

講 演

人工知能研究についての二三の問題*

西 野 博 二**

はじめに

人工知能研究について、日頃思っていることを、二三維感的に申しあげて、皆様方のご参考に供すると共に、ご批判を得たい。

人工知能に関する研究は、古くはチューリングの Turing's Test(1947年)や、シャノンのチェス(1949年)等の仕事までさかのぼりうるが、情報処理のなかの新しい研究分野として認知されるようになったのは、ミンスキーの Steps toward Artificial Intelligence の論文(1961年)にみられるように、1960年頃と考えられる。

MIT の P. H. Winston が、昨年電総研で行なった講演¹⁾で、MIT における人工知能研究の歴史を分析して、前記のシャノン等の時代を「先史時代」(pre-historic age)、1958年から1964年頃までを、「黎明期」(dawn age)とし、それに続く many experiments の時期を経て、1968年以後を「近代」(modern age)としている。人工知能研究が、はたして「近代」に入っているかの当否は、しばらく論議の外に置くとして、我が国で人工知能という言葉がしばしば聞かれるようになったのは、ほんのここ数年のことで、彼のいう近代に入ってからである。

そもそも、人工知能という言葉自身が、偽物的な響きをもつ言葉であるが、その定義も曖昧で、たとえば「人間の知的活動を機械(計算機)で代替する」といった類の漠然としたものであるから、その研究の範囲や、方法についても明確とはいえず、各人各様の解釈が生まれる。

1. 人工知能研究の範囲

人工知能研究の特質が、その研究方法論にあるという人がいる。形式化することが困難な対象に関する問題(hardly formalized problem)を解くためのモデル

を設定し、それを実験的に検証する。モデルの良し悪しは、経験的にしか判断のしようがないから、これは経験則を作ることである。

パターン認識では、与えられた入力パターンについての適切な特徴を抽出することが、最も重要であり、その特徴と、既存のなんらかの基準とを照合することによって、そのパターンの属するカテゴリを判別する。抽出された特徴が適切であるか否かは、入力対象よりも、判別の結果により依存する。

もっと一般的な問題であれば、まず問題の初期条件や目標をどのように表現するかの課題が、最初にあり、目標に到達するための解の探索が、これに続く。ここでも、解の探索が deterministic にきまるという保証はない。解が目標に達しなければ、またふり出しに戻ってやり直すほか、仕方がない。

パターン認識と問題解決の過程のブロック図を並べてみると、両者は概念的にみるかぎり非常によく似かよっている。しかし、両者の現実の手法の詳細は、かなり異なっている。両者の過程に共通して、得られた知識や中間結果を蓄積し、整理しておき、それを利用する学習の問題がある。

パターン認識においては、対象に関する豊富な知識が、認識にとって不可欠であるが、これは現在、人間の学習にたよっている。一方、一般に問題解決とよばれる分野では、対象に関する知識をあまり必要としないような比較的簡単な問題に限定して、その解の探索過程に研究の重点がある。

人工知能研究についての私のイメージを示せば、図1のようになる。人工知能の本質的な要素を、認識、推論、学習の3つに区分する。認識は対象の記述といってもよく、推論は計画といってもよい。学習は知識の有効な蓄積とその利用である。

現在の人工知能研究の種々のトピックスや分野を、これに割りつけて、少し賑やかにしたのが、図1である。ここでは、目的別の分類や、手法別の分類が混在

* 第14回情報処理学会大会招待講演(昭和48年12月10日)

** 電子技術総合研究所パターン情報部

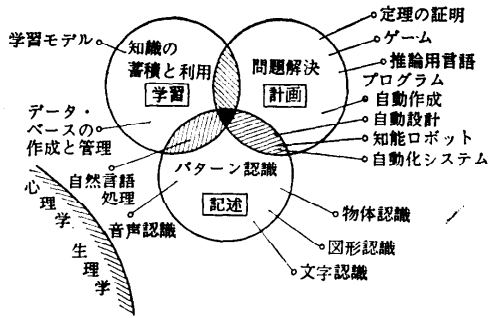


図1 人工知能の研究分野

しているが、これは現実の人工知能研究の多面性を表わしている。

これらの3つの区分は、現在ある程度独立しているが、本質的には相互に関連すべきものであり、将来実現されるであろう高度の人工知能システムでは、これらの相互の密接な協同が不可欠のものであろう。

