

令和元年6月11日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04305

研究課題名(和文) 機械刺激を用いて人の動作補正を行う認知アシストに関する研究

研究課題名(英文) A Study on Perception-Assist to Modify Human Motion Using Mechanical Vibration Stimulation

研究代表者

木口 量夫 (Kiguchi, Kazuo)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：90269548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究により、人の肘や膝関節等の動作中の筋肉に加える振動刺激の条件を変えるとそれに伴う動作変更量も変化することが分かり、日常生活動作に対する動作変化も確認した。また、肘関節動作において筋肉に与える機械的振動刺激の周波数を制御することにより動作変更量を調整し、人の動作を本人の動作意思とは異なる予め設定した動作に変更することに成功した。これにより、人の動作を自動的に補正し、事故を未然に防ぐ認知アシストの実現可能性が高まった。機械学習を用いることにより、事故につながる危険動作をリアルタイムで推定して補正する手法を提案した。また、人が他の人と動的な接触を持つ際の相互作用を推定する手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、筋力弱者の日常生活動作補助等を目的とした動作支援ロボット(パワーアシストロボット等)の研究が盛んである。しかし、動作支援を必要とする高齢者等の筋力弱者は、運動能力のみならず環境認知能力も衰え、外部刺激に対する反応時間も長くなるなど、動作支援のみでは対応できない問題が多いため、危険な動作を自動的に安全な動作に補正する認知アシストの研究が進んでいた。本研究により、動作中の人の筋肉に加える機械的振動刺激を調整することにより動作を変更することが可能となり、環境認知機能の衰えた人の動作を自動的に補正し、事故を未然に防ぐ認知アシストの実現可能性が高まった。

研究成果の概要(英文)：The research results show that the conditions of the mechanical vibration stimulation affect the amount of motion change of the human joint such as elbow or knee joint while the daily motion is performed. Furthermore, a method to change the human motion from his/her intended motion to the previously defined motion by adjusting the amount of motion change based on the frequency control of the mechanical vibration stimulation was successfully proposed. The proposed control method results in realization of automatic human motion modification to avoid the possible accident in Perception-Assist.

In this research, machine learning was applied for the real-time estimation of the dangerous motion which causes the serious accident. In addition, a method to estimate interaction between a person and the other person was proposed for Perception-Assist.

研究分野：知能機械学

キーワード：知能機械学 人間工学 ロボット工学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、筋力弱者の日常生活動作補助等を目的とした動作支援ロボット(パワーアシストロボット等)の研究が盛んである。しかし、動作支援を必要とする高齢者等の筋力弱者は、運動能力のみならず環境認知能力も衰え、外部刺激に対する反応時間も長くなるなど、動作支援のみでは対応できない問題が多いため、環境認知能力を補う認知アシストの研究を進めていた。認知アシストとは、ロボット側のセンサを用いて、ロボット装着者と環境とのインタラクションを常に監視し、ロボット装着者の動作に問題があった場合(事故につながる動作が観測された場合)、ロボット装着者の動作を(本人の動作意思とは関係なく)ロボット側で自動的に安全な動作に補正することにより事故を回避するものである。認知アシストは、環境認知能力が衰えた高齢者や障がい者のみならず、防護服を着たりして視界等の悪い状況で作業を行うような作業者にとっても役立つ技術であるが、パワーアシストロボット等を装着する必要があるため、システム全体が大きくなり、コストも高くなり、装着に時間がかかる上、外見上の問題も大きい。そのため、パワーアシストロボット等により外部から力を加えて動作を補正するのではなく、本人の筋力で動作を補正する認知アシスト技術も望まれていた。

一方、人の筋肉や腱に機械的な振動刺激(40~100Hz程度)を与えることにより運動錯覚(位置感覚の誤認識)が発生することが知られていた。これは、筋肉に振動子等で機械的な振動刺激を与えると、実際の筋長よりも伸びているように感じる現象であり、実際の関節角度と本人の思っている関節角度に差が生じる現象である。したがって、運動錯覚を利用することにより人の実際の動作を制御することが出来れば、パワーアシストロボット等を装着せずとも人の動作を本人の筋力により自動的にかつ自然に補正できる可能性があった。しかし、これまでの研究は、振動刺激を加えることによる姿勢変化や運動生成に関するもののみであり、振動刺激を加えることにより動的な動作がどのように変化するのは研究されていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、事故につながる危険な動作が検知された場合に、動作中の上肢(肩、肘、前腕)および下肢(股、膝、足首)の主要関節筋(主動筋と拮抗筋)に機械的振動刺激を与えることにより運動錯覚等を生成し、人の動作を本人の動作意思とは異なる動作に自動的に補正する認知アシストを実現させるための研究である。

