

練習中の成績は定着度を表しているのか？ ブロック練習と交互練習の観点からの検証[†]

尾之上高哉^{*1}・井口 豊^{*2}宮崎大学教育学部^{*1}・生物科学研究所^{*2}

本研究では、練習中の成績の捉え方についての示唆を得るために、ブロック練習と交互練習における各成績が、テストの成績が示す定着度と関連するかを検証した。4つの立体の求積課題を教材とし、各課題の学習を行った後の復習をブロック練習または交互練習で行う条件を設け、復習の成績とテストの成績の関連を分析した。結果は、①復習の成績とテストの成績の関連は、復習を交互練習で行った場合のみ認められる、②交互練習の機会が増えると、両者の関連は相対的に強まり、かつ、より高い得点で両者の関連が生じる、であった。練習中の成績の捉え方は、ブロック練習と交互練習、さらには交互練習の履歴、という観点から変える必要性が示された。

キーワード：練習中の成績の捉え方、学習内容の定着、ブロック練習、交互練習、算数・数学

1. 問題と目的

教授者や学習者は、練習中の成績が高いほど、定着度も高い、と期待して良いのだろうか？

この問いに関係する先行研究として、ブロック練習と交互練習という観点からの研究がある。ブロック練習と交互練習は、練習問題の配列についての概念であり、同じスキルや概念の問題（例えばA）を特定の方略(a)で連続的に解くのがブロック練習、異なるスキルや概念の問題（例えばA, B, C）を各方略(a, b, c)で交互に解くのが交互練習と定義される（e.g., ROHRER *et al.* 2020）。例えば、A, B, Cという3種類のスキルや概念の問題を、AAABBBCCCと解くのか、ABCABCABCと解くのか、の違いである。

先行研究では、ブロック練習条件と交互練習条件を設け、条件ごとに、練習中の成績とテストの成績の平

均を算出し、それを指標に、練習中の成績と定着度の関係を検討している。これまでの複数の研究で、練習中の成績はブロック練習条件の方が高くなるものの、定着度は交互練習条件の方が高くなることが示されている（e.g., ROHRER and TAYLOR 2007）。それらの研究からは、練習中の成績は必ずしも定着度を表していないという洞察（e.g., SODERSTROM and BJORK 2015）を得ることができる。

しかしながら、先行研究のように各条件の平均を指標に検討する方法では、ブロック練習と交互練習の各成績を、そもそも、定着度と関連があるものとして捉えて良いのか否かがわからない。つまり、例えば、ブロック練習条件に属する者を個々に見た時に、練習中の成績が高い者ほど定着度も高い、といえるのだろうか。それに答えるためには、当該の条件に属する個々の学習者の練習中の成績とテストの成績に注目し、両者の関連を分析する方法での検討が必要である。

そこで本研究では、ブロック練習と交互練習における各成績が、テストの成績が示す定着度と関連するか否かを検証する。その検証は、練習して定着させるという指導が行われることの多い算数・数学教育の文脈で行う。算数・数学の教科書の特徴に言及している文献（e.g., ROHRER *et al.* 2020）では、その特徴として、①学習は、まず当該の単元に含まれる個々のスキルや概念を1つずつ順に学習し（以後、各課題の学習と呼

2024年4月5日受理

[†] Takaya ONOUE^{*1} and Yutaka IGUCHI^{*2}: Does the Performance during Practice Indicate the Retention of Knowledge? Verification in Terms of Blocked and Interleaved Practice

^{*1} Faculty of Education, University of Miyazaki 1-1 Gakuen Kibanadai-nishi, Miyazaki City, Miyazaki, 889-2192 Japan

^{*2} Laboratory of Biology 1-10-6 Yamashita-cho, Okaya City, Nagano, 394-0005, Japan

ぶ), 次に復習を行う, という流れで行われる, ②各課題の学習時の練習問題ではブロック練習がよく用いられるが, 復習時の練習問題においても当該の単元で学習したスキルや概念の問題を数回ずつ順に解くという形のブロック練習が用いられることが珍しくない, が指摘される. そこで本研究では, そのような特徴を反映させた条件と, 当該の単元の学習に交互練習を導入するという考えを反映させた条件とを設ける. 具体的には, 次の3つの条件, すなわち, 条件1: 各課題の学習時と復習時の練習問題はどちらもブロック練習形式, 条件2: 各課題の学習時の練習問題はブロック練習形式で復習時の練習問題は交互練習形式, 条件3: 各課題の学習時と復習時の練習問題はどちらも交互練習形式, を設ける. これら3条件間で, 練習中の成績と定着度の関連が異なるか否かを検討することで, 単元の学習における練習問題のあり方についての示唆を得ることができると考えた. 本研究では, 練習中の成績と定着度の各指標として, 復習の成績と, テストの成績を用いる. 復習は学習の達成を確認する機会でもあり, その成績をもとに学習状況が把握される可能性があるため, そこに注目する意義があると考えた. 定着度の指標とするテストの実施時期については, 教育では学習者の中に長期的な変化を生じさせることが重要になること (e.g., SODERSTROM and BJORK 2015) を踏まえ, 復習直後ではなく, 復習から1週間後とする.

