

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26780511

研究課題名(和文)発達性ディスレクシアに対する視覚機能トレーニング

研究課題名(英文)Visual function training for developmental dyslexia

研究代表者

土田 幸男 (TSUCHIDA, Yukio)

琉球大学・医学(系)研究科(研究院)・特命助教

研究者番号：70710119

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：発達性ディスレクシアと関係する視空間ワーキングメモリ(WM)と視覚注意(VA)の訓練効果を、健常成人を対象に検討した。WM訓練によってWMの成績は向上した一方、VAスパン訓練によってVAスパンは改善しなかった。訓練前後の選択的注意課題遂行中の脳波では、標的刺激呈示後200ms付近で惹起するP200成分がWM群で振幅が増大した。この結果は先行研究と一致しており、記憶における初期選択的注意が改善したと考えられる。VAスパンよりWM訓練の方が効果的である可能性が示唆された。視空間機能に弱さを持つ児童に対してもWM訓練はある程度の効果が見られた。WM訓練の実施には訓練の限界を踏まえることが必要である。

研究成果の概要(英文)：The training effect of visuo-spatial working memory (WM) and visual attention (VA) related to developmental dyslexia was compared with healthy adults. Although the performance of the visuo-spatial WM was improved by the visuo-spatial WM training, the performance of the VA span was not improved by the VA span training. In the electroencephalogram during visual selective attention task before and after training, the amplitude of the target P200 increased in the WM group. This result was consistent with previous studies, it seems that the work of early selective attention in memory was improved. These results suggest the possibility that WM training is more effective than VA span. WM training also showed some effect for children with weakness in visuo-spatial function. To implement WM training, it is necessary to consider the limitation.

研究分野：生理心理学 教育心理学 認知神経科学

キーワード：ワーキングメモリ 視空間ワーキングメモリ 視覚注意スパン 発達性ディスレクシア ワーキングメモリトレーニング 事象関連電位 ERP 選択的注意

1. 研究開始当初の背景

発達性ディスレクシア (developmental dyslexia) は全般的な知的発達に遅れはないものの、特異的に読字や書字の障害を示す発達障害である。これまで、発達性ディスレクシアの読字・書字困難の背景として、話し言葉の音の単位への気付きである音韻意識の問題が指摘されてきた。音韻意識の問題は音と文字対応の学習に影響するため、読字・書字困難が生じると考えられている。しかしながら、日本語のかな文字は英語などの西欧圏言語と比較して言語の透明性が高いことから、音韻意識の問題から生じる音韻性ディスレクシアは少ないとされている。このため、かつては日本では発達性ディスレクシアは少ないという報告さえされていた。

近年では、日本においても発達性ディスレクシアが西欧圏と同水準で存在することが推測されている (文部科学省, 2012)。更に、発達性ディスレクシアは音韻性だけでなく、視覚性のもも存在することが想定されてきている。表意文字である漢字を使用する日本では、音韻性ディスレクシア以上に視覚性ディスレクシアの問題が多い可能性が考えられる。

視覚性ディスレクシアの原因として、視覚注意の問題が指摘されている (Bosse et al., 2007; Lobier et al., 2012)。これは比較的低次の知覚における注意処理の問題といえる。より高次のワーキングメモリ (Working Memory: WM) の問題もまた読字・書字困難の原因の1つとして考えられている (Gathercole et al., 2006)。WM は音韻ループ、視空間スケッチパッド、そして中央実行系という3つのコンポーネントで構成されており、それぞれに独立した容量が存在する。WM の視空間スケッチパッドが視覚性ディスレクシアに特に関係していると考えられる。これらを踏まえた視覚性ディスレクシアへのアプローチは、日本社会において重要な課題といえよう。

