

JNNS NEWSLETTER

Vol.2 No.5 1990

Newsletter of the Japan Neural Network Society

文部省重点領域研究「脳の高次機能」ワークショップ特集

総合討論「高次機能の研究戦略」

特別講演：中村雄二郎氏「脳と人間の高次機能をめぐって」から
(東京大学工学部 鈴木良次)

「脳の高次機能の研究戦略をどうたてるか？」ワークショップ第2日夕食後の総合討論は、「共通感覚論」などで著名な哲学者中村雄二郎先生の特別講演で開始された。「研究戦略」討議の出発点にあたって、後で紹介するような貴重なご提言を中村先生からいただいたことは、私自身にとって、今後の研究を方向づける上で、大変嬉しいことであった。まず、このことを、中村先生と、この特別講演を企画された酒田先生に感謝したい。

とはいうものの、ニュースレターに、先生のお話と討議の様子をまとめて紹介するという仕事は、私には荷が重すぎるというのが、お引き受けしたあとの実感である。しかし、いまさらお断りしては、平井先生にご迷惑をおかけすることになるので、思い切って、我田引水の報告を書かせていただくことにする。

さて、中村先生は、ご講演のタイトルを「脳と人間の高次機能をめぐって」とされた。「脳の高次機能」のワークショップで、「人間」という二文字を加えられたことが、この日のお話を象徴していた。

「脳と心身関係」の項で、先生は、「脳を自律的なものと考え過ぎるのはよくない」と指摘された。また、脳の発達での手の役割を強調された。これは、中村先生の「共通感覚論」の立場を反映したものである。正確に解説する能力は私には到底ないが、「共通感覚」は、感覚と理性の中間にあって、個々の感覚では知覚し得ない、より統合された対象を知覚するも

のと位置づけられる。その中で諸感覚のもっとも基礎的な統合として〈体性感覚〉的統合を捉え、視覚的統合と対比させているところに特徴がある。

中村先生によれば、視覚的統合が主体的・主語的であるのに対し、体性感覚的統合は、基体的・述語的であるという。ここには、「心は活動する身体」という立場から、視覚の独走を抑え、体性感覚の復権をめざす姿勢がうかがえる。

体性感覚の回復はこれにとどまらず、言語についてもイメージ性の回復が必要であるとされる。

さらに、講演では、「汎リズム論」を展開された。〈六大にみな響きあり〉は、空海の〈五大にみな響きあり〉の先生ご自身による拡張であるが、宇宙におけるすべての存在がリズムに担われているという立場を表しており、脳の高次機能もこの視点からの研究が必要ではないかと問いかけられている。

トポス論やトピカについても言及すべきであるが、下手な解説をこれ以上加えることはやめたい。

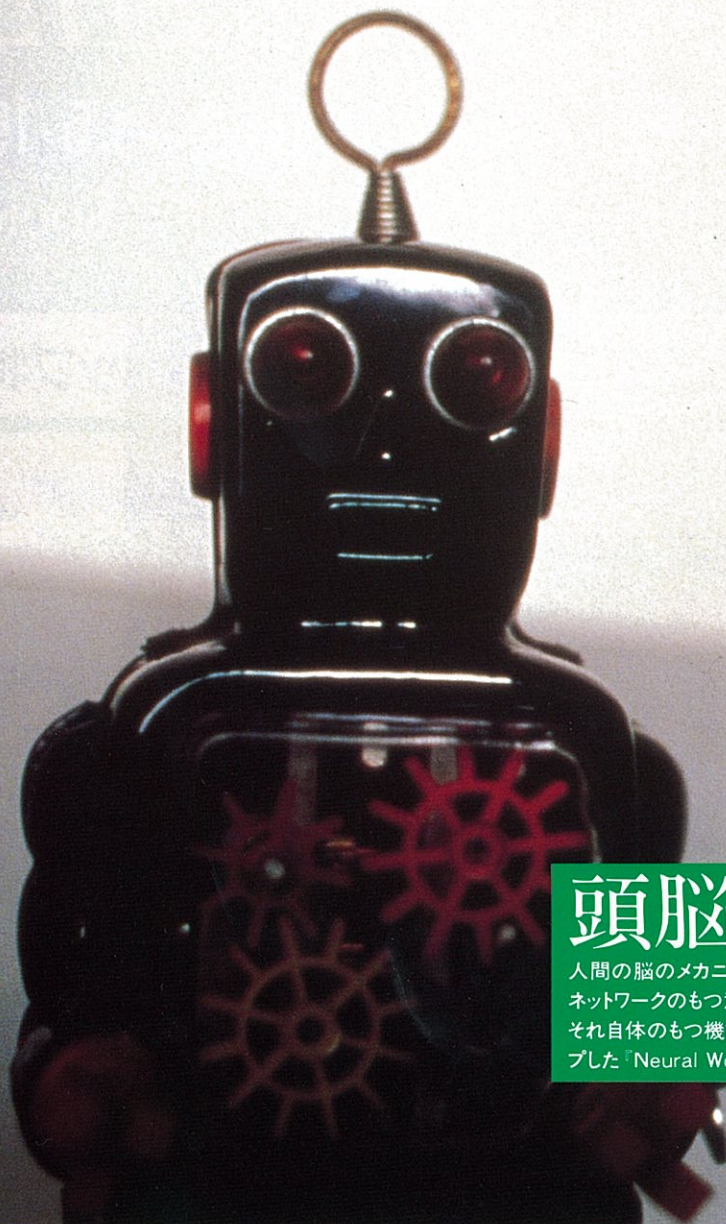
敢えてまとめれば、現代日本における理性と感性の著しい背馳・相克を大きな哲学的問題と考えておられる中村先生は、われわれの研究戦略の一つの柱として、〈身体性〉や〈リズム性〉に注目することを提言されたと、私は理解している。



CONTENTS

総合討論「高次機能の研究戦略」	
鈴木良次(東京大学工学部)	1
文部省重点研究「脳の高次機能」ワークショップ	
プログラム	3
1. 脳研究の基本戦略	
計算論的戦略 甘利俊一	3
実験的戦略 酒田英夫	4
2. 認識への情報表現からのアプローチ	

1) 計算論的方法論 杉江 昇・村岡洋一	4
2) 神経生物学的方法論 外山敬介・岩村吉晃	5
3. 記憶への情報表現論からのアプローチ	
1) 計算論的方法論 森田昌彦・津田一郎	6
2) 神経生物学的方法論 二木宏明・岩田 誠	7
お知らせ	
第3回講習会のお知らせ	8
編集後記	8



