

生命科学のフロンティア——その17

21世紀は脳の時代になるといわれる。国の脳科学プロジェクトも動き出している。その脳の研究でも、記憶や意識、言語は最後の謎といわれるほど解明が難しい。心の秘密にもつながっている。東京大学大学院総合文化研究科の酒井邦嘉助教授は、言語が脳でつくり出される仕組みの解明に認知脳科学から迫ろうとしている。日本ではまだ珍しい最先端の研究だ。



心の秘密をさぐる

酒井 邦嘉氏

1964年生まれ。東京大学理学部卒。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。1992年東京大学医学部第一生理学教室助手、マサチューセッツ工科大学訪問研究員を経て、1997年から現職。専門は認知脳科学。著書に「心にいども認知脳科学—記憶と意識の統一論」がある。

11月中旬、東大の駒場キャンパスには、やや遅い秋が訪れていた。正門付近には、お馴染みの立看板がにぎやか。酒井氏が所属するのは大学院総合文化研究科の広域科学専攻生命環境科学系。紹介パンフによると、「従来の理系、文系という分類をこえ、生命に関して分子からヒトまでを包括するきわめて学際的で先端的な大学院」とある。

酒井氏はいま「機能イメージングによる言語の認知脳科学」に取り組んでいる。しかし、元はといえば出身は物理学科。基本的な学問としての物理学に興味を覚えたが、実際に研究するとなると何がいいのか。そして選んだのが生物物理学。堀田凱樹先生（現・国立遺伝学研究所長）の研究室に学部学生時代から入りびたり、ショウジョウバエの不思議な現

象を顕微鏡で見せてもらった。

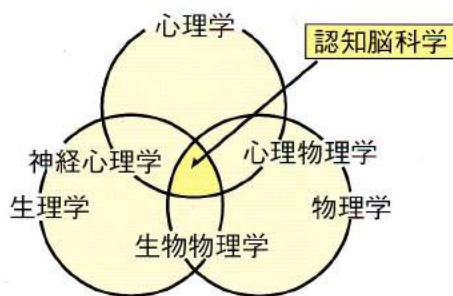
「学科は物理でも、研究対象は生物。実験手法も生物学そのものでした。対象が重要なのであって、学問分野は物理学でも生物学でもかまわないことがわかりました。そして、ショウジョウバエの行動は遺伝し、それが脳の構造で決まること、そして遺伝子によって変えられるのを知って、脳がおもしろいんだと感じたのです」

大学院はショウジョウバエの神経系を研究してすごしたが、その間に生物学の手法をあ

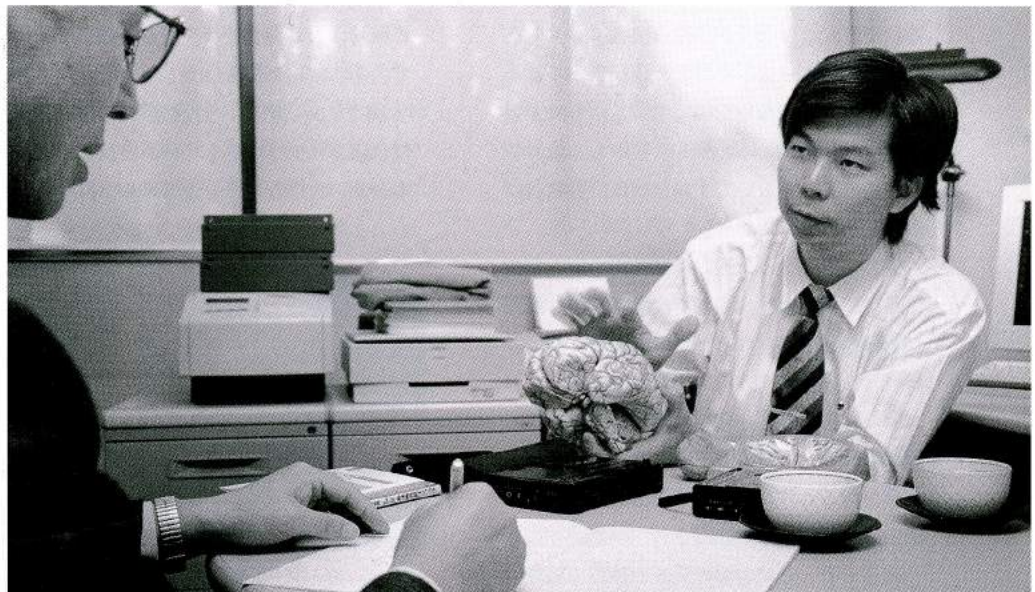
らかた経験できた。個体の繁殖からはじまって、試料切片の作り方、顕微鏡による観察の仕方、DNAや蛋白質の抽出法、遺伝子操作やマッピング……。昆虫でも脳の構造はまだよくわかってはいなかったが、人間に興味があった。そこでサルの大脳皮質でニューロンの研究をすることにした。博士課程で医学部第一生理学教室に移動。宮下保司先生の研究室で、サル（ニホンザル）の飼育、トレーニングからはじめたという。

