

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K04575

研究課題名(和文)数の表象形成に注目した「算数障害」のスクリーニングと支援ソフトウェアの開発

研究課題名(英文) Development of screening and training software for developmental dyscalculia focusing on the formation of number representations

研究代表者

石川 健介 (ISHIKAWA, Kensuke)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授

研究者番号：90319038

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：子どもの数概念に関する心的表象を数直線課題によって調べると、一般的に低学年の児童では対数的な表象が多く見られ、高学年の児童になるに従って線形の表象を示すことが知られている。本研究は、従来の数直線課題をJavaアプリケーションに移植して、市販のタブレット機器で測定できることを企図した。これにより、一度に多くの児童を対象に測定することが容易になり、また測定に関するヒューマンエラーを減らす利点もある。また対数表象から線形表象への変化は、算数困難のある児童で異なる可能性が示唆されている。本研究では、先行研究により算数障害のある児童のスクリーニングの可能性について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、心的表象の数直線課題を、容易に行うことが可能となる。このアプリケーションの実行には、特別な知識の必要がなく、また専用の機器も必要ないため、この領域に関心のある教育関係者・研究者に広く提供が可能で、これにより大規模な調査が行われれば、さらなる知見の集積が期待できる。この結果、算数困難のある児童のスクリーニングができれば、早期からの効果的な支援につなぐことも考えられる。

研究成果の概要(英文)：Previous research has shown that in the number line estimation task up to 1000, second-grade pupils have a logarithmic representations, and it is known that linear representations are more common in sixth grade. This study was designed to develop an application for this number line estimation and to reduce the human error related to the measurements. Also, previous research has also shown that children with math disabilities differ from the typical students in logarithmic-to-linear shifting representations. The purpose of this study is to explore the possibility of screening children with math disabilities.

研究分野：臨床心理学

キーワード：算数障害 算数困難 dyscalculia ICT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

1. 研究開始当初の背景

算数障害は、脳の機能障害から生じる算数能力の障害である（Mussolin et al., 2010）。国際的な診断分類である ICD-10（WHO, 1992）によれば、この障害は「代数学、三角法、幾何学または微積分学のような抽象的な数学的能力よりは、むしろ加減乗除のような基本的な計算能力」の習得に現れる。同様に米国の診断基準である DSM-V（APA, 2013）においても、数感覚、計算の正確性など、基礎的な算数能力の低下が重要な指標になっている。

算数障害は学習障害の一グループとされているが、我が国において 2012 年に文部科学省により実施された調査「通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について」によれば、学習障害（Learning Disabilities; LD）様の行動特徴を示す児童生徒は 4.5%であった。この調査で、特に「計算する」又は「推論する」に著しい困難を示す児童生徒は 2.3%であった。この数値がすべて算数障害の児童生徒を表すわけではないが、10 年前の前の調査から大きく割合が変化していないことから、通常学級に算数障害・算数困難の児童生徒が、常に一定数在籍していることが推測される。

しかしながら、算数障害・算数困難を対象としたアセスメントや支援に関する研究は、自閉症スペクトラム障害や注意欠陥・多動性障害（ADHD）さらに同じ学習障害のグループにある読み書き障害（Dyslexia）ほど活発に行われていない（Butterworth et al., 2011）。特に我が国においては、その傾向が顕著である（野田, 2012）。

算数障害のある子どもは、さまざまな領域で数の処理の基本的な問題を抱えている。その中には、数と量の表象（概念）のような基礎的な能力の獲得の問題が指摘されている（Kucian et al., 2011; Landerl et al., 2009; Rousselle & Noel, 2007）。通常、定型発達の子どもの場合には、このような基礎的な数の表象（概念）の形成は、就学前から始まることが示されてきた（Berteletti et al., 2010）。さらに、この表象（概念）の形成は、算数スキルの発達における一つの重大なステップと考えられている（von Aster & Shalev, 2007）。さらに、算数障害の児童はもちろんのこと、算数困難とされる児童にも、同じような数概念の形成の難しさが共通していることが指摘されている（Brankaer, Ghesquiere, & Smedt, 2014）。

