

脳研究の現在・過去・未来

塚田 稔 ●玉川大学名誉教授・脳科学研究所客員教授

「脳トレ」「脳力アップ」といった、脳を鍛えるゲームや関連書籍が人気を呼んでいます。近年の機器類の進歩で明らかにありつつある脳のしくみ。その最前線を担う研究者の取り組みを、日本の脳研究を牽引してきた塚田教授が執筆しました。



玉川大学では2フォトン顕微鏡やfMRI（機能的磁気共鳴画像法）など、最新の機器類を用いて、脳の動きを解明している

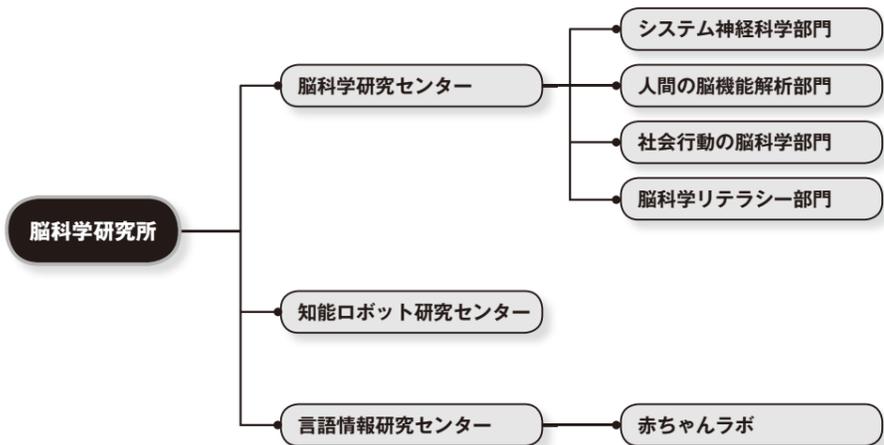
所、東京大学などが中心となり、人間の情報と通信と制御に関する学際的研究を工学に生かすバイオニクスが盛んであった。

私は、脳研究を進めるうえで、脳の機能的な部分のみを研究するだけでなく、人間にとって、脳がどのような役割を果たしているのか、総合的に研究することが重要だと考えた。そこで、生物系の生理学と工学系の情報科学を結び付けた研究に着手。当時の脳モデル・福島邦彦NHK放送科学基礎研究所主任研究員・数理科学・甘利俊一（東京大学教授（現・独立行政法人理化学研究所脳科学総合研究センター特別顧問）と相談して神経情報科学研究会を設立した。毎年三月には、玉川大学においてフォーマルな研究会を開催。夏には富士山麓や伊豆をはじめ、各地で研究会を開催した。やがてその仲間が、日本神経回路学会を創設する中心人物となる。

一九九〇年代になり、人間の脳のしくみを人工ニューロン（神経細胞）で再現する「ニューラルネットワーク」の研究が世界的に盛んになった。この時期と呼応して、本格的に医学系の脳研究者と工学系の情報科学研究者の接点が始まった。われわれは、この分野における日本の研究のレベルの高さを世界に発信するため、神経回路網国際会議（一九九四年、名古屋、甘利俊一・組織委員長）を初めて開催した。

会議に先立ち、私は数カ月をわたって甘利

玉川大学脳科学研究所とは？



学術研究所に所属していた脳科学研究施設を拡充させ、2007年「脳科学研究所」を設立。人間の脳と心を解明する研究の場として、脳科学研究センター、知能ロボット研究センター、言語情報研究センターの3つの研究センターが連携し、組織的な研究活動を展開。その成果を世界に向けて発信している。また、本学の学部、大学院との連携を密にして教育への貢献を進めるとともに、脳研究者や教育関係者・技術者の育成にも力を入れている。

*1 ブレイン・マシン・インターフェイス (Brain-machine Interface) 人間の意図を読み取り、コンピュータやロボットがその代弁をする技術。現在は研究段階だが、今後は臨床分野との共同研究が進められる予定
*2 バイオニクス 生物のもつ感覚や制御などの機能を人工的に作りだし活用する技術

進展を遂げる脳研究

最近の脳研究は、fMRI（機能的磁気共鳴画像法）など、脳の活動状態を計測する機器類の進歩とともに進展を遂げてきた。ダ・ヴィンチのモナリザの絵を見て美しいと感じるとき、脳のどの部位が活動するのか、また、失恋の痛手で悲しんでいるときは脳のどの部位の活動が低下しているのか、など様々な脳の活動状態が時々刻々、テレビ画像のように映し出されるようになった。

このような技術を活用して、人間と機械をつなぐ「ブレイン・マシン・インターフェイス」の分野が急速に発達している。介護ロボットや分身ロボットが活躍する時代が始まるうとしているのである。肉体が損傷あるいは老化すると、脳の活動が退化することがよく知られている。そこで人間の脳の活動を計測し、ロボットが人間の行動を代行することで、脳の活性化を促進させる。脳に損傷を受けた人にとってはまさに福音となるだろう。

