

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：17601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13917

研究課題名（和文）計算スキルの流暢性を形成するための指導法の効果検証と実践の手引きの作成

研究課題名（英文）Verification of the effectiveness of teaching methods to form fluency in computational skills

研究代表者

尾之上 高哉（onoue, takaya）

宮崎大学・教育学部・准教授

研究者番号：30631775

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、学習時の練習問題の構成の仕方に注目し、練習問題の構成の仕方によって、学習の成果（正確性や流暢性の形成）に違いが出るかを検証するための実験を行った。具体的には、練習問題を、交互練習形式（異なる方略を用いる問題を交互に練習する方法）で構成した場合と、ブロック練習形式（同じ方略を用いる問題を連続的に練習する方法）で構成した場合とでは、学習の成果に違いが出るかを調べた。結果は、交互練習形式の方が、ブロック練習形式よりも、学習の成果が高くなることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

教育や学習では、一般的に、ブロック練習形式が基本になっており、交互練習という発想自体が未だ十分に浸透していないことが指摘されている。それを踏まえると、交互練習形式の学習の効果を明確に提示している本研究の結果には、意義があると言える。本研究の知見を踏まえるならば、例えば、計算スキルの流暢性を形成するための指導では、足し算、引き算、掛け算、割り算、の問題を別々に行う（すなわち、ブロック練習形式でやる）のではなく、可能な限り、異なる方略を交互に使用する交互練習形式で行う方が、学習者に恩恵をもたらす可能性があると言える。

研究成果の概要（英文）：The experiment in the present study focused on the composition of training problems during learning, and examined whether the results of learning differ according to the composition. Specifically, the experiment examined whether the results of learning differed between the case in which the training were composed of the interleaved practice and the case in which the training were composed of the blocked practice. The results showed that learning results were higher in the interleaved practice than in the blocked practice.

研究分野：教育心理学

キーワード：学業スキル 流暢性 ブロック練習 交互練習

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

教育・学習の中で、計算スキル等の学業スキルの流暢性を形成することは重要である。流暢性とは、当該の問題を、正確に、かつ、速く解く行動を指す(Howell & Larson-Howell, 1990)。Haring & Eaton (1978)によれば、流暢性は、子どもが新しいスキルを学び、熟達させていく過程の第2段階に位置付いている。つまり、子どもは、まずそのスキルの正確性を獲得し、次にそのスキルの流暢性を獲得するのである。例えば、 $8+3$ を、指を使って正答できる段階が第1段階であり、指を使わずに瞬時に正答できる段階が第2段階である。この第2段階でそのスキルの流暢性を十分に高めることで、後続の汎化段階、応用段階への移行がスムーズになることが確認されている(e.g., Canobi, 2009; Throndsen, 2011)。

### 2. 研究の目的

本研究では、計算スキル等の学業スキルの流暢性を形成する上で効果のある指導法を検討した。

その検討にあたり、本研究では、学習時の練習問題の構成の仕方に注目することにした。つまり、「算数・数学科の学習を、ブロック練習と交互練習という観点から捉える」研究パラダイム(Kang, 2016)に依拠して、研究を進めることにした。ブロック練習とは、同一の方略を続けて使う形で問題を解き進める形態を指す。例えば、図1に示すように、分数の割り算の問題を8問続けて解くような形態を指す。そこでは、方略として、「割る数の逆数をかける」を使用し続ける形で問題を解く。一方で、交互練習とは、同一の方略を続けて使うのは避ける形で、つまり、複数の異なる方略を交互に使う形で問題を解き進める形態を指す。図2には、図1のブロック練習形式の問題を、交互練習形式に変えた場合の例を示した。このように見ると、ブロック練習と交互練習の違いは、非常に些細な違い(取るに足らない違い)にしか見えないかもしれない。だが、近年の米国では、その違いが、学習の成果の違いとして現れることを示す研究が、徐々に提出され始めているのである。