具体的には、主に 機械的振動刺激を加えることによる人の動作の変化に関する研究、外部から力を加えることなく、人の動作を直接かつ自然に調整する手法に関する研究、事故を未然に防ぐために人の動作を自動的に本人の筋力で安全な動作に補正する手法に関する研究を行い、パワーアシストロボット等を装着せずに認知アシストを実現させるものとした。

3. 研究の方法

本研究では、人体に機械的振動刺激を加えることで生じる運動錯覚を用いることにより、必要に応じて人の動作を修正する認知アシストを実現させるため、研究期間内に以下の研究を行うものとした。

まず、人の上肢や下肢の動作中の主要関節筋に機械的振動刺激を与える実験を行い、振動刺激と動作変化の関係を明らかにする。その研究結果を基に、機械的振動刺激を与えることにより、上肢や下肢の主要動作を思い通りの動作に調整する手法を提案する。また、転倒等の重大な事故を未然に防ぐため、事故につながる危険な動作を解析し、本人の動作意思、実際の動作、および周囲の環境とのインタラクションとの関連をまとめ、危険な動作を事前に推定する手法を提案する。更に、事故につながる危険な動作が検知された場合に、動作中の上肢や下肢の主要関節筋に機械的振動刺激を与えることにより、動作を自動的に本人の筋力により補正する認知アシストを実現させる可能性を探る。なお、提案手法の有効性は実験により確認するものとする。

4. 研究成果

本研究により、人の肘や膝関節等の動作中の筋肉に加える振動刺激の条件を変えるとそれに伴う動作変更量も変化することが分かった。また本研究では、振動刺激により生じる動作変更量に対する関節角度や負荷の影響も調べた。更に、肘と前腕や肘と肩等の複合動作における動作変化も実験で調べ、日常生活動作に対する動作変化も確認した。

一方、肘関節動作において関連する筋に加える機械的振動刺激の周波数を変化させることにより動作変化量が変化することを実験で証明し、筋肉に与える機械的振動刺激をコンピュータ制御することにより動作変更量を調整し、人の動作を本人の動作意思とは異なる予め設定した動作に変更することに成功した。これにより、動作中の人の筋肉に加える機械的振動刺激を調整することにより動作を変更することが可能となり、環境認知機能の衰えた人の動作を自動的に補正し、事故を未然に防ぐ認知アシストの実現可能性が高まった。

更に本研究では、日常生活での認知アシストの実現を目指し、機械学習を用いることにより、事故につながる危険動作をリアルタイムで推定して補正する手法を提案した。また、本人の動作意思と他の人の動作意思を同時に推定することにより、人が他の人と動的な接触を持つ際の相互作用を推定する手法を提案した。これにより、他の人との相互作用が適切に遂行されているかどうかを判断できるようになり、不適切な動作を適切な動作へ自動

変更するための認知アシストの技術を高めることが出来た。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 25 件)

1) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “A fundamental study on the effect of vibration stimulation for motion modification in perception-assist”, Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2016), pp.2347-2352, 2016.

2) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “A Fundamental Study on the Effect of Vibration Stimulation on Triceps Brachii during Elbow Flexion motion for Perception-Assist”, Proceedings of 27th 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (From Micro & Nano Scale Systems to Robotics & Mechatronics Systems) (MHS2016), 2016.

3) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “A Study on the Motion Change under Loaded Condition Induced by Vibration Stimulation on Biceps Brachii”, Proceedings of 4th International Conference on Cybernetics & Informatics (CYBI 2017), pp.167-172, 2017.

4) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “A Study of Motion Change during Lower-limb Knee Joint Extension Motion Induced by Vibration Stimulation for Perception-Assist”, Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2017), pp.957-962, 2017.

5) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “A Study on the Motion Change under Loaded Condition Induced by Vibration Stimulation for Perception-Assist”, Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2017), pp.3089-3094, 2017.

6) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “A Study on the Effect of Vibration Stimulation during Continuous Knee Joint Flexion/Extension Motion for Lower-limb Perception-assist”, Proceedings of 2017 17th International Conference on Control, Automation, and Systems (ICCAS2017), 2017. (accepted)

7) Kazuo Kiguchi, Ryosuke Matsuo, “Accident Prediction Based on Motion Data for Perception-Assist with a Power-Assist Robot”, Proceedings of 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI2017), pp.2036-2040, 2017.

8) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “The Motion Change of Forearm Pronation/Supination with Vibration Stimulation for Upper-limb Perception-Assist”, Proceedings of the World Automation Congress (WAC2018), No.1570446246, 2018.

9) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “Effect of Dual Vibration Stimulation to Biceps Brachii on Elbow Joint Extension Motion Change for Upper-limb Perception-Assist”, Proceedings of 40th Annual International Conference on the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2018), No.3506, 2018.

10) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “Effect of Frequency in Vibration Stimulation for Human Elbow Extension Motion Change: A Fundamental Study for Upper-limb Perception-Assist”, Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2018), pp.391-396, 2018.

11) K.G. Manosha Chathuramali, Kazuo Kiguchi, “A Study on Real-Time Detection of Interacting Motion Intention for Perception-Assist with an Upper-Limb Wearable Power-Assist Robot”, Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2018), pp.896-901, 2018.

12) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “Human Elbow Joint Motion Change Induced by Reflex with Vibration Stimulation”, Proceedings of 29th 2018 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS2018), pp.126-128, 2018.

13) Koki Honda, Kazuo Kiguchi, “Effect of Vibration Stimulation on a Biarticular Muscle for Elbow Joint Motion Change during Elbow/Shoulder Joint Extension Motion: A Study for the Upper-limb Perception-Assist”, Proceedings of Cyborg and Bionic Systems (CBS2018), pp.210-215, 2018.

- 14) 本田功輝, 木口量夫: "振動刺激を用いた認知アシスト時の動作補正に関する基礎研究", 日本機械学会 2016 年度年次大会, 2016 .
- 15) 本田功輝, 木口量夫: "上腕三頭筋に対する振動刺激を用いた肘関節屈曲・伸展運動時の動作変更に関する基礎研究", 第 34 回日本ロボット学会 学術講演会, 2016 .
- 16) 本田功輝, 木口量夫: "振動刺激を用いた荷重条件下における動作変更に関する研究", 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門 (IIP 部門) 講演会 (IIP2017) , 2017 .
- 17) 本田功輝, 木口量夫: "膝関節屈曲・伸展運動時の大腿二頭筋・半腱様筋への振動刺激による動作変更に関する研究", 日本機械学会 2017 年度年次大会, 2017 .
- 18) 本田功輝, 木口量夫: "膝関節伸展動作変更のための振動刺激の位相の影響に関する研究", 第35回日本ロボット学会 学術講演会, 2017 .
- 19) 本田功輝, 木口量夫: "人肘伸展動作変更に対する振動刺激パラメータの影響評価", 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門 (IIP 部門) 講演会 (IIP2018) , 2018 .
- 20) 本田功輝, 木口量夫: "人肘伸展動作変更に与える振動刺激パラメータの影響に関する研究", 第 30 回日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2018 .
- 21) 本田功輝, 木口量夫: "振動刺激パラメータ変更による肘関節伸展動作補正に関する研究", 日本機械学会 2018 年度年次大会, J1630204 , 2018 .
- 22) 本田功輝, 木口量夫: "前腕・肘関節2自由度拮抗筋への振動刺激印加による動作変更", 第36回日本ロボット学会 学術講演会, 2018 .
- 23) 本田功輝, 木口量夫: "振動刺激による人肘動作変更時の主動筋・拮抗筋活動量の評価", 第 39 回バイオメカニクス学術講演会, pp.44-47 , 2018 .
- 24) 本田功輝, 木口量夫: "振動刺激を用いた人肘伸展動作変更における肘関節伸展開始角度の影響評価", 第 19 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 (SI2018) , 2018 .
- 25) 本田功輝, 緒方大知, 木口量夫: "複数筋肉に対する振動刺激による膝関節動作変更時の振動刺激パラメータ影響に関する研究", 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門 (IIP 部門) 講演会 (IIP2019) , 1D02 , 2019 .

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：荒田純平

ローマ字氏名：Jumpei Arata

所属研究機関名：九州大学

部局名：工学研究院

職名：准教授

研究者番号(8桁): 40377586

(2)研究協力者

研究協力者氏名：本田功輝

ローマ字氏名：Koki Honda