

PHOTO
REPORTAGE
フォト・レポート

一目でわかる

「脳研究」新時代

「人体最後のフロンティア」といわれる脳。いま世界中の研究者たちが競って解明に取り組んでいる。その研究範囲は広く、神経細胞の分析から、アルツハイマーなど難病の克服、さらには脳型コンピュータの製造まで目標とされているのだ。その最前線の現場から報告する。



人体の水分を取り除き、樹脂をしみこませた人体標本である「プラスチック人」。保存性に優れていて、生きているときとほぼ同じ形状の脳を観察することができず。
〔順天堂大学医学部・坂井建雄教授〕

撮影・伊藤隼也

バーチャル・リアリティで 脳手術を「画面演習」

二次使用

脳腫瘍模擬手術

少しのミスも許されない脳外科手術。これを医師が、事前にシミュレーションで演習できるようになる。国立がんセンター中央病院（東京都中央区）では、バーチャル・リアリティ（VR＝仮想現実）を利用した脳腫瘍の模擬手術のシステム作りを行っている。CT画像など患者の医療データをコンピュータに入力し、脳を立体的に画像化。医師はVR空間の中でメスなどの手術器具を使って、本番さながらの執刀を行う。「脳腫瘍の手術は、微細な神経や血管を傷つけずに病巣を除去しなければならない。VRでより安全な手術計画を立てたり、若手医師のトレーニングに使います」と開発担当の小山博史医師。現在はまだ実験段階だが、年内にVRを利用した手術が行われる予定だ。

VR用のヘルメットを着用して、脳腫瘍手術のシミュレーションを行う小山医師。ゴーグルを通して立体的な画面を見ながら、手にした「指示ペン」を動かして執刀する。メスなど手術器具の交換も可能で、本当の手術に近い体験ができる

日本の「脳研究」は 欧米に追いつけるか

私たちはどうやって「考え」「話し」「動く」のか。なぜ、ひとりひとりの性格や能力が異なるのか。その答えは「脳」にあると考えられている。しかし、その構造や機能などは、実のところほとんどわかっていない。脳研究が近代科学の「最後のフロンティア」と呼ばれる所以である。

それだけに「脳を究めたい」という研究者たちの願望は強く、欧米での脳研究レースは熾烈を極めている。アメリカは90年代を「脳の10年」と位置づけており、脳関連の研究費は国立保健研究所（NIH）だけで年間1200億円を計上している。ヨーロッパも91年に「EC脳の10年委員会」を設立し、追いつけている。

そうしたなか、日本も遅ればせながら、今年から科学技術庁が中心になって「脳科学の時代」という大プロジェクトをスタートさせた。今後20年間、毎年1000億円の研究費（総額2兆円）を投じる計画だ。これまでの日本の脳研究費が年100億円程度だったことを考えると、格段の進歩ではある。

「従来の脳研究は各省庁の予算の枠組みの中で大学や研究所が個別に行ってきた。その枠を取り払い、科学技術庁、厚生省、通産省、郵政省、文部省などが連携し、全国規模で、総合的に脳研究を進



二次使用禁

めていきます」(科学技術庁ライフサイエンス課・板倉康洋氏)

このプロジェクトの大きな特徴は、「脳を」「知る」「守る」「創る」という三つの目標に分類して研究を進めることだ。たとえば、「知る」は脳の記憶や学習などの働きを解明すること。「守る」はアルツハイマー病や精神分裂病の予防や治療の研究。「創る」は脳型コンピュータやロボットの開発というように、3分野でそれぞれ5年ごとに計画を立てて、研究に取り組むことになっている。20年後の目標には、脳の老化の制御、人工神経の開発、自己意識の解明などがあげられている。これらが実現すれば、人類社会に大変革をもたらすことはまちがいない。

