

審査の結果の要旨

氏 名 郷津 優介

本論文「Classification and Sentence Description of Human Motions Using Hybrid Generative-discriminative Method」は、人間の身体運動の識別計算およびその識別から文章の生成を通じた認識計算に関する研究をまとめたものである。ヒューマノイドロボットには、人間の動きを識別するだけでなく、人間と同じような動きを生成することが要請される背景から、微分方程式による力学系モデルや統計的生成モデルを用いて人間の身体運動を記述することが多い。しかしこれらの手法は、識別モデルと比較して、日常生活における多様な運動の識別性能の点で劣ることが知られている。本論文は、身体運動の統計的生成モデルと識別モデルを組み合わせることによって、これまでの運動生成の機能を保持したまま、運動の識別性能を向上させる方法へ拡張させる枠組みを扱ったものである。

第1章は序論であり、人間の動作を識別することが日常生活にロボットが進出するためにはいかに重要であるかを説明したうえで、運動の計測や分節化などの運動識別の困難さを指摘しながら、本研究で解決すべき問題およびその位置づけを述べている。

第2章では、身体運動と自然言語を結びつける統計数理の先行研究を紹介している、運動と文章の学習および運動識別から文章の生成に係わる計算方法を詳細に述べており、これは第7章の身体運動の識別を言語として認識する応用研究の基礎である。

第3章では、視覚情報としての全身運動と聴覚情報としての音声を活用した動作識別法を提案している。動作ごとに全身運動および音声の各統計的生成モデルを構築することで、運動および音声が各モデルから生成される確率を掛け合わせ、その共起確率が最大となる動作を見つけ出すことができる。広く使われている動作データセットにおいて、運動もしくは音声のみを用いた手法に比べて、提案手法が動作識別の性能を大きく向上させることを示した。

第4章では、統計的生成モデルと識別モデルを組み合わせた識別計算法を人間の全身運動データに適用している。統計的生成モデルから運動データが出力される対数尤度を

モデルパラメータにて偏微分した特徴ベクトルが、分布間の距離と数学的に整合性良く結び付き、その特徴ベクトルで識別器を構成する手法である。これは、運動の生成モデルを活用した識別器の設計論を与えている。この手法が生成モデルのみを活用する手法と比較して、高い運動識別の性能を有することを実験によって実証した。

第5章では、第4章にて提案した手法に対して、色・深度カメラから推定される関節位置から逆運動学計算によって関節位置を計算し直すフィルタ処理や関節位置だけでなくその速度・加速度の活用といった前処理を加える方法を述べており、僅かに運動の識別率が上がることを実験的に示した。

第6章では、全身の動きを均等に扱うのではなく、運動パターンごとに重要な身体部位に着目することで運動識別の性能を向上させる方法を提案している。4つの関節の運動特徴から局所カーネルを作成し、それを様々な関節の組み合わせに展開する。これら局所カーネルの重み付け線形和としてカーネルを設計し、重みを最適化することによって各運動パターンに重要な関節を抽出しながら、運動識別の性能を向上させる。さらに、この重み付けの操作は、重み行列がヤコビ行列となる分布モデルを導入し、その分布モデルに対して第4章で述べた特徴ベクトルを計算したことに相当し、新たな計量空間を再定義したことが同義であることを示した。

第7章では、運動を文章として認識する先行研究の枠組みに、第6章の運動識別法を組み入れた運動認識の統合システムの構築について述べている。運動を識別し、その結果に基づいて文章が生成されるため、文章の精度は運動識別に大きく依存する。光学式モーションキャプチャにて計測した125種類の運動に対する文章生成の実験を通して、提案する運動識別法が、文章生成の向上に寄与することを示した。

第8章は、これらの成果をまとめた結論を述べている。

本論文は、身体運動の識別問題に対して、統計的生成モデルから統計分布間の距離と数学的に整合性良く結び付く特徴ベクトルを抽出し、それを判別する識別器を設計する枠組みを開発した。これまでの生成モデルのみを活用した先行研究に比べて識別性能を高めることに成功した。さらに、それを言語処理と統合することによって運動を文章として認識できる高い応用性を有していることを示したもので、知能機械情報学に貢献するところは少なくない。

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。