

AI型ドリル教材を用いた小学校算数科「分数のたし算とひき算」の復習における正答率の変化とタイプ別誤答分析

Changes in the percentage of correct answers and analysis of incorrect answers by type in the review of elementary school mathematics "addition and subtraction of fractions" using AI-type drill teaching materials

津下 哲也*・佐藤 幸江**・中川 一史**
放送大学大学院*・放送大学**

AI型ドリル教材を用いて、小学校6年生児童を対象に、5年「分数のたし算・ひき算」単元の復習を行った。評価テストを用いてプレとポストで正答率を算出し、正答率の変化を散布図に整理して傾向を調べるとともに、正答率の変化をタイプ別に児童を分類し、各分類の抽出児におけるAI型ドリルによる問題提示とその誤答を分析した。AI型ドリル教材を用いた復習はテストの正答率を一定の割合で上昇させ、概ね中位から下位層の学力向上に効果がある一方で、同じ問題を繰り返して間違えたり、無回答が続いたり、復習の正答率が低かったりする児童には教師の学習支援が必要であることが明らかになった。

キーワード：人工知能, AI, Edtech, GIGA スクール, AI 型ドリル教材, CAI

1. 研究の背景

1.1. GIGA スクール構想と AI 型教材

2021年8月30日、文部科学省は、全国自治体の96.1%に当たる1742自治体でGIGAスクール構想による学習者用端末の整備が完了し、公立小学校の96.1%、中学校の96.5%が全学年または一部の学年で端末利活用が開始されたことを公表した[1]。コンピュータを用いた教育システムはCAI(Computer Assisted Instruction)とよばれ、1950年代頃より研究されてきた。1970年代頃になると、当時のAI技術を利用した知的CAIと呼ばれるシステムが研究されるようになり、教育現場へ生かす試みが行われてきた。

近年のコンピュータやAI技術の進化により、教育現場におけるAIの活用には期待が寄せられており、「生徒の学習データを集めて、それを用いて教育効果を高める教材」としてのAI型教材[2]も学校教育に導入されはじめた。これらの教材は、一部の学校で先行的に活用に活用されてきたが、全国的な活用はこれからである。

1.2. 経済産業省事業報告にみる成果と課題

2018年度から経産省が行っている未来の教室実証事業では、学校現場でAI型ドリル教材を用いた実証

研究がいくつか行われ、高校での国語や英語の小テスト結果の上昇、中学での数学の得点力や偏差値の向上や学習意欲の向上、学習時間短縮といった成果、小学校での家庭学習を含む適応学習の実態などが報告された。一方、活用問題への対応に課題があること、学習時に支援を必要とする児童の存在すること、低位の児童の学習意欲が上がらないといった課題が報告されている[3]。

2. 研究の目的

AI型ドリル教材の効果測定に関する研究はいくつか見られるが、児童の学習履歴に焦点をあてた研究は多くは見られない。AI型ドリル教材の問題提示に対して、児童がどう解答したかを明らかにすることは、今後のAI型ドリル教材活用への指針になると考える。

そこで、本研究では、AI型ドリル教材を用いた復習が問題の正答率にどのような影響を与えるか、また、AI型ドリル教材を用いた復習時を行う際どのような誤答があるのかを明らかにする。

3. 研究の方法

3.1. 概要

公立小学校6年生19名を対象に、5年「分数のたし

算・ひき算」の復習を行った。まず、プレテストで児童の実態を把握した。テスト問題は、採択教科書会社のHP掲載の評価問題を用いた。「等しい分数」「約分」「通分」「大小比較」「分数のたし算(帯分数を含む)」「分数のひき算(帯分数含む)」「文章題」の7領域から構成されたプレテストの実施後、A社のAI型ドリル(以下、ドリル教材)を用いて復習を行った。復習には2単位時間(45分×2=90分)を設け、時間内に終わらなかった児童は、自宅への持ち帰りを含む課外の時間で取り組ませた。

全児童がドリルを終えた後、ポストテストを実施した。ポストテストはプレテストと同じ問題を用いたが、プレテストの問題の答えを児童が覚えて解答するのを避けるため、全児童がドリルを終えてから2週間後に行った。