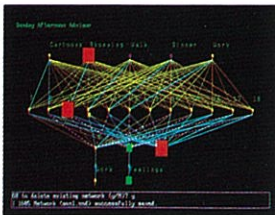
頭脳をください。

人間の脳のメカニズムを工学的に応用したニューラル・ネットワーク。ニューラルネットワークのもつ意志決定や最適制御の機能をアプリケーションに組み込み、それ自体のもつ機能を強化するニューロ・ソフトのベストセラー、さらにパワーアップした『Neural Worksシリーズ』。

研究開発用ニューラルネットワークシミュレーションソフト

Neural Works『Professional II』

- ホップフィールド、バックプロパゲーションなどのほか代表的なネットワークモデルを数多くサポート。さらに総和関数、伝達関数、学習規則の自由な組み合わせがレイヤ単位で可能。
- 操作は、基本的にマウスによる簡単なメニュー形式。プログラムの必要はほとんどありません。マニュアルは日本語で提供。
- 画面を見ながらネットワーク内のエレメント、結合、レイヤの追加や削除ができる強力な編集機能。
- 充実したファイル機能により、ネットワークのデータはもちろん学習スケジュール、画面設定等のデータもファイル管理。



- ASCIIファイル、ユーザプログラムなどのモードで学習／想起データを簡単入力。
- 学習途中のエレメントの出力や出力誤差、エレメント間の重みの値などをグラフやチャート形式でモニター表示。

ニューラルネットワークをアプリケーションへ組み込むためのソースコード(C言語)生成ソフト『Designer Pack』

- 『Professional II』で開発されたネットワークの構造「Network Topology」、伝達関数や学習ルール「Neuro Dynamics」、ネットワーク内の情報の流れ制御手順「Control Strategy」などの情報を「C」言語プログラムとして自動生成。
- 『Designer Pack』で生成されたコードはアプリケーションプログラムの中に関数の形で組み込むのでパーツのイメージで使用可能。
- プログラムを学習・想起(Learn-Recall)バージョンで作成できるのでアプリケーションに組み込み後でも、追加学習可能。

- 生成される「C」言語はANSI準拠の標準のCなので、パソコンから大型計算機までターゲットマシンに幅広く対応。
- 実行時のパフォーマンスアップを図る数々の最適化オプションを装備。

※入門用・学習用に『Professional I』もご用意しております。

主な仕様

■サポートハードウェア

パソコン版/●NEC PC-9801シリーズ(LT, XAを除く) ●東芝J3100シリーズ(英語DOSモード*) ●IBM PC, XT, ATまたは100%互換機* ●AX仕様機 ●MAC Plus, MAC II

EWS版/●SUN3, SUN4またはSPARC STATION ●RISC System/6000*

*1:現在、英語版のみ。*2:現在、開発中。

※一般に、商品名は各メーカーの登録商標です。

評価用システムを
2週間無償で貸し出し致します。

体験セミナー開催中!

ご希望の方は、ニューラル・ネットワーク係までお気軽にご連絡ください。

輸入元

ニチメン株式会社

電子情報機器部 情報機器課

〒103 東京都中央区日本橋3丁目11番1号 TEL (03)277-5820

販売元

ニチメンデータシステム株式会社

営業部 AI営業課

〒111 東京都台東区柳橋2-19 秀和柳橋ビル TEL (03)864-7740

大阪営業所

〒541 大阪府大阪市中央区北浜3-1-20 児島ビル TEL (06)223-5575

文部省重点研究「脳の高次機能の計算論的および実験的研究」

第1回夏のワークショップ：平成2年8月28日～30日 蓼科高原(親湯)にて開催

テーマ：「認識と記憶への挑戦」

8/28

1. 脳研究の基本戦略：司会 外山敬介（京都府立医大）

1) 計算論的戦略 甘利俊一（東大・工）

2) 実験的戦略 酒田英夫（日大・医）

2. 認識への情報表現からのアプローチ

1) 計算論的方法論：司会 鈴木良次（東大・工）

基調講演 杉江 昇（名大・工）

指定討論 1 川人光男（ATR）

2 清水 博（東大・薬）

3 永野 俊（法政大・工）

2) 神経生物学的方法論：司会 斎藤秀昭（玉川大・工）

基調講演 外山敬介（京都府立医大）

指定討論 1 三上章允（京大・霊長研）

2 小松英彦（電総研）

8/29

3. 記憶への情報表現論からのアプローチ

1) 計算論的方法論：司会 甘利俊一（東大・工）

基調講演 森田昌彦（東大・工）

指定討論 1 平井有三（筑波大・電情系）

2 荻原将文（慶大・理工）

3 上坂吉則（理科大・工）

2) 神経生物学的方法論：司会 酒田英夫（日大・医）

基調講演 二木宏明（東大・文）

指定討論 1 山鳥 重（姫路循環器センター）

2 小野武年（富山医薬大・医）

3 岩井榮一（東京都神経研）

4. 総合討論 高次機能の研究戦略：司会 甘利俊一

酒田英夫

8/30

5. 認識と記憶の学習論からのアプローチ

1) 計算論的方法論：司会 白井支朗（豊橋技科大・工）

基調講演 福島邦彦（阪大・基礎工）

指定討論 1 倉田耕治（阪大・基礎工）

2 篠本 滋（京大・理）

2) 神経生物学的方法論：司会 塚田 稔（玉川大・工）

基調講演 津本忠治（阪大・医）

指定討論 1 松本 元（電総研）

2 村上富士夫（阪大・基礎工）

1. 脳研究の基本戦略：1) 計算論的戦略

脳の高次機能を解明するに当たって二つの戦略がある。一つは現実の脳を実験的に解明し、ここから脳の情報原理へと至る道である。もう一つは、脳のような並列分散学習方式のシステムには、情報処理の様式としてそもそもどのような原理的可能性があり限界があるかを理論的に解明し、ここから逆に現実の脳はこの原理的可能性を進化の過程でどのような形で実現していったかを調べようというものである。この二つの戦略を協調させ交流していくことが大切である。

さて、後者の立場で少し考えを整理してみよう。

人間は二つの思考様式を持っている。これを仮に論理的思考と直観的思考と呼んでみよう。情報を概念化しこれを記号（言語）で表現し、論理的推論を実行するのが論理的思考である。人間が意識に登らせて実行するのはこの種の思考である。一方、人間は無意識のうちに情報を総合し、直観的な推論で新しい構想を得ることができる。この種の思考においては、情報はニューロン回路上の興奮パターンとして分散的に表現され、並列の相互作用によって処理され、しかも優れた学習能力を持っている。

人間の思考を解明し、これを技術として実現するに当たって、論理的思考がまず初めに取りあげられた。これにより記号処理と論理を中心とするコンピュータサイエンスが構築され、今日驚くべき威力を発揮している。人工知能もこの上に築かれてきた。