2. パターン認識

現在、パターン認識と呼ばれている研究分野には、個々の応用に適した有効な手法を開発して、実用に役立てようとする実際の立場と、実用は二のつぎとして、認識に関する経験または知識をできるだけ集めようとする学問的（非実利的）立場の2つがあり、両者の立場の違いから生ずる論争がしばしばみられる。

たとえば、従来から文字の認識手法について提案されたものは、著しい数に上っている。ある方法Aが、別の方法Bより優れているか否かは、その認識実験の正答率による以外はなく、いかに美麗な理論が展開されているか、または、いかにそれが泥臭い手法であるかは関係ないというのが、前者の立場に立った議論の行きつくところである。

また、実用的な立場を徹底していけば、実用に際して、できるだけ制限をつける方が、認識は容易になるから、そのような制限の研究をした方がよいという極論にもなってしまう。

この場合、人間が不自然さや、不自由をあまり感じない程度の制限であることが重要で、またある程度の制限を設けないと、文字認識の問題ですら飛躍的に困難が増加し、工学的な解決ができなくなってしまう。

先述の後者の立場では、認識に関する経験と知識をできるだけ集積しようということが、人間が認識するメカニズムを追求することと、混同される場合があり問題を一層紛糾させることになる。

しかし、機械による認識が、人間の認識方法をシミュレートするものであることは当然としても、その手法が細部まで、人間のやり方を真似る必要はない。人工知能の研究が、生理学や心理学の研究に応用され、また逆にそれらの研究成果を利用するとしても、人工知能には、機械に適した人工の手法があって、しかなるべきであろう。

図形や物体の認識について、具体的に考えてみると、明暗を持つ映像情報から、まず線図形を識別し、線の集合から面を、面から物体の形、さらに個々の単体の組合せから、全体の情景の認識へと、局所的な情報処理から大局的な情報処理へと階層的に進んでいくのが常道と考えられる。

この際、途中の過程で必要な情報が充分に得られない場合は、不確実なものはそのままに残しておき、次の段階で、その不確実な部分を補完する方法がとられる。このように、認識の過程が、すべて deterministic にきまってしまうとは限らないことと、対象に関する知識が、あらかじめ与えられていないことが、図形や物体の認識を困難な課題にしている。認識する対象が、すべて直方体の積木から出来ていることを、あらかじめ知っているか否かによって、認識の難易が格段に違うことは、容易に想像できよう。

物体の認識には、距離に関する情報が、重要であるが、人間の場合の両眼視による距離情報の抽出は、まだよく研究されていない。むしろ、きわめて人工的な手法を用いる方が、容易である。図2は、細隙からのスリット光を、物体に投射して、三角法の原理から距離情報を求める例²⁾を示している。

音声、特に人間の連続会話の認識には、多くの困難



図2 スリット光による多面体の認識

な問題がある。人間の会話を分析すれば、文章から単語、単語から音節、さらに母音や子音からなる 40 程度の音素（音韻）へと、階層的な構造を持っており、これらは言語レベルの問題である。さらに、音声認識の物理レベルとして、音声波からの音素の認識が位置づけられる。

音素の音響レベルの特徴が、話者によって異なり、また発音する言葉の前後の関係によって異なることから、音声波からどのような特徴パラメータを抽出し、音素を認識するかが、最初の課題である。

今まで、多くの研究が行なわれたが、最近電総研で開発した新しいアプローチは、音声波形から発声時の声道の形を推定する方法³⁾である。声道を口唇から声門までつながった不均一な音響管の接続でモデル化し、音声波形から声帯の音源特性と口唇からの放射特性を分離して、声道の形を求める。

