

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26381306

研究課題名(和文) 算数の教科学習の系統性と関連させた算数障害スクリーニング検査の作成

研究課題名(英文) Screening Test for Dyscalculia Related to Arithmetic Based on Systematic Curriculum

研究代表者

熊谷 恵子 (KUMAGAI, Keiko)

筑波大学・人間系・教授

研究者番号：10272147

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：算数の教科学習の学習指導要領による系統性を評価するために、4,5,6年生の学力検査データ計15,000名程度のデータ解析により、正答率と習得順序について配列し、4,5,6年生で習得すべき困難度の強い単元内容が明らかとなった。次に、計算の時間と正答誤答より判断する算数障害スクリーニング検査(計算測定システムと呼ぶ)を開発した。スクリーニング検査の基となる通常の学級の子どものデータを小学校4校500名程度の足し算・引き算データ、および小学校4校500名程度のかけ算・わり算データを収集した。これにより自動化が進まない子ども達が早いうちにスクリーニングされる可能性を示唆された。

研究成果の概要(英文)：Assessment of systematicity on Japanese study course of arithmetic subject. Data of achievement test of grade 4-6 in elementary schools were analyzed by item reaction theory. Difficult arithmetic subject units were calcified in each grade. Next, dyscalculia screening test (we called Calculation Measurement System), which correction rate and reaction time of calculation was developed. At the first, norm data of 4 elementary schools' students (addition and subtraction 500 members' data, multiplication and division 500 members' data) were collected. Using this system, calculation automation progress was able to be screened in early time.

研究分野：発達障害心理学

キーワード：算数障害 算数教科 計算 計算反応時間 計算正答率 スクリーニング検査 ICT アプリケーション

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本では、ゆとり教育から学力重視に変わると、学習指導要領において、急に学年を下げて難しい単元を入れたりすることがある。このように実際のデータを元に案が作成されていないのではないだろうか。また、それぞれの単元が終わった後に行う単元テストの結果は、子ども自身の評価にはなっているが、教員側の指導や授業の内容を考えるためのデータとして活用するのは、教員の個人的な努力で成り立っているのみである。

(2) 算数障害やそれに類する子どもを早期発見し、特性にあった支援につなげるには、知能検査が必要であるが、学校でその工程を進めることは難しいところもある。そのような子どもに対する具体的な支援方法についても提案しなくてはならない。

2. 研究の目的

(1) 第一研究：学力検査の問題の正誤に基づく知識・技能の系統性に関する研究

算数・数学の学力面の測定については、回答テクニックを身につけたり、一部の知識を丸暗記したりしていれば、その学習内容の知識や概念ができていなくても、ある程度正答を得られることがある。そのために、学力検査の結果をもってしても、回答形式や出題の仕方によっては、子どもの知識や概念思考の内容を測定することは難しい。そのようなことから、第一研究として、項目反応理論により大量データに基づいた、学習の系統性に関する研究を行った。

(2) 第二研究：算数障害のスクリーニングとしての加減乗除の流暢性と正答率の変化

第一研究の結果を受け、1～4年生までのドットの把握および加減算の流暢性（計算時間の短さ）と正答率、および、3～6年生までの乗除算中心とした四則演算の流暢性と正答率の学年推移を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 第一研究

①対象

A研究所より、3学期実施版のうち2014年に4、5、6年生を対象に実施された検査の各問題の正誤のデータで、詳細は以下の通りである。

Table 1-1 分析したデータ数

学年	4年生	5年生	6年生	合計
全問題数	54問	50問	50問	154問
人数	5028名	5061名	5067名	15156名

②手続き

各学力検査の得点の分布および平均と標準偏差をOpenOffice calc を用いて計算・グラフ化した。学力検査の得点率と、各問題の正答率のI-T相関をOpenOffice calcのピアソン積率相関係数の関数（= PEARSON(対象となるデータデータ））を利用し、相関係数を算出した。項目特性曲線をEasyEstimation.exe（熊谷，2009）を用いてグラフ化し、パラメータである傾きと切片を算出した。その上で、各学年のパラメータを比較し特性を検討した。

③倫理的配慮

本研究は、筑波大学研究倫理委員会より承認された上で、A研究所の承諾を得、学力テストのデータを一部提供してもらったものである。今後の学力検査の開発につながるデータを提供すること、個人名や学校名などの個人を特定したデータを削除し、かつデータの公表については同研究所の同意を得ることで譲渡していただき、それを対象とした。なお、所属学校・氏名・男女等の個人情報については、全く当方に知らされていない。

