



Title	The Valve Action of Intensity Receptor
Author(s)	Tsukamoto, Yoshihiko
Citation	大阪大学, 1975, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/31321">https://hdl.handle.net/11094/31321</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	塚 本 吉 彦
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	第 3300 号
学位授与の日付	昭和50年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	強度受容器の弁作用
論文審査委員	(主査) 教授 原 富之 (副査) 教授 岸本 卯一郎 教授 春名 一郎 助教授 田村 博

### 論 文 内 容 の 要 旨

ウェーバー・フェヒナーの法則をはじめ感覚生理学で知られている刺激応答関係に、通信理論の基本的な考え方を適用することによって、その含む情報論的な意味が明らかになったので報告する。

強度受容器は次の諸性質を備えている。まず、エネルギー変換の性質として、刺激と応答はそれらのエネルギー源の相互の独立性より、形態的にも量的にもエネルギーの形態転化と量的保存の原理に従うように制約し合うことはない。(1)種々の感覚器が存在し、刺激の多様なエネルギー形態が、動物体内の神経伝達を行なう共通のエネルギー形態へ転換される。(2)応答は刺激の比較的小さなエネルギー量によって制御され、刺激エネルギー量に対する応答エネルギー量の比率は変動することが可能である。次に、情動的連結の性質として、応答変量は一定の刺激応答関係によって刺激変量を反映する。(1)応答変量は刺激変量に一对一に対応する。(2)刺激変量と応答変量の動作範囲がそれぞれ設定され、しかも変動することが可能である。(3)刺激変量の確率密度分布は応答変量の確率密度分布へ刺激応答関係によって変換される。

受容器のこれらの性質は弁(バルブ)に特有な性質である。強度受容器の弁作用は、刺激が細胞膜の内外をはさんで流れるイオン電流を調節することに認められる。刺激強度は一定の非線形的関係をもって受容器膜の緩電位の振幅に変換される。受容器膜の電気的な等価回路の可変抵抗が弁に相当する。緩電位は細胞体と軸索の境界部でインパルスをはき起こす。電位振幅はインパルス頻度に比例的に変換される。

刺激強度と電位振幅(あるいはインパルス頻度)の関係として、従来三つの実験式が知られている。第一は、一世紀以上も前に心理物理学で提出されたウェーバー・フェヒナーの法則と呼ばれる対数関数で、数多くの電気生理学的事実によって確かめられた。第二は、スチーブンスによって1960年頃に

心理物理学の多くの実験結果に一般的に妥当するものとして提出されたベキ関数である。同じ関数は皮膚の機械受容器の電気生理学の実験でも報告されている。第三は、最近いくつか報告されている  $\tanh \log$  関数であり、これは指数が1に等しい特殊な場合として等温吸着式と同形のものを含んでいる。

これらの式は情報の連結に関する三つの性質を表わす形にととのえられる。そうすれば、ベキおよび  $\tanh \log$  関数はそれらの指数を零に近づけたときに対数関数に極限移行することが、不定形の極限值に関するロピタルの定理により証明される。

神経繊維のインパルス系列の変動性に対して、インパルス頻度の最適な確率密度分布が求められ、通信路容量が計算される。刺激応答関係による確率密度変換は感覚繊維の各識別段階を等頻度を使用するように、刺激の確率的性質を改善する役割をはたしうる。感覚繊維の容量的な識別段階数に対する実際の動作過程での実効的な識別段階数の比率は、刺激応答関係の環境に対する適応性の尺度を与える。

### 論文の審査結果の要旨

感覚現象において、刺激にもとづく興奮は受容器自身またはそれにつづく伝導器において、その伝達に効果的な形態(インパルス)に変換され、刺激の強度は最終的にはインパルス頻度によって感覚される。このさい識別閾( $\Delta I$ )は刺激強度( $I$ )に比例して変わり、刺激強度の増大に伴って識別能が悪くなる。この種の刺激と応答との関係は対数関数型となり、Weber-Fechnerの法則として古くから有名である。しかし近年、感覚現象の中にはこれに合致せず、受容器の種類によっては応答がベキ関数型や  $\tanh \log$  関数型になることが報告されるようになった。塚本君は本研究においてShannonの通信理論の考え方に基づいて、感覚における応答の諸型についてそれぞれのもつ意義の検討を試みた。

塚本君はまず、応答に関する上述の3つの表現式がある条件では極限的には一致する性質のものである点を理論的に確かめた。ついで、入力としての刺激強度と出力としてのインパルス頻度の平均値と標準偏差、確率密度を考え、刺激強度の変化に伴う応答の確率密度と識別能の変化を比較解析した。その結果、対数関数型の受容器では刺激が弱いと識別が細かく、刺激が強いと識別が粗くなるのに対して、ベキ関数型の受容器では刺激の弱いときには識別能は低下するが、刺激が強くなっても識別能の低下が少ないこと、さらに  $\tanh \log$  関数型の受容器では刺激強度のある範囲で識別能が非常に高く、それよりはずれると識別能が低下することを理論的に明らかにした。現在までに発表された実験の中にはこのような解析結果と比較できる程に十分な統計的なものは殆んどないが、ベキ関数型をとるヒフの圧感覚に関する研究を再検討すると、同君の解析は実験結果と満足すべき一致が得られており、さらにこの受容器における識別能の予言に達している。すなわちこの研究は、今後感覚受容の実験を行なうに当って、測定値にどのような統計的な処理が必要であるかの理論的根拠をも与えている。

以上、塚本君の業績は、感覚現象における刺激応答関係を理論的に考察し、強度受容に際してみられる種々の情報変換形式の生理学上に意味するところを明らかにしたものであり、理学博士の学位論文として十分価値のあるものと認められる。