

# Oculofeedback による注意向上訓練

惠本 序珠亜  
平田 豊

中部大学大学院工学研究科  
中部大学工学部ロボット理工学科

眼球運動には、多くの脳領域と密接にかかわっている。特に、不随意に発生するマイクロサッカード (MSC) と注意の関連が示されたことで、MSC に基づいて人の注意状態を客観的に評価できると期待されている。脳から抽出した情報を被験者にフィードバックし、その情報を被験者が意識的に処理することで、脳活動を自己制御する Neurofeedback という手法がある。MSC に基づいて推定した自覚の難しい注意状態を、知覚可能な感覚刺激としてフィードバックすることで、被験者の注意自己制御能力を訓練できる可能性がある。我々は眼球運動と関わる脳活動を自己制御する新たな体系として、眼球運動をフィードバックする Oculofeedback を提案する。MSC に基づく注意状態をフィードバックする Oculofeedback 実験を実施し、MSC 発生特性の変調とそれに伴う注意の向上を検証した。

Keywords: Visual attention, Microsaccade, Posner Task.

## 問題・目的

日常生活において、リソースの限られた注意を最大限活用するには、注意を制御して多くの注意対象へ最適に注意を配分する能力が重要となる。このような注意は関連する脳活動を自己制御する能力を訓練することで向上可能であると考えられる。近年、脳活動を自己制御する手法として Neurofeedback が活発に研究されている。Neurofeedback は被験者の脳活動を知覚可能な感覚刺激としてフィードバック (FB) することで、被験者による特定の脳活動の意識的な操作を促す。特定の脳活動と脳機能に対応付けることで、脳機能の自己制御能力の訓練可能性が示されている (Shibata et al., 2011) ことから、FB を用いて注意の自己制御能力を訓練することも可能であると考えられる。一方、マイクロサッカード (MSC) という眼球運動がヒトの注意を反映するとして注目されている。特定の MSC 発生特性とヒトの注意状態の関連 (Engbert et al., 2003) が示されていることから、MSC に基づいて注意状態を推定することが出来ると考えられる。以上のことから、MSC に基づいて推定した注意状態を FB することによる、注意の自己制御能力訓練の実現が期待できる。我々はこのような訓練手法を Oculofeedback として提案する。

Oculofeedback は、計測した眼球運動から注意状態を推定し、推定した注意状態を被験者に知覚可能な感覚刺激として FB することで、被験者の注意の自己制御能力を訓練する。具体的には、被験者に注意を要する課題を提示、課題遂行中の被験者から眼球運動を計測、眼球運動から注意状態を推定、注意状態を反映する刺激を FB、という手順を実行する。上記手順の課題や FB 方法は実験・訓練目的に応じて決定する。被験者は課題と FB を繰り返し与えられることで、課題中の注意状態の変化を学習する。そして、学習を続けることで注意の自己制御能力が向上するものと期待される。

本研究では Oculofeedback による注意の自己制御能力訓練の実現可能性を吟味するための実験を実施し、特

定の注意状態と対応する MSC 発生特性の FB による変調とそれに伴う注意の向上を評価した。

## 方法

**被験者** 6名が1日3回、4日間 (計12回) の実験に参加した。

**装置** EyeSeeCam (EyeSeeTec 社) を眼球運動計測装置として使用し、Mac Pro の OSX 上で自作の刺激提示プログラムを動作させ、29インチのディスプレイ (LG 社製、型番29UM67-P) により視聴覚刺激を提示した。MSC のリアルタイム検出は、これまでに開発した畳み込みニューラルネットワーク (Emoto and Hirata, 2016) により行った。

**手続き** 被験者は次のような Posner 課題において、できるだけ早く Target に反応するよう指示された。反応は Target に対するアンチサッカードとした。Figure 1 に Posner 課題に使用した視覚刺激の例を示す。左から順に Fixation, Cue, Target 刺激とする。Fixation と Cue は画面中央に表示し、Target は中央から  $12.4^\circ$  離れた左右どちらかに表示した。各指標の大きさは、Fixation が視野角  $0.73^\circ$ 、Cue が横  $0.61^\circ$  縦  $0.98^\circ$ 、Target が  $0.73^\circ$  である。

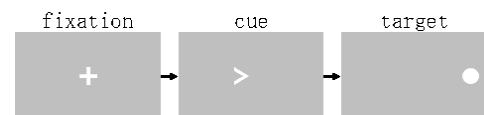


Figure 1 Posner 課題に使用した視覚刺激の例

課題の画面は次のように切り替えた。まず、Fixation を 1.5 から 2.5 秒の間のランダムな時間表示した。その後、Cue を 2.0 から 2.5 秒の間で同様にランダムな時間表示し、Target を 1 秒間表示した。表示する Target の方向を指す Cue を Valid Cue、逆を Invalid Cue とする。Target の表示方向は課題開始時にランダムに決定し、Valid Cue を 8 割、Invalid Cue を 2 割の割合で表示するように設定した。

課題終了時に注視点と同心の二つの白い円を被験者に表示し、次のようなFBを与えた。すなわち、Cueが表示されてから $t_1$ 秒以上 $t_2$ 秒未満の間にMSCが発生していた場合、スピーカから音を鳴らすと同時に、同心円の内側の円を大きくし、発生しなかった場合は刺激を与えなかった。被験者は、このFBを多く発生させるよう指示された。このようなFBにより、 $t_1$ から $t_2$ の区間におけるMSC発生頻度が増加すると考えられる。また、先行研究において、Cue表示後にMSC発生率が増加する区間 (MSC Enhancement Interval, MEI) において発生するMSCと注意の関連が示唆されている (Engbert et al., 2003)。よって、このようなFBによってMEIにおけるMSC発生率を増加させることで、被験者の注意の向上が期待できる。

