工学というのは、論理を計算機の上はどうやって乗せたらいいかっていう意味でのソフトウェア工学というふうに解釈して話を進めさせていただきます。

論理を乗せるときに、現在の計算機で実用上でのスピードで実現できそうなものというのは、一階述語論理の範囲にほとんど限られていて、その辺がほとんど現在では限界だと思われています。しかし、一階述語論理よりはるかに高いレベルの高階述語論理的な扱いも人間は実に楽々とやっている。そうなってくるとわれわれが考えなければならないのは、人間がそういった高階の論理、一階述語論理以上にむずかしい論理をどうやって扱っているかというメカニズムを知ることが、重要になってくるというふうに考えています。実際プログラムを動

かすときになれば、フォーマリゼーションをやらなくてもルール・ベース・システムみたいなかっこうで、あるいは手続き的なプログラムを書いてしまってもできるわけで、論理みたいなものに頼らなくてもよいわけです。しかし、そうすると、全体としての見通しを得ることが、非常にむずかしくなってくるわけです。実際のシステムとして動くものに移すときには、知識工学的な手法に還元していくことも必要になってくるので、両方ともやはり必要であると思っています。

そういった点から、論理の研究者とプログラムの研究者は連携を密にしておかないと良い成果は望めないだろうと思います。



志村 稲垣先生の話にしても、中川先生の話にしても、とにかく最初にコンピュータありきというふうな感じの話だったのですが、安西先生は知的なところで何か言い残したことがあるみたいですね(笑い)。

安西 ロジックがいやだと言っているわけでは決していないのです。いろいろな研究のレベルがあって、計算機にきちんと乗せるということを考えれば、ロジックというのは一番良い方法だと今のところは思います。やはりどうしてもその前のほうのレベルに目がいってしまうので混同されがちなのですが、計算機の上に乗せるということを目標にするのであれば、きちっとフォーミュレートできるようなセオリーないし方法を使うというのは当然のことですから、それは誤解のないようお願い致します。

稲垣 今、安西先生のお話しとは違うことでもう一つコメントをしたいと思ったことがあるのですが、というのは、先ほど志村先生が最初にコンピュータありきで話が進んでいるとおっしゃいましたが、もう一つはやっぱり、ロジックをやってきた歴史のなかには、人間を理解したい、という動機が働いていると思います。それで人工知能のなかにも、両方あるのではないかと思うのです。人間自身がどのように考え、どういうふうな推論しているかということ自体を理解したいということと、それから、実際に人間の役に立つようなツールを作りたいという要望と、両方あると思うのです。

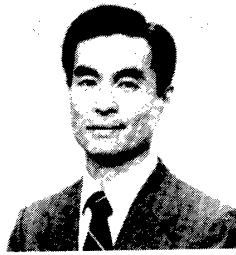
志村 では次に、幅広く研究をおやりの大阪大学の鳥居先生に、今までの3人の先生方の話について何か。

鳥居 電総研にいたころ、まわりにいっぱいAI派ってというのがいて、自然語理解とか、いわゆる理解という言葉が非常によく使われ始めたのです。それで、理解というのは何かという疑問をよく出したのですが、それがフォーミュレートされてないものですから、その認識が違っているケースが多かったように思います。たとえば、日本語を英語に直して、その英語がそれらしく見えたのだったら、これは日本語を理解できたんだと、そういうような言い方で通常行われているのではないかな、というように今は理解しております。

具体的に一番はっきりわかるのは、これは個人的な趣味で碁のプログラムに昔から興味をもっているのですが、碁には盤面理解うんぬんという言葉があるのです。最後は勝つか負けるかだから、これはもう絶対、理解というのがはっきり出てくるだろうと、碁には「つける」、「のびる」、「きる」などこの世界特有の言葉を使っています。それがどうもひょっとしたら人間とシステムとの間の中間言語のようなもので、それぞれをプリミティブに分解して行ってフォーミュレートできないかなあと、今やっと考え始めたばかりです。