3.2. 対象としたAI型ドリル教材の構成

本研究で用いたA社のAI型ドリル教材は、小・中・高の学習に対応し、小学校では5教科に対応している。間違いの原因をAIが解析し、最適化された問題(過去の単元や前学年への遡行含む)を出題する。入力方式は手書きで、認識された文字が正誤判定される。作図やグラフ作成問題にも対応している。解答履歴、解答時間、正答率等の学習データは、専用の管理システムでリアルタイムに収集・分析され、児童の理解度が把握できる。演習・テスト・宿題などの配信機能もある。Webブラウザ上で動くためインストールは不要だが、ネットワークへの常時接続が必要である。余白やメモ欄に補助計算や図、言葉などの書き込みができ、解答時には「解説」や「ヒント」が参考にできる。算数・数学科のドリルでは、解くことで概念を習得できるよう、スモールステップで問題が構成されている。

4. 結果と考察

4.1. 結果の概要と散布図

プレテストとポストテストの結果を集計し、19名全児童について、プレテスト正答率、ポストテスト正答率、プレとポストの正答率差、ドリル教材正答率を散布図に表し、相関を調べた。まず、プレテスト、ポストテストの結果の概要(図1)を示す。

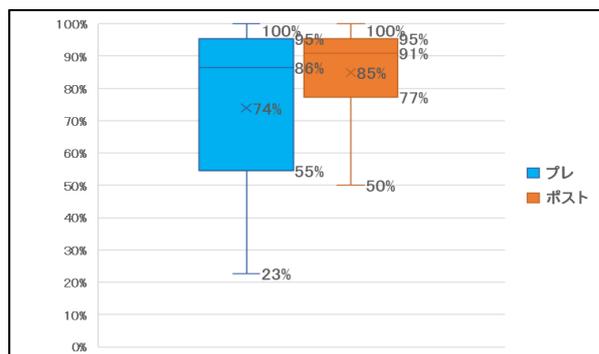


図1：プレテスト・ポストテスト結果の概要

プレテストの平均正答率は74%、ポストテストの平均正答率は85%、有意水準 5%で両側検定の t 検定を行ったところ、 $t(18) = 3.37, p < .01$ であり、復習前後の正答率差は有意であった。プレテストに比べ、ポストテストのほうが正答率の散らばりが小さくなった。次に、各児童の正答率の変化及びその分布をみるため、観点別に散布図に整理した。プレテスト正答率と、伸び率(=ポスト正答率-プレ正答率)の散布図(図2)を示す。

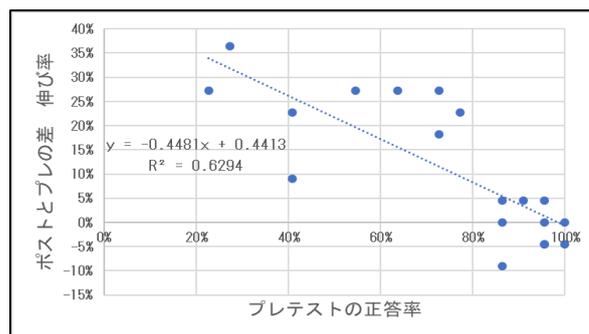


図2：プレ正答率と伸び率の散布図

散布図は、図のような回帰直線で近似された。相関係数は0.79であり、両者の間には強い負の相関があることが分かった。相関係数の検定の結果、有意水準 5%で有意差が認められた。

続いて、ドリル教材正答率とポストテスト正答率の散布図(図3)を示す。

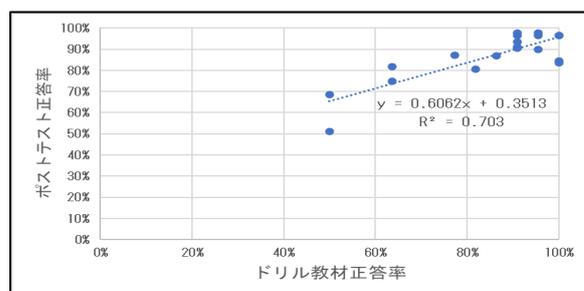


図3：ドリル教材正答率とポスト正答率の散布図

散布図は、図のような回帰直線で近似された。相関係数は、0.83であり、両者の間には強い相関があることが分かった。相関係数の検定の結果、有意水準 5% で有意差が認められた。