脳と肉体と外部環境のコミュニケーションによる相互作用を計測し、その大量のデータの変化から脳の内部状態を推定する、新しいシステム神経科学の研究が始まっている。

脳研究のあゆみ

思えば四〇年前、私が玉川大学に講師として就任したころ、NHKの放送科学基礎研究

組織委員長とともに、日本の関連企業のトップを訪問。協力を要請した結果、二、〇〇〇万円を超える寄付金を募ることができた。すでにバブル期を過ぎていたにもかかわらず、快く寄付をしていただいたのは、この分野に対する各企業の理解と期待の表れであったと考えている。国際会議は七〇〇名に及ぶ国内外の参加者があり、大成功であった。

この後、甘利氏を中心に、医学系の酒田英夫（日本大学医学部教授）、外山敬介（京都府立大学医学部教授）、津本忠治（大阪大学医学部教授（肩書きはいずれも当時））らと、「脳とニューラルネットワーク」をテーマにした、文部省重点領域プロジェクトの申請が一九九一年に始まり、二一世紀に向けて脳研究の全国研究グループが誕生した。

私は、生理学系と工学系の研究者の橋渡し役として実行委員長を引き受けることになった。今でもそのときが記憶に残っている。外山教授から「塚田君よ、このプロジェクトの成否は今後の日本の脳研究を方向づける重要な原点となる。慎重にも慎重にやってくれ」と言われたのを、鮮明に思い出す。その後、重点領域の研究は甘利氏、外山教授、丹治順教授（元玉川大学脳科学研究所所長）がリーダーを務め、一五年続くことになった。

一方、アメリカでは脳研究の重要性が国民的支持を得て、「脳の二〇年」と呼ばれる重点プロジェクトが国会で決議され、莫大な予

算が注ぎ込まれていた。われわれも、人間とは何かを考え、理解するために、二一世紀こそ脳研究が重要であり、それを人間社会に役立てるといふ観点から、「脳の世紀運動」(リーダー/伊藤正男・元理化学研究所脳科学総合研究センター長、金沢一郎・元国立精神・神経センター名誉総長)を展開。一般市民や政府へ働きかけていった【図1】。この運動を継続する中で、一九九七年、理化学研究所に脳科学総合研究センターが設立され、日本の脳研究の中枢ができることとなった。

玉川大学の取り組み

玉川大学では、小原哲郎名誉総長、小原芳明学長が若い研究者の夢を支援するとともに、次代に先がけた新しい全人教育を展開していた。

私は全人教育の理念のもと、宗教、哲学、心理学、科学を包含する学際的研究機関としての脳科学研究施設を創設することを打診した。一九九六年、学術研究所に脳科学研究施設が設立された。

当時の教育哲学・福井一光教授(現・鎌倉女子大学学長)をはじめ、昆虫学・佐々木正己教授(現・学術研究所所長)たちの協力を得て、医学・生物学だけでなく、言語学・哲学・工学など、様々な視点から人間の脳と心を理解する研究が始まった。

その後、この取り組みが玉川大学の「全人

トウエアである情報操作や、新たな情報を生み出す機能に、格段の差が存在すると考えるのが妥当であろう。

たとえば、コミュニケーションの手段である言葉は、人間の脳が獲得したもつとも優れた機能である。チンパンジーやサルに言語を教育しても言語獲得が現在のところできていない。一方、人間は感覚系から入った情報を抽象化する機能を発達させ、そのうえでシンボル化するようになった。結果、人間は、急速に推論や論理的思考を身につけ、言葉によるコミュニケーションが活発になり、言語を獲得するにいたったと考えられる。そして、新しい情報を創成するという格段の進化をしたと考えることができる。

人間の子どもとチンパンジーの絵を比較してみると、その違いがよくわかる。たとえば、人間の子どもとチンパンジーに、サルの顔の輪郭を描いた紙を渡すと、人間の子どもは目や鼻や口を描くのに対し、チンパンジーは目の前に存在しないものを決して描かないのである。まさに人間の創造の豊かさを示している【図2】。

一方、出来事の起きた順序などを素早く記憶し、その結果に基づいて餌を獲得する短期記憶の課題では、チンパンジーのほうが人間の子どもよりはるかに優れていることがわかっている。つまり、チンパンジーは現在の状況や実際に見える世界に重点を置いて行動す