FBの基準とする区間は、予備実験においてMSC発生率の増加を確認した $t_1=0.7$ 、 $t_2=0.9$ とした。MSC発生によるFBが10回与えられた時点で実験を終了した。

## 結果

6名の被験者のうち3名は、比較対象としてランダムなFBを与え(ランダム群)、他の3名には上述したFBを与えた(FB群)。FBの基準とした区間はCue表示後0.7秒から0.9秒の区間であったが、実験結果では0.2秒から0.3秒でのMSC発生率の増加が確認されたことから、この区間をMEI<sub>result</sub>とした。被験者Eの3回目の実験は実施しなかったことから、以下の図では欠損値とした。

Figure 2にMEI<sub>result</sub>におけるMSC発生率の推移を示す。図の上段がランダム群、下段がFB群の被験者である。被験者A、Bで発生率が変わない傾向が、A、B以外で発生率の増加が見られる。また、Figure 3にMEI<sub>result</sub>でのMSC発生方向の推移を示す。Cueと同方向に発生したMSC (congruent) を黒、逆方向 (incongruent) を灰色で示した。被験者Eで発生方向がcueに影響されなくなる傾向がみられる。E以外でMSCがcongruentとなる傾向がみられる。Figure 4にリアクションタイム (RT) の推移を示す。被験者Aで増加、Eで減少、A、E以外で変化がない傾向がみられる。

## 考察

FB群の3名中3名でMSC発生率が増加し、そのうち1名で発生方向の変化が見られたことから、FBによりMSC発生特性が変調したと考えられる。特に、発生率と方向に変化が見られた被験者Eでは、RTの減少傾向がみられることから、MSC発生特性変調に伴う、注意の向上が誘発されたものと考えられる。

## 結論

Oculofeedbackを提案し、これによる注意の自己制御能力訓練の実現可能性を吟味するための実験を実施することにより、MSC発生特性の変調とそれに伴う注意の向上を評価した。FBを与えた全被験者 (3名) でMSC発生特性の変調が確認され、そのうちの1名でそれに伴う注意の向上が示唆されたことから、Oculofeedbackの有効性が裏付けられる。今後は、より多くの被験者の注意の自己制御能力を訓練可能とす

る、最適な実験パラダイムを検討し、実証する計画である。

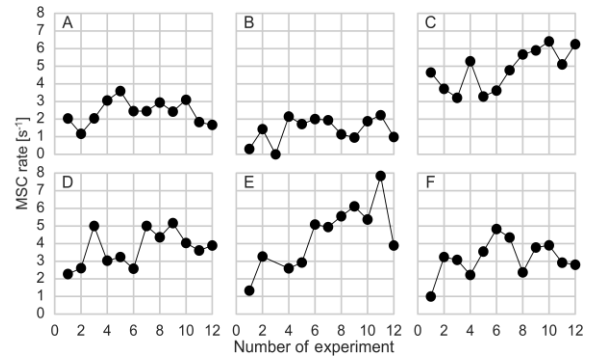


Figure 2 実験回数に対する MEI<sub>result</sub>における MSC 発生率の推移

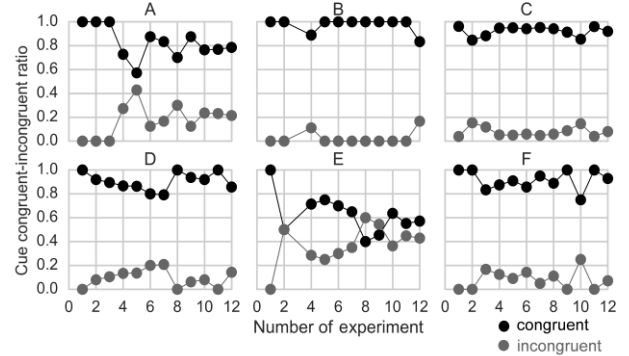


Figure 3 実験回数に対する MEI<sub>result</sub> において発生した congruent/incongruent-MSC の割合の推移

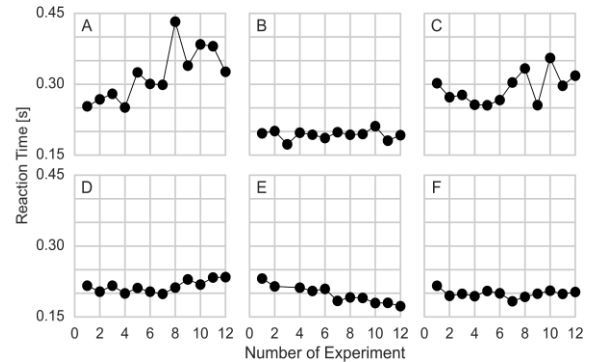


Figure 4 実験回数に対するリアクションタイムの推移

## 引用文献

- Shibata, K., Watanabe, T., Sasaki, Y., Kawato, M. 2011 Perceptual Learning Incepted by Decoded fMRI Neurofeedback Without Stimulus Presentation. *Science*, Vol. 334, Issue 6061, pp. 1413-1415.
- Engbert, R., Kliegl, R., 2003 Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vis. Res.*, Vol. 43, Issue 9, pp. 1035-1045.
- Emoto, J., Hirata, Y., 2016 Convolutional Neural Network for Microsaccade Detection, *The 30th Annual Conference of the JSAI*, 4L1-3.