しかし、人間の思考や情報処理が柔軟でかつ強力なのは、

論理的思考と直観的思考の二つが協同して働いているからである。ハードウェア技術の進歩によって、我々にはいま直観的思考をも技術として実現しようと構想する段階に達した。直観的思考のもとにある並列分散表現学習情報処理の原理を解明しようというのがニューロコンピューティング（神経計算様式）である。

ニューロコンピューティングでは、情報を多数のニューロン上の興奮のパターンとして分散的に表現する。これは情報を概念として集約し記号により集中表現する通常の方式とまさによい対照をなす。分散表現した情報においては、それを担う各ニューロンがてんで勝手に他のニューロンと情報交換できる。こうして情報のパターンが変化し発展していく。これは並列のダイナミックスによる情報処理であり、我々がいろいろな要因を総合的に判断して最適解に至る、思いつき、直観、ひらめきなども、こうした並列のダイナミックスの上に築かれている。

ニューロコンピューティングの解明すべき目標の一つは、こうした並列の情報処理の能力や容量、さらにダイナミックスの特質を理論的に明らかにすることである。さらに、この方式を記号処理を主体とする従来のAI手法と結びつけ相互に融合したシステムとしなければならない。人間の脳はまさにこのようなシステムであり、それだからこそ柔軟かつ強力なのである。

ニューロコンピューティングのもう一つの特徴は学習能力

である。ニューロン間の相互作用の強弱を少しずつ変えることによって、ニューラルネットワークはそのダイナミックスの特質を変化させる。これにはいくつかの種類がある。パターン認識の能力や運動能力を向上させる、いわゆる誤り調整方式の学習が一つである。もう一つは自己組織化と呼ばれ、外界の情報構造に合わせてこれを処理するのに適するように脳が自己の構造を変えていくものである。さらに記憶のシステムがある。データを自動的に整理して体系化して記憶する人間の優れた能力と、記憶の読み出しにおける柔軟性は特筆

に値する。

ニューロコンピューティングの解明をめぐって、世界各国で研究が活性化し、協力と同時に競争が行われている。新しい理論的な方向もいくつか生まれつつある。この分野では、脳の生理学、認知科学、情報科学、数理科学、それにデバイス技術が関連していて、大きな新しい学問分野を形成しつつある。

(東大・工) 甘利 俊一

1. 脳研究の基本戦略：2) 実験的戦略

この重点領域研究は今まで自然科学が手のつけられない領域とされていた人間の精神機能の解明に正面から取り組むことを目指している。この様な未知の領域の研究にどのような戦略で臨んだらよいだろうか。今回は脳の機能地図の重要性を特に強調したい。

われわれが実験的に研究しようとしているのは脳の中でもまだよく知られていない連合野や大脳辺縁系などの領域である。そこで最近注目されているのがポジトロンCTによる脳の機能局在の研究である。たとえばM. E. Raichleらは言語機能の局在をしらべ、視覚的に単語を見た時に活動する領域が単に文字の形を見た時の活動とは違って側頭葉と後頭葉の境界部位にあることを明らかにした。

一方、A. Damasioは視覚失認や名称の記憶障害などで脳の中の情報処理がカテゴリー別に違う部位で行われていることを示唆している。たとえば果物と野菜の名前だけが思い出せない患者や生き物の名を忘れて、無生物の名だけ憶えている患者がある。また、顔の個体識別と表情の認知が独立に障害されることも知られており、Rollsらはサル顔反応ニューロンでもこの二つのカテゴリーに対応する2つのグループが別

の領域に分布していることを示した。サルの脳の機能地図は視覚系を中心にますます精密なものになって来た。HRPやチトクロームオキシダーゼ染色などで形態的に分けられた領域の機能の違いが次々に明らかにされている。たとえば頭頂葉ではMSTの他にLIPやVIPが視覚の領域として知られているが、M. E. GoldbergはVIPで視覚と体性感覚の受容野が一つのニューロンで重なっていることを明らかにした。脳の情報処理システムはカテゴリー別の並列処理とそれを統合する階層処理の組み合わせで成り立っていると思われるが、この複雑なネットワークもある特異的な機能を持つ領域に分ける作業によって次第にその全貌を現わして来るに違いない。

人間の脳の高次機能の研究から得た大まかな機能地図を手がかりにしてサルやラットなどの動物の神経生理学的研究によって情報処理の内容を明らかにするというのが高次機能研究の最もオーソドックスな方法である。その場合に鍵になるのはある領域の機能に合った刺激のパターンや行動のパラダイムを創り出すことである。その為に脳のモデルによる計算論的研究が役立つことを期待している。

(日大・医) 酒田英夫

2. 認識への情報表現からのアプローチ：1) 計算論的方法論

生体にとって、時々刻々変化する外界の認識は、外界中での合理的な行動に不可欠なものである。

外界は、いくつかの3次元物体の配置から構成されている。生体は、視覚系や聴覚系をとおして、個々の物体の幾何学的形状、表面色や弾性などの物理的性質、位置、姿勢、動き、その発する音などを知らなければならない。さらに各物体の配置や動きなどから、生体は自分が室内にいるのか、あるいは屋外にいるのか、そこに存在する物体が自分にとってどのような意味を持つのかを知る必要がある。

計算論的方法により、これまで一つあるいは複数の2次元網膜像から、物体表面の幾何学的形状や動きを求めたり、いくつかの耳で音を受け、音の存在する方向を決定したりする研究が行われてきた。未知数の数の方が、方程式の数より多くなるため、物体の表面はほぼいたるところで滑らかであるとか、剛体と見なせるなどの付加的条件を導入して解を求めている。

最近では、両眼視差、運動視差、陰影などの手がかりのうち、2つ以上のものを同時に用いる場合についての研究がなされている。また、表面の反射特性(色)や、物体の力学的特性などの物理的性質をいかに知るかにについての研究も目につく。

このようにしてえられた、物体の観察者中心の記述と、物体中心に記述されたモデルとの照合(たとえばmental rotation)により物体の認識が行われる。複雑な形状の物体を表現する方法の一つに、いくつかの基本物体のブール演算によるもの(CSG)がある。基本物体として、一般化円錐を用いる表現法が提案されている。また室内や屋外の情景を表現する枠組としては、たとえばフレームがある。