「研究テーマは、だれもやったことがない、難しい実験に挑戦しました。サルに二つの図形を見せて、その連想関係を覚えているかどうかを調べる実験です。サルにしてみれば、出たところ勝負ではできず、連想関係を記憶しなければなりません。そのことを確実に調べる実験は結構難しいのです。チンパンジーのほうが人間に近いので脳を知るにはいいのですが、行動実験に限られています」

実験では、脳のニューロン（神経細胞）の一つ一つに、電極を順番に刺し、図形を見せたときに活動する場所を探す。探索領域のニューロンの数は何万とあるから大変な作業だ。1日に10個ぐらしか測定できないから、数千個のニューロンを調べようとしたら、1年



現在の学問体系と認知脳科学



牧野 賢治氏

1934年愛知県生まれ。1957年大阪大学理学部卒業。1959年同大学院修士課程修了。毎日新聞編集委員(科学・医学担当)を経て、現在、東京理科大学理学部教授(科学社会学)。92年11月東京で開かれたユネスコなどの主催による第1回科学ジャーナリスト世界会議で実行委員長をつとめた。著書に「理系のレトリック入門—科学する人の文章作法」(化学同人)、最新の共訳書にL.ウィンガーソン「遺伝子マッピング—ゲノム探究の現場」(化学同人)がある。



牧野賢治現地取材!

はかかる。苦心の試行錯誤の結果、酒井氏らは、用意した人工図形の中の特定の二つの図形の組み合わせを見せたときにだけ反応するニューロンが、側頭葉の視覚を記憶する場所にあることを発見した。論文は実験を始めて2年半後に『Nature』に掲載された。

ニューロンの活動の記録をとっているときは、音で活動状況がわかる仕組みになっている。電気活動があるとバリバリと音が出る。そうしたなかで、「思い出しのニューロン」の存在もみつけた。例えば、リンゴとバナナの図形を記憶させ、次にリンゴだけの図形を見せるが、見ているうちに、しだいにバリバリが強まり、バナナを思い出しているのだと推測できたという。

「一つのニューロンで連想できる神経回路が脳にはあるということで、驚きました。しかし、この実験をやっているうちに限界を感じたのです。この電気生理学の手法は70年代に確立され、確かに多くの成果をあげてきましたが、脳を傷つけるのです。だから人間にはできません。それに、脳の活動ではなく、心の働きを知ろうとしたらサルでは不可能です。サルに聞くわけにもいきませんからね。知覚や記憶、意識の研究を人間でなんとかで

きないか、と考えました。そんなとき、学生時代にシンポジウムで聞いたPET(陽電子放射断層撮影法)を思い出したのです。ワシントン大学のレイクル教授の話でした。人間の脳を切らずに外から調べられるというものです。言語とか判断の際の脳の活動が画像化して見えるというのでショックでしたね」

PETをやろうとしたが、ベビーサイクロトロンや放射性同位元素を使うので、個人の研究室では無理とわかった。丁度そのころ、1992年にfMRI(機能的磁気共鳴画像法)が登場した。

「これだ、と思いましたね。同じ被験者で繰り返し実験できます。磁場をかけるだけなので安全ですね。サルでやったことを、脳を切らずに人間でできるのです。ちょうど日立の中央研究所でfMRIの基礎研究をはじめており、脳科学への応用をテストしたいというので、93年から共同研究がスタートしました。はじめは、どうしたら信号が安定して取り出せるのか苦労しました」

