# 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――

尾之上　高　哉*　　井　口　　　豊**

本研究では，教育の現場でよく用いられるブロック練習に指摘される弱点が，実際に顕在化するか否かを検証した。その弱点とは，練習問題をブロック練習の構成で提示した場合，学習者が「問題の種類を見分けて，必要な方略を想起し，選択する」ことなく，「方略を問題に実行するだけ」になる，というものである。本研究では，それが特に顕在化し易い場面と想定される，1単元の学習計画の中の「各課題の学習を行う場面」で検証を行った。大学生43名に，まず学習課題である立体「ウェッジ」の求積に必要な方略「$r^2h\pi/2$」を理解してもらい，次に練習問題を提示した。その1問目を，事前の告知なしに「三角柱」の求積問題とした。つまり，参加者が「問題の種類を見分けて，必要な方略を想起し，選択した」ならば，直前に理解した$r^2h\pi/2$を使って解くことはないだろうと判断できる問題とした。三角柱の問題が出題された際の参加者の最初の反応を分析した結果，43名中35名（81%）が$r^2h\pi/2$を使って解こうとしたことが確認された。つまり，この場面では，早くも1問目の問題を解く時点から，「方略を問題に実行するだけ」になる，という弱点が顕在化し易い可能性が示された。この結果を踏まえて，ブロック練習の捉え方や，現場での実践の考え方について議論した。

キーワード：算数・数学教育，練習問題の構成，ブロック練習，交互練習，ブロック練習に指摘される弱点

### 問題と目的

算数・数学教育に関する研究では，練習問題の構成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がある。これまでの文献（e.g., 尾之上・井口, 2020; Weinstein et al., 2018）によれば，ブロック練習と交互練習の違いは，複数の練習問題を解く際に，「必要な方略や知識」（以下，方略と呼ぶ）に関して，同一のものを連続的に使用するか否か，という点にある。つまり，ブロック練習では，ある特定の方略を連続的に使用する。例えば，方略aを使う問題を，a1, a2, a3, a4と続けて解く。一方，交互練習では，ある特定の方略を連続的に使うことは避けて，異なる方略を交互に使用する。例えば方略aを使う問題に，方略bとcを使う問題を混ぜて，b1, a1, c1, a2と解く。

先行研究では，練習問題の構成をブロック練習ではなく交互練習にする方が，学習内容の定着が促進することがしばしば報告される（e.g., Foster et al., 2019; Nemeth et al., 2021）。交互練習が定着を促進するメカニズムについては，幾つかの説明がなされている（e.g., Dunlosky et al., 2013; Yan et al., 2020[1]）。それらをまとめるならば，複数の課題（A, B, C…）から抽出した各問題を交互練習化する（b1, a1, c1, a2…）ことで，学習者が，「課題間の共通性や差異についての処理を行いながら，課題毎に当該の課題に必要な方略（b, a, c, a…）を“間隔を空けて”，“想起する”ことを可能にする」ため，各課題と解決方略との繋がりに関する理解や記憶が促される，と整理できるかもしれない。学習法の研究では，“間隔を空けて（学習する）（＝spacing）”という要素と，“（何も見ないで）想起する（＝testing, retrieval practice）”という要素は，定着促進に対して頑健な効果を持つ要素として理解されている（e.g., Dunlosky et al., 2013; Putnam et al., 2016）。

その一方で，教育の現場では，交互練習よりもブロック練習の方がよく用いられる実態があることがしばしば指摘される。例えば，米国の教科書の実態調査を行ったRohrer et al.（2020）は，中学7年生用の教科書6冊に記載されている練習問題13,505問のうち80.6%の問題がブロック練習の構成で提示されており，

*　宮崎大学
〒889-2192　宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地
t-onoue@cc.miyazaki-u.ac.jp
**　生物科学研究所

[1] Yan et al.（2020）では，カテゴリー学習を念頭にそのメカニズムを説明しているが，練習問題の構成が交互練習化された時の効果の機序に関する諸理論が詳述されており参考になると思われる。

交互練習の構成での提示は9.7%であったと報告している。彼らは，ブロック練習は，単元内の各課題の学習時の練習問題だけでなく，単元の終末等に行われる復習時の練習問題においても，当該の単元で学習した各課題の問題を数問ずつ順に解くという形で用いられる実態があることを指摘している。このように，教科書の練習問題がブロック練習の構成で提示され易いという実態については，スイスやドイツ，そして我が国の教科書に対しても指摘されている（それぞれ，尾之上・井口, 2020; Ziegler & Stern, 2014）。

上記のような教育現場の実態や，この研究パラダイムの中でのこれまでの議論を踏まえた時，ブロック練習に指摘される“ある弱点”に焦点を当て検討することが重要であると考えられる。なぜなら，先述のようにブロック練習は教育の現場でよく用いられており，これまでの議論の中では，特に学習の初期等ではブロック練習が有益である可能性も想定されている（Kang, 2016; Rohrer et al., 2020）。だが，その一方で，そのブロック練習には“ある弱点”が内在するのではないかとの懸念も投げかけられているからである（Agarwal & Agostinelli, 2020; Rohrer et al., 2015, 2020）。つまり，まずはその弱点について検討し，ブロック練習に関する我々の理解を深めることが，ブロック練習をより良く運用していく上で必要になるのではないかと考えられる。

そこで以下では，ブロック練習に指摘される弱点に関する議論（Agarwal & Agostinelli, 2020; Rohrer et al., 2015, 2020）を整理し，本研究の目的を明確にする。

