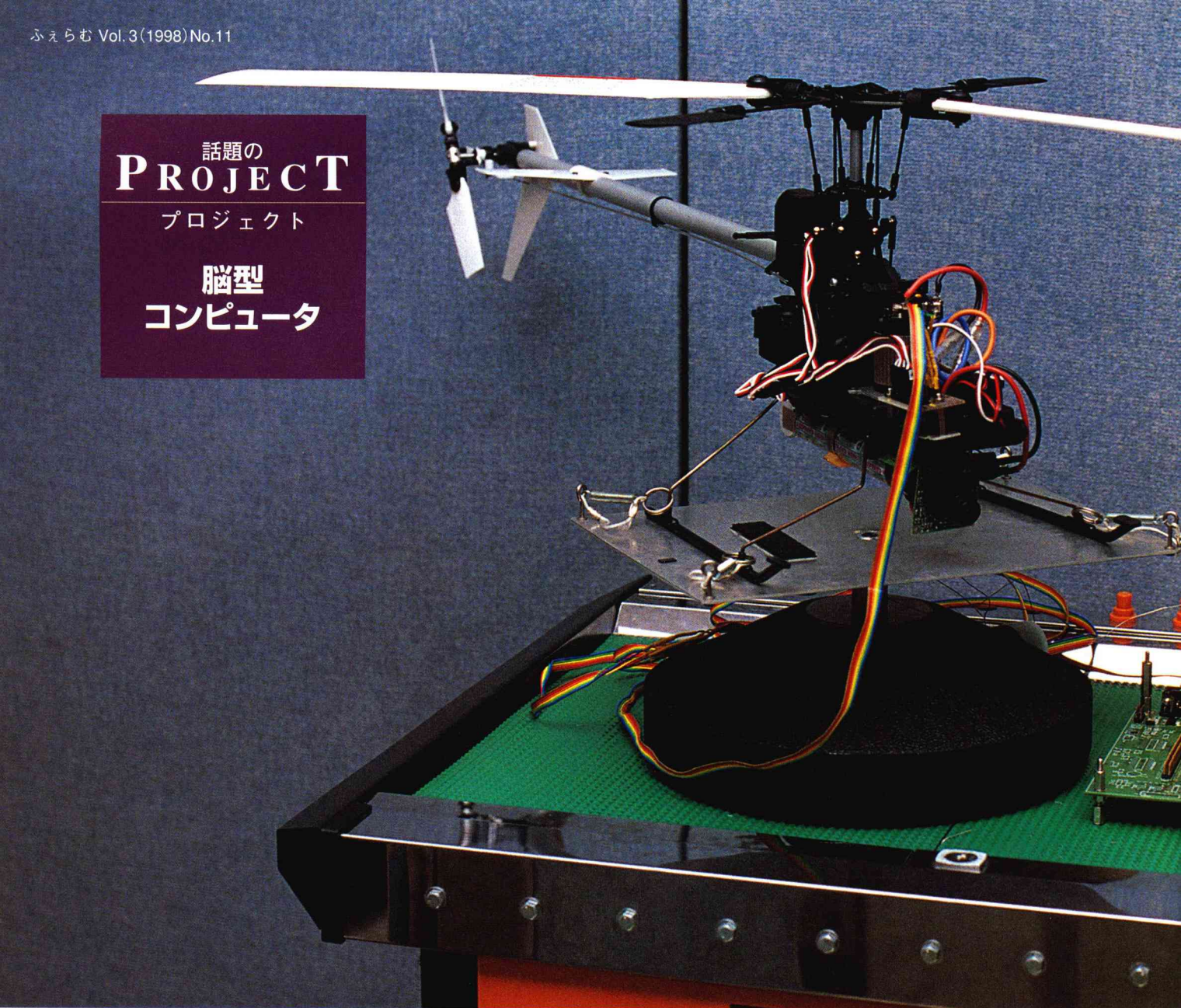


話題の
PROJECT
プロジェクト

**脳型
コンピュータ**



インテリジェンスを持ったコンピュータの開発

蓄積された脳の生理機能の研究をベースに プロトタイプ開発に着手

「2001年宇宙の旅」で描かれたHAL9000のような
インテリジェンスを持ったコンピュータ（人工頭脳）を作りたい。
これは人間の見果てぬ夢なのだろうか。

脳の生理機能を解明することから、真の人工頭脳を作り出すことができるのではないか。
そう考えて研究を進めているグループがある。

理化学研究所脳科学総合研究センター脳型デバイス・ブレインウェイグループ
脳創成デバイス研究チームの市川道教チームリーダーに、研究の現状をうかがった。



神経細胞機能を電子回路で再現したNNPの実験に用いられている模型ヘリコプター。

AI・ニューラルネットワークの限界

人間の脳は、150～1000億個の神経細胞で構成された複雑な情報処理システムと考えられている。しかも脳は、コンピュータ（電子計算機）のようにあらかじめプログラムが組み立てられていなくても（やり方を知らなくても）、またいくつかデータが不足していたとしても、なんらかの結論や答えを導き出すことが可能であり、そのうえかなり高速で処理することができる。

