

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：82404

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03992

研究課題名（和文）ニューロモジュレーションによる周辺視野機能の拡張

研究課題名（英文）Boosting peripheral vision with neuromodulation technology

研究代表者

中村 仁洋（Nakamura, Kimihiro）

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所脳機能系障害研究部・主任研究官

研究者番号：40359633

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 6,900,000円

研究成果の概要（和文）：ヒト視覚機能には、視野中心部の対象を高速かつ正確に分析する「中心視」と、より外側の広い視野情報の処理を担当する「周辺視」がある。本研究計画では、周辺視の空間解像度を制約する crowding に着目し、MRIニューロフィードバックを用いて周辺視機能を増幅できるかを検証した。健常成人における実験では、被験者個体レベルのMRIオンライン解析によって周辺視に対応する視覚皮質を抽出してリアルタイムで神経活動を提示する実験環境を構築し、約1時間の訓練で後頭葉皮質の神経活動を増幅できた。一方、視線計測では被験者間でのばらつきが大きく未だ一定の傾向は得られていないため、より厳密な統計的検証を行う必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

周辺視は、自動車運転やスポーツ、街中での移動など日常生活の様々な局面で重要な役割を担うほか、識字学習や網膜疾患における残存視機能としても重要である。周辺視機能は、様々な訓練プログラムによって改善できるとされているが、視野機能訓練には確立された手法がなく、機能的介入の有効性については未知の部分も多い。本研究課題では、周辺視に関わる後頭葉皮質を選択的に機能増幅するためのニューロフィードバック手法を確立し、これに伴う行動変化を検討した。今後の検証で神経構造への機能的介入による促進効果を得られれば、読み書き障害や網膜疾患の病態理解や障害支援、安全性の高い新たな訓練手法の開発のための基礎的知見となる。

研究成果の概要（英文）：Human vision consists of "central vision" for fast/accurate analysis of objects in the center of the visual field and "peripheral vision" for visual information in a wider area outside of the central vision. We examined whether peripheral vision can be amplified with neurofeedback technology targeting "visual crowding", a key factor limiting the spatial resolution of peripheral vision. We built online fMRI data-processing pipelines to extract the occipital cortex for peripheral vision and a neurofeedback procedure with real-time fMRI analysis, allowing us to effectively amplify the occipital cortex activity in one hour. In eye-tracking experiments, however, no consistent trend has yet been obtained due to a large inter-subject variability in behavioral indices. These results indicate that the visual cortex for peripheral vision can be modulated in a short period of time. Further analysis with additional samples is needed to determine the effects of training at the behavioral level.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：周辺視 機能的磁気共鳴画像 ニューロフィードバック 視覚認知

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- ヒトの視覚機能には、視野中心部の対象を高速かつ正確に分析する「中心視」と、その外側のより広い範囲の視野情報の処理を担当する「周辺視」がある。周辺視は空間解像度が低く、文字や顔の認知処理など、対象の精密な形態や色彩に関する分析を担うことは難しいが、自動車の運転操作やスポーツ競技、混雑した街中での移動など、日常生活の様々な局面で重要となる。周辺視はまた、識字学習や無意識的な状況認知にも関わるほか、網膜疾患における残存視機能として重要である。
- 最近の神経科学研究から、周辺視には大脳皮質レベルで起こる crowding と呼ばれる機能的制約のため、中心視のように精密な視覚分析は難しいことが明らかにされている。周辺視機能は、様々な訓練プログラムによって改善できると信じられてきたが、視野機能訓練には確立された手法がなく、機能的介入の有効性については未知の部分も多いため、より体系的な検証が必要と考えられる。

2. 研究の目的

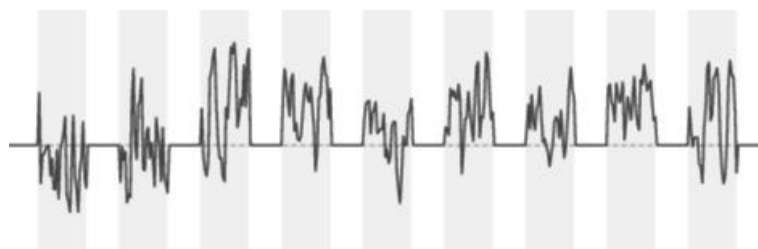
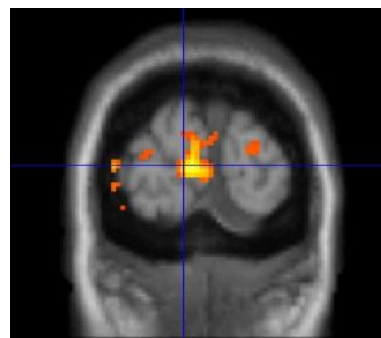
- ヒトの視覚機能のうち、視野中心部の外側で広い範囲の視覚的情報処理を担当する「周辺視」の機能は、意識的な訓練によって改善できることが知られている。周辺視の空間解像度を制約する主要因である crowding は、一次視覚野を含む大脳皮質レベルで発生するため、この神経機能を選択的に調節することによって効率的な周辺視機能の訓練手法として応用できる可能性がある。
- 本研究計画では、crowding と視覚神経系との関係に着目し、内因性の新しい神経機能調節技術として発展しているニューロフィードバックを応用することで周辺視機能を増幅することができるか、その可能性について検証する。