これら、物体や情景の表現法とそれを用いた、効率のよい、信頼性の高い認識理論の確立と、その生物学的 reality の確認が、今後の大きな課題である。

(名大・工) 杉江 昇

もっと話しあえる明日を（一工学者の感想）

いまさら言うまでもないことではあるけれども、理学においては対象とする自然の説明をすることが目的であるのに対して、工学ではある振舞いを実現することが目的となる。その限りにおいて、理学のモデルは観察に基づいたボトムアップ的なものになり、工学のモデルは実現したい事象を説明するトップダウン的なものになる。このような違いを認めた上で、理学と工学は「脳」を理解するために、本当に協力しあえるのであろうか（なお、現在の時点では、おおまかに言えば生理学者と数学者が協力しあっているといえる）。工学者のはしぐれとして、いくつかの点から感想を述べてみたい。

（1）もっと具体的なモデルの必要性

視覚情報の処理に関しては、あまりにも有名なMarrのモデルがあり、これを裏付けるような生理学的現象が観察されている。しかし、工学の立場から言えばこれらだけでは認識装置のおもちゃすらも組み立てられない。そもそもMarrのアーリービジョンのモデルの「脳での実行」の結果、「なに」が生じるのか、そのために例えばハイパーコラム構造はどのような寄与をしているのであろうか。ベルヌイの法則のみでは飛行機は飛ばせない。逆に言えば、例えばMarrのモデルを基に認識装置を組み立てて行くような議論であれば工学者もついて行けよう。せっかく一部でも分かりかけているところがあ

るのであるから、ここを協力して突っ込むことにして、具体的モデル作りを進めるというようなことは、無駄なことであらうか。

（2）脳の情報表現

暴論をはくならば、工学的立場から言えば、単なる独立した情報が分散表現されようと集中表現されようと、コーディング理論的な興味を除けば、どちらでもいい。興味があるのは、お互いに相関関係のある情報どうしを旨く記憶する仕組みとして、分散表現がひょっとするととてもない役割を果たしているのではないかということ（コネクショニストのアプローチといってもよからう）である。相関関係のある情報のシンボリック表現については、もちろん人工知能の分野の長い研究の蓄積がある。これを使わずして、単に数理的モデル論のみから脳の情報表現の解明ができるとは、信じられない。Marrのモデルも、高次の情報表現のところになるととたんにアドホックになる。

正直のところ、現時点で工学者が脳研究者と話し合っても、工学者としての役に立つことは皆無といってよからう。とすれば、脳の仕組みを解明するという永遠のテーマに対して、いかに広く工学者の興味を引いて議論に参加させるかを考えることは、脳研究者の責任ではなからうか。

（早大）村岡洋一

2. 認識への情報表現からのアプローチ：2) 神経生物学的方法論

— 認識機能への実験的アプローチ —

認知機能への実験的アプローチの基調講演として、1960年代初頭のHubel & Wieselによる視覚野細胞の反応性の解析に始まる視覚認知研究の潮流を概観し、将来の研究への展望を論じることになった。Hubelらの研究の最も大きな貢献は視覚系における情報処理の過程を神経細胞の反応選択性としてとらえることができることを示したことであろう。反応選択性の基礎となる神経回路についてもモデルが提案され、直列処理、並列処理の論争を生み出した。

この問題を解決するために相関解析、HRPによる形態学的な神経回路の解析手法、deoxyglucoseによるautoradiographyや電位感受性色素による神経活動の可視化の手法、抑制性伝達の阻害剤などを用いる薬理的な解析手法が開発され、層状構造や柱状構造などの視覚野神経回路の基本的構造とその反応選択性との関連が明らかにされた。

1970年代にはJulez、Landなどによる神経生理学的知見を考慮したヒトの視覚の精神物理学的研究が進展し、これらの精神物理学の知見に対応する反応選択性を備えた神経細胞が視覚中枢の様々な部位で検索された。これらの研究によりサルV1野の立体視、V4野の色彩視、MTとMST野やネコのClare Bishop野の運動視の神経機構が明らかにされた。

さらにLivingstone & HubelのComputer graphicsを用いた精神物理学的研究により、形状視、色彩視、運動視の3つの視覚チャンネルが網膜から高次視覚中枢にわたり形成され

ていることが示された。また、連合野についてもヒトの神経学的観察や破壊実験の知見に対応する選択性を備えた細胞が検索され、側頭連合野の形状視、頭頂連合野の空間視の神経機構の解明が進展した。

以上に概観した認知の研究には2つの流れを見出すことができる。その1つは神経学や精神物理学的研究により推定された視覚情報処理機構に対応した反応選択性を生み出す神経回路を明らかにしようとするものである。両者の研究は将来においても認知の機構の解明に欠くことのできないものであり、Computer-graphicによる視覚刺激、電位感受性色素、Positron CT、SQUIDなどによる神経活動の計測などの新しい研究手法を適用してこれらの研究を進めることが重要である。

（京都府立医大）外山敬介

神経生物学的方法論に参加して

外山氏は視覚認識研究の過去と現状について見事な解説講演を行った。氏によれば同研究にはふたつのアプローチがある。ひとつは神経回路的アプローチであり、電気生理学ではHubelとWieselのニューロンの反応選択性の発見とそれをもたらす神経回路の直列モデルの提唱にはじまり、外山らの細胞内誘導やスパイク間のcross-correlationによるコラム内あるいはコラム間の結合の分析、Singerらの最近の近縁同士のニ

ニューロンの振動的なcross-correlationの発見などの一連の研究のほか、HRPなどの形態学、bicuculinなどの薬理学、optical imagingなど光学的手法による回路の同定と分析もさかんにおこなわれていると述べた。

他の一つは精神物理学とニューロン反応選択性の対応を見いだすアプローチでJuleszのrandom dot patternにたいするPoggioの視差ニューロン、Retinex仮説にたいするZekiのV4野色ニューロン、3次元の運動の認知にたいする外山の運動視差ニューロンの研究などに言及した。今後はコンピュータグラフィクスなど新しい手法を加えて、このふたつの方向から攻めるべきであるとの提案をした。

指定討論者の三上氏も解説的な講演をおこない、神経系にはその存在様式と情報処理の両面に階層構造があると指摘した。小松氏も、単一ニューロン活動記録によって分かる感覚情報の表現即ち反応選択性と行動との相関を重視し、さらに外山氏の指摘した情報処理回路の並列性を認めながらも各チャンネル間にはcross talkがあって独立性は完全ではなく、た

とえば面の形成において明暗と色がそうであるように、複数の経路が互いにおぎないあつてはたらいっている可能性を指摘した。

このあと藤田氏が飛び入りで、下側頭回の2次元形態識別ニューロンが機能コラムを形成している可能性を指摘、ついで三上氏も前頭葉にコラムがあると発言、これをめぐって多くの質問やコメントがだされた。津本氏がいうようにコラム説にはキャパシティのうえで無理があることはToweが1975年に指摘、筆者も1985年にサルの体性感覚野で入力コラムの考えが現実的でないことを実証しており、この議論はまたかの感がしていささか食傷気味であった。コラムの語を習慣として使うことは否定しないが、その場合なににのコラムといった使い方をして内容を特定すべきである。この外、塚田、甘利両氏がニューロン発火のtemporal patternに情報がcodeされている可能性を指摘した。