人間の脳は約1000億個の神経細胞がシナプスという接合部でつながり、精緻な神経回路網をつくっている。徐々に、その仕組みが解明されはじめた



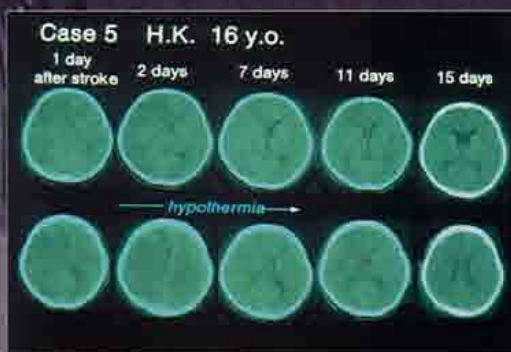
脳低体温療法

脳の血管が詰まって意識障害や言語障害が起きる病気が脳梗塞である。重症の場合、脳温が40℃以上に上昇し、脳が腫れ上がり（脳浮腫）、脳死の危険性が高まり、死に至ることもある。その画期的な療法として開発されたのが脳低体温療法だ。「患者の体を冷やし、血液の温度を下げ、脳温を33℃に保つことで、脳浮腫を防ぎます。免疫力や血圧など患者の全身を集中管理するシステムを導入しているので、体を冷やすことによるリスク（感染症や心不全の併発）も解消しました」と国立循環器病センター（大阪府吹田市）の成富博章医師。治療の有効性が高いのは発症から6時間以内。'94年以降、この病院に運びこまれた重症の脳梗塞患者のうち、時間内に治療を受けた6人は全員一命をとりとめた。

掲載・二次使用



「脳死」の常識を覆す 画期的な療法



脳梗塞患者（女性・16歳）のCTスキャン画像。低体温療法をはじめた日（左端）に比べて脳の腫れが日を追うごとに収まっている。この患者は、高校に復学するまでに回復した。

二次使用禁止

集中治療室で低体温療法を受ける患者（女性・42歳）。最初、日本大学医学部が、頭部外傷の患者の治療法として開発に成功、その後、国立循環器病センターが脳梗塞に応用しはじめた
写真提供/国立循環器病センター(この見開き2点とも)

これがアルツハイマー病 患者の脳だ

32248

アルツハイマー病患者の脳。側頭葉周辺が萎縮しているのが特徴。写真の脳では左上部の萎縮が著しい。同病は1907年にドイツの精神医学者、アルツハイマー博士が発見した痴呆症。94年にはレーガン元米大統領が発病を告白

知覚・認知の研究

物を見たり、音楽を聴くとき、人間の脳はどう活動しているのか。直接人間の脳の活動を測定し、脳の各部位の働きや、知覚、認知のメカニズムを調べる研究が進んでいる。郵政省通信総合研究所（東京都小金井市）が行っている、fMRI（機能的磁気共鳴撮影装置）とMEG（生体磁気計測機）を使った実験がそれだ。「たとえば、音楽を聴いているとき、脳の血流量が増加している部位が聴覚を司っているということになる。fMRIはそれを画像化したもので、脳細胞が発する磁気を測定するMEGは、その変化をリアルタイムで記録します」（宮内哲主任研究官）。こうした計測実験の積み重ねによって、脳が活動するときの様子を正確に把握することができるようになるという。

MEGは地球の磁場の1億分の1という微小な脳細胞の磁気を計測して、脳の活動状態を調べる

fMRIの画像にMEGのセンサーの解析結果を重ね合わせてより正確な計測を行っている。この二つの機器を併用して研究を行っているのは日本ではここだけである



脳の各部位の役割を突き止める

二次使用禁

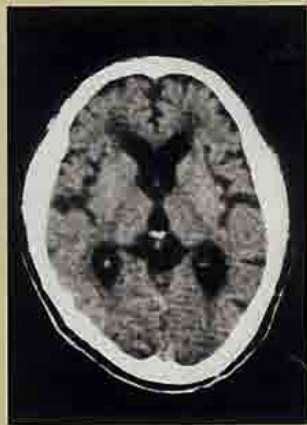
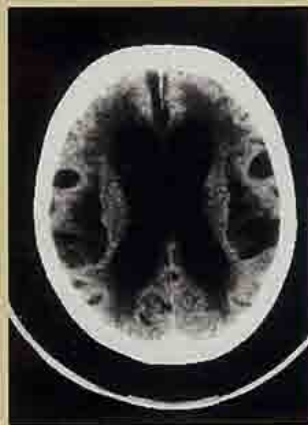
顕微鏡でアルツハイマー病患者の脳を観察する井原康夫教授(左)と薬学部の岩坪威助教授。「最近の研究で、男性より女性のほうが1.5倍の確率で発病しやすいことがわかりました。」(岩坪助教授)



黒い斑点がアルツハイマー病の特徴である老人斑。βアミロイド(蛋白質)が沈着して発生する。発病すると脳の神経細胞が冒され、記憶障害や知能低下などの痴呆症状が起きる。



アルツハイマー病患者(左)と健常者(右)のCTスキャン画像。ともに70歳の女性だが、患者の脳は神経細胞が大量に死んでしまっているため脳室と脳の溝が広がり、黒い部分が目立っている。



アルツハイマー病研究

全国で約120万人の患者がいるといわれるアルツハイマー病は、原因不明の難病とされてきた。しかし、それが克服される日が近づいてきたようだ。ほんの数年前までは、脳に老人斑と呼ばれる斑点が無数にでき、脳の神経細胞が死んでいくという程度しかわかっていなかったが、最近、アルツハイマー病の危険因

