

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：32304
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2021～2023
課題番号：21K03033
研究課題名（和文）ADHD児の高次認知能力に及ぼす視空間ワーキングメモリトレーニングの効果について

研究課題名（英文）Effects of Visuo-Spatial Working Memory Training on Higher-Order Cognitive Abilities in Children with ADHD

研究代表者
成本 忠正（Narimoto, Tadamasu）
東京福祉大学・心理学部・教授

研究者番号：60434560
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：視空間性ワーキングメモリは高次課題遂行に重要な役割を担う。本研究では、これまでとは異なる認知課題を用いてADHD児のワーキングメモリをトレーニングし、その効果が算数の計算能力と図形読解能力に転移するのかを検討した。ADHD児を2グループに分け、グループ1にはワーキングメモリ、グループ2には視空間短期記憶のトレーニングを行った。その結果、計算問題の成績にグループ間の相違は認められなかったが、図形読解に関してはワーキングメモリのトレーニングを受けたグループ1の方が有意に高かった。本研究は研究代表者が考案した認知課題を用いることでADHD児の算数能力を向上させることが可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ADHDを抱える児童生徒のワーキングメモリ能力の弱さは学習成績の低さの主たる原因であると考えられている。公的研究機関・民間企業を問わずADHD児のワーキングメモリトレーニングが行われ、教科学習への効果が検討されてきた。その効果に関しては否定的な結果が存在する。本研究では、これまでとは異なるトレーニング課題を用いて、トレーニングによる彼らの算数能力への転移効果を検討した。その結果は、ADHD児の図形読解成績が向上することを示している。学校教育では、特にADHDを抱える児童生徒にどのような学習支援を提供すればよいのか、試行錯誤が続いている。本研究結果は教育現場に直接的な貢献をもたらすものである。

研究成果の概要（英文）：Visuo-spatial working memory (VSWM) plays a crucial role in higher-order task performance. This study investigated whether training VSWM using a novel cognitive task would improve math calculation and spatial reasoning abilities in children with ADHD. The study involved dividing children with ADHD into two groups: Group 1 received VSWM training, while Group 2 received visual short-term memory training. The results revealed no significant differences between the groups in math calculation scores. However, children in Group 1 who received VSWM training exhibited significantly better spatial reasoning performance. This study demonstrates the potential of the novel cognitive task developed by the principal investigator to enhance math abilities in children with ADHD.

研究分野：教育心理学

キーワード：ワーキングメモリ ADHD トレーニング 発達障害 特別支援教育

1. 研究開始当初の背景

義務教育諸学校では「特別支援教育」が実施されている。学校教育では、特に注意欠如・多動性障害 (Attention Deficit/Hyperactivity Disorder : 以降、ADHD という) を抱える児童生徒にどのような学習支援を提供すればよいのか、試行錯誤が続いている。ADHD は、教科学習に著しい困難を示すことが報告されている (Mayes & Calhoun, 2006)。多くの先行研究では、彼らの学習成績の低さはワーキングメモリ (working memory : 以降、WM という) と実行機能の弱さに起因することが示されている (Gathercole et al., 2008a)。WM とは、心的表象の一時的保持と操作を同時に遂行する能力である。実行機能とは、たとえば WM が働いているときに「無関連な情報を抑制する」、「もはや不必要な情報を必要な情報に更新する」、あるいは「複数の課題を同時に遂行する場合に適したタイミングで注意をシフトする」という機能である (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Miyake et al., 2000; Miyake et al., 2000)。WM と実行機能の弱さが学習成績に影響を及ぼすことから、発達障害児用の様々なトレーニングツール (主にパソコン用プログラム) が開発されてきた。実行機能のトレーニングによる遠転移効果 (トレーニングされた能力とは全く異なる課題遂行能力を向上させること) は、ほとんど認められないという結果が報告されており、また、WM のトレーニングによる遠転移効果に関しても否定的な結果が報告されている (Aksaylia, N.D. et al., 2019)。しかし、WM トレーニングで使用されている既存の課題が果たして本当に「WM 能力を高めるためのトレーニングになっているのか」に疑問が残る。WM 課題の多くは 2 つの独立した課題 (たとえば、判断などを求める課題と短期記憶課題) を同時に求めている。このように、2 つの独立した課題を同時遂行するには、WM だけではなく実行機能である抑制や注意のシフトなどが強くかかわっている。したがって、このような課題では WM 能力を向上させる適切なトレーニングになっていない可能性がある。これまでの効果検証研究の結果から、実行機能のトレーニングで学習成績を向上させることは困難であると考えられる。しかし、適切な WM トレーニング課題を用いて WM 能力を高めることができるならば、ADHD 児の教科学習成績はこれまで以上に向上するのではないだろうか。

