

# JNNS NEWSLETTER

Vol.4 No.6 1992

Newsletter of the Japanese Neural Network Society

## A Message to JNNS

Eduardo R. Caianiello [President, European Neural Network Society]

I am very happy, as newly elected President of the European Neural Network Society (ENNS), that my first official act is this message of congratulations and good wishes to the Japanese Neural Network Society. My predecessor, Prof. Teuvo Kohonen, who has done a marvelous job indeed in bringing ENNS into being and up to its present consistence, explained very well, in No.3 of Vol. 3, 1991 JNNS Newsletter, the role and importance of ENNS in the European scientific community, together with his hope that it becomes one more link to strengthen our cooperation with Japanese scientists.

I will certainly do all that is in my power towards the fulfillment of this aim; not only because I consider this an obvious duty for any President of ENNS, but also for strong personal reasons. It was my privilege, from the very inception of my career as a physicist and as one of the early researchers in the field of neural nets, to have continuous contact with Japanese scientists and, thereby, with Japanese society and culture, which immediately I came to appreciate as one of the highest achievements of

humanity. I have thus learnt the meaning for Japanese of words such as "sincerity" and "harmony", which, in their Japanese meaning, seem to me the most apt to subsume my experiences of more than forty years of contact with Japanese scholars: their old and noble cultural tradition shows both in the thoroughness and excellence of their work and in the unequalled honesty of their citations, things that enhance the credit due them for their own, indeed formidable, achievements.

May our joint efforts contribute to make ever closer the merging of East and West, our only way to a better world!  
(校正は最小限にとどめ、原文に近い形で掲載させていただきました。)



### CONTENTS

#### 巻頭言

- A Message to JNNS  
Eduardo R. Caianiello .....1

#### ワークショップ報告

- 文部省重点領域研究「脳の高次機能」第3回夏のワークショップ  
「脳の情報原理を求めて」基調講演要旨  
東京大学 甘利俊一 .....3  
東京大学 宮下保司 .....3  
京都府立医科大学 外山敬介 .....4

- 京都大学 乾 敏郎 .....4  
理化学研究所 田中啓治 .....5  
ATR人間情報通信研究所 川人光男 .....5  
岡崎国立共同研究機構 彦坂興秀 .....6

#### お知らせ

- 神経回路学会第4回全国大会開催のお知らせ .....7  
理化学研究所情報科学研究室研究員公募 .....7

- 編集後記 .....7

# ニューロの世界へ アクセス



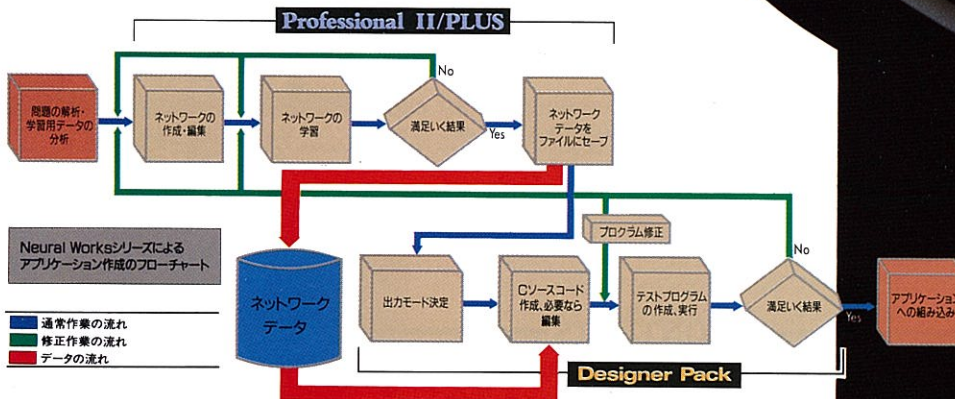
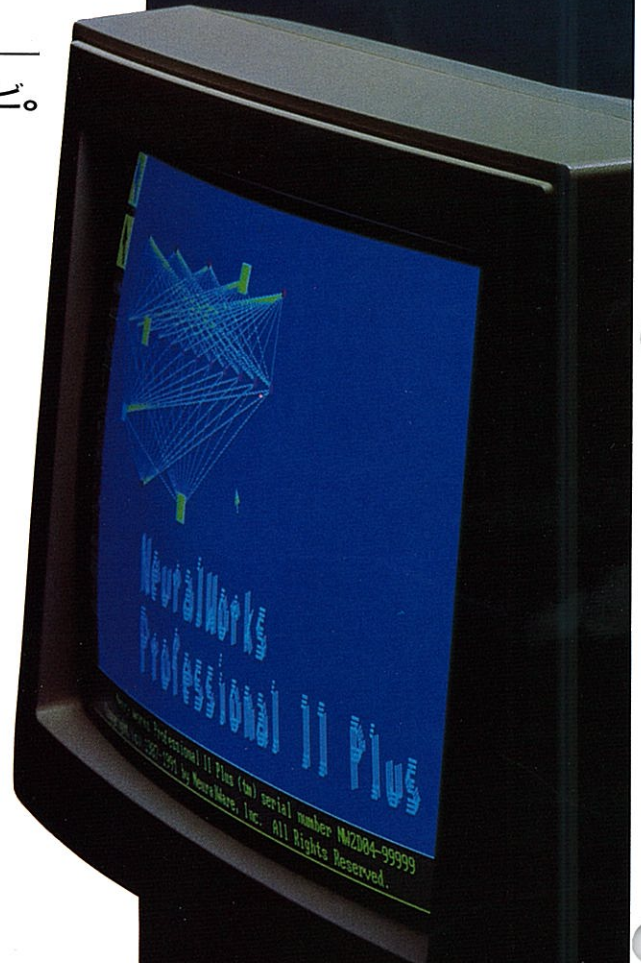
ニューロの世界  
アプリケーションに組み込む強カコンビ。

