

論文内容の要旨

Construction of Reconfigurable Motion Database for Real-Time Human-Robot Interaction

博士論文題目

(実時間ヒューマン・ロボットインタラクションのための
再構成可能な動作データベースの構築)

氏 名 近藤 豊

(論文内容の要旨)

現在盛んに研究が行われているヒューマン・ロボットインタラクション (HRI) や、将来始まる人ロボット共生社会において、人・ロボット間の対話の実現は必要不可欠である。特に、ヒューマノイドやアンドロイドなどのように人型ロボットの場合、聴覚情報である音声会話の生成に加え、視覚情報であるボディジェスチャの生成も重要課題となる。ジェスチャは身体言語とも表されるように、音声言語だけでは伝えることできない感情や意図などの伝達手段として広く用いられている。さらに、アンドロイドはその人間に似た外見的特徴から、ジェスチャにおいても人間に似た動作表現が要求される。そこで、本論文では、人間の動作を計測することで得られた大規模な動作データベースを実時間で再構成することで、アンドロイドにおけるボディジェスチャを計画する。これにより、人間の行動・反応に基づいて、応答性が高く自然なインタラクションが可能な自律 HRI システムの実現し、広範な被験者実験を通じて、その効果を検証する。

初めに、提案手法である再構成可能な動作データベースの構築方法と、ジェスチャの実時間生成を提案し、その基本的な原理を述べる。データベースの構築には、自然言語処理の類似文章分類手法の 1 つである Bag-of-words を、類似動作分類手法として応用する。このとき、動作軌跡を周波数空間で扱うことにより、ジェスチャ自身が持つ意味的な類似尺度を基に、高速に分類される。得られた類似動作は、動的計画法により、より詳細に分類が行われ、各類似動作群、つまり各ジェスチャには適当なパラメータ (例えば、手差し動作の場合、目標手差し位置と顔の方向) が与えられる。このパラメータを基に、現在のインタラクションに適した動作が生成されるよう類似動作同士が合成される。また、インタラクション実行中のスムーズかつ安全な割り込み手法を合わせて提案することにより、相手の対話に対して瞬時に応答を返すことが可能となる。

最後に、提案手法をアンドロイド Actroid-SIT に実装し、多人数とのインタラクションが可能な自律 HRI システムを開発する。そして、その設計仕様の詳細を述べるとともに、提案システムを用いた被験者実験を行う。累計 1,500 名以上が参加した実験結果から、従来システムと比べ、応答時間、対話時間、ロボットへの対話開始率、ロボットの印象などすべての評価項目において、有意な差が確認された。

(論文審査結果の要旨)

本研究は、人型ロボットを用いたヒューマン・ロボットインタラクションにおいて、多様かつ自然なボディジェスチャの実時間生成手法を提案している。人間の動作を大量に計測、再構成した動作データベースを事前に構築することによって、人間らしい動作表現を維持したジェスチャを実時間で生成することが可能となった。この人間らしい動作表現は、特に人間に似た外見を持つアンドロイドにおいて非常に重要となる。本論文の主な成果は、以下に要約される。

1. 類似動作分類において、動作軌道を周波数空間で扱う特徴量を提案することで、ジェスチャ自身が持つ意味に基づく動作分類を可能とした。従来手法では、動作軌道の三次元座標のみを特徴量とするため、ジェスチャ方法の個人差や手先位置の違いなどに対して頑健ではなかった。このため、動作分類数を見る性能評価実験では、従来手法に対し大きく分類性能を向上させており、従来手法では不可能だった異種計測装置間でも動作分類が可能となった。将来展開として、動作分類だけでなく動作認識などへの応用も期待できる。

2. 提案するジェスチャ生成手法だけでは、ヒューマン・ロボットインタラクションを実現することはできない。筆者は、それ以外のロボット要素技術に対する設計、開発能力も顕著であるといえる。例えば、社会性動物の知見を応用した視線運動は、自然なアイコンタクトを生み、対話者の発した音声単語列に対する重要度スコア付けの発想は、文法に頼らない柔軟で簡略な対話ルール記述を実現した。また、これらすべての要素技術は、互いが疎結合になるように設計されており、容易にシステムを拡張することが可能である。

3. 開発したインタラクションシステムは、その効果を計るため、平城遷都 1300 年記念祭や本学のオープンキャンパスなど、幅広い年齢層の一般来訪者の集まる場面において実証実験を行ない、その有効性を示している。評価項目は、インタラクションの応答時間や滞留時間、ロボットへの対話開始率、アンケートによる印象評価など、多岐にわたって従来システムとの比較検証が行われており、その全てにおいて肯定的な有意差が確認された。これらの実験には累計 1500 名以上が被験者として参加しており、その効果の信頼性も高く、大変意義がある。

以上のように、本論文はヒューマン・ロボットインタラクションにおける知的ロボットの実現に大きく貢献している。よって本論文は、博士（工学）の学位論文としての価値があるものと認める。