図1：脳の世紀運動&ダイナミック・ブレインフォーラム

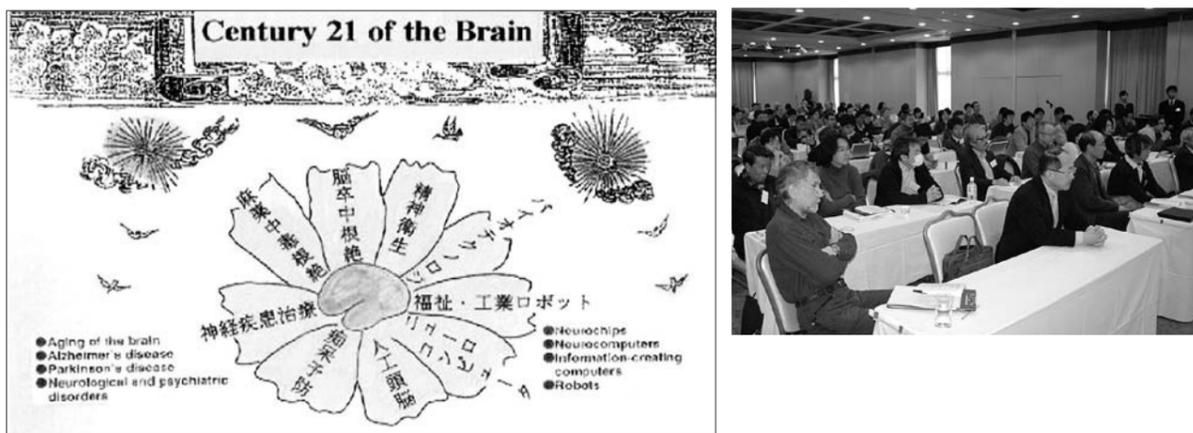


図1(左)：1990年代、21世紀は「脳の世紀」と題して、脳研究の重要性を訴え寄付を募った。そのときに使用したこの図は、画家でもある筆者が描いたもの(一部抜粋)。中心の花は、当時本学農学部で改良された「黄色コスモス」をもとにデザイン。のちにこの図は日本の脳研究の基本概念として、「ネイチャー」など世界の有名科学誌に掲載された写真：甘利俊一氏と立ち上げた「玉川—理研ダイナミック・ブレイン国際フォーラム」。1996年より毎年1回、世界各国で開催。玉川の脳研究が世界的に認められるきっかけとなった。2004年より、名称を「玉川ダイナミック・ブレインフォーラム」に変更し、今年13回目を迎えた

図2：「ない」ものを補う人間(3歳2カ月・左)と、「ある」ものに重ねるチンパンジー



人間の子どもとチンパンジーに、サルの顔の輪郭を描いた紙を渡すと……。人間は、目や鼻を描き加えるが、チンパンジーは輪郭をなぞるのみ。その違いがはっきりとわかる。
出典：小泉英明編『脳科学と芸術』(工作舎)より、斎藤亜矢「鉛筆をもったチンパンジー」

的人間科学プログラム」へと発展。二〇〇二年、文部科学省が選定する二一世紀COEプログラムに採択された。二〇〇七年には学術研究所から脳科学研究施設が独立し、脳科学研究所が誕生。さらに二〇〇八年には、「グローバルCOEプログラム」に本学が採択(リーダー・坂上雅道教授)。これは文部科学省が日本のトップクラスの研究機関を選んで、重点的に予算を配分するというものだ。

ここまでわかった脳研究

では、実際の脳研究はどこまでが解明されているのか。ここで、紹介しよう。

霊長類の長として存在する人間は、チンパンジーやサルとどのように違うのか、この問題を理解することから、人間の脳がもつ特徴を考えてみたい。

脳のハードウェア的な特徴の比較においては、決定的な証拠は見つかっていない。たとえば脳の大きさや重さを比較しても、人間よりマッコウクジラの脳のほうが、大きくかつ重いことが知られている。体重に対する脳の割合も、人間の脳が最大ではない。またチンパンジーと人間の遺伝子の差も数パーセントに過ぎないことが明らかになり、ハードウェア的には類似している。したがって脳のソフ

のに対し、人間は現在の状況のみに依存するのではなく、過去の経験を生かし、やがて起きる状況を想定して行動するのに優れている。人間は現在の記憶能力を犠牲にして、未来予想や創造機能を獲得したと言える。

では、チンパンジーやサルは、未来を予想したり、推論することはできないのだろうか。たとえば、三段論法のように、「A=B、B=C。この前提から、A=C」という結論を推論できる」ものである。

こうした脳内のメカニズムを究明することは、思考や創造力を理解する手がかりになると考えられていた。そこで、われわれはサルの前頭葉の神経細胞活動を計測。試行錯誤の末、ついにサルが三段論法を行っていることを突き止めた。この成果は、二〇〇八年、アメリカの科学誌「ネイチャーニューロサイエンス」に掲載された(詳細は本誌二〇〇八年一〇月号を参照)。サルと人間をわけけるものは何か。その研究はまだ始まったばかりなのだ。

さらなる発展を目指して

現在、玉川大学脳科学研究所では、木村實所長のもと、若き研究者が主体性と協調の精神を持って、独創的な研究を進展させている(本誌二〇ページに関連記事を掲載)。玉川の脳研究は人間の脳と心を理解し、人間とは何かという根源的な問いを解明し、人類に貢献できる研究を世界に向けて発信している。