こうした「あいまいさ」を処理したり学習能力をもったシステムを人工的に作り出そうというアイデアは、意外に古くからあった。その一つが人工知能（AI）である。AIの説明によく使われる例として、医療診断用エキスパートシステムがある。医師が患者に対して問診を行い、病名を診断していく際の論理をコンピュータのルールに従って書き下ろし、対話しているうちに「あなたは風邪です」とか「糖尿病の疑いがあります」といった判断を行おうというものだ。

AIは一時ブームとなり、いろいろなエキスパートシステムが研究されたが、一部の例外を除いて成功したとは言い難い。エキスパートシステムの仕組みを簡単にいってしまうと、脳の入力と出力関係だけに着目して、貯えられた知識をもとに推論を行おうというものだ。しかし、人間が判断するために利用している知識や経験は膨大であり、すべてをルール化することはできそうにない。またできたとしても、そのためには大変な手間を要してしまう。処理する問題が複雑になればなるほど、その手間も飛躍的に増加する。

一方、脳を実現するもう一つの方法として12～13年前に注目されたのが、ニューラルネットワークである。動物が何かの刺激を受けると、脳では神経細胞が次々に情報を伝達し、どう対処するか判断し命令を出す。そのとき情報は単一のルートを通るのではなく、複数の道筋を経て脳内の各部分に伝達されていく。脳が高速に情報を処理できるのは、この並列分散処理によって直観的に思考しているからだと考えられる。ニューラルネットワークは、こうした神経細胞における情報伝達の仕組みを電子的に置き換えて、不完全な情報や一部矛盾した情報があっても、人間のように高速に処理できるシステムを実現しようとするものだった。

しかし、ニューラルネットワークも、いくつか壁にぶつかっている。処理速度の高速化という点では成果が上がっているが、処理の内容によっては、従来型コンピュータのほうがより高速に処理できる場合もある。またあまり複雑な推論をさせると、うまく処理できないといった欠点が指摘されるようになった。

神経回路の働きと脳全体の理解を同時に進める

脳をブラックボックス化して、入出力関係だけに注目したマクロ的な手法であるAIも、神経細胞の働きに注目したミクロ的な手法である並列分散処理システムも、脳の機能を実現するには不十分だった。脳型デバイス・ブレインウェイグループでは、その両面から検討していく必要があると考え、現在、研究を①脳の生理機能の解明、②脳型デバイスの制作、③具体的なアプリケーションの実現という3つの方向に定めている。

脳研究は古くから取り組まれてきたが、脳内の生理機能に関する具体的な成果が上がってきたのはつい最近のことだ。また論理的な思考をつかさどっているといわれる大脳新皮質の研究はある程度行われてきたが、海馬などの大脳辺縁系の研究は、部位が奥に位置することもあってなかなか進んでこなかった。特に回路を設計するために必要な定量的研究はほとんどなされていないという。

一方、神経細胞の働きを電子回路を使って実際に作ってみることで、現在、脳の働きに関するどのようなデータが欠けているのかがわかってくる。同研究グループでは2年前にニューラルネットワークプロセッサ(NNP)と呼ばれる神経細胞の機能を

ニューラルネットワークプロセッサ(NNP)

2年前に試作されたNNPは、神経回路と同じ並列分散処理をハードウェアで実現したプロセッサだ。神経細胞には隣接する1万～10万の組織からさまざまな刺激が伝達される。ところが、1つの神経細胞から出力される刺激はたった1つしかない。しかもどのような条件が整えばある刺激を出力するのかは、細胞ごとに違いがあるという。NNPは、この神経回路と同じ働きを電子回路によって実現している。

NNPの処理能力は、計算させる内容にもよるが、25MHzで動作するNNP1チップでおよそ1000個分の神経細胞と同じ能力(200MHz動作のペンティアム相当)がある。また200チップ程度なら並列動作させることが可能で、約300Wの消費電力で20万～50万個の神経細胞に相当する処理能力(スーパーコンピュータ並み)を持たせることも可能だ。処理はNNP用に開発された専用言語を使って行われる。