(2) 第二研究

①対象

①-1 ドット、加減算の調査

関東圏内の公立A小学校1校と、B県下の公立小学校2校に在籍する1年生から4年生の児童の216名のうち、それらの学校の全国学力検査の情報を加味した上で、データに不備のなかった144名（Table 2-1-1）を対象とした。

Table2-1-1 ドット、加減算の調査対象

1年生	2年生	3年生	4年生	合計
38名	38名	36名	32名	144名

①-2 乗除算中心の四則演算の調査

公立学校4校分を調査したが、結局、全国学力検査の結果より平均的な学校であるA、Bの2校の4～6年生計283名(Table 2-1-2)を対象として分析を行った。

Table2-1-2 乗除算中心の四則演算の調査対象

学校	3年生	4年生	5年生	6年生	合計
A校	38名	36名	29名	39名	142名
B校	35名	38名	35名	33名	141名

② 手続き

②-1 ドットおよび加減算の調査

2015年11月から12月において、学校を訪問し、授業時間を1コマずつもらい、タブレットPC (iPad) にて課題を次々と提示し制限時間をTable2-1のように3秒、5秒と設けた上で、回答してもらった。

Table 2-1 ドットおよび加減算評価システムの課題例

ドットの計算課題		計算式の課題				
サイズ	ランダム	合成・分解	たし算	ひき算	くり下がりのあるたし算	くり下がりのあるひき算
10問ずつ交互に合計20問	25問	25問	27問	20問	18問	
3秒	3秒	3秒	3秒	5秒	5秒	

②-2 乗除算を中心とした四則演算の調査

2016年7月～2017年3月に学校を訪問して、同様に行った。

Table 2-2 四則演算評価システムの課題例 (すべての課題は3秒提示とした)

たし算	ひき算	かけ算		わり算
		正解式	誤答式	
10問	10問	50問	50問	50問
2+3	9-6	5×5=25	2×2=2	30÷5

・両調査とも、タブレットPC (iPad)に課題を提示し、回答と回答までにかかった反応時間を計測する。提示条件は、問題と同時に複数の選択肢で構成された答えが提示され(Table 2-1, 2-2)、選択肢から正答だと思ふ選択肢を選び、画面上をタッチする形式である。タッチした場所には赤い丸の標識が付き、一度の答え直し(タッチし直し)を認める。問題の提示時間は3秒または5秒という制限時間を設け、制限時間内でタップし正答の場合、正答、誤答の場合誤答、制限時間を越えたものを無答とした。

③ 倫理的配慮

本研究は、筑波大学人間系研究倫理委員会の

承認を得た上で、研究とその公表に協力を得た学校の承諾書、各担任の先生の同意書をいただいた上で行った。さらに、保護者に対しては、担任より研究の説明に関する説明書を送付し、もし同意できない場合には、同意撤回書にサインをしてもらうこととした。

4. 研究成果

(1) 学力検査の系統性

本研究で対象とした実際の4～6年生までの学力検査を分析した。4～6年生の学力検査の正答率は70～90%のところ、山がある結果となった(Fig.1-1 4年生の例を挙げている)。

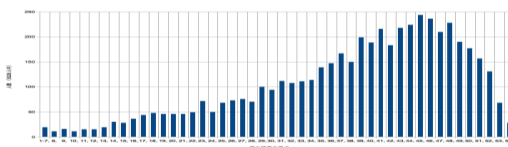


Fig.1-1 4年生の学力検査のデータの得点分布

しかし、Fig.1-2～4およびTable1-2の表でまとめたものを見ると、習得度の系統性の明確性として使用する学力検査とは言い難かった。

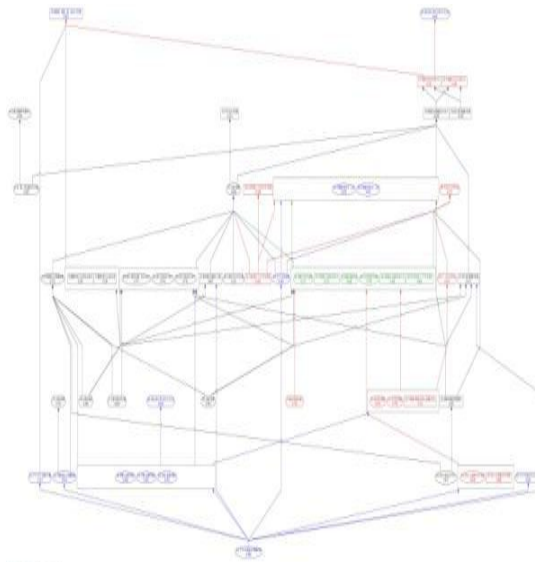


Fig.1-2 4年生のデータの系統性: 黒=「数と計算」、青=「数量関係」、緑=「図形」、赤=「量と測定」、四角=「数学的な考え方」、楕円=「数量や図形についての技能」、六角=「数量や図形についての知識・理解」
本抽出方法は、系統性が明確であれば系統性抽出による再現率が高くなる。したがって、以下のような要素を含めることで、より系統性が明確な学力の検査を作成することができ

