

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：10102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K13911

研究課題名(和文)算数障害の評価方法および指導方法の検討

研究課題名(英文)Assessment Methods and Instructional Methods for Dyscalculia

研究代表者

池田 千紗 (IKEDA, CHISA)

北海道教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：90580051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、算数文章題解決過程に困難を示す児童の算数能力検査および算数認知機能検査開発、算数文章題の指導方法開発を目的に、小学校3～6年生の児童37名、発達障害児24名、肢体不自由児3名を対象とした調査と発達障害児24名への個別指導を実施した。個別指導は各検査の結果に基づき児童の特性に合わせた簡単な身体活動や机上遊び等の具体的体験活動を取り入れ、1回60分全11回実施した。指導後評価では、解決過程において文章題の3要素の中で未知数を求めるのに必要な、既知数同士または既知数と未知数の関係を図示する児が増加した。具体的体験活動を用いた指導により文章題の3要素の理解が促されることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、算数文章題を解決する時に必要な3要素(未知数、既知数、関係)の理解に関連する認知機能と協調運動の特性を把握するための調査を行った。協調運動は、数を扱うために必要なインフォーマル算数の知識を得るために、幼児期から行われる日常生活で行われる遊びや活動への参加を促進する因子であり、数を扱う遊びや活動の経験が不足すると算数文章題の困難さを呈することが予想された。そこで発達障害児に対して数を扱う具体的体験を用いた個別指導を行ったところ、算数文章題の3要素の理解が促され、算数文章題の指導の新たな可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop an arithmetic ability test and an arithmetic cognitive function test for children who show difficulties in the process of solving arithmetic sentences, and to develop teaching methods for arithmetic sentences. The subjects were 37 children in grades 3-6 of elementary school, 24 children with developmental disabilities, and 3 children with physical disabilities.

The individualized instruction was based on the results of each test and included concrete hands-on activities tailored to the children's characteristics. The instruction was conducted 11 times (60 minutes per session). In the post-test, the number of children who were able to illustrate the relationship between known numbers or between known numbers and unknown numbers, which is necessary to find unknown numbers among the three elements of arithmetic sentences. The use of concrete hands-on activities promotes understanding of the three elements of arithmetic sentence.

研究分野：特別支援教育

キーワード：算数障害 算数文章題 発達性協調運動障害 肢体不自由 協調運動

## 1 . 研究開始当初の背景

発達障害児の中には、国語や算数といった教科学習の遅れが、授業への参加拒否や不登校、さらには二次的障害としての情緒的な問題を引き起こすことがあると指摘されている(Kirk 2001)。そのため、学校教育では有効な教科教育方法を開発することが緊急の課題となっている。これまでも各教科における指導方法に関する報告が散見されているが、言語発達と密接に関わる国語教育に比べて、算数教育に関する報告はあまり多くはないのが実情である。医療の分野でも ICD-10 では算数技能の特異的な障害として、DSM- では特異的学習症の中のカテゴリーに算数障害が定義されているものの、我が国での算数技能の標準的な検査が存在しないために正確な診断が出来ないことが指摘されている(長尾, 2002)。

算数障害は、教科学習の視点では 数概念の形成の障害、数処理の障害、計算の障害、文章題の障害等が考えられる。認知心理学的な視点では、言語性、非言語性双方の問題が算数の成績に関連していること(Johnson, 1975)、算数の成績のパターンから言語能力と視空間認知能力のどちらかの問題にタイプ分けされること(Rourke, 1995)といった、統語能力に関する報告が散見される。近年では特にワーキングメモリとの関連から症状を理解しようとする試みがなされ、繰り上がりや繰り下がりという計算の過程や式の生成でワーキングメモリの関与が指摘されている(小島, 2004, 室橋, 2014)。

一方、数概念の発達の特徴に関する検討では、5歳を超えると操作できる数の範囲や計数、読みが10以上に拡大し、6歳では分割順唱能力が獲得され始め、数に対する基本的な操作ができるようになるとの報告もある(大塚, 2000)。さらに安達(2001)は、知的障害児の数概念の発達を定型発達児と比較し、5歳以降の数概念の心的操作力が成熟し難いことを報告している。さらに発達性協調運動障害児は手先の不器用さから数の概念の生成や教具の使用が困難で算数の学習に遅れが出ることや、算数の成績が低いことが報告されており(Stefanie 2012, Sara 2015)、申請者の指導経験の中で不器用さを呈する発達障害児の多くが小学校中学年以上になると算数の学習につまずくこととの関連が示唆される。