## さらにバージョンアップしたProfessional II/PLUS

文字や画像、音声などのパターン認識や高速で運動する機械の制御、株価や作物生産高の予測といった、従来のAI技術では論理的に説明しにくい知識処理を必要とする広範な分野でニューロコンピュータは、実用化に大きな期待がもたれています。Neural Worksは、実用的なニューラル・ネットワークシステム構築のための設計ツールとして開発されました。入門学習用としての「Professional I」、研究・開発用としての「Professional II」を経て、さらにバージョンアップした「Professional II/PLUS」。ニューロの世界が実用化にグーンと近づきました。

## ニューラルネットワーク用C言語ソースコード生成ソフト Designer Pack

「Designer Pack」は、「Professional II/PLUS」で作成したネットワークデータを標準の「C」言語ソースプログラムに自動変換。ニューラルネットワークの持つ意思決定や最適制御などの機能をアプリケーションに組み込むためのツールです。



### ■主な仕様

#### サポートハードウェア

パソコン版/●NEC PC9801シリーズ(80286, 80386マシン)および互換機 ●東芝 J3100 (80286, 80386マシン) 英語モード  
●IBM PC/AT, XT, 386マシンおよび互換機(以上プロテクトモードでプログラムが動作可能な環境) ●MAC SE/30, IIシリーズ

ワークステーション版/●SPARC, SUN4, SUN3, SPARC LT ●IBM RS6000 ●VAX Station (VMS, Ultrix)\*

●NEC EWS4800 (RISC) シリーズ\*  
\*現在、開発中。一般に、商品名は各メーカーの登録商標です。

輸入総代理店

**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)3277-5820

販売元

**ニチメンデータシステム株式会社**

営業部 AI営業第二課  
〒111 東京都台東区柳橋2-19秀和柳橋ビル TEL.(03)3864-7740

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

## 文部省重点領域研究「脳の高次機能」第3回夏のワークショップ

## “脳の情報原理を求めて”基調講演要旨

## スパースコーディングの理論的アプローチ

## 1. 記憶のダイナミクスとスパースコーディング

コンピュータの中では、記憶は符号化されて静的に貯えられ、番地を手掛りとしてこれを読み出している。これに対して脳では、記憶事項がそのままの形で貯えられるのではなく、記憶事項を生成復元するための鍵が焼きつけられる。すなわち符号化された事項の内的関連が回路のシナプスに分散表現され、想起事項そのものはダイナミクスにより生成される。

このための一番単純な要素的なモデルである相関型連想記憶を取りあげてみよう。ここでは、多数の記憶事項を回路上の興奮パターン  $S_1, \dots, S_m$  として表現するときに、どう符号化するのがよいかという理論的な考察が必要となる。これには次のような問題がからむ。

1. 記憶容量：なるべく多数の事項を安定に貯え、混乱なく想起したい。
2. 情報容量：一つの興奮パターンになるべく多数の情報を盛り込みたい。
3. 想起ダイナミクスの安定性：偽メモリをなくし、想起の特性を良くしたい。

興味あることに、スパースコーディング、つまり  $n$  個のニューロン上に  $\log n$  程度の興奮が乗るものの優秀性が理論的に明らかになったことである。これは、いわゆる分散ポピュレーション表現とおばあさん局在表現の対立を止揚するという点からも興味がある。

記憶の想起はもっと動的な時空間興奮パターンの生成過程である。さらに、認知も順逆ダイナミクスによる動的な過程であり、運動パターンの生成もこうしたプロセスの一つとして議論できる。情報表現の研究は、情報処理アルゴリズムおよびそのためのアーキテクチャ解明への一つの鍵である。