ると考えられる。

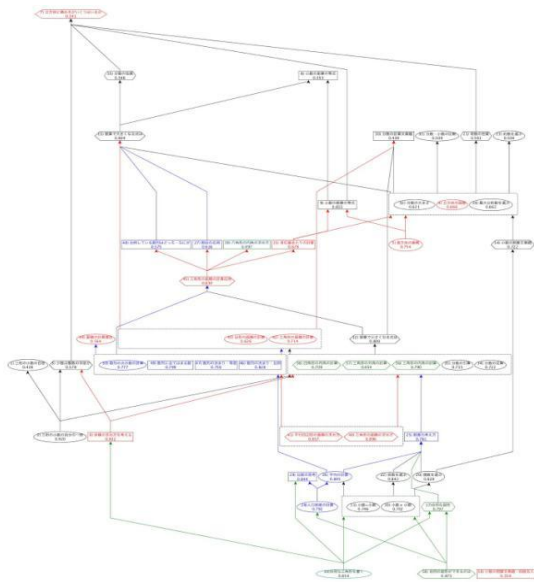


Fig.1-3 5年生のデータの系統性：黒＝「数と計算」、青＝「数量関係」、緑＝「図形」、赤＝「量と測定」、四角＝「数学的な考え方」、楕円＝「数量や図形についての技能」、六角＝「数量や図形についての知識・理解」

- ①一つの学習領域のみで学力検査を作成する。
- ②一つの学年で学習する内容にとらわれずに学力検査を作成する。

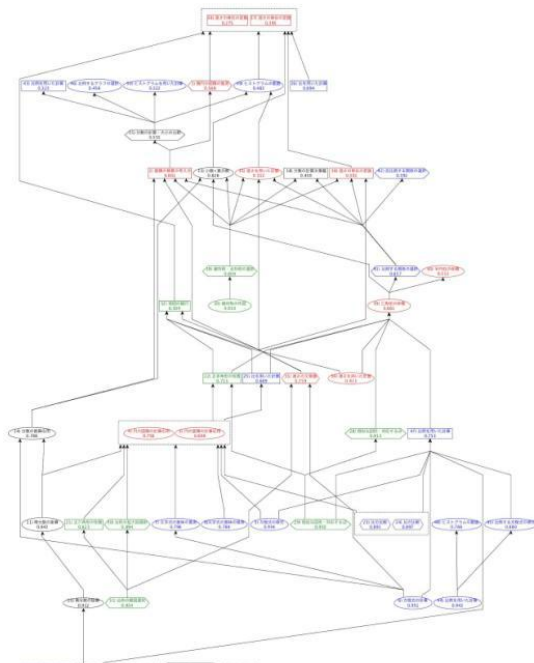


Fig.1-4 6年生のデータの系統性：黒＝「数と計算」、青＝「数量関係」、緑＝「図形」、赤＝「量と測定」、四角＝「数学的な考え方」、楕円＝「数量や図形についての技能」、六角＝「数量や図形についての知識・理解」

- ③解答者の認知機能に影響されにくい問題を選定する。

④多くの要素を盛り込んだ問題を含まず、限られた知識・技能を必要とする問題を選定する。

Table 1-2 各学年の抽出された系統性まとめ

	4年生	5年生	6年生
系統性合計	65個	58個	69個
同じ学習領域	36個 (55%)	26個 (45%)	32個 (46%)
異なった学習領域	29個 (45%)	42個 (72%)	37個 (54%)
同じ評価の観点	32個 (49%)	23個 (40%)	24個 (35%)
異なった評価の観点	42個 (63%)	41個 (71%)	45個 (65%)
同一問題グループ合計	7種21問	6種18問	3種6問
系統性のない問題	2個	1個	4個

そこで、算数障害スクリーニング検査については、当然算数教科の全体を対象とするのではなく、ドットのサビタイジングという非常に基礎的なものも含め、中核的な四則演算の計算を中心に分析していくことにした。第二研究に使用した15分程度で測定できるスクリーニング評価システムを作成した。

