

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K18052

研究課題名(和文)空間注意と視線制御による選択意図推定の脳内メカニズムの解明とBMIシステムの提案

研究課題名(英文)The neural mechanism of intention estimation and its human-machine interaction theory verification

研究代表者

呉 瓊 (Wu, Qiong)

岡山大学・ヘルスシステム統合科学研究科・助教

研究者番号：40762935

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究目的は、認知心理学実験、脳波とfMRIを用いて、空間注意と視線制御による人間の選択意図推定メカニズムを解明し、その成果に基づいてBMIシステムを研究開発する。該当研究期間では、まず、fMRIを用いて、視覚空間注意と視線の脳内メカニズムを同定した。次年度、空間注意と視線による選択意図の脳内部位が同定できた。3年目、視線と空間注意による選択意図の脳内処理モデルを考案した。最後、視覚空間注意と視線による選択意図メカニズムに基づいたBMI技術を考案し、人間の選択意図を理解できるBMIシステムを研究した。これらの成果は9件の学術誌論文に掲載され、1冊の著書を出版し、19件の国際学会で発表された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は代表者ら以前の研究成果に基づいて、選択意図を視線と空間注意に関する脳波信号から推定して、その結果をBMI技術への応用ができれば、将来に会話と行動ができない身体障害者の在宅看護、在宅看護などの医療看護ロボットや、思いが届きやすい人間-ロボットの会話システムなどの研究開発への支援に与える可能性がある。さらに、本研究での空間注意、視線制御および選択意図の相互関係に関する脳内メカニズムを解明するが、この成果は、意思決定や行動計画実行等の高次脳機能解明研究にも貢献ができる。

研究成果の概要(英文)：The true purpose of human beings can be measured by intention estimation method, which is an important way for investigating the neural mechanism as well as its human-machine interaction theory. Although the research of intention estimation and human-machine interaction which based on explicit factors such as physical representation have achieved great results, the neural mechanism of intention estimation and its human-machine interaction theory verification are not clear at all. In this project, we plan to using eye movement, ERP and fMRI method, extracting the feature signal of eye movement and spatial attention, investigating the neural mechanism of intention estimation and its human-machine interaction theory verification. This project is the first time combines spatial attention and eye movement to estimate the human intention. More importantly, this project will shed new light on the human-machine interaction study which based on intention estimation.

研究分野：機械工学

キーワード：選択意図 空間注意 眼球運動 意図推定 BMIシステム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳情報を利用した行動支援技術研究：脳内情報によって機械を制御する BMI 研究が注目されている。Kawato らは、リハビリテーション活動を大脳皮質情報によって補助できることに成功している (Science, 2011)。Watanabe らはサルを対象とし、脳内情報によって上肢運動が再現できる事例を報告している (J. of Neural Eng., 2012)。脳波による車椅子の方向制御技術に関する研究事例が報告されている (IEEE Trans. Neural Syst. Rehab. Eng., 2012)。しかし、選択意図を理解できる BMI 技術がまだ確立されていない。

2. 研究の目的

本研究は、注意に関わる前頭-頭頂連合野が人間の意図に寄与するという研究成果 (Cona, et al. Neurosci. Biobehav. R., 2015, 代表者ら, Neuro Report, 2014, Patel ら, PNAS, 2015) を踏まえて、「選択意図は空間注意によって推定できる」という仮説を提案し、それを実証、展開する研究を行う。注意と視線の方向は一致することが多いが、視線が対象物 A (ドア) を向き、注意が対象物 B (机の上のリンゴ) に向き、両方の向きが異なる場合もある。本研究は、この視線と注意情報を活用して、会話と行動ができない身体障害者に適用できる支援技術の開発を目指すものである。

3. 研究の方法

本研究では、視覚空間注意と視線制御の実験タスクを考案して、視覚空間注意と視線コントロールに関する認知心理学実験、脳波と fMRI 実験を行う。得られた脳活動データは SPM12、Brain Voyager、Analiser などの解析方法を用いて処理する。脳波結果は、視線コントロールの脳波信号として眼球運動の動的特性を抽出する。fMRI 結果は、視覚空間注意と眼球運動を制御する脳内部位の同定に使用する。また、それらの領域間の関係を解析し、視覚空間注意と視線コントロールの脳内メカニズムを解明する。

次年度、前年度の空間注意と眼球コントロールの基礎データを基づいて、人間の選択意図の脳内部位を同定し、空間注意のある対象物への注意を向く頻度とある対象物への視線の頻度について検討する。ミリ秒レベルの高い時間分解能を有する脳波とミリメートルレベルの高い空間分解能の fMRI を組み合わせて選択意図の脳機能モデル解明の実験を設計し、空間注意と視線を制御する時の脳活動パターンを比較して、意図が含まれている空間注意と視線の関係を解明し、さらに選択意図に関する脳内領域を同定する。

