

氏名	乾 敏 郎 いぬい とし お
学位の種類	文学博士
学位記番号	論文博第169号
学位授与の日付	昭和60年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	視覚情報処理の基礎的メカニズムに関する心理学的研究

論文調査委員 (主査) 教授 本吉良治 教授 平野俊二 教授 中久郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、視覚系を三つの処理段階に分け、それぞれの段階における処理様式について考察したものである。すなわち、1) 光覚と視力を決定する段階（生理学的には網膜レベル）、2) 特徴を抽出する段階、3) 抽出された情報を統合し記憶する段階である。

第1章では、その歴史的背景を述べ問題点を整理した後、視覚研究の一つの枠組を示した。それは、階層的処理において一つの処理単位の特性と相互作用という観点で各階層をしらべようとするものである。本章では、最近明らかにされてきた生理学的知見との比較をもとにして、ヒトの視覚情報処理機構を上記の観点に立ってしらべることにより、パターン認識の計算理論 (Marr, 1982) を解明することの重要性を述べる。

第2章では、精神物理学的手法によってX型細胞、Y型細胞の受容野特性とそれらの機能について検討した。その結果以下の事項が明らかにされた。

1. Y型細胞の受容野中心部の直径は、中心窩で4'、偏心度10°の位置で12'であり、偏心度と線形関係にある。
2. X型細胞の受容野中心部の直径は、偏心度が10°以内で一定であり、その値は2.5'である。
3. フリッカー感度はY型細胞によって決定され、視力はX型細胞によって決定されると考えられる。
4. Y型細胞は受容野中心部の直径の約3倍の範囲で抑制性の入力を受けている。
5. 生後適切な刺激が与えられない場合、Y型細胞の受容野中心部の直径が大きくなり、受容野中心部の感度が低下する。

最後に、これらの結果をヒトとほぼ等しい視力と空間周波数特性をもつアカゲザルの電気生理学的、解剖学的研究と比較した。またヒトの解剖学的データを考慮し、Shannonの標本化定理によって網膜の光信号の復元能力を評価した。

第3章では、特徴抽出過程における基本的処理様式について検討した。一度 Iconic memory に貯蔵された情報から、見ようとする部分の特徴が選択的に抽出され、形が知覚されると考えられている。

まず文字間の相互干渉が生ずる距離に関するデータ（単位は視角）をヒトの網膜一皮質拡大因子を用いて、皮質の距離（単位は mm）に変換した。その結果、特徴検出器が存在する大脳皮質においては、網膜位置によらず一定の範囲内で相互に抑制し合っていることが明らかにされた。次に、複数の項目（たとえば幾何学図形）から構成される刺激を瞬間提示する実験を行い、提示時間と正答率の関係をしらべた。その結果、中心視で、しかも微細な処理を必要としない場合、項目の特徴は確率的に独立に処理されていることが明らかにされた。さらに確率的に独立に処理されているにもかかわらず、処理すべき項目数を増加させたとき同じ正答率を得るために必要な提示時間が増加する理由が明らかにされた。最後に、選択的処理および2段階処理（すなわち Neisser, 1967, の言葉を使えば、前注意過程と集中的注意過程）を実現する神経回路網モデルを提案した。このモデルではXチャンネルとYチャンネルという時空間特性の異なるチャンネル間の相互作用と各チャンネルを構成するニューロン間の相互作用によってこれらの処理機能が実現されている。

第4章では継時的統合過程に関する基礎研究、とくに継時的統合化が可能となるための時空間的拘束条件についての研究ならびに視覚短期記憶の特性に関する研究について述べた。

まず継時的統合化が可能となるための空間的拘束条件をしらべた。具体的には、顔の認知実験と線分の長さの比較実験において、同時に見える部分（視野）の面積がどのように影響するかをしらべた。その結果、以下の事項が明らかにされた。

1. 顔写真に目や口の形など局所情報がある場合、全体のおよそ1/5の大きさの視野で走査すれば正しく再認できる。
2. 局所情報がないとき、顔全体の構造をイメージとして構成するには全体のおよそ半分の視野が必要である。
3. サッケードの前後では長さの情報は視覚的に統合できない。

次に4コマの続き絵を継時提示する実験によって、継時的統合が可能となるための時間的拘束条件をしらべた。その結果、以下の事項が明らかにされた。

1. 線画の意味内容は、150 ms 以上の提示時間であれば把握可能である。
2. しかし、継時提示される線画を処理して記憶するには 280 ms 以上の SOA が必要である。