(2)-1 ドットおよび加減算の計算時間、正答率

①「直線配置」と「ランダム配置」

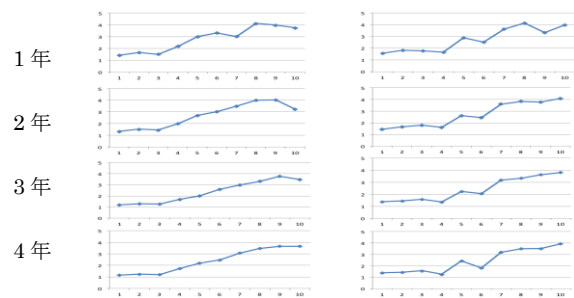


Fig.2-1 ドットの直接配置（左）とランダム配置（右）の計数時間（縦軸：反応時間（秒）、横軸：表示されたドットの個数）

計数時間の平均値を求めると「直線配置」では3を越えて4以上から順に数が増えるたびに反応時間が長くなる傾向が示された。一方、「ランダム配置」では、4を越えて5は計数時間が長くなるが、6は計数時間がまた速くなる傾向が認められた (Fig.2-1)。

②「合成・分解配列」

どの学年も数が大きくなるほど反応時間が長くなる傾向が示された。また、正反応5までの数の組み合わせ[1, 1][2, 1][3, 1][4, 1][2, 2][3, 2]と、正反応6の[3, 3]が、最も速い反応時間から順に数えて7番目までに、

どの学年においても含まれていた。それらはすべておよそ2秒以内であった。また、これら7つの課題とそれ以外では反応時間に差があることも認められた(Fig. 2-2)

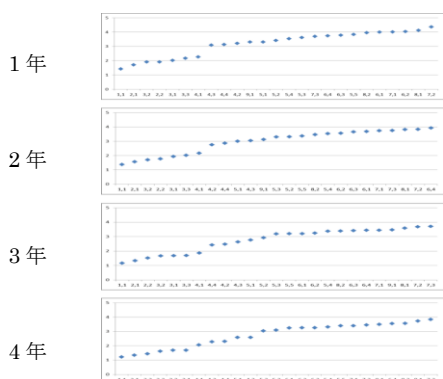


Fig.2-2 「合成・分解配列」の計数時間
(縦軸：反応時間(秒)、横軸：ドット表示のまとまり)

③ランダムドットと計算の反応時間の関係

計算の学習初期の1年生でのみ、ドットの計数課題の反応時間と計算式の反応時間は、和が6までの範囲で正の相関があった(Fig.2-3)。また、ドットの計数課題ランダム配置[5]は、合成・分解配列[4・1]と正の相関($r=.574$)、計算式[4+1]とも正の相関($r=.530$)がある一方、[3・2]とは低い正の相関($r=.266$)、[3+2]との相関はなし($r=.069$)であった。ランダム配置[6]は、合成・分解配列[3・3]と低い正の相関($r=.290$)、計算式[3+3]との正の相関($r=.534$, $p<.001$)がある一方、[4・2]と[4+2]との相関はなし($r=.111$, $r=.150$)であった。

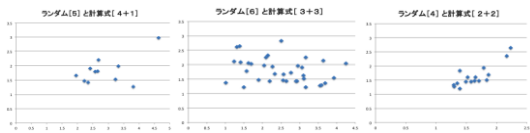


Fig. 2-3 ランダムドットと計算式の反応時間の相関

④ 計算時間と問題数の分布

計算時間に 0.5 秒ごとの任意の区画を設け、それぞれの区画ごとの正答数の分布を分析した。分布を割合で算出し、全体のおよそ過半数が集中する区画を Fig. 2-4, 5 に示した。「たし算」において、1年生から4年生までの全学年において【1 秒以上 1.5 秒未

満】【1.5 秒以上 2 秒未満】の2つの区画にまとまりが認められた。「ひき算」および「くり上がり」では、1年生は【1.5 秒以上 2 秒未満】および【2 秒以上 2.5 秒未満】の区画にまとまりが認められたが、2年生以上で【1 秒以上 1.5 秒未満】【1.5 秒以上 2 秒未満】の区画に推移した。「くりさがり」では、3年生まで【1.5 秒以上 2 秒未満】、【2 秒以上 2.5 秒未満】および【2.5 秒以上 3 秒未満】の3つの区画にまとまりは分散され、4年生になって【1 秒以上 1.5 秒未満】の区画に推移が認められた。