① $\frac{3}{7} \div \frac{5}{6}$	② $\frac{1}{6} \div \frac{2}{5}$	③ $\frac{2}{3} \div \frac{3}{4}$	④ $\frac{3}{5} \div \frac{4}{7}$
⑤ $\frac{1}{4} \div \frac{7}{8}$	⑥ $\frac{5}{6} \div \frac{3}{4}$	⑦ $\frac{5}{6} \div \frac{3}{4}$	⑧ $\frac{5}{6} \div \frac{3}{4}$

図1. 教科書に記載されている練習問題  
(わくわく算数6上、啓林館、43頁)

① $\frac{3}{7} + \frac{5}{6}$	② $\frac{1}{6} \div \frac{2}{5}$	③ $\frac{3}{4} - \frac{2}{3}$	④ $\frac{3}{5} \div \frac{4}{7}$
⑤ $\frac{1}{4} \times \frac{7}{8}$	⑥ $\frac{5}{6} \div \frac{3}{4}$	⑦ $\frac{5}{6} + \frac{3}{4}$	⑧ $\frac{5}{6} \div \frac{3}{4}$

図2. 練習問題を交互練習化した場合の例  
(教科書の①, ③, ⑤, ⑦問目を操作している)

本研究では、学習内容を、ブロック練習形式で学習した場合と、交互練習形式で学習した場合、さらには、ブロック練習と交互練習を組み合わせで学習した場合では、学習の成果(正確性や流暢性の形成)に違いが出るかを比較検討する実験を行なった。

### 3. 研究の方法

本研究では、平成29年度と30年度に、それぞれ、ブロック練習と交互練習について、そのいずれかで学習した場合の単独効果、及び、それらを組み合わせで学習した時の複合効果を比較検討する実験を行なった。

平成29年度は、算数・数学科の学習の文脈でブロック練習と交互練習の比較を行なった先駆的研究であるRohrer & Taylor(2007)の実験計画を拡張し、実験を行なった。つまり、Rohrer & Taylor(2007)では、ブロック練習で学習する条件と、交互練習で学習する条件の比較を行っていたが、本研究では、ブロック練習と交互練習を組み合わせで学習する条件を新たに追加した。具体的には、まずブロック練習で学習し、次に交互練習で学習する条件と、交互練習の後にブロック練習で学習する条件を設けた。学習終了から1週間後に、学習内容をどれだけ正確にかつ速く思い出せるかを測定するテストを実施し、4つの条件間で違いがあるかを比較した。

なお、この平成29年度の実験には、大学生66名が参加した。その66名は、学習を1週間の間隔をあけて2回行い、2回目の学習の1週間後にテストを受けた。66名は、2回の学習の方法が異なる次の4つの条件、つまり、条件1(2回ともブロック練習で学習する)、条件2(1回目をブロック練習で2回目は交互練習で学習する)、条件3(1回目を交互練習で2回目はブロック練習で学習する)、条件4(2回とも交互練習で学習する)のいずれかに割り当てられた。

平成30年度は、学校教育への交互練習の導入を視野に入れて、算数・数学科の各単元の授業を構成する2つの段階のそれぞれに、交互練習を取り入れるという発想で、実験の文脈を設定し実験を行なった。学校で行われる算数・数学科の授業の構成を調査した研究によれば、各単元の授業は、単元に含まれる複数の課題(例えば、A、B、C、D)の学習を、次の2つの段階で構成することが、一般的であるという(e.g., Dedrick, Rohrer, & Stershic, 2016)。第1の段階は、各課題の学習を個々に行う段階である。そこでは、1課題ずつ順に、1つの学習機会(例えば、1校時分の授業)で学習する。各学習機会は、まず、当該の学習機会ターゲットになっている課題(例えば、A)の解決に必要な方略(a)を理解し、次に、理解した方略を使用する練習をブロック練習形式で行う(a1、a2、a3、a4)という流れで展開される。第2の段階は、全課題の復習を行う段階である。そこでは、全課題を対象にした学習を、1つの学習機会で行う。その学習機会は、全課題を、ブロック練習形式で順に学習する形態(例えば、a1、a2、b1、b2、c1、c2、d1、d2)で展開されることが多いという。そこで本研究では、算数・数学科の各単元の授業を構成する2つの段階のそれぞれに、交互練習を取り入れるという発想で、実験の文脈を設定した。すなわち、第1の段階である、各課題の学習を個々に行う段階では、