三年目、初年度の基礎データと2年目の選択意図の脳内部位を通じて選択意図の脳機能ネットワークを解明し、選択意図の脳内処理モデルを構築する。まず、認知・脳波・fMRI の局所の解析結果に基づいて、視線コントロールと空間注意の局部脳機能ネットワークを解明し、最適化解析方法を用いて選択意図推定の脳機能神経ネットワークを構築する。さらに、モデルの提案・検証・評価から実験への追加・修正も行う。3年目では、前年度まで得られた脳波、脳画像データの解析には SPM、Analiser 等の汎用ソフトが活用されている。まず各種データを同じディメンションに変換して多変量・主成分・独立成分の解析を行う。それから、マルチデータの深層学習の方法を用いて選択意図の計算モデルを構築する。認知心理学実験、脳波と fMRI 実験から得られたデータに基づいて選択意図推定ベータベースを構築する。さらに、評価実験を用いて選択意図推定ベータベースの有効性を評価する。

最後、本研究は、以前の成果によって、リアルタイムで脳波 (EEG) 信号と眼球運動の信号に基づいて、人間の空間注意と視線のコントロール信号を獲得する。獲得した信号は選択

意図の計算モデルを通じて、選択意図推定データベースと通信しながら、自分で購入したロボットシステムに意図信号を出力し、ロボットへの運動計画、行動等命令を送信する。このような視覚空間注意と視線による選択意図推定できるBMIシステムを研究開発する。

4．研究成果

本研究では、会話と行動ができない身体障害者に適用できる支援技術を研究開発するため、まず、人間の空間注意と視線のマイクロサカートの脳内メカニズムを解明した。注意するときのマイクロサカートとの空間的一致性が発見した。また、人間の顕在的と潜在的意図の脳内メカニズムを解明し、人間の内的意図と注意の相関が見えた。さらに、前年度までの成果を用いて、選択意図推定データベースの構築が実現でき、評価実験を行った。人間の選択意図脳機能ネットワークと認知モデルを提案した。最後、自分で購入した無線コントロールロボットシステムを利用し、脳波と眼球運動の特徴から人間の選択意図情報を入力し、ロボットの前後左右の移動が実現できた。空間注意と視線による選択意図推定できる BMI システムの研究開発を行った。今後では、人間の顕在と潜在的選択意図を分離することを着目し、顕在と潜在的意図の特性を検討する必要がある。特に人間の意識と深く関連している潜在的意図の脳機能ネットワークがまだ不十分であるため、将来にはこの方向に研究を進むと考えられる。

具体的な成果は学術雑誌論文 9 件、(Neuroscience and Biomedical Engineering 国際学術雑誌 1 件、Frontiers in Behavioral Neuroscience 国際学術雑誌 1 件、International Journal of Psychophysiology 国際学術雑誌 1 件、Parkinson's Disease 国際学術雑誌 1 件、International Information Institute 国際学術雑誌 3 件、Heliyon 国際学術雑誌 1 件、Perception 国際学術雑誌 1 件) に掲載され、19 件の国際学会 (ICMA2016 国際学会 3 件、OHBM2016 国際学会 1 件、AHFE2016 国際学会 1 件、第 19 回日本ヒト脳機能マッピング学会 1 件、ICMA2017 国際学会 3 件、ICMA2018 国際学会 4 件、ICMA2019 国際学会 6 件) で発表された。IGI Global 国際出版社に 1 冊の著書を出版した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yanna Ren; Zhihan Xu; Fengxia Wu; Yoshimichi Ejima; Jiajia Yang; Satoshi Takahashi; Qiong Wu; Jinglong Wu	4. 巻 48
2. 論文標題 Does Temporal Expectation Driven by Rhythmic Cues Differ From That Driven by Symbolic Cues Across the Millisecond and Second Range?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Perception	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/0301006619847579	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 Jiabin Yu; Jiajia Yang; Yinghua Yu; Qiong Wu; Satoshi Takahashi; Yoshimichi Ejima; Jinglong Wu	4. 巻 5
2. 論文標題 Stroking hardness changes the perception of affective touch pleasantness across different skin sites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e02141
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02141	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 -
1. 著者名 Zhihan xu, Yanna Ren, Yoshimichi Ejima, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Qiong Wu, Jinglong Wu	4. 巻 21
2. 論文標題 Effects of Interstimulus Interval Length on Rhythm-based Temporal Expectation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Information Institute	6. 最初と最後の頁 2377-2387
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 Yang Liu, Qiong Wu, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Yoshimichi Ejima, Jinglong Wu	4. 巻 21
2. 論文標題 Effects of Aging on Vibrotactile Stimulus Counting Abilities	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Information Institute	6. 最初と最後の頁 2071-2086
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 Fengxia Wu, Yanna Ren, XiaoYu Tang, Qiong Wu, Yoshimichi Ejima, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Jinglong Wu	4. 巻 21
2. 論文標題 Visual Identification Attenuates Audiovisual Interaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Information Institute	6. 最初と最後の頁 2059-2069
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