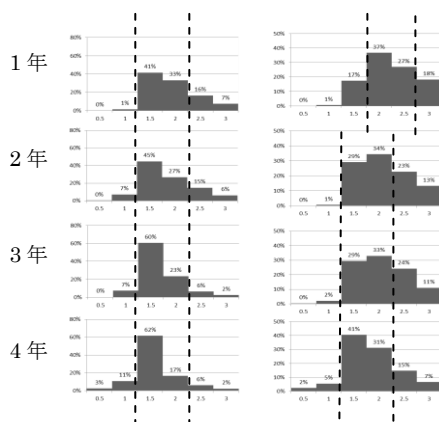


Fig. 2-4 10 までのたし算・ひき算の計算時間

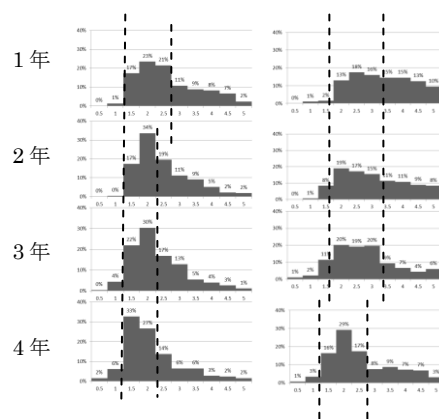


Fig.2-5 くり上がりのあるたし算・くりさがりのあるひき算の計算時間

1年生11月には、繰り下がりのある引き算まですべての加減算の基礎を習得するが、ドットの把握時間あるいは加減算の計算時間を測定することによって、計算に時間がかかり自動化できていない子どもが早期に発見でき

ることが明らかとなった。

(2)-2 四則演算の計算時間、正答率

6年生の四則演算の計算時間と正答率からは、加減算の基礎は小学校1年生において習得させるものであるが、くりあがりのたし算・くりさがりのひき算の流暢性、つまり自動化は、小学校最高学年でも不十分であることが明らかとなった。もちろんたし算の概念があるためかけ算に移行できるのだが、6年生での正答率は、かけ算・たし算（くりあがりあり）・わり算・ひき算（くりさがりあり）の順で低くなった。かけ算は日本独特の記憶方略があるためか、正答率はいちばん高かった。

以上、算数障害スクリーニング検査として、四則演算の反応時間と正答率に絞った検査の開発に至った。また、そのデータを指標として、特に、算数教科では重要視されていない5までの合成分解の問題があるなど、計算が困難な4名の子どもに対して、本スクリーニング検査から特性を踏まえた指導を行った結果、計算時間が短くなるなど成果があった。

<引用文献>

熊谷龍一「初学者向けの項目反応理論分析プログラムEasy Estimation シリーズの開発」、日本テスト学会誌, 5, 2009, 107-118

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計5件)

Kumagai, K., Tabei, H., Yamamoto, Y., and Sato, N. : The Achieving Relationship Among Addition, Subtraction, Multiplication, Division in Japanese Primary School-aged Children: Focused on Multiplication and Division. International School Psychologist Association (ISPA), 2017 July 21, Manchester (U.K.)
Yamamoto, Y., Kumagai, K., Tabei, H., and

Sato, N. : Relationship Between the Abilities to Count Dots and Calculate of School-aged Children: Toward to Screen Children with Calculation Difficulties Using Reaction Time. International School Psychologist Association (ISPA), 2017 July 22, Manchester (U.K.)

熊谷恵子・山本ゆう「たし算・ひき算の自動化に至るまでの学年推移とその特徴～演算の自動化とドットの個数の把握の関連性～」日本LD学会第25回東京大会、2016. 11. 19、神奈川県・横浜市

山本ゆう・熊谷恵子「たし算・ひき算の自動化に至るまでの学年推移とその特徴～演算の種類と自動化の難易度に焦点をあてて～」日本LD学会第25回東京大会、2016. 11. 19、神奈川県・横浜市

山本ゆう・熊谷恵子「九九は得意だが除算に困難のある子どもの乗除算の指導」日本K-ABCアセスメント学会第19回福山大会、2016. 8. 20, 広島県・福山市.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

熊谷 恵子(KUMAGAI, Keiko)
筑波大学・人間系・教授
研究者番号：10272147

(2) 研究協力者

- ・後藤 琢磨(GOTO, Takuma)
筑波大学大学院人間総合科学研究科障害科学専攻博士後期課程
- ・山本 ゆう(YAMAMOTO, Yu)
筑波大学大学院人間総合科学研究科障害科学専攻博士前期課程
- ・田部井 広旗(TABEI, Hiroki)
筑波大学大学院人間総合科学研究科障害科学専攻博士前期課程
- ・佐藤 七瀬(SATO, Nanase)
筑波大学大学院人間総合科学研究科障害科学専攻博士前期課程