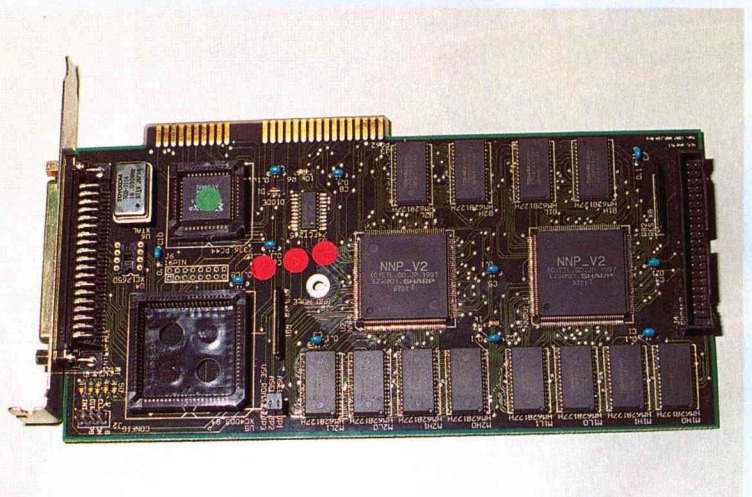
ニューラルネットワークは、まず仮説を立ててからその検証を行うという手順で処理を行う際に、非常に柔軟に処理を進めることが

可能という利点を持っている。

たとえば、人間はときどき見間違いをする。街を歩いていて、友人によく似た人を見つけると「彼だ」と思ってしまう。ところが近づいてよく見ると、ぜんぜん違う人だったということがある。これは、実際に目から入った情報が神経細胞に届き、友人と同一人物かどうかを分析する前に、彼を認識している神経細胞の側で発火が起こっているからだ。従来型のコンピュータでは、ある変数値について処理を進め、条件に合致しなければ最初に戻ってやり直すことを繰り返すことになるが、ニューラルネットワークでは無駄なく処理が進められる。

現在のNNPは、自立的に学習する能力(学習制御機能)は持っていない。重要な処理手順や誤り、禁止事項については人間が指示してやる必要がある。この部分の研究が進むことで、脳が学習するメカニズムが解明される可能性もあるという。

NNPチップ(写真左)。NNPチップを組み込んだボード(写真右)。



組み込んだLSIを試作し、一定の成果を収めている。

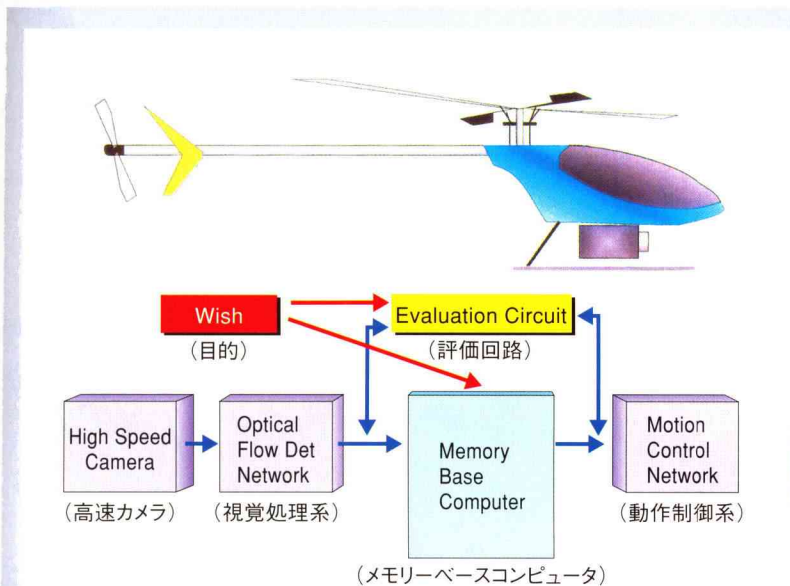
アプリケーションの実現に関しては、模型ヘリコプターを自律的に飛行させる実験を行っている。脳の働きの特徴は「学習」機能にある。学習機能をどのように定義するかは難しい問題だが、本能的に持っている知識・機能に、経験によって得た新たな知識を加えながら自立的に目的を達成していく能力を獲得することとも考えられる。