2. 研究の目的

近年、基礎心理学の知見を応用した認知機能トレーニングの試みが数多く行われている。中でも WM のトレーニングは多くの研究が行われている。WM のトレーニングは一般的効果があり、トレーニングしていない課題の成績を改善するという報告 (Klingberg et al., 2005) がある一方、一般的効果に否定的な見解を示す総評が存在する (Melby-Lervåg & Hulme, 2012; Shipstead et al., 2012)。WM トレーニングのメカニズムを検証するために行った健常成人を対象とした研究 (土田, 印刷中) では、視空間 WM トレーニングにより記憶成績は改善するものの、トレーニングしていない課題への一般的効果は見られなかった。しかし、トレーニングしていない低次の視覚注意 (Visual Attention: VA) に改善効果があった。記憶すべき手掛かり刺激や反応を行う標的刺激に対する事象関連電位 (ERP) を

測定し、後頭部の ERP 成分である P100・P200 振幅がトレーニング群では増大し、コントロール群では減衰した。これらの成分は記憶における初期選択的注意や符号化を反映している (Finnigan et al., 2011)。注意と WM は表裏一体である。注意は WM の門番として働き、必要な情報のみが WM に入力されると考えられている (図1)。WM トレーニングには幅広い一般的効果はないと考えられるが、狭い近接効果は存在する可能性が考えられる。一方、低次の注意それ自体をトレーニングする手法もまた考えられる。VA の問題は読み書き障害と関係しており (Bosse et al., 2007; Lobier et al., 2012)、WM の問題もまた読字・書字困難の原因の1つである (Gathercole et al., 2006)。本研究では、以下の二点について検討を行った。

- (1) 視空間 WM と VA スパンにおけるトレーニング効果の検討：健常成人における視空間 WM と VA スパンのトレーニングを行い、トレーニング効果が ERP に与える影響を検討した。
- (2) 書字困難を持つ児童に対する視空間 WM メモリトレーニング：書字困難を持つ児童に対し、書字指導と視空間 WM トレーニングを組み合わせた例を検討した。

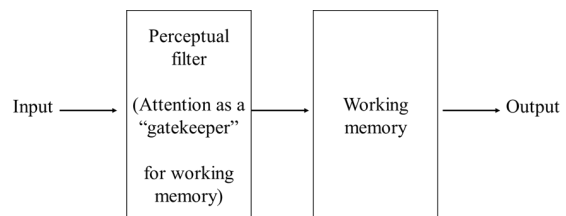


図1 注意と WM の模式図 (Awh et al., 2006)

3. 研究の方法

- (1) 視空間 WM と VA スパンにおけるトレーニング効果の検討

【実験参加者】大学生 21 名が実験に参加した。行動課題の成績に基づき、層別ランダム化を行い、WM 群 10 名 (平均 20.3 歳, SD = 1.5, 女性 2 名) と VA 群 9 名 (平均 21.0 歳, SD = 1.1, 女性 4 名) に分類した。

【行動課題】記憶課題として数唱、視空間 WM 課題、そしてリーディングスパンテストを実施した。また、注意課題として VA スパン課題の部分報告法と全体報告法をそれぞれ実施した (図2)。

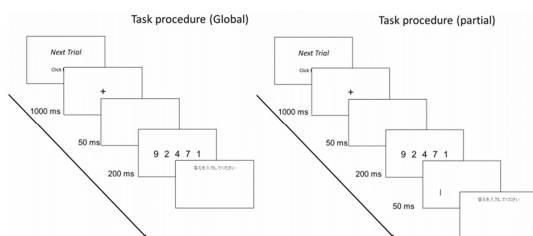


図2 VA スパン課題の模式図

【ERP 課題】 視覚選択的注意課題として、視覚3刺激オドボール課題を実施した(図3)。刺激は標準刺激(70%)、標的刺激(15%)、新奇刺激(15%)で構成した。標準刺激は X, 標的刺激に円, そして新奇刺激に意味が同定できない毎回異なる新奇な刺激(図4)をランダムな順序で呈示した。各刺激の持続時間は120msとし,ITIは1200msとした。課題は320試行からなり,標的刺激に対してできる限り速く正確に利き手でボタンを押し,新奇刺激には反応をしないように求めた。

