

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：11501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25590278

研究課題名(和文) 実行機能トレーニングのためのパーソナルポートフォリオの提案

研究課題名(英文) Proposals for a personal portfolio system to train executive functions

研究代表者

大村 一史 (Omura, Kazufumi)

山形大学・地域教育文化学部・准教授

研究者番号：90431634

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：発達障害児を含む児童生徒の実行機能を簡易かつ正確に評価・測定し、個人個人の認知特性の得手不得手を踏まえた上で、後に続く効果的なトレーニングを促進するタブレット端末によるシステムの基礎を構築し、トレーニングを適切な学習記録として利用できるオーダーメイド型のパーソナルポートフォリオの提案を目的とした。実行機能評価のアプリケーション作成と並行して、認知課題の試作版を用いた心理行動実験、脳波測定による事象関連電位実験を通して、作成したアプリケーションの妥当性を検証した。現在、発達障害児に対する指導場面において、複数の課題を組み合わせたトレーニングプログラムを導入し、その効果の検証を行っている。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to develop an application system on mobile tablets for assessing and training executive functions in children ranging from typical development to atypical development (developmental disabilities). This objective system was considered more structuralized and effective at evaluating children's cognitive strength and weakness than the previously used subjective ones. Additionally, we proposed an integrative portfolio system for data mining in the training records. In parallel with developing applications, we conducted studies to confirm the reliability and validity of the applications with behavioral and/or event-related potential experiments. Furthermore, as a pilot study, we are currently implementing the proposed training program with children with developmental disabilities and are investigating its effectiveness.

研究分野：社会科学

キーワード：実行機能 個人差 認知トレーニング 実験系心理学

## 1. 研究開始当初の背景

近年、急速にモバイル用途に適したタブレット端末が普及しており、学校場面においても、このような技術を応用した ICT 推進が精力的に図られ、子どもたちの教育にどのように活かしていくかが日々研究されている。現在、LD、ADHD、自閉症といった発達障害への対応が学校現場での大きな課題の一つとなっているが、児童生徒が示す行動特徴の多様性のために、その見極めが難しく、適切な支援につなげていくことが困難なことが指摘されている。特にその多様な行動特徴は、将来の目標を達成するために、適切に問題処理をこなしていく神経認知的な処理過程である実行機能の障害に起因すると考えられている。この実行機能を実現する神経ネットワークは脳内に広く分布しているとされており、fMRI や脳波を用いた非侵襲的な脳神経画像研究からそのメカニズムの解明が進められている。

実際の応用場面を想定した際には、科学的知見をベースとしながら、簡便かつ適切に実行機能を評価できるシステムが求められることになる。従来は行動観察によって、経験のある教師や特別支援コーディネーターらの眼から問題行動が抽出されてきたが、担任や支援者の変更、あるいは児童生徒の発達に伴う変化により、必ずしも時系列すべてを捉えきれない限界があった。これに対する一つの解決策として、タブレット端末を用いて、実行機能を簡便かつ適切に評価した上でそのトレーニングを行い、さらにその学習記録を資産として管理できるシステムの開発が考えられる。

最新の研究から、ワーキングメモリ等の実行機能を適切にトレーニングすることによって、児童生徒の実行機能をベースとした様々な認知能力を向上させることが報告されている。システムに組み込むアプリケーション上では、実行機能の評価だけでなく、その評価にもとづき認知特性の得手不得手をフィードバックした上で、個々にあわせたトレーニングも提供可能な統合的環境を実現することが求められる。さらにシステムを効果的に運用するためには、縦断的な実行機能の評価・トレーニングの情報を資産として管理していくポートフォリオの概念を導入することが欠かせない。そこで、実行機能の評価・トレーニング・情報資産の運用を包括的に統合したパーソナルポートフォリオシステムを提案する。

## 2. 研究の目的

本研究では、まず発達障害児を含む児童生徒の実行機能を簡易かつ正確に評価・測定し、個人個人の認知特性の得手不得手を踏まえた上で、後に続く効果的なトレーニングを促進するタブレット端末によるシステムを開発する。次に、そのタブレット端末上で実行

機能の評価とトレーニングが継続でき、適切な学習記録として利用できるオーダーメイド型のパーソナルポートフォリオを提案する。従来は実行機能を実験室等で測定しても、その評価を継続的に記録し、さらにその情報を支援やトレーニングに利用するまでのインフラが十分ではなかった。縦断的な実行機能の評価とトレーニングに過去の資産としての学習記録の情報を有効に活用していくポートフォリオの概念を導入することによって、適切な支援の一助となり得るシステムの確立を目指す。

