

「鉄人28号」にロビーという考えるロボットが登場していたのを覚えているだろうか。手足のついた細い胴体に、きのこのカサのような形をした、体に不似合の大きな頭が乗っていた。つりあがり気味のめはいつも輝いていた。最後には鉄人に足で潰されてしまう。「火の鳥」でもロビタという名前の知能ロボットが活躍していたのを覚えている人もいるだろう。知能ロボットは、我々の想像力や好奇心を掻き立て、少年の心に夢を与えてくれたものである。

しかし、ロボットを離れていったい知能とは何だろうかとい問いかけてみると、生命とは何かということと同程度に良く分からないことに気づく。

人間は知能をもっている。これはまちがいなさそうである。公理のようなものだ。そもそも知能は人間とのかかわりの中で論じられている。それでは猿は、犬は、ミミズは？・・・と考えてみると、凡人の私は途端に混乱してしまう。猿や犬は知能を有しているが、どうもミミズは持っていないのではないかと、という者が多いのではないかと想像するが、その間が連続的につながっていて線引きが容易ではない。いっそのこと、最も飛躍があると思われる猿との間に一線を設けてはどうかという議論もあるだろう。しかしそうなると、猿や犬は知能をもたないことになり、経験的に何となくしっくりしないし、忍びない気持ちになる（昔、私が飼っていたポチは実に賢かった）。

このような混乱は、知能とは何かということについて万人が納得するような定義がないことに起因する。知能の本質はいまだに解明されていないし、今後も当分の間は諸賢の頭脳を悩ませ続けるに違いない。にもかかわらず、人工知能の研究が進行中であることは周知の事実である。

人工知能のルーツは中世の自動人形（オートマトン）にあると言われているが、具体的に人間の頭脳の機能をまねる試みがなされたのは電子計算機が出現してからのことであって、人工知能の研究が本格化したのは1950年代に入ってからである。情報理論を確立したクロード・シャノン、計算の理論やチューリングマシンで有名なアラン・チューリング、現在のコンピュータの原型となったプログラム記憶方式、逐次処理型のコンピュータを設計したフォン・ノイマンなど、そうそうたるメンバーがこの初期の人工知能の研究に関与している。電子計算機に、数値計算能力のほかに非数値的な一般問題解決の機能を持たせることが人工知能実現への第一歩である、という認識から人工知能の研究は出発したが、そのモデルはつねに脳の神経系にあった（ノイマンが計算機を設計するときも、脳の神経細胞のモデルと基礎にしたようで、たとえば記憶素子を **memory organ** と呼んでいる）。従って人工知能としての電子計算機の評価も脳の構造との比較で行っている。当時既に簡単な学習機能を持ったチェスゲームマシンや迷路ネズミなどが試作されていたが、まだ単にアルゴリズムを忠実に実行する機械という印象が強く、知能というには遠く及ばなかった。

シャノンは1957年の論文の中で、その原因を計算機と脳との間の越えがたい数的及び質的な差に求めている、彼が挙げた主な相違は次のとおりである。

① 構成要素の数

人間の脳は約  $10^{10}$  の神経細胞を有しているが、電子計算機の素子数はそれより6桁も少ない。

② 組織構造の相違

神経網のランダムな局所構造は、計算機の精巧な接続構造とは決定的といっている程異なる。計算機では一か所でも配線ミスがある直接に誤動作につながるが、脳の全体的な機能は局所の細かい構造にあまり依存しない。

③ 組織の信頼性の相違

個々の要素を比較すると、既に計算機の素子の方が優れているのに、脳は何十年もの間重大な誤動作をすることなく活動できる。

#### ④ 論理構造の相違

脳はそれ自体大きな自己組織系であり、種々の状況によく適応できる。それは無数に互いに整合関係にある神経系を通じて、記憶の振り分け、アクセス、蓄積データのロケーションを巧みにやっている。計算機との決定的な相違点である。このような自己組織系をサーボ系で達成しようとしても、要素の数がちょっと増加するとすぐに不安定になってしまい、うまくいかない。

#### ⑤ 入出力装置の相違

脳にはきわめて精巧にデザインされた入出力器官が備わっている。特に、目、耳で環境を検知し、筋力を精密にコントロールして外界に働きかけることが可能になるのである。計算機にも入出力装置はあるが、これらの器官とは比較にならない。

シャノンも、同論文で、更に次のようなことも言っている。脳の細胞と同程度の数と複雑さを持つ構造を真空管や抵抗などの素子で実現しようとすればエンパイアステートビルくらいの大きさになり、これに電力を供給するためにはナイアガラ川が必要になる。当時やっと信頼性が高くなってきたトランジスタを使ったとしても、何百キロワットもの電力を食う。それに対して脳はたった25ワットで働いているのである。

この論文が出てから既に39余年の月日が流れ、状況は大きに変貌した。今やVLSIの時代であってメモリの容量がワンチップで1メガビットのものが作られ、ソフトも大きな進歩を遂げた。その結果、上記①、②についてはほとんど意味がなくなり、⑤についても差はかなり縮まってきた。特殊な分野では人間のそれを上回るものも開発されている。現時点の脳細胞と論理回路の比較を表で示すとつぎのようになる。

	論理操作1回に要するエネルギー (erg)	動作速度
脳	$3 \times 10^{-3}$	10回/秒
真空管	$6 \times 10^2$	$10^5$ 回/秒
LSI 論理回路	$4 \times 10^{-6}$	$10^9$ 回/秒