ブロック練習に指摘される弱点とは，学習者が問題を解く際に，「問題の種類を見分けて，必要な方略を想起し，選択する」ことなく，「方略を問題に実行するだけ」になる可能性がある，というものである（以後，前者を，「問題を読んで方略を選ぶ」と表記する）。問題を解く際の本来の過程は，まず問題を読んで方略を選ぶ，次にその方略を問題に実行する，という2つからなる。このうち前者の過程は，試験等の実力が試される場面ほど求められ，その過程を辿ること（つまり，問題の特徴を手がかりに適切に方略を想起し選ぶこと）自体に，問題を解くことの難しさがあるとされる。それを踏まえた時，問題を解く力を養う上では，練習問題を解き学習する場面で，学習者が，「問題を読んで方略を選ぶ」練習をできるようにすることが重要といえる。だが，練習問題をブロック練習の構成で（例えば，方略aを使う問題を，a1, a2, a3…と）提示した場合，「問題を読んで方略を選ぶ」必然性がなくなり，「方略を問題に実行する」練習しかできなくなる可能性があることが，その弱点として指摘されるのである[2]。

先行研究の議論を踏まえると，その弱点が特に顕在化し易い場面として，算数・数学の授業における1単元の学習計画の中の，各課題の学習を行う場面を想定できる。一般的に，1単元の学習は，当該の単元に含まれる各課題（例えば，A, B, C, D）の学習と，全課題の復習で計画され，このうち，各課題の学習ではブロック練習が用いられる。つまり，学習者に，当該の学習機会でターゲットになっている課題（例えば，A）を解く際に必要な方略（a）を理解させた後に，その方略を使う問題がブロック練習の構成で（a1, a2, a3…と）提示される。なぜこの場面で先の弱点が特に顕在化し易いかというと，第1に，学習者は問題を読む前に既に，問題を解く際に必要な方略（a）を知っている可能性があり，その場合，「その方略（a）を1問目の問題から順に実行するだけ」でも解けるからである。先行研究ではそのメカニズムについては十分に議論されていないが，Luchins（1942）の言葉を借りるならば，そこには学習者の中にこの場面に対する“構え”があること，つまり，“各課題の学習時の練習問題は，直前に理解した方略を使う問題であるという認識があること”が影響していると見なせるかもしれない[3]。第2に，練習問題の序盤は「問題を読んで方略を選んだ」上で解いたとしても，同じ方略（a）を使う問題を続けて解くことで，徐々に，次もその方略を使う問題であると仮定し易くなる可能性があり，その場合も同様に，「方略（a）を

[2] 先行研究の議論の中ではLuchinsの研究は引用されていないが，ブロック練習に指摘される弱点は，Luchins（1942）の「水差し問題」に関連して指摘される内容と近いものがあると思われるので付記しておきたい。Luchinsの「水差し問題」では，「1つの学習機会の中で，ある方略で問題を解く経験を繰り返すと（＝先行経験），問題に対する『構え』が形成され，その方略よりも簡単な方略で解くこともできる問題に対しても，その方略を実行し易くなる」ことが示されている（仁平, 2006）。つまり，ブロック練習に指摘される弱点と，Luchinsの「水差し問題」に関連して指摘される内容には，「ある方略で問題を解く経験を繰り返すこと（＝先行経験）」に注目しているという共通点がある。両者の差異を指摘するならば，前者では，その先行経験が「問題を読んで方略を選ぶという過程を辿ること自体の必然性をなくしてしまう」という点が強調されており，後者では，その先行経験が「問題を読んで方略を選ぶ際に柔軟に思考することを妨げてしまう」という点が強調されている，と整理できる。なお，Luchinsの研究を踏まえると，ブロック練習には，「問題を読んで方略を選ぶ必然性をなくしてしまう」という弱点だけでなく，「問題を読んで方略を選ぶ際に，柔軟な思考を抑制してしまう」という弱点もある可能性を考えることができる。

問題に実行するだけ」でも解けるからである[4]。すなわち，この各課題の学習を行う場面では，ブロック練習の構成で問題が提示されることが一般的であるが，逐一「問題を読んで方略を選ぶ」必然性がなくなり，「方略を問題に実行するだけ」になる可能性を想定できるのである。

しかしながら，その弱点が実際に顕在化していることを確かめた研究は著者らが知る限り未だない。実際に学習者は，各課題の学習時の練習問題を解く場面で，「問題を読んで方略を選ぶ」ことなく，「方略を問題に実行するだけ」になっているのだろうか。それを検証することは，次の2つの点で重要であると考える。1つは，現在の練習問題の提示の仕方で，学習者が問題を解く力を養う練習を十分にできているのかを確認するという点である。もう1つは，現在の練習問題の提示の仕方をより良くしていくことに繋がる可能性があるデータを得るという点である。

以上を踏まえて，本研究では，各課題の学習時の練習問題を解く場面で，学習者が，「問題を読んで方略を選ぶ」ことなく，「方略を問題に実行するだけ」になる，という弱点が実際に顕在化するか否かを検証することを目的とする。先述したように，この場面では，その弱点が早くも1問目の問題を解く時点から顕在化する可能性と，問題を解き進めるうちに徐々に顕在化する可能性とが想定される。本研究では，まずは，この場面で「問題を読んで方略を選ぶ」練習を全くできていない可能性に着目する方が良いと考え，1問目から弱点が顕在化するか否かを検証する。また，1問目から弱点が顕在化する場合，そこには先述したような学習者の“構え”が影響する可能性が考えられる。本研究では，その影響を十分に検証できるよう，各課題の学習時の練習問題をブロック練習で解く経験を多く積んでいると思われる年代である大学生を対象に検証を行う。