これまでの研究において、海外の研究と同様に、数的な線形表象は就学前から形成されはじめ、その後多くの子どもは小学校低中学年において完成することが示唆された（石川・井口・原田, 2014）。石川・井口・原田（2014）の研究では、100 課題（100 までの数）と 1000 課題（1000 までの数）のそれぞれの数直線上における数の推定課題が用いられた。この結果、数を正しく推定できている児童の割合は、低学年から高学年へと学年が上がるにつれ上昇しており、さらに推定の変動（バラツキ）も少なくなっていた。

さらに、その後実施された標準学力検査（教研式 NRT）との関連を見ると、各学年（特に中高学年）において、数の線形表象の形成および数の推定精度と学力成績との間に関連が見られた。つまり、通常低中学年において形成されてくる数の線形表象が当該学年において形成されていないと、成績が振るわない傾向が見られ、また同様に推定の精度が「低い」児童ほど、成績が悪かった。また問題内容ごとの成績をみると、「数と計算」「量と測定」といった問題との関連が高

く、基礎的な学習に問題を抱えている可能性が示唆された。

2．研究の目的

これらの学習内容は、小学校高学年から中学校・高等学校にかけての算数・数学の基礎となる重要な数的能力を反映すると考えられる。上記の「算数障害」「算数困難」の児童に関する研究とも、かなりオーバーラップする。石川・井口・原田(2014)の実施した課題は、これらの児童を早期にスクリーニングできる可能性を示唆している。算数障害・算数困難に限らず、多くの発達障害には現在のところ早期診断が可能な確定的なバイオマーカーが存在しない。申請者らの課題は、当面の「バイオマーカー」となる可能性もある。申請者らは、この数の推定課題をタブレット上で実施できるように、ソフトウェアを開発している。

3．研究の方法

当初は以下のステップで研究遂行を計画していた。

- (1) 石川・井口・原田(2014)の実施した数直線課題をタブレット機器上のアプリケーションとして開発(プロトタイプ)。
- (2) プロトタイプの評価結果を少数の児童生徒に実施し、評価試験を行う。
- (3) 算数困難のある少数の児童に対してプロトタイプを用いて試行する。
- (4) プロトタイプを改良し、測定アプリケーションの完成版を作成する。
- (5) 算数障害・算数困難のない児童に対して完成版を実施し、基準となるデータを取得する。
- (6) 算数障害・算数困難のある児童に完成版を実施し、基準データと比較し、スクリーニングの指標を検討する
- (7) 数直線を利用した支援ツールの日本語バージョンを開発し、評価を行う。

このうち、(7)については日本語バージョンは完成していたが、評価の段階で学校が休校になり実施できていない。

4．研究成果

(1)測定アプリケーションの開発

心的数直線を利用した数概念測定のアプリケーションは、プログラミング言語の Java (https://java.com/ja/download/faq/whatis_java.xml)を用いて開発した。このため、Javaの実行環境であるJRE(Java Runtime Environment)が動作すれば、OSを問わず実行できる。本研究では、JREのバージョンアップに伴い、随時修正を行って、動作が安定することを確かめた。

(2)通常学級に在籍する児童を対象とした測定

北陸地方の通常学級に在籍する児童を対象に、開発した測定アプリケーションを実装したタブレット機器(プロトタイプ)を用いて、数概念の測定を行った。タブレット端末を用いた測定

は、以下の利点が明らかとなった。

- 従来の紙と鉛筆で行う方法（以下、試筆版とする）に比べて、刺激の提示がスムーズ
- 刺激の提示ミスを防ぐことができる
- 刺激のランダムイズが容易
- 時間計測も同時に可能
- 結果の集計が容易