シャノンは素子の信頼性について真剣に議論していたが、最近のLSIゲートの故障率は人間の脳細胞が無故障で60年間継続するとして算出した脳細胞の故障率よりも低いそうである。こうしてみると、量の点では計算機は脳細胞に比べて何ら遜色がないというところまで来ていることがわかる。ところが、③と④のいわば質的な相違については一向に差が埋まっていないのである。

それでは1950年代以降の人工知能研究はどうなったかという、しばらくはパーセプトロンのように脳のニューロンの興奮、抑圧の機能をモデル化した閾値素子を階層的に結合させて知覚や学習を行わせるといった、いわば脳がしていると思われる方法で学習し適応するシステムの研究が続けられたのであるが、たいした成果は得られず、しかも脳の生理学的・解剖学的な研究が進展するにつれて脳の神経の構造や働きは思っていた以上に複雑で次から次に難問が出てくるのがわかり、脳の神経系を模倣する試みは次第にすたれていったのである。これに代わって主流を占めるに至ったのが情報処理モデルという考え方である。これは脳の神経系から離れて、人間の知識構造や思考過程に潜む原理を明確な形でモデル化し、計算機でシミュレートしようという方法論である。こうしていれば人工頭脳から人工知能へとパラダイムの変更が生じたわけで、それに伴い、研究は心理学、言語学、認知科学などの諸学問を取り込んで幅広い視野に立って行われるようになった。

それにしても人間の思考過程というのはかなり複雑でとらえどころがないらしく、記憶構造1つをとっても、頭脳はある時点での空間的關係、過去からの時間的關係、抽象的關係などを情報として持っていて、これらを自由に取り出すことができるということである。そうはいっても、導出原理（1階述語論理で論理式の証明を効率的に行う方法であり、証明したい式の否定を出発点として矛盾を導くことにより式を証明する）や、データ間に関連性を持たせた関係データベースなどの強力な手法が次々に開発され、目標に一步一步近づいていることだけは確かである。そして、数学の公式の自動証明マシンや天体の観測データを与えるとケプラーの法則を自動的に「発見」してくれるマシンなどが出現するに至っている。日本でも新世代コンピュータ技術開発機構 ICOT が 1982 年から 10 年計画で問題解決能力・推論機能を有するコンピュータの開発を目指して研究を進めており、内外の注目を集めている。既に幾つかの中間的な成果が新聞紙上を賑わしたのを覚えている方も多いと思う。

最近の人工知能に対する議論をファイゲンバウムとマコーダックの共著「The Fifth Generation」(1983 年)から拾ってみよう。彼らは人工知能への一般の反論を大体次の三つに類型化している。これを前に挙げたシャノンの議論を比較してみるのも面白いと思う。

#### ① 感情的な議論

思考は人間固有の特質であって、機械には考えられないという一種の信念に基づく議論。いわば石頭的反論である。

#### ② 克服しがたい差異があるという議論

思考には創造性、独創性が不可欠だが機械にはこれが備わっていない。知性は実世界や他の心をとおしてのみ得られる経験を必要とする。知能は自律的なものであるが機械はそうでない。知能は総合的なものである。機械がチェスや医療診断などの高度な仕事をなし得たとしても、他の仕事をすることはできず、その経験や創作を詩作などに応用することができない。自己のなした仕事を認識することは知能の 1 つであるが、機械は自意識が欠如している。

#### ③ 倫理的な議論

たとえ人工知能が可能だとしても、このようなことはすべきではないという考え。可能だからといって実現しても良いということにはならない。

シャノンの頃に比べると、人間の思考や内面の意識、意思に関するものが多くなっていることに気がつく。ファイゲンバウム等は以上の議論に対し、これらはいずれも人工知能の実現性に対する反論としては決定的なものではないと結論づけている。特に②については、これを突き詰めると唯我論に陥る。どれと取ってみても水掛け論に終わりそうな議論であるが、倫理的な議論がまじめに取り上げられるようになったこと自体、人工知能という言葉が身近になっている証拠と言えるだろう。驚くべきことに、チューリングは人工知能についての議論が水掛け論に終わることを予見してか、既に 1950 年に、知能の具体的内容に立ち入ることなく、あるマシンが真に知能を有しているかどうかを判定するためにチューリングテストと言われる方法を提案している。それは、人間がテレタイプなどを介して機械と質疑応答を繰り返したときに、質問者が人間と交信しているのか機械と交信しているのか区別がつかなかったらなら、その機械は知能を有していると判断することしようというものである。

マシンの代わりに犬がいたらどうなるだろうなどと考えると、また悩んでしまうのだが、少なくとも現在のところこのテストに合格するようなマシンは出現していないようである。

シャノンやチューリングが人工知能に言及してから既に 30 年以上が経過し、飛躍的な技術の進歩があつたにもかかわらず、「知能とは何か」という疑問は依然として不透明なままである。技術が発展すればするほど、人工知能という目標は逃げ水の如く我々の手から遠く離れてしまうように思

えてならない。

「火の鳥」に出ていた知能ロボットのロビタは人間の召使をしていた。ある日彼は、自分が人間と同様の思考能力と感情を持っていることを理由に人間の仲間入りを主張したのだが、受け入れてもらえなかった。彼は自分が人間と同等であることを訴えるために最後の手段を使った。自由意思で溶鉱炉に身を投げたのである。

#### 参考文献

- 1 黒川利明訳「コンピュータは考える」培風館（1983年）
- 2 Claude E Shannon "Computer and Automata" Proceedings of the I. R. E. (1953) pp 1234-12412.
- 3 E. A. Feigenbaum and P. McCorduck "Fifth Generation" (1983)
- 4 手塚治虫「火の鳥」朝日ソノラマ

(原稿受領59年9月)