

審査の結果の要旨

氏名 高野 渉

本論文は Stochastic Segmentation, Proto-Symbol Coding and Clustering of Motion Patterns and Their Application to Signifiant Communication between Man and Humanoid Robot (運動パターンの統計的分節化, 原始シンボルコーディング及びクラスタリングとその人間とヒューマノイドロボットの記号的コミュニケーションへの応用)と題し、7章からなっている。

ヒューマノイドロボットはこれまでのロボットと異なり、人間との関わりにおいてその形態の特異性が重要な意味を発揮するロボットである。人間の生活する空間で、人間と共存して、人間に対して働きかけるロボットに必要な情報処理を確立することが必要とされている。その中でも、ヒューマノイドロボットが人間とコミュニケーションをする上で身振りの果たす役割がコミュニケーションの身体性とも呼ばれ注目を集めている。本論文では、コミュニケーションを成り立たせるために必要な身体の運動パターンに関する情報処理的基盤が、文節化、プロトシンボルへの記号化、ならびにクラスタリングに基づく記号(シニフィアン)の生成とその利用にあるとし、これらに対して統計的な情報処理技術を新たに開発し、ヒューマノイドロボットを用いた実験によって実証したものである。

本論文第1章は序論で、ヒューマノイドロボットに関する従来の研究、人間の運動パターンの計測・計算に関する従来の研究、心理学や哲学や脳科学において身体性に関して言及される際にとくに重要とおもわれる概念や仮説等についてまとめている。特に、近年の脳科学のパラダイムにヒントを得て、身体を通じた運動情報の記号化に基づく運動パターンの認識と生成の双方向情報処理モデル(ミメシスモデル)を本論文の全体を通じた主題として位置づけている。

第2章では、人間がシンボルを生成しコミュニケーションに利用する原理を脳の進化と模倣の役割から論じたミメシス理論について紹介し、それにヒントを得てこれまでに研究されてきた記号化の方法について解説し、本論文の基礎となる考え方と統計的情報処理の数学的基盤について説明している。

第3章では、運動パターンの文節化について論じている。ヒューマノイドロボットが見まねを通じて自律的に運動パターン毎のシンボルを獲得するには、他者の行動から意味のある運動のまとまりを抽出する分節化能力が必要不可欠である。過去の運動履歴から獲得したダイナミクスに基づき次の運動データを予測し、予測値と実際に観察される運動データの誤差が大きくなる瞬間を運動パターンの境界と判定する。このような方法によって頻繁に現れる時系列パターンを行動の単位として抽出することが可能になり、教師なしでの運動パターンの分節化を実現した。さらに、分節化された運動パターンに対して隠れマルコフモデル(HMM)の競合学習を行うことにより自己組織的に原始シンボルを獲得する方法についても論じた。

第4章では、運動パターンのクラスタリングについて1つ目の理論を展開している。運動パターンをシンボルとして獲得するには、各シンボルに応じて重要な身体部位が存在し、その部位に着目することによって運動パターンを記号化する必要がある。多数の原始シンボルからなる原始シンボル空間において、シンボル群のクラスター構造を作り上げるように各身体部位の重みを最適化することによって運動パターンの特徴量抽出を行った。さらに、2つの原始シンボルから生成される運動データに対して、抽出した特徴量を利用す

ることによる運動パターンの合成法を提案した。

第5章では、運動パターンのクラスタリングについて2つ目の理論を展開している。ヒューマノイドロボットやCGアニメーションにモーションキャプチャデータが広く利用されているが、キャプチャデータを再利用することは実際はほとんどない。運動パターンの記号化技術をキャプチャデータに適用することによって、キャプチャデータの検索ならびに新しい行動を生成することが可能なデータベースの構築法を開発した。キャプチャデータに対して、必要な運動データに対応する単語列を入力すると、シンボル列を含むキャプチャデータを検索することによって関連が強い運動パターンがデータベースから取り出される。また、シンボル列からデータベースに含まれない新しい運動パターンを合成できることも確認した。

第6章では、人間とヒューマノイドの身体運動パターンを介したコミュニケーションを可能にする基礎理論を展開している。運動パターンに対応する原始シンボルを下位層、インタラクションパターンに対応するメタ原始シンボルを上位層にもつ階層構造モデルを提案している。例として、競合的なコミュニケーションとしての格闘技を取り上げ、ヒューマノイドロボットと人間との仮想世界での格闘を実現することによって、提案したコミュニケーションモデルの有効性を実験的に検証した。

第7章は、結論であり、本研究の成果をまとめ今後の研究についても展望している。

以上を要するに、本論文は、人間とヒューマノイドロボットの身体運動パターンの統計的分節化、原始シンボルコーディング、クラスタリングについて情報処理の基盤技術を確立し、それらを用いた身体的コミュニケーションの基礎理論を構築したものであり、ロボティクスならびに情報理工学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。