次にソフトウェア工学の話になりますが、ソフトウェア工学、ソフトウェア基礎論というのが、最近、かなり広い学問体系を吸収し始めていますので、工学にしぼってしまいますと、工学ではやはり、効率だとか、性能だとか、基準となってくるはずですが、しかし、どうも話が具体的にすぎるものですから本当に学問なのだろうか、の疑問がよく出てまいります。ワールドの表現と問題の表現ということについてちょっと述べておきたいと思います。以前から、ジャクソンのプログラミング法というのがありまして、これは事務処理的なプログラムを書くには便利だと言われているのです。それに対して、数年たってから、「ジャクソン・システム・デベロップメント」というかなり読みづらい本ができました。システム作りの話かなと思ってましたら、そうではなくて、むしろ世界の記述ということ、世界の表現ということをねらっているのです。たまたまそれを木構造に書くとか、データのやりとりをするとか、そのデータはベクトルになっているとかで特殊な図的表記法を使っていますが、従来のプログラム開発手法とは基本的に違って、まず人間世界のワールドがありますと、それを計算機に乗っけるためのアプローチとして途中にそのような表記法を単に入れていくだけです。まだまだ試行錯誤です。ソフトウェア工

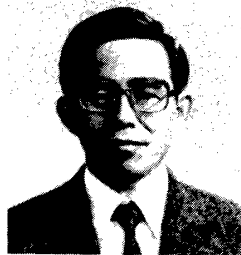
学の一応最右翼にいるジャクソンなんかでも、2、3年前に書いている本としてワールドの表現のようなことをやっているわけですが、表現についての認識が基本的なところに来始めていて、ソフトウェア工学としての位置づけがそろそろできるのではないかと考えております。



志村 いま、鳥居先生のほうから、キーワードとして、理解とか表現とかいう言葉が出ましたが、理解とか表現とかいうと自然言語がからんでくるわけなので、もともと多値論理を研究されていて、今は自然言語もいろいろと研究されている、大阪大学の北橋先生にその辺のことを中心にお願いします。

北橋 多値に関して多少これまで考えてきたことを話してみたいと思います。対象世界、時間を固定しても対象世界自体が曖昧性を持っている場合、曖昧な部分をもう少し真理値の値を増やしてなんとか対処しようということで、多値論理が生まれたと思うのです。しかし、これも、ロジカルにコンプリートな系を求めようとしますと、演算の過程と人間の推論過程とがうまく合わない面がでてきます。それが端的に現れますのは、否定と合意のところでありまして、このあたりをどうにか解決できないものかといういろいろな関数を導入したりしてみたこともありますが、結局は人間の直感的な推論と、それをロジカルに表現した形式的な推論とかがぴったりといくような表現というものがどうも見つけられなかったというのがこれまでの実感です。このような観点からとらえますと、二値というのは固い部分があるわけですが非常にうまく切り取ったと思われま。

最初にお尋ねのありました自然言語の多値論理とのかかわりあいというのはありそうですが、なかなかうまくみ合せというのは今のところ思いつきません。

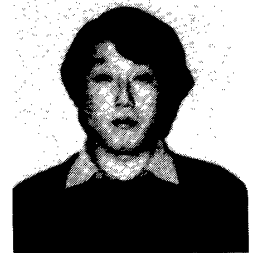


志村 自然言語は、いろいろむずかしい問題を含んでいると思うのですが、いままでの話が少し論理に偏ってますので、少し話題を変えたいと思います。自然言語でプログラムを作ったという話は当然でくるわけでありまして、現在 ICOT を中心として、TELL というようなシステムを作っていますけれど、これについて東京工業大学の佐伯先生

に、その辺の話をちょっとしていただきます。

佐伯 人間がソフトウェアを作るとき、まず最初に、“これこれこういうもの”を作りたいというような漠然としたイメージがあって、それを実際に分析し、要求仕様をきちんと決めるというステップがあります。この曖昧なイメージから完全な要求を決めるという作業は、人間の極めて高度な知的作業の一つとして、完全に要求を定めるのがむずかしいということがよくあります。私は、この要求を完全にかつ正確に決める「形式化」という知的作業を分析しまして、計算機支援の仕様定義システム、つまり「形式化」のための知識ベースを持った仕様記述のエキスパート・システムを作ろうというようなことを考えております。このようなシステムで、できる限り完全な仕様を書かせ、良質のソフトウェアを作成するのに役立てようというわけです。