## 2. 情報表現の形成とトポグラフィ

スパースコーディングを含む情報表現はいかに形成されるのであろうか。これはニューラルネットの自己組織化の問題である。これには神経場のトポグラフィとコラム構造や層状構造が関連している。視覚野におけるトポグラフィやコラムはよく調べられている。しかし、これがより高次の領野において情報表現にどのように関与してくるかを理論的および実証的に調べる必要がある。

海馬において、時間空間と事項とがどのように表現されているのかを知ることは一つの手掛かりとなろう。

これまでの自己組織モデルは、von der Malsburg-Willshaw、Takeuchi-Amari、Kohonen と発展してきた一つの流れがあるが、効果的な情報表現の生成として記憶、認知、運動指令と結びつけて考察する必要がある。

なお、スパースコーディングと関連して、スパース結合の重要性も指摘したい。

## 3. 理論と実験の照合

これはそう容易なことではない。理論モデルは未だに単純化しすぎたものを用いて、“本質”なるものを探究しようとしているにすぎないし、実験は断片的事実の中に埋もれてここから事の本質を浮かび上がらせるのに成功しているとは言い難い。

しかし、情報表現に関していえば、宮下の実験、田中・斉藤の実験は理論モデルを構成し検証するのに適切な素材を提供している。ただし、短絡的モデルではいけない。

宮下のモデルについていえば、1) スパース情報表現の自己生成、2) 表現のダイナミクスによる安定化、これに加えて、3) 時間的相関の生成、4) 事項の多重保持における抑制的相互作用など、理論家の食欲をそそるものであり、これを本格的に取り上げないのはまさに怠慢としか言いようがない。

田中・斉藤の実験はより漠然とはしているものの、これも興味ある素材を提供している。もちろん、その解釈は必ずしも正当とはいえない。

理論の側からいえば、森田のモデルを一つの手掛かりに、これに捉われず連想記憶、自己組織、階層と関連させて本格化する道が考えられる。

## 4. 実験的検証について

オプティカルレコーディングは驚くべき可能性を開きつつある。しかし楽観は禁物である。マイクロな事実をいくら並べたとして、それだけでは真理に到達しないからである。

以上のことを問題意識として、討論の、そして新しい研究の材料を提供したいと考えている。

(東京大学工学部 甘利俊一)

## スパースコーディングの実験的アプローチ

「スパースコーディング」の概念を大脳皮質における情報表現の問題に適用するに際して、いくつかの概念上の混乱が見られます。本質的に一様結合の神経回路において抽出された理論上の概念と、形態的・機能的な分節構造を前提とする脳のデータとのつき合わせには慎重な吟味が必要なのは当然でしょう。特に、1) 単一細胞レベルでいったい何が表現されているのか。2) 領野のレベルのモジュール構造による情報表現との関係。どのモジュールを基点としてスパースコーディングを考えるか。3) スパースコーディングが成立する機能モジュールと上位モジュール・行動との関係。これらは、実行委員会から戴いたテーマの一部ですが、どれも現在実験のデータからだけでは完全には答えることのできない問題を含んで

います。将来に向けた討論の材料を提起したいと思います。

例えば、1)の「何、どんな情報?」という問いに答えるには、「普通の」環境で生活している個体で計測される情報表現を調べる(現象的?)アプローチと、神経回路自身が潜在的に作りうる情報表現を調べる(操作的?)アプローチが、少なくとも、可能です。これらの長所・短所、並びに第三のアプローチの可能性の吟味が重要と思われま

(東京大学医学部 宮下保司)

### コバリアンス学習への実験的アプローチ

長期増強(LTP)現象は、Bliss & Lomo(1973)により海馬の歯状回で発見されて以来、20年にわたりシナプス学習の解明のための有力な手掛かりとして多数の研究者により精力的に研究されてきた。これらの研究により数多くの事実が明らかにされてきたが、その中でも、シナプス学習の観点からみて最も重要と思われるものがコバリアンス規則の発見である(Stanton & Sejnowski, 1989)。コバリアンス規則とはシナプス結合がシナプスの前後の神経活動のコバリアンスに基づいて変化するとする仮説である。Stantonらは海馬(CA1)のシェファー側枝を刺激したときに錐体細胞に生じるEPSPに脱分極を組み合わせると長期増強(LTP)が、過分極を組み合わせると長期抑圧(LTD)が生じることから、この仮説を提案している。