2. 方法

2.1. 研究計画

本研究は, 学習条件(1~3)を独立変数とする実験参加者間計画である. 研究に参加した大学生が3つ

の条件にランダムに割り当てられた. 分析対象者数は, 条件1と2が各22名, 条件3が20名であった. 本研究は第1著者が所属する大学の研究倫理委員会の承認を得て実施された. なお, 本研究は, 尾之上・井口 (2024) とともに複数の目的を有する研究プロジェクトとして実施されたものである. この2つの研究では, 条件3の20名がどちらの研究でも分析対象になっている点が共通しているが, 本研究では復習とテストを分析し, 尾之上・井口 (2024) では各課題の学習 (図1) の1日目を分析している, という違いがある.

2.2. 学習の手続き

本研究では, 4つの立体 (A: ウェッジ, B: 回転楕円体, C: 球錐, D: 半円錐) の求積課題 (ROHRER and TAYLOR 2007) の学習を, 月曜から金曜までの連続する5日間に, 各課題の学習 (4日) と復習 (1日) で行う計画とした (図1). 4つの立体は, それぞれに定義と求積方略 (公式) があり, 互いに独立した課題とみなせるものであった. 学習は個別に行う形とし, 参加者がコンピュータの画面を見ながら学習を行えるよう, 解答用紙以外の教材をコンピュータにプログラムした. 教材の内容や, 教材をコンピュータに提示する時間は, ROHRER and TAYLOR (2007) と同一とした.

まず, 各課題の学習時の練習問題の構成を説明する. 各課題の学習は, ①当該の課題を解く際に必要な方略を理解する, ②練習問題を6問解く, という流れで行った (図1). 条件1と2では, その練習問題をブロック練習で解いた. つまり, 当該の課題の問題を6問解いた. 一方, 条件3では, 交互練習で解いた. つまり, 1, 3, 5問目に既習課題の問題を混ぜる形で, 当該の課題の問題を解いた. 既習課題の問題については,

各課題の学習... 1日目(月曜日), 課題A: ウェッジ

①必要な方略 a を理解する → ②練習問題を6問解く	条件1, 2	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	条件3	Z1	A1	Y1	A2	X1	A3
	条件3の練習問題	1問目	2問目	3問目	4問目	5問目	6問目
2日目(火曜日), 課題B: 回転楕円体	Y2	B1	A4	B2	W1	B3	
3日目(水曜日), 課題C: 球錐	B4	C1	A5	C2	B5	C3	
4日目(木曜日), 課題D: 半円錐	A6	D1	B6	D2	C4	D3	

復習... 5日目(金曜日), 4つの課題の新規練習問題を3問ずつ, 計12問を解く (下記は練習問題の配列)

条件1	A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3
条件2, 3	B1, A1, D1, C1, D2, A2, B2, C2, A3, B3, C3, D3

図1 4つの立体の求積課題の学習計画

(注) 各課題 (A, B, C, D) を解く際に用いる方略を, 小文字 (a, b, c, d) で表している. 大文字横の数字は, 練習問題の番号を表しており, その内容は条件間で同じである. 各課題の学習の条件3では, 1, 3, 5問目に既習課題の問題を配置している (1~2日目のZは三角柱, Yは立方体, Xは四角柱, Wは五角柱の問題を表している). なお, 各課題の学習では, 条件1と2は, 2~4日目も, 1日目と同様にその日の課題の問題をブロック練習で解いた. 一方, 条件3は, 1日目と同様に交互練習で解いたため, その内容を上記に記す.

