

令和 5 年 2 月 22 日現在

機関番号：26402

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K12503

研究課題名（和文）重度ALS患者介護用ロボット制御のための曖昧な意図の認識法

研究課題名（英文）Fuzzy Intent Recognition Method for Robot Control for Severe ALS Patient Care

研究代表者

王 碩玉（Wang, Shuoyu）

高知工科大学・システム工学群・教授

研究者番号：90250951

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：言語や文字では意図を表現できない、寝たきり障害者を介護するロボットの実現を目指して、身体や頭部の拘束もない且つ低侵襲の脳測定装置を用いて、“冷たい水が飲みたい”や“熱いからエアコンの温度設定を下げて”などのような曖昧な意図をも認識するためのFuzzy_BCIの開発を行った。具体的には生理的な曖昧な概念に対して、体性感覚野と体性感覚聯合野を測定し、室温変化とヘモグロビン濃度変化との関連性を発見した。また、局所的な温度感覚と心の動きとの関係については、一次運動野や体性感覚野に近い前頭葉の計測結果と、POMS2テスト結果を比較して、有益な結果を得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

言語や文字では意図を表現できない、寝たきり障害者を介護するロボットの実現を目指して、身体や頭部の拘束もない且つ低侵襲の脳測定装置を用いて、“冷たい水が飲みたい”や“熱いからエアコンの温度設定を下げて”などのような曖昧な意図をも認識するためのFuzzy_BCIの開発を行った。具体的には生理的な曖昧な概念に対して、体性感覚野と体性感覚聯合野を測定し、室温変化とヘモグロビン濃度変化との関連性を発見した。また、局所的な温度感覚と心の動きとの関係については、一次運動野や体性感覚野に近い前頭葉の計測結果と、POMS2テスト結果を比較した。これらの知見は寝たきり障害者を介護するロボットを実現する基礎になる。

研究成果の概要（英文）：To build a robot that can care for bedridden disabled people, who cannot express their intentions in language or letters, we have developed Fuzzy_BCI. The Fuzzy_BCI system uses a minimally invasive brain measurement device that does not restrain the body or head, meanwhile, it can recognize vague intentions such as "I want to drink cold water" or "Lower the temperature setting of the air conditioner because it is hot". Specifically, the somatosensory cortex and somatosensory joint cortex were measured considering physiologically vague concepts (e.g., "hot", "warm", and "painful"). Also, a relationship was found between room temperature changes and hemoglobin concentration changes. In addition, regarding the relationship between local temperature sensation and heart movement, useful results were obtained by comparing measurement results of frontal lobe near the primary motor cortex and somatosensory cortex with the results of the Profile of Mood States 2nd Edition (POMS2) test.

研究分野：知能ロボティクス

キーワード：介護ロボット 寝たきり障害者 曖昧な概念 分解能 距離型図形推論法 NIRS 生活支援ロボット 意思疎通

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

筋萎縮性側索硬化症 (Amyotrophic Lateral Sclerosis, ALS) 患者は、言語や文字やジェスチャーでは意図を表現できない。介護ロボットは、適切な支援動作を行うために、ALS 等重度障害者の意図を正確に理解する必要がある。この課題を解決するために、様々な Brain Computer Interface が研究されている。脳に細い電極を刺す侵襲式のアプローチは高い認識率を得られるが、感染や可塑性による特性変化への対応など問題がある。低侵襲のアプローチとしては、海外では脳波 (Electroencephalogram, EEG) が最もよく使われるが、日本では近赤外分光法 (NIRS) が重要視されている。EEG は応答時間の遅れが小さいが、電氣的ノイズに弱い。NIRS はノイズに強く身体拘束もないので、今後、ウェアラブルな装置に進化すれば、寝たきり重度障害者の意図認識に最も有効な測定法になる可能性がある。しかし、NIRS には約 2 秒の応答遅れがあり、空間分解能が約 2cm やや低いという弱点がある。最近、EEG と NIRS を結合すれば高認識率を得られるという報告があるが、EEG が電気ノイズに弱いため使用場所が制限されるので、重度障害者の意図認識には向かない。また、これまでは測定が運動野に限定されており、運動野以外の領域を同時測定することで障害者の曖昧な意図を取扱った研究は皆無である。

2. 研究の目的

本研究では、身体や頭部の拘束もない且つ低侵襲のアプローチの一つである近赤外分光法 (Near-Infrared Spectroscopy, NIRS) 脳測定装置を用いて、“冷たい水が飲みたい”や“熱いからエアコンの温度設定を下げて”のような曖昧な意図をも認識するための Fuzzy Brain Computer Interface (以下では、Fuzzy_BCI と略称) の開発に挑戦する。