指導における取り組みとしては、数概念の確立に向けた取り組みや、量の概念化、四則計算への取り組みなどが報告されている(植木, 2000)。申請者は、不器用さを呈する発達障害児の中で比較的知的機能が高く、四則計算は可能であるが、小学校中学年以上になると文章題の理解が困難となり、式の生成ができず、学習につまずく児に対して既存の認知機能検査等を実施し、指導方法を検討している。実践の中では、文章題の問題文を重文や複文から平文に書き直すことで理解を促したり、文章の書かれていない絵本や絵を見せて視覚情報を言語化させ、後から絵本や絵の内容を想起させる練習を繰り返すことで、文章題の文脈を間違えずに捉えられるようになるなど、統語能力やワーキングメモリに着目した指導により、文章題を解く力を伸ばす指導を行っている。また認知的な要因ではなく手先の不器用さにより教具の使用が困難となり算数の学習につまずいている児に対しては、教具の工夫や使い方の指導を行っている。

しかし教育や臨床の場では、算数障害の標準的な評価方法が確立されていないため、文章題の学習でつまずいた児は、数の概念、数処理、計算、文章題といったどの算数技能でつまずいているのかを明らかにできない。また指導経験の中で、統語能力及びワーキングメモリに着目した指導の効果を感じるが、文章題を解くための認知機能として統語能力及びワーキングメモリがどの程度影響しているかについては検討されていない現状にある。さらに、算数の学習のつまずきが認知的な要因によるものなのか、手先の不器用さといった身体的な要因によるものなのかを明らかにできなければ、適切な指導を行うことはできない。

## 2 . 研究の目的

健常児における文章題に関する先行研究より、文章題解決には、読みやワーキングメモリ、注意、数量感覚、そして計算スキルが関連すると示されている(Vilenius-Tuohimaa et al., 2008; 熊谷, 2000; Zheng et al., 2011; Fuch et al., 2005; Zhu et al., 2017)。発達障害児においても、一部の認知機能や、特有の認知的偏りが文章題解決に影響を与えていることが示唆されている(青木・齊藤, 2004)。また、発達障害児は、協調運動の困難を示しやすく、協調運動の困難や発達障害の特性が生活経験の不足に繋がり、これがインフォーマル算数の知識の形成に影響を与える可能性がある(中井, 2019; Kennedy-Behr et al., 2013; Wolfberg, 1995)。

しかし、特にワーキングメモリや注意、数量感覚といった認知機能や、協調運動技能の獲得や生活経験、それに関連するインフォーマル算数の知識の形成が、発達障害児の文章題解決にどのような影響を与えるのかは明らかではない。文章題をどのように解いたかに関する図やその図についての説明を子どもに求めることによって、それぞれの問題特性を理解し心的表象を形成して解答しているかを評価することができると考えられる(河崎ら, 2013)。この評価を通して、発達障害児の算数文章題解決に関連する要因について、正答率による評価だけでなく、心的表象の形成まで範囲を広げてより詳しく調査する必要がある。

また発達障害児の文章題の苦手さには、協調運動の困難による生活経験の少なさから、インフォーマル算数の知識が形成できていないことが影響している可能性がある。文章題解決では、過去の経験に基づいて蓄積されてきた様々な知識を利用して心的表象を形成する必要があるのである(多

鹿・石田, 1989). 特に心的表象を形成できていない子どもに対しては, 遠藤 (2010) の指導のように, 具体物の中でも, 本物やそれに類似したものを使用する必要があると考えられる. よってインフォーマル算数の知識の獲得を促し, 心的表象の形成を促進するために, 単に具体物を使用した指導だけでなく, 文章題における物の移動などを体験する, より具体的な指導を行う必要がある.

そこで本研究は, 発達障害児の文章題解決や心的表象の形成について, 今まで着目されてこなかった協調運動の困難さや, それに伴うインフォーマル算数の知識の形成の未熟さの影響を明らかにし, 発達障害児の心的表象の形成を促すための新たな指導方法を検討することを目的とする. はじめに, 定型発達児および文章題の解決過程に困難を呈する発達障害児, 肢体不自由児に対して, 文章題解決や認知機能のアセスメントの他に, 協調運動技能や生活経験, インフォーマル算数の知識の一つと考えられる数量感覚に関するアセスメントを行い, 発達障害児や肢体不自由児の文章題解決や心的表象の形成に影響を与えている要因を検討する. 次に, 発達障害児に対して, 具体的な体験を伴う活動と, その活動と文章題とを繋げるための作問指導を行い, 文章題解決過程における心的表象の形成が促されるかという視点から, 指導の効果を検討する.