## 3. 研究の方法

本研究の流れは、(1)発達障害児を含む児童生徒の実行機能(反応抑制、シフティング、アップデートイング)を、簡易かつ正確に評価・測定し、認知特性を踏まえた上で、効果的なトレーニングを促進するアプリケーションの開発、(2)開発したアプリケーション上で評価・トレーニングの学習記録を情報資産として運用できるオーダーメイド型のパーソナルポートフォリオシステムの構築の二つに大別できる。

最終的には、学習記録の情報管理をポートフォリオとして運用することによって、より効率的な実行機能のトレーニング効果を引き出すことを目指す。システムの構築を中心に以下の5段階の研究フェイズを想定した。(1)評価アプリケーション・トレーニングアプリケーションの基礎構築、(2)構築したシステムの信頼性・妥当性の検証、(3)ポートフォリオシステムの構築、(4)学校場面でのシステムの試験運用。特に、平成25から27年度の3年間の研究期間内には、(1)および(2)を中心としたシステムの基礎構築を目指すこととした。

### (1) 評価アプリケーション・トレーニングの基礎構築

タブレット端末上で使用する実行機能評価のための認知課題を選定するため、先行研究および当研究室がこれまで展開してきた認知神経科学研究にもとづき、連続遂行課題、時間評価課題、数ストループ課題、Go/Nogo課題、フランカー課題、Number-Letter課題、アンチサッカード課題等のアプリケーションの試作版を作成する。

### (2) システム(評価アプリケーション)の信頼性・妥当性の検証

作成したアプリケーションと同様の課題を実験室場面で再現し、課題遂行中の脳波・事象関連電位計測(event-related potential: ERP)や視線計測を行い、課題の妥当性および信頼性を検討する。大学生および小学生の被験者を対象として、課題時の脳活動や視線移動などから、個々の課題特有の実行機能の神経メカニズムも同時に探って

いく。その際、ユーザビリティなどを慎重に評価しながら、システムの改善を試行錯誤する。知能検査WISC-IVや認知機能検査DN-CAS、BIS-11 に代表される衝動性に関する質問紙検査などを組合せて実施することにより、生理レベルから心理行動レベルまでの幅広い視点から、システムの検証を進めていく。

#### 4. 研究成果

##### (1) 評価アプリケーション・トレーニングの基礎構築

評価アプリケーションの基礎構築のため、タブレット上で使用する実行機能評価のための認知課題の作成とその妥当性の検討を行った。まず実験課題作成ソフトのSuperLab (Cedrus 社)および E-Prime 2(Psychology Software Tools 社)を用いて、実験室用の試作版を作成して、基礎構築として心理行動実験による課題の妥当性の検証に使用した(図1)。従来、当研究室で実施してきた認知課題に関しては、課題の妥当性を有しているものと判断し、そのまま評価アプリケーションの作成に取りかかった。今回は、タブレット端末上のアプリケーションを Apple 社製の Macintosh コンピュータを用いて作成し、同じく Apple 社製のタブレット端末 iPad 用のみに開発を絞ることとした。ポートフォリオ型のデータベースソフトは FileMaker Pro (FileMaker 社)を使用した。従来から当研究室で展開してきた認知課題に、新しく提案する課題を組み合わせることによって、実行機能評価のテストバッテリーを充実させた。

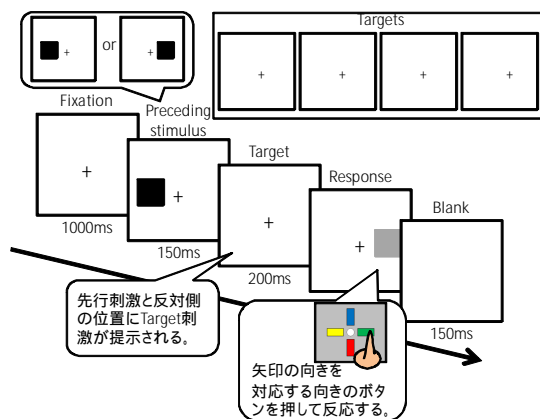


図1. 作成した認知課題の試作版の一例

##### (2) システム(評価アプリケーション)の信頼性・妥当性の検証 心理行動実験

作成した課題のうち、新規に導入した数ストループ課題については、小学生 65 名(2 年生 21 名、4 年生 24 名、6 年生 20 名)を対象として行動実験を行った。「数の大小関係を正しく認識し、その知識を適切に運用する能力」としての数の認知コントロール能力の発達的变化を探ることを目的とした。二つの数