3. 研究の方法

各年度の研究内容として以下の具体的な研究課題を抽出し、4 ヶ年に分けて順次進めた。平成 28 年度は、距離型図形推論法に基づいて、NIRS の空間的分解能と時間的分解能を向上させることができることを明らかにした。平成 29 年度は、複数チャンネルを用いて、体性感覚野と体性感覚聯合野を測定する際に、各チャンネルに重みをつけて、距離型ファジィ推論法に基づいて学習アルゴリズムを構築した。平成 30 年度は、タスクとして生理的な曖昧な概念と空間的曖昧な概念に分けて、計測試験を行った。最終年度である令和 1 年度は、ALS 患者も含めて言語による意思疎通の困難者を対象として、意思伝達用色模様を開発し、介護ロボットによる認識実験により、有効性を示した。

4. 研究成果

初年度では、次の三項目を完成した。(1) これまでの単純な指数的関係に比べて、距離型図形推論法を用いて、多様な特性を得ることができ、NIRS の空間的分解能を向上させる可能性があることを明らかにした。(2) 多項式を距離型ファジィ推論に導入し、外挿機能を持たせることにより、NIRS の時間的分解能を向上させる可能性があることを明らかにした。(3) 若年健常者を対象とした予備的実験では、“熱い”、“温かい”、“痛い”を感じたり、“前”、“右”、“左”を意図したりする、脳活動状況を測定した結果、それぞれの認識率が異なるが、認識できることが判った。

2 年目は、次の三項目を完成した。(1) 複数チャンネルを用いて、体性感覚野と体性感覚聯合野を測定する際に、各チャンネルに重みをつけて、距離型ファジィ推論法の分離規則という特性に基づいて学習アルゴリズムを構築した。(2) これまでは、“熱い”の認識率を

向上させたが、(1)の手法を用いて、室内温度の変化を推定することが出来た。また、簡易型小屋を作成して、居所温度変化に対する脳測定も行い、大局的温度変化との脳反応が違うことも発見した。(3)“前方”、“左方”、“右方”との方向性認識においては、体性感覚野に一次運動野と前頭聯合野も同時測定し、チャンネルの重み学習後、ウェーブレット変換により特徴抽出を行った。初年度の手法より、認識率を向上させることができた。これは、電動車いすや自主的歩行訓練機を随意に制御できるということを意味する。

3年目は、局所的温度感覚と心の動きにおいては、より詳細に計測した。測定実験では、NIRの都合で測定できるチャンネル数に制限があるため、一次運動野や体性感覚野に近い前頭葉を測定対象とした。さらに介護用ロボットアームの安全制御法を開発した。具体的には、以下の項目を完成した。(1)被験者5名は電気毛布を触る場合、室内温度を22℃～24℃、電気毛布の温度を45℃に設定し、課題前後安静30秒、課題120秒として、測定実験を行った。平均的には実験開始30秒後の課題開始時間とともに酸素化ヘモグロビン量の増加、脳活動の活発化が有意にみられた。(2)酸素化ヘモグロビン量の増減と心理的な感受を比較するために、Profile of Mood States 2nd Edition (POMS2)テストも行った。POMS2ではAH【敵意】、CB【当惑】、DD【落ち込み】、FI【無邪気】、TA【不安】がネガティブな項目とし結果のT-Scoreの得点が低いほど気分状態がよく、逆にVA【活力】、F【友好】の項目はポジティブな項目とされT-Scoreの得点が高いほど気分状態がよいとされている。ネガティブな項目AH、FIでは得点の減少がみられなかったもののCB、DD、TAでは得点の減少がみられた。またポジティブな項目についてはVA、Fともに実験後に得点が大幅に上昇したことが分かった。(3)寝たきり障害者の要望を認識できたら、介護ロボットは、寝たきり障害者を介護することになるが、具体的にはたとえば、欲しい「モノ」を取り渡したりする場合、狭い空間で安全で作業を行わなければならないので、ロボットアームの安全制御アルゴリズムを開発し、実介護環境における実験による実証を行った。

最終年度の4年目は、基礎アルゴリズムの改善だけではなく、意思疎通の困難者を介護するロボットに実装して、実証実験も行った。意思疎通の困難者を支援するロボットに実装して、実介護環境にて実証実験により有用性を示した。さらに、意思伝達用色模様を開発し、介護ロボットによる認識実験により、有効性を示した。

四年間の研究を通して、以下の全体成果を纏められる。

(1)距離型図形推論法に基づいて、NIRSの空間的分解能と時間的分解能を向上させることができることを明らかにした。また、知識ベースの選択性が増え、より多様な脳活動特性の表現に成功した。

(2)タスクとしては、生理的な曖昧な概念と空間的曖昧な概念に分けて、計測試験を行った。生理的な曖昧な概念である(“熱い”、“温かい”、“痛い”)に対して、体性感覚野と体性感覚聯合野を測定し、室温変化とヘモグロビン濃度変化との関連性を発見した。空間的曖昧な概念である(“前方”、“左方”、“右方”)に対して、体性感覚野に一次運動野と前頭聯合野も同時測定し、チャンネルの重み学習後、ウェーブレット変換により特徴抽出を行い、認識率を向上させることができた。さらに、局所的温度感覚と心の動きとの関係については、一次運動野や体性感覚野に近い前頭葉の計測結果と、Profile of Mood States 2nd Edition (POMS2)テスト結果を比較して、昨年度の成果に示すように、有益な結果を得られた。