### 3. 研究の方法

#### 1) 研究協力者

研究協力者は, 本研究の参加に同意の得られた小学校 3~6 年生の定型発達児 31 名 ( 中学年 17 名, 高学年 14 名 ), IQ85 以上で計算障害のない発達障害児 24 名, 肢体不自由児 3 名とした.

#### 2) 算数文章題の解決過程に影響する要因の評価

課題は, 算数の文章題は特異的算数障害診断 ( 稲垣, 2010 ) の集合分類課題 2 問, 集合包摂課題 2 問, 可逆課題 2 問を用いた. 文章題解決過程を図示する課題 ( 以下, 図示課題 ) は, 文章題解答後に「どうやって考えたのか絵に描いて説明して下さい」と教示し, 図示しながら口頭でも説明させ, その様子をビデオカメラで撮影した ( 図 1 ). 文章題解決過程に影響するとされる認知機能と協調運動能力, インフォーマル算数の知識の評価として, 視空間性 WM 課題 ( 以下, 視 WM ) の順・逆再生 ( 土田, 2009 ), WISC-TM- 知能検査の数唱課題 ( 以下, 音 WM ) の順・逆唱, PVT-R 絵画語彙発達検査 ( 以下, PVT-R ), Movement Assessment Battery for Children ( 以下, M-ABC ) の片足跳躍課題 ( 以下, 片足跳躍 ), 描画課題 ( 池田, 2016 ), 数直線課題 ( Siegler & Booth, 2004 ) を実施した. また注意機能の評価として日本版 ADHD Rating Scale , 社会適応能力の評価として S-M 式社会生活能力検査 ( 以下, S-M 式 ) を実施し, 保護者に回答してもらった.

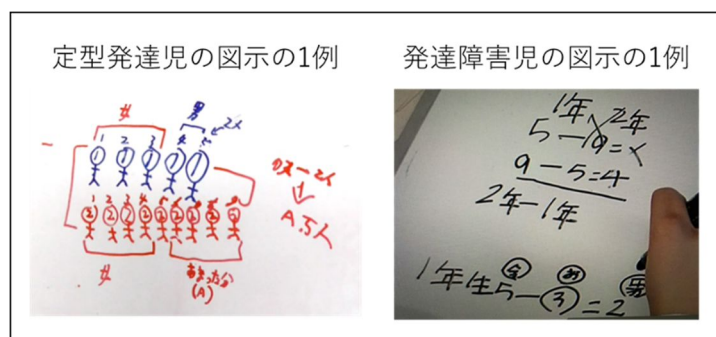


図 1. 図示課題で描かれた図の例

#### 3) 算数文章題の指導

算数文章題の指導は, 指導期間 2 か月の間に, プレテストを 3 回, 個別指導を 5 回, ポストテストを 3 回の計 11 回実施した. プレテストとポストテストは, Zoom ビデオコミュニケーションズが提供するアプリケーションである Zoom (<https://zoom.us/>) 上で, 個別指導は臨床施設の体育館や指導室で行った. プレテストとポストテストでは, 川間 (2009) の基礎的加減算文章題の類型における 18 個の問題類型を参考に, それぞれの問題類型に対応する文章題を 2 問ずつ, 計 36 問作成して実施した. 個別指導は, 具体的体験を活用した作問指導を行った. 具体的体験とは, 「室内で取り組むことができる簡単な身体活動や机上での遊び, 菓子類の飲食等を利用した数を用いる体験活動」とした. 個別指導では, 具体的体験を行った後, 児童はその活動に関する作問を行った. なお, 作成する文章題は, 川間 (2009) の基礎的加減算文章題の類型を参考に問題類型を決定し, その問題類型の文章題を作成するために必要な数値を, 作問の際にホワイトボード上に提示した. 続けて, 作問指導の後, 作成した文章題と似た問題類型の文章題課題を行った. 個別指導は, 1 回につき約 60 分, 計 5 回のセッションとし, それぞれのセッションで 2 つ, または 3 つの具体的体験を行った.

