手のひらサイズの脳

脳に備わった複雑な計算機能を解明し、新たな人工知能システムの基盤を生み出す。

原文：A brain in the hand

Nature Vol.432(18)/ 4 November 2004; www.naturejpn.com/digest

On Intelligence: How A New Understanding of The Brain Will Lead to the Creation of Truly Intelligent Machines

Jeff Hawkins, with Sandra Blakeslee

Times Books: 2004. 272 pp. \$25

Igor Aleksander

近頃、精神や機械、知能に関する本が数多く出版されており、もはやそのそれぞれに独自性を見出すのは難しくなっている。そんななか、本書の著者である Jeff Hawkins は、独自の見解をもっている。Hawkins は、ポケット電子手帳のパイオニアの一人であり、Palm Computing、Handspring 両社の創設者である。これらのメーカーの製品は、企業の幹部にも技術の専門家にも人気が高い。彼は、複雑なデジタルシステムの設計を冷静にとらえ、神経科学への情熱もある。本書の信頼性の基盤は、まさにここにある。

本書は、スーパーインテリジェント・ポケットコンピュータの未来を予告するような書物ではないかもしれない。だが、脳に備わった特定の複雑な計算機能を解明し、そのようなコンピュータの開発を目指す道筋が丁寧に分析されている。その書きぶりはまるで著者の個人史を読むかのようなようだ。Hawkinsは1980年代半ば、人工知能の研究やコンピュータをもってしても人間一人一人に備わっているような知能を作り出せていないことに気づいた。これが著者にとっての最初の節目だった。著者は、コンピュータがもつパワーとスピードによるスマートな外向きの挙動をベースとする人工知能では、〈知能とは何であるのか〉、〈脳の方がコンピュータよりも知能を生み出す点で優れているのは何故なのか〉といった論点を解明できない、と常々感じていた。そして、複雑な脳のアーキテクチャーを解析し、そこから計算理論を構築しない限り、脳についての解明はできない、と主張した。しかし、この考え方は、産業界にも学界にも受け入れられなかった。当時は、「人工知能開発を推進する人々(artificial intelligentsia)」の「パワーとスピード」による手

法が世の主流で、脳モデルの有効性は認知されず、脳は「グニャグニャでのろまな」ものだと風刺されていた。著者は、すでに優秀なコンピュータ技術者としてのキャリアをかなり積んでいたが、昼間の仕事を終えてから生物学と神経学を勉強する生活を送るようになり、しまいには昼間の仕事をやめ、カリフォルニア大学バークレー校の大学院生として、生物物理学を学ぶようになった。

著者がこのように新たな道に踏み出したのは、ニューラルネットワーク、すなわちコネクショニズムという考え方が、古典的な人工知能理論に代わる理論として支持者を増やしている頃だった。しかし後になって、研究者たちはこの新しい考え方にも失望することになる。ニューラルネットワーク理論は、脳から直接ヒントを得た考え方ではなく、むしろ脳とは遠い関係にあり、この遠さが、理論に

とつての致命傷
 となったのである。その後、コネ
 クショニズムは
 学習の数学的性質
 論に重心を移すよ
 うになったが、真
 の知能の性質はほ
 とんど解明されな
 かった。地球上で
 最も複雑な機械と
 いえる脳は、計算
 論のレベルで解明
 されることはな
 かったのだった。

このように神経科学研究が実を結ばず、まとまりのないデータがまるで洪水のようにあふれることに意気消沈した著者は、組織

原理を探し始めた。そして、ジョーンズ・ホプキンス大学(米国ボルチモア)の Vernon Mountcastle の研究を頼るようになった。Mountcastle は、異なる感覚種に共通するメカニズムを探求する研究を推進している。たとえば、視覚と聴覚は種類の異なる感覚であるが、信号が処理される過程では、両者間に工学技術的な共通点がある。これら 2 つの感覚種の背後には一般的な原理があることが示唆されているのだ。

本書の大部分は「コンピューター科学者がどのような勘違いをしていたのか」という点に集約される。脳の場合、記憶とは能動的な作用であり、細胞間の相互作用に端を発している。記憶には安定的な状態があり、入力された情報がきっかけで脳の一部分がそのような安定状態になると、「あ、思い出した(Aha!)」という感覚が得られるのだ。これは、

