

# 論文審査の結果の要旨

氏名 佐藤 好幸

我々の世界は不確実性に満ちている。我々の知覚システムはこのような不確実性に対処し、できるだけ正確な知覚を実現する必要がある。統計的推測の数学的手法の一つとしてベイズ推定がある。近年、人間の知覚や運動がベイズ推定によりよく説明できることが広く示されてきている。

本論文の目的は、重要であるにもかかわらずいまだ十分に解明されていないこのような脳機能に対し、近年著しい成功を収めているベイズモデルの方法論を用いてその意義、機能、処理様式を解き明かすとともに、さらに研究を進めるための実験提案をモデルに基づき行うことである。内容は大きく分けて三つのテーマに分かれている。第二章が視覚的特徴結合のベイズモデル、第三章が注意のベイズモデル、そして第四、五章が適応現象のベイズモデルである。第一章は導入、第六章は全体の議論と結論である。

第二章は視覚的特徴結合を扱っている。分離処理された視覚的特徴の情報が脳内でどのように統合されているのかということは、人間の視覚メカニズムの根源にかかわる重要な問題であるが、いまだによくわかっていない。本章では、物体位置の推定に、特徴の同一源性を表す二値変数を導入したベイズモデルを構築し、このモデルが従来のモデルよりもより広い範囲に適用でき、かつ実験結果をよく再現できることを示している。また、提案モデルが様々なパラメータ条件下で非自明な挙動を示すことに関する議論を行っている。

第三章は注意のベイズモデルを論じている。注意は知覚や行動において重要な意味を持つが、いまだその意義や仕組みについてはわからないことが多い。従来の研究では、知覚のベイズモデルに注意を取り入れる方法が主に二種類存在するが、なぜそのようなモデル化をしたのかについては十分な説明がなされない。ここでは、視覚的特徴結合のベイズモデルにこれら二つの注意の計算論的効果を取り入れ、注意の効果を統一的に探っている。このモデル解析により、注意が特徴統合に及ぼす影響が非常に複雑であることを示している。この結果は注意が特徴統合に及ぼす影響が複雑であるという実験的事実と符合する。本章ではさらに、注意の二つの効果を分離可能な非常に簡単な実験の枠組みを提案している。

第四、五章では適応現象のベイズモデルを論じている。適応現象は人間の知覚・運動システムの示す重要な特徴である。適応現象には、繰り返し提示した刺激を同じ位置、もしくは同じ時間と感じるようになるという昔から知られたタイプの適応と、その逆の性質を示す最近発見されたタイプの適応がある。後者は、刺激時間差の事前確率を獲得した結果として説明できることが示唆されている。しかし、これらの2タイプの適応現象が存在する理由や、どのような条件がタイプを決めているのかについてはまだほとんどわかっていない。

第四章はまず、視聴覚統合のベイズモデルにおける尤度関数の適応パラメータを変化させることで適応現象をモデル化し、これが以前から知られたタイプの適応の性質をよく再現できることを示している。次に事前確率の変化も取り入れた統一的モデルを構築し、モデルの振る舞いを解析的に求める

ことで、適応タイプを決定するパラメータを明らかにしている。

第五章においては、適応現象自体を時間的に変化する変数に対する推定であるとみなすことで、適応タイプを決定するパラメータの具体的な意味を明らかにしている。この枠組みにおいて最適なタスクモデルには様々な欠点が存在することを示し、この欠点を解消するもう1つの案を提案している。そして提案モデルが第四章で提案した適応の簡単なモデルと一致することを示すことで、適応のタイプがどのモデルパラメータに依存して決まるのかがより明確になっている。また、適応タイプをコントロールし得るような刺激提示の方法をモデルに基づき提案している。さらに、可能な他のタスクモデルについても考察を行っている。

以上のように、本論文においては、人間の知覚について重要であるがいまだ不明なことが多い脳現象、特に視覚的特徴結合、注意、そして適応現象をとりあげ、ベイズ推定という統一的な方法論を用いてモデル化することでこれら現象を説明することに成功している。さらに、新たな知見を得られる可能性のある具体的な実験提案を行っている。この研究によりこれら現象の意義やメカニズムについて、理論・実験両面からのさらなる解明につながることを期待できる。

なお、本論文の第二、三、五章は合原一幸と、第四章は、豊泉太郎および合原一幸との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。