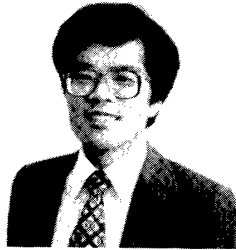
そこで、機械で処理するという前提のもとで、仕様を何で書くかですが、読みやすいとか書きやすいとかいった人間とのインタフェースを考えますと、やはり自然言語がよいのではないかと思います。その考えに従って、われわれは、自然言語のサブセットで仕様を記述し、それをモンタギュー文法の手法を用いまして、形式的な論理に変換し、機械処理を行うという方法をとっております。ところが、モンタギュー文法のようなもので意味づけできるような限定された自然言語の世界と、われわれが普段仕様書を書くときに使っている純粋な自然言語の世界の間には、大きな隔りがあるわけです。そのギャップをいかに埋めるかという観点からも、「形式化」のための知識ベースは重要な役割を果たすと考えています。



志村 自然言語といえば、機械翻訳ということが、いま主体で行われているわけですが、自然言語処理というのは、いろいろところで応用をされていますね。では、大阪大学の田村先生に人工知能との関連について話していただきます。

田村 言語の関係から言いますと、人間の発話行為というのは、非常に巧妙にできている、というふうな感じがいたします。それを、われわれの所では、なんとか実現して、たとえば、対話のような場合を考えまして、それをコンピュータのソフトウェアで実現しようというようなことを、あるいは、言語の理解のモデルを作ってみようというようなことを

やっているときに、非常に人間というのは巧妙にやる、という感じがします。それから、ちょっと話は戻るんですけども、先ほど来、論理の話が出てきて、人間というのは時空間的にうまく場面場面に応じて、いろいろな論理を変えていっているわけですね。あるいは、高階論理なんかを、非常にうまくところだけを取り出して使っている、というふうな話がありましたけれども、論理というのは、人間の知能を理解するにはどうしても限界があるような感じがします。最終的には、人間には直観といえますか、なにかそういう力があって、そういう論理自体は不完全かもしれませんが、最後にあだこうだという評価がちゃんと正当にできるわけですね。ある要求があったときに、その評価のメカニズムをうまく働かせて、論理で出てきたもの、あるいは不完全な論理で出てきたものをうまくスクリーニングすれば、人工知能が実用的なものになる場面が出てくるのではないかと、いうふうな気がします。



志村 直観とかいう誠に人間らしい、ある意味での能力を人間は持っているわけなんでしょうけれども、コンピュータという対象を考えると、なかなか、そういうところまでいかないんでしょうね。たとえば、定性的推論なんかわりに直観に近いようなものなのかなと思いますが、その辺で京都大学の西田先生に、うかがいましょう。

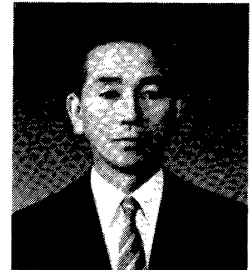
西田 定性的推論のもともとの動機といいますのは、人間がまわりの世界について常識的に考えていることを、ある種の論理でもって形式化したということだったわけです。これが電気回路の分野ではどういうことにあたるかと申しますと、電気回路のふるまいは回路方程式で完全に規定されますが、方程式ばかりいくら見ても、それは静的な世界であって、素人にはそのままでは動的な直観というものは伝わってこない。方程式というものが論理の役割だとしますと、直観的情報を提供しようというのが、定性的推論の目的であり、これは一連のヒューリスティックという形で与えられています。直観があって初めて静的なもののふるまいを動的に理解できるわけです。現在の定性的推論はまだ非常に浅い段階にあります。これから十分に研究が進むと、



もっといろいろな応用が期待できると思います。

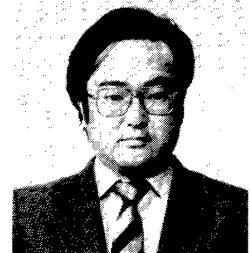
志村 定性的推論の話がありましたけれども、現在推論というテーマのなかでは、非単調推論というのが大きなテーマになっています。少しむずかしい話になるかもしれませんが、愛媛大学の相原先生にお話ししたいと思っています。