92年にはアメリカで、指を動かすと運動野が活動することを検出したり、視覚野の活動も計測できるようになっていた。

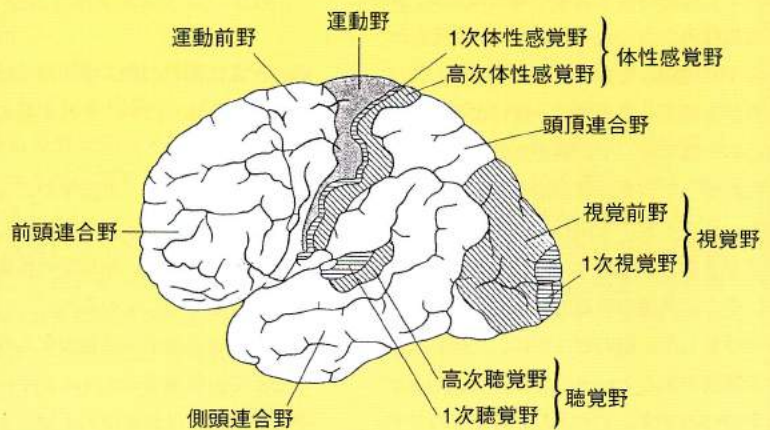
「そこで、皮膚感覚をやってみたのです。

体性感覚はだれもやってなかったのです。歯ブラシで指をこすると頭頂葉の体性感覚野が活動しました。足をたわしでこすると、少し違う場所の体性感覚野が活動します。脳の中に皮膚のマップがあるのです。これなら使える、というので視覚に挑戦しました」

光に対する反応だけなら、すでに研究もあったので、色を見せることにした。色のないパターンを見せると、脳底の側頭葉後部が活動することがわかった。100年以上も前に、色に関係がある場所としてわかっていたところだ。そこが病気で壊されると色がわからなくなる。

「そこでやったのが、色の残像を利用する実験です。残像という現象は、色の物理的な刺激がなくなっても色が見えますね。そのとき脳の中でニューロンは活動を続けているわけです。それがfMRIで、はっきりつかめます。これはおもしろいのです。脳の中の外に出てこない言語、思考、感情などの働きが外から見られることになるので、画期的です。脳科学は大きく変わってきました。なにしろ脳をまったく傷つけないのがいい」

しかし問題点はある。fMRIは時間的な解像度がよくない。分解能は数秒ぐらいだ。



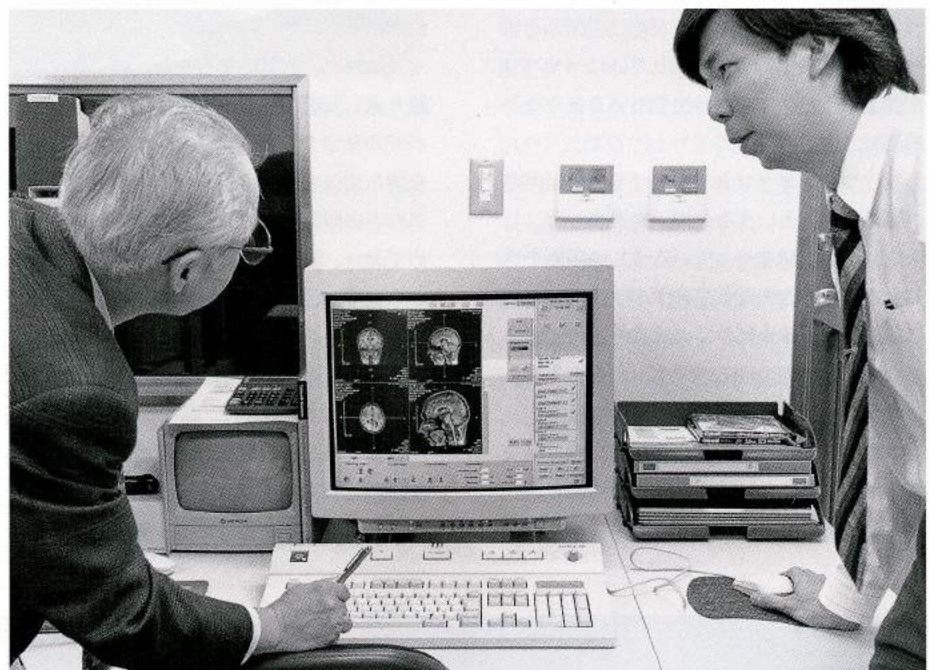
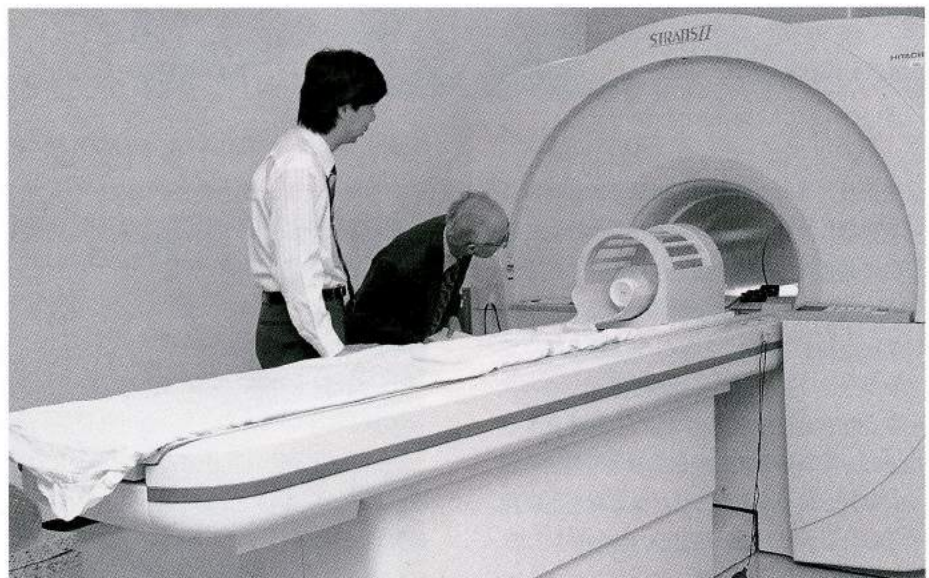
大脳皮質のさまざまな領域

