

小学校算数科における人工知能型教材を用いた復習についての一考察

A Study on Review Using Artificial Intelligence Teaching Materials in Elementary School Arithmetic

津下 哲也*・佐藤 幸江**・中川 一史**

放送大学大学院*・放送大学**

人工知能型教材を用いて、小学校6年生児童を対象に、5年「約数と倍数」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、問題別の正答率の変化や個別児童の正答率の変化について、学習ログをもとに、その特徴や変化の要因を考察した。本人工知能型教材における問題の意味理解を促したり解いたりするための支援や問題構成などの特性、及び解答状況に応じた問題提示が基礎問題の学力向上に寄与したことが明らかになった。また、問われ方が異なる問題や、応用問題への対応は十分ではないことが明らかになった。

キーワード：人工知能, AI, 個別最適化, アダプティブラーニング, Edtech

1. 研究の背景

1.1. GIGA スクール構想

GIGAスクール構想により1人1台端末環境が全国的に整備された。文部科学省が掲げる「誰一人取り残すことのない公正に個別最適化された学び」の実現には、ハードウェアとともに、教育ビッグデータを効果的に活用するためのソフトウェア整備や活用も大切になる。近年では、人工知能を搭載した教材も開発され、学校現場での活用も始まっている。

1.2. 人工知能型教材

ENIACは1946年に開発した世界初の電子的汎用コンピュータと言われているが、人工知能についてもその頃より研究が始まっている。最近ではコンピュータの小型化・高性能化、インターネットの大容量・高速化などを背景に、ビッグデータの活用が可能となり、様々な分野で機械学習やディープラーニングの活用が進んでいる。コンピュータを教育に生かす取り組みは、CAI(computer-assisted instruction)と呼ばれ、1960年頃から行われてきた。近年では、EducationとTechnologyを掛け合わせたEdtechという造語も生まれており、テクノロジーの教育への期待は大きい。津下(2020)らは、経済産業省の未来の教室ページにあるEdtechサービスの中から人工知能を活用した学習用教材を調べ、特徴を分類した。学習用教材は、例えば、ある概念を動画で学習し、それに適した問題を解き、正誤が判定され、解説が表示されるといった流れで進んでいく。一連の過程において、個人の間違いに適して関連した類題を提示したり、そ

の概念を身に付けるのに必要な既習概念に遡って問題を提示したりする場面で、人工知能が用いられている。本研究では、学習の過程において、個人の習得状況に応じて、人工知能が問題を最適化して提示する機能を備えた教材について、人工知能型教材という用語を用いる。

1.3. 人工知能型教材を用いた先行研究や実証事業

一ノ瀬ら(2019)は、中学校2年生を対象とした補習授業で人工知能型教材「Qubena」を使ったアダプティブラーニング(適応学習)を行った。初回と最終回で小テストを実施し、計算分野、関数分野の平均点の変化を比較したところ、両分野とも平均点が上昇し、特に関数分野の成績の上昇がみられた。

稲垣ら(2019)は、小学生を対象に、人工知能型教材「やるkey」を提供し、授業、朝学習や放課後教室、家庭で活用を推進した。習熟度と正答率に関連が見られたとともに、下位群の児童では、教科書と同程度の問題を繰り返し取り組む児童には改善傾向がみられた一方、取り組み状況に偏りがある児童のスコアは低下していたことが分かった。

経済産業省の未来の教室ページには、人工知能型教材を用いた実証事業も報告されている。長野県立坂城高等学校では、「すらら」を用い高校1年生75名を対象に、英数国の3教科において授業が行われた。生徒がそれぞれのペースで学習を進め、国語と英語において小テストの結果が上昇した。生徒の意欲については、教材への集中力や理解度などについて肯定的評価が半数以上を占める一方、かわらない・ど

ちらでもよいといった非肯定的評価も一定数見られた。

武蔵野大学中学校・高等学校では、中学校1年生138名を対象に「Atama+」を用いた授業が行われた数学に苦手意識があった生徒も基礎学力を身に付けて得点力が向上していることが確認された。学習意欲について、数学が好き／やや好きと回答した児童の割合の増加もみられた。一方で、応用問題や記述問題への対応の必要性も指摘されている。

先行研究や実証事業からは、学ぶ意欲や平均点の向上、といった成果が報告されている一方で、学力下位群への取組に関する課題や応用問題や記述問題への対応の必要性などが指摘されている。そこで本研究では、小学校算数科で人工知能型教材を用いた復習を行い、正答率の変化と学習ログの考察を通してどのような教材特性が、どのような問題の学力向上に寄与するかを明らかにしていく。

