

審査の結果の要旨

氏名 相原孝次

脳・神経系には乱雑な背景活動があり、環境からの乱雑な揺らぎにも曝されている。このようなノイズな環境の中で、脳・神経系がいかにして頑健性を維持しているのかを理解することは、現実的・応用的観点からも重要である。本論文は、心理物理学的手法を用いて、この問題に関する理解を一步進めることを試みたものである。

第1章で序文を述べた後、第2章において、この問題に接近する際の鍵となる確率共振 (Stochastic Resonance; SR) 現象—非線形系において微弱な信号を検出する能力が適度な強度のノイズ存在下で最大となる現象—の理論的背景、神経科学における SR 研究の進展状況を述べている。そして、従来のヒトの知覚に関する SR 研究は、人為的に与えた外部ノイズにより SR が起きるかどうかを調べるだけで、脳・神経系の乱雑な背景活動、すなわち内部ノイズが SR に及ぼす影響について体系的に調べてこなかったことを指摘している。

第3章では、内部ノイズレベルを調べるために本論文で用いられた心理測定関数について述べられている。心理物理学における支配的な理論である信号検出理論に基づき、外部ノイズをゼロに近づけた際の心理測定関数の「広がり」を内部ノイズと見なしうることを理論的に示している。

第4章では、外部ノイズを印加することにより全ての被験者で SR が起きるわけではないのは何故かという問題に関して、「内部ノイズレベルが SR 効果を決定している」という仮説を提案し、視覚コントラスト検出課題を用いて実験的に仮説を検証している。ここにおいて、内部ノイズレベルが小さいほど外部ノイズ印加による SR 効果が大きいという、本論文の最も重要な結論が得られた。

第5章では、SR 効果を考慮した新しい心理測定関数を提案し、実際の心理物理実験のデータに適合することを確かめている。さらに、提案関数を短時間で効率的に推定するために新たなベイジアン適応的推定法を開発した。コンピュータ・シミュレーションと実際の心理物理実験により、本法が約 500 試行で効率的に提案関数を推定可能であることを明らかにしている。

第6章では、SR 効果が内部ノイズレベルで決定されるという本論文で明らかになった知見が、ノイズでヒトの機能を高めるという SR の (臨床) 応用に新たな光を投げかける可能性を主張している。さらに、本論文で提案したベイジアン適応的推定法が、このような SR の応用に有用であることを主張している。最後に、認知機能の基盤とされる脳領域間の活動同期現象に SR が関与している可能性等について考察を加えている。

本論文は、脳・神経系内外の不確かさを考慮したヒト視知覚の成立に関して、外部ノイズによる SR 効果に内部ノイズが及ぼす影響を初めて実験的に示した点、および SR 効果を考慮した新たな心理測定関数を効率的に推定する手法を開発した点で、特に意義が認められる。よって、本論文は、博士 (教育学) の学位を授与するに相応しいものと判断された。