

別紙 1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 S. W. H. M. THILINA DULANTHA LALITHARATNE

事故や災害によって上肢を失った人、或いは先天的な疾患により上肢がない人のため、上肢の代替を目的とした義肢の研究・開発が行われている。従来の研究では使用者の身体的コンプレックスを軽減するため、外観的な面の再現を目的とした義手が主流であった。近年では、科学技術の進歩に伴い、健常者と同等の生活を送りたいという使用者のニーズに応えるべく、機能面での再現を目的とした義手の研究・開発が行われている。本論文の第 1 部において、EMG 信号にもとづく外骨格ロボットの制御系に対し、疲労の保障をどのように行うかという問題に対して、一つの解を示している。また、第 2 部では、外骨格ロボットの制御系に対し、EEG 信号による動作評価プロセスを導入する手法の提案を行っている。

第 1 章では、当該博士論文の構成についての記述がなされ、本研究の新規性およびオリジナリティがまとめられている。

第 2 章では、本研究の背景について記述がなされ、外骨格ロボットの先行研究について紹介がなされ、本研究が対象とする、EMG 信号にもとづく外骨格ロボットの動作原理および機構が詳細に示されている。

第 3 章から第 1 部が始まる。本章では、EMG 信号にもとづく制御系において、筋肉疲労の及ぼす影響について記述されている。筋肉疲労の進行に伴い、EMG 信号の周波数帯域に変化が発生する。しかしながら、従来の EMG 信号にもとづく制御系では、その重み付き RMS 信号を利用していただけのため、周波数情報を捨ててしまっていた。そのため、疲労が進行すると、外骨格ロボットの動作にオーバーシュートやアンダーシュートが発生し、動作アシストに不具合が発生していた。そこで、EEG の MPF 信号に着目す

ることとした。MPF 信号とは、EMG 信号の自己相関関数をフーリエ変換したパワースペクトラムを、ある種の確率密度関数とみなし、周波数の期待値を導出したものである。自己相関関数を算出する場合の積分時間を、適切に設定することにより、上記の確率密度関数は概ね単峰性となり、MPF をもちいた疲労度の推定が有効であることが確認された。実験において、ニューラルネットワークで構成された外骨格ロボットの制御系に対し、上腕三頭筋と二頭筋の RMS 値と MPF 値をもちいて、非疲労時および疲労時の動作の学習をさせた。学習の後、その外骨格ロボットを用いて、動作アシストをさせた結果、従来確認されていた、オーバーシュートやアンダーシュートが抑制されている事が確認された。

第 4 章から第 2 部が始まる。本章では、EEG 信号を用いた、外骨格ロボットの動作評価について記述されている。筋電信号にもとづく制御のみでは、使用者の意にそぐわない動作をすることがある。ニューラルネットワークによる最適化は、局所最適値に陥る可能性があるため、上記の不具合は原理的に避ける事ができない。そこで、意にかなう動作か否かを EEG 信号により弁別し、意にそぐわないときは、当初とは異なる局所最適値を含む凸空間内で最適化を行うよう、ニューラルネットワークに修正をほどこすシステムを提案している。いくつかの例に対して動作試験をおこなったところ、意にそぐわない動作に対して修正がなされることが確認された。

平成 26 年 7 月 29 日に実施した学位論文公聴会においても種々の質問がなされ、いずれも著者の説明により質問者の理解が得られた。以上の審査結果に基づき、本論文は博士(工学)の学位を授与するに値すると判断され、審査委員全員一致で合格と判定した。