(3)介護ロボットの安全制御アルゴリズムを開発し、言語による意思疎通の困難者を対象として、“お腹が空いた”との生理的な要求に対して、ビスケット(最適解)や牛乳(准最適解)を探して、要介護者の手元に届くとの一連の動作を実現した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Guang Yang, Shuoyu Wang, Junyou yang	4. 巻 7
2. 論文標題 Desire-Driven Reasoning for Personal Care Robots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 75203-75212
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Guang Yang, Shuoyu Wang:	4. 巻 Vol.15, No.6
2. 論文標題 Context-Aware Local Planning for Personal Care Robots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Innovative Computing, Information and Control,	6. 最初と最後の頁 2385-2392
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yinlai Jiang, Takeru Togane, Baoliang Lu, Hiroshi Yokoi	4. 巻 Vol.11, No.33
2. 論文標題 sEMG Sensor Using Polypyrrole-coated Nonwoven Fabric Sheet for Practical Control of Prosthetic Hand ,	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件/うち国際学会 7件）

1. 発表者名 宮尾 怜佳 , 王 碩玉 , 潘 博
2. 発表標題 脳活動情報を使用した温度を持つセラピーロボットのセラピー効果の検討,
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会論文集, 若手優秀講演フェロー賞を受賞
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮尾 怜佳, 王 碩玉, 潘 博
2. 発表標題 セラピーロボットにおけるfNIRS測定結果と気分状態確認を踏まえた被験者別の脳血流量の比較
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 [2]Peng Chen, Wenyang Li, Yinlai Jiang, Dianchun Bai, Xiaoxiao Zhu, Shunta Togo, and Hiroshi Yokoi
2. 発表標題 Safety Control for Robotic Arm in Narrow Space Based on Distance Sensor
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 [1]Wenyang Li, Peng Chen, Dianchun Bai, Xiaoxiao Zhu, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, and Yinlai Jiang
2. 発表標題 Design of a 2 Motor 2 Degrees-of-Freedom Coupled Tendon-driven Joint Module
3. 学会等名 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 [5]Wenyang Li, Peng Chen, Yinlai Jiang, Dianchun Bai, Shunta Togo, and Hiroshi Yokoi
2. 発表標題 Structure Design of a Tendon-driven Robotic Arm Considering Safety and Durability
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 [6]Tomohiro Shimizu, Wenyang Li, Peng Chen, Yinlai Jiang, Shunta Togo, and Hiroshi Yokoi
2 . 発表標題 Toward Automatic Tuning of Tendon-driven Mechanisms: Vibration based Detection of Tendon Tension
3 . 学会等名 2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yuki Ohtani, Bo Shen, Shuoyu Wang
2 . 発表標題 Feature Extraction Method for Directional Intent Recognition Using Brain Activity Information
3 . 学会等名 Proceedings of the 6th International Symposium on Frontier Technology(ISFT 2017), (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Shin Kurogi, Bo Shen, shuoyu Wang
2 . 発表標題 Relation of fNIRS brain activity signals to changes in room temperature
3 . 学会等名 Proceedings of the 6th International Symposium on Frontier Technology(ISFT 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Reika Miyao, Bo Shen, Shuoyu Wang
2 . 発表標題 the effect of a therapy robot with warmth in different temperature conditions
3 . 学会等名 The 6th International Symposium on Frontier Technology(ISFT 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 黒木慎, 王碩玉, 瀋博
2. 発表標題 室温変化が脳活動に与える影響について
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷 祐貴, 王碩玉, 瀋博
2. 発表標題 歩行想起時の脳活動を使用した方向意図同定に向けた特徴抽出法の検討
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋本 祥良, 王碩玉, 王義娜, 榎勇人
2. 発表標題 6触圧覚に伴う脳活動の計測～介護ロボットの安全性向上を目指して～
3. 学会等名 第29回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大谷祐貴, 王碩玉, 瀋博
2. 発表標題 機能的近赤外線分光法による方向意図同定法の検討
3. 学会等名 第21回知能メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 黒木慎, 王碩玉, 王義娜
2. 発表標題 脳活動情報を用いた室温調整法の検討
3. 学会等名 第29回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宮尾怜佳, 王碩玉, 王義娜
2. 発表標題 温もりのあるセラピーロボットが与える脳活動の特徴抽出
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会ソフトロボティクス研究会第14回ポトラック&ワークショップ
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

高知工科大学 知能ロボティクス研究室 http://www.lab.kochi-tech.ac.jp/robotics/index.htm

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	石田 健司 (ishida kenji) (10274367)	高知大学・教育研究部医療学系臨床医学部門・准教授 (16401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永野 靖典 (nagano yasunori) (30380372)	高知大学・教育研究部医療学系臨床医学部門・助教 (16401)	
研究分担者	姜 銀来 (jiang yinlai) (70508340)	電気通信大学・脳・医工学研究センター・准教授 (12612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関