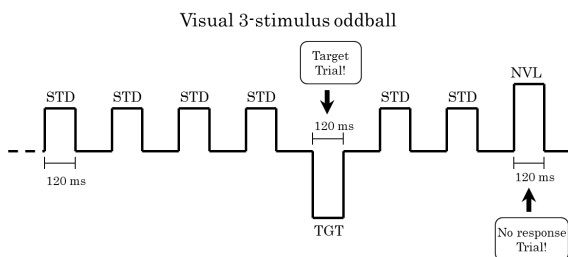


図3 視覚3刺激オドボール課題の模式図

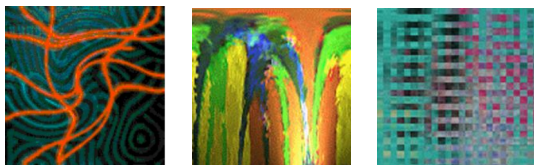


図4 新奇刺激の例

【トレーニング課題】図5にトレーニングの流れを示す。WM群には、ランダムな配置で9つの丸を呈示し、そのうちの1つである赤い丸の場所と順番を記憶して回答を求める課題を実施した(図6)。VA群には、瞬間呈示された無意味な図形を把握し、同じものが何個あったか回答させる課題を実施した(図7)。どちらの課題も直前の成績に合わせて難易度を調整した。両群とも25回のトレーニング(1日10分程度)を、2日以上期間を空けないで実施するよう求めた。

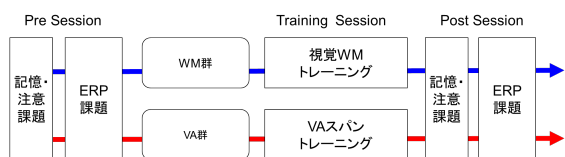


図5 トレーニングの流れ

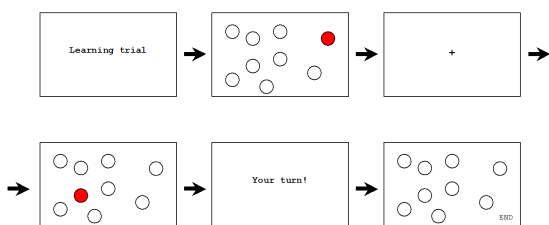


図6 視空間 WM トレーニングの模式図

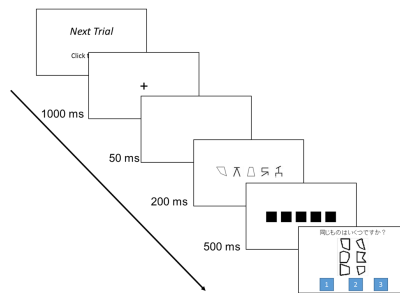


図7 VA スパントレーニングの模式図

【記録および処理】 EEG は、頭皮上31部位から鼻尖を基準として導出した。バンドパスは0.05 - 100Hz, サンプル周波数は500Hzとした。刺激呈示前100msから刺激呈示後900msの間を加算平均区間とし, $\pm 100 \mu V$ を越えた試行はアーチファクトとして除去した。

(2)書字困難を持つ児童に対する視空間 WM メモリトレーニング:(1)で用いた視空間 WM トレーニング課題を学習指導と並行して実施した(富永・土田他, in preparation)。

【対象児】小6男児
【主訴】漢字が覚えられない(線が増えたり, 抜けたりする。細部の誤りが多い。)
【状態】細部への注意が向かない。不注意傾向が高い。

【指導期間】3学期の各週,全9回。
【指導方針】本児漢字を覚えるのが苦手であり,視写を繰り返す中で徐々に字形が変わっていくことがある。また,形を細部まで正確に捉える能力と細部まで明瞭なイメージを頭の中で構成する能力に弱さが見られる。視空間 WM が関与する能力に弱さがあると考えられたため,学習指導と並行して視空間 WM トレーニングを実施した。