### 4. 研究成果

#### 1) 算数文章題の解決過程に影響する要因の

算数文章題の解決過程に影響する認知機能, 協調運動能力, インフォーマル算数の知識の関連では, 定型発達児は, 年齢相応の生活スキルを獲得しており片足跳躍課題でも苦しさは示されず, 発達段階に則した生活経験を積み, 文章から状況をイメージすることができていると考えられた. しかし, 定型発達児の中学年と高学年を比べると, 図示課題の 3 要素の割合と WM は中学年

の方がやや低い傾向にあった。中学年の児は WM 容量が小さいため、文章を読みながらイメージしたことを保持することが難しく、可逆課題のように複数の情報の関係性を同時に考えなければならぬ課題での 3 要素の割合が低くなったと推察する。また可逆課題は、買い物場面での品物の代金やおつりの計算を求められており、生活経験がより多い高学年の方が関係性を説明できた可能性がある。算数の文章題解決過程には WM 容量と生活経験が影響し、発達的な変化が生じることが示唆された。算数の指導を行う際には認知機能の側面だけでなく、運動の苦手さによる遊びや生活経験についても留意する必要があると考えられた。発達障害児や肢体不自由児は、各評価結果が大きく異なり、算数文章題の解決過程に影響している要因を個別に検討する必要があり、影響している要因毎にいくつかのグループに分類された。注意機能の困難や聴覚的なワーキングメモリの弱さが見られた児童は、文章題解決過程の変換過程において、未知数を適切に把握せずに解答を行うために、文章題解決で失敗することがあることが示唆された。聴覚的及び視覚的なワーキングメモリの弱さが見られた児童は、聴覚的なワーキングメモリが文章題解決の際の文章読解に影響し、視覚的なワーキングメモリは文書読解の後、視覚的なイメージを生成する段階に影響する可能性が示唆された。また既知数や未知数の把握は概ねできており、式や答えは正答していたが、関係の把握はできていなかった。このように、問題文の関係の把握ができていなかったにもかかわらず正答した児童があり、問題文の関係の把握ができていなくても、これまでの文章題学習の経験を活用して立式しようとした可能性が示された。さらに多くの児童は社会生活能力検査の各領域の社会生活年齢が低く、買い物や遊びに関する質問項目でできないと評価されたことが、関係の把握や図の生成につながった可能性があった。社会生活年齢の低さや買い物や遊びに関する質問項目でできないことと文章題の関係の把握の難しさが同時に見られたすべての児童で、協調運動の何らかの課題に困難さを示した。よって、発達障害児が協調運動の困難を示すことにより、社会生活年齢が低くなり、文章題解決における関係の把握や図の生成に影響を与えることが示唆された。

## 2) 算数文章題の指導

個別指導では、全ての児童において、文章題の正答率は上昇もしくは維持され、文章題の解決過程に必要な 3 要素のうちの関係の把握が促された。よって、具体的な体験活動を活用した作問指導は、問題文の関係の把握を促し、それが文章題の正答率の上昇に繋がることを示唆された。しかし図示が正確にできていたにもかかわらず、それが正答に繋がらなかったケースも存在した。ことから、図の生成を促す指導を行う際には、図を使った立式の方略の指導を行う必要があると考えられた。