(東邦大) 岩村吉晃

3. 記憶への情報表現論からのアプローチ：1) 計算論的方法論

記憶を解明するためには、実験と理論との協調が重要だとしばしば言われる。ところが、現在の工学モデルや理論は、生理学の立場からみて、何となく怪しげに感じられるのが実情であろう。脳（記憶）のモデルと称するものでも、都合のよい知見を捜し出して引用しているだけというものが多く、実験へのフィードバックがほとんどない。逆に、適切なモデルや理論に裏打ちされていない実験は、玉石混交のデータの山を築くばかりである。

このように、記憶研究に関して言うならば、理論と実験が噛み合っているとは言いがたいが、その原因は両者を結ぶモデルがない点に帰することができよう。そこで、まずモデル一般について、多少独断的に論じたい。特に、「説明・理解のためのモデル」と「追求・解明のためのモデル」、「機能のモデル」と「機構のモデル」の区別や、「十分モデル」と「必要モデル」の概念は重要だと思われる。

次に考えるべき点は、様々な研究のレベルと、その間のギャップについてである。特に、記憶系の場合、神経心理学ないし細胞集団のレベルと単一ニューロンのレベルとの間には、予想以上に大きな隔りがある。このことを十分に認識しておかないと、個々のニューロンに関して誤った解釈をする原因となる。そして、このギャップを埋めるためには、多かれ少なかれ構成的なアプローチに頼らざるをえないことも確かであろう。

最後に、海馬や側頭連合野を中心とする記憶系を取り上げ、やや具体的に議論する。特に、記憶の情報表現と神経回路網の力学に関して考察し、いくつかのモデルを簡単に示す。記憶系の研究には、認識系などの場合以上に新たなアプローチが不可欠であり、実験・理論ともに、それに応じた視点をもつ必要があることを理解していただければ幸いである。

(東大・工) 森田昌彦

計算論的方法論 感想

このセッションは森田昌彦氏の基調講演に平井有三氏、萩原将文氏、上坂吉則氏の3人の指定討論があった。

森田氏の講演は漫談的にも学術的にも聞かせるものがあった。しかし、漫談の方は甘利俊一氏の漫談の影響を多分にうけていてあまりオリジナリティーは感じられなかった。学術的な方は、オリジナリティーが非常にあり、理論家の存在理由を実験家にアピールできたのではないと思う。宮下保司氏の実験は、neural netがsparse codingをしているとして説明できることが強調された。*「2つの図形をcodeするneuronに同時に両方の図形をみせるとneuronのactivityがおちる」ということをforward型のinhibitionの存在を仮定して説明することができた。この場合、neuronの入出力関係にはhumpが現れる。実際、宮下氏の未発表の実験データは、上の*を示しているらしく、理論と実験のよいカップリングが、ここにみられたように思う。

ただ、講演では、sparse codingとforward型のinhibitionの存在との間の論理的関係が明確ではなかった。

平井氏のコメントは、人工知能の人達が脳の高次機能を「理解」しようとしてやってきた努力やその苦しみをneural netの理論家や生理学者ももっと「理解」し、考慮すべきである、ということが強調された。私は、この考えに大賛成である。いろいろ苦しみながら楽しんでやってきた平井氏ならではのコメントであり感銘をうけた。

萩原氏のコメントは申し訳ないがよく覚えていない。ただ、このような新しい分析、新しい試みにおいては、玉石混交(森田氏が基調講演で使った)ではなく、「石だらけでよい」といわれたと思う。

上坂氏はモデルの定義について述べた。これは、森田氏が基調講演で、「モデル」というものを反省してみる必要がある

と強調したことをうけたコメントであった。森田氏は時間の関係上、準備していた「モデル」論に多くの時間をさくことができなかった。講演では十分モデルと必要モデルの区切りとそれらの役割を述べるにとどめざるを得なかった。上坂氏は数学のモデル、科学のモデル、工学のモデルという分類を行なった。

もともとsparseなシステムという概念はスピン系の研究に端を発している。例えば、反強磁性体に強磁性体が少量、不純物として混入したようなスピングラス系を考えれば、これは反強磁性体の場に対してsparseな強磁性体が、どのようにシステムの物性に影響を与えるかという問題である。

これをニューラルネットでやれば、硫化率の分離のよさは記憶容量をどこまで上げられるかという問題になる。脳における記憶の表現論は大変難しい問題であるが、このような

sparse codingというものが、一つの手がかりになることは確かなように思える。

ただ、脳は、生命系として非平衡(平衡にrelaxするような近平衡ではなく、常にエネルギーのポンピングをうけて実現されるような遠平衡 far from equilibriumであり、そのような状態でのみ自己組織化は可能なのである)であるので、スピン系をアナロジーとした理論はおのずと制限をうける。

記憶の表現論として、もっとdynamicなもの—chaosや、最近我々が力学系の一般的な運動形態として提唱しているChaotic Itinerary (C.I.)—も考慮されてよいように思う。これとは少し異なる考えで、塚田稔氏が時間軸上でのcodingを強調されたのは適切であったと思う。

(九州工大・情報工) 津田一郎

3. 記憶への情報表現論からのアプローチ：2) 神経生物学的方法論

記憶と脳を巡る研究の現状と将来の展望、研究の戦略の議論のために

このワークショップの狙いが、研究の戦略を討議し、将来の研究の発展の糧とすることにあることにかんがみ、このセッションでは、まず、記憶と脳を巡る研究の現状を分析し、将来への展望を議論するための話題を提供できればと思っている。

主として、サルを用いた実験(破壊実験・ニューロン活動の記憶実験)で、現在、何が問題となっているか、その問題点をまとめ、次に、問題解決のためのアプローチについて私見を述べさせていただく予定である。

具体的には、破壊実験から得られた知見に関しては、たとえば、①海馬周辺の皮質(内嗅皮質、傍嗅皮質、海馬傍回)の記憶における機能的役割を巡る問題、②扁桃核が記憶には無関係なのかという問題、③海馬損傷効果の研究者間の不一致は何が原因か、④ヒトの臨床事例との関連、などを考察し、これらの問題を解決するために、いくつかの suggestion を行う。

一方、ニューロン活動の記録実験に基づく成果の問題点としては、従来の研究では、記憶に関連したニューロン活動の性質の分析が必ずしも十分ではないように思われる。そこで、たとえば、記憶する必要がないことを手掛かり刺激で指示した場合に、記憶に関連したニューロンはどのように応答するか調べることが重要かと思われるが、これをテストできるパラダイムなどについても述べる予定である。