学習機会時の練習問題を、統制条件ではブロック練習形式 (a1、a2、a3、a4) で、実験条件では交互練習形式 (z1、a1、y1、a2) で学習した (z と y は関連する既習課題の問題)。第2の段階である、全課題の復習を行う段階では、どちらの条件も、交互練習形式で学習した。学習終了から1週間後に、学習内容をどれだけ正確に思い出せるかを測定するテストを実施し、2つの条件間で違いがあるかを比較した。

#### 4. 研究成果

現在までに、平成29年度に実施した実験については、結果の分析と考察を終えているので、以下では、それをもとに話を進める。

##### 4.1. 平成29年度の実験結果

4つの条件毎に、学習中の練習問題の成績 (正答率) と、学習終了から1週間後に実施したテストの成績 (正答率) を示したのが図3である。正答率の経時的変化を、線形混合モデルで解析した。固定効果として、条件の効果 (条件1、2、3、4) と時期の効果 (学習1、学習2、テスト) を、変量効果として、参加者内要因 (反復測定要因) によるランダム切片効果をモデルに投入した。その結果、交互作用が有意であった ( $F(6,186)=18.68, p < .01$ )。そこで、Benjamini-Hochberg法を用いて、単純主効果の多重検定を行った。その結果を下記に記す。

まず、3つの各時点での条件間の差に着目すると、それぞれの時点で条件間の差が確認された。つまり、学習1では、交互練習で学習を行った条件3と4の得点率が、ブロック練習で学習を行った条件1と2の得点率よりも、有意に低かった (いずれも  $p < .01$ )。学習2では、初めて交互練習で学習を行った条件2の得点率が、他の3条件の得点率よりも、有意に低かった (いずれも  $p < .01$ )。一方、学習内容の定着度を測るために実施したテストでは、2回の学習を交互練習で行った条件4と、2回の学習をブロック練習と交互練習を組み合わせで行った条件2及び3と、2回の学習をブロック練習で行った条件1の間にそれぞれ有意差が確認され (いずれも  $p < .05$ )、得点率は、条件4、条件2及び3、条件1の順で高かった。条件2及び3の間、つまり、2つの学習法の組み合わせの順序を変えた条件間では、有意差は確認されなかった。

次に、3つの時点を通した条件内の差に着目すると、条件1、2、3では、テストの得点率が、学習の2時点の各得点率よりも有意に低かったが (いずれも  $p < .01$ )、条件4では、テストの得点率と学習の2時点の各得点率との間に差はなかった。また、条件4では、学習1から学習2にかけての得点率の増加が有意であり ( $p < .05$ )、条件3では、学習1から学習2にかけて得点率の増加が有意になる傾向にあった ( $p = .052$ )。

##### 4.2. 平成30年度の実験結果

平成30年度の実験の結果の分析と考察は、現在進行中である。なお、学習終了から1週間後に実施したテストの結果については、一貫して交互練習形式で学習をした実験条件の方が、ブロック練習で学習を進め、復習時に交互練習した統制条件よりも、正答率が有意に高いことが確認されている。