2. 研究の目的

WM トレーニング課題では「視覚表象に操作を加え、その操作結果を保持し、その保持している視覚表象にさらに操作を加える」という操作と保持の連続遂行を求める。本研究の目的は、この WM 課題を用いてトレーニングによる教科学習への効果を検証することである。学習場面では、教科学習に伴う読解や問題解決などの高次認知処理が求められる。このような認知課題の達成には、実行機能及び WM が中心的な役割を担う。既存の WM 課題は、処理 (たとえば、判断などの) 課題と短期記憶課題という 2 つの独立した課題の組み合わせであり、この遂行には WM 能力だけではなく、実行機能も強く関与する。つまり、WM 能力に焦点を当てて適切にトレーニングすることができていないと考えられる。本研究の WM 課題 (イメージ統合課題) では、特に無関連情報の抑制を伴わないものであり、既存の WM 課題よりも実行機能の関与は低いと考えられる。ゆえに、これまでよりも WM を適切にトレーニングすることが可能となる。この課題を用いて、ADHD 児の「操作と保持の連続遂行トレーニング」による「算数力」への効果を検証する。

3. 研究の方法

(1) 実験参加児童・トレーニングの流れ

本研究では、WISC-IV による Full-Scale IQ が 85 から 115 の小学 3 年生から 6 年生の ADHD 児 (24 名) を 2 つのグループに分けた。15 名は WM 群であり、残り 9 名は短期記憶群である。なお、現在もデータを収集しており、6 月中旬までに両群それぞれで 20 名ずつを集める予定である。トレーニングの流れは次の通りである。全てのトレーニング参加児は事前テストを受け、その約 1 週間後に WM 群はイメージ統合課題、短期記憶群は視空間短期記憶課題でトレーニングを受けた。トレーニングは週に 2 回であり、合計 8 回であった。トレーニング後に事後テストを受けた。事前・事後テストにはレーヴン色彩マトリックス検査と算数テストを用いた。実施場所は福井県にある H クリニックであった。レーヴン色彩マトリックス検査は非言語性の知能検査 (15 分程度) であり、トレーニング参加児の知能に問題がないことを確認した。算数テストは計算問題 (制限時間 10 分) と図形・グラフ問題 (制限時間 15 分) から構成されていた。なお、事後テストにも同様にレーヴン色彩マトリックスと算数テストを実施したが、算数テストでは異なる問題を使用した。トレーニングは事前テスト実施後 1 週間以内に開始した。トレーニング参加児は H クリニックあるいは自宅でトレーニングを行った。

(2) トレーニング課題

イメージ統合課題 (Figure 1)

レベル 1: モニタ画面に複数の幾何学的図形が提示され、各図形の凹凸部分を心的に結合する

(レベル1ではすべての結合図形は同時に提示されている)。なお、左の図形から順に結合するよう教示される。図形の一つは「赤」であり、この赤図形の向きを変えずに結合しなければならない。その後、参加児は心的に結合した図形と一致する図形を選択することが求められる。図1で示されるように選択図形は結合する図形の下側に提示されている。マウスのポインタを図形に合わせて左クリックするまで提示されているので、時間制限はない。正解の場合は次の試行で青図形が1つ増え、不正解の場合は1つ減る。トレーニング開始時は3個であり、最大5個まで提示される。

レベル2: レベル1とは異なり、参加児がマウスをクリックするごとに図形が継時提示される(先行図形はモニタ画面から消失する)。参加児は図形の提示順に結合するよう教示される。レベル1と同様に正解で青図形が1つ増え、不正解で1つ減る。トレーニング開始時は3個であり、最大10個まで提示される。

視空間短期記憶課題 (Figure 2)

レベル1: モニタ画面に1つの無意味図形(トレーニング開始時は6本のバーから構成)が1.5秒間提示される。その後1秒のブランク画面になる。ブランク後のテスト画面には3つの図形が提示され、記銘時の無意味図形と一致する図形をマウスのポインタで選択することが求められる。テスト画面はマウスのクリックが押されるまで提示されるため、時間の制限はない。正解でバーが1本増え、不正解で1本減る。トレーニング開始時は6本で構成される無意味図形であり、最大10本で構成される無意味図形が提示される。トレーニングの途中からブランク画面(つまり、保持時間)が1.5秒から10秒に変わり、難度が上がる。