1. 著者名 Yanna Ren, Keisuke Suzuki, Weiping Yang, Yanling Ren, Fengxia Wu, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Yoshimichi Ejima, Jinglong Wu, Koichi Hirata	4. 巻 1
2. 論文標題 Absent Audiovisual Integration Elicited by Peripheral Stimuli in Parkinson 's Disease	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Parkinson's Disease	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2018/1648017	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 Yanna Ren, Yanling Ren, Weiping Yang, Xiaoyu Tang, Fengxia Wu, Qiong Wu, Satoshi Takahashi, Yoshimichi Ejima, Jinglong Wu	4. 巻 124
2. 論文標題 Comparison for younger and older adults: Stimulus temporal asynchrony modulates audiovisual integration	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijpsycho.2017.12.004	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

1. 著者名 Qiong Wu, Jiajia Yang, Chunlin Li, Yujie Li, Zhihan Xu, Yoshimichi Ejima, Yasuyuki Ohta, Koji Abe, Jinglong Wu	4. 巻 4-2
2. 論文標題 Enhancement of Delayed Audiovisual Response in Parkinson 's Disease: A Comparison with Normal Aged Controls	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Neuroscience and Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 125-131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2174/2213385204666160618080622	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 Qiong Wu, Jinglong Wu, Shigeko Takahashi, Qiang Huang, Hongzan Sun, Qiyong Guo, Yoshio Ohtani, Yoshimichi Ejima, Xu Zhang, Chunlin Li	4. 巻 11-64
2. 論文標題 Modes of effective connectivity within cortical pathways are distinguished for different categories of visual context: an fMRI study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Frontiers in Behavioral Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbeh.2017.00064	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

[学会発表] 計19件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Ting Guo
2. 発表標題 A Basic Study on Capacity and Reaction Time of Visual Working Memory for Elderly Memory Training
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qi Dai
2. 発表標題 The impacts of subliminal priming effect on normal choice and questionnaire choice
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yang Feng
2. 発表標題 Contrast Discrimination of Circular Contour Patterns Across Visual Field for Virtual Reality
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lichang Yao
2. 発表標題 A basic study on relationship between facial expression and cuteness for human-robot emotional communication
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yiyang Yu
2. 発表標題 A Reading Assistant System of Chinese Text for Persons with Central Visual Field Loss
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qingqing Li
2. 発表標題 The Identification and Evaluation for Animal and Other Sounds: The Effect of Presentation Time
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yiyang Yu
2. 発表標題 A Central-Scotoma Simulator Based on Low-Cost Eye Tracker
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ritsu Go
2. 発表標題 Cognitive Psychological Study on The Occurrence of Microsaccades in Visual Spatial Attention
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qiong Wu
2. 発表標題 A Behavioral Study on Angle Discrimination and Sorting by Fingertip Touch
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Meng Wang
2. 発表標題 The Time Course of Symmetry Effect on Shape Perception: an Event-related Potential Study
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yang Feng, Qiong Wu, Keisuke Okamoto, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Yoshimichi Ejima, Jinglong Wu
2. 発表標題 A basic study on regular polygons recognition of central and peripheral vision field for virtual reality
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jiabin Yu, Qiong Wu, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Yoshimichi Ejima, Jinglong Wu
2. 発表標題 A study of shape discrimination for tactile guide maps
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fengxia Wu, Yanna Ren, Qiong Wu, Yoshimichi Ejima, Xiaoyu Tang, Weiping Yang, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Jinglong Wu
2. 発表標題 Effects of stimulus features on visual processing for communication between human and robot
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Qiong Wu
2. 発表標題 Aging effect of pedal errors of driving under different audiovisual conditions
3. 学会等名 7th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Qiong Wu
2. 発表標題 Dynamic neural networks of visual contextual process of color , shape and depth: an fMRI study
3. 学会等名 22nd Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yanna Ren
2. 発表標題 Study of audiovisual asynchrony signal processing: Robot recognition system of different ages
3. 学会等名 2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Zhihan Xu
2. 発表標題 A basic study for improving the predictability of amber traffic lights: Comparing the brief and long interval rhythm prediction.
3. 学会等名 2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fengxia Wu
2. 発表標題 Effects of spatial frequency on audiovisual integration for communication between human and robot.
3. 学会等名 2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 王 萌
2. 発表標題 対称性知覚の心理学的・ERP分析.
3. 学会等名 第19回 日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Jinglong Wu	4. 発行年 2017年
2. 出版社 IGI Global	5. 総ページ数 353
3. 書名 Improving the Quality of Life for Dementia Patients through Progressive Detection, Treatment, and Care	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----