神経活動の差は血管の血流量に現れ、それを測定するので時間差が生じるのだ。一方、空間的な解像度はよく、1ミリ以下も可能。したがって、脳科学の究極的な技術とまではいえないものの、従来見えなかったものが沢山見えるようになっている。

「こうなってくると、心理学者はおもしろくてたまらない。なにしろ、ブラックボックスだったものが見えるようになってきたのですからね。アメリカでまず盛んになり、世界にひろがりました。すぐにやれることはほとんどやられてしまった感じです。人間の脳のマッピングが進んでいるのです。ただし、何かをやると脳の特定の場所のニューロンが活動することはわかって、その逆が成り立つかどうかはわかりません。その間をつなぐ論理のネットワークは不明です。これからですね。その最初の突破口が開けたところでしよう」

96~97年にボストンのマサチューセッツ総合病院へ行った。fMRIのメッカの一つで、世界中から研究者がきていたという。そこで考えたのが、人間でできてサルでできないこと、つまり言語の研究だった。

「思考や意識を最終目標にするにしても、言語は避けて通れない、古くて新しい問題です。視覚から言語へテーマをスイッチしました。そしてMITの言語学者、チョムスキーを知りました。いま生きている人の中で、もっとも知性のある一人でしょうね。研究のかたわら平和運動にも力を入れています。彼は認知科学を変革した人です。彼によると、言語は心の一部であって、脳が生み出すものです。したがって言葉は普遍的なもので、普遍文法というアイデアを出しました。世界中にはさまざまな言語があり、みなちがって見えるが、そこに共通の普遍的な構造があることをみつけました。脳のどこかに、文法の計算をする場所があるというのです。人間のみが言葉を持つのです。文字は人工的なものですが、話し言葉はそうではなく、脳が自然にやることです。一種の行動です。言語の秘密が



脳のどこにあるのか、ゆくゆくは、そのアルゴリズムを知りたい。それが私の研究テーマです」

脳科学、心理学、言語学がごっちゃになっている。徹底的に言語学を勉強し、心理学の手法を使い、新しい物理学の技術を応用して対象に迫ろうとしている。

書架には言語学の書物がずらりと並ぶ。そのなかで、傾倒するチョムスキーは別格だ。そして隣室には最新型のfMRIが設置されている。1.5ステラ、地球の磁場の5万倍という強力なもの。超伝導磁石は常時、液体ヘリ

ウムで冷却されている。従来はなかった研究室風景である。

いまとりかかっているのは、文法的なエラーや言葉の綴りのエラーの際に脳のどこが活動するかの解明。言語中枢の特定の場所が関わっていることがわかってきた。

「数年のうちには、言語の計算をやっている場所がつきとめられるでしょう」