本研究の目的を検証する方法を述べる。本研究では，研究に参加した大学生に，算数・数学の授業における1単元の学習と同様の構成で計画された学習プログラムを受講してもらう。学習プログラムは，4つの立体（具体的には，ウェッジ，回転楕円体，球錐，半円錐）の求積課題（Rohrer & Taylor, 2007）を教材として，各課題の学習（4日）と，復習（1日）で計画されている。各課題の学習では4つの立体の求積課題を1日に1つずつ順に学習し，復習ではそれら4つの課題の復習を行う計画となっている。本研究の目的は，各課題の学習の1日目の練習問題1問目を対象に検証する。具体的には，1日目の課題である立体「ウェッジ」の学習の際，まず当該の立体の定義と求積方略「$r^2h\pi/2$」を理解してもらい，次に練習問題を6問解いてもらう。その練習問題の1問目は，通常であれば立体「ウェッジ」の求積問題（例えば，「半径（r）＝3，高さ（h）＝8の，ウェッジの体積を求めよ」）が出題されると考えられるが，本研究では事前の告知なしに小学校で習う立体「三角柱」の求積問題（具体的には，「底面積（s）＝26，高さ（h）＝7の，三角柱の体積を求めよ」）を出題する。すなわち，参加者が「問題を読んで方略を選んだ」ならば，直前に理解したウェッジの求積問題に用いる方略「$r^2h\pi/2$」を実行することはないだろう，と判断できる問題を提示する。この三角柱の問題では，求積に使用可能な情報として「底面積（s）」と「高さ（h）」のみが明示されるため，問題を解く上ではそれら2つの情報を用いることが不可欠であるといえる。つまり，「問題を読んで方略を選んだ」ならば，用いる方略の正誤に関係なく，そこには「底面積（s）」と「高さ（h）」の情報が含まれるとの見方が可能である。例えば，三角柱の求積方略がわからず，直前に理解した「$r^2h\pi/2$」を使ってなんとかしようとした場合でも，「$r^2h\pi/2$」を全体的に或いは部分的に使うかは別として，少なくとも「高さ（h）」の情報は残して「底面積（s）」の情報を新たに含めた方略と

[3] 「Luchins（1942）の言葉を借りるならば」という意味について説明する。Luchinsは，「1つの学習機会の中で，ある方略で問題を解く経験を繰り返す」という先行経験が，問題に対する『構え』を形成し，その『構え』が後続の問題への反応の仕方を方向づけると考えている（仁平, 2006）。本文中に記した第1のケースでの弱点の顕在化は，1問目の問題を解く時点に焦点が当たっているため，その弱点が顕在化するメカニズムを説明する際に，上記のLuchinsの考えをそのまま用いることはできない。Luchinsの考えは，問題を数問解くことを前提に成立しているからである。そこで本研究では，Luchinsの考え方を援用し，「各課題の学習時の練習問題を解く場面で，ブロック練習で解く経験を繰り返す」という先行経験が，その場面に対する“構え”を形成し，その“構え”が，各課題の学習時の練習問題を解く場面への反応の仕方を方向づけている，と考えた。本研究では，Luchinsがいう問題に対する『構え』と，本研究でいう場面に対する“構え”を，『 』と“ ”の記号で区別し用いる。

[4] この第2のケースで弱点が顕在化するメカニズムについては，Luchins（1942）の考え，つまり，先行経験が，問題に対する『構え』を形成し，その『構え』が後続の問題への反応の仕方を方向づけるという考えでも説明できると考えられる。なお，その『構え』が後続の問題への反応の仕方をどう方向づけるのかという点については，注2に記したように，「ブロック練習に指摘される弱点」では「問題を読んで方略を選ぶ必然性がなくなる」という点が強調されており，Luchinsの研究では「問題を読んで方略を選ぶ際の柔軟な思考が妨げられる」という点が強調されている，と整理できる。

して実行する形になると考えることができる。まとめるならば，本研究では，「問題」と「方略」間の整合性，及び，直前に「$r^2h\pi/2$」を学習しているという文脈を踏まえた時，当該の参加者が1問目の問題に方略「$r^2h\pi/2$」を実行した場合は，「問題を読んで方略を選ぶ」ことなく「（直前に理解した）方略を問題に実行するだけ」で解いた，と見なせると考えた。そこで本研究では，各参加者が，1問目の問題に対する最初の反応として，「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとしたか否かを分析する方法で，弱点が顕在化するか否かを検証する。その点を明確に検証できるよう，参加者には，練習問題を解く際は，まず当該の問題を解く際に用いる方略を明記し，その後に計算し解を求めるよう指示する（後述する Figure 1 の「解答の仕方」参照）。先行研究での議論や，本研究の参加者が大学生であることを踏まえると，1問目の問題に対する最初の反応として，方略「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとする人数が，それ以外の方略（例えば，「底面積×高さ」や，底面積と高さの情報が含まれるその他の方略）を使って解こうとする人数よりも多くなる可能性も予測できる。

