

## 審査の結果の要旨

氏 名 李 東 姫

本論文は「Statistical Mimesis from Partial Observation and its Application to Humanoid Robots」(部分観測情報からの確率的反ミメシとそのヒューマノイドへの応用)と題し、6章からなっている。

ロボットが人間の環境の中で生活を支援するようになるという展望の中で、ヒューマノイドロボットのもつ人間の形象は、人間とロボットの間になつたコミュニケーションを成立させる要件であると考えられている。人間の運動をパターン情報として処理し、記号化を通して運動の認識と生成に利用するという反ミメシ原理は、進化人類学、脳科学、言語学などを横断的につなぐ人間の脳進化とコミュニケーションに関するパラダイムとして知られている。ヒューマノイドロボットの対人間コミュニケーション知能を、反ミメシ原理に基づいて構築しようとする研究が急速な展開を見せつつある。本研究は、このような分野において、情報学的立場に立ち統計的情報処理の部分観測情報の扱いという側面から研究した成果をまとめたものである。

これまでヒューマノイドロボットの反ミメシ研究はモーションキャプチャーなどの理想的に人間を観測できる環境を前提として議論されてきていた。人間が他者を見る状況やヒューマノイドロボットがオンボードのカメラで人間を観測する状況は理想的な観測とは程遠く、深さ方向の情報の低精度やオクルージョンによる情報の欠落が必ず付きまとっている。これは情報の一部が観測できない部分情報観測の問題と考えることができる。さらに、人間はマルチモーダルな感覚の融合において、関節や筋肉などのproprioceptiveな情報と視覚や聴覚などの固有感覚器によるexteroceptiveな情報の間の相互変換を自由に行なっている。ヒューマノイドロボットでも幾何学的情報の変換は議論されてきたが、統計的情報処理のもとで観測データのモダリティの違いを超えて相互変換することが必要になる。本研究では、部分情報観測のもとで観測データのモダリティによらず相互変換を可能にする情報処理を扱い、これによってオンボードカメラを前提とした反ミメシ原理を構築し、それに基づいてヒューマノイドロボットの知能の構成法を明らかにすることを目的としている。

第1章は序論であり、本論文の背景となる問題や先行する研究についてまとめた上で、ヒューマノイドロボットの反ミメシ原理と部分情報処理の関連について考察し、本研究の目的とするところを明確化している。

第2章では、反ミメシ原理の実装に際して採用される隠れマルコフモデルの表現と、それを用いた運動データの記号化の考え方と方法を概観している。

第3章では、部分情報観測に基づく反ミメシ原理の実装に際して、4章と5章の統計的情報処理において必要になるいくつかの数学的結果を導いている。記号化のための計算法として知られるEMアルゴリズムに対して実時間性に優れたRelaxed Viterbi Training法を提案し、EMアルゴリズム、Viterbi Training法、Relaxed Viterbi Training法の間で比較検討を行ない、提案した方法の優位性を示した。記号に基づいた模倣による動作生成において、記憶の中から尤度の高いものを選択する従来の方法に対して、観測情報に条件付けられた尤度を計算することで現在の状況に適したものを記憶に照らして生成する方法を提案した。

第4章では、部分情報観測からの反ミメシ原理の実装を目指して、ヒューマノイドロボットに搭載された単眼カメラ画像を用いた模倣動作の実現法を論じている。ここでは人間に光学的モーションキャプチャーで

用いられる光学マーカが取り付けられており、単眼カメラで捉えた2次元画像においてマーカの識別がなされていることを前提として議論を行っている。部分情報観測の扱いや、関節角度からカメラ座標系への統計的データの相互変換などを実装し、単眼カメラに基づくミメシスが可能であることを実証した。

第5章では、前章の議論で置いた光学マーカとその識別に関する前提条件をはずすために、ベクトルフィールドアプローチを展開した。単眼カメラの画像に表れる特徴点のオプティカルフローを用いて、これを記憶にある運動データと統計的に対応付けることで上記の前提条件を置かずに、単眼カメラに基づくミメシス原理の実装が可能であることを示し、実験によりその有効性を検証した。

第6章は結論であり、以上の成果をまとめ今後の展望を述べている。

以上を要するに、本研究はミメシス原理に基づくヒューマノイドロボットのコミュニケーション知能の構築において、情報学的立場に立ち統計的情報処理の部分観測情報の扱いという側面から研究した成果をまとめたものであり、知能機械情報学ならびにロボティクスに寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。