図3は、母音「オ」の発声の際の声道の推定結果から、口唇や顎の動きまで含めて、CRT ディスプレー上に、アニメーションとして表示したものである。

従来から、音声学では口唇、舌の位置などによって発音が分類されており、人間が音声を認識する場合にも、発声の過程を逆にたどっていると考えられるので図3に示すものは、まさしく音声認識のための直観的表現を与えるものである。

連続音声を認識する音声認識の終局の目標達成には、これから先まだ長い道程が必要であろうが、このアプローチの成果は、その一里塚を示すものであろう。

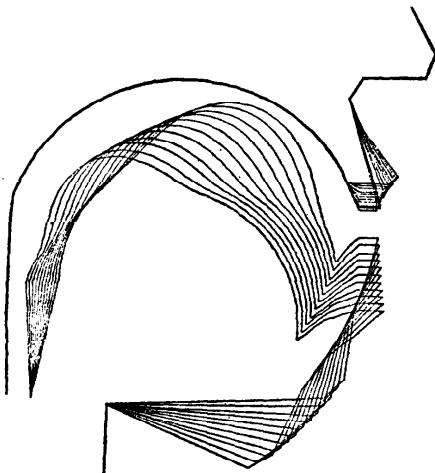


図3 母音「オ」の発声

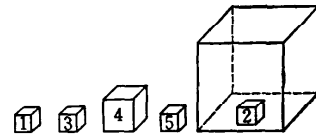


図4 積木の問題

3. 問題解決

問題解決の手法の典型的な例として、GPS(General Problem Solver)がよく引用される。GPS では、問題解決は node である状態 (state) と branch である作用素 (operator) のグラフ表現によって記述される。ある初期状態は、作用素によって次の状態にうつり、いくつかの中間状態を経て、最終状態である目標 (goal) に到達する。

このように、解である目標に到達するために、次々に中間目標をきめていく解の探索過程については、各種の探索の戦略が考えられる。GPS の場合には、この解の選択は、difference-operator table と呼ぶ単純な表形式の知識にのみ依存している。

STRIPS では、状態は一階述語論理で表現され、GPS のような非形式表現にくらべて、定式的表現がとれる。

しかし、解の探索過程は、評価関数の論理計算にしる、命題論理にしる、簡単な場合ならいざしらず複雑な問題になると、いわゆる combinatorial explosion となって、実際的には手の負えない問題になってしまう。

このような研究の成果を基に、最近 PLANNER, CONNIVER, QA4 など、問題解決のためのより柔軟な各種“問題向き”言語が開発されてきた。

図4は、PLANNER による問題解決の一例を示すためのもので、簡単な積木の問題である。

図に示すように、赤、緑、青の色がついた5箇のブロックがある。ここで番号の1番は赤、3は青、4と5は緑で、2の緑のブロックだけが箱に入っている、これは、図5に示すプログラムでは、#010 から #160 までの ASSERT 文で記述されている。これは対象についての事実の知識である。

問題を自然言語で示せば、以下ようになる。

- 1) Pick up a small green block.
- 2) Is it contained in the box?
- 3) If not so, put it in the box.

問題はこれだけであるが、ロボットで実演する訳に

いかないので、行動のあとを記録するために、

4) Print the block name.

