

解説



様々な角度から見たニューラルネットワークの将来像

 1. ニューラルネットワーク
から知的システムへ†

麻生 英樹††

「ニューラルネットワークに関する理論的な研究の成果」というとどんなものを思い浮かべるだろうか。代表的なものとしては、パーセプトロン学習の収束定理にはじまり、階層型ネットワークによる連続関数の近似定理、ネットワークの容量や汎化能力の評価、学習速度、学習計算量の評価などがあげられるだろう。もちろんこのほかにも、コラム構造形成自己組織化モデルの理論、Simulated Annealing の収束定理、正則化理論や統計的推測とネットワークの学習の関係、Fourier 解析や Wavelet 解析との関係、Chaos との関係、さまざまな新しい学習アルゴリズム、などを思い浮かべる人もいるかもしれない。(これらのうちの多くについては、たとえば Hertz らの教科書¹⁾によくまとめられている。) これらの結果は、特定のアーキテクチャ(構造)をもつニューラルネットワークの非線型なダイナミクス(興奮伝播ダイナミクス、あるいは、学習ダイナミクス)に関する理論的な解析や新しい提案の成果として、それぞれ非常に興味深いものであり、今後ますます発展してゆくであろう。だが、もうちょっと違う方向はないだろうか? というのが本稿の主旨である。

そもそも筆者がニューラルネットワークに興味をもったのは、その非線型ダイナミクス自体もさることながら、人間の情報処理のしくみを少しでも理解したい、そして、できれば、なるべく人間に近いような知的システムを作りたい、というごく素朴な動機からであった。このような人はほかにも多いに違いない。そして、このような素朴な地点に立ち戻ってみれば、ニューラルネットワークのダイナミクスの研究も、人間の脳の構造や働き方の研究も、さらには、知識処理的な人工知能の研究も、すべて、この目的のための手段という

ことになる。そして、この観点から眺めたときに、上のような理論的な成果がこの目的にどのようにかかわってくるのかは(少なくとも筆者には)、それほどはっきりと見えてこない。

それが見えてこない理由は、なんだろうか? 何が欠けているのだろうか? 正直なところ、筆者には、何が不足していて、どうすればいいのかあまりよく分からないのであるが、それでも無理矢理何かを答えるとすれば、上にあげたような諸成果の多くは、ニューラルネットワークという処理メカニズムについての研究であり、これらに加えて、処理対象の性質とそれを反映した処理過程自体についての研究が必要なのではないか、と言えるように思われる。少し別の言い方をすれば、「知的に振る舞うシステムをつくる」というゴールがどのような部分ゴールに分解できるのかが見えていない、とも言えるだろう。つまり、システムを知的に振る舞わせるには、どのような処理をするモジュールをどのように組みあわせることが必要か? がよく見えていない。知識を記述し、それを使って推論するための方法や、ニューラルネットワークの学習技法はいろいろと提案され、洗練されてきているのに、肝心の、どのような知識をどのように記述する必要があるのか、あるいは、何をネットワークに学習させる必要があるのか、がよく見えていないのではないだろうか?

歴史を少し振り返れば、たとえば、ゲームプレイングについて Samuel が⁶⁾、自然言語処理について Winograd⁷⁾、あるいは Chomsky が、そして、視覚情報処理について Horn²⁾ や Marr⁴⁾ が、それぞれ自分なりの答えを与えたように思われる。彼らの答えはかならずしも正しくはなかったかもしれないが、それぞれの分野を刺激し、その後しばらくの間の研究の規範的枠組みとなったことは事実であろう。もちろん、これは非常にむず

† From Neural Networks to Intelligent Systems by Hideki ASOH (Electrotechnical Laboratory).