海馬についてはLTDの誘導に関して疑義が提出されているが、視覚野(Arotola et al., 1990; Yoshimura et al., 1990; Komatsu et al., 1991)や小脳(Sakurai, 1987; Hirano, 1990)においてもコバリアンス規制に基づいてLTPとLTDが生じることが示されている。さらに、視覚野についてはコバリアンス規制に基づいて神経細胞が方位選択性や眼優位性を学習することが示され、この規則が脳のシナプス学習の一般的な原理である可能性が高まっている。また、大脳、海馬、小脳の何れの皮質も伝達物質をグルタミン酸とし、Caを細胞内信号伝達系とすることが明らかにされるなど、異なる脳部位のLTPとLTDが共通の分子メカニズムをもつ可能性が指摘されている。

その一方で、LTPとLTDは並列的に動作する複数のinduction、細胞内信号伝達、expressionの系をもつこと、そして各々の脳部位で主要な系が異なり、その結果としてLTPとLTDのダイナミクスも海馬、視覚野、小脳で異なることが示されている。LTPとLTDのダイナミクスはエピソード記憶の学習に関与すると想定される海馬で最も早く、手続き記憶の学習を行う視覚野、小脳で遅いが、これはそれぞれの学習に必要とされるダイナミクスに符合する。

コバリアンス学習についての現在の知識は遺伝子、分子、細胞、神経回路の何れのレベルでもまだ極めて断片的で、将来の解明が必要とされるが、理論と実験の共同研究の課題としては特に後の2者の課題に関係するLTPとLTDあるいはシナプス結合の可塑的変化の時間特性(コバリアンス検出のtime window、LTP、LTDからシナプス結合の形態的

変化に至る時間経過など)や空間特性(シナプス入力に対するLTP、LTDの空間的広がり)とそれに関する分子機構の解明が重要と思われる。この目的を達成するためには、微小電極法、パッチ記録法、脳切片標本などこれまで用いられてきた研究手法に加えて、coculture(Yamamoto et al., 1989)などの大胆なin vitro標本、あるいは細胞内Ca、神経興奮のoptical recordingなどの新しい研究手法の導入が必要であろう。またスパースコーディングや認知・運動系の順・逆変換の神経回路もその大部分がコバリアンス学習により形成されると考えられる。この学習の過程をoptical recordingなどの方法によりとらえることも将来の課題であろう。

(京都府立医科大学 外山敬介)

### 逆オプティクスの理論的アプローチ

視覚の計算論的研究はMITのHornによって始められた。彼は1枚の月面から送られてきた画像からクレータ等の3次元構造を推定する研究を行ったのである。与えられるデータはこの場合画像の強度値であり求める関数は面の法線ベクトルである。このような一種の逆問題を視覚系は解いていることになる。コンピュータビジョンではこのような逆オプティクスを計算するワンショットアルゴリズムが数多く考えられてきた。しかし、それらのアルゴリズムはごく限られた条件でしか成り立たないものである。それに対して、我々の視覚系はきわめてロバスタなアルゴリズムで働いていると考えられる。しかし、おそらくワンショットアルゴリズムでロバスタなアルゴリズムは存在しないであろう。したがってなんらかの形で、脳の中では繰り返し計算を行っていると考えられる。しかしこの繰り返し計算も脳内ではおそらく5、6回程度のきわめて少ない計算回数にちがいない。本講演では、このようなロバスタな逆オプティクスのアルゴリズムを、いかにして脳の中で実現しているかを計算論的な立場で考え、その一般的な枠組みを示す。

以下でキーポイントをまとめておく。

1. 視覚情報処理は本質的に推測過程である。
2. 視覚系は外界の物理的法則を拘束条件として、この逆オプティクスを計算している。
3. 逆オプティクスが視覚系の並列階層構造によって実現されている。
4. 視覚系には多くのモジュールが存在し、それらのモジュールがなんらかの形で統合された結果が、パーセプトである。
5. 各モジュールでは、線過程(line process)と充填過程(filling-in process)の相互作用によって面の復元がなされる。
6. 各モジュールは比較的同一の方式で計算を行っているが、入力表現(と出力表現)が異なる。

本講演では、解剖学や生理学の研究で明らかにされてきた知見を踏まえて脳の情報処理様式について考察を行う。さらに、視覚系の時間的特性を考慮にいたしたモデルを紹介することにする。

(京都大学 乾 敏郎)