4. 研究成果

(1) 視空間 WM と VA スパンにおけるトレーニング効果の検討

【トレーニング成績の進捗】両トレーニングの進捗状況の確認として,トレーニング初回と最終回の成績を比較した。WM群では,平均スパンと正答率が改善していた。VA群では,反応時間と正答率が改善していた。両群ともトレーニング内ではパフォーマンスが向上していた。

【行動課題】トレーニング前後の行動課題の成績(図8)に対し期間と群の2要因分散分析を実施した。視空間 WM 課題で期間の効果がみられ,WM群は視空間 WM 成績が改善していた。一方,VA スパン課題では統計的に有意な効果はなかった。

【ERP 課題】視覚3刺激オドボール課題の標的・新奇刺激に対して惹起下 P300 はともに統計的に有意な効果はなかった(図9)。一方,標的 P200 振幅で期間と群の交互作用傾向,群と部位の間に交互作用が見られた(図10)。WM群はトレーニング後に P200 振幅が大き

くなり、VA 群は小さくなっていた(図 11)。トレーニング後から前の P200 振幅を減算し、トレーニング効果を算出した。これに対し、Cohen's *d* を算出したところ、O1 では 1.17、Oz では .78、そして O2 では 0.61 という効果量であった。大きな効果量を示したのは O1 のみであった。

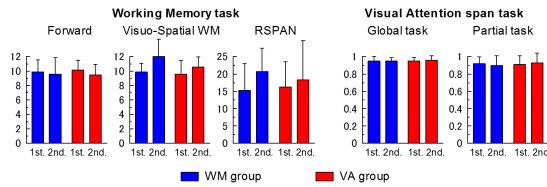


図 8 トレーニング前後の行動課題成績

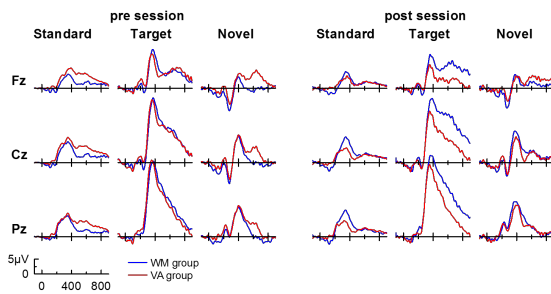


図 9 トレーニング前後の視覚 3 刺激オドボール課題の ERP 波形

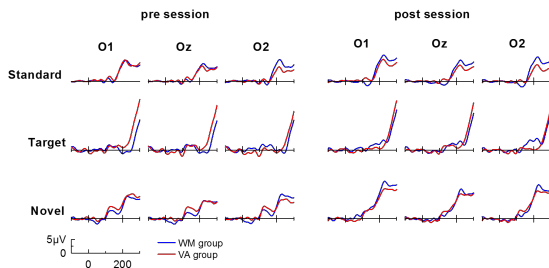


図 10 トレーニング前後の後頭部における ERP 波形

両トレーニングに一般的効果は見られなかった。VA スパン群では、トレーニング内の成績は改善していた。VA スパンは WM 以上に刺激に固有的な機能である可能性が考えられる。標的 P200 振幅では、先行研究と同様の効果が見られた。WM トレーニングにより記憶における初期選択的注意や符号化能力が向上した可能性が考えられた。本研究の結果は、VA スパンより WM トレーニングの方が効果的である可能性を示唆している。一方、強い効果が得られたのは左後頭部の活動と限局しており、一般的効果が見られないことから、WM のトレーニング効果は限定された狭い近接効果であることが示唆される。発達性ディスレクシアなどの支援に用いる場合は、過剰な効果を期待するのではなく、個人の特性に合わせて、支援ツールの 1 つとして用いることが望まれる。