2. 研究の目的

人工知能型教材を用いて既習内容の復習を行い、プレとポストの正答率を算出し、学習ログをもとに解答状況を分析することで、人工知能型教材の特性を調べ、どのような問題の学力向上に寄与するかを明らかにする。

3. 研究の方法

3.1. 概要

岡山県の公立A小学校6年生児童8名を対象に、B社の人工知能型教材を用いて、5年生の既習単元「倍数と約数」の復習を45分間行った。前時の45分間の中で、教材の使い方を教え、当該単元以外の内容の練習問題に取り組みさせた。今回の復習の前には、採択しているC社の算数教科書付属の評価テストを用いて、定着度を測定した。人工知能型教材を用いて復習した後、同じ評価テストを実施し、復習前に間違いのあった問題のみ再度解答させた。正答率の変化を集計し、学習履歴をもとに、結果を考察した。

3.2. 評価テストの問題

評価テストは、ある数の倍数や約数を求めるといった基本問題11問と、応用問題4問の計15問から構成されている。問題の概要を表1に示す。

表1：評価テスト問題の概要

種別	大問	小問	内容	問題概要	種類
1	1		偶数分別	次の数のうち偶数はどれか	基礎
2	2		偶奇分け	24本の鉛筆を2人で分ける片方が奇数の時もう片方は?	応用
3	3	1	倍数	1~20の整数のうち5の倍数	基礎
4		2	倍数	1~20の整数のうち7の倍数	基礎
5	4	1	約数	9の約数をすべて書く	基礎
6		2	約数	19の約数をすべて書く	基礎
7	5	1	公倍数	4と6の公倍数を小さい順に3つ	基礎
8		2	公倍数	9と15の公倍数を小さい順に3つ	基礎
9	6	1	公約数	18と27の公約数をすべて書く	基礎
10		2	公約数	24と36の公約数をすべて書く	基礎
11	7	1	公倍数と公約数	9と12の最大公約数と最小公倍数	基礎
12		2	公倍数と公約数	8と16の最大公約数と最小公倍数	基礎
13	8		バス発車	電車は8分毎、バスは12分毎発車	応用
			最小公倍数	9時に同時に出発、次に同時に出発するのは?	
14	9	1	しきつめ	12cmと20cmの色紙を使い正方形をつくる	応用
			最小公倍数	しきつめる時の最小の正方形の1辺と必要枚数	
15		2	しきつめ	12cmと20cmを切り分けて正方形をつくる	応用
			最大公約数	余りなく切る時の最大の正方形の1辺とできる枚数	

3.3. 人工知能型教材について

B社の人工知能型教材は、小1～中3までの算数・数学の学習ができる。「ラーニング」「マスター」「ワークブック」の3つがある。「ラーニング」は、学年別・単元別に問題が配列されており、間違えると実態に応じた問題が提示されるようになっている。「マスター」は、「ラーニング」で間違えた問題を中心に復習用に問題が自動的にセレクトされる。「ワークブック」は教師が指定した単元・問題を配信できるようになっている。今回の研究では、時間の関係から、「ラーニング」のみを用いて復習を行った。

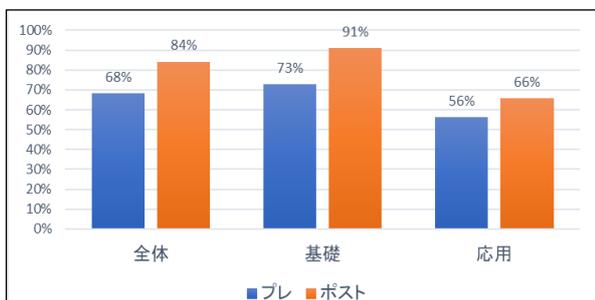
本教材は、1問1答型の教材で、解答は手書きで入力する。解答のタイプは、数値を答えるもの、式を答えるもの、計算の答えを答えるもの、用語を答えるもの、選択肢から選ぶもの、などがある。余白やメモ欄に補助計算や図、言葉などの書き込みができる。自力で問題を解くのが難しい児童は、答え合わせをする前に、「解説」と「ヒント」を参考にすることができる。答えを入力し、解答ボタンを押すと、正誤が即座に判定され、問題の解説が提示される。正答の場合は、次の問題に進み、間違えた場合には、類似問題が提示されたり、その問題を解くのに必要な前の問題に遡ったりして、問題が提示される。児童の学習履歴はすべて記録される。

