

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560293

研究課題名(和文) 生体ハイブリッド信号に基づく動作補助ロボットの研究

研究課題名(英文) Research on Power-Assist Robots based on Hybrid Biological Signals

研究代表者

木口 量夫 (Kiguchi, Kazuo)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90269548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高齢者や障害者等の筋力弱者の日常生活支援やリハビリテーションを行うためのパワーアシストロボット(運動補助ロボット)において、筋電信号や脳波信号等の生体信号を合わせた生体ハイブリッド信号を基にリアルタイムで装着者の意思通りのパワーアシスト(運動補助)を行うロボットの研究を行った。日常生活動作等の様々な動作を行った際の筋電信号と脳波信号のデータを計測して解析することにより、筋電信号と脳波信号からロボット装着者の動作意思を推定する手法を提案し、実験により提案手法の有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, power-assist robots which assist the user's daily motion or self-rehabilitation motion in accordance with the user's motion intention in real-time based on hybrid biological signals consist of EMG and EEG signals was studied. The relationship between the human motion and the EMG and EEG was investigated experimentally in this study. Then, methods to estimate user's motion intention based on both EMG and EEG signals were proposed. The experimental results show the effectiveness of the proposed methods.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学

キーワード：知能機械 バイオロボティクス 生体信号

1. 研究開始当初の背景

動作支援システム(パワーアシストシステム)や外骨格型パワーアシストロボット(図1)の研究は1960年代には既に始められており、これまでに産業用や福祉用のロボットの研究開発が行われてきた。近年では、障害者や介護者用の動作補助システムの研究も盛んに行われているが、研究開始当初ようやく限定された機能で実用化の兆しが見えた状況であった。高齢者や障害者の日常動作補助にパワーアシストロボットを用いる場合は、装着者が操縦法を覚えることなく、自動的に装着者の思い通りの動作支援を行うことが重要である。しかし、これまで高齢者や障害者等の筋力弱者に対して、自動的に動作支援を行うパワーアシストロボットは実用化段階には至っておらず、あらかじめ決められた動作を生成するだけのものも多かった。自動的に装着者の思い通りの動作支援を行うためには、装着者の生体信号や力情報等を計測し、リアルタイムで装着者の動作意思を推定する技術が要求されていた。

生体信号には脳波信号や筋電信号等の多くの種類があるが、運動に関する信号としては筋電信号(EMG)が注目され、運動と筋力との関係を解析する研究が進められてきた。また、筋電義手等も筋電信号を基に装着者の意思で動作させている。筋電信号を用いて外骨格型ロボットでパワーアシストを行う場合は、筋電信号を用いて義手等を動かす場合とは異なり、許容されるロボットの動作遅れが非常に短い時間であるため、リアルタイムに動作推定を行うことが要求される。また、筋電信号を用いて外骨格型ロボットでパワーアシストを行う場合は、個人差の影響、姿勢の影響、拮抗筋の影響、体調変化の影響等、様々な要素を考慮する必要があるが、研究開始当初も、それらのほとんどの問題は解決されつつあった。

しかし、実際に日常生活においてパワーアシストロボットを必要とする筋力弱者は、筋電信号が弱かったり、筋電信号が出なかったりする場合も多く、筋電信号を基にした制御では対応できないが少なくなかった。例えば、脳卒中の患者からは筋電信号を基に制御することは不可能であった。

一方、脳波信号を用いてロボットを制御する手法の研究も進められていたが、筋電信号の場合のような細かな動作意思を推定するまでには至っておらず、ある程度のトレーニングを要するなどの欠点もあった。

そこで本研究では、筋電信号や脳波信号等の有効な情報のみを融合させた生体ハイブリッド信号を基にロボット装着者が生成しようとしている動作をリアルタイムで推定し、外骨格型ロボットにより装着者の意思通りのパワーアシスト(運動補助)を行うことを目指すものとした。