4.2. 散布図の検討とドリル教材による復習の効果

図2から、プレテストの正答率とプレ・ポストの伸び率には強い負の相関がみられた。プレテストの点数が低いほど伸び率が高く、点数が高いほど伸び率が低い。散布図は、図2のような回帰直線で近似されたことから、ドリル教材による復習により、プレテストの正答率が低い児童から高い児童にかけて一定の割合（一次関数、等しい傾き）で正答率が向上する可能性が示唆された。また、図3の散布図から、ドリル教材の正答率が高いほど、ポストテストの正答率が高く、正答率は一定の割合（一次関数、等しい傾き）で向上する関係が見られた。一方で、得られた回帰直線を基準に各データを見ると、ドリル教材の正答率が高くても、ポストテストの正答率が回帰直線の下に来ている児童もいたため、必ずしも正答率が高い児童ばかりとはいえないことも分かった。

そこで、正答率変化の要因を考察するため、児童の解答履歴を、問題ごと1枚ずつ画面キャプチャし、どこが理解不十分だったか考察した。総回答数(キャプチャ枚数)は1862問、誤答総数は275問であった。その後、プレ・ドリル教材・ポストの各正答率を基準に、児童の理解度に応じたタイプ別分類を試みた。

4.3. プレ・ドリル教材・ポストともに正答率が非常に高い児童群【分類ア】

この児童群は、プレ・ドリル教材・ポストともに、正答率が95%~100%と非常に高い児童群である。プレとポストの誤答数は0~1問、ドリル教材の誤答数も2~3問であり、分数単元の学習はきちんと身につけていると判断できる。抽出児A児は、プレで分数のたし算を1問間違えており、ポストは全問正解している。ドリル教材の正答率は97%で、誤答数は3問である。A児は帯分数の加法で、帯分数を仮分数に直す際、正しく直せず誤答している。この小単元(大問)ではその後、帯分数を整数と分数に分けて計算する方法と、帯分数を仮分数に直して計算する方法の両方が、順番にスモールステップで提示された。A児はその後の問題をすべて正解し、文章問題の単元では、帯分数を整数と分数に分けて計算する方法で正しく解答し

ていた。つまり、最初は帯分数の計算の仕方を忘れていたが、ドリル教材による復習で手順を思い出し、再び正しい手順が身についたと考えられる。ポストテストの帯分数の計算もすべて正解だった。

4.4. プレ正答率が中位でポスト正答率が高くなった児童群【分類イ】

この児童群は、プレテスト正答率が55%~77%、ドリル教材の正答率が81%~91%、ポストテスト正答率が82%~100%(80%以上)のグループである。プレからポストまでの伸び率は18%~27%で、プレからポストにかけて正答率が高くなっている。抽出児Bは、総正答数85問、誤答数は9問だったが、判定ミスが2問、解答形式違いが1問、計算ミスが2問となっている。つまり、誤答のうち半数近くは、正しい答えが求められていたり、手順は理解できていたりする問題だった。残りの誤答からも、本単元で必要とされる分数概念の根本的な理解はある程度理解できていると推測され、AIによる問題提示及び提示された問題の解答により分数概念の復習ができたと判断できる。

4.5. プレ正答率が低くポスト正答率が伸びた児童群【分類ウ】

この児童群は、プレテスト正答率が23%~41%、ドリル教材の正答率が69%~82%、ポストテスト正答率が50%~64%のグループである。プレからポストまでの伸び率は18%~37%と、正答率が伸びている。

抽出児C児はドリル教材の通分単元で、20問中5問間違えていた。通分単元の正答率は75%で、全員の通分単元の平均正答率89.6%と比べると低い。それ以降の単元でも、通分の理解不足による誤答が多く見られた。これらのことから、正しく通分概念を身につけるまでに至らなかったと判断できる。分数加減の単元では、34問中10問の誤答があったが、誤答10問のうち、純粋に分数加減の手順理解不足と判断できる問題は2問だった。したがって、ドリル教材の復習により分数加減の手順が身に付き、ポストテストの正答数向上につながったと判断できる。C児は、通分概念の理解は不十分であるが分数加減の正答率は高くなったことから、分数加減で分母をそろえる方法はあくまで分数加減の手順の一部と認識していて、それが通分とは理解せずに計算していると推察される。