また、ニューロン活動の記録実験に刺激法を適用し、記憶に関連したニューロン活動に及ぼす効果を調べる研究や記憶ニューロンに及ぼす他の関連脳部位のcooling効果を検討する研究なども行われて然るべきであろう。

さらに、これまではニューロンレベルの研究では、主として情報のencodingとstorageの過程がとりあげられてきたが、retrievalや忘却のメカニズムに関しては、ほとんど手つかずの状態である。したがって、このような問題を解明するため

のアプローチについても議論したいと思っている。

(東大・文) 二木宏明

神経生物学的方法論に参加して

“記憶”という言葉がカバーする生物学的現象の範囲がいかに広いかということは、“記憶”に関する研究が論ぜられる時、如実に示されるのが常である。今回のワークショップにおける神経生物学的方法論のセッションについても、この事は実に強く感ぜられた。現在多くの記憶の研究者達が拠り所としているTulvingやSquireによる記憶の内容から見た分類は、一見極めて分かりやすいように思えるが、ヒト以外の動物にこれを適用しようとする、とまどってしまうことが多い。逆に最近Mishkinが提唱したようなMemoryとHabitの2分法も、ヒトの記憶について考え出すと、どうもピッタリと当てはめることが困難なように思えてならない。これと同時に、いつも感じることであるが、実験生理学の研究者達が行っている記憶の研究と、ヒトの記憶障害を取り扱っている我々神経心理学の分野の研究との間の隔りはgapと言うには余りにも広すぎる。むしろ全く異った機能をえて同じような言葉を使っているのではないか、と思われるほどである。

動物が“記憶する”ことの究極の目的は一体何であろうか？それは、個体自身の生存と、その属する種の存続と、その2つに集約されると考えられるが、そのような2分法は、一体これまでの記憶の内容の分類の中にどのようにはめこむことができるのだろうか。実になんの苦勞もなく自然に憶えてしまうことと、苦勞して(しかしいやいやながらも仕方なく)憶えることとの間には、極めて大きな差があるように思われる。これらの大きな差を今までの記憶の研究はほとんど見過ごしているように思われてならない。

ワークショップの印象記を書くつもりであったが、そこに辿りつく前に、余りにも大きな問題を考え出してしまったも

のである。二木先生の基調講演と、3名の方々の討論（というか追加講演というか）は、それぞれ大変によくわかる面白いお話であった。しかし、“記憶”という、この生物の存在そのもののよう大きな問題を攻略するにあたって、我々の保

有する武器とその戦略のいかに貧弱なものであるかを改めて感じた次第である。

（東大・医）岩田 誠



神経回路学会主催 第3回講習会のお知らせ 神経回路モデルとその応用

日 時：1991年3月20日（水） 9:30～17:00

場 所：玉川大学工学部

演題および講師：

- | | |
|---|------|
| 1) 画像認識の神経回路モデル（視覚系の神経回路モデルのサーベイ） | 大森隆司 |
| 2) 神経回路による視覚パターン認識
（ネオコグニトロン、選択的注意のモデル、文字認識への応用） | 福島邦彦 |
| 3) 神経回路による時系列信号処理（聴覚系の神経回路モデルなど） | 星宮 望 |
| 4) 思考と行動の神経回路モデル（連想記憶、ロボットの制御など） | 中野 馨 |

*電子情報通信学会「ニューロコンピューティング研究会」と「MEとバイオサイバネティックス研究会」が同じ会場で、18、19日に開催される予定です。

申込先：神経回路学会事務局

参加費：会員 10,000円 非会員 20,000円 学生会員 5,000円

編集後記

国内外ともに大きく揺れ動いた（ている？）'90年も残り少なくなりました。本号は、今夏、蓼科で開催された文部省重点研究「脳の高次機能」ワークショップの内容を本学会会員諸兄にもお知らせする意味で、「重点研究ニューズレター」をそのまま掲載させていただきました。紙面の都合で一部次号になりますが、御執筆いただいた先生方に厚く御礼申し上げます。新しい年も皆様の御支援をよろしくお願い申し上げます。
（編集理事 白井支朗）

神経回路学会事務局

〒194 町田市玉川学園6-1-1 玉川大学工学部
情報通信工学科 生体情報工学研究室内
TEL 0427-28-3457 FAX 0427-28-3597
（入会申込希望者は事務局までご連絡ください。）

発行 MYU K.K.（樋山 雄二）

〒113 東京都文京区千駄木2-32-3

TEL 03-822-7374 FAX 03-822-7375

（広告、購読等に関するお問い合わせはMYU K.K.まで）

いま、未踏の リアルタイムゾーンへ。



Delta II Floating Point Processor



即時処理のニューラルネットワーク応用システムを実現。

Delta-II ボードを中核に、IBM PC/ATとその互換機上で構築。

画像(パターン)処理、信号処理(制御システム等)、さらにはエキスパートシステム構築で、外部から取り入れたデータを、高速で転送/処理(学習、認識)できる開発環境が要請されています。CRCは、リアルタイム・ニューラルネットワーク応用システムの構築を、ハード&ソフトの両面で一挙に実現します。開発は米国最大手の総合情報サービス企業、SAIC社です。

リアルタイム・ニューラルネットワークシステム開発環境。

ニューラルネットワークを応用するには、高速な演算処理装置が必要です。そこでIBM PC/ATに装着し、22Mflopsの処理能力を持つDelta-II ボードを活用。データ転送の高速化では、例えばビデオ信号を入力とした画像処理に应用する場合、モノクロ画像でも1画像当たり約0.3MBのデータ量になるため、DAI-1016インターフェイスボードを戦力に加えます。

プロトタイプ/ネットワーク研究開発環境。

一方、外部からのデータを直接取り込まずに、プロトタイプのネットワークを容易にかつ高速で構築するための開発環境として、2方式を用意。ひとつは、ANSimおよびDelta-II ボードを用いて構築。ANSimは、13種類の学習モデルを持ち、PC上での実行と比較して700倍のスピードアップが行えます。もうひとつは、ユーザが独自に開発したC言語プログラムを実行させる方法です。Delta-Power-Cは、Delta-OSと互換性があり、Delta-II ボード上で単体で実行できるなど、さまざまな可能性があります。

Delta-II

- 22Mflopsのニューラルネットワーク開発用高速プロセッサ
- 最大コネクション数3.1M
- 11MCUPS (バックプロパゲーション・フィードフォワード連想時)の処理能力
- 2.7MCUPS (バックプロパゲーション学習時、3層)
- パイプラインはハーバードアーキテクチャ
- 1M * 32bitのプログラムメモリ (1枚)
- 1M * 32bitのデータメモリ (2枚)

