

成績にもとづくフィードバックによる認知制御の促進

上田 祥行
齋木 潤

京都大学こころの未来研究センター
京都大学人間・環境学研究科

私たちは課題を行うとき、課題に必要な情報に注意を向け、不要な情報を抑制することでパフォーマンスを上げることができる。この認知制御の能力には個人差があることが知られている (Ueda, Kikuno, Yamamoto, & Saiki, Society for Neuroscience 2015)。本研究では、個人の行動成績の履歴にもとづいた訓練によって、その人の認知制御に関する能力を上昇させることができるかどうかを検討した。その結果、自身の成績にもとづいて課題の難易度が変化した群では、そうでない群に比べて、効率的に認知制御課題の成績を促進させることに成功した。この結果は、認知制御機構の効率的な訓練を提案するとともに、この方法を用いることで、認知制御能力の個人差の背後にあるメカニズムを解明することに資する可能性を示唆している。

Keywords: cognitive control, executive function, executive attention, behavioral feedback, individual difference.

問題・目的

複雑な行動を遂行するために情報のアップデートや注意の切り替えを行う能力は、認知制御や実行機能と呼ばれている (Miyake & Friedman, 2012)。これは、課題に必要な情報に注目し不必要な情報の干渉を抑制する能力や、不快な情動が起きないように制御する情動調整の能力とも関係していると考えられている (Schmeichel, 2007)。認知制御はいくつかの課題を用いて調べられており、この能力には個人差があることが知られている (Stroop, 1935; Eriksen & Eriksen, 1974; Bush & Shin, 2006)。認知制御が不得手な人が、複雑な課題の遂行や複数の課題の遂行を円滑にしたり、情動調整を上手く制御したりするためには、認知制御能力を高める必要がある。

これまで、課題の遂行を妨げるような不必要な情報が現れる環境で課題に習熟すると、そうでない環境で習熟した場合に比べて、認知制御能力が向上することが示されている (Gratton, Coles, & Donchin, 1992)。しかし、課題の遂行を妨げるような情報が存在する課題はしばしば困難であり、訓練に時間もかかる。一律に同じ環境でトレーニングを行うよりも、個々人の能力に合った訓練環境を構築することで、より効率的な訓練を行うことが可能になるのではないだろうか。

そこで本研究では、過去の課題成績の履歴にもとづいて課題の難易度を設定することによって、効率的な認知制御の促進を達成できるかどうかを検討した。認知制御能力を検討できる課題はいくつか提案されているが、本研究では Bush & Shin (2006) によって提案された多資源干渉課題 (Multi-Source Interference Task: MSIT) を用いた。この課題を用いた理由として、課題中の脳機能計測を用いても個人差が検出できるほど頑健であり、実際に Ueda, Kikuno, Yamamoto, & Saiki (2015) でも先行研究と同程度のパフォーマンスが得られることが確かめられているためである。MSITの成績の履歴にもとづいて課題の難易度を変化させた場合と、ランダムに難易度が変化する課題に繰り返し取り組んだ場合とで、成績の上昇度を比較した。

方法

実験参加者 京都大学の大学生・大学院生 31 名が実験に参加した。フィードバック群に 15 名、統制群に 16 名がランダムに割り当てられた。統制群の参加者のうち、エラー率の高い 1 名の参加者が分析から除外された。

刺激および装置 視覚刺激として、アラビア数字の 0, 1, 2, 3 の 4 種類が用いられた。参加者の反応はキーボードのテンキーを用いて記録された。

課題 参加者の課題は、呈示された 3 つのアラビア数字の中から異なる数字を見つけて、その数字をキー押しで報告することであった。報告されるべき数字は「1, 2, 3」のいずれかであり、「0」は妨害刺激としてのみ用いられた。報告されるべき数字は、それぞれテンキーの「1, 2, 3」のキーと対応していた。参加者は、右手でキー押しするように教示され、「1」のキーを押すときには人差し指で、「2」のキーを押すときには中指で、「3」のキーを押すときには薬指で、反応するように求められた。課題中はこれらの指を対応するテンキーの上に置いておくように教示された。

課題には、統制条件と干渉条件の 2 種類があった。統制条件では、報告されるべき数字の呈示位置とテンキーの位置が一致しており、なおかつ妨害刺激は反応する必要がない「0」が呈示された (例えば「100」や「020」など)。干渉条件では、報告されるべき数字の呈示位置とテンキーの位置が必ず不一致であり、かつ妨害刺激は他の試行で反応する必要がある「1, 2, 3」のいずれかであった (例えば「212」や「311」など)。刺激は 1.75 秒ごとに変化し、参加者は新しい刺激が呈示されたら、できるだけ早く正確に、異なる数字を見つけて解答するように教示された。

フィードバック方法 成績に基づくフィードバックを行うために、フィードバック群では、干渉条件の試行の後、現在の試行を含まない干渉条件の正答した直近 8 試行と統制条件の正答した直近 8 試行の反応時間の差を算出し、現在の試行を含めた干渉条件の正答した直近 8 試行と統制条件の正答した直近 8 試行の反

応時間の差と比較した。このとき、現在の試行を含めた反応時間の差が、これを含まない反応時間の差よりも小さければ、次の試行で干渉条件が提示される確率を3%減少させた。一方、反応時間の差が大きかったり、干渉条件の試行に誤答したりした場合には、次の試行で干渉条件が提示される確率を3%増加させた。