▶ 従来のコンピューターにおけるファイリングキャビネット型のメモリーとは大きくかけ離れている。脳は、絶えず次なる入力情報についての予測を行うが、コンピューターは単に情報が入力されるのを待って、それに反応するだけだ。このような相違点から、記憶という外の世界との能動的な関わり合いをするために作り上げられた大脳皮質の構造、つまり真の知能について著者は明快に説明する。意識を「料理におけるソース」にたとえて、それによって肉が意識のある存在に変化するという学説があるが、著者は、大脳皮質の動きをもとにこの学説の誤りを論じている。その上で、彼自身の記憶—予測モデルの有効性に関する一連の検証可能な予測を示している。

意識を備えた究極のパームコンピューターの青写真が見られると思って本書を手にした

読者はがっかりすると思う。本書は、計算する方法に関する書物ではなく、むしろ、いかに計算をせずにすませるかについて書かれた書物なのだ。論旨は明快で、パンチの効いた文章が読みやすい。共著者 Sandra Blakeslee (ニューヨークタイムズ紙コラムニスト) によるところが大きいのだろう。彼女は、これまでに精神や心理学に関する書物の著者に協力し、その内容の充実を図ってきた実績がある。ところで最後に、大勢のコンピューター科学者が自分の考え方に賛同していることを忘れていているという批判は、精神についての著述を発表してきた他の計算論研究者の場合と同じく、Hawkins にも当てはまる。研究者たちは、過去の研究成果の非難をやめ、互いの研究に目を向ける時期だ。例えば Mountcastle (ただし彼の名前は示されていない) のようなアー

キテクチャーを提唱している研究者もあり、動的な記憶と予測を分析する研究は、1990年代中頃から文献に登場している。

そうは言うものの、本書は、脳の働きを解明し、人工知能システムに新たな基盤を生み出す可能性の高い計算論的分析を示した魅力的な著作である。このような研究には、著者と考え方を同じくする研究者による共同研究の強化が必要だ。著者は2年前にレッドウッド神経科学研究所 (Redwood Neuroscience Institute) を設立しており、これが役に立つことだろう。 ■

評者の Igor Aleksander は、ロンドン大学インペリアルカレッジ (Exhibition Road, London SW7 2BT, UK) の名誉教授 (神経システム工学専攻) である。同氏の最新書『The World In My Mind』は2005年に刊行予定。

essay concepts

言葉より前にありき

言語の進化：進化の痕跡がヒトの言語の究極の起源について手掛かりを与えてくれるかもしれない。

原文：Before the word

Nature Vol.431(745)/14 October 2004; www.naturejpn.com/digest

Gary F. Marcus

François Jacob の有名な喩えのように、進化が、まわりにあるものを手当たり次第に使って新しいものを創り出す下手な職人だとするなら、人間の言語能力はいったい何を元につくられたのだろうか？

言語の進化についての話題は、ほとんど、言語系に内在する特徴的变化に絞られてきた。最も初期の言語形態は、話しコトバだったのか、それとも(手話のような)身振りだったのか？ 言語は突然生まれたのか？ それとも、徐々に発生したものであり、単純な一語の「共通基語」(「現在」に関する短い表現に限定されたもの)から発生し、個々の単語を意味ある構文にまとめた複雑な言語系(具体的な現在だけでなく、未来、過去、可能性をも含んだもの)へと、一步一步、進歩してきたのか？ こうした疑問をどうやって解明するかにかかわらず、もし、私たちが言語の究極の起源を探

ろうとすればやはり、最初の共通基語系を越えて、はるか以前、すべての言語形態に先んずる何らかの前言語的系まで遡る必要がある。

言語発達前にあったと思われるものには、複雑な事象の計画あるいは順序づけ、カテゴリー化、反復行動の自動化、時空の概念を表

わすための系が含まれてるかもしれない。いずれの場合にも、言語以前の認知(または運動)の先駆体と言語に見られる系の間には、相似するものが存在する。たとえば、多くの動物はナビゲーション用の心象地図を作ることができ、既知のあらゆる言語は空間的な比喻表現を大いに活用している。したがって、心の空間表現方法が、言語のしくみに何らかの関係をもっているか、少なくとも利用されうるとの結論を出したくなる。

しかし、似たものがあるというだけでは、2つの系の間で共有される系統を確立するのに充分ではない。それぞれが、独立に進化しただけかもしれないからだ。たとえば、ある言語系は、既存のその他の認知機能自動化のしくみとは無関係に、独自の反復作業自動化のしくみを進化させたかもしれないではないか。

言語以前の祖先があったことを確認する、もっと有力な方法は、進化論的な仕掛けによ