

令和 4 年 5 月 10 日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K20020

研究課題名(和文)脳波ハイパースキャン技術を用いた非言語的意思疎通の評価と操作

研究課題名(英文)Assessment of nonverbal communication using EEG hyperscanning

研究代表者

岩木 直(Iwaki, Sunao)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・副研究部門長

研究者番号：70356525

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：対面して非言語的コミュニケーション課題を行う2名の実験参加者の両者から、脳神経活動信号を同時に計測(脳活動ハイパースキャン)し、両者間の神経活動の関連を解析する技術と、仮想現実(VR)空間内での対面コミュニケーションの評価技術開発を目的とした。視線合わせのような単純な非言語コミュニケーションで、コミュニケーション基盤としてのミラーニューロンシステムの活動の計測ができることを確認するとともに、非言語的協調作業を行っている二者間の自発脳活動の相関関係から課題遂行のための両者の認知リソースの配分状況を評価し、協調状況の評価が可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非言語的コミュニケーションや協調作業を効率的に行うには、参加者間の協調の姿勢が欠かせない。これまで、他者の行為や周囲環境の観察にともなって自己の運動が変化する現象などが明らかになっているが、参加者間の行為と認知のループの中での非言語的情報交換の神経学的メカニズムはまったく明らかにされていない。本研究の学術的意義は、非言語的協調作業を行っている二者間の協調の状態を、自発脳活動の相関関係を用いた両者の認知リソースの配分状況の時間的変化の観点から評価可能にする点にある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a technique to simultaneously measure brain activity signals from two participants who are performing a face-to-face nonverbal communication (hyper-scanning), to analyze the relationship of neural activity between the two participants, and to develop an evaluation technique for face-to-face communication in a virtual reality (VR) space. We confirmed that it is possible to measure the activity of the mirror neuron system as the basis of communication during eye contact, and to evaluate the allocation of cognitive resources of both participants for task execution based on the correlation of spontaneous brain activity between them while engaged in nonverbal cooperative tasks. The results showed that it is possible to evaluate the cooperative status of the two participants.

研究分野：認知神経科学

キーワード：脳波 ハイパースキャン 非言語的コミュニケーション

1. 研究開始当初の背景

円滑な非言語的コミュニケーションや協調作業では、個人間での意図や気分の適切な伝達が欠かせない。これまでも、他者の行為を観察したり模倣したりする際の脳機能イメージング技術を用いて、他者の行為の知覚・認知に対応する脳部位（ヒトにおける **mirror neuron system: MNS**）が研究されると同時に、他者の行為や周囲環境の観察にともなって自己の運動が修飾される現象などが明らかになってきている。しかし、これらの研究はコミュニケーションの「受け手」側（個人内）における「送り手」側の行為や表情の認知を対象としているものがほとんどで、コミュニケーションや協調作業で重要な、『相手の行為の動的な認知→それに対する自分の行為の計画・実行→それに続く周囲環境の変化→相手の行為の変化』というような個人間における行為・認知のループの中での非言語的情報交換の神経学的メカニズムはまったく明らかにされていない。一方で、2名の実験参加者から同時に機能的 MRI (fMRI) や脳波 (EEG) データを計測する「ハイパースキャン」技術が可能になり、両者間の脳活動の同調現象の観測など、他者間の脳活動連関を調べる研究はようやく緒に就いた段階にある。

2. 研究の目的

対面して非言語的コミュニケーション課題を行う2名の実験参加者の両者から、脳神経活動（脳波 (EEG)、眼電図 (EOG)）信号および動作記録・課題成績・主観報告を計測（脳活動・行動ハイパースキャン）し、両者の神経活動の時間的推移から、両者間の神経活動の因果関係（個人間神経連関）を解析することにより、意思疎通の「よさ」を評価・予測可能な手法を提案する。また仮想現実 (VR) 空間内での対面コミュニケーションの評価を目指した、技術的な問題点の解決を図ることを目的とした。