## 逆オプティクスの実験的アプローチ

乾と川人は、視覚の目的は網膜に投影された2次元画像データから実世界可視表面の3次元構造を推測することであるとしたD. Marrの考えを発展させ、第一次視覚野から高次野へのフィードフォワードの結合の逆光学（2次元画像データから可視表面の3次元構造を再現する）のモデルが構造化され、高次野から第一次視覚野へのフィードバックの結合に順光学（可視表面の3次元構造から2次元画像データを計算する）のモデルが構造化されていると提案した。この提案は、なぜ視覚野の間の解剖学的結合が両方向性であるかを考える際の指針を与える。また、W. Singerらによる細胞活動の振動現象の発見に刺激されて昨今ブームになっているいわゆるbinding問題にも見事な解決を与える。binding問題とは、並列に存在するいくつかの視覚前野の領野に別々に表出された視覚の別々の特徴がどうやって統合されるかという設問である。乾と川人の枠組みでは、別々のパラメータが表出された高次野から共通の低次野へ順光学の計算結果が送られ、辻つま合わせがそこで行われる。binding問題などはこの辻つま合わせのほんの一部でしかない。

乾と川人の提案はスケールの大きな見事な仮説である。視覚領野間の解剖学的結合の研究が進み、また各領野の細胞の反応の解析が進みつつある環境で、理論、心理、生理、解剖学的手法を駆使して共同研究を進める良い枠組みを与えるものと期待する。では、どう取り組めば良いか。まず、逆光学の特徴が良く出る実験条件を設定することが大事である。2次元から3次元を再現する逆光学はill-posedである。情報が落ちているので、必ずしも一通りの結果を生じない。これを脳では実世界で確立的に成り立つ条件で拘束して、なんとか一つの結果を出すのである。したがって、ややもすれば同一のあるいは良く似た物理的刺激が異なった知覚を引き起こすことがある。このような曖昧刺激の使用が研究を促進すると期待する。伊藤南と著者は左右眼像の対応にこのようなill-posedの問題を見つけその生理学的分解に取り組んできたが、まだ成功していない。

また、実世界の拘束条件を脳がどのように内部モデルとして取り組んでいるか調べるのが重要である。その際一つの方向は、人工的な環境で訓練した動物の脳を調べることである。自然界はあまりに複雑で捉えきれないから、既知の人工的環境を作りだそうというわけである。藤田一郎、伊藤南、Cheng Kangと筆者は下側頭葉皮質TE野に似た図形特徴に反応する細胞が集まるコラム状構造が存在することを発見した。また小島有加利と筆者はつい最近、特定の図形のセットを弁別するように長期間訓練した動物の下側頭葉皮質には、訓練に用いた図形に特異的に反応する細胞が著しく増大することを見いだした。筆者らは今、この二つの発見を踏まえ、人工的な構造を与えた世界で訓練した動物の脳でコラム構造を調べる実験を計画している。

(理化学研究所 田中啓治)

## 逆ダイナミクスの理論的アプローチ

## 行動に基づく計算論的アプローチの必要性

高次脳機能の一部をとり出してそれを対象として行う計算論的研究は、従来の人工知能研究が陥ったのと同じ困難に直面する。ある計算問題を解くモジュールを研究するとき、そのモジュールとつながる前後のモジュールについても良く分からない場合がほとんどである。すると問題としているモジュールの入力と出力は何か良く分からない。すると、計算問題がどれほど広い範囲で、どの様な拘束条件を付けて解かれなければならないかも分からない。これでは信頼できる計算理論を展開することは難しい。従って実験的神経科学のデータに基づいて、Marrの3つのレベルをつなぐ研究を行うのは難しい。

これに代わる方法論として、脳の入力から出力までを一貫してモデル化する、つまり行動に基づく計算論のアプローチがある。脳への入力、光学や音響学など外部世界の物理法則や、受容器の性質がわかっているならば、かなりよく理解することが出来る。同様に脳からの出力は力学的システムとしての外部世界の物理法則や、手や足の筋肉と骨格の性質が分かっているならば、これもまた、いろいろな拘束条件を与えることが出来る。このアプローチに対するもっともな批判として、反射などの低次元な行動は理解できても、高次脳機能には迫れないのではないかというものがある。

## 運動系内部モデルの必要性

制御対象の内部モデルを用いない単純なフィードバック制御では、人の多関節運動の特徴が再現できない。さらに、MITのBizziらによって提案された仮想軌道制御仮説を運動中の腕の剛性の計測結果から批判し、運動制御には、制御対象の内部モデルの運動学習による獲得が必須であることを示す。内部モデルには、制御対象と同じ情報の流れをもつ順モデルと、それとは逆の入出力の流れをもつ逆モデルとがある。順モデルは運動司令から軌道への順変換に基づいて、運動イメージを形成できる。逆モデルは望ましい運動パターンから必要な運動司令を生成できる。