を追加しておく。

わざわざ、こんな英語を書いたのは、ここで自然言語に関する最近の研究に言及したかったためである。人工知能研究の中で、T. Winograd の自然言語による QA システムの研究⁴⁾は、“極めて稀な成功例”とまで高く評価されている。

ところが、私の知るかぎりでは、我が国の自然言語の研究者は、彼の仕事にそれほど大きな評価も関心も持たないので、いささか奇異な感じがする。確かに彼の仕事のなかで、構文解析に新しい手法が開発されたわけではなく、自然言語研究に関しては既知の技術を集成したものである。また、対象も単純な玩具の積木

```

010 (THASSERT (IS BRICK1 BLOCK))
020 (THASSERT (IS BRICK2 BLOCK))
030 (THASSERT (IS BRICK3 BLOCK))
040 (THASSERT (IS BRICK4 BLOCK))
050 (THASSERT (IS BRICK5 BLOCK))
060 (THASSERT (COLOR BRICK1 RED))
070 (THASSERT (COLOR BRICK2 GREEN))
080 (THASSERT (COLOR BRICK3 BLUE))
090 (THASSERT (COLOR BRICK4 GREEN))
100 (THASSERT (COLOR BRICK5 GREEN))
110 (THASSERT (SIZE BRICK1 SMALL))
120 (THASSERT (SIZE BRICK2 SMALL))
130 (THASSERT (SIZE BRICK3 SMALL))
140 (THASSERT (SIZE BRICK4 LARGE))
150 (THASSERT (SIZE BRICK5 SMALL))
160 (THASSERT (CONTAIN BOX BRICK2))
170 (DEFPROP TC.PUTIN (THCONSE (Z)
180 (PUTIN (THV Z) BOX)
190 (THAND (THGOAL (SIZE (THV Z) SMALL))
200 (THASSERT (CONTAIN BOX
(THV Z))))))
210
220 (THPROG (X (Y NIL))
230 (THOR (THAND
(THGOAL (IS (THV X) BLOCK))
(THGOAL (COLOR (THV X) GREEN)))
240 (THRETURN (THV Y)))
250
260
270 FOO (THCOND ((THGOAL (CONTAIN BOX
(THV X)))(THFAIL))
280 ((THGOAL (PUTIN (THV X)
BOX) (THTRUTH))
290 (THSETQ (THV Y) (CONS
(THV X) (THV Y)))
300 (THFINALIZE THTAG FOO)
310 (THFAIL))
320 ((PRINT (THV X)) (PRINT (LIST
'CAN 'NOT 'FUT 'IT 'IN))
(THFAIL)))

```

図 5 PLANNER によるプログラム

の世界であるが、従来の、自然言語研究の行詰りを、解決する道を具体的に示した点は、高く評価されるべきであろう。問題に関する具体的な知識を利用しなければ、自然言語の曖昧さを、言語の解析だけで解決しようすることは無理であるということを、従来多くの人が、“セマンティクス”の問題として逃げていたことを、彼は実例で示したわけである。

図 5 のプログラムに戻ろう。目標の設定は GOAL 文によるが、“定理”と称される DEFPROP 文も、また知識である。したがって、#010 から #200 までのプログラムが、問題に関するデータベースと考えられる。ここで、知識の表現がデータであるか、procedure であるかの興味ある論争があるが、ここでは省略しよう。

#220 以下のプログラムでは、目標に到達するために、色や形を用いた“パターン合せ”による、中間目標の選択が行なわれ、最後まで成功したものが解となる。

PLANNER などの推論用言語とよばれる新しいプログラム言語は、GPS などの初期の問題解決プログラムが、一般的な手法を示したにすぎないのにくらべて、問題の持っている個々の知識を、充分利用できるという意味において、より複雑な問題の取扱いを可能にしている。

4. 人工知能研究の将来

人工知能の研究が、過去 15 年～20 年の間に、積み上げてきた研究成果は、今まで述べてきた僅かの例でも明らかなように、確かに注目すべきものであり、情報処理の世界に、新しい刺激を与えらると思われる。それにもかかわらず人工知能研究にとって、最も深刻な問題は、現在得られている研究成果と、現実の実用面で期待されている要請との間のあまりにも大きなギャップであろう。