1日目ではまだ既習課題がないため、角柱の求積問題を使用した。2日目以降は、既習課題の問題を分散させる形で配置した。ただし、各課題の問題を解く回数が、条件1と2の回数を上回らないようにした。その関係で2日目でも角柱の求積問題を使用している。

次に、各課題の学習の流れを説明する。①当該の課題を解く際に必要な方略を理解するでは、コンピュータの画面上に説明資料が45秒間提示された。説明資料には、学習する立体の定義と求積方略(公式)、問題への解答例が記載されていた。参加者は、説明資料が提示されたら、それを読み学習した。②の練習問題を6問解くでは、コンピュータの画面上に、練習問題が1問ずつ、問題(40秒間)、それに続いて答え(10秒間)という流れで提示された。参加者は、問題が提示されたら、その解答を解答用紙に記入した。解答用紙は、1問につきA4用紙1枚を使用する形で、次の3つの欄、(1)当該の問題に使用する公式を記入する欄、(2)その公式に数値を代入し計算する欄、(3)答えを記入する欄、が設けられていた。参加者は、問題が替わる度に、自分で用紙をめくりながら解答した。答えが提示されたら、自分の解答が正しいかを目で見て確認した。

最後に、復習の練習問題の構成と、学習の流れを説明する。復習では、各立体の問題を3問ずつ、計12問を用意した。条件1は、ブロック練習の形式で、立体ごとに3問ずつ解いた。条件2と3は、交互練習の形式で、異なる立体の問題を交互に解いた(図1)。問題のコンピュータ画面への提示の仕方、及び、解答の仕方と答えの提示の仕方は、先述の内容と同様であった。

2.3. テストの手続き

参加者には、復習から1週間後に、定着度を測定するためのテスト(事前の予告なし)を受けてもらった。テストでは、各立体の新規問題を1問ずつ、計4問をコンピュータの画面に同時に出题した。解答用紙として、A4用紙1枚に4問を解答するための枠をそれぞれ

設け、解答を各枠内に記入してもらった。各枠内には、学習時の解答用紙と同様に3つの欄(上記の(1)(2)(3))が設けられていた。制限時間は4分とした。

2.4. 分析方法

復習とテストの成績の関連を調べるために、まず、条件ごとに相関分析を行う。次に、個人ごとに復習時の成績からテストの成績への推移を図示することでその特徴を把握するマルチライン分析(慶應義塾大学SFC研究所2013)を行う。復習とテストの各成績の得点化は、本研究の学習課題は4つの立体の求積方法の習得であったため、解答用紙の「(1)当該の問題に使用する公式を記入する欄」に書かれた解答を対象に、各解答が正しい場合は1点を、正しくない場合は0点を与え、その点数を合算し得点とする。復習とテストでは得点のレンジが異なるため、得点は得点率に変換し使用する。

3. 結 果

まず、条件ごとに復習とテストの成績の相関分析を行った。その結果、各課題の学習と復習をブロック練習で行った条件1では有意な相関は認められなかったが($r = .02, p = .92$)、各課題の学習はブロック練習だが復習を交互練習で行った条件2では有意な正の相関が認められ($r = .44, p = .04$)、さらに各課題の学習も復習も交互練習で行った条件3では、条件2よりも相対的に強い有意な正の相関が認められた($r = .67, p = .00$)。

次に、マルチライン分析を用いて、条件ごとに、個々の学習者の復習とテストの成績の推移を分析した(図2)。先の相関分析では、条件2と3では復習とテストの成績の相関の強さに違いが確認されたが、図2からは、条件3は条件2と比べて時、復習の成績もテストの成績も、ばらつきが小さくかつ高い得点であることを確認できる。すなわち、マルチライン分析により、条件3は条件2よりも、より高い得点で、復習の成績