次にマトリクスパターンの再生および再認課題を行うことによって、視覚短期記憶の諸特性をしらべた。その結果、以下の事項が明らかにされた。

1. 一回の固視で記憶できる限界は、マトリクスの大きさで言えば 4×4 付近である。
2. 獲得速度はパターンの複雑さに依存するが、一度記憶されたパターンに対する忘却率は複雑さによらない。
3. マトリクスパターンの場合、再生課題でも再認課題でもほぼ同じ結果が得られた。

最後に以上の実験結果に基づく視覚情報獲得および忘却過程の数理モデルを提案した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、感覚心理学、知覚心理学、認知心理学の分野を情報論的アプローチによって総合的にとらえ

ようとした労作である。

著者は、視覚系を階層的情報システムとしてとらえ、その基本的様式を明らかにしようとした。すなわち、処理単位の特性とその相互作用によって各階層における処理機能の特徴づけようとする。

はじめにもっとも基本的な感覚である光覚と視力を決定する神経機構を精神物理学的手法を使って解明した。従来、この種の研究は、サル、ネコについては行われてきた。しかしヒトについては断片的にしか行われていない。本研究は、もっとも多くヒトが使用すると考えられる中心視野10度の範囲内の受容野特性を調べた。そこで見出されるX型細胞は、情報処理を細かく行い、時間的に遅く、Y型細胞は、情報処理を粗く行い、時間的に速いことが確められた。このことは大きな成果である。

上位の階層すなわち皮質と考えられる領域においても、X型、Y型細胞が同様の働きをすれば以下のようなことが予想される。目の前に呈示された刺激を、ばくぜんと、何か変化があったとか、何か異なったものがあったとかいうような「前注意」の知覚が可能なのは、Y型細胞の処理機能がX型細胞の処理機能より速いためであると解釈することによって容易に理解できる。

Neisser のいう「前注意過程」と「集中的注意過程」の2段階処理仮説が以上の著者の神経回路モデルによってはじめて解明の道がひらかれた。

一方、複数の項目の瞬間視の処理にさいしてすべての項目を処理せねばならない場合、各項目を直列的に処理するか、並列的に処理するかは、従来明らかではなかった。項目数と正確に把握すべき時間の関係をただ直観的に解釈するにとどまっていた。それに対し、著者は各項目の処理は独立であり、かつ並列的であることを明らかにした。処理すべき項目数が増加すると把握時間が増加し、直観的には直列処理をしているかのように見えるが、実はその理由が直列処理のためではないことを示した。

これは確率的独立性の考えをもとにすると、1項目を単位時間で処理する確率をP、n項目が同時に処理される確率は P^n であり、 $P^n \leq P$ である。したがって同じ正答率になるためには、項目数の増加と共により長い提示時間を必要とすることになる。このため見かけ上、直列処理のようにみえる結果が得られるのである。

抽出された情報はどのようにイメージ化され、また貯えられるのであろうか。視覚の短期記憶やイメージの形成過程の研究は、現在やっと始まったばかりの分野であり、その詳細は不明である。著者は有意味材料と無意味材料を用いて、その基本的特性を明らかにした。無意味材料として、マトリクスパターン(碁盤の目を白黒にぬりつぶしたようなパターンで処理の単位として測定に便利であるために用いる。)を記憶させた結果、重要な心理学的知見を得た。そのいくつかを述べると、1) 獲得速度は、パターンの複雑さに依存する。2) しかし、一度記憶されたパターンに対する忘却率は複雑さに依存しない。3) 1回で記憶できる範囲は、マトリクスの大きさが 4×4 ぐらいである。イメージ形成の研究のため、有意味刺激として顔写真が用いられた。目や口などの局所情報を与えたとき、全体の1/5の大きさの視野で走査すれば正しく再認できる。顔をぼかすことによって局所情報を与えない場合、顔全体の1/2の視野が必要であることがわかった。われわれの目は常に継時的に対象を走査するが、全体を把握するためには、同時に見える面積の大きさがどの程度必要かがこれによって明らかにされた。

著者は、各階層における情報処理過程について数多くの事実を見出し、さらにそれをもとにした数理モ

デルを呈示した。それらは従来の心理学的知見に——例えばすでに述べた Neisser の 2 過程仮説に——基本的な解明を与えた。のみならず、将来いくつかの心理学的な仮説に解明を与えることも十分期待される。

以上審査したところにより、本論文は文学博士の学位論文として価値あるものと認められる。

昭和59年12月12日、調査委員3名が試験を行った結果、合格と認めた。