

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01771

研究課題名(和文) 経頭蓋電気刺激を用いた同期的神経活動が視覚・認知に与える効果の検証

研究課題名(英文) Examining Effects of Synchronized Neural Activity on Vision and Cognition Using Transcranial Electrical Stimulation

研究代表者

四本 裕子 (Yotsumoto, Yuko)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：80580927

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：脳内の同期的神経活動がヒトの知覚や認知に及ぼす効果を検証するため、経頭蓋電気刺激、脳波測定、行動実験を行った。神経引き込みの周波数と視覚的顕著性を独立に操作し、同期的神経活動の効果を示し、また、視覚刺激の空間的な位置が知覚に及ぼす効果を明らかにした。さらに、脳波の周波数成分の抑制的な機能を検証した。加えて、視覚と聴覚の相互作用をベイズ統計理論を用いて検証した。審美判断については、先行研究で報告されている複数の脳の領域を同一刺激・パラダイムを用いて電気刺激し、先行研究で報告された効果が再現できないことを示した。また、外出規制が人の心理や知覚に及ぼす効果を検証する国際共同研究に参加した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

経頭蓋電気刺激は、電極の位置、電流の種類、電流の大きさ、刺激周波数など、さまざまな組み合わせが可能であるが、実験の結果有意差が出たものしか出版されないという出版バイアスの問題がより深刻に反映される手法である。電気刺激により脳活動を操作し、脳活動の変化によって行動が変化することが仮定されているが、脳活動の変化そのものを測定した研究が少なく、脳活動の操作がブラックボックスになっていることも問題となっている。視覚刺激の明滅で発生する脳内の神経同期活動の効果を行動実験等で検証し、過去の研究の再現性を検証することにより、神経同期活動の機能的意味を明らかにした点は学術的意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：We conducted transcranial electrical stimulation, EEG measurements, and behavioral experiments to investigate the effects of synchronous neural activity on human perception and cognition. We independently manipulated the frequency of neural entrainment and visual saliency, demonstrating the effects of synchronous neural activity and clarifying the effects of the spatial position of visual stimuli on perception. Furthermore, we examined the inhibitory function of the alpha frequency component of brain waves. In addition, we used Bayesian statistical theory to validate the interaction between vision and hearing. Regarding aesthetic judgments, we electrically stimulated several brain areas reported in previous studies using the same stimuli and paradigm, showing that the effects reported in previous studies could not be reproduced. We also participated in an international collaborative study to investigate the effects of outing restrictions on people's psychology and perception.

研究分野：認知神経科学

キーワード：神経同期 脳波 周波数 知覚

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

知覚や認知は、局在した部分的な領域の機能のみではなく、それらの複数領域がネットワークとして情報処理を担うことで成立する。ネットワークとしての脳機能は、行動実験、脳内のコネクティビティ測定、同期的神経活動の測定などで検証できる。その中でも、視覚を中心とした感覚知覚の情報処理が α 帯域の周波数で変動することが注目されていた。この現象は、視覚皮質と高次脳領域がこの帯域の周波数で連絡していることを示唆している。申請者は研究開始以前の研究で、時間長の知覚にも α 帯域の変動が観察されることや(Shima & Yotsumoto, 2017)、 α 帯域の神経同期の効果が大脳皮質間の距離に応じて減衰すること(Okajima & Yotsumoto, 2016)を報告した。

2. 研究の目的

「経頭蓋電気刺激で大脳皮質を刺激した際、神経活動はいかに変化し、それに伴って行動がどう変わるのか?」「視覚や聴覚の感覚知覚の情報処理と、モダリティ間の情報統合において、脳内の同期的神経活動の機能はいかなるものか?」「脳内の同期的神経活動が、記憶や審美判断などの高次認知にどう影響するか?」の3つを本研究の核心をなす問いと定め、具体的には以下の5つの研究を計画した。

[研究 1] 視覚刺激そのものを特定の周波数で明滅させた条件と、視覚皮質を tACS で刺激した際の知覚を検証する。

[研究 2] α 波と抑制の関係と皮質間距離を検証する

[研究 3] 同期的神経活動の位相の効果を検証する。

[研究 4] 記憶の表象と tACS

[研究 5] 審美判断と周期的脳活動について

3. 研究の方法

[研究 1・2]

視覚刺激をさまざまな周波数で明滅させ、その知覚を測定した。また、刺激の呈示位置を操作することにより、刺激の明滅によって神経同期が引き起こされる脳の部位を操作し、その効果を憲章した。視覚刺激に加えて、運動制御のリズムに関わる機能を検証するため、指タッピング課題やリズム知覚課題も採用した。