たとえば、最近イギリスの学術会議から発行された、いわゆる Lighthill 報告書⁵⁾は、このような問題に対する分析としては代表的なものである。同報告書は、人工知能研究に対するイギリス政府の予算方針を明らかにするためのもので、人工知能の研究開発に対して、個々の成果は認めながらも、全体的にみて厳しく批判的である。この報告書は、そのために、人工知能の研究者達にとっては、評判が悪いが、実用性を考えもしなければ、さりとて人間の知能の解析を追求するでもなく、いたずらに人間の真似をすることだけを

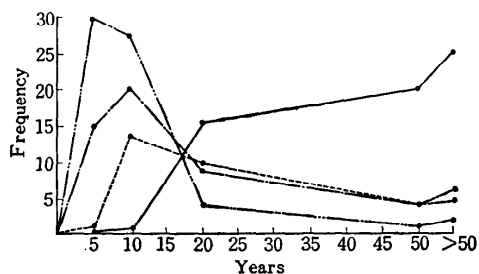


図 6 人工知能に関する技術予測

目的としているような研究に対する批判や、いたずらに問題を一般化して、解法を発散させてしまうことに対する戒めなど、人工知能研究に対する見識として、傾聴すべきものを含んでいる。

Lighthill 報告書を、一応外部からみた人工知能研究に対する批判として受けとり、それでは人工知能の研究者自身が、どのように考えているかを示したのが、図6である。

図6は、人工知能研究の将来について、米英のこの分野の著名な研究者 67 名に対して、一昨年行なわれたアンケート調査の結果を示したものである⁶⁾。

図の実線は、人工知能が人間の成人程度の知能に達するまでの時期の予想である。50 年以後とする答が、過半数の 72% もあることから、きわめて近い将来に、機械が人間の知能レベルまで達することには、大方は否定的である。

これに対して、二重破線は人工知能が、工業的に著しく利用される時期に関するもので、これに対する答は、前の場合と反対に、5 年～10 年の間に実際に利用されるという意見が、87% の高率を示している。

以上の 2 つの結果から、人工知能の研究の最終目標は、なかなか実現困難であるが、その実用化は逆にきわめて近いということになり、人工知能の研究開発についての将来を考えるに当たって、非常に興味のある示唆を与えるものと思われる。特に実用化に対する意見は、予測というより研究者の期待と願望を表わして

いるものと考えられる。

図の破線は、人工知能の研究が、人間の知能研究に対する貢献に関する質問の答であり、点線は逆に、人間の知能研究の成果が、人工知能研究に与える影響についての意見である。人工知能研究が、関連分野の研究から受けとるより与える方が大きいとみている。

全体として、図6の結果は人工知能の研究者の意見の統計として、かなり妥当なものと思われる。

むすび

本稿は、昨年の情報処理学会での講演を編集した要旨であるが、講演の際に使用した多数の図面を、紙数の関係で、半分以上に割愛したために、抽象的な説明で分りにくくなった点もあろうかと思われる。

我が国の人工知能研究は、長い研究経歴を持った方には申し訳ないが、私は最近ようやく活発になったと思っている。しかも、この研究の前途には、種々の意味で大きな困難が横たわっており、この小文がこの分野を志す人にとって、何らかの刺激になれば幸いである。

引用文献以外に、数人の人との議論が、この小文の背景となっているが、特に電総研の島田俊夫君には、図5のプログラムの作成と、計算機での検証をしてもらったことを感謝する。

参考文献

- 1) P. H. Winston: Six Lectures on Artificial Intelligence, PIPS-Rep., No. 2 (1973-03).
- 2) Y. Shirai: A Step toward Context Sensitive Recognition of Irregular Object, Bull. ETL, Vol. 37, No. 8 (1973-08).
- 3) T. Nakajima et al.: Estimation of Vocal Tract Area Functions by Adaptive Inverse Filtering Methods, Bull. ETL, Vol. 37, No. 4 (1973-04).
- 4) T. Winograd: Understanding Natural Language, Edinburgh Univ. Press (1972).
- 5) J. Lighthill: Artificial intelligence, General Survey, Science Research Council (1972-03).
- 6) D. Michie: Nature, Vol. 241, 507 (1973-02).