相原 AIの一つの実用的な応用として、相談システムが考えられますが、人間になじみやすいようなシステムをつくるとなると、どうしても、常識や不十分な知識からでも結論を導く非単調推論が必要になってきます。この非単調推論へのアプローチはおおまかにいって、二つのカテゴリーに分けられると思います。一つは Reiter のデフォルト論理や McDermott-Doyle の非単調論理のような、特殊なオペレータを持つ式の集合からなる公理系から推論を行う論理体系を議論するものです。他の一つは Doyle の TMS や Dekleer の ATMS のような実用的というか、process-dependent な推論システムを議論する立場です。私は前者の立場で研究をしていますが、この両社とも完全とはいえない状態で今後の研究の進展が望まれます。



志村 ついでに、もう一つ、これはむしろもう少し人間らしい推論かもしれないと言われている類推について、九州大学の原口先生をお願いします。

原口 類推というのは、人間が困ったときに一番頼りにするような推論の一つとしてよく使われると思うのです。類推研究は人間の知能と機械の知能ということの対応、対比で出てきたと思うのですが、人間の推論というのは非常にダイナミックな側面を持っているわけです。おそらく非単調論理とか、デフォルト推論なんかは時間によって変化しうる不完全情報をどうやって取り扱うかということに原点があったと思います。また、時間の推移と共に、過程論的にダイナミックに変更してゆく場合の、いわゆる機能的推論が持っている過程論的な取扱い方が、新しい推論を考えるうえで大事になるのではなからうかと思っています。そのなかで、帰納推論が持っているような仮説生成、検証および修正というプロセスで、他の推論、たとえば、非単調論理とか類推とかそういうものを包含するような形で、一つ

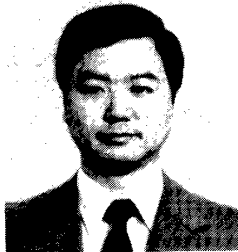


の過程論的なダイナミックな推論システムという形を考えてゆくということも大事ではないかなというふうに考えています。

志村 今度は、Purdue 大学に2年間おられて、エキスパート・システムを研究してきた、大阪大学の小川先生に全体のシステムからみた知能というふうなことでお話しいただきます。

小川 いままで皆さんが言われたのは、いわゆる知的処理ということに関して、なるべくフォーマライズして、動きというものを明確にしてゆくというような、話ですね。現在、人工知能システムを使って何かしようとするときに、一番問題になってきますのは曖昧さ、北橋先生も言われていましたけれども、自然言語からくる曖昧さもありますし、人間が持っている知識の曖昧さもあります。

一般的にいろんな曖昧さがあるわけですが、簡単に曖昧さと言っていますけれども、そういうものをいかに扱うかということも、非常に重要な問題になってくると思います。それには、大きく分けまして、数値を使ったやり方と、いわゆる記号レベルのやり方というようなものがあると思います。数値を使うものには確信度や確率があります。確率論の発展として、Dempster と Shafer の理論というのがありますが、これは、そういう数値処理のフォーマライズということかもしれません。非単調論理とか定性的推論もそういう曖昧さをうまく処理したいということにもつながっていくのではないかと思っています。



志村 話しがどうも論理のほうにいつてしまうのですが、論理学ということと論理的という言葉は多分違うのだらうと思います。それでは、プログラムについて理論的に研究されている大阪大学の杉山先生、若手の研究者の代表として一言お願いします。

杉山 私はもともと代数的な言語関係の研究をやっております。代数的な言語というのは、問題の仕様から実際のプログラムまでいろいろなレベルで書くことができるという特長があるんですが、そこでは定性的に書いてある問題からいかにして実際の手続き的なものを得るかという問題があり、両者間には大きなギャップがあります。このギャップをど

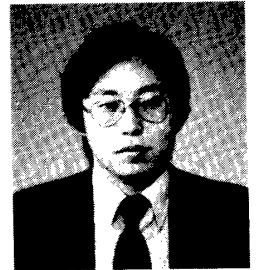


う埋めるかということと、もう一つは人間が問題を与えるときにはどうしても自然言語で与えますが、自然言語とその代数的なものとの間のギャップをどうして埋めたいかと、この二つの点が今一番大きな問題だらうと思います。