4. 研究の結果

4.1. 正答率の変化

全体の正答率、基礎問題、応用問題の正答率はいずれも上昇した。基礎問題の上昇率のほうが、応用問題より高かった。(表2)

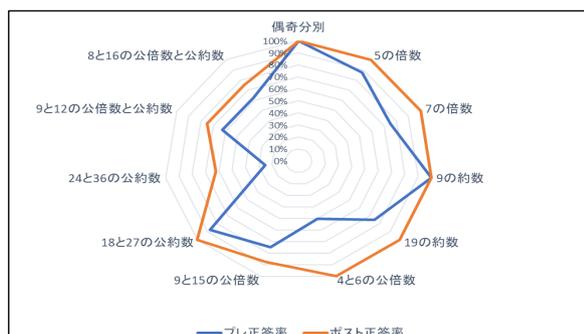
表 2：平均正答率の変化



4.2. 問題別正答率の変化

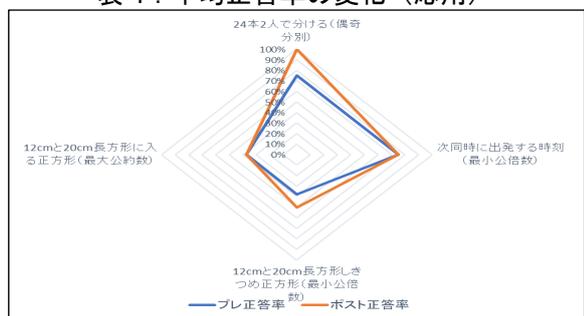
基礎問題のプレテスト結果は、レーダーチャートの内側のようになった。問題により正答率の差が大きかった。基礎問題のポストテスト結果は、レーダーチャートの外側のようになった。全体的に正答率が上がり、7問が正答率100%になった。(表3)

表 3：問題別正答率の変化（基礎）



応用問題については、偶数と奇数の分別問題の正答率がポストテストで100%になったが、1問は正答率が少し上昇、残りの2問は、正答率に変化が見られなかった。(表4)

表 4：平均正答率の変化（応用）



5. 考察

5.1. 教材の特性

B社の人工知能型教材の「倍数と約数」単元の題数は、児童個別に提示された復習問題を除いて、83問

あった。単元は、4つの小単元に分かれ、それぞれ「①偶数と奇数」が23問、「②倍数と公倍数」が33問、「③約数と公約数」が25問、「④チャレンジ」が2問あった。各小単元は「ベーシック」と「ステップアップ」に分かれ、①～③の小単元は、約8割がベーシックだった。83問中、ベーシックが66問、ステップアップが17問と、約8割が基礎問題だった。

45分間に児童が解答した問題数と分布について、83問全問解答者が2名、81問が4名、72問が1名、57問が1名だった。再提示された問題も含めた総解答問題数は、一番多い児童で99問、一番少ない児童で78問だった。「(正答した問題数) ÷ (再提示された問題も含めた総解答問題数)」で算出した、人工知能型教材の正答率は、一番高い児童で99%、一番低い児童で87%だった。

本教材の「ベーシック」の問題はスモールステップで構成され、また、問題と共に図や数直線などが提示され、問題を解く際に分からなければ、ヒントや解説を見ることができるようになっている。必要に応じてこれらを参考にしながら習熟することで、基礎問題を解く力が向上したと考えられる。

5.2. 基礎問題における復習問題の取り組み方

基礎問題の復習において、8名中2名(A児、B児)が間違えた「2と3と8の最小公倍数を求める」という問題(問題ア)を取り上げ、児童別に復習パターンを考察する。A児が問題アを間違えた後には、「2と3と4の最小公倍数を求める」→「2と3と4の公倍数のうち2番目に小さい数を求める」→「2と3と4の公倍数を小さい物から順に3つ書く」の3問が提示され、再度問題アが提示された。再提示に正解したA児は、次の問題に進んだ。B児が問題アを間違えた後には、「2と3の最小公倍数を求める」→「3と4の最小公倍数を求める」の2問が提示され、再度問題アが提示された。再提示に正解したB児は、次の問題に進んだ。同じ問題を間違えても、児童により提示の問題が異なることから、解答状況に応じた復習問題が選択されるようになっていることが分かる。

