

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24531267

研究課題名(和文)数の表象形成が「算数障害」に及ぼす影響の評価と支援方法の開発

研究課題名(英文) Assessment of relation between representation of basic numerical concepts and math ability, and developing intervention method for developmental dyscalculia.

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) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、就学前後から形成されると考えられる数概念の習得の程度を検討するために、数の表象の発達的な変化を調査した。年長児から小学生および大学院生を対象に、数の数直線の推定課題を用いて、表象の種類と精度を吟味した。この結果、年齢が上昇するにつれて、対数的な表象から線形の表象に変化し、推定の精度も高まっていた。さらに線形表象の程度と算数能力との間に有意な相関が見られた。同様に推定の精度と算数能力との間にも、有意な相関が認められた。これらの結果から、算数障害のスクリーニングに数の推定課題が利用できる可能性が示唆された。同時に、この推定課題を用いた数概念支援アプリケーションの試作版を開発した。

研究成果の概要(英文)：The present study investigated the developmental change in numerical estimation. We tested children in kindergarten (5- to 6-year-olds) and Grade 1 to 6 (7- to 12-year-olds), as well as graduated students, on a number line estimation task and examined estimation accuracy. Relation between linearity and math achievement test score were present at the each grades. Estimation accuracy was correlated with math achievement test scores. These findings suggested that we might use the number line estimation task as a screening test for developmental dyscalculia. We developed an application for dyscalculia on a trial basis.

研究分野：特別支援教育

キーワード：算数障害 算数困難 Dyscalculia

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。同様に国際的に使用頻度の高い米国の診断基準である DSM-IV-TR (APA, 2000) においても、初等数学の内容において下位の診断分類がなされており、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 2002 年に文部科学省により実施された「通常学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒」に関する全国調査によれば、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 2.8%であった。この割合がすべて算数障害の児童生徒を表すわけではないが、仮に平成 23 年度の就学児童生徒数 (文部科学省, 2011) に当てはめると、算数障害の可能性のある児童生徒は約 28 万人にも相当する。

しかしながら、算数障害を対象とした研究は、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)。特に国内においては、今後の精力的な研究が期待されている。

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もっている (Kucian et al., 2011)。そこでは、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 (Landerl et al., 2009; Rousselle and Noel, 2007)。通常、定型発達の子どものにおいては、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; 他)。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 and Shalev, 2007)。これまでの研究により、この表象は、数を系統立てて理解し、整理し、分類する際の数直線のような表象 (概念) が獲得されると理解されている (Dehaene, 2003)。

ところが、近年、算数障害のある子どもでは、数の表象 (概念) の形成が不十分である可能性が示唆されている (Kucian et al., 2011)。算数障害のある子どもの数直線概念は、対数的であるのに対して、定型発達の子どもの数直線概念は、線形であった。対数的な数直線は、定型発達の子どもの対象にした研究によれば、より低年齢の子どもで形成される表象 (概念) であり、数の表象と算数障害との関連性を検討した最近の研究で、10 歳の算数障害のある児童が、5 歳の定型発達の子どもの水準と同じであるという研究結果と一致する (Piazza et al., 2010)。

このような知見がヨーロッパを中心とした複数の国の児童を対象に蓄積され始めている。我が国においても、子どもの数の表象 (概念) が、どのように形成されているのか、算数障害の子どもでは、それがどのように障害されているのか、また算数能力の面でどのように影響しているのかを明らかにすることが必要である。我が国の子どもを対象とした、この種の研究は行われていない。本研究により、算数障害に関する基礎的なデータが蓄積され、早期からのスクリーニングが可能になると思われる。

さらに興味深いことに、このような数の表象 (概念) に直接働きかける支援方法が提案されている。これまでも算数障害の子どものための支援ツールは存在した (東原他, 1995 など)。申請者らも同様の支援ツールを開発している (研究計画・方法欄の図参照)。従来の支援ツールと異なるのは、これらがインタラクティブで、個人の能力水準に最適な課題を呈示できるところにある。このような支援ツールを使うことで、脳の機能画像研究においても、主に頭頂葉領域での活動の活性化が期待できることが示されてきている。我が国においても、こうした取り組みが急務である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、学習障害の一つである「算数障害」において、就学期前後から形成される数の表象 (特に、線形の数直線概念) の有無が、「算数障害」に及ぼす影響を評価することである。またその成果を、「算数障害」のある児童への支援方法の開発につなげていくことである。