## 方 法

### 参加者

参加者は，大学生43名，平均年齢（*SD*）は20.3（1.6）歳，であった。

### 学習プログラムで用いた教材

教材は，大学生向けの教材である立体の求積課題（Rohrer & Taylor, 2007）とした。この課題には，4つの立体（ウェッジ，回転楕円体，球錐，半円錐）が含まれている。

### 本研究が実施された場面

本研究は，ブロック練習と交互練習に関する研究プロジェクトとして実施された研究の一部をまとめたものである。この研究プロジェクトでは，研究に参加した大学生全員が，算数・数学の授業における1単元の学習と同様の構成で計画された学習プログラムを受講した。学習プログラムは，4つの立体（ウェッジ，回転楕円体，球錐，半円錐）の求積課題（Rohrer & Taylor, 2007）を教材として，月曜日から金曜日までの連続する5日間に，各課題の学習（4日）と復習（1日）を実験室で1人ずつ個別に行う形で計画されていた。参加者には，事前の説明時に，受講する学習プログラムが，算数・数学の授業における1単元の学習と同様の構成になっていることを伝えた。そこでは，その構成を参加者がより鮮明にイメージし学習プログラムに臨めるよう，①学習プログラムは，4つの立体の求積課題を教材として，各課題の学習（4日）と復習（1日）で計画されていること，②各課題の学習では4つの立体の求積課題を1日に1つずつ順に学習し，復習ではそれら4つの課題の復習を行うこと，③各課題の学習の流れは，まず当該の学習機会でターゲットになっている立体の求積方略を理解し，次に練習問題を解くという流れであること，④復習の流れは，それまでに学習した4つの立体の練習問題を解くという流れであること等を，参加者に自身が受けてきた算数・数学の1単元の授業の構成を思い返してもらいながら説明した。なお，参加者は，全ての研究協力が終了した後，謝礼としてクオカード3,000円分を受け取った。

この研究プロジェクトで検証する事項の1つに，本研究の目的「ブロック練習に指摘される弱点が実際に顕在化するか否かの検証」があり，それは各課題の学習の1日目の練習問題1問目を対象に検証する計画となっていた。以下では，本研究の目的の検証に関係する手続きと，分析方法を述べる。

### 手続き

学習は，解答用紙以外の教材をコンピュータにプログラムし，参加者がコンピュータの画面を見ながら行う形で実施した。コンピュータ画面の右上には，画面毎に（つまり，後述する「説明資料」,「問題」,「答え」毎に）残り時間を示すタイマーを表示し（Figure 1 の右上を参照），画面が切り替わる時には音が鳴るようにした。教材をコンピュータに提示する時間は，Rohrer & Taylor (2007) と同一とした。

参加者は，各課題の学習の1日目に，立体「ウェッジ」の求積課題の学習を，大きく次の2つの流れで行った。

まず，参加者は，立体「ウェッジ」の定義と求積方略を理解した。ここでは，コンピュータの画面上に，「説明資料」(Figure 1) が45秒間提示された。説明資料には，立体「ウェッジ」について，その定義と，体積を求める際に使用する公式，及び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。

次に，参加者は，練習問題を6問解いた。ここでは，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，学習の流れの説明を受ける際，練習問題の内容については知らされておらず，練習問題を6問解くことだけを伝えられていた。その練習問題の1問目に，「三角柱」の求積問題が出題された。三角柱の求積問題は，参加者が，直前に読み学習

**Figure 1**

学習で使用した立体「ウェッジ」の説明資料

「ウェッジ」の説明

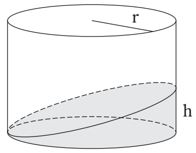
残り時間 12 秒

「定義と公式」

ウェッジとは，円柱の太字部分（色で塗られている部分）のことを言う。

その下部は「円形」で，上部は「斜めの楕円形」である。

その体積は，$\frac{r^2h\pi}{2}$ で求める。




「問題の提示法」

半径（r）＝4，高さ（h）＝2 の，ウェッジの体積を求めよ。

まず，公式を □ 内に書き，計算し，答えを ◯ 内に書け。

「解答の仕方」

公式 $\boxed{\frac{r^2h\pi}{2}}$ ← (1)[a]

$= \frac{\cancel{4}^{2} \cdot 4 \cdot 2\pi}{\cancel{2}}$ ← (2)

答え

$= 16\pi$ ← (3)

[a] 参加者には，問題を解く際には，(1)(2)(3)の順で解答すること，及び，訂正する場合は取消線（文字の中央に横断する形で引く線）を引き訂正することを指示した。

した「説明資料」(Figure 1) に記載されている問題の提示法と同じ形式で出題された。具体的には，「底面積 (s)＝26，高さ (h)＝7 の，三角柱の体積を求めよ。まず，公式を□内に書き，計算し，答えを◯内に書け。」という内容であった。出題の形式は同じであるが，問題文の冒頭の「半径 (r)」は「底面積 (s)」に，また求積対象となる立体名が「ウェッジ」から「三角柱」に変わっていた。参加者は，問題が提示されたら，自身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，つまり，(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 (Figure 1 の「解答の仕方」参照)，が設けられていた。分析者が参加者の解答過程を把握できるよう，参加者には，問題への解答は，(1) (2) (3) の順で進めることと，訂正する場合は取消線（文字の中央に横断する形で引く線）を引き訂正することを事前に指示した。解答時間の 40 秒が終了したら，コンピュータの画面上に三角柱の問題の答えが，解答用紙の (1) (2) (3) と同じ枠で提示された。参加者は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。なお，参加者がこの 1 問目の問題の答えを確認した後，残りの問題 5 問が同様の流れで出題された。本研究は，1 問目を対象に目的を検証する研究計画になっており，参加者が 1 問目を解いた後には答えが提示された。つまり，仮に参加者が 1 問目を直前に理解した方略「$r^2h\pi/2$」を実行するだけで解いたとしても，遅くとも答えが提示された時点では自身の間違いに気づける状況にあった。したがって，2 問目以降の問題でブロック練習に指摘される弱点の顕在化を検証することは困難であると判断し，1 問目のみを分析対象としている。