次に、基礎問題のポストテスト結果の下位2名(C児、D児)を抽出し、その正答率の変化について、人工知能型教材の学習ログに着目して考察する。

C児はプレテストの正答率が36%だったが、ポストテストは73%となり、全児童の中で基礎問題の正答率の上昇率が最も高かった。C児の人工知能型教材での正答率は95%で、クラスの上位2番目だっ

た。D児はプレテストの正答率は64%、ポストテストは73%で、D児の伸びは、プレテストで間違えていた倍数領域の正答率が伸びたことによるものであった。D児の人工知能型教材での正答率は88%と低かったが、倍数領域での誤答は29問中2問のみであったことから、人工知能型教材による復習の効果があったと考えられる。

5.3. 問われ方の違いへの対応

D児とE児の両方が、プレ・ポストとも間違えた基礎問題が「9と12の最大公約数と最小公倍数を求める」問題だった。人工知能型教材では、最大公約数と最小公倍数は、それぞれ別の単元で学習するように構成されている。この問題のように、1問の中で同時に両方の解答が問われるような形式の問題を回答するには、最大公約数と最小公倍数を正しく理解していることと、問題を正確に読み解く読解力が必要となる。小学校では、問題の聞かれ方や提示され方が少しでも変わると、途端に問題が解けなくなる児童が出てくるといった現象をよく見かける。本教材による復習のみで、このように問われ方の異なる問題に対応する力をつけることは難しいと考えられる。

5.4. 正答率からみる応用問題への対応

評価テストの応用問題について考察する。応用問題の中で正答率が高かった「偶奇分別」問題については、人工知能型教材に習熟問題が2問、図付き出題されていた。児童の人工知能問題の習熟率は2問とも100%であり、十分な理解が進んだと判断できる。

「縦12cmと横20cmの長方形をしきつめて、正方形をつくる」問題は、評価テストでは、最小公倍数を考えて1辺の大きさを求めるとともに、何枚必要かを考えるという、2つの解答が求められる。評価テストにも思考の手がかりとなる図が一部示されているが、最小公倍数を考えることと、それをもとに枚数を求めることは、自力で考える必要がある。

人工知能型教材の倍数単元の「パワーアップ」には、類題である「縦6cm横9cmの長方形をしきつめて正方形をつくる」問題が出題されていた。出題の形式は評価テストとは異なり、小問1で6の倍数の書かれた表の穴埋め問題、小問2で9の倍数の書かれた表の穴埋め問題、小問3で6と9の倍数がそれぞれ書かれた表の中から共通する一番小さい倍数を求める問題、小問4で3cmと5cmの長方形をしきつめるとき一番小さい正方形の1辺は何cmか、と

いう組み立てで構成されている。この問題は、8名中7名が全問正解、1名が小問1と2が正解、というように、非常に高い正答率であった。にもかかわらず、評価テストの正答率の上昇はわずかであった。また評価テストの応用問題の残りの2問については人工知能型教材に類似問題が出題されておらず、評価テストのプレとポストでの正答率の上昇はみられなかった。以上より、本教材の復習だけで応用問題を解く力の向上にはつながらなかったことが明らかになった。

6. 結論

本人工知能型教材における問題の意味理解を促したり解いたりするための支援や問題構成などの特性、及び解答状況に応じた問題提示が基礎問題の学力向上に寄与したことが明らかになった。また、問われ方が異なる問題や、応用問題への対応は十分ではないことが明らかになった。

7. 今後の課題

教材特性が基礎問題の習熟に効果があったことは明らかになったが、それらの特性が個人の学力伸長とどのような相関にあるのかまでは明らかになっていない。また、時間の制約上、限られた時間数と機能を用いての実践なっているため、人工知能型教材のもつ機能を充分活用できているとは言い難い。人工知能型教材をより効果的に活用するために、引き続き研究を続けていきたい。

参考文献

- 文部科学省(2019), Society5.0におけるEdTechを活用した教育ビジョンの策定に向けた方向性
津下哲也, 佐藤幸江, 中川一史(2020), AI教材の特徴と分類, AI時代の教育学会予稿
一ノ瀬秀司, 篠ヶ谷圭太(2019), 人工知能型教材とルーブリックによるアダプティブラーニングの効果—数学の学力・学習力の変化に着目して—, 日本教育工学会 大会講演論文集
稲垣忠, 大森裕二, 志野奈美子, 阿波弘真, 村上壮, 菊池尚樹(2019), 学校および家庭における適応学習の実践と評価, 日本教育工学会, vol. 42, no. 4, pp. 345-354
経済産業省, “未来の教室 ~learning innovation~.”
<https://www.learning-innovation.go.jp/>.