## 運動軌道計算の最適理論

ヒトがある点からほかの点へ多関節腕の到達運動を行うとき、手先の軌跡はほぼ直線的で、接戦方向の速度が1つだけピークを持つベル型になることが1980年前後に明らかになった。このようなデータを、経路点を通る運動を含めて説明するために、手先の躍度（加速度の変化）が最小になる軌道が生成されているとする計算モデルがFlashとHoganによって提案された<sup>1)</sup>。

宇野洋二氏は<sup>2)</sup>、制御対象である筋骨格系や外界のダイナミックな性質を最適化原理に入れるべきだとして、トルク変化最小モデルを提案した。またこちらの方が、様々の条件下でヒトの運動をよく説明することも確かめられた。

脳が軌道計画を実際に行っていることを示唆する実験結果はいくつか得られているので、著者らは階層構造を持つ神経

回路モデルを提案している<sup>3)</sup>。川人と乾の視覚のモデルと同様に、制御対象の順モデルと逆モデルが組み合わされ、最適問題が解かれる。2つのモデルによる計算を交互に繰り返すことで、運動司令の生成、運動イメージの形成、その修正を行える。この制御方法と非線形振動子を組み合わせ、時系列的な運動制御(発話)のモデルを提案している。また手書きの続き文字の認識に運動制御のネットワークが使えることも分かってきた。これは制御と認識の双対性を示唆している。

## 逆モデルの学習と小脳

運動系の階層構造モデルでは逆モデルが最も重要な役割を果たしているが、これを学習によって獲得することは計算理論の大きな困難の1つである。制御対象の逆モデル学習については、著者らは<sup>4)</sup>フィードバック誤差学習というモデルを提案した。フィードバックコントローラからの出力を逆モデル学習の誤差信号に使うものである。これは小脳外側部と大脳の連関ループのモデルと考えられる。小脳の4つの部位(外側部、中間部、虫部、前庭小脳)の適応と学習機能がフィードバック誤差学習によって統一的に理解できる<sup>5)</sup>。特に小脳片葉に関しては逆ダイナミクスモデル存在の最も確実な証拠が生理学的に得られているといえる。コドン説やスパース符号化に基づいて、小脳皮質の逆ダイナミクス近似の容量(能力)について議論したい。

上の階層モデルとの関連でいえば、逆モデルが小脳、順モデルが大脳に存在し、大脳小脳連関が階層モデルの構造を与えているという図式が成り立つであろうか。

もしオプティカルレコーディングが可能であれば、運動の計画や想像のときに、内部モデルがどのように活動するかを観測できるであろう。

## 参考文献

- 1) Flash, T. et al.: J. Neurosci., 5(1985)1688.
- 2) Uno, Y. et al: Biol. Cybern., 61(1989)89.
- 3) 和田安弘他: 電子情報通信学会論文誌D II, 75(1992)992.
- 4) Kawato, M. et al.: Biol. Cybern., 57(1987)169.
- 5) Kawato, M. et al.: Trends Neurosci., (1992) (in press).  
(ATR人間情報通信研究所 川人光男)

## 逆ダイナミクスの実験的アプローチ

中枢神経系は、階層的なメカニズムから成る。脊髄・下部脳幹には運動パターンの発生装置がある。たとえば、歩行運動は脊髄、そしゃくは延髄網様体、眼球運動は延髄・橋・中脳網様体にその基本的な発生機構が存在する。これらは生得的に備わった運動パターンである(Fig.1. Fixed Pattern Generator)。

しかし、これらの運動は外的・内的環境によって誘導されることによってはじめて目的なものとなる。そのもっとも原初的なものは反射である。しかしそのような目的行動は多くの場合、いくつかの運動が複合したものとして現れる。このような統合的な機構は橋・中脳境界の被蓋部に集中して存在する(Fig.1. Fixed Action Generator) (注)。上丘(眼

球・頭の定位運動)・PPN (Pedunculo-pontine nucleus) (歩行・姿勢の制御)・中脳中心灰白質 PAG (発声・呼吸)・中脳網様体(そしゃく)などである。

系統進化にともなって脳は大脳皮質を獲得し、運動を学習することが可能となった(Fig.1. Learned Action/Pattern Generator)。その基本的な作用様式は、すでに存在する脳幹・脊髄のFixed Action/Pattern Generatorを駆動することであった。これによって、新たな環境における最適な行動を学習によって獲得することが可能となった(Learned Action Generator)。しかし依然としてその運動要素は生得的な機構に依存している。下等な哺乳類ではこれはまだ未分化な感覚運動野Sensory-motor cortexとして存在するにすぎない。