インタフェースボード

- DAI-1016(新製品)/A/D・D/A変換器、フレームグラバードとDelta-II ボード間は、双方向20MBのデータ転送レートを持つDAI-1016ボードを用いてリアルタイム処理を実現します。



総販売代理店

センチュリリサーチ センタ 株式会社

営業第2部 担当:原口

電話(03)665-9822 〒103 東京都中央区日本橋本町3-6-2

ニューロだから実現できました。 私たちと同じ判断。



株の上昇、下落を見分ける。

証券会社勤務15年 Aさん



鉄の温度を見分ける。

製鉄工場勤務20年 Bさん



データのノイズを見分ける。

電機メーカー勤務8年 Cさん



完成品の良否を見分ける。

機械メーカー勤務10年 Dさん

ニューロコンピュータは、動作の手本となるデータを「学習する」ことによりシステムを構築できるため、従来のコンピュータが苦手とした、アルゴリズムが明確でない分野での活躍が期待されています。

富士通のニューロ技術は、手軽に利用できるツールとして、パソコンFM Rシリーズで動作する「NEUROSIM/L」とエキスパートシステム構築支援ソフトウェアESHELLとの連携を可能にした「NEUROLIB/L」を提供、ベテランの判断が必要とされる分野でのシステム構築に威力を発揮します。

ニューロコンピュータが得意とする分野

パターン認識 音声認識、文字認識、図形認識、視覚検査、目標識別
信号処理 ノイズ除去、データ解析、データ圧縮、データ復元、アニメーション

知識処理 格付け、信用調査、株価予測、故障診断、状況評価、アンケート分類、健康診断

機械制御 プラントの運転監視、ロボット制御、マジックハンド

NEUROSIM/L™ NEUROLIB/L™は富士通(株)の商標です。

本広告に掲載の全商品ならびにそれに関連する消耗品等および役務について、ご購入の際、消費税が附加されますのでご承知をお願いします。

活躍しています。富士通のニューロ技術

■特 長

●パソコンの拡張スロットに組み込み、ニューラル・ネットの高速演算及び開発が可能 ●演算素子として、24ビット浮動小数点 DSP (富士通 MB 86220) を4個使用、リング結合並列アーキテクチャ ●平均10 M CPS(CONNECTIONS / SECOND)の高速処理 ●データ・メモリ容量798KB~3.1 MB SRAM ●DSPのプログラムメモリは8 KWの高速SRAMこれにより、ニューラル・ネットの各種応用に柔軟に対応可能 ●低価格

■バックプロパゲーション・ソフト仕様

●ネットワーク構造/3層構造ネットワーク ●ネットワークの規模/最大ニューロン数:各層1,000個 最大結合数:MINシステム最大100K個 MAXシステム最大400K個 ●処理速度/2.0M CPS(学習時平均) ●学習機能/学習係数の変更、学習回数及び最大トータル誤差の設定、トータル誤差の表示(リアルタイムでの表示)、学習時間の表示 ●ネットワークのグラフィック表示/結合係数、ニューロンの出力 ●結合係数のセーブ・ロード(バイナリファイル)/学習中及び学習を終了したネットワークの結合係数をファイルに保存できる。初期値の結合係数のロードも可能 ●学習及び認識データファイル/テキストエディタなどにより簡単に作成可能。ファイルにてデータ渡し ●コマンド入力/ウィンドー機能によって簡単に操作可能 ●稼動環境/MS-DOSバージョン3.1以上

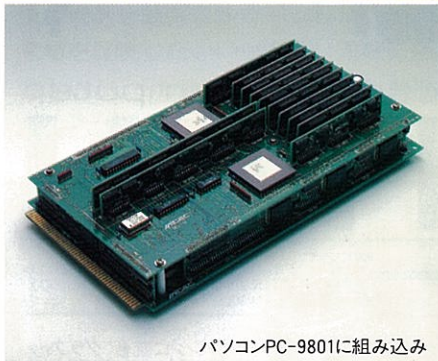
■価 格

●NEURO・TURBO-MINシステム (バックプロパゲーション・ソフト付)	980,000円
●NEURO・TURBO-MAXシステム (バックプロパゲーション・ソフト付)	1,480,000円
●NEURO・TURBO-MINボード	880,000円
●NEURO・TURBO-MAXボード	1,380,000円
●バックプロパゲーション・ソフト	100,000円

※開発中ソフト

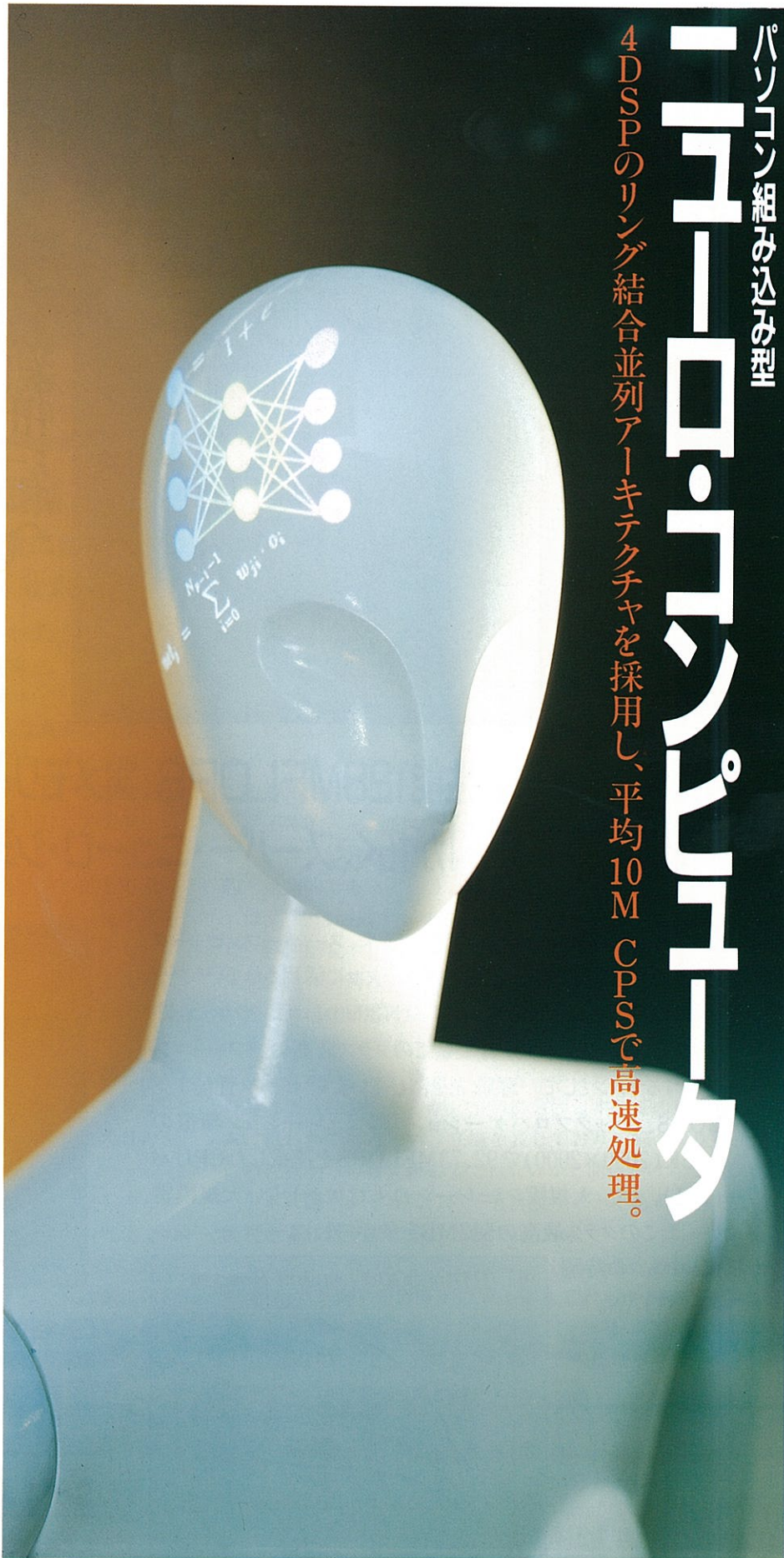
- 高速バックプロパゲーションソフト
- 連立多元方程式の高速解法ソフト
- その他のニューラル・ネット・ソフト