志村 愛媛大学の馬場口先生はパターン認識について研究してこられ、そして相原先生のところで現在は非単調論理について興味をもっておられるわけですが、そういう立場から、非単調論理について話してください。

馬場口 パターン認識の場合は、曖昧なところは割と曖昧なままでもいいという感じのところがあるわけですが、論理的に曖昧さを扱うことになると非常にむずかしくなるわけです。たとえば、現在の非単調論理というのは、公理や前提の集合は神聖にして侵すべからずで、論理体系の完全性や健全性を重要視しています。その結果、非常に取り扱いにくく、計算機に乗せるという点で困難になっています。そこで、発想をかえて、公理系の修正をも許すような柔軟で取り扱いやすいアプローチが今言った意味において大事になると思います。

論理体系のきれいさは、もちろん重要なことですが、エンジニアの立場からはやはり computable ということに対して sensitive でなくてはいけないのではないのでしょうか。



志村 安西先生の最初の発言から論理に入っていたわけで、これはごく自然なりゆきだと思いますが、そのほかにも少し人間の知能ということを考えなければならぬところがあるのではないかと思います。

安西 人工知能の研究のなかで人間の知能というものをどういうふうにみてゆくのかということがやっぱり研究者おのおのの目標によってずいぶん違ってくると思うのです。

そこから後が出ないんですが、一応ここではいま原口先生も言われてましたが、ちゃんと乗っけて、動いて、それで将来はなんかの役に立つようになってゆくものを作りたいとそういう目標を持っていると仮定する。私も半分はそうなんで、そういうことを考えます。そのときに人間の知能のなかでどういうものを取り込んでいけばいいかと考えると、割と、山のようにありましてやっぱりいろいろなことが…。

志村 人工知能というのはある意味で急速に産業界

に進出してきて、基盤技術のほうがとにかくのっかってきて、その基盤技術を取り扱ううえでいろいろ問題が出てきているわけです。私は昔から学習ということに興味を持ってやっているわけですが、確かに、飛行機の研究をやるために今さら鳥の研究をする必要はないのですが、ただ知能という問題を扱うからには、安西先生も最初に言われたようにやはりある意味で人間の知能ともいうものを参考にすべきなわけです。ところが、人間の知能とは漠然とわかっているのですが、いったいどういうふうな知的機能を持っているのかということ、もう少し認知的科学的といいますか、そういう面から研究していかなければいけないのではないかと思います。たとえば、人間はプログラミングをすることができ、計画を立てることができ、発見発明ができる、というような事例がいろいろあるわけですが、そのための基盤技術としては、推論であるとか、学習であるとかということが対応づけて考えられているわけです。

しかし、果たしてそんなものでいいのかどうかということ。もう少し知能について、形態要素的に研究していかなければいけないのではないのかというのが実感です。そうすることによって必然的に基盤技術ができてくるのではないのかという気がします。ですから最初にマシンありきという考え方より最初に人間の脳がありきという発想から、研究していくことも必要ではないかと思います。

それから、話はちょっと変わりますが、残念なことにほとんどの概念がみんなアメリカから出ているわけで、出てきたものを日本で一生懸命皆さん方が研究を行っていらっしゃるわけですが、人間の知能というのはアメリカ人でも日本人でも変わらないはずなので、もっと日本人の間から新しい論理だとか、新しい概念が出てきてもよさそうな気がいたします。

**安西** 今のAIの研究でやっぱり抜けていると思うようなところで、人間の知能では非常に重要だと思われるところを私見で申し上げますと、一つはパターン認識と推論の関係ということなのです。つまり、推論機構の入出力の問題なのですが、人間の場合にはそのパターン認識、視覚情報処理系と推論機構が、非常に密接な関係があって、たとえば何かに注意する、注意の機構とか選択的な注意の機構とか、そういうことが生理学のレベルでも比較的わかりつつあります。そうすると、どういう情報を取り込んだほうが推論に都合がいいのか、そういうところからすでに人間というのは情報を選択して使っている

わけです。人間の知能との差というのは推論モジュールだけじゃなくて、いろいろなほかのモジュールとのinteractionでもって知能というのは構成されているのだということが多分非常に大きい違いだと思います。

