

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	An investigation on the muscle synergy model into signal source and muscle type discrimination through hand motion estimation
著者(和文)	KimYeong Dae
Author(English)	Yeongdae Kim
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12019号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小池 康晴,金子 寛彦,八木 透,長谷川 晶一,吉村 奈津江
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12019号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	KIM Yeong Dae	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	小池 康晴	教授	吉村 奈津江	准教授
	審査員	金子 寛彦	教授		
		八木 透	准教授		
	長谷川 晶一	准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「An investigation on the muscle synergy model into signal source and muscle type discrimination through hand motion estimation (手指の動き推定による信号源と筋肉タイプの識別に関する筋シナジーモデルの研究)」と題し、英文 6 章から構成されている。

第 1 章 「Introduction (序章)」では、ヘッドマウントディスプレイなど 3 次元空間での画像提示が利用可能になってきており、そのような環境においてユーザーフレンドリーなヒューマンインタフェースが望まれていると述べている。また、指などの巧みな操作を実現するためには、筋活動を用いたユーザーインタフェースが適していると述べている。また、皮膚表面で計測する表面筋電図の計測における問題点として、複数の筋肉の信号が重畳されて計測されることや、対応する指などの動きを推定することが困難であることを指摘している。さらに、運動に対応してまとまった筋肉群が活動する筋シナジーと呼ばれる時空間パターンが存在し、非負値行列因子分解 (Non-negative matrix factorization: NMF) により計算する手法を紹介している。

第 2 章 「Backgrounds and Aim (背景と目的)」では、筋電図の信号処理手法について、全波整流、ローパスフィルタによる前処理と、最大随意収縮による正規化手法について述べている。正規化された筋電図を用いて運動を識別・推定する過去の研究を概観し、近年、深層学習を用いた手法、特に再帰型神経回路モデルにより運動の識別・推定を行う手法と筋シナジーの関係を述べている。また、本論の目的が、複数の関節からなる複雑な運動を筋シナジーにより推定することと、得られた筋シナジーを解析し運動における要素を抽出することであると述べている。

第 3 章 「Muscle synergy-based hand motion estimation (筋シナジーを元にした運動推定)」では、手首と指の運動である、背屈・掌屈、撓屈・尺屈および、指の開閉動作について、7 カ所の表面筋電図を用いて識別した結果について述べている。背屈・掌屈、撓屈・尺屈の動作に関する筋シナジーを解析した結果、得られた 4 つの筋シナジーのそれぞれの力方向がそれぞれの回転の方向を示しており、これらのシナジーを用いることで手首の運動や把持力が精度よく推定されること、また、従来の一つ一つの筋肉の張力を元に推定するモデルに比べて精度が有意に高かったことが示されている。さらに、指の開閉運動については別の筋シナジーを用いることで、従来では困難であった、指の開閉運動と手首の運動を同時に推定することも可能になったと述べている。

第 4 章 「Finger movement estimation through high density EMG and muscle synergy (高密度筋電図計測装置と筋シナジーによる指の運動推定)」では、高密度アレイ電極を用いて指の運動方向を識別した結果について述べている。指に関係する筋肉は、前腕の深部に位置し、表面から計測するのが困難であると述べている。その問題を解決するために、96 チャンネルの電極を上腕に配置し、独立成分分析により深部の筋活動と表層の筋活動を分離し、さらに、分離された独立成分を用いてシナジーを求めて識別に利用している。人差し指を 8 方向に動かしたときの運動方向に応じた筋シナジーが獲得されており、腕の姿勢によらず精度よく指の運動方向を識別できたと述べている。また、得られた独立成分は、解剖学的な筋肉の位置に応じた電極が選ばれていることを確認している。

第 5 章 「Considerations in Muscle Synergy Computation (筋シナジーの計算に関する考察)」では、筋シナジーを計算するとき利用するデータの作成方法について議論している。筋シナジーは、課題に応じて協調して活動する筋肉の時空間的な特徴を反映している。このため、筋シナジーを計算するデータをタスク毎に分割することで、よりタスクに関係する筋シナジーが得られている。第 3 章のデータでは、手首の運動と指の開閉を行っているときのデータを用いて筋シナジーを推定した場合と、手首の運動と、指の開閉運動を行っているときのデータを分けて筋シナ

ジーを計算した場合の運動の推定精度を比較した結果、データを分けて筋シナジーを抽出する方が推定精度が高くなることを示している。また、第4章の解析において深部の筋肉の活動を推定するために独立成分分析を用いているが、独立成分分析を用いずに電極のデータを元にシナジーを計算した場合は、独立成分を利用して計算したシナジーによる結果よりも精度が悪くなることから、個々の筋活動を元に筋シナジーを計算する重要性を述べている。

第6章「Conclusion（結論）」では、各章の内容をまとめるとともに、今後の課題と展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、筋シナジーを用いてこれまで困難であった、手首と指の運動を分離し精度よく運動を推定する新しい手法を提案しており、学術上貢献するところが大きい。よって博士(学術)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。