NEURO ニューロ・ターボ TURBO



パソコンPC-9801に組み込み

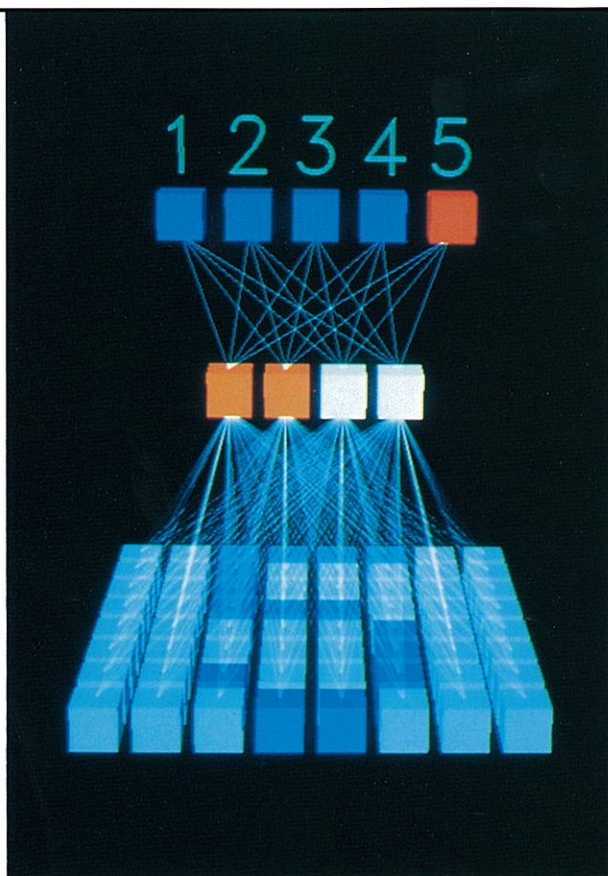
パソコン組み込み型
ニューロ・コンピュータ
4 DSPのリング結合並列アーキテクチャを採用し、平均10 M CPSで高速処理。



※記載されている価格には消費税は含まれておりません。

本製品は名古屋工業大学と当社ニューロ・コンピューティング研究所にて共同開発致しました。

株式会社 **マイテック**
〒171 東京都豊島区高田3-32-1 大東ビル5F
TEL.03-987-7400 FAX.03-983-5505

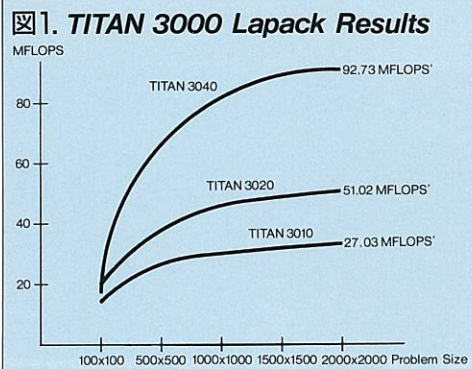


神経回路
シミュレーション

サイエンス
新世紀へ。

ピーク性能128MFLOPS、実メモリ最大512MB。
TITANが拓く、スーパー・ニューロ・シミュレーション。

電磁場解析、量子力学、流体力学と、従来、スーパーコンピュータしか成しえなかったシミュレーション分野に次々に活用されているグラフィックス・スーパーコンピュータ<TITAN 3000>。ニューラル・ネットワーク・シミュレーションの分野でも、このクラス最高のパフォーマンスを提供するマシンとして一躍脚光を浴びています。ピーク性能128MFLOPS、バックプロパゲーション型シミュレーション類のLAPACK (2000×2000)で92.73MFLOPSを達成したCPUパワー(図1)。また、大規模シミュレーションには欠かせない大規模実メモリは、このクラス最高の512MBをサポート。スーパー・ニューロ・シミュレータの時流は、いま、TITAN。



※LAPACKは、アルゴン国立研究所で開発された数学ライブラリです。



Graphics Supercomputer

TITAN

シリーズ

TITAN 1500 (旧 TITAN)
TITAN 2000GS (旧 STELLAR GS2000)
TITAN 2500GS (旧 STELLAR GS2500)
TITAN 3000 (旧 TITAN III)

高速演算性能とグラフィックス性能を1台のマシンに統合、グラフィックスツールを装備し、対話型の研究環境を実現するグラフィックス・スーパーコンピュータシリーズ。

クボタコンピュータ株式会社 〒160 東京都新宿区新宿2-8-8 ☎03(225)0741

大阪支店 〒541 大阪市中央区本町4-4-25 ☎06(264)2501 名古屋営業所 〒460 名古屋市中区丸の内2-18-14 KS-1ビル9階 ☎052(201)0561 山梨工場 〒400-02 山梨県中巨摩郡白根町下今諏訪907-8 ☎0552(84)4861