

## 論文内容の要旨

博士論文題目

Study of the Impressions of Robot Bodily Expressions on the Human  
Observer (ロボット身体動作表現が人に及ぼす影響に関する研究)

氏名 Abdelaziz Khiat

(論文内容の要旨)

本論文は、ロボットの身体動作表現により、それぞれの人が受ける印象を脳活動を用いて評価することを目的としている。脳波を用いて機器を操作する研究や製品があるが、それらは Brain-Machine Interface(BMI) を実装した一つの形といえる。通常、BMIシステムは、ハンディキャッパーや高齢者のためのアプリケーションをその応用対象とするものが多い。本論文では、人に対して顕著なインパクトを与える身体動作表現が、どのような特徴量を持っているかを評価するために、脳活動を用いることを提案する。最初に、ヒューマノイドロボットを用いて、いくつかの身体動作表現の生成と実装を行った。生成されたロボットの身体動作表現を、身体動作の全身的な幾何学的特徴と、時間的特徴、空間的特徴、エネルギー的特徴の3つの要素とを定量的に表現した“ラバンの身体運動特徴量”を用いて、2つのカテゴリに大別した。この分類結果は、複数の被験者による印象評価実験のアンケート結果を統計的に処理することによって、正しい分類であることが確認できた。さらに、それぞれの身体運動表現を観測した際の、被験者の脳波のスペクトル解析を行った。その結果、各カテゴリの身体運動表現が脳活動に与える影響の違いは、 $\alpha$ 波の低い周波数領域(8-11 Hz)のパワーの変化の違いに現れることが確認できた。このような感覚運動皮質上での脳活動を計測対象とする際、最も良く反応し計測に適した電極位置を特定することもできた。これは、認知プロセスにおける感覚運動皮質上のミラー・ニューロンの活動に関する従来研究の結果をサポートするものでもある。同じ身体動作表現を複数回観測し、脳波を計測する実験を行い、このような脳反応に再現性があることを立証した。最後に、観測者がロボットの身体動作表現から受ける印象を判断するために選ばれた脳活動の特徴をマッピングし、一般化するために、自己組織化マップを用いる手法を提案した。自己組織化マップを一名の被験者データを用いて作成した場合、認識率は80%近くに達した。しかし、複数の被験者のデータを用いた場合、この認識率は著しく低下することもわかった。これは、脳の活動方法には、個人間の違いが存在することを示している。さらに、人がそれぞれのカテゴリの身体動作表現を行った際の被験者の脳活動を、ロボットで行った実験と同様な方法で計測・分析した結果、認識率は85%に達した。

## (論文審査結果の要旨)

本論文は、ロボットの身体動作表現により、それぞれの人が受ける印象を脳活動を用いて評価することを目的としている。脳波を用いて機器を操作する研究や製品があるが、それらは Brain-Machine Interface(BMI) を実装した一つの形といえる。通常、BMI システムは、ハンディキャッパーや高齢者のためのアプリケーションをその応用対象とするものが多い。本論文では、人に対して顕著なインパクトを与える身体動作表現が、どのような特徴量を持っているかを評価するために、脳活動を用いることを提案している。本論文の主な成果は以下に要約される。

- 1、 ヒューマノイドロボットを用いて、いくつかの身体動作表現の生成と実装を行った。生成されたロボットの身体動作表現を、身体動作の全身的な幾何学的特徴と、時間的特徴、空間的特徴、エネルギー的特徴の3つの要素とを定量的に表現した“ラバンの身体運動特徴量”を用いて、2つのカテゴリに大別した。この分類結果は、複数の被験者による印象評価実験のアンケート結果を統計的に処理することによって、正しい分類であることを確認した。
- 2、 それぞれの身体運動表現を観測した際の、被験者の脳波のスペクトル解析を行った。その結果、各カテゴリの身体運動表現が脳活動に与える影響の違いは、 $\alpha$ 波の低い周波数領域(8-11 Hz)のパワーの変化の違いに現れることが確認できた。このような感覚運動皮質上での脳活動を計測対象とする際、最も良く反応し計測に適した電極位置を特定することもできた。これは、認知プロセスにおける感覚運動皮質上のミラー・ニューロンの活動に関する従来研究の結果をサポートするものでもある。同じ身体動作表現を複数回観測し、脳波を計測する実験を行い、このような脳反応に再現性があることを立証した。
- 3、 観測者がロボットの身体動作表現から受ける印象を判断するために選ばれた脳活動の特徴をマッピングし、一般化するために、自己組織化マップを用いる手法を提案した。自己組織化マップを一名の被験者データを用いて作成した場合、認識率は80%近くに達した。しかし、複数の被験者のデータを用いた場合、この認識率は著しく低下することもわかった。これは、脳の活動方法には、個人間の違いが存在することを示している。さらに、人がそれぞれのカテゴリの身体動作表現を行った際の被験者の脳活動を、ロボットで行った実験と同様な方法で計測・分析した結果、認識率は85%に達した。

以上のように、本論文はロボットの身体動作表現により人が受ける印象を脳活動を用いて明らかにしたものであり、ブレインマシンインタフェースという新しいインタフェース技術の確立に大きく貢献している。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として価値があるものと認める。