Gallego-Hiroyasu & Yotsumoto (2021, 2022)では、指タッピング課題やリズム知覚課題の成績を高年齢群と若年齢群で比較した。

Li, Ito & Yotsumoto (2020)では、神経引き込みと知覚の関係を明らかにすることを目的とし、知覚では明滅が見えないが脳では神経引き込みが生じる高周波数の明滅刺激を組み合わせ、周波数引き込みが知覚に及ぼす効果を検証した。さらに、経頭蓋電気刺激を用いて同様の周波数で脳を刺激し、視覚刺激が及ぼす効果と経頭蓋電気刺激の効果を比較した。

Kawahara & Yotsumoto (2020)では、課題無関係な刺激が知覚に及ぼす効果を検証するため、さまざまな視野空間に課題無関係視覚刺激を呈示し、視覚課題の成績を比較した。

[研究 3]

Chatroudi, Yotsumoto et al., (2021) では、 α 周波数の抑制機能を検証するために聴覚刺激で誘発した脳波の P300 成分と脳内の α 周波数成分の関係を測定した。さらに、Chatroudi & Yotsumoto(査読中)では、視覚刺激の明滅で生じる同期的神経活動を測定し、その神経同期活動のさまざまな位相にあわせて呈示された視覚刺激の知覚を検証した。

Yoshimatsu & Yotsumoto (2021)では、視覚刺激と聴覚刺激に時間変調をかけて同時に呈示し、視覚と聴覚の間の情報統合と相互作用をベイズ統計モデルを用いて検証した。

[研究 4] 研究 4 はコロナ禍の影響により実験を中止した。

[研究 5] 審美判断と周期的脳活動について

Takahashi & Yotsumoto(2022)。認知領域の一つである「美の知覚」に対する tDCS の効果を検証した。tDCS による美の知覚の変調は、Cattaneo ら (2014) と Nakamura and Kawabata (2015) の2つの研究で示されていた。研究ではこれらの研究を再現することを目的とし、tDCS が美の知覚に及ぼす影響を検討した。

また、新型コロナウイルスの影響で実験室実験が困難になった時期に、外出規制がヒトの心理や知覚に及ぼす効果に関する大規模国際オンライン共同研究に参加した。

4. 研究成果

[研究 1・2]

指タッピング課題やリズム知覚課題の成績を高年齢群と若年齢群で比較した結果、多くの課

題において、正確性では高齢者と若年者に目立った差が見られない一方で、高齢者では反応のばらつきが大きくなるという結果を得た。これは、加齢が抑制を困難にし知覚や運動制御のノイズを増やすことを意味している (Gallego-Hiroyasu & Yotsumoto, 2021, 2022)。

知覚では明滅が見えないが脳では神経引き込みが生じる高周波数の明滅刺激を組み合わせ、周波数引き込みが知覚に及ぼす効果を検証した実験では、知覚されない周波数引き込みの成分が知覚に影響を及ぼすことを示した (Li et al., 2020)。これは、見た目の顕著性以外にも脳の周期的な活動が知覚に関与していることを意味している。経頭蓋電気刺激を用いて同様の周波数で脳を刺激した実験では、その効果は確認できなかった。

さまざまな視野空間に課題無関係視覚刺激を呈示し、視覚課題の成績を比較した研究では、ヒトは無関係な刺激を完全には無視することができないことをその空間特性とともに報告した (Kawahara & Yotsumoto, 2020)。

[研究 3]

研究では、アルファ事象関連非同期 (ERD) と有効結合を用い、脳波の周波数成分と P300 成分の因果関係に基づき、P300 の関連する抑制が局所的な脳領域においてより高い情報処理段階で実行されていることを実証した。そして、P300 の主要機能としての抑制が、その認知機能に関する「資源配分」説や「ワーキングメモリ更新」説と矛盾しないことを論証した (Chatroudi, Yotsumoto et al., 2021)。また、視覚刺激と聴覚刺激に時間変調をかけて同時に呈示し、視覚と聴覚の間の情報統合と相互作用をベイズ統計モデルを用いて検証した研究では、(1) 視覚刺激と聴覚刺激の知覚時間は、刺激のオンセット・オフセットタイミングの交絡効果をコントロールした場合、被験者がどのモダリティに注目したかに影響されること、(2) 注意による重みの増加は、刺激の信頼性の影響をコントロールしても、時間統合に影響すること。を明らかにした (Yoshimatsu & Yotsumoto, 2021)。