**分析方法**

各参加者が，練習問題の 1 問目「三角柱」の求積問題に対する最初の反応として，直前に理解した「ウェッジ」の求積問題に用いる方略「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとしたか否かを，解答用紙の 3 つの欄，つまり，(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 (Figure 1 の「解答の仕方」参照) に書かれた内容から分析する。先述したように，参加者には，分析者が解答過程を把握できるよう，問題への解答は，(1) (2) (3) の順で進めることと，訂正する場合は取消線（文字の中央に横断する形で引く線）を引き訂正することを事前に指示していた。したがって，まず，各参加者が，1 問目の問題への最初の反応として，方略「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとしたか，それともそれ以外の方略（例えば，「底面積×高さ」や，底面積と高さの情報が含まれるその他の方略）を使って解こうとしたかを確認し，それぞれ

の人数を算出する。次に，その人数が異なるかを分析する。

**参加者を募集する際の手続き，及び倫理的配慮**

参加者を募集する際の説明では，真の研究目的は伝えずに，本研究は，教材の性質によって学び易さがどう変わるかを調べる研究であると伝えた。また，研究に参加した場合には，月曜日から金曜日までの5日間をかけて学ぶ教材を複数作成しているので，ランダムに選んだ教材で学習してもらい，その教材の学び易さを評価してもらう，と伝えた。

倫理的配慮として，参加者を募集する際の説明時には，参加はいつでも辞退できること，データは個人を特定できない形で使用すること等を紙面に明記し，口頭で説明した。参加の意思を示した者には承諾書に署名を求めた。また，全ての研究協力が終了した時点で全参加者にデータ使用の許可を得た。なお，本研究は第一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。

## 結果

練習問題の1問目「三角柱」の求積問題に対する最初の反応として，43名のうち35名（81%）は直前に理解した「ウェッジ」の求積問題に用いる方略「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとし，残りの8名（19%）は「底面積（s）」と「高さ（h）」の情報が含まれる方略を使って解こうとしたことが確認された。両者の人数に差があるかを調べるために二項検定を行ったところ，「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとした人数の方が，「底面積（s）」と「高さ（h）」の情報が含まれる方略を使って解こうとした人数よりも有意に多いことが確認された（$p<.001$, $h=.68$, $1\text{-}\beta=.99$, 95%信頼区間は.666—.916）。

前者の35名（81%）では，「三角柱」の求積問題に対する最初の反応として，まず直前に理解した方略「$r^2h\pi/2$」を使おうとしたことが確認された。つまり，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，29名は「$r^2h\pi/2$」を記入し，5名は順に「$hr^2\pi/2$」「$\pi r^2h/2$」「$\pi h\,r^2/2$」「半$^2$ 高 $\pi/2$」「$1/2\,r^2h\pi$」を記入していた。残りの1名は，(1) の欄に，括線（＝分母と分子の間に引かれる横線）を挟んだ分子側の先頭を（空白）にする形で，「（空白）$7\pi/2$」を記入していた。7は問題文中の「高さ（h）」の数値であり，(1) の欄のすぐ横には$r^2$を表す筆跡「r・r」が残されていたことから，この者もまず「$r^2h\pi/2$」を使おうとしたと判断した（(1) の欄には「$r^2h\pi/2$」の$r^2$とhに数値を代入した式を書こうとした可能性が考えられた）。なお，この35名のその後の解答過程を確認したところ，10名は，途中から最初に使おうとした「$r^2h\pi/2$」とは全く異なる方略で問題を解こうとしていた。具体的には，「底面積×高さ（つまり，26×7）」で問題を解こうとした者が8名，「底面積×高さ/3」で問題を解こうとした者が2名いた。残りの25名は，最初に使おうとした方略「$r^2h\pi/2$」を部分的に或いは全体的に使う形で問題を解こうとしていた。その内容を人数の多い順に並べると，「$26\times7/2$」が8名，「（空白）$7\pi/2$」が5名，「$26\times7\times\pi/2$」と「（空白）/2」が各3名，「$26^2\times7\times\pi/2$」が2名であり，以下の内容はそれぞれ1名ずつであった：「$13\times7\times\pi/2$」，「$r^2\times7\times\pi/2=26$」，「$r^2$（空白）/2」，「$\pi r^2h/2=$，$S=26=2\pi r$, $r=13/\pi$」。

一方，後者の8名（19%）では，「三角柱」の求積問題に対する最初の反応として，「底面積（s）」と「高さ（h）」の情報が含まれる方略を使おうとしたことが確認された。つまり，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，3名は「底面積×高さ」を，1名は「s×h」（問題文ではsは底面積を，hは高さをそれぞれ指している）を記入していた。残りの4名は，順に，「sh/3」，「底面×高さ×1/2」，「$2/3\times s\times h$」，「$x^27\pi/2=26$」をそれぞれ記入していた（4番目の方略にある7は「高さ（h）」の数値で，26は「底面積（s）」の数値である）。この4名が用いた方略は誤答ではあったものの，いずれの方略にも「底面積（s）」と「高さ（h）」の情報が含まれており，なおかつ，問題文にはない「半径（r）」の情報は含まれていないことが確認された。この8名では，その後の解答過程で，方略を変えることはなかった。

