

数学教育におけるアダプティブラーニングを用いた 効果についての研究

—アダプティブラーニング教材 Qubena を用いた教育実践—

大門耕平

坂井武司

中島晃貴

1. 問題と目的

(1)中学生という期間の課題

中学生という期間には様々な変化があり、その一つが小学校から中学校への移行である。そして、この移行の期間に多くの生徒が、学習意欲の低下、学業成績の低下、学校への不適應、退学という事象に陥ると報告されており、小学校から中学校への移行に注目することの重要性が提言されている (Carnegie Council on Adolescent Development, 1995; Eccles and Midgley, 1989; Eccles et al, 1993; Simmons & Blyth 1987)。日本においても、文部科学省は、「児童が、小学校から中学校への進学において、新しい環境での学習や生活へ移行する段階で、不登校等が増加したりするいわゆる中1ギャップが指摘されている。各種調査によれば、「授業の理解度」「学校の楽しさ」「教科や活動の時間の好き嫌い」について、中学生になると肯定的回答をする生徒の割合が下がる傾向にあることや、「学習上の悩み」として「上手な勉強の仕方がわからない」と回答する児童生徒数や、暴力行為の加害児童生徒数、いじめの認知件数、不登校児童生徒数が中学校1年生になったときに大幅に増える実態が明らかになっている。」(文部科学省 2017)と小学校から中学校への移行期に生じる問題について問題提起している。

さらに、中学生の学習意欲の低下が報告されている (文部科学省 2016; Okado 2017)。Anderman & Midgley (1997) は、このような中学校での学習意欲の低下が起こる原因を中学生の学習への意識にあるとし、小学生は自分の能力を高めること、すなわち課題の達成を求める傾向が強いのに対し、中学生は相対的な評価や正しい答えなどの結果の達成を求める傾向が強くなると述べている。このことは、中学生の学習への意識の低下には、学

業成績が大きな影響を与えるという指摘であると理解できる。

(2)中学生期における数学教育

数学教育において、中学生は、小学生と比較して数学への関心が大きく低下していることが、全国学力・学習状況調査および国際教育達成度評価学会（IEA）が実施した国際数学・理科教育動向調査で報告されている（文部科学省，2017；文部科学省，2015）。また、中学生の数学についての意識と学業成績との関係については、Singh（2002）の研究がある。Singh は、中学校での数学と科学への関心が将来のキャリアにおける数学と科学に重要な関連を持つにもかかわらず、高校生を対象とした研究が重視されている現状を問題視し、ミドルスクールの8年生（日本の中学2年生相当）に対して、数学や科学への関心と学業成績について調査をおこなった。そして、ミドルスクールの8年生の数学と科学の学業成績に対しては、数学と科学の学習における意欲と態度が強い関連を示すことを明らかにしている。

(3)アダプティブラーニング教材の可能性

このような課題を解決するための教材として、数学教育において、人工知能を搭載した教材が開発され、アダプティブラーニング、すなわち、生徒の個別の理解に応じた学習教材を導入することが可能となっている。文部科学省は、「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」において、すぐにでも着手すべき課題として、「学習データ等を活用した学習状況の「見える化」等による個に応じた指導（アダプティブラーニング）の推進を明記している（文部科学省 2018）。また、2020年代に向けた教育の情報化に関する懇談会（第1回）の資料「教育の情報化について—現状と課題—」（文部科学省 2016）において、文部科学省は、未来社会を見据えた初等中等教育の改革を実現するものとして、アダプティブラーニングを位置付けており、「個々の子供の習熟度等に応じた学習（いわゆるアダプティブラーニング）等を通じて、必要な資質・能力を確実にかつ効果的に育む教育が求められている。」と述べている。

このようなアダプティブラーニングを提供する教材として、Qubenaがある。Qubenaは、株式会社COMPASSが提供するAI型タブレット教材であり、学習状況データを収集し、個々の生徒に応じた問題を出題することを可能とする教材である。Qubenaが提供する学習は3つある。それらは、生徒が任意で学習範囲を指定し、学習を進めることができる「ラーニングモード」、生徒がラーニングモード内で解いた問題を復習できる「マスターモード」、そして、教員が生徒に指定した問題を配信できる「ワークブックモード」である。

(4)研究の位置付け

数学教育におけるアダプティブラーニングについては、成績の向上や授業の効率化など

の成果についての報告がなされている。しかし、津下(2020)は、「そのまま教材を与えるだけでは十分な効果が上がらない。といったように、人工知能教材を使うだけで、個別に最適化された学びが実現されるとは言い難い。」と人工知能教材を単に導入することに警告を鳴らし、「人工知能教材を学校現場で活用する場合、学校現場のどの場面で、どの教材を、どのように活用するかを具体的に決めていく必要がある。」と提言している。