2. 研究の目的

本研究では、高齢者や障害者等の筋力弱者の日常生活支援やリハビリテーションを行うためのパワーアシストロボット(運動補助ロボット)において、筋電信号や脳波信号等の生体信号を合わせた生体ハイブリッド信号を基にリアルタイムで装着者の意思通りのパワーアシスト(運動補助)を行うロボットの研究を目指すものとした。

本研究でのキーポイントは、1)ロボット装着者の動作意思とそれに対応する各生体信号の関連を解析する研究、2)各生体信号の有効な情報を融合させて各装着者の動作意思を推定する手法の研究、および3)推定した装着者の動作をロボットで補助する手法の研究である。

3. 研究の方法

本研究での生体ハイブリッド信号に基づき動作を補助するロボットを実現させるため、以下の研究を行った。

まず、人の運動に対する関連する筋電信号や脳波信号等の関連を明らかにするため、被験者に筋電電極や脳波電極を装着させ、日常生活動作等の様々な動作を行った際のデータを計測した。その後、計測した実験データを基に解析を行い、ソフトコンピューティング技術を用いて各生体信号の有効な情報を融合させて生体ハイブリッド信号を生成する手法を提案し、生体ハイブリッド信号を基にロボット装着者の動作意思をリアルタイムで推定した。最後に、外骨格型ロボットおよびロボット義手により生体ハイブリッド信号を基に推定した通りの動作を生成し、各装着者に適した動作を実現させた。

4. 研究成果

人の運動と筋電信号との関連はある程度明らかになっているため、まず、人の運動と脳波信号の関連を明らかにするための実験を行った。実験では、被験者に脳波電極を装着させ、日常生活動作等の様々な動作を行った際のデータを計測した。その後、計測した実験データを基に解析を行い、人工ニューラルネットワークを用いることにより、脳波信号から簡単な1関節動作や手先運動方向を推定する手法を提案し、実験により提案手法の有効性を確認した。

また、筋電信号を基にした認知アシスト付きパワーアシストにおいて、脳波信号を用いることにより、ロボット装着者の思い通りの動作補助が行われているかどうかを判定する手法を提案し、実験により有効性を確認した。

動作推定に必要な筋電信号の情報の一部が計測できない状況を想定し、必要な情報の一部がない筋電信号と脳波信号の両方を用いることにより、必要な筋電信号の情報がすべて揃っている場合と同等の動作推定を行う手法を提案し、ロボット筋電義手を用いた実験により提案手法の有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

Thilina Dulantha Lalitharatne, Kenbu Teramoto, Yoshiaki Hayashi, Kazuo Kiguchi, Towards Hybrid EEG-EMG-Based Control Approaches to be Used in Bio-robotics Applications: Current Status, Challenges and Future Directions, Paladyn Journal of Behavioral Robotics, 査読有, vol.4, no.2, 2013, pp.147-154
DOI: 10.2478/pjbr-2013-0009
Kazuo Kiguchi, Yoshiaki Hayashi, Estimation of User's Motion Intention of Hand based on both EMG and EEG Signals, Proceedings of 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and robotics(ICINCO2013), 査読有, 2013, pp.447-452
Yoshiaki Hayashi, Kazuo Kiguchi, Motion Estimation based on EMG and EEG Signals to Control Wearable Robots, Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics(SMC2013), 査読有, 2013, pp.4213-4218
Kazuo Kiguchi, Thilina Dulantha Lalitharatne, Yoshiaki Hayashi, Estimation of Forearm Supination/Pronation Motion Based on EEG signals to Control an Artificial Arm, Journal of Advanced Design, Systems, and Manufacturing, 査読有, vol.7, no.1, 2013, pp.74-81
DOI:10.1299/jamdsm.7.74
Kazuo Kiguchi, Yoshiaki Hayashi, A Study of EMG and EEG during Perception-Assist with an Upper-Limb Power-Assist Robot, Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2012), 査読有, 2012, pp.2711-2716
Kazuo Kiguchi, Thilina Dulantha Lalitharatne, Akihiro Yoshino, Yoshiaki Hayashi, Control of Forearm Supination/Pronation Motion of an Artificial Arm Based on EEG Signals, Proceedings of 2012 ASME-ISPS / JSME-IIP Joint International Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE2012), 査読有, 2012, pp.222-224
Thilina Dulantha Lalitharatne, Akihiro Yoshino, Yoshiaki Hayashi, Kenbu Teramoto, Kazuo Kiguchi,