3. 研究の方法

a. 対面コミュニケーションにおける **mirror neuron system** の活動の計測

まず、われわれは対面でのコミュニケーションにおける **mirror neuron system** の活動を、脳波を用いて計測可能かどうかを調べた。具体的には、向かい合って視線合わせ課題を行っている二者の間で、眼球運動 (EOG) と脳活動を同時に計測し、視線が合った時に **mirror neuron system** の活動が検出可能かどうかを評価した。

b. 脳波ハイパースキャンの技術的検証

次に、現実空間および **head-mount display (HMD)** を用いた VR 空間での対面コミュニケーションで、与えられた課題解決に向けた対話課題を行っている最中の2名の実験参加者から、脳波および EOG 信号を計測する技術的課題に取り組んだ。とくに、HMD を装着した状態で信頼性の高い脳波・EOG 信号を2者で同時計測する技術課題の抽出と解決を行った。

c. 脳波ハイパースキャンによる課題遂行中のコミュニケーション状態の計測

対面して非言語的協調的課題を行っている最中の2名の実験参加者の課題進捗をカメラで記録するとともに、両者から脳波と EOG を同時計測し、両者の脳波間の相関関係を、とくに、 θ (4~8 Hz)、 α (8~13 Hz)、 β (15~25 Hz)、 γ 帯域 (30~45 Hz, 60~100 Hz) の自発脳波の、両者間の強度コヒーレンスに着目して解析した。

4. 研究成果

a. 対面コミュニケーションにおける **mirror neuron system** の活動の計測

向かい合って視線合わせ課題を行っている二者の間で、視線が合った時刻を起点とした周波数帯域ごとの自発脳活動強度の変化（事象関連同期/脱同期, **event-related synchronization (ERS) /desynchronization (ERS)**）を計測した結果、**mirror-neuron system** と関連の深い頭頂-側頭部 (**parieto-temporal area**) や下前頭部 (**inferior-temporal area**) で、40 Hz 前後の γ 帯域脳活動が、視線合わせに同期して増大していること（図 1）を明らかにした。このことは、視線合わせのような単純な非言語コミュニケーションで **mirror neuron system** が関与していることを示唆している。

b. 脳波ハイパースキャンの技術的検証

HMD を使った没入型 VR 環境でのコミュニケーション中の2名の実験参加者から、脳波と EOG を同時に計測するハイパースキャン実験の技術的検討を行った。HMD を装着することで脳波信号に混入するノイズは、主に HMD 支持用のストラップやクッション材と脳波および

EOG 計測用電極との干渉で発生することがわかり、これらと電極ができるだけ干渉しないように配置した場合に計測される脳波信号は、EOG 信号を参照信号としたデジタル信号処理によるまばたき・眼球運動起因アーチファクト除去技術を合わせて用いることで、自発活動強度の変化を検出するためには十分な品質を持つことが確認された (図 2) [1].

c. 脳波ハイパースキャンによる課題遂行中のコミュニケーション状態の計測

対面して非言語的協調的課題を行っている最中の 2 名の実験参加者の脳波信号を、 θ 、 α 、 β 、 γ 帯域ごとに両者の間の強度コヒーレンスを計算した結果、協調的に課題を遂行している場合は、そうでない (独立に課題を遂行している) 場合に比べて、 α 帯域の強度コヒーレンスが有意に低下することが明らかになった。この結果は、両参加者が課題遂行にあたって認知リソースを時間的に交互に配分していることを反映しているものと考察する [2].