3. 研究の方法

- ニューロフィードバックは、機能的磁気共鳴画像 (fMRI) や脳波などで計測した脳活動を被験者自身にリアルタイムで提示し、自ら脳活動を調節させることによって、認知行動に関わる神経過程を自律的に制御できるようにするバイオフィードバック技術の一つで、神経機能に対する新たな内因性制御・調節のための手法として急速に発展している。
- 本研究課題では、健常成人を対象に、機能的磁気共鳴画像を用いたニューロフィードバックを用いて、特に外側後頭葉皮質と頭頂葉における神経活動の自己調節を目標とした機能訓練を行うことで、行動指標への影響と訓練効果に焦点をおいて検証する。周辺視の神経機構と介入可能性について検討する。周辺視においては、複数の対象の視覚情報を処理する際に起こる crowding と呼ばれる機能的制約があり、空間解像度の低下をもたらす要因となっているが、これを抑制することで空間解像度を改善できる可能性がある。

4. 研究成果

- 健常成人を対象としたニューロフィードバック実験では、被験者個体レベルで MRI 画像データのオンライン解析によって周辺視の視覚中枢に対応する両側の後頭葉領域を抽出するデータ処理工程を確立した (図上)。
- さらにこの周辺視に対応する後頭葉視覚皮質を関心領域として神経活動のリアルタイム計測を行い、被験者に提示する実験環境を構築し、約1時間のフィードバック訓練を行うことで上記の後頭葉皮質の神経活動を増幅できることを確認できた (図下)。
- 周辺視機能の評価においては眼球運動計測を用いた行動実験によって機能訓練による行動指標の変化を分析した。被験者サンプル数が限られていることもあり、いまだ行動指標の変化には被験者間でのばらつきが大きく一定の傾向は得られていないが、ニューロフィードバック実験の概念検証には比較的少数の



被験者で十分と考えられるため、これまでの結果から周辺視野に対応する視覚皮質を短時間で機能増幅できることを示せた。一方で行動指標の変化については引き続きサンプル数を追加してより厳密な統計的検証を行う必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Kanazawa Yuji, Kishimoto Yo, Tateya Ichiro, Ishii Toru, Sanuki Tetsuji, Hiroshiba Shinya, Aso Toshihiko, Omori Koichi, Nakamura Kimihiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Hyperactive sensorimotor cortex during voice perception in spasmodic dysphonia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 443
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-73450-0	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 Mizuochi-Endo Tomomi, Itou Kazuyuki, Makuuchi Michiru, Kato Baku, Ikeda Kazuhisa, Nakamura Kimihiro	4. 巻 4
2. 論文標題 Graphomotor memory in Exner's area enhances word learning in the blind	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 17298
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42003-021-01971-z	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 Kanazawa Yuji, Kishimoto Yo, Tateya Ichiro, Ishii Toru, Sanuki Tetsuji, Hiroshiba Shinya, Aso Toshihiko, Omori Koichi, Nakamura Kimihiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Hyperactive sensorimotor cortex during voice perception in spasmodic dysphonia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 443
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-73450-0	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 Mizuochi-Endo Tomomi, Itou Kazuyuki, Makuuchi Michiru, Kato Baku, Ikeda Kazuhisa, Nakamura Kimihiro	4. 巻 4
2. 論文標題 Graphomotor memory in Exner's area enhances word learning in the blind	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 17298
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42003-021-01971-z	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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 水落 智美 伊藤 和之 幕内 充 加藤 麦 池田 和久 中村 仁洋
2. 発表標題 視覚障害者の言語学習における書字運動記憶とExner領域の役割.
3. 学会等名 第43回 日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Uno, T., Takano, K., Nakamura, K.
2. 発表標題 Early activation of Broca's area plays a causal role in visual word recognition
3. 学会等名 Annual Meeting 2021, Cognitive Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Yokoi, M., Takano, K., Nakamura, K.
2. 発表標題 Phonological priming reveals a key role of phonology in writing.
3. 学会等名 Annual Meeting 2021, Cognitive Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 水落 智美 伊藤 和之 幕内 充 加藤 麦 池田 和久 中村 仁洋
2. 発表標題 視覚障害者の言語学習における書字運動記憶とExner領域の役割.
3. 学会等名 第43回 日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Uno, T., Takano, K., Nakamura, K.
2. 発表標題 Early activation of Broca's area plays a causal role in visual word recognition
3. 学会等名 Annual Meeting 2021, Cognitive Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yokoi, M., Takano, K., Nakamura, K.
2. 発表標題 Phonological priming reveals a key role of phonology in writing.
3. 学会等名 Annual Meeting 2021, Cognitive Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2021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
研究分担者	高野 弘二 (Takano Kouji) (00510588)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 脳機能系障害研究部・研究員 (82404)	
研究分担者	伊藤 和之 (Itoh Kazuyuki) (10501091)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・自立支 援局(研究所併任)・主任教官 (82404)	
研究分担者	幕内 充 (Michiru Makuuchi) (70334232)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 脳機能系障害研究部・研究室長 (82404)	

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