統制群では、干渉条件の試行に正答した場合、ランダムに干渉条件の提示確率を3%増加もしくは減少させた。

手続き 参加者は、初めに20試行の練習課題を行ってから、192試行を1ブロックとする8ブロック計1536試行の本実験に取り組んだ。本実験開始時には、干渉条件の提示確率は50%であり、96試行が経過した時点から、成績に応じて、干渉条件の提示確率を変化させた。また、いずれの条件においても最後の96試行は干渉条件の提示確率が50%であった。

結果

干渉条件と統制条件の反応時間の差分が大きいほど妨害刺激の干渉効果が大きかったことを示しており、認知制御能力が高いほど、差分は小さくなる (Bush & Shin, 2006)。本実験開始直後の96試行の干渉効果の大きさから、終了直前の96試行の干渉効果の大きさを引いたものをトレーニングの効果量として算出した。各群のトレーニング効果量をFigure 1に示す。

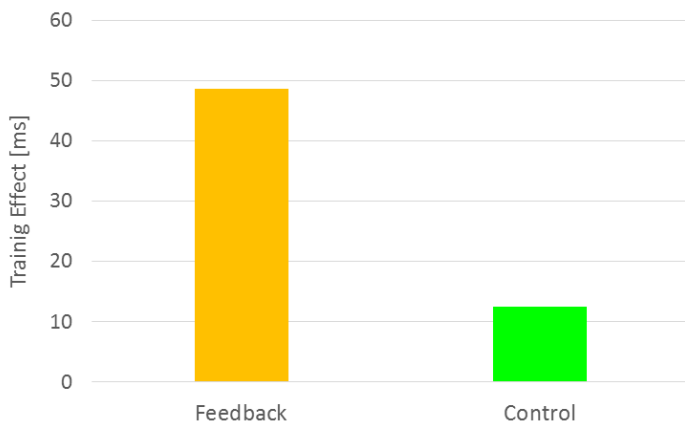


Figure 1. Training effects of feedback manipulation and control manipulation. Bars show standard errors.

対応のないt検定を行ったところ、訓練の効果はフィードバック群で統制群よりも有意に大きかった ($t(28) = 2.14, p = .041$)。また、正答率について同様にトレーニング効果量を算出し、対応のないt検定を行ったところ、両群の間に有意な差は見られなかった ($t(28) = 0.40, p = .69$)。このことは、反応時間に見られたトレーニング効果が、正確さとのトレード・オフによるものではないことを示唆している。

次に、各群の反応時間の推移をFigure 2に示す。2 (フィードバック方法) × 2 (干渉条件) × 16 (エポック) の3要因の分散分析を行ったところ、2次の交互作用が有意傾向であった ($F(15,420) = 1.66, p = .057$)。下位検定の結果、統制条件では、フィードバックの効果は見ら

れなかったが、干渉条件では、3ブロック目からフィードバック群において有意に反応時間が減少していた。

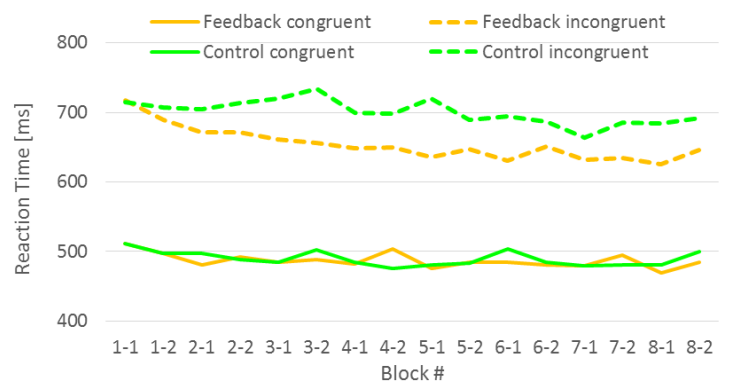


Figure 2. Transition of reaction times in the feedback training and control conditions.

考察

本研究は、認知制御能力の効率的な訓練を行うために、過去の課題成績の履歴にもとづいたフィードバックを行い、認知制御の促進が生じるかどうかを検討した。その結果、参加者に明示的な教示を与えることなく、認知制御課題の成績を促進させることに成功した。このことは、個々人の能力に合った訓練環境を構築することで、効率的に能力の学習が行える可能性を示唆している。

しかしながら、本研究は極めて初歩的な結果であり、成績にもとづくフィードバックの効果を明確に示すには、いくつかの検討が必要であると思われる。第1に、このフィードバックが個々人の成績の履歴にもとづいたものであり、他の学習者では効率的な能力の促進を伴わないかを検討する必要がある。第2に、この学習によって得られた能力が、情動調整を含む認知制御一般に拡張されるものであるかを検討する必要がある。

認知制御は、脳内の背外側前頭皮質 (DLPFC) や背側前部帯状回 (dACC) の賦活と関連していることが示されており (Bush & Shin, 2006; Ueda et al., 2015)、本研究で用いた手法によってこれらの部位の脳活動や機能的結合性にも変化をもたらす可能性が考えられる。今後、これらの神経基盤の変化についても検討していく。

参考文献

- Bush, G., & Shin, L. M. 2006 The Multi-Source Interference Task: an fMRI task that reliably activates the cingulo-frontal-parietal cognitive/attention network. *Nature Protocols*, 1(1), 308-313.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. 2012 The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8-14.