また結果については、従来の結果の傾向と一致するものが多かったが、タブレット提示による実施について、さらに詳細に検討する必要があると考えられた。

(3)算数困難のある児童に対してプロトタイプを用いた試行

北陸地方の通級指導教室で支援を受けている児童を対象に、プロトタイプを用いて、数概念の測定を行った。同時に、視線計測装置を用いて、ユーザビリティの評価を行った。タブレット機器のユーザビリティに関しては、定型発達の児童と比べて、特に問題は生じなかった。視線計測の結果を合わせて考えると、操作に迷って操作ミスを誘発することもなかった。他方、刺激の提示がスムーズになったり、提示ミスを防ぐことができたり、といったプロトタイプのメリットはそのまま保持された。

(4)プロトタイプを改良し、測定アプリケーションの完成版を作成

研究期間中、JRE のバージョンアップが数回行われた。また測定に使用できるアクティブペン付きタブレット機器の新機種が発売され、スタイラスペンの性能向上とタブレット機器の画面サイズの大型化があったため、JRE の変更と合わせて、不具合が生じたため、プロトタイプの改良を行った。

(5)(6)算数障害・算数困難のない児童に対する測定（基準データの取得）および算数困難のある児童への測定

北陸地方の公立小学校の通常学級に在籍する児童（以下、通常学級児童）を対象に、改良した測定アプリケーションを搭載したタブレット機器で、数概念の測定を行った。さらに通級指導教室において算数困難の支援を受けている児童（以下、算数困難のある児童）に対して、同タブレット機器を用いて、測定を行った。

表象モデルの適合度

小学校 2 年生では、通常学級児童・算数困難のある児童ともに、NP100 課題では、線形の表象が優位であり、反対に NP1000 課題では対数表象が優位であった。

小学校 4 年生では、通常学級児童・算数困難のある児童ともに、NP100 課題では、線形の表象が優位であった。ところが、NP1000 課題では、通常学級児童は線形の表象が、算数困難のある児童では対数表象が優位であった。

小学校 6 年生では、通常学級児童・算数困難のある児童ともに、NP100 課題では、線形の表象

が優位であった。一方、NP1000 課題では、通常学級の児童は線形の表象が、算数困難のある児童では対数表象が優位であった。

表象モデルの獲得割合

通常学級に在籍する児童において、2年生では、線形表象優位がおよそ15%、対数表象優位はおよそ85%であった。これが4年生になると、線形表象優位がおよそ4%、対数表象優位はおよそ96%と逆転し、6年生では線形表象優位が100%に達していた。

他方、算数困難のある児童においては、2年生と4年生では、線形表象優位は0%で対数表象優位が100%、6年生では線形表象優位と対数表象優位は半々であった。

推定精度の推移

NP100 課題では、通常学級の児童と算数困難のある児童で、どの学年においても、大きな差は見られない。一方、NP1000 課題では、算数困難のある児童は、いずれの学年でも通常学級の児童に比べて、推定精度が低くなっていた。追加の比較検討が必要と考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石川健介・伊丸岡俊秀
2. 発表標題 心的数直線計測における試筆版とタブレット機器を用いた計測との比較
3. 学会等名 日本LD学会 第28回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川健介・伊丸岡俊秀・新谷勝士
2. 発表標題 数量概念の測定を利用した算数困難のスクリーニングに関する予備的検討
3. 学会等名 日本LD学会 第27回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川健介・伊丸岡俊秀
2. 発表標題 タブレット機器を用いた数量概念の測定と算数障害のスクリーニングの可能性
3. 学会等名 日本LD学会第26回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川健介・原田克己・伊丸岡俊秀
2. 発表標題 タブレット端末を用いた心的数直線の測定
3. 学会等名 発達心理学会第27回発表論文集
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石川健介・伊丸岡俊秀
2. 発表標題 心的数直線課題を利用した算数困難のスクリーニングに関する予備的検討
3. 学会等名 日本心理学会第84回大会
4. 発表年 2020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
連携研究者	近江 政雄 (Ohmi Masao) (70016616)	金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授 (33302)	計測・ソフトウェア開発
連携研究者	伊丸岡 俊秀 (Imaruoka Toshihide) (20387351)	金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授 (33302)	計測・ソフトウェア開発
連携研究者	原田 克巳 (Harada Katsumi) (10361974)	金沢大学・人間科学系・准教授 (13301)	調査実施