字の数値の大きさを比較判断する「数値判断課題」とサイズの大きさを比較判断する「サイズ判断課題」が用意された。両課題とも、二つの数字の数値と知覚サイズの大小関係が一致している「一致条件」、大小関係が不一致の「不一致条件」、数値によらずサイズが同じ、あるいはサイズによらず数値が同じ「ニュートラル条件」の3条件からなり、条件ごとのエラー率および反応時間が算出された。

両課題とも不一致条件において、反応時間が他の条件よりも長かった。数値判断課題の不一致条件の反応時間が、4、6 年生に比べて、2 年生は長かったことから、2 年生にとっては、特に不一致条件が難しいことが示唆された(図2)。興味深いことに、エラー率は6 年生に比べて、2、4 年生で高い傾向を示したことから(図3)、処理速度は4 年生までの段階で十分に備わってくるものの、その処理速度が正確さを伴うようになるには6 年生ぐらいまでかかるという発達の時間差が存在する可能性が示唆された。数の認知コントロール能力の処理速度と正確さは一様に発達するのではなく、このような成熟の差に違いがあることを考慮し、2 年生から4 年生にかけて適切な指導を行うことの重要性が提案できた。また結果を研究対象者にフィードバックすることで地域社会へのアウトリーチ活動も行った。その後の追加分析から、この数の認知コントロール能力の発達には男女差が存在し、男児の方が女児に比べて、より早く成熟していく可能性も示唆された。

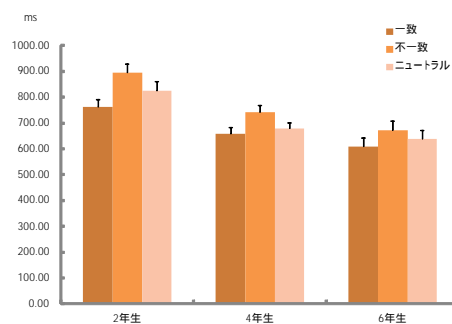


図2. 数値判断課題の反応時間の発達的变化

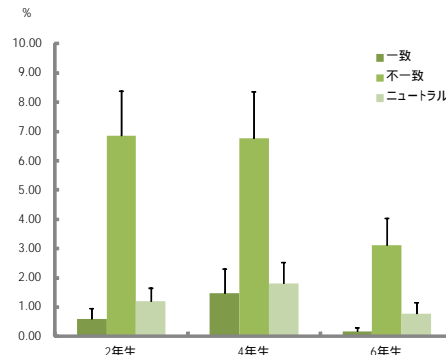


図3. 数値判断課題のエラー率の発達的变化

## ERP 実験

当研究室では、以前より反応抑制の脳内メカニズムの検討を中心的に進めてきた。その一つの成果として、Go/Nogo 課題時の脳活動において、行動上の課題成績に差はなくとも、Nogo 条件時の N2 振幅は、女性よりも男性の方が大きいことを見出した。さらに、男性では、衝動性傾向を測定する質問紙 BIS-11 の注意制御に関する下位尺度得点が高いほど、かつ認知の制御能力を測定する質問紙 Effortful Control の注意制御に関する下位尺度得点が低いほど、N2 振幅が小さいことが確認された(図 4)。つまり、男性においてのみ、衝動性を注意機能レベルで制御する能力が高いほど、N2 振幅が大きく、抑制機能が効率よく機能していると言える。抑制機能における注意の実行制御には脳機能レベルで性差が存在し、性別によりそのバラツキの程度が異なることが示された。この研究から、反応抑制を求められる事象に対して、男女同等のパフォーマンスを発揮するとしても、女性は事象を評価する処理の初期段階で注意機能が安定的に働くのに対して、男性は注意制御能力の個人差によりその機能の変動が大きいことが示唆された。従来から男性が女性よりも衝動的と考えられてきた背景には、このような性差に特異的な抑制機能の脳内メカニズムが深く関与している可能性が考えられる。

数の認知コントロール能力と反応抑制の脳内メカニズムの検討から得られた成果から、実行機能の評価において、男女差(性差)を重要な要因として考慮すべきことが提案できる。これらは疫学的に男性の罹患率が高いことが知られている、抑制機能の不全を示す注意欠陥多動性障害(ADHD)の障害特性を説明する材料につながることも期待される。

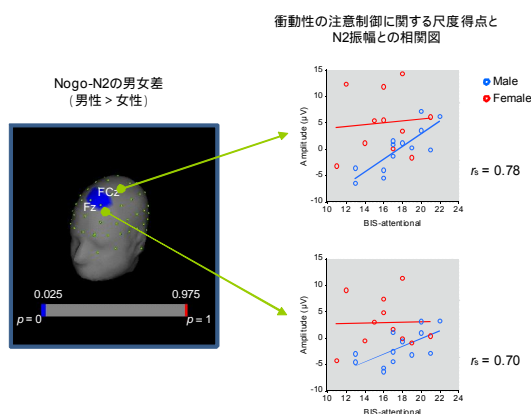


図 4. Nogo 条件時の N2 振幅の男女差

## 事例研究

実践的な取り組みとして、学習に問題を抱える発達障害の小学生(3年生および5年生)を対象に、実行機能トレーニングを組み込んだ学習指導を縦断的に実施し、定期的に作成したテストバッテリーを用いて各児童の実行機能の変化を記録した。抑制機能は指導開