このため、本研究では、(1) 幼児期から学童期の児童を対象として、数の表象形成の程度を調べる。また特に (2) 小学生を対象として、数の表象傾性の程度と算数能力との関連を調べる。こういった基礎的データの集積により、算数困難児童のもつ数概念の形成程度の特徴を明らかにすることで、より早期から支援を開始できる可能性が高まる。同時に数の表象 (概念) に直接働きかけるような支援ツールを開発することにより、上述した非常に多くの算数困難をかかえる児童の支援に大いに貢献できると考える。

3. 研究の方法

(研究 1)

研究参加者 北陸地方の A 大学の大学院生 7 名と B 大学附属小学校の 2 年生、4 年生および 6 年生が研究に参加した。各学年の参加人数は、2 年生 33 名 (男児 17 名、女児 16 名)、4 年生 33 名 (男児 17 名、女児 16 名)、6 年生 35 名 (男児 17 名、女児 18 名) であった。これに加えて、C 市内の私立保育所の年長児 20 名が研究に参加した (男児 13 名、女児 6 名)。このうち、年長児 7 名が課題を理解できていなかったため、分析から除外した。

刺激と課題 数直線課題：先行研究になら

い A4 サイズの用紙（横置き）の中央に、長さ 25cm の数直線を配置し、中央上部に推定を行う数値（以下、対象数字）を提示した。この数直線には目盛りはなく、左端と右端にのみ数字が印字されていた。左端には 0 が、右端には課題により 10、100、1000 のいずれかの数字が印字してあった。課題は、0 から 10 の範囲の数を対象に行う NP10 課題、0 から 100 の範囲の数を対象に行う NP100 課題、0 から 1000 までの数を対象に行う NP1000 課題の 3 つであった（NP: Number-to-Position）。ただし、大学院生と小学生は NP100 課題および NP1000 課題を、年長児は NP10 課題と NP100 課題を行った。課題で使用する対象数字は、Siegler & Opfer (2003) を参考にした。NP10 課題では「1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9」、NP100 課題では「2, 3, 4, 6, 18, 25, 42, 67, 71, 86」、NP1000 課題では「2, 4, 6, 18, 25, 71, 86, 230, 390, 780, 810」であった。

算数課題：教研式 NRT（図書文化社）を使用した。各学年の算数問題をそれぞれの学年ごとの集団で実施した。

手続き 数直線課題は個別に実施した。初めに実験者が、研究参加者である各学年の小学生に対して、対象数字の印字されていない数直線のみを用紙を呈示し、課題の説明を行った。その後、対象数字が数直線上のどの位置か推定してもらった。課題内の対象数字の提示順はランダムにし、どちらの課題（NP100 or NP1000）を先に行うかに関してカンターバランスを行った。

数直線課題は、当該学年の 10 月末から 12 月上旬に実施し、教研式 NRT は当該学年の 3 月に行った。

（研究 2）

研究協力者 北陸地方の B 大学附属小学校に通学する小学校 1 年生、2 年生、3 年生、および同附属幼稚園に通園する年長児クラスの幼児が研究に参加した。各学年の参加人数は、1 年生 34 名（男児 17 名、女児 17 名）、2 年生 35 名（男児 17 名、女児 18 名）、3 年生 33 名（男児 16 名、女児 17 名）、および年長児 39 名（男児 19 名、女児 20 名）であった。このうち、年長児と 2 年生それぞれ 1 名ずつが、課題を理解できていなかったため、分析からは除外した。