## 考察

本研究の結果は，各課題の学習時の練習問題を解く場面では，学習者が，「問題の種類を見分けて，必要な方略を想起し，選択する（＝「問題を読んで方略を選ぶ」）」ことなく，「方略を問題に実行するだけ」になる，という弱点が，早くも1問目の問題を解く時点から顕在化し易い可能性を示した。つまり，参加者43名のうち35名（81%）が，「三角柱」の求積問題が出題された際の最初の反応として，直前に理解した「ウェッジ」の求積問題に用いる方略「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとしたことが確認された。問題と目的で述べたように，この三角柱の問題は，参加者が「問題を読んで方略を選んだ」ならば，直前に理解したウェッジの求積問題に用いる方略「$r^2h\pi/2$」を実行することはないだろう，と判断できる問題であった。つまり，仮に三角柱の求

積方略がわからない場合でも，「問題を読んで方略を選ぶ」過程を経たならば，「$r^2h\pi/2$」とは異なる方略を使ったものの誤答した4名のように，使用する方略に「底面積（s）」と「高さ（h）」の情報を含める形になるだろうとの想定ができる問題であった。それを踏まえると，「$r^2h\pi/2$」を使って解こうとした35名では，問題を十分に或いは全く読まずに解答を“開始”した可能性を考えることができる。本研究に参加した大学生では，小中高の算数・数学の学習で，各課題の学習時の練習問題をブロック練習で解く経験を多く積んでいると思われる。その経験の中で，「各課題の学習時に提示される練習問題は，直前に理解した方略を使うものである」といった“構え”が形成されており，その“構え”が，三角柱の求積問題に対する最初の反応や，途中で方略を大きく変えることなく「$r^2h\pi/2$」に縛られる形で問題を解こうとしたこと等を引き起こしたのかもしれない。そう考えると，本研究の結果が，特に未だブロック練習の経験が少ない年代にもあてはまるかはわからない。ただし，各課題の学習時の練習問題をブロック練習で解く経験は，小学1年生から始まるため，先の“構え”が早期に形成される可能性もある。また，たとえ1問目では弱点が顕在化しなくとも，問題を解き進めるうちに徐々に弱点が顕在化する可能性もある。従って，今後は小学校低学年の児童から高校生までを対象に，弱点が顕在化する時点にも着目した検討が必要である。

本研究の意義として，第1に，各課題の学習時の練習問題をブロック練習で提示することに対して，肯定的な見方だけでなく，批判的な見方もできることを示した点を指摘できる。つまり，現在のように練習問題をブロック練習で提示することは，学習者の多くが流暢に問題を解くことを可能にし，それは，学習初期における学習者の不安を減らし自己効力感を高めることや（Kang, 2016），学習初期のスムーズな学びを支えること（Rohrer et al., 2020）に寄与する可能性がある。また，学習者が流暢に問題を解けることは，彼らと，その様子を見る教授者に，「うまく学べている」という感覚をもたらすかもしれない（e.g., Kang, 2016）。だがその一方で，先行研究での議論（Agarwal & Agostinelli, 2020; Rohrer et al., 2015, 2020）で懸念されていたように，本研究の結果は，現在のように練習問題をブロック練習で提示した場合，問題を解く力を養う上で重要とされる「問題を読んで方略を選ぶ」練習を十分にできずに，「方略を問題に実行する」練習しかできていない可能性があることを示している。加えて，ただ「方略を問題に実行するだけ」で問題を解いているとすれば，たとえその時は「うまく学べている」と感じても，長期的な理解や記憶には繋がっていない可能性もある。すなわち，本研究の結果は，現在のように練習問題をブロック練習で提示することが，後の「問題を解く力」や「学習内容の定着」として十分に反映されるかについて問い直す余地があることを示しているといえる。

本研究の意義として，第2に，「問題を解く力」の育成や「学習内容の定着」の促進という観点から，各課題の学習時の練習問題を解く場面をどう工夫できるかについての示唆を得た点を指摘できる。本研究の結果は，参加者の約8割が，「三角柱」の問題に直前に理解した方略「$r^2h\pi/2$」を実行しようとしたことを示した。この結果からは，彼らの中に先に述べた“構え”がある可能性を想定できる。それを踏まえると，教授者は，学習者の中にはその“構え”があるという前提に立ち，彼らが次の問題で必要な方略を事前に仮定できないように練習問題を提示することが重要と考えられる。例えば，クイズ形式で，黒板やスクリーン或いはタブレットに問題を1問出し，解答させ，解答の過程を確認するという流れで練習問題を解かせる方法等が考えられる。そこで提示する練習問題の構成をブロック練習にする場合は，学習者が逐一「問題を読んで方略を選ぶ」必然性を高められるよう，①問題の形式を表面的には似ていない種類のものにして出題する（Kang, 2016）と良いかもしれない。例えば，方略（a）を使う問題を，図を含む問題，計算式の問題，文章題等で出題する形である。この方法には，その方略を実行できる問題の特徴についての理解も促進できるという利点がある。また，②ブロック練習は少しにして，交互練習への移行を検討する（Kang, 2016; Rohrer et al., 2020）と良いかもしれない。この方法には，課題間の関係性についての処理を促進し，既習課題の問題についても“間隔を空けて”，“想起”できるというメリットがある[5]。

