

氏名(本籍)	吉田茂(福島県)
学位の種類	博士(心理学)
学位記番号	博乙第722号
学位授与年月日	平成3年11月30日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
審査研究科	心理学研究科
学位論文題目	視覚誘発電位の二元過程モデルと視覚特性
主査	筑波大学教授 文学博士 金子隆芳
副査	筑波大学教授 学術博士 岩崎庸男
副査	筑波大学助教授 吉田富二雄
副査	筑波大学助教授 渡辺光雄
副査	筑波大学助教授 中田英雄
副査	筑波大学教授 教育学博士 市村操一

## 論 文 の 要 旨

本論文は人間の視覚誘発電位に関する実験心理学的かつ数学理論的研究である。すなわち光の視覚刺激に対して大脳視覚野に生じる一過性の電気活動、すなわち視覚誘発電位について、神経の興奮・抑制過程を基礎に表式化する二元過程モデルをたて、実際の視覚誘発電位との一致性と、心理学的視覚現象に対するその説明性を検討したものである。

論文はつぎの7章からなる。

第1章 「序論」

第2章 「オン・オフ光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

第3章 「パルス光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

第4章 「ダブル光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

第5章 「トレイン光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

第6章 「視覚誘発電位二元過程モデルの動的シュミレーション」

第7章 「結論」

つぎに各章の概略を述べる。

第1章 「序論」

視覚誘発電位を、視覚あるいは神経生理学的な各種の現象にみられる興奮と抑制の二元過程の線形結合と考えるアナログカルな根拠を論じた。その数字的表現として、受容野の空間構造を表すガ

ウス型のDOG (difference of Gaussians) 関数を時間ドメインに移し、ガウス型の代わりにポアソン型を仮定するDOP (difference of Poissons) 関数を提案した。

## 第2章 「オン・オフ光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

基本問題としてまず光刺激のオンに対する神経的反応成分としてポアソン型の興奮過程と抑制過程を想定し、その差すなわちDOPをもってオン視覚誘発電位を表すものとした。オフにたいしても同様に考えてオフ視覚誘発電位を表す。実際の視覚誘発電位見本としては一人の標準的被験体の後頭中心部より得られた典型的なデータを取り(これは次章以下同様)、ポアソン関数のパラメーターの最適値を推定した。その結果、理論曲線は見本視覚誘発電位とよく一致した。なお抑制は興奮より早く発生し長く持続するという仮定が導入されている。

本章の議論は本論文の基礎となるもので、以下の章に述べるいろいろな刺激形態に対する視覚系反応の時間特性を説明するものとされる。

## 第3章 「パルス光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

単純な光刺激として一個の矩形波パルス光に対する視覚誘発電位をとった。その理論曲線は、前章で得られた基本的なオン視覚誘発電位とオフ誘発電位にパルス幅の短い時間差を与えた重畳として表現できることを示した。視覚現象を説明するためには、オン・オフ誘発電位の二つの興奮成分のみを合成して得られるコントラスト・ポテンシャルの概念が有効で、ブロックの法則、ブロッカ・ズルツァー効果などの視覚現象を説明し、光刺激の瞬時感や持続感とも対応した。

## 第4章 「ダブル光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

二つの継次的なパルス光による視覚誘発電位を取り、これに二元過程モデルを適用したものである。ここでは一個のパルスの視覚誘発電位としてオン誘発電位だけを考える簡略モデルが通用した。二つの視覚誘発電位の興奮成分の分離度から二重光の理論弁別曲線を求めたが、ダブル・パルスに対する心理物理的弁別曲線とのよい対応がみられた。

## 第5章 「トレイン光刺激に対する視覚誘発電位の二元過程モデル」

パルス光が継続するトレイン光刺激に対する視覚誘発電位を取り、これに二元過程モデルを適用した。トレイン視覚誘発電位には初期の振幅減少と後期振幅増大がみられるのを特徴とするが、これを表現するために明順応過程と、それに伴って潜時が減少する後期律動波を追加した。後期律動波はオン・オフの相互トリガー機構を示唆するもので、脳波の光駆動やアルファ波の発生を説明できる。

周期刺激に対する定常視覚誘発電位はちらつき感や融合などの視覚現象とも関係があるが、その基本過程はコントラスト・ポテンシャルにあることが示された。トレイン視覚誘発電位の初期振幅減少は視覚的にはパルス知覚の個数の減少に対応し、後期振幅増大はバートレイ効果に対応する。

## 第6章 「視覚誘発電位二元過程モデルの動的シミュレーション」

以上の知見をもとに順応過程による刺激値の変動とオン・オフの相互トリガー機構を導入し、二元過程モデルを動的システムとしてコンピュータ・シミュレーションを行った。動的なシミュレーションは一般に不安定となりがちで、ここでも多少の強調化傾向がみられたが、各刺激パターンに

対する視覚誘発電位の特徴を表現することができた。相互トリガー機構は律動波の脳レベルにおける結合も報告されていることから、その存在可能性が強調された。

## 第7章 「結論」

視覚誘発電位の二元過程モデルとして、興奮・抑制過程、DOP関数、コントラスト・ポテンシャル、二重光弁別曲線、刺激値、相互トリガー機構などの概念を導入して議論が進められたが、とくに興奮・抑制過程を含むオン・オフ機構がきわめて重要な働きをしているという点が一貫して強調された。結論として本論文で提出した視覚誘発電位の二元過程モデルは、視覚特性の基本単位と見なされ、人間の視覚系の一つの重要な機構として位置づけることができるとされた。

## 審 査 の 要 旨

視覚の空間構造を表すガウス・モデルとしてのDOGは現在の神経計算工学あるいは計算機型神経科学では周知の概念となっているが、同じ思想をポアソン・モデルによって視覚の時間構造に応用したDOPは著者のオリジナルな着想と思われ、本研究はこの点をもっとも評価される点である。そして本研究はそのような方法論による視覚誘発電位のモデル化の基礎論として、一往の完成を見ている。ただし本来は確立論の概念であるポアソン型をとる神経科学的必然性が乏しく、その根拠はモデル化の数学的操作の便宜以外に考えられないが、それはガウス型の場合も同じであることを思えば敢えて批判するには当たらないであろう。

本論文を通していわゆる実験の被験者が一人というのは心理学実験としては特異であるが、本研究は優れて理論的であり、それが標準的な元型的なデータであるかぎりそのこと自体は本研究の価値を損なうものではない。しかし個人内で整合性のある構造を捉えた上で、複数の被験体のデータについて一般化する必要はある。また視覚現象との対応について多く論じられているが、誘発電位記録と視覚実験とが実際に平行していないので、パラメトリックな対応をつけるまでには至っていない。このことは著者も指摘している通りで、今後の課題である。

このような若干の問題はあるものの、本研究において著者は数理的技法、コンピューター操作等の基本的能力を遺憾なく発揮した。さらに今後の問題としてDOGモデルとリンクして視覚系の時間空間的な総合モデルとなることが期待されるが、本研究はその端緒としての大きな一歩であることは疑いない。

よって、著者は博士（心理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。