そこで、本研究では、中学校入学後の1年生の数学に関する意識を低下させない取り組みとして、数学教育においてアダプティブラーニング教材 Qubena を導入することとした。Qubena の使用においては、中学校1年生を対象として、数学教育の教材として導入し、授業での活用、および、課題としての提示、そして、自主教材としての活用という3つの方法で Qubena を生徒に提供した。本研究により、アダプティブラーニング教材が、中学校入学後の生徒の数学への意識を維持、向上させるために効果的であるかを検証し、これにより、中学校数学教育において、数学への意識の維持、学業成績を支援するための示唆を得ることを目的とする。

2. 方法

(1)対象者とアダプティブラーニングの提供

私立 A 中学校に入学した中学生を対象とした。2 学年を調査対象として、Qubena を導入しなかった非介入学年（127 名）と Qubena を導入した介入学年（138 名）を対象とした。Qubena 導入学年に対しては、入学前の春休みからワークブックモードで小学校の総復習課題を配信し、入学後も数学の授業において継続して配信した。なお、ラーニングモード、マスターモードについては、個々の取り組みに委ねるものと位置付けた。

(2)調査内容および調査時期

数学への意識に関する調査内容として、Okado (2019)による数学への意識尺度を9月に実施した。質問項目は3つであり、質問項目1は、「数学の学習について、もっとも当てはまるものを一つ選んでください。」（以下「数学（好き嫌い）」）であり、選択肢は、「好きではない。」、「あまり好きではない。」、「どちらとも言えない。」、「まあ好き」、「とても好き」であった。質問項目2は、「数学の今までの学習についてどのような印象を持っていますか。もっとも近いものを一つ選んでください。」（以下「数学（印象）」）であり、選択肢は、「授業についていけず、あきらめかけている。」、「授業についていけず、非常に不安。」、「授業に少しわからないところがあり、不安。」、「授業に少しわからないところがあるが、がんばればついていけると思う。」、「授業はわかっているが、少し不安。」、「授業はわかっている、不安はない。」であった。質問項目3は、「数学の授業への取り組み方に、もっとも近いものはどれですか。」（以下「数学（授

業)」)であり、選択肢は、「授業にあまり集中できない。」、「授業を聞くよりも、板書を書き写すことに集中している。」、「大切なことをノートなどに書き込んでいる。」、「質問をして、疑問点を解決している。」、「予習して疑問点を明らかにし、自分の考えがっているかを授業で確認する。」、「予習して授業はわかっているので、発展的なことを考えたりしている。」であった。これらの回答を100点満点に換算して数学への意識得点を算出した。また、Qubena についての印象を調査するために、2つの質問をし、回答を回収した。質問項目1は、「Qubena での学習は楽しいですか。」であり、質問項目2は「Qubena での学習はわかりやすいですか。」であった。選択肢は、4件法であり、「そう思わない。」、「あまり思わない。」、「すこしそう思う。」、「そう思う。」であった。さらに、学業成績として、1年生の春と秋に実施される模擬試験の数学の成績を収集した。これらのデータの分析には SPSS23.0 を使用した。

3. 結果

(1) 数学への意識得点についての記述統計量および t 検定

数学への意識についての記述統計量を表1に示した。t 検定の結果、平均値をみると、数学(好き嫌い)得点において、介入学年が非介入学年と比較して有意に高い値であった($t=-2.846$, $df=254$, $p<.05$)。

表1. 数学への意識得点についての記述統計量および t 検定

| | 非介入学年 | | | 介入学年 | | | t検定 |
|----------|-------|---|------|------|---|------|-------|
| | 平均値 | ± | 標準偏差 | 平均値 | ± | 標準偏差 | |
| 数学(好き嫌い) | 55.9 | ± | 26.2 | 65.1 | ± | 25.3 | 0.005 |
| 数学(印象) | 73.2 | ± | 20.2 | 73.3 | ± | 21.9 | 0.952 |
| 数学(授業) | 57.8 | ± | 22.1 | 61.2 | ± | 24.2 | 0.248 |

(2) 学業成績について

介入学年の1年生秋の数学の学業成績が非介入学年と相違があるかを検討するため、目的変数を1年生秋とし、説明変数を年度とし、さらに、共変量を1年生春の学業成績とする共分散分析を実施した。

その結果、1年生秋の学業成績慣について、年度間で交互作用がみられなかった($p=.951$)こと、および、切片に有意な差があること($p=.000$)が示されたことから、各学年の学業成績の値が平行であることが示されたので、学年間の値の差を検討した。多重比較(Bonferroni)の結果、介入学年と非介入学年の間に差はみられなかった。表2に結果を示した。

表 2.多重比較(Bonferroni)の結果

| 比較対象 | | 平均値の差 | 標準誤差 | 有意確率 ^a | 平均差信頼区間 ^a | |
|-------|------|-------|-------|-------------------|----------------------|------|
| | | | | | 下限 | 上限 |
| 非介入学年 | 介入学年 | 0.041 | 0.669 | 0.951 | -1.277 | 1.36 |