レベル2: 9個の図形がモニタ画面のランダムな位置に提示される。そのうちの複数の図形の色が1秒間変わり、参加児はその色が変化したターゲット図形の位置と順序を覚えなければならない。最後のターゲット図形の色が変化した後に1.5秒の保持期間になる。その後、参加児はマウスのポインタでターゲット図形をクリックする。すべてのターゲット図形がクリックされるまで次の試行に移らないため、時間の制限はない。正解でターゲット図形が1個増え、不正解で1個減る。トレーニングの前半は9個の図形がランダムな位置に提示され、ターゲット図形は3から8個である(トレーニング開始時は3個)。トレーニングの途中から保持時間は1.5秒から10秒に変わり、難度が上がる。また、トレーニングの後半は16個の図形がランダムな位置に提示され、ターゲット図形は3から8個となる。保持時間は10秒である。

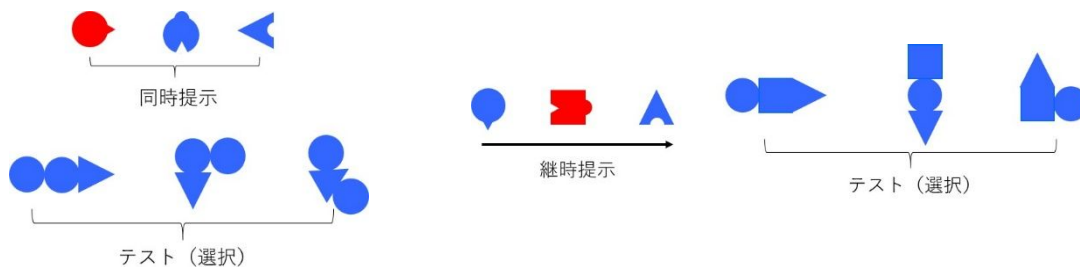


Figure 1. イメージ統合(WM)課題: レベル1(左図)とレベル2(右図)のトレーニング画面。

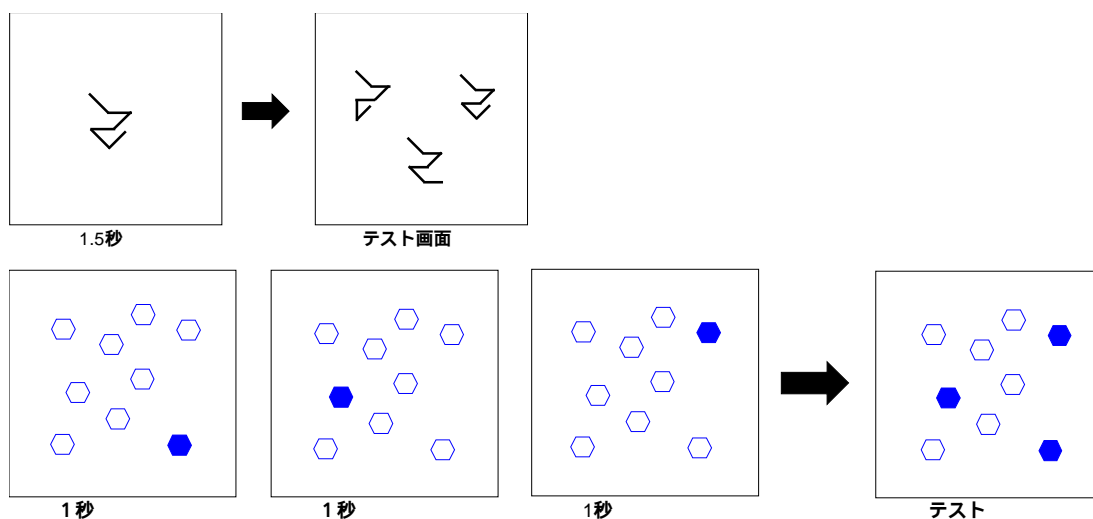


Figure 2. 視空間短期記憶課題: レベル1(上図)とレベル2(下図)のトレーニング画面。

4. 研究成果

Table 1 に WM トレーニング群および短期記憶群のレーヴン色彩マトリックス検査と算数テスト（計算問題と図形・グラフ問題）の事前・事後テスト結果を示す。現時点でのデータ数が少ないため、2 要因分散分析（群[WM と短期記憶] x 色彩マトリックス検査[事前と事後]）、2 要因分散分析（群[WM と短期記憶] x 計算問題テスト[事前と事後]）および2 要因分散分析（群[WM と短期記憶] x 図形・グラフ読解テスト[事前と事後]）を実施してはいない。その代わりに、それぞれの群における色彩マトリックス検査、計算問題テスト、図形・グラフ読解テストの事前と事後の平均値の比較を実施した。