[研究 5] 審美判断と周期的脳活動について

Takahashi & Yotsumoto (2022) では、審美判断を測定するための画像セットを作成し、先行研究で審美判断に関係すると報告されていた内側前頭前野、左背外側前頭前野、眼窩前頭皮質を tDCS で刺激した。その結果、先行研究と同じパラメータを用いた tDCS は、美点評価スコアに対する強い効果を示さなかったことを明らかにした。今回の結果は、最近問題となっている tDCS 効果の再現性に関する証拠を提供し、認知領域に対する tDCS 効果のインフレーションの可能性を示唆するものである。

[国際共同研究]

外出規制がヒトの心理や知覚に及ぼす効果に関する大規模国際オンライン共同研究では、14 種類の質問項目と 15 種類の課題を用い、8 言語 18 か国でオンライン実験を行った。実験ではオンライン実験プラットフォーム Gorilla (gorilla.sc) を使用し、2840 人分のデータを得た。社会的孤立が時間情報処理、時間視点、意思決定、睡眠、メタ認知、注意、記憶、自己認識、マインドフルネスに及ぼす影響、睡眠パターン、性格特性、心理的幸福度、ロックダウン指数などの定量的統計が含まれるデータベースを作成し、誰もが自由にアクセスできる Blursday database を公開した (Chaumon et al., 2022)。

[引用]

- Gallego-Hiroyasu, E. M., & Yotsumoto, Y. (2020) Plos one, 15(10), e0240863.
Gallego-Hiroyasu, E. M., & Yotsumoto, Y. (2021) Plos one, 16(3): e0248295.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248295>
Li, L., Ito, S., & Yotsumoto, Y. (2020) Journal of Vision, 20(6), 15. doi:10.1167/jov.20.6.15
Kawahara, H., & Yotsumoto, Y. (2020) i-Perception, 11(6), doi:10.1177/2041669520973223
Chatroudi, A. H., Rostami, R., Nasrabadi, A. M., & Yotsumoto, Y. (2021) Plos one, 16(2), e0247416.
Yoshimatsu H., & Yotsumoto, Y. (2021) Frontiers in Human Neuroscience, 15:725449. doi: 10.3389/fnhum.2021.725449
Takahashi K., & Yotsumoto Y. (2022) Frontiers in Human Neuroscience, 16:767344. doi: 10.3389/fnhum.2022.767344
Chaumon, M., et al. (2022) Nature Human Behavior, 6, 1587–1599, <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01419-2>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Li, L., Ito, S., & Yotsumoto, Y.	4. 巻 20(6)
2. 論文標題 Effect of change saliency and neural entrainment on flicker-induced time dilation.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/jov.20.6.15	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 Gallego-Hiroyasu, E. M., & Yotsumoto, Y.	4. 巻 15(10)
2. 論文標題 Older adults preserve accuracy but not precision in explicit and implicit rhythmic timing.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PloS one	6. 最初と最後の頁 e0240863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0240863	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 Kawahara, H., & Yotsumoto, Y.	4. 巻 11(6)
2. 論文標題 Multiple irrelevant duration information affects the perception of relevant duration information: Interference with selective processing of duration.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 i-Perception	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/2041669520973223	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 Chaumon Maximilien et al.	4. 巻 6
2. 論文標題 The Blursday database as a resource to study subjective temporalities during COVID-19	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Human Behaviour	6. 最初と最後の頁 1587 ~ 1599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41562-022-01419-2	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 -

1. 著者名 Li Luhe, Yotsumoto Yuko, Hayashi Masamichi J.	4. 巻 12
2. 論文標題 Temporal perceptual learning distinguishes between empty and filled intervals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-13814-w	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 Yoshimatsu Hiroshi, Murai Yuki, Yotsumoto Yuko	4. 巻 198
2. 論文標題 Effect of luminance signal and perceived speed on motion-related duration distortions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 108070 ~ 108070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.visres.2022.108070	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 Otsuka Taku, Yotsumoto Yuko	4. 巻 13
2. 論文標題 Partially Separable Aspects of Spatial and Temporal Estimations in Virtual Navigation as Revealed by Adaptation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 i-Perception	6. 最初と最後の頁 13(1)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/20416695221078878	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 Takahashi Kuri, Yotsumoto Yuko	4. 巻 16
2. 論文標題 Testing the Reproducibility of the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation: Failure to Modulate Beauty Perception by Brain Stimulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 767344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2022.767344	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 Yoshimatsu Hiroshi, Yotsumoto Yuko	4. 巻 15
2. 論文標題 Weighted Integration of Duration Information Across Visual and Auditory Modality Is Influenced by Modality-Specific Attention	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 725449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.725449	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 Gallego Hiroyasu Elisa M., Yotsumoto Yuko	4. 巻 16
2. 論文標題 Disentangling the effects of modality, interval length and task difficulty on the accuracy and precision of older adults in a rhythmic reproduction task	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0248295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0248295	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 Hosaka Taishi, Kimura Marino, Yotsumoto Yuko	4. 巻 11
2. 論文標題 Neural representations of own-voice in the human auditory cortex	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-80095-6	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 -