測定器具および数直線課題 測定は 10.1 インチのタブレット PC（NEC TW710/S2S）を用いた。入力にはタブレットに付属するタッチペンで行った。課題は研究 1 における課題と本質的に同じであるが、タブレット上に再現するために以下のように行った。本タブレットの 1920×1200 ドットの解像度の画面中央部に、1664 ピクセルの数直線を描いた。数直線の両端にのみ目盛りがあり、左端には 0 が、右端には課題により 10 か 100、あるいは 1000 の数字が表示されていた。画面上部には「の位置に線を引いてください（はターゲット

の数字：対象数字）」と表示されていた。課題は、0 から 10 の範囲の数を対象に行う NP10 課題（NP: Number-to-Position）と、0 から 100 の範囲の数を対象に行う NP100 課題、さらに 0 から 1000 までの数を対象に行う NP1000 課題の 3 種類であった。ただし、年長児は NP10 課題と NP100 課題を、小学校 1～3 年生は NP100 課題と NP1000 課題をそれぞれ行った。各 NP 課題でターゲットとなる数字は NP10 課題を除き、Siegler & Opfer (2003) を参考にした。NP10 課題では「1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9」、NP100 課題では「2, 3, 4, 6, 18, 25, 42, 67, 71, 86」、NP1000 課題では「2, 4, 6, 18, 25, 71, 86, 230, 390, 780, 810」であった。

算数課題 小学校 1～3 年生については、数直線課題を実施した後、算数課題を実施した。教研式 NRT（図書文化社）を使用して、各学年の算数問題をそれぞれの学年ごとの集団で実施した

4. 研究成果

（研究 1）

学年ごとの線形表象（linear representation）の形成 学年ごとに各推定値の中央値にもとづいて、線形および対数関数の近似直線（曲線）を求めた。さらにそれぞれの当てはまりの程度を検討した。この結果、NP10 課題における年長児、NP100 課題における 2 学年、4 年生および 6 年生で、線形の心的数直線を獲得していた（それぞれ線形関数の近似直線 $R^2=.887$, $R^2=.995$, $R^2=.999$, $R^2=.998$ ）。NP1000 課題では 2 年生を除く、4 年生および 6 年生で線形の心的数直線を獲得していた（それぞれ $R^2=.996$, $R^2=.998$ ）。2 年生では、線形関数（ $R^2=.876$ ）に比較して、対数関数の方が当てはまりがよかった（ $R^2=.928$ ）。

学年ごとの線形表象の形成割合 各対象児童について、線形関数か対数関数か、どちらの近似線の当てはまりがよいか検討した。その結果、NP1000 課題では、2 年生で線形関数（lin）45.45% に対して対数関数（log）54.55% であり、4 年生では線形関数（lin）90.91% に対して対数関数（log）9.09% であり、6 年生では線形関数（lin）97.14% に対して対数関数（log）2.86% であった。

推定の精度 各対象児童の推定値が、どの程度正確かを検討したところ、NP100 課題、NP1000 課題のどちらでも、学年が上がるにつれ、推定精度が向上していた。

線形の数直線表象の形成と算数能力との関連 各学年におけるそれぞれの児童の線形表象の当てはまりの程度と、NRT の算数問題の成績との相関係数を求めた。この結果、4 年生において、NP100 課題における線形表象の獲得程度と算数の成績との間に、有意な中程度の相関が得られた（ $R=.501$ ）。

推定精度と算数能力との関連 各学年におけるそれぞれの児童の推定精度と、NRT の算数問題の成績との相関係数を求めた。この結

果，4年生において，NP100 課題における推定精度と算数の成績との間に，有意な中程度の相関が得られた ($R = .414$)。同様に6年生において，NP1000 課題における推定精度の高さと算数の成績との間に，有意な中程度の相関が得られた ($R = .543$)。

(研究2)

学年ごとの線形表象の形成 学年ごとに各推定値の中央値にもとづいて，線形および対数関数の近似直線(曲線)を求めた。さらにそれぞれの当てはまりの程度を検討した。この結果，年長児では NP10 課題において，線形表象を獲得していた。小学校1~3年生では，NP100 課題において，平均して線形表象を獲得していた(それぞれ線形関数の近似直線 $R^2 = .946$, $R^2 = .986$, $R^2 = .996$, $R^2 = .997$)。NP1000 課題では，3 学年のみ線形の心的数直線を獲得していたが，当てはまりの程度はそれほど高くなかった ($R^2 = .886$)。