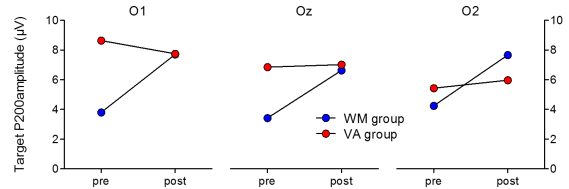


図 11 トレーニング前後における後頭部の P200 振幅の変化

(2) 書字困難を持つ児童に対する視空間 WM メモリトレーニング

指導期間を通して 8 回の視空間 WM トレーニングを実施した。トレーニング初回と比較して最終回では到達スパンが増加していた(図 12)。読み書き検査の結果は、指導前 5/40 字、指導後 22/40 字(指導漢字と重複 3/4 字、指導漢字の熟語に含む 1/2 文)と正答数が増加した(図 13)。

富永他(2015)の考察のように、視空間 WM トレーニングを併用することで既存の反復練習的な書字指導よりも対象児童の心理的負荷を軽減させる可能性が示唆される。また、視空間 WM トレーニングの向上による達成動機の上昇といった効果も期待できる可能性が考えられる。本研究では、視空間 WM 単独の効果を抽出することはできないため、慎重な解釈が必要である。しかしながら、支援ツールの 1 つとして用いることは、特別支援の方法として有用であると考えられる。その際は、対象者の得手・不得手を把握した認知的アセスメントを踏まえた上で、あくまでも補助的な位置づけで実施することが望まれる。

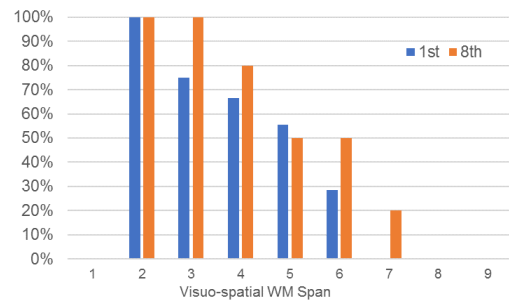


図 12 対象児の初回と最終回の視空間 WM トレーニング成績

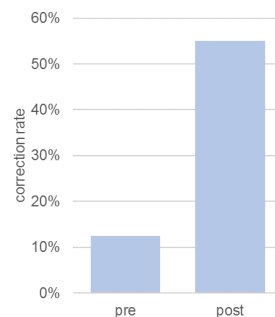


図 13 対象児の初回と最終回の読み書き検査正答率

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 2件)

土田幸男・室橋春光 ワーキングメモリと学習方法の関連性 子ども発達臨床研究, 査読無し, 9, 2017, 47-55.

土田幸男 ワーキングメモリ容量と注意ERPを用いた検討 北海道大学大学院教育学研究院紀要, 査読無し, 124, 2016, 65-80.

[学会発表](計 2件)

— 土田幸男・宇野智己・米須諒・関あゆみ 視空間ワーキングメモリと視覚注意スパンにおけるトレーニング効果の検討 日本心理学会第81回大会 2017年9月20~22日 久留米シティプラザ(福岡県・久留米市)

— 土田幸男・宇野智己・米須諒・関あゆみ 視覚注意スパンのトレーニング効果の検討 第2回坂本勉記念神経科学研究会 2017年2月18日 大正大学(東京都・豊島区)

[図書](計 2件)

土田幸男 ワーキングメモリと注意 室橋春光・苧阪満里子(編著) 生理心理学と精神生理学 第3巻 展開, (印刷中) 北大路書房

土田幸男 第6章 自己理解とパーソナリティ 富永大介・平田幹夫・竹村明子・金武育子(編著) 教職をめざす人のための発達と教育の心理学, 2016, ナカニシヤ出版

6. 研究組織

(1)研究代表者

土田 幸男 (TSUCHIDA, Yukio)
琉球大学・大学院医学研究科・特命助教
研究者番号: 70710119

(2)研究分担者

()

研究者番号:

(3)連携研究者

(4)研究協力者

関 あゆみ (SEKI, Ayumi)
富永 大悟 (TOMINAGA, Daigo)
宇野 智己 (UNO, Tomoki)
米須 諒 (KOMESU, Ryo)