

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	筋骨格モデルによる運動推定を含んだBiological User Interface
Title(English)	
著者(和文)	塚本昌克
Author(English)	Masakatsu Tsukamoto
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9661号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小池 康晴,佐藤 誠,金子 寛彦,杉野 暢彦,篠崎 隆宏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9661号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

論文題目

筋骨格モデルによる運動推定を含んだ Biological User Interface

本論文は、全5章で構成されている。

第1章「序論」では、情報端末やゲーム機など生体情報をヒューマンインタフェースに利用する装置の広がり背景に、生体信号を用いたヒューマンインタフェースの有効性を述べている。生体情報の中でも筋電位信号に着目し、運動指令や筋骨格系の特徴を考慮し運動推定を行うことが、ヒューマンインタフェース研究に有効であると述べている。そして、生体信号を用いたヒューマンインタフェース一般について Biological User Interface (BUI) を定義し、機器操作のユーザインタフェースと認証への利用を提案することが研究目的であると述べている。

第2章「BUI に利用する筋骨格系とモデル化に関する基本事項」では、提案および検証の基本となる、筋電位信号、筋骨格系の特徴、モデル化手法について述べている。筋電位信号は、脳からの指令を筋表面において計測した信号であることから、筋レベルにおいて運動指令と同等の価値を持つ。筋電位信号から運動を推定することが可能であるが、筋電位信号に対して身体動作が確認されるまでに、電気力学的遅延 (Electromechanical Delay: EMD) と呼ばれる最大 100 msec の遅延が存在する。筋電位信号をヒューマンインタフェースとして用いる場合は、「身体動作より早く運動指令を検知可能」という特徴として利用できる。一方、筋骨格系の特徴として、筋や関節が持つ高い冗長自由度を原因とする不良設定性が含まれており、運動指令と身体動作において、多対一の関係を持っている。本研究では、この不良設定性を、入力から出力に向けての多対一の関係性としてではなく、出力を計測しただけでは入力を一意に求めることができない関係性として着目し、認証に応用できることを述べている。また、本研究において共通して用いる、バックプロパゲーション法を用いたニューラルネットワークによるモデル化手法について基本事項を述べている。

第3章「筋骨格系の遅延特性と相反する動作に着目した BUI」では、筋電義手への応用について述べている。筋電位信号を筋活性状態の情報ではなく、脳からの運動指令であると捉えることと、筋骨格系が筋電位信号に対する遅延特性を持つことを考慮することで、筋電義手を対象とし提案手法の有効性の検証を行なっている。その結果、EMD 以下の時間長 75 msec の筋電位信号で、6 動作の推定が十分に可能であることを示し、従来の手法と同程度の推定精度に加えて遅延を抑えることが可能であることを示している。また、EMD 以外の筋骨格系の特徴として相反する動作を考慮し、ニューラルネットワークをモジュール化することで、動作推定精度向上およびモデル学習時間の短縮の試みも合わせて行っている。筋骨格系で発生する遅延時間内で運動指令の推定が可能であることを示すことで、身体動作をカメラなどによりセンシングする手法と異なり、ユーザにとって遅延をより感じさせないユーザインタフェースの構築が可能になることを述べている。

第4章「筋骨格モデルによる運動推定を用いた BUI による生体認証」では、生体認証への応用について述べている。筋骨格系の高い冗長性により、筋骨格系の入出力関係は、多対一関係となり拘束条件を与えないと一意に定まらない。この高い冗長性は、個人個人によっても異なる特徴を持つため、外部観測として同じ動作が確認できていたとしても、筋骨格系に対して同じ入力を与えられ

ている可能性は低くなる。この特徴を、第三者へのデータ漏えいに対してロバストな特性として生体認証に応用することを提案し、有効性を検証している。異なる被験者間で同じ指先動作を行い、筋電位信号を入力とする身体的特徴である筋骨格モデルを生成し個人特徴として利用することで本人認証を行っている。複数の指先動作により本人認証を評価することで、指先動作の複雑さが本人認証性能に影響を及ぼしていることを確認した。また、本人認証として利用する際に、認証装置に付随する電極の貼り直しが発生するため、貼り直しが認証性能に及ぼす影響についても、合わせて評価を行った。その結果、電極の貼り直しを含む性能として本人拒否率と他人受入率が等しくなる等価エラー率 (Equal Error Rate:EER) が 10.4%となり、本人認証として有効な手法であると述べている。

第5章「結論」では、本論文をまとめ、今後の展望について述べている。