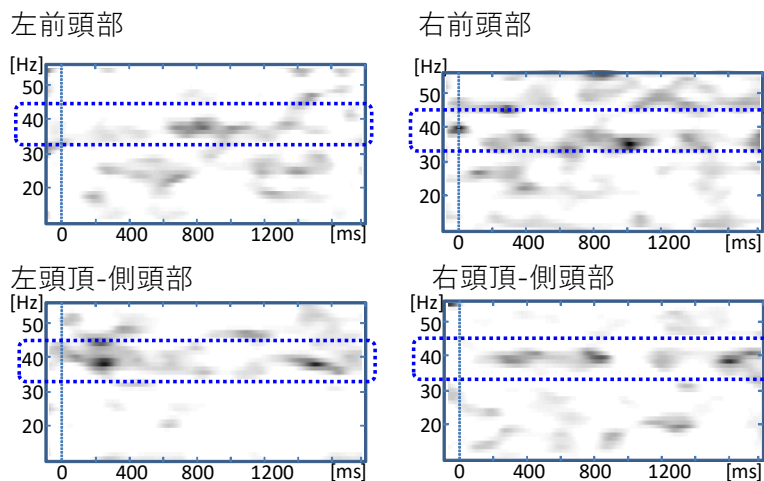


図 1 視線合わせ課題時の周波数帯域ごとの自発脳活動強度の変化

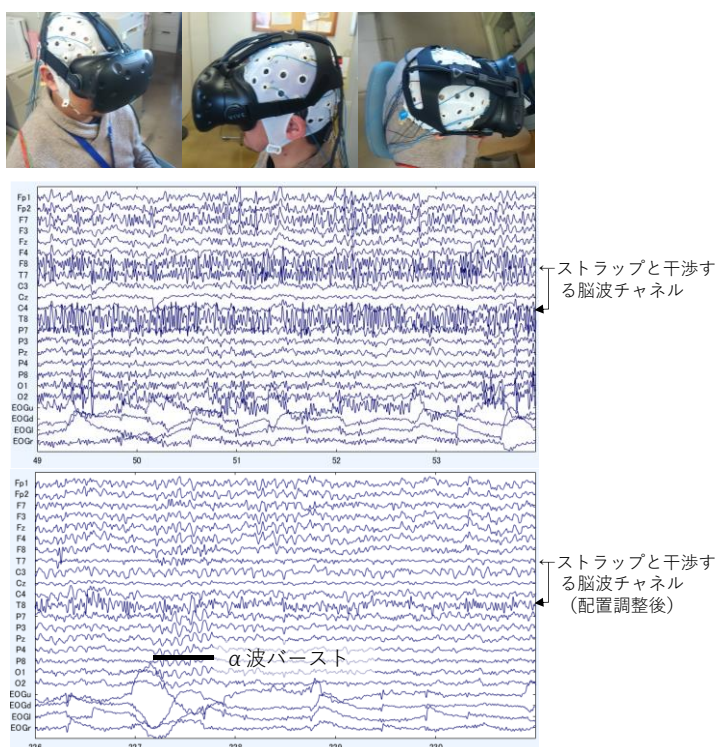


図 2 HMD 装着時の脳波計測

文献

[1] 佐藤駿, 岩木直, 自発

脳波同期に基づいた没入型 VR 環境における協調作業パフォーマンスの定量的評価, 日本生体医工学会専門別委員会第 32 回実社会におけるマルチモーダル脳情報応用技術研究会, 2022 年 1 月.