[5] 練習問題を交互練習化する際の1つの視点として，“根本的には区別されるが，表面的には似ているため，方略の選択に難しさがある問題を連続させる”という視点を持つことが推奨されている（e.g., Rohrer & Hartwig, 2023）。それは，どの方略が当該の問題に適切であるかを選択する際の「問題文中の手がかり」を識別する練習が可能になると考えられるからである。例えば，我が国の学力調査の報告書では，学習者は，「倍」という表現が含まれる問題において，比較量を求める（＝乗法を用いる）問題と，基準量を求める（＝除法を用いる）問題とを混同し易いことが指摘されるが（国立教育政策研究所教育課程研究センター，2012），そのように表面的な類似性が高い問題を連続して解かせることによって，混同し易い問題を識別し適切に解く力が養われるかもしれない。

今後の研究には，上記のような工夫で，学習者が逐一「問題を読んで方略を選ぶ」練習が可能になるか，その後の「問題を解く力」や「学習内容の定着」に違いが生じるか，を検討することが期待される。なお，本研究の結果は，大学生を対象にしたものであるが，学習者の中に“構え”があるという前提に立った実践は，学習者が機械的に問題を解くことを防げるという点では，どの年代の学習者にも恩恵をもたらすかもしれない。

本研究の限界点と今後の課題を述べる。第1に，先に述べたように，今後は小学校低学年の児童から高校生までを対象に，弱点が顕在化する時点にも着目した検討が必要である。第2に，本研究では，弱点の顕在化の検証を，「提示された問題の内容」と「参加者が用いた求積方略」間の整合性を指標に行ったが，問題が提示された時点以降において学習者がどのようなプロセスを辿って問題を解こうとしたのかの内実までは検討できていない。弱点の顕在化が学習者の中でどのように生じているのかをより精緻に理解する上では，例えば，問題提示から方略を明記するまでの学習者の様子（視線の動き，問題の注視時間）や，学習者による回顧的な振り返り（どのようなプロセスを経て方略を明記したか）等の指標も併用し検討することが必要といえる。そのような指標を含めた研究計画で，弱点が顕在化した学習者と，弱点が顕在化しなかった学習者の双方の分析を行うことで，弱点の顕在化が学習者の中でどのように生じているのかをより精緻に理解でき，そのことは弱点の顕在化を制御する“確かな”手立てを得ることにも繋がると考えられる。第3に，本研究の学習環境が，弱点を顕在化し易くさせた可能性もある。例えば，㋐概念的理解を伴わない単純な暗記学習としてウェッジの求積方略（$r^2h\pi/2$; Figure 1）を覚えた場合や，㋑問題を解くための時間40秒をプレッシャーに感じた場合では，早く終わらせたいという意識が高まり，そのことが$r^2h\pi/2$を使って解くことを動機づけた側面もあるかもしれない。よって，㋐概念的理解を伴う形で方略を覚えるか否かという要因や，㋑解答時間設定の有無，遂行目標（接近・回避）といった要因が，それぞれ弱点を顕在化し易くさせるかを検討する必要がある。第4に，各課題の学習を行う場面以外でも，練習問題がブロック練習で構成されると弱点が顕在化する可能性があるため，他の場面を対象にした検討も必要である。例えば，復習を行う場面や，ドリル等の自己学習用の教材においても，練習問題が，既習の各課題の問題を数問ずつ順に解く（例えば，a1, a2, a3, b1, b2, b3…と解く）形で提示されると，各課題の1問目（つまりa1やb1）では，「問題を読んで方略を選ぶ」練習をする機会を保証できるが，それ以降の問題では，「方略を問題に実行するだけ」になるかもしれない。なお，これまでの議論（Rohrer et al., 2015, 2020）を踏まえると，練習問題の見出しや問題文の中に，当該の問題の種類や必要な方略を暗に或いは明確に示す用語を含めると，学習者が「問題を読んで方略を選ぶ」必然性を低下させてしまう可能性が想定できるので付記しておきたい。例えば，見出しや問題文の中に「二次方程式の解の公式」という用語がある場合，学習者が，“当該の問題が二次方程式の問題であることを見分けた上で，それを解く際の幾つかの方略の中から「解の公式」を独力で想起し選択する過程”をなくしてしまう可能性がある。この点は，練習問題を解き学習する場面全般に関係する留意点として理解しておくと良いかもしれない。第5に，各課題の学習時の練習問題を解く場面に関して，先述したような工夫を行うことが，学習者の「問題を解く力」の育成や，「学習内容の定着」の促進に繋がるかを検討する必要がある。

ブロック練習は今日の教育に根付いており，日常の授業や学習でよく用いられることが指摘される（e.g., 尾之上・井口, 2020; Rohrer et al., 2015, 2020; Ziegler & Stern, 2014）。本研究の結果は，そのブロック練習には弱点が内在している可能性を示すものであった。ブロック練習を問い直すことは，それが日常でよく用いられる分，学習者に大きな恩恵をもたらす可能性もある。今後，先のパラグラフに記した5点について検討することで，ブロック練習に指摘される弱点とその制御方法に関する我々の理解が深まり，より良い学習環境を日常に根付かせていくことに繋がるだろう。

## 引用文献

Agarwal, P. K., & Agostinelli, A. (2020). Interleaving in math: A research-based strategy to boost learning. *American Educator*, *44*(1), 24–28.

Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, *14*(1), 4–58. https://doi.org/10.1177/1529100612453266

Foster, N. L., Mueller, M. L., Was, C., Rawson, K. A., & Dunlosky, J. (2019). Why does interleaving improve math learning? The contributions of discriminative contrast and distributed practice. *Memory & Cognition*, *47*(6), 1088-1101. https://doi.org/10.3758/s13421-019-00918-4

Kang, S. H. K. (2016). The benefits of interleaved practice for learning. In J. C. Horvath, J. M. Lodge, & J. Hattie (Eds.), *From the laboratory to the classroom: Translating sciences of learning for teachers* (pp. 79-93). Routledge.

国立教育政策研究所教育課程研究センター（2012）. 平成 24 年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 小学校算数 https://www.nier.go.jp/12chousa/12kaisetsu_shou_sansuu.pdf

Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of *Einstellung*. *Psychological Monographs*, *54*(6), i-95. https://doi.org/10.1037/h0093502

Nemeth, L., Werker, K., Arend, J., & Lipowsky, F. (2021). Fostering the acquisition of subtraction strategies with interleaved practice: An intervention study with German third graders. *Learning and Instruction*, *71*, Article 101354. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101354

仁平義明（2006）. 大学生の思考の柔軟性は低下したか？―「ルーチンスの水差し問題」の解：15 年間の変化　東北大学高等教育開発推進センター紀要, *1*, 99-108.

尾之上高哉・井口 豊（2020）. 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着目して　教育心理学研究, *68*(2), 122-133. https://doi.org/10.5926/jjep.68.122

Putnam, A. L., Nestojko, J. F., & Roediger, H. L. III. (2016). Improving student learning: Two strategies to make it stick. In J. C. Horvath, J. M. Lodge, & J. Hattie (Eds.), *From the laboratory to the classroom: Translating science of learning for teachers* (pp. 94-121). Routledge.

Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Hartwig, M. K. (2020). The scarcity of interleaved practice in mathematics textbooks. *Educational Psychology Review*, *32*(3), 873-883. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09516-2

Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Stershic, S. (2015). Interleaved practice improves mathematics learning. *Journal of Educational Psychology*, *107*(3), 900-908. https://doi.org/10.1037/edu0000001

Rohrer, D., & Hartwig, M. K. (2023). Spaced and interleaved mathematics practice. In C. E. Overson, C. M. Hakala, L. L. Kordonowy, & V. A. Benassi (Eds.), *In their own words: What scholars and teachers want you to know about why and how to apply the science of learning in your academic setting* (pp. 111-121). Society for the Teaching of Psychology. https://teachpsych.org/ebooks/itow

Rohrer, D., & Taylor, K. (2007). The shuffling of mathematics practice problems improves learning. *Instructional Science*, *35*(6), 481-498. http://doi.org/10.1007/s11251-007-9015-8

Weinstein, Y., Madan, C. R., & Sumeracki, M. A. (2018). Teaching the science of learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, *3*, Article 2. http://doi.org/10.1186/s41235-017-0087-y

Yan, V., Schuetze, B. A., & Eglington, L. G. (2020). *A review of the interleaving effect: Theories and lessons for future research*. PsyArXiv. https://doi.org/10.31234/osf.io/ur6g7

Ziegler, E., & Stern, E. (2014). Delayed benefits of learning elementary algebraic transformations through contrasted comparisons. *Learning and Instruction*, *33*, 131-146. http://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.04.006

## 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ました。研究に参加して下さった学生の皆様，ならびに貴重なご指摘を頂いた査読者の先生方に，心より感謝申し上げます。なお，本論文に関して，開示すべき利益相反関連事項はありません。

（2023.2.22 受稿，2023.9.24 受理）

# *Does the Shortcoming Indicated in Blocked Practice Actually Occur? Re-Examining the Results of Blocked Practice*

*Takaya Onoue (University of Miyazaki) and Yutaka Iguchi (Laboratory of Biology)*

*Japanese Journal of Educational Psychology, 2024, 72, 1–10*

A shortcoming of block practice is said to occur when a practice problem is presented as a sequence of blocked practices with the result that the learner does not have to distinguish the problem type and then recall and choose an appropriate strategy, but rather just applies the strategy to the problem. This shortcoming is said to be particularly likely to materialize when individual topics are studied in a single-unit learning plan. The present study examined whether this shortcoming actually occurs. University students ($N=43$) who were studying the quadrature of a solid wedge were asked to understand the strategy $r^2h\pi/2$, which is a necessary part of that topic. Then practice problems were presented. The first question was a triangular prism quadrature problem presented without any prior explanation, that is, it was a problem that the participants would not solve using the $r^2h\pi/2$ that they had just understood if they had distinguished the problem type and then recalled and chosen an appropriate strategy. Analysis of the participants' responses to the triangular prism quadrature problem indicated that 35 of them (81%) had attempted to solve the problem using $r^2h\pi/2$, showing that, in this situation, the shortcoming of just applying the strategy to the problem seemed to have materialized when the participants were solving the first problem. Based on these results, the discussion deals with how to understand blocked practice and how to implement it.

Key Words: mathematics education, sequence of practice problems, blocked practice, interleaved practice, shortcoming of block practice