[学会発表] 計20件(うち招待講演 0件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Gallego-Hiroyasu, E. M., & Yotsumoto, Y.
2. 発表標題 Effects of attentional load on the reproduction of visually marked rhythmic interval compared to auditory modality in older adults
3. 学会等名 Virtual Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Li, L., & Yotsumoto, Y.
2. 発表標題 Neural entrainment influences visual perception without the conscious perception of stimulus changes.
3. 学会等名 Virtual Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉松弘志・四本裕子
2. 発表標題 呈示刺激への注意が視聴覚間の時間長情報統合に及ぼす効果
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 保坂太志・田中大貴・四本裕子・鯨島和行・高岸治人
2. 発表標題 向社会行動における意思決定過程の個人差の検討
3. 学会等名 日本社会心理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Gallego-Hiroyasu, E.M. & Yotsumoto, Y.
2. 発表標題 Longitudinal study of time perception of Tokyoites by age group during the COVID-19 pandemic
3. 学会等名 時間生成学2020年度第2回領域会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉松弘志・四本裕子
2. 発表標題 時間長情報の視聴覚間統合における注意の役割
3. 学会等名 時間生成学2020年度第2回領域会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大塚拓・四本裕子
2. 発表標題 順応法を用いたVR環境における移動距離/時間知覚メカニズムの検討
3. 学会等名 時間生成学2020年度第2回領域会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関澤太樹・四本裕子
2. 発表標題 tRNS-EEG 同時使用によるノイズ誘発位相同期の検証
3. 学会等名 時間生成学2020年度第2回領域会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山翔吾・四本裕子
2. 発表標題 COVID-19流行による外出規制が人々の心理状態におよぼす影響
3. 学会等名 時間生成学2020年度第2回領域会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yotsumono Y., Kido T., & Kawahara H
2. 発表標題 Is there a single or multiple clock(s) in vision? : ensemble perception and inhibitory mechanism of multiple durations.
3. 学会等名 Timing Research Forum 2 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yotsumono Y., Takahashi K., & Fan Z.
2. 発表標題 Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) Mod- ulates Interval Time Perception.
3. 学会等名 Timing Research Forum 2 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gallego-Hiroyasu EM. & Yotsumono Y
2. 発表標題 Perception and production of rhythmic timing in older adults.
3. 学会等名 Timing Research Forum 2. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iizuka R., & Yotsumono Y.
2. 発表標題 Tactile Vibration Near 1-Hz affects the passage of time in a waiting situation.
3. 学会等名 Timing Research Forum 2. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nomura, K., Murata, A., Yotsumono Y., & Kumano, S.
2. 発表標題 Bayesian item response model with condition-specific parameters for evaluating the differential effects of perspective-taking on emotional sharing
3. 学会等名 The 41st Annual Conference of the Cognitive Science Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nomura, K., Kumano, S., & Yotsumono Y
2. 発表標題 Multitask item response model revealed bias in estimated emotional features due to response style within the Open Affective Standardized Image Set (OASIS)
3. 学会等名 The 52nd Annual Meeting of the Society for Mathematical Psychology. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lin, W.-J., & Yotsumono Y
2. 発表標題 Influence of social information on visual perceptual decision making
3. 学会等名 3rd Japanese Meeting for Human Brain Imaging
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lin, W.-J., & Yotsumono Y
2. 発表標題 Brain pattern in V1 changes after receiving social information
3. 学会等名 SfN. Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsui S., & Yotsumono Y
2. 発表標題 Shared frequency-specific coding between auditory perception and auditory imagery revealed by multi-voxel pattern analysis.
3. 学会等名 SfN. Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kido, T. & Yotsumono Y
2. 発表標題 Ensemble perception for durations of visual stimuli.
3. 学会等名 Vision Science Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawahara, H. & Yotsumono Y.
2. 発表標題 Effects of irrelevant information on duration perception
3. 学会等名 Vision Science Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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

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