Table 1. WM トレーニング群と短期記憶トレーニング群におけるレーヴン色彩マトリックス検査及び算数テストの平均得点（括弧内は標準偏差）。

	WM群		短期記憶群	
	事前	事後	事前	事後
<u>レーヴン色彩検査</u>				
Set A	10.60 (1.45)	11.00 (1.10)	10.88 (0.78)	10.88 (1.05)
Set A _B	10.40 (1.70)	11.27 (1.57)	10.88 (2.26)	10.25 (2.05)
Set B	11.27 (1.29)	11.67 (1.01)	11.38 (1.32)	11.25 (1.30)
<u>算数</u>				
計算問題	8.20 (4.71)	9.47 (5.26)	10.22 (6.14)	9.56 (5.31)
図形・グラフ問題	8.27 (5.26)	9.87 (5.10)	9.22 (5.92)	8.00 (4.76)

色彩マトリックス検査における両群の事前と事後得点に有意差は認められなかった。WM トレーニング群では計算 ($t(14) = 2.154, p < .05$) と図形・グラフ読解 ($t(14) = 2.157, p < .05$) の事後テスト得点が高いことを示した。一方、短期記憶トレーニング群では計算 ($t(8) = 0.444, p > .05$) と図形・グラフ読解 ($t(8) = 0.891, p > .05$) の事前と事後テスト得点に有意差は認められなかった。

本研究では、既存のワーキングメモリ課題とは異なる新規の課題を用いてワーキングメモリ能力をトレーニングし、その効果が算数力を向上させるのか否かを検証した。本研究課題でワーキングメモリのトレーニングを受けた ADHD 児の算数得点はトレーニング前よりも有意に向上することを示した。一方、active control として短期記憶課題でトレーニングを受けた ADHD 児の算数得点はトレーニング前と変わらないという結果であった。このような結果から、研究代表者が考案したワーキングメモリ課題は算数力を向上させる効果があると考えられる。既存のワーキングメモリ課題では、ワーキングメモリ能力を十分にトレーニングすることができないという可能性がある。保持をしながら別の作業（処理あるいは操作）を求めるといった課題であるため、本研究の課題と既存の課題は同じである。しかし、後者の課題では保持と処理（操作）の遂行だけでなく、処理（操作）による保持への干渉を抑制しなければならない。また、保持と操作は独立した課題であり、注意の迅速かつ適切なシフトが課題遂行に強く求められる。このため、既存のワーキングメモリ課題がワーキングメモリのトレーニングに焦点を当てた十分な課題であるのかという問題が考えられる。本研究課題は「視覚イメージを保持し、そのイメージに操作を加え、その操作されたイメージを保持する」という連続作業が求められるため、抑制や注意の迅速なシフトが強く関わる課題ではない。実際に、算数問題では本研究課題のワーキングメモリが必要だと考えられる。

本研究のワーキングメモリ課題の有効性が高いことが示された。しかし、サンプル数が少ないため、統計力に問題が残る。また、トレーニング効果の持続性については検証されていない。ワーキングメモリ課題によるトレーニングを 8 回実施してその効果が認められているが、8 回目のトレーニング実施から 1 週間以内に事後テストを実施している。1 か月後あるいは半年後においても効果は持続しているのだろうか。この検討も今後の課題として必ず行う必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Narimoto Tadamasa, Matsuura Naomi	4. 巻 71
2. 論文標題 Retention of Visual Images: Children With ADHD	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Japanese Journal of Educational Psychology	6. 最初と最後の頁 13 ~ 25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5926/jjep.71.13	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1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 成本忠正
2. 発表標題 Manipulation and Retention of Images in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder
3. 学会等名 the 32nd International Conference of Psychology（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	松浦 直己 (Matsuura Naomi) (20452518)	三重大学・教育学部・教授 (14101)	
研究分担者	麻生 奈央子 (Aso Naoko) (10945893)	東京福祉大学・心理学部・講師 (32304)	

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