

審査の結果の要旨

氏名 田嶋 達裕

視覚は、ヒトをはじめとする動物にとって主要な感覚処理のひとつである。しかし、高度な視覚処理がどのような計算原理に基づいて行われているのかはいまだに明らかでない部分が多い。本研究では、脳の視覚処理に関する新しい汎用的なモデルが提案されている。

1章は序論であり、研究の目的および背景となる基礎的知見について概説されている。1.1節対象とする問題、関連研究について述べ、統計的推測におけるモデル推定の視点から視覚機能を解釈することで、様々な心理物理学および生理学的現象を統一的に説明する理論的枠組みを構築することが、本論文の目的であるとしている。1.2節では、本研究の基礎となる数理統計学および神経生理学的な背景について解説している。数理統計学的基础として、古典的ベイズ推定およびその拡張である経験ベイズ推定の枠組みについて解説する。神経生理学的基础として、脊椎動物の視覚神経系とその構成単位としての神経細胞の挙動に関して解説されている。

2章では、理論的な立場から、神経系における知覚形成のモデルが提案されている。知覚を「外部刺激に関する統計的モデル推定の結果」と解釈し、神経系の生理学的特性と知覚現象の関係が導かれている。具体例として、2種類の代表的な神経ネットワーク、すなわち一様な特性を持った神経細胞集団および非一様な特性の神経細胞集団について、モデル化とその特性の理論的解析の結果が示されている。

3章では、実証的な立場から理論的予測の検証が行われている。3.1節では、生理学的な側面からの検証として、著者らが行った神経イメージングによる実験結果を紹介され、これを提案理論から予測される神経特性と比較している。この実験では新たに考案された計測手法を用いて、ヒトの初期視覚野における刺激コントラスト依存的な符号化特性を明らかにし、実験結果は理論的に予測される最適なモデル推定のための神経符号化特性と矛盾しないことが示されている。3.2節では、心理物理学側面から理論の検証として、視覚刺激における統計的パラメータの知覚について、先行研究で報告されている心理物理学

的データを理論による予測と比較している。本理論の予測は実験データと矛盾しないだけでなく、従来研究では説明されていなかった複雑な知覚特性が、本論文の理論的立場から自然に理解されることを示している。これらの検証結果は、提案理論の妥当性を支持すると同時に様々な生理学的、心理物理学的現象を理解する上での本理論の有効性を裏付けている。

4章では、モデル推定の動態に関して解析と検証が行われている。4.1節では、動的推定の第1の例として、視覚における時間的に変化する視覚的カテゴリの推定に理論を適用している。この結果、カテゴリカル知覚に関して従来別々に報告されてきた、記憶の時間的変化、ヒステリシス、知覚的バイアス、神経表現におけるタスク依存性といった様々な現象を、統一的な理論的枠組みから理解できることを示している。4.2節では、動的推定の第2の例として、視覚的モデルの学習による獲得を扱っている。特に、生後発達における視覚刺激の複雑な生成モデル獲得について考察されている。視覚処理における後天的学習を「刺激の観測モデルに関する段階的な推定過程」と解釈することで、これまで理論的モデルがほとんど提供されてこなかった、高度な知覚的処理機能を獲得するまでの乳児視覚の段階的発達について、計算論的な解釈を与えることに成功している。

5章では、本論文の内容を総括し、視覚およびその他の知覚研究の文脈における提案理論の意義について述べられている。

以上の内容は、ヒトの視覚認知機構を理解する上での重要な知見であると考えられ、学位請求論文の研究として十分な内容を有していると判断する。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。