人工知能のシステムというのは計算機自体が、与えられた目的にそってやっていけばいい。「目的が与えられて答えを出すようなものが計算機である」というふうによくいわれますけれども、たとえばコンサルティングシステムとか会話の処理みたいなことになると、途中でゴールが生成されるということがやっぱりありうるわけです。ゴールのストラクチャのダイナミクスみたいなものをどういうふうに扱っていくかということも非常に大きい問題だと思います。会話処理でもトップゴールが与えられていて、それを達成するためにいろいろな会話をやっていくということはプランニングの問題として多分できるわけですが、そうではないかなりダイナミックな処理を行わなければならない可能性があります。

それから曖昧推論に関しては人間の場合には曖昧にやらせているわけですが、本当に曖昧なのかどうかということ実はよくわからないわけです。たとえば、certainty factorなんかを入れるというのは、やっぱり一つの妥協案だと思うのです。形式論理のうえで人間が曖昧だと思っていることをちゃんとフォーミュレートしていくことは非常に重要なことだと思います。

**中川** いずれにしてもわれわれが、志村先生の言葉ではありませんが、お手本としてそこから脱却できないアメリカのAIの原点になるような哲学に少し影響され過ぎているということがあります。彼らの論文をもう少しよく読んで、それを論破するような哲学的観点をわれわれも持たないといけないわけで、いつまでも表面的なソフトウェア的な生産物みたいなものにばかり追従していると、アメリカを越えていくことはできないと思うのです。それから、もう一つ、最近「理解する」ということは何なのかということについて考えているのですが、「理解」を定義することは非常にむずかしい。理解というのはその人がもともと持っている知識の体系がまったく不変であるという状況の下でうまくマッチングをとるということに終始している。ところが、真に理解したときには、その人の持っている知識体系に何らかの変化が生じていると思います。ですから、「理解」の研究は、学習の研究なんかと必然的に結

びついて進められるべきだと思っています。

**稲垣** お話をうかがって感じたのは、機械と人間との間のインタフェースをどうやって埋めていけば、実際に使いやすいものができるだろうかということが非常に大きな問題になっているのではないかということが一つです。それからもう一つは、実現可能なシステムを作ろうではないかという話がありましたが、これはやっぱりロジカルに物事をするとき非常に大量の計算をしなければいけないわけで、そうなると、計算の複雑さみたいなものを何かうまい方法で克服していかなければいけない。人間の場合も何かの方法でうまく克服していると思うのです。たとえば、うまい表現を使ってそれを克服するとかですね。人間がいろいろな数学のなかで使う無限の概念みたいなものがありますが、実際に僕らが行う計算というのは有限のところではしないのです。だけど無限の概念を使うことによって非常に物事をわかりやすく、記述することができる。たとえば、recursion を使うと非常に物事を記述しやすくなるのです。ところが、recursion が決めてる全部のことをちゃんと理解しようと思うとむずかしくなるところがあるかもしれませんが、うまく概念構成をしてどのようにして物事を捕えたらいいかということは、複雑さを克服するという点からも重要な問題であると思います。さきほどの曖昧さの問題にもそういう側面があるのではないかと思います。

**北橋** 先ほど表現の問題と関連して少し思っていたことは、いま、稲垣先生がおっしゃっていたことと関連するのですが、自然言語の構文解析のための文法は、CF どころかチューリング・アクセプタブルな文法でなければ間に合わないということがありますが、それにもかかわらず CF が使われていますね。ロジックの面でも実用面から考えると、高階な述語論理を人間は使っているにもかかわらず、そのときに有限のことしか考えず、それでうまくいけばそれでいいという感じで一階述語論理を使っているようなところがあると思うのです。このように実用上は多少目をつぶって、便法をうまく利用していくということが、表現の問題ではあるのではないかという感じがします。

**小川** いわゆる知的処理をしようとしたときに、最終的に人間の持っている知識、know-how というものを計算機に入れる操作があるわけです。そうしたときに、どういう形で計算機に表現するかということも、一つの重要な問題だと思うのです。知的処理としてはロジックということが非常にいいという