Toward EEG control of Upper limb power-assist exoskeletons: A preliminary study of decoding elbow joint velocities using EEG signals, Proceedings of 23rd 2012 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, (From Micro & Nano Scale Systems to Robotics & Mechatronics Systems) (MHS2012), 査読有, 2012, pp.422-425
Thilina Dulantha Lalitharatne, Yoshiaki Hayashi, Kenbu Teramoto, Kazuo Kiguchi, A Study on Effects of Muscle Fatigue on EMG-Based Control for Human Upper-Limb Power-Assist, Proceedings of International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAfS 2012), 査読有, 2012
DOI:10.1109/ICIAFS.2012.6419892
Kazuo Kiguchi, Thilina Dulantha Lalitharatne, Yoshiaki Hayashi, Control of Lower-Limb Power-Assist Robot Based on EEG signals, Proceedings of The 2nd IFToMM Asian Conference on Mechanism and Machine Science (Asian-MMS2012), 査読有, 2012, Paper 110

[学会発表](計 10 件)

吉野彰紘, 寺本顕武, 林喜章, 木口量夫, EEG信号を用いた電動義手の関節動作制御に関する研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2013.5, つくば国際会議場(茨城県)
山口翔, 寺本顕武, 林喜章, 木口量夫, 脳波信号を用いた人工ニューラルネットワークによる上腕の動作推定, 第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2013), 2013.12, 神戸国際会議場(兵庫県)
林喜章, 山口翔, 木口量夫, 筋電信号と脳波信号を用いた上腕の動作推定, IIP2014 情報・知能・精密機器部門(IIP部門)講演会, 2014.3, 東洋大学白山キャンパス(東京都)
林喜章, 木口量夫, EEG信号を用いたウェアラブルロボット制御における電極配置に関する研究, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演(IIP2013), 2013.3, 東洋大学白山キャンパス(東京都)
木口量夫, 吉野彰紘, 林喜章, 寺本顕武, EEGを用いた電動義手の肘関節動作に関する研究, 第13回計測自動制御学会(SI2012), 2012.12, 福岡国際会議場(福岡県)
木口量夫, 山口翔, 林喜章, 寺本顕武, EEG信号計測時の電極配置に関する考察, 第13回計測自動制御学会(SI2012),

2012.12, 福岡国際会議場 (福岡県)
木口量夫, 吉野彰紘, Lalitharatne
Thilina Dulantha, 林喜章, ウェアラブル
ロボットにおける EEG 信号を用いた
リアルタイム制御に関する考察, 日本機
械学会 2012 年度年次大会講演会, 2012.9,
金沢大学角間キャンパス (石川県)
木口量夫, 生体情報を用いるパワーアシ
ストシステムのインテリジェンス, 日本
機械学会 2012 年度年次大会講演会,
2012.9, 金沢大学角間キャンパス (石川
県)
吉野彰紘, 木口量夫, 林喜章, EEG と
EMG をを用いた電動義手の制御, 日本
機械学会ロボティクス・メカトロニクス
講演会, 2012.5, アクトシティ浜松 (静岡
県)
木口量夫, 林喜章, 上肢パワーアシスト
ロボと操作時の筋電信号と脳波に関する
研究, 日本機械学会 2011 年度年次大会,
2011.9, 東京工業大学 (東京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木口 量夫 (KIGUCHI, Kazuo)
九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 90269548

(2) 研究分担者

林 喜章 (HAYASHI, Yoshiaki)
佐賀大学・工学系研究科・助教
研究者番号: 30549134