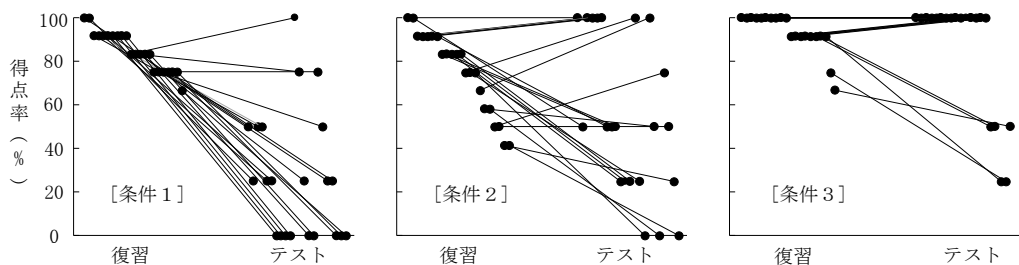


図2 各学習者の復習とテストの成績(得点率)の関係

とテストの成績の関連が生じていることが示された。

4. 考 察

本研究の意義は、練習中の成績の捉え方を次の2つの観点から変える必要があることを示した点にあると考える。第1の観点は、それが交互練習の成績なのか、それともブロック練習の成績なのか、である。つまり、本研究では、復習とテストの成績の関連は、復習を交互練習で行った条件2と3ではみられるが、復習をブロック練習で行った条件1ではみられない、が示された。第2の観点は、交互練習の履歴があるか否か、である。つまり、本研究では、各課題の学習も交互練習で行った条件3は、各課題の学習はブロック練習で行った条件2と比べた時、復習とテストの成績の関連が相対的に強くなり、かつ、より高い得点で両者の関連が生じる(図2)、が示された。先行研究では、ブロック練習条件と交互練習条件という条件レベルで、練習中の成績と定着度の関係が捉えられていたため(e.g., ROHRER and TAYLOR 2007), そもそも、ブロック練習と交互練習の各成績を、定着度と関連があるものとして捉えて良いのか否かが不明であった。本研究により、練習中の成績の捉え方は、ブロック練習と交互練習という観点から、また交互練習の履歴という観点から、変える必要があることが示されたといえる。

なお、図2では、(1) 復習の成績のばらつきが、条件2では大きい、条件3では小さく高得点に集中している、(2) 復習からテストへの得点の低下が条件3では抑えられている、といった条件間の違いが見られる。(1) に関しては、交互練習の履歴の違いを反映しているものと思われる。すなわち、復習で初めて交互練習を行った条件2は、その初期段階には困難を伴いやすいという特徴が、復習の得点のばらつきの大さに表れている、と思われる。一方、交互練習を復習以前にも反復して行っていた条件3は、復習段階で、その効果が多くの学習者の高い得点とその小さなばらつきとなって表れている、と思われる。次に、(2) に関しては、交互練習は定着を促進する(e.g., ROHRER and TAYLOR 2007) という観点から解釈が可能と思われる。

本研究の結果は、練習のあり方に対してどのような示唆を提供できるのだろうか。本研究で設定した条件1の復習の方法は、当該の単元で学習した課題の問題を数問ずつ順に解くという形のブロック練習になっており、これは教科書でもみられる方法であると指摘される(e.g., ROHRER et al. 2020)。本研究の結果からは、

この方法で得られる正答率の高低は、定着度を表していない可能性を指摘できる。従って、その復習の機会を、教授者や学習者が定着度を確認し再学習が必要な箇所を把握するために活用する場合には、練習問題の配列を変えて交互練習化したり、各課題の学習時にも可能な範囲で交互練習を取り入れたりするなどの工夫が必要と考えられる。また、交互練習の成績が定着度と関連するという結果を踏まえると、交互練習では正答率が高まるまで行うことが重要との指摘もできよう。

本研究の結果は、練習中の成績の捉え方は一様ではないことを示しており、そのことは、このテーマについて更なる検討が必要であることを示唆している。特に本研究の結果は、本研究が設定した実験の文脈に依存している可能性があるため、本研究とは異なる研究参加者・教材・学習形態等での検討が必要である。それらの検討を通して知見を蓄積させることは、教授者や学習者が練習中の成績の捉え方を洗練させ、効果的な練習のあり方を考え実践することにつながるだろう。

付 記

本研究は、科学研究費助成事業(17K13917, 21K03028)の助成を受けて実施された。

参 考 文 献

慶應義塾大学 SFC 研究所 (2013) 実効性の高い学校評価の推進及び学校マネジメントの体制整備に関する調査研究。平成24年度「学校運営の改善の在り方に関する取組」成果報告書。

https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/uneishien/detail/1342336.htm(参照日 2023.10.18)

尾之上高哉, 井口豊 (2024) ブロック練習に指摘される弱点は、実際に顕在化するのか?—教育現場に根付いているブロック練習を問い直す—。教育心理学研究, 72(1): 1-10

ROHRER, D., DEDRICK, R. F., and HARTWIG, M. K. (2020) The scarcity of interleaved practice in mathematics textbooks. *Educational Psychology Review*, 32: 873-883

ROHRER, D. and TAYLOR, K. (2007) The shuffling of mathematics practice problems improves learning. *Instructional Science*, 35: 481-498

SODERSTROM, N. C. and BJORK, R. A. (2015) Learning versus performance: An integrative review. *Perspectives on Psychological Science*, 10(2): 176-199

(Received April 5, 2024)