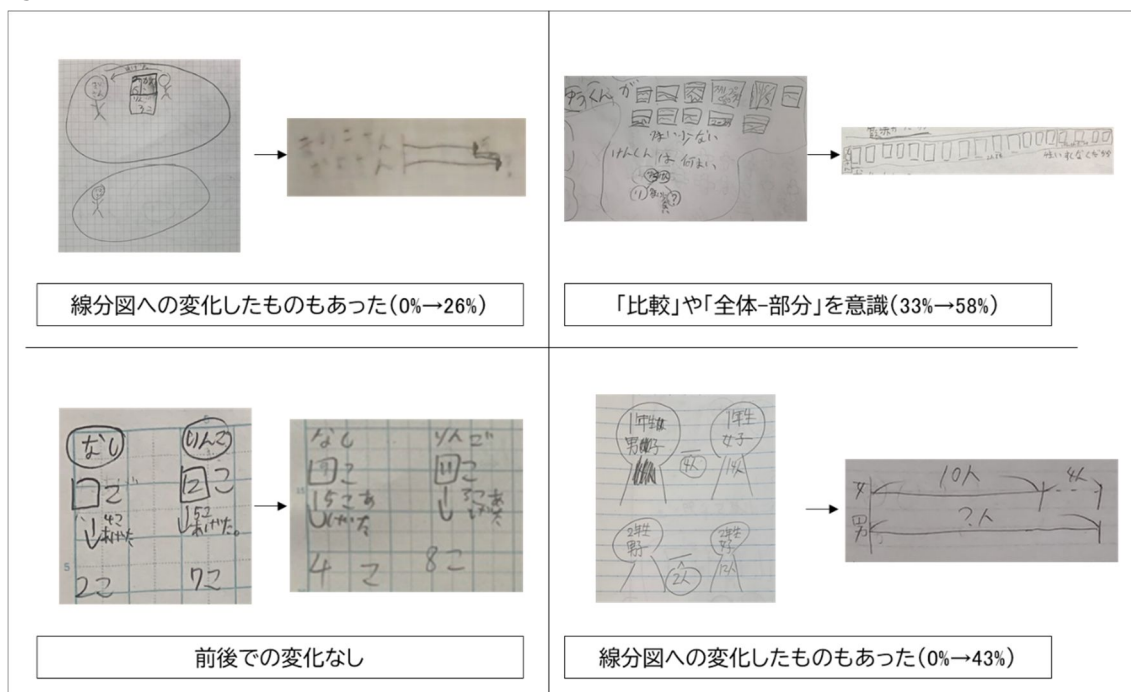


図 2. 個別指導の前後での図示課題で描かれた図の例

## 3) 今後の展望

発達障害児の文章題解決過程には、協調運動やインフォーマル算数の知識、生活経験が影響していることが示唆された。今後は、発達障害の診断が統一されたグループで、その傾向を定量的に示すことができる評価スケールを使用した上で、十分な人数を確保し、各評価項目間の関連を統計的な分析によって求める必要があると考えられる。また、今回個別指導で用いた文章題は簡単な加減算であったが、乗除算の文章題やより文章が長く複雑な文章題では、今回の文章題よりも解決や心的表象の形成に困難を示すと考えられる。そのため、難易度の高い文章題では協調運動やインフォーマル算数の知識、生活経験が文章題の解決や図の生成にどの様に影響を与えるのかを調査することも重要である。