[2] S. Iwaki, EEG hyper-scanning during cooperative and competitive tasks, Abstracts of 25th Annual Meeting of the Organization of Human Brain Mapping, Th.861, 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tong S., Liang X., Kumada T., Iwaki S	4. 巻 178
2. 論文標題 Putative ratios of facial attractiveness in a deep neural network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 86-99
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.visres.2020.10.001	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 Iwaki S	4. 巻 48(25)
2. 論文標題 Parietal gamma-band activity during mental rotation task reflects individual performance in vehicle driving	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Perception	6. 最初と最後の頁 211-222
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/0301006619863862	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 Liang X., Tong S., Kumada T., Iwaki S.,	4. 巻 2019
2. 論文標題 Golden ratio: the attributes of facial attractiveness learned by CNN	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)	6. 最初と最後の頁 2124-2128
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICIP.2019.8803166	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 S. Iwaki, J.W. Belligeau	4. 巻 25
2. 論文標題 Multimodal Neuroimaging to Visualize Brain Networks for 3-D Object Perception	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IDW '18 Proceedings of the International Display Workshops	6. 最初と最後の頁 964-967
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 岩木 直	4. 巻 106
2. 論文標題 医療現場を支える電気技術	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気総合誌オーム	6. 最初と最後の頁 10-13
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 無
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 岩木 直	4. 巻 100
2. 論文標題 サービス・製造プロセス分析のための脳活動センシング技術	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 301-305
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 Sunao Iwaki, John W. Belliveau	4. 巻 5
2. 論文標題 MEG-fMRI multimodal integration to investigate neural dynamics while perceiving 3-D object shape from motion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advances in Neuroinformatics	6. 最初と最後の頁 osiv.2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14931/aini2017.osiv.2	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 岩木 直	4. 巻 5-3
2. 論文標題 脳波を用いた運転支援システム利用中の注意リソース配分評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 車載テクノロジー	6. 最初と最後の頁 52-55
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 無
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 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 Iwaki S., Fujiwara T.
2. 発表標題 Cognitive fatigue induces changes in resting-state functional connectivity
3. 学会等名 Society for Neuroscience Global Connectome A Virtual Event (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩崎香具矢, 岩木直
2. 発表標題 外的報酬・アンダーマイニング効果・自己決定性との関係
3. 学会等名 第30回日本生体医工学会実社会におけるマルチモーダル脳情報応用技術研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Iwaki S
2. 発表標題 EEG hyperscanning during cooperative and competitive tasks
3. 学会等名 2019 Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fan Zhang, S. Iwaki
2. 発表標題 The strategy in the brain: the microstructural correlations predict the hyperdirect pathway and 'hub' in the reactive inhibition
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Iwaki
2. 発表標題 Intersubject EEG coherence during cooperative/competitive task performance
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Iwaki, J.W. Belliveau
2. 発表標題 Multimodal neuroimaging to visualize brain networks for 3-D object perception
3. 学会等名 The 25th International Display Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Iwaki
2. 発表標題 Gamma-band brain activities during perception of 3-D object shape from motion
3. 学会等名 21st International Conference on Biomagnetism (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩木 直
2. 発表標題 脳活動の計測技術と疲労・ストレス評価への応用の可能性
3. 学会等名 非侵襲ストレス計測技術の開発とその評価 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fan Zhang, S. Iwaki
2. 発表標題 Switch from proactive to reactive inhibition
3. 学会等名 41st Annual Meeting of Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Iwaki
2. 発表標題 EEG hyper-scanning during cooperative/competitive task performance
3. 学会等名 41st Annual Meeting of Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sunao Iwaki
2. 発表標題 Correlation between gamma-band activity and perceptual decision confidence during 3-D SFM
3. 学会等名 2017 Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sunao Iwaki, Takatsune Kumada
2. 発表標題 Individual differences in locus of control correlates with white matter integrity in the posterior cingulate and the precuneus
3. 学会等名 第40回日本神経科学大会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sunao Iwaki, Zhoumao Duo, Takatsune Kumada
2. 発表標題 White matter integrity is associated with individual difference in locus of control
3. 学会等名 47th annual meeting of the Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fan Zhang, Sunao Iwaki
2. 発表標題 Effective connectivity in the cognitive control network
3. 学会等名 2018 Annual Meeting of the Cognitive Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩木 直
2. 発表標題 EEGを用いた認知資源配分の評価
3. 学会等名 Biomagnetic Sendai2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sunao Iwaki
2. 発表標題 MEG-fMRI multimodal integration to investigate neural dynamics while perceiving 3-D object shape from motio
3. 学会等名 Advances in Neuroinformatics (AINI) 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

岩木ウェブページ
<https://staff.aist.go.jp/s.iwaki/>

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	梅村 浩之 (Umemura Hiroyuki) (10356587)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究チーム長 (82626)	

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