4.6. プレとポストで正答率にあまり変化がみられなかった児童群【分類エ】

この児童群は、プレテスト正答率が86%~95%、ドリル教材の正答率が87%~98%、ポストテスト正答率が77%~95%のグループである。プレからポストまでの伸び率は一番多い児童で5%、また伸び率0%の児童もあり、プレに比べてポストの正答率が下がった児童(最大9%減)もいる。

この群の児童は、プレテストである程度の正答率がとれており、6名のプレテストの各領域の正答数を見ると、1名を除き、正答数0の領域は見あらず、分数の概念をある程度満遍なく習得できていると考えられる。ドリルの正答率も平均正答率85%より高くなっていて、読解力を必要とする問題や、概念理解を問われる問題(1/3と5/6の通分など)にもある程度解答することができている。プレテストの誤答や、ポストテストでの誤答には、例えば通分後の加減を間違えたり、加減の後の約分を忘れてしまったりといった、いわゆる計算ミスのような間違え方が多く見られたことから、ドリル教材による分数概念の復習の必要があまりなかった児童群であると判断できる。

4.7. プレ正答率が低くポスト正答率が低い児童群【分類オ】

抽出児D児のドリル教材の総回答問題数は131問、誤答数は64問だった。学習者全員の平均総解答問題数は98問、平均誤答数は14問に比べてどちらも多いことから、ドリル教材の問題が間違いを補う問題がAIの判定により出題されたが、その問題が正答できず、さらに問題が出題されるということを繰り返したと判断できる。また、G児の帯分数単元の誤答をみると、前単元までに習得できておく必要のある、帯分数から仮分数への変換や、仮分数同士の加法を間違えていたことが分かった。例えば、真分数の加法を間違えた後、通分の問題が出題されたが、これも間違え、その後無回答が4問続き、もう一度真分数の加法を間違える、といった間違え方をしている。この一覧の誤答をみると、間違いの要因も、通分、分数加減、帯分数の意味理解、帯分数加減と幅広いことから、単元を通して分数の概念の習得が不十分であることが分かる。このような児童にとって、ヒントや解答解説を読み解きながら自力で復習しながら正答率を上げることは難しく、AI型教材による問題や難易度の最適化や繰り返しの提示を受けながら学習する際に、教師など人による学習支援が必要であると考えられる。

4.8. プレ・ポスト正答率の変化と分類別誤答の考察から得られたAI型ドリル復習における留意点

分類アや分類エのような児童は、ドリル教材による復習の前にある程度分数概念が身につけていると考えられ、復習の効果が大きいとは言えないが、分類イや分類ウの児童は、プレテストとポストテストの間で大きく正答率が向上し、復習の効果が高かったと考えられる。つまり、概ね学力中位から下位層にかけて学力向上に効果があったと考えることができよう。一方、下位層の児童の中には、ドリル教材による復習の効果が十分出たとはいえない児童もいる。解答の途中で同じ問題を繰り返して間違えたり、無回答が続いたり、復習の正答率が低かったりする傾向が見られた場合は教師が個別に関わり、つまずきの原因を明らかにするとともに、つまずきを解消するための学習支援を積極的に行っていくことで、復習の効果をより高めることにつながっていくと考える。本教材の構成が正答率向上に寄与したと判断できる一方で、すべての児童がつまずきの原因を自己認知し改善できるまでには至っていないとは言いきれず、そのことを意識して活用する必要がある。

5. まとめと今後の課題

AI型ドリル教材による「分数のたし算・ひき算」の復習は、テストの正答率を一定の割合で上昇させることが明らかになった。また誤答分析により、AI型ドリル教材による復習は、概ね中位層から下位層の児童の学力向上に効果があることも分かった。さらに、解答の途中で同じ問題を繰り返して間違えたり、無回答が続いたり、復習の正答率が低かったりする傾向が見られた場合は教師が個別に関わり、つまずきの原因を明らかにするとともに、学習支援を積極的に行うという留意点が導出された。

本研究では、留意点をふまえた具体的な学習支援のあり方やその効果までは明らかにできなかった。AI型教材の効果的な活用法や具体的な学習支援のあり方を今後研究していく必要がある。

参考文献

- [1]文部科学省(2021).端末の利活用状況等の実態調査
- [2]神野元基(2017).学校教育におけるAI型教材導入のすすめ、情報処理
- [3]経済産業省, “未来の教室 ~learning innovation~.” <https://www.learning-innovation.go.jp/>