## 引用文献

- ・Kirk J, Reid G.(2001):An examination of the relationship between dyslexia and offending in young people and the implications for the training system. *Dyslexia*. 7(2); 77-84.
- ・長尾秀夫(2022): 病気と診断 特異的算数能力障害(dyscalculia)の病像と診断. *小児科診療* 6(37); 37-40.
- ・Leaming disabilities(1967):Educational principle and practice. Grune & Strstton. New York.
- ・森永良子, 上村菊朗訳(1995): 学習能力の障害 神経心理学的診断と治療教育, 日本文化科学社. 東京. Johnson DJ, Myklebust HR: 302-335. 1975. Rourke BP: 74-127.
- ・小島真奈美, 藤田郁代, 高岡徹(2014): 数の統語処理に障害をきたした1例. *高次脳機能研究* 24(1); 11-20.
- ・室橋春光(2014): 発達障害におけるワーキングメモリ特性を活かした学習支援. *LD 研究* 23(2); 134-141.
- ・大塚玲(2000): 幼児の加減算習得にいたる数の理解に関する発達順序性. *静岡大学教育学部研究報告. 教科教育学篇* 31; 259-270.
- ・安達勇作(2001): 知的障害児における数概念の発達 未測定の認識の発達. *富山大学教育学部研究論集* 4; 43-52.
- ・小谷裕実, 守屋誠司, 室谷千絵(2007): 知的障害者に対する数概念の指導 十進位取り及び記数法の指導. *京都教育大学教育実践研究紀要* 7; 95-101.
- ・Stefanie P., Annemie D., Hilde W., Ruth I. (2012): Mathematical problems in children with developmental coordination Disorder. *Res Dev Disabil*. 33; 1128-1135.
- ・Sara A., Rafique, Nadia Northway.(2015): Relationship of ocular accommodation and motor skills performance in developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci*. 42; 1-14.
- ・植木理恵(2000): 学習障害児に対する動機づけ介入と計算スキルの教授 相互モデリングによる個別学習指導を通して. *教育心理学研究* 48; 103-112.
- ・Vilenius-Tuohimaa P. M., Aunola K. & Nurmi J. E. (2008): The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology*, 28(4), 409-426.
- ・熊谷恵子(2000): 学習障害児の算数困難. 多賀出版.
- ・Zheng X., Swanson H. L. & Marcoulides G. A. (2011): Working memory components as predictors of children's mathematical word problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 481-498.
- ・Fuchs L. S., Compton D. L., Fuchs D., Paulsen K., Bryant J. D., & Hamlett C. L. (2005): The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of educational psychology*, 97(3), 493.
- ・Zhu M., Cai D. & Leung A. W. S. (2017): Number Line Estimation Predicts Mathematical Skills: Difference in Grades 2 and 4. *Frontiers in psychology*, 8, 1576.
- ・中井昭夫(2019): 医学・脳科学からみたDCD. 澤江幸則・増田貴人・七木田敦編著「発達性協調運動障害[DCD]不器用さのある子どもの理解と支援」. 45-70, 金子書房.
- ・Kennedy-Behr, A., Rodger, S., & Mickan, S. (2013): A comparison of the play skills of preschool children with and without developmental coordination disorder. *OTJR: Occupation, participation and Health*, 33(4), 198-208.
- ・Wolfberg, P. J. (1995): Enhancing children's play: Teaching children with Autism: Strategies to Enhance Communication and Socialization. Delmar Publishing Inc. NY.
- ・河崎雅人, 森田泰介, 梅澤実, 小池守(2013): 小学校1年生が算数文章題の解決過程で描いた図の構成要素と立式との関係. *日本教育工学会論文誌*, 36(4), 351-360.
- ・多鹿秀継, 石田淳一(1989): 子どもにおける算数文章題の理解と記憶. *教育心理学研究*, 37, 126-134.
- ・遠藤愛(2010): 境界領域の知能を有する発達障害生徒に対する算数文章題解決のための学習支援-認知特性とつまづいている解決過程の分析から-. *教育心理学研究*, 58, 224-235.
- ・稲垣真澄(2010): 特異的発達障害診断治療のための実践ガイドライン: わかりやすい診断手順と支援の実際. 診断と治療社.
- ・土田幸男, 室橋春光(2009): 視空間ワーキングメモリのトレーニング効果-他の記憶・注意課題パフォーマンスの影響-. *日本心理学界大会発表論文集 日本心理学会第73回大会*, 847.
- ・池田千紗, 中島そのみ, 大柳俊夫, 後藤幸枝, 仙石泰仁(2016): 描画特徴と運筆動作の発達の傾向. *日本発達系作業療法学会誌*, 4(1), 39-47.
- ・Siegler, R. S., Booth, J. L. (2004): Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75(2), 428-444.
- ・川間健之介(2009): 算数文章題に困難を示す児童の指導-基礎的加減算文章題の類型に基づいて-. *障害科学研究*, 33, 237-248.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 池田千紗、小野泰聖
2. 発表標題 通常学級で算数の習熟に時間がかかる児童の実態と指導の工夫 担任教師へのアンケート調査から
3. 学会等名 日本LD学会第30回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野泰聖、池田千紗、後藤亜矢子
2. 発表標題 自閉スペクトラム症児の算数文章題解決に影響する背景要因の検討
3. 学会等名 日本LD学会第30回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田千紗，中島そのみ，小野泰聖，諫早悠希，仙石泰仁
2. 発表標題 定型発達児における算数文章題の解決過程の蹟き方 文章題の難易度とワーキングメモリ容量に着目して
3. 学会等名 第55回日本作業療法学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤 亜矢子、関 あゆみ、山下 公司、池田 千紗、渡邊 隆史
2. 発表標題 計算に困難のある児童の背景にある認知能力の検討 - 数の基礎知識の成績を説明する認知能力とは -
3. 学会等名 第29回日本LD学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野 泰聖、池田 千紗、後藤 亜矢子
2. 発表標題 脳性まひ児の算数文章題の解き方とインフォーマル算数・認知機能の関連 3事例の個別検討を通して
3. 学会等名 第29回日本LD学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田千紗
2. 発表標題 算数の文章題解決過程と認知機能および協調運動能力の関連 - 定型発達児3～6年生の発達の变化に着目して -
3. 学会等名 日本特殊教育学会第58回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後藤亜矢子、関あゆみ、小枝達也、山下公司、池田千紗、渡邊隆史
2. 発表標題 計算に困難のある児童の背景にある数の表象についての検討
3. 学会等名 第28回日本LD学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田千紗、中島そのみ、諫早悠希、仙石泰仁
2. 発表標題 算数の文章題解決過程の躓き段階とワーキングメモリ、語彙の理解力、協調運動能力の関連 発達障害児1事例による検討 -
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 諫早悠希
2. 発表標題 文章題を苦手とする児のつまずきの解明 -問題解決過程で描いた図による評価-
3. 学会等名 第49回北海道作業療法学会
4. 発表年 2018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
---------------------------	-----------------------	----

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