始より高い水準に維持されており、シフティングおよびアップデATINGは指導を通じて上昇する傾向が確認された。ただし、一部の課題では、成績のバラツキが大きく、対象児の意欲・やる気がより強く成績に反映されることが考えられる(図 5)。実行機能の認知的側面(Cool)のトレーニングとともに情動的側面(Hot)のコントロールも重要なことが改めて確認された。

実行機能の指導実践を通じて、発達障害児が示す Hot な実行機能の不安定さを改善する必要性が強く感じられた。現在、視線計測装置を利用して、アプリケーションの評価や読みのトレーニングに着手しているが、今後の研究の一つとして、この視線計測装置の利点を生かして、注意の持続を客観的に測定し、Cool と Hot のバランスが取れたトレーニングを行うシステムの開発も予定している。

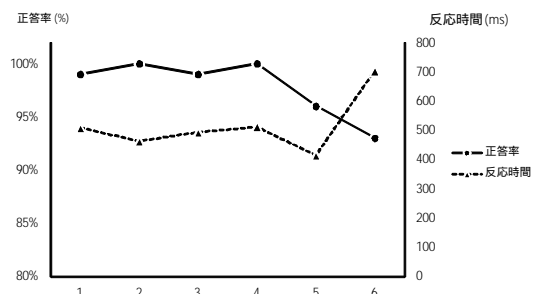


図 5. アンチサッケード課題の正答率と反応時間の推移

## 今後の課題

認知課題の検討と並行して、タブレット端末上で利用可能な、実行機能評価アプリケーションの開発を進めてきたが、それらを統合的に活用するポートフォリオ機能を持つデータベースは研究期間内に全てを完成させることはできなかった。そのため、本研究助成で提案したシステムの構築は、研究期間終了後も本研究室のメインテーマの一つとして継続し、引き続き研究開発を行っていく。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### 〔雑誌論文〕(計7件)

松田真也, 三浦光哉, 大村一史. 認知機能バッテリーから学習困難児の抱える問題を見出す実験的指導. 山形大学特別支援教育臨床科学研究紀要, 査読無, 3号, 2016, 23-28.

Omura K., Kusumoto K. How do females and males differ in neurophysiological correlates of impulse control? *Reproductive System & Sexual Disorders: Current Research*, 査読有, 5, 2016, 159.

Omura K., Kusumoto K. Sex differences in neurophysiological responses are modulated by attentional aspects of impulse control. *Brain and Cognition*, 査読有, 100, 2015, 49–59.

松田真也, 三浦光哉, 大村一史. 学習に困難を示す児童に対する認知機能向上のための指導. *山形大学特別支援教育臨床科学研究所紀要*, 査読無, 2号, 2015, 42–45.

大村一史. 発達障害児に対する実行機能の認知トレーニング. *山形大学紀要(教育科学)*, 査読有, 16巻2号, 2015, 25–36.

Omura K. Linking body and mind. *International Innovation*, 査読無, 139, 2014, 106–108

大村一史. 個に応じた適切な支援を導く神経教育学的アプローチ. *K-ABC アセスメント研究*, 査読無(招待論文), 15, 2013, 97–107.

[学会発表](計3件)

森豊, 長崎郁夫, 三浦光哉, 森谷留美子, 大村一史, 大江啓賢. 自閉傾向のある子どもの行動問題に関する調査 - 特別支援学校におけるアンケート調査を通して -. *日本特殊教育学会第53回大会*, 2015年9月20日, 東北大学(仙台市).

Omura K., Kusumoto K. Sex differences in neurophysiological responses modulated by attentional aspects of impulse control. *Cognitive Neuroscience Society 2015*, 2015年3月28日, Hyatt Regency Hotel (San Francisco, CA, USA).

Omura K., Otsu A, Sakamoto A, Kusumoto K. Same stimuli but different instructions induce different electrophysiological responses. *Cognitive Neuroscience Society 2013*, 2013年4月16日, Hyatt Regency Hotel (San Francisco, CA, USA).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大村 一史 (OMURA KAZUFUMI)  
山形大学・地域教育文化学部・准教授

研究者番号：90431634