子が判明したのである。「顕微鏡などを使った分析を積み重ね、アポE 4型という蛋白質が因子であることを突きとめました。これが、老人斑の主成分であるβアミロイド(蛋白質)と結合することによって病気が誘発されるのです。日本人の約10%がこのアポE 4型をもっています。」(東京大学医学部・井原康夫教授)

ラットの小脳を構成する神経細胞の顕微鏡写真。
この神経細胞は人間の脳の中に1500万個ある

ラットの小脳に電極を刺し、電気的な刺激を与えて学習しているときと同じ状態を作り出す。細胞を死滅させないために、シャーレの中には人工脳脊髄液が流れている

↑記憶メカニズム研究

脳の記憶や学習のメカニズムが少しずつわかってきた。科学技術庁所管の特殊法人、理化学研究所（埼玉県和光市）では、それを細胞と分子のレベルで研究している。その代表的な研究成果が、ラットの小脳を使って記憶の仕組みを一部解明したことだ。「小脳は学習をはじめと神経細胞の連絡部であるシナプスが化学変化して、回路網の情報伝達を悪くします。使う回路網を絞り込むことによって記憶していくという特性があることがわかりました」（柳原大研究員）。最近では、より幅広い記憶の原理について研究している。それがすべてわかれば、健忘症などの記憶障害の治療から、脳の情報処理システムを採用したコンピュータの開発まで、さまざまな分野への応用が期待される。

無菌室のなかで、マウスの頭蓋骨の上から注射器で薬液を注入し、脳の病気を人工的に発症させる。この技術は、ガンなどの病気の研究にも応用されている

脳神経疾患研究→

脳の病気のメカニズムを解明する研究には、動物を使った実験は欠かせない。サルなどの哺乳類からショジョウバエといった昆虫まであらゆる生物が利用されている。最近では、遺伝子を操作して、生まれながらに脳の障害を持ったマウスを人工的に作り、実験に使うようになった。癌研究会癌研究所（東京都豊島区）の野田哲生細胞生物部長はこう説明する。「狂牛病、バニック恐怖症候群、てんかんなど脳神経疾患の病状にさせたマウスを作り、それを使って発症する過程などを調べたり、病巣の解析を行っています。この研究によって、人間の脳の病気の新しい治療法や予防法もわかってくることでしょう」



ロボットの目にあたるのは2台のCCDカメラ。様々な角度から人間の運動を計測、その特徴を抽出し、同じ運動を再現する仕組みだ



学習可能ロボット

SF映画に出てくるような人間型ロボットの開発が現実になりそうだ。ATR人間情報通信研究所（京都府精華町）が開発したロボットは、人間の頭脳のように学習機能を持ち、動きかたをインプットしなくても、テニスをしたり、けん玉を器用にこなすことができる。単純作業の反復しかできない従来の産業用ロボットとはまるでちがうのだ。開発を担当した川人光男第三研究室長はこう解説する。「人間のすることを見マネで覚えてしまうのです。たとえば、ロボットの前でテニスのサーブを打ちます。ロボットはその視覚情報を自ら解析して、試行錯誤を繰り返しながらボールの打ち方を習得していきます」。まだ腕だけのロボットだが、近い将来、全身のものも作られることはまちがいない。

腕型ロボットの試験。テニスのラケットを振り上げたロボットは見事に2m先のゴールにボールを入れた。運動技術を一度マスターすると、100%に近い確率でゴールに決めることができる

「人間型ロボット」はヒトを凌ぐか

二次使用禁止

人間の脳を作れる日が来る

脳型コンピュータ

脳研究の「最終ゴール」は、人間の脳と同じ能力を持つコンピュータを創り出すことかもしれない。通産省工業技術院電子技術総合研究所（茨城県つくば市）では、脳の記憶と学習のメカニズムを再現し、脳と同じ情報処理ができる脳型コンピュータの開発を進めている。「人間の脳は、現在のコンピュータにはない優れたシステムを数多く持っています。たとえば、人間の脳は、

小説やテレビによる疑似体験によって、はじめて遭遇する問題に対しても適切な答えを出すことができます。こうした学習機構をコンピュータに持たせたいですね」と市川道教主任研究官。昨年、1000個以上の脳神経細胞と同じ働きをする集積回路の開発に世界で初めて成功。人間の脳にある1000億個の細胞にはほど遠いが、脳型コンピュータの実現に向けて大きく前進した。

写真は5000個分の人工の脳神経細胞が詰まっている基板。これらを多数組みあわせると、現在の技術では1000万個分の脳神経細胞の働きをする集積回路が作れるという