##### 4.3. 結果を踏まえた議論

図3に示すように、条件間でテストの正答率に差があるかを分析した結果、正答率は、条件4、条件2及び3、条件1、の順で高く (条件4 > 2 = 3 > 1)、この3者の間には有意差が確認された。特に、本研究では、複合効果を検討する条件として、ブロック練習と交互練習の学習の順序を変えた2条件 (条件2及び3) を設けたが、その条件間のテストの得点に有意差は確認されなかった。それを踏まえると、本研究では、交互練習が学習内容の定着に密接に関係していることを突き止めた、と言える。なぜなら、交互練習の機会が、条件1で0回、条件2及び3で1回、条件4で2回と、増加するにつれて、テストの得点も増加することが確認されたからである。本研究の意義として、交互練習の機会が増えるにしたがって、学習内容の定着が進むことを示した点を指摘できると考える。

本研究の結果は、交互練習が学習内容の定着に密接に関係することを示したが、同時に、交互練習は、それに取り組み始めた初期の段階では、ブロック練習よりも、パフォーマンスが低くなることも示した (図3)。交互練習は、ブロック練習よりも、認知的負荷のかかる学習法であるため (Rohrer, 2009)、学習の初期には、パフォーマンスが低くなり易いのかもかもしれない。だが、学習法の研究では、学習中の出来を意味するパフォーマンスは、長期的な効果を必ずしも反映していないことから、学習中の出来と長期的な効果とを区別する必要性が指摘されている (Soderstrom & Bjork, 2015)。この指摘は、交互練習を実践していく上で、重要かもしれない。それは、本研究や先行研究の結果が示すように、交互練習は、ブロック練習と比べた時、学習後の

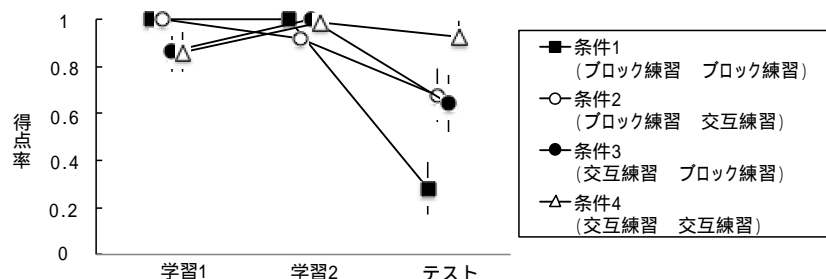


図3. 学習とテストにおける各条件の得点率と標準誤差

テストの成績は高くなるものの、学習中の練習問題の成績は低くなる傾向にあるからである。教師や学習者は、学習中のパフォーマンスが芳しくないと感じると、その学習法自体が効果的でないと認識してしまう可能性もある (Kang, 2016)。よって、交互練習を実践する際は、学習中の出来に過度に囚われないようにすることと、長期的な効果という観点からの評価を行うことの2点が、重要かもしれない。

米国では、学校で行われる算数・数学教育に関して、「教育は、ブロック練習と交互練習を組み合わせで展開される」、「ただし、交互練習の機会は少ない」という現状 (e.g., Dedrick et al., 2016; Rohrer et al., 2015) が指摘されている。本研究の結果は、交互練習の中で要求される認知活動が、学習内容の定着に大きく貢献することを示した。それを踏まえた時、本研究の結果は、先の現状に対して、ブロック練習と交互練習を組み合わせで学習するという考え方に必ずしも拘る必要はなく、学習者に恩恵をもたらす形で交互練習をどのように導入できるかを積極的に考えることが重要であることを示唆していると言える。本研究の知見を踏まえるならば、例えば、計算スキルの流暢性を形成するための指導では、足し算、引き算、掛け算、割り算、の問題を別々に行う (すなわち、ブロック練習形式でやる) のではなく、可能な限り、異なる方略を交互に使用する交互練習形式で行う方が、学習者に恩恵をもたらす可能性があると言える。

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 尾之上高哉・井口豊	4. 巻 68
2. 論文標題 ブロック練習と交互練習の単独効果と複合効果の比較検討 学習内容の定着度, 及び, 確信度判断の正確性に目して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育心理学研究	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) in press	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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----