大脳皮質運動野の専門分化はサルやヒトになって完成した。ここではじめて大脳皮質から運動ニューロンへの直接投射が現れる。既成の脳幹・脊髄メカニズムをバイパスして運動パターンそのものを出力することが可能になった(Learned Pattern Generator)。この専門化にともなってLearned Action Generatorの役割にも変化が現れたと考えられる。運動野への結合を介して、内的・外的な環境あるいは状況にもとづいて学習された運動を駆動することである。運動前野Premotor cortex(運動前野Premotor area、補足運動野Supplementary motor area)がこの機能を担っている。

これらの階層のさらに外側にあるのが大脳皮質連合野である。この情報はそのままでは運動を出力しない。運動あるいは行動をシミュレートすることがその役割である(Learned Action Simulator)。これによって、つぎに現れる事象や行動の結果を予測して行動を組み立てることが可能になった。また、好ましくない行動を抑制することも可能となる。

ところでこれらの階層の情報は直接・関節に運動ニューロンに収束する。運動への内的・外的欲求のままでは収拾のつかないほど過大なものになるだろう。それを制御するためには強力な抑制機構が必要となる。大脳基底核はそのような抑制機構として出現したと考えられる。基底核の出力は高頻度に発火するGABA作動性ニューロンからなり、橋・中脳運動領域(Fixed Action Generator)に投射する(Fig.1)。上丘を介する眼球運動の制御にその典型がみられる。しかし基底核の

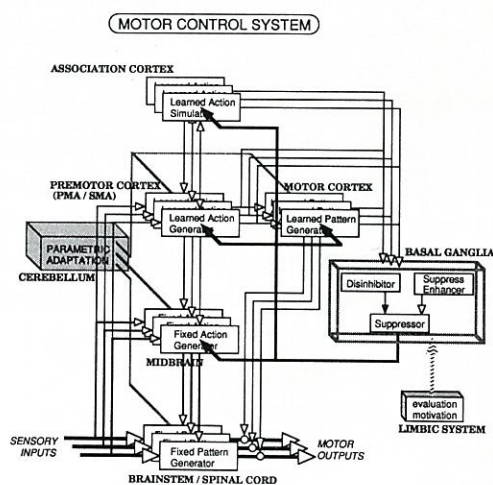


Fig.1

作用は運動の抑制にはとどまらない。その持続的な抑制を取り除くことによって積極的に運動を発現させる力をもつ（脱抑制 Disinhibition, Fig.1）。基底核のもう一つの作用様式はその抑制をさらに強めることである（Suppress Enhancer, Fig.1）。

大脳基底核の抑制的・選択的機能は大脳皮質に対しても発揮される。視床を媒介として大脳皮質も同様に基底核のターゲットとなった。しかし、十分に計算された情報がなくては、基底核は適切な選択を行うことはできない。基底核は大脳皮質をそのターゲットとする一方で、大脳皮質からの精緻な情報を受けるようになった。このようにして大脳皮質と基底核の相互にはループ回路が形成される。大脳基底核はこのようにして大脳皮質における記憶の形成においても重要な役割をもつようになったのであろう。

小脳も運動の階層構造に対して側面から制御する位置にある。その役割は、大脳皮質—基底核の機構によって選択・抽出された Action を、実際に実行に移すための適応的制御を行うことにあると考えられる。脳幹・脊髄レベルの運動領域（Fixed Pattern/Action Generator）に対してはその時空間的パラメータの調節を行う。小脳 Flocculus による前庭動眼反射のゲインの適応的調節はその典型である。ここでは Parametric adaptation のためのハードウェアはやはり生得的に与えら

れている。

運動の学習そのものに関与するようになって小脳の役割はさらに大きなものになった。おそらくそのターゲットの運動領域（ここでは運動野・運動前野）におけるパラメータの制御以上の機能をもったのであろう。運動記憶が分離して小脳に委譲されたのであろう。

以上は、運動系の構造と機能を強引に独断的に概念化したものである。しかし実験研究サイドからのある程度のモデル化の試みがあつてはじめて「脳の高次機能の計算論的および実験的研究」は実りの多いものになると思う。とくに、川人氏の提唱する逆ダイナミックスの概念の実在性を検証し、さらにそれにもとづいて実験研究を発展させるためのたたき台としたい。

（注）ここでは以下のように定義する。'Pattern'は個々の運動要素の時空間的特性である。'Action'は Pattern を統合したものであり、目的をもった行動単位を表す。たとえば、「怒り」の行動は顔面の筋肉や発声のための筋肉の収縮などさまざまな運動要素を含んでいる。また、Pattern あるいは Action の様式が生得的に決定されているものを'Fixed'とし、学習によって獲得されるものを'Learned'と呼ぶことにする。