†† 電子技術総合研究所情報科学部情報数理研究室主任研究官

かしい問題であり、こうした規範的枠組みを与えるようなことは、一部の天才のひらめきによってのみ可能なかもしれない。しかし、ここになんらかの仮説が与えられないことには、話が先に進まないところであるとすれば、もう少し多くの努力、あるいはもう少し多くの注意がこの問題に注がれてもよいように思われる。

これに対して、まず思いつくアプローチは、「脳の解明」という方向であろう。われわれの脳は、長年にわたる進化の結果としてこの世界でうまく機能しているのであるから、脳の構造と機能を解明するというのは、結果としてこの世界の情報のありかたとそこで必要な処理をも解明することになるはずである。これが、計算論的神経科学のめざすところであり、ニューラルネットワークは、脳の構造と機能の本質的な部分を記述し、シミュレートするためのモデルとして、つまり、脳解明の構成的ツールとして、現在以上に使われることが期待される。

もう少し別のアプローチとしては、この世界に存在する情報の性質をもう少し整理してみる、ということも考えられるように思う。人間が処理している情報は、最も素朴には多チャンネルの情報源によってモデル化される。その多チャンネル情報源の確率的な構造は、統計/データ解析的な方法によって理解、記述し、利用することができるはずである。また、特定の状況においては、情報に対する変換のもたらす効果が群論的な構造をもつこともあるだろう。そのような場合には、群論による解析を使って、より有効な情報表現を得ることができるかもしれない。たとえば、古典的なパターン認識や視覚情報処理について、大津⁵⁾や金谷³⁾がこうした解析を行っている。もちろん、この世界の情報の性質については、よりアブストラクトなレベルでの記述が有効なことも多い。実際、われわれの知的さの大半は、言語の使用によっている。このためには、まず、われわれの言語により近い、豊富な経験をベースとした柔軟な推論のできる記号系を構成することからはじめなければならないのだが…。

情報処理の研究は万能計算機械や情報伝送からはじまったために、ややもすると、あらゆる情報を処理、伝送できるというある種の万能性が暗黙のうちに前提されてしまう傾向があるように思わ

れる。しかし、あらゆる世界で知的に振る舞うことのできる万能知的システムがおそらく実際的には存在しえないとすれば、それは、この世界で知的に振る舞うことのできるシステムをデザインするためには、この世界の情報のあり方を知っている必要があるということの意味している。

この関係は、数学と物理学の関係に少し似ているかもしれない。物理学は普遍的な数学を道具として、この世界(われわれの宇宙)のありさまを解明するものである。とすれば、これまでのさまざまな普遍的な情報処理の方式に関する研究の結果を道具として、この世界に特殊な情報のありさまを解明し、適切な処理方法を探るような科学の体系があってもよいように思われる。そして、ニューラルネットワークもまた、そのような道具の一つとしてそこで使われてゆく、というのが、現在の筆者にとっての、ニューラルネットワークの将来像の一つであるのだが…いかがなものだろうか？

参考文献

- 1) Hertz, J., Krogh, A. and Palmer, R. G.: *Introduction to the Theory of Neural Computation*, Addison Wesley, New York (1991).
- 2) Horn, K. P.: *Robot Vision*, MIT Press (1986).
- 3) 金谷健一:「画像理解—3次元認識の数理—」, 森北出版 (1990).
- 4) Marr, D.: *Vision*, Freeman, San Francisco (1982). (乾他訳:「ビジョン」, 産業図書 (1987)).
- 5) 大津展之:「パターン認識における特徴抽出に関する数理的研究」, 電子技術総合研究所研究報告第818号 (1981).
- 6) Samuel, A. L.: *Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*, *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 3, pp. 210-299 (1959), Reprinted in E. A. Feigenbaum and J. Feldman (eds.), *Computers and Thought*, McGraw-Hill.
- 7) Winograd, T.: *Understanding Natural Language*, Academic Press (1972). (淵他訳:「言語理解の構造」, 産業図書 (1976)).

(平成6年1月24日受付)

麻生 英樹



昭和33年生。昭和56年東京大学工学部計数工学科卒業。昭和58年同大学院工学系研究科修士課程修了(情報工学専攻)。同年電子技術総合研究所入所。現在情報科学部情報数

理研究室主任研究官。神経回路網の数理モデル、パターン情報処理、多変量データ解析の研究に従事。著書「ニューラルネットワーク情報処理」(産業図書)。電子情報通信学会、日本行動計量学会各会員。