学年ごとの線形表象の形成割合 各対象児童について，線形関数か対数関数か，どちらの近似線の当てはまりがよいか検討した。その結果，年長児では，NP10 課題においては，全員が線形表象を獲得していた (lin.100%)。一方，NP100 課題では，対数表象の児童の割合が高かった (log.57.9%)。1年生では，NP100 課題においては，線形表象を獲得している児童が多かった (lin.58.8%)。一方，NP1000 課題では，対数表象の児童の割合が高かった (log.85.3%)。2年生では，NP100 課題においては，線形表象を獲得している児童が多かった (lin.91.2%)。一方，NP1000 課題では，対数表象の児童の割合が高かった (log.58.8%)。3年生では，NP100 課題においては，線形表象を獲得している児童が多かった (lin.93.9%)。NP1000 課題においても，線形表象の児童の割合が高かった (lin.60.6%)。

推定の精度 各対象児童の推定値が，どの程度正確かを検討したところ，NP100 課題，NP1000 課題のどちらでも，学年が上がるにつれ，推定精度が向上していた。

線形の数直線表象の形成と算数能力との関連 各学年におけるそれぞれの児童の線形表象の当てはまりの程度と，NRT の算数問題の成績との相関係数を求めた。この結果，1年生において，NP100 課題における線形表象の獲得程度と算数の成績との間に，有意な中程度の相関が得られた ($R = .408$)。同様に3年生において，NP1000 課題における線形表象の程度と算数の成績との間に，有意な中程度の相関が得られた ($R = .424$)。

推定精度と算数能力との関連 各学年におけるそれぞれの児童の推定精度と，NRT の算数問題の成績との相関係数を求めた。この結果，1年生において，NP100 課題における推定精度と算数の成績との間に，有意な中程度の相関が得られた ($R = .488$)。同様に3年生において，NP1000 課題における推定精度の高さと算数の成績との間に，有意な中程度の

相関が得られた ($R = .433$)。

さらに同校の別の2年生33名を対象にした紙刺激での実施結果と，タブレット PC での実施した2年生の結果とを比較した。紙刺激での実施では，NP100 課題で線形表象の獲得児童は100%，NP1000 課題では45.6%であった。他方，タブレット PC での実施では，同様に NP100 課題で91.2%，NP1000 課題では41.2%であった。

推定精度 ターゲットの数値からのズレを Siegler & Opfer (2003) に従って求めた。NP100 課題および NP1000 課題とも，学年があがるにしたがって，推定のズレが減少し，精度が上昇していた。これは紙刺激提示での実施と同じであった。

本研究の結果，おおむね年齢が上昇するにつれて，対数的な表象から線形の表象に変化し，推定の精度も高まっていた。さらに線形表象の程度と算数能力との間に有意な相関が見られた。同様に推定の精度と算数能力との間にも，有意な相関が認められた。

これらの結果から，算数障害のスクリーニングに数の推定課題が利用できる可能性が示唆された。これらのことから，この推定課題を用いた数概念支援アプリケーションの試作版を開発した。アプリケーションの中では，ゲームをしながら数の推定課題を行えるようになっており，数概念の線形表象が促進されることが期待できる。

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)

[学会発表](計 1件)

1. 石川健介・井口彰子・原田克己(2014) 小学生における数の推定の発達 共著 2014年11月7日 日本教育心理学会第56回総会, Pp.229. 神戸国際会議場(兵庫県・神戸市)

[産業財産権]

出願状況(計 件)

該当なし

取得状況(計 件)

該当なし

[その他]

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1)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

(2)研究分担者

井口彰子 (IGUCHI Akiko)
北陸学院大学・事務局・相談員
研究者番号：10623788

原田克巳 (金沢大学)
金沢大学・人間科学系・准教授
研究者番号：10361974

(3)連携研究者

該当なし