模型ヘリコプターに事前に与えられているのは、飛行するために必要な基本的な機能だけ。これが本能にあたる部分だ。機体には超高速カメラが取り付けられており、自身の位置・角度に関するデータが刻々と入力される。ヘリコプターはカメラから入ったデータを即時に処理しながら、自身の位置を修正して安定して飛行するよう学習能力が与えられている。現在は、ヘリコプターを離陸させ、ある位置に静止するところまでを目

指して研究が進められている。

現在、急に飛び出してくる障害物を避けながら、目的地まで半自動的に走行できる自動車の研究が進んでいるが、脳型コンピュータはその基礎技術としても有望だと予想される。また自動翻訳や画像認識など、不確実であいまいな情報を処理しなければならない用途に適していると考えられる。もちろん、ワープロや表計算といった処理では、従来のコンピュータのほうが速度やコストの面から考えて、有利な面も多い。両者は、必要に応じて使い分けされるものと思われる。ただ、最終的な研究目標としては、自ら目標を設定し、自身で判断しながら処理していくという本当の意味での「人工頭脳」、意識や発想を持ったコンピュータの開発に取り組んでいくという。

[取材協力：理化学研究所]

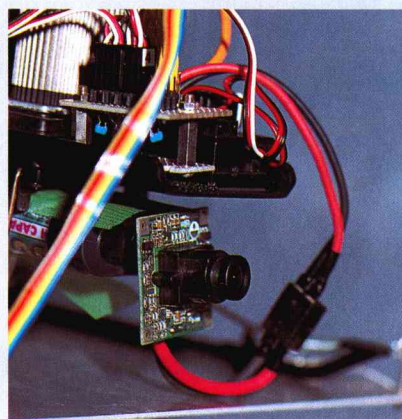
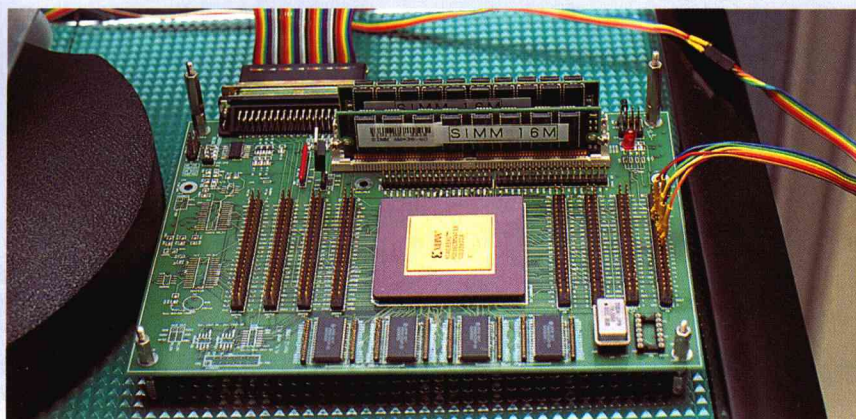


模型ヘリコプター実験

ヘリコプターには上昇や前進、姿勢制御などの基本機能（本能）と、離陸してある位置で静止するという目的が与えられている。ヘリコプターは目的を達成するため、高速カメラから入ってくる情報を処理し、その経験をメモリーベースコンピュータに蓄積しながら学習していくシステムになっている。

ヘリコプターが選ばれた理由は、室内など限られた空間でも実験が可能なこと、飛行機などに比べ、ヘリコプターの制御が比較的難しいこと、農業散布など経済的用途が考えられることなどがある。これが完成すると、オートドライブシステムなどへの応用は比較的簡単に進むという。

処理を担当するプロセッサ（写真左）。
前端部に取り付けられた高速カメラ（写真右）。



脳組織の光計測法

外界から受けた刺激に対して、脳内のどの部分が反応しているのかを解明する研究が盛んに行われている。その結果、視覚野とか運動野など、大脳のどの部分がどんな機能に関係しているのかが徐々にわかってきている。

こうした研究は従来、細胞組織に電極を刺し電流の流れや電位差を測るという方法で行われていた。脳型デバイス・ブレインウェイグループでは、ボルテージ・センシティブ・ダイ（電圧感受性色素）と呼ばれる色素化合物で染めることにより、非接触で高速・連続して神

経活動を記録する方法を開発した。この計測法を使うことで、刺激が脳組織内をどのように伝わっていくのかが明らかになってきた。

ラットを使った実験では、海馬は一時的に記憶を貯えておく、コンピュータのバッファに似た働きをしているらしいことがわかってきた。

ラットの海馬組織内を刺激が伝わっていく様子をコマ何ミリ秒単位で計測した結果（図左）。
神経細胞組織の刺激伝達を観測する光計測装置（写真右）。