のは認めるということにして、人間の考えていることを表現するというのを考えたときに、果たしてロジックでそのまま表現していいのかというのが私自身ちょっと疑問なわけです。能力的にロジックと同じであっても、やはり相手が人間ですから、何か人間に近い、人間がわかりやすいような表現というものが必要だろうと思います。

処理方法や推論方法に関する知識も表現できるのがよいと思います。

**安西** 人間と機械の今のところの非常に大きな違いは、与えられた知識表現のうえで推論をしているのが機械で、人間の場合はその推論に適した知識表現を自分で選んで使っているのではないのでしょうか。

**西田** 稲垣先生がおっしゃいましたように、人間の知識というのは、かなりな無限の世界を含んでおり、少なくとも実数的な無限の世界を含んでいると思います。それをどう扱うかということが問題になるわけですが、たとえば定性的推論を使うという立場では、実数的無限の世界をある種の理論でもって、加算的無限、あるいは有限の世界で割り切ってしまう、そのなかで推論することによって知りたい性質が浮き彫りになるようにすることをねらっています。

**鳥居** さっき志村先生がおっしゃいましたように、認知科学的なものというのですか、やはりきれいごとではそういう新しいものは出てこないと思うのですね。アメリカ人などを見てみると、非常にドロ臭い実験の積み上げをやっているケースが多々ある気がするのです。

**北橋** 人間と機械の違いというので、私が日ごろ考えている一つは、機械はこれまでのところ効果器というか、外界を操作する機能を持ち合せていないところが人間と違うところの一つだと思うのです。結局、人間というのは外部から得たデータを自分が考えうる範囲内でいろいろロジックを組み立ててみて、多分こういうことだろうかという予測を立てて、それを外界へもう一度戻してやって自分で試すことができることも認識に大きな役割を果たしているのではないか、という気がするのです。そういう要素を計算機にあてはめ作ってやるには、人間が手を貸してやらざるを得ないのではないかと思います。その一つの方法としては前日に知った知識を計算機が一晩考えて、翌日「こういうことを考えたんだけど、これ正しいのだろうか？」というように人間に聞き返してきて、それに対して人間が「それはこうだよ」とか言ってやるようなことができると、今までとは一味違った学習というか、理解みたいなも



のが進むのではないかって気がします。

田村 今、北橋先生がおっしゃいましたが、機械に発明のようなことをさせる研究が、昔、パターン認識にございました。それはパターンの識別関数を発明する機械なんです。ランダムでいろいろ出すわけですね。そのなかから、うまく識別できるようなものを持ってくるということがございます。ある与えられた知識から推論していきますと、全てではないでしょうが、不要な知識ばかり出てくるわけです。そういうときに、そういう評価をしてくれるものが必要ではないかと考えているんです。

志村 最後になりますが、人工知能学会というのは当然、人工知能の研究および教育などに関連していると思うのですが、その辺のことをふまえたうえで、今後の研究体制といったものを、福村先生のほうからまとめとして何かコメントをいただきたいと思います。

福村 先ほど来いろいろお話をうかがっておりますと、多士済済でして、いろいろな面から包括的、総合的なアプローチをしていただいておりますから、今後の発展が非常に期待されるわけです。

ところで、人工知能とか計算機科学とかを全体的にみてもみますと、志村先生が先ほど指摘されました

ように、概念がほとんどあちら製でして、しばらく前にエキスパート・システムの国際シンポジウムがありまして、そのときに日本の方がAI関係のサーベイをなさったわけですが、出てきます概念は全部アメリカ製の概念でした。それで、日本独特のAI研究ができないかと非常に強く感じたわけです。これらの点につきましては、先ほど中川先生がちょっと御指摘になりましたが、新しいアイデアで、特に若い方に積極的に従来のものにとらわれない、斬新な、とんでもないようなアイデアを出していただけないかと思います。そのことにつきましては、私どもの年寄りのやる一つの義務としまして、人工知能学会を作りましたが、会誌とか研究会により研究・討論の場ができたということは、非常に頼もしいことじゃないかと思います。それと同時に、鳥居先生も言われましたようにコンピュータがなくてはAIの研究はできませんので、それにはやはり、ドロ臭いデータを集めることが非常に頼もしいことではないかと思います。