（岡崎国立共同研究機構 彦坂興秀）

## 神経回路学会第4回全国大会開催のお知らせ

日時： 平成5年7月21日（水）～23日（金）  
会場： 九州工業大学情報工学部  
原稿締切： 平成5年4月18日  
実行委員長：安井湘三（九州工業大）  
実行委員： 鶴岡久（福岡工業大）、合原一幸（東京電機大）、石川真澄（九州工業大）、田中繁（日本電気）、大森隆司（東京農工大）、曾根原登（NTT）、松本修文（九州工業大）、村田昇（東京大）、倉田耕治（大阪大）、井上高宏（熊本大）、林 動（松下電器産業）、森田昌彦（筑波大）  
問い合わせ先：九州工業大学情報工学部制御システム工学科  
安井湘三 〒820 福岡県飯塚市大字川津680-4  
TEL.0948-29-7714/FAX.0948-29-7709  
E-mail: yasui@ces.kyutech.ac.jp

## 理化学研究所情報科学研究室研究員公募

研究分野： 高次脳機能の生理学的、解剖学的、心理学的研究、または新計測法の開発  
募集人員： 研究員1名  
着任予定： 1993年4月1日  
応募期限： 1993年1月20日  
応募資格： 34歳以下（1993年2月1日現在）で、博士号所持または1993年4月1日までに取得見込みの者。国籍は問わない。  
問い合わせ先： 理化学研究所情報科学研究室 主任研究員 田中啓治  
TEL.048-462-1111/FAX.048-462-4696

## 編集後記

今年も早12月、明日から全国大会です。皆様方も何かと気ぜわしい毎日のことと思います。今年最後の巻頭言は、次期 ENNS 会長のカイアニエロ教授にメッセージをいただきました。世界が日本の動向に注目しています。また、重点研究「脳の高次機能」第3回夏のワークショップの基調講演要旨をいただきました。併せて御礼申し上げます。皆様、良い年をお迎え下さい。（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 03-3822-7374 FAX 03-3822-7375  
（広告、購読等に関するお問い合わせは MYU K.K.まで）

mitac



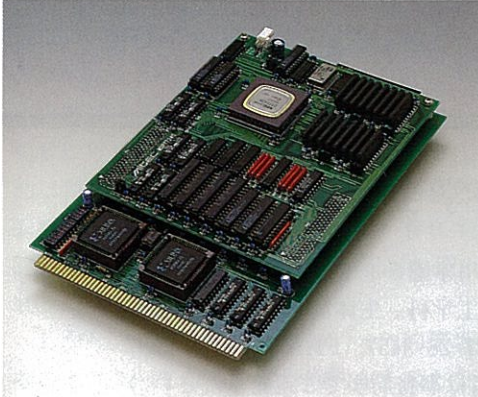
**アップグレードサービス!!**  
 当社「MSP-77230」ユーザの方には期間中に限り  
 下記特別価格にて販売いたします。  
 (但し、ユーザ登録済の方に限り)  
 MSP-77240 MAXシステム.....定価448,000円  
 MSP-77240 MINシステム.....定価398,000円

# MSP

Digital Signal Processor

# 77240

## DSP開発ボード



90nsサイクルの高速実行・大容量  
 パソコン組込み型32ビット浮動小数点 デジタル信号処理ボード

- 特長
- PC-9801シリーズの拡張スロットに本ボードを差し込み、デジタル信号処理演算を高速・高精度に実行します。
  - パソコン上でプログラムの開発から実行までを一貫して行えます。
  - 外部メモリのRAMによりプログラムデータをフレキシブルに選択実行できます。パソコンとの共有メモリであるデュアルポートメモリにより高速なデータ転送が可能です。
  - μPD 77240 (NEC製) 標準マスク版を用い、内蔵された豊富な画像処理ソフトを有効に利用できます。
  - 大容量・高速メモリ
    - インストラクションメモリ/32Kワード(128Kバイト ノーウェイト アクセス)
    - データメモリ/MAXボード 2Mワード(8Mバイト ノーウェイト アクセス)
    - データメモリ/MINボード 1Mワード(4Mバイト ノーウェイト アクセス)
  - 複数同時実装可能
  - DSP開発ボード1枚に1スロット使用します。
- 価格
- MSP-77240 MAXシステム.....定価548,000円  
 (アセンブラ・リンカ/コントロールソフト/電源(+5V, 3A)/マニュアル付)
- MSP-77240 MINシステム.....定価498,000円  
 (アセンブラ・リンカ/コントロールソフト/電源(+5V, 3A)/マニュアル付)

※記載されている価格には消費税は含まれておりません。

●詳しい資料は、電話で下記までお問い合わせ下さい。

**株式会社 マイテック**  
 商品事業部  
 東京都江東区電戸2-33-1 BR電戸1ビル  
 〒136 ☎03-5609-9800 FAX.03-5609-9801