多重比較(Bonferroni)

(3)Qubena に対する印象に関する記述統計量、および、数学への意識得点との相関係数 Qubena に対する生徒の印象がどのようなものであるかについての結果を表 3 に示した。

表 3.Qubena に対する印象についての平均値および標準偏差

| | 平均値 ± 標準偏差 |
|----------------------|-------------|
| Qubenaでの学習は楽しいですか | 2.66 ± 0.99 |
| Qubenaでの学習はわかりやすいですか | 3.10 ± 0.91 |

また、Qubena への印象が数学への意識、および、数学の学業成績（1年生秋）とどのような関係であるかを調べるために、相関係数を算出し、表 4 に示した。その結果、「Qubena での学習は楽しいですか。」は、数学（好き嫌い）と有意な相関がみられた。また、「Qubena での学習はわかりやすいですか」は、数学への意識のすべてと有意な相関がみられた。しかし、1年秋の学業成績とは有意な相関がみられなかった。

表 4.Qubena への印象と数学への意識、および、1年秋の学業成績との相関係数

| | 数学(好き嫌い) | 数学(印象) | 数学(授業) | 数学全国偏差値1年秋 |
|----------------------|----------|--------|--------|------------|
| Qubenaでの学習は楽しいですか | 0.36 ** | 0.09 | 0.16 | 0.056 |
| Qubenaでの学習はわかりやすいですか | 0.43 ** | 0.21 * | 0.19 * | 0.108 |

*p<.05, **p<.01

(4)Qubena の学習の取り組み結果

Qubena の学習の取り組みについて、ワークブックモード、ラーニングモード、マスターモードのそれぞれについて、学習時間、回答数、正答率を表 5 に示した。

表 5.Qubena の学習の取り組み結果

| | 平均 | ± 標準偏差 |
|---------------|--------|---------|
| ワークブック学習時間(分) | 960.4 | ± 331.0 |
| ワークブック回答数(問) | 1308.9 | ± 178.2 |
| ワークブック正答率 | 0.7 | ± 0.1 |
| ラーニング学習時間 | 134.4 | ± 193.8 |
| ラーニング回答数(問) | 372.3 | ± 470.9 |
| ラーニング正答率 | 0.9 | ± 0.1 |
| マスター学習時間(分) | 27.1 | ± 74.9 |
| マスター回答数(問) | 65.6 | ± 158.6 |
| マスター正答率 | 0.5 | ± 0.5 |

また、Qubena の学習の取り組みデータのうち学業成績に寄与する因子を明らかにするために、「学業成績 1 年秋」を従属変数とし、Qubena の取り組み結果を独立変数として重回帰分析（ステップワイズ法）を行った。その結果、最後まで有意であった変数を独立変数とし、「学業成績 1 年秋」を従属変数として最終的な重回帰分析を行った。有意水準は $p < .05$ とした。重回帰分析（ステップワイズ法）の結果、有意だった独立変数それぞれの標準偏回帰係数を表 6. に示した。

表 6. Qubena の取り組み結果を独立変数とした重回帰分析（Stepwise method）の結果

| | 標準化係数(β) | |
|---------------|---|-----|
| ワークブック正答率 | 0.524 | *** |
| ワークブック学習時間(分) | -0.232 | ** |
| ワークブック回答数(問) | 0.232 | ** |
| 従属変数:学業成績1年秋 | *** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$ | |

その後、有意であった変数のみを再投入して重回帰分析（ステップワイズ法）を実施した結果、1 年秋の学業成績に寄与する因子として、①ワークブック正答率、②ワークブック学習時間、③ワークブック回答数、以上 3 点が抽出され、これらの因子によって学業成績の 43.6% が説明された(表 7)。

表 7. 学業成績 1 年秋を説明する因子

| | 偏回帰係数 | 標準誤差 | 標準化係数(β) | t 値 | 有意確率 |
|--|--------|-------|------------------|--------|-------|
| ワークブック学習時間(分) | -0.006 | 0.002 | -0.232 | -3.531 | 0.001 |
| ワークブック回答数(問) | 0.013 | 0.004 | 0.232 | 3.38 | 0.001 |
| ワークブック正答率 | 34.529 | 4.514 | 0.524 | 7.65 | 0 |
| 重回帰分析(ステップワイズ法):調整済み $R^2=0.436$, $F=33.701$, $p < .001$ | | | | | |

4. 考察

(1) 介入学年と非介入学年の比較

アダプティブラーニング教材である Qubena を用いた数学教育を半年間実施した介入群と非介入群との比較をおこなった。1年生秋の学業成績においては、介入群と非介入群との間に有意な差はみられなかったが、数学への意識である「数学（好き嫌い）」に関しては、有意な差がみられた。このことは、個々人に対応した教材が提供されること、および、自動採点、解説が提供されることの効果であると考えることができる。また、先行研究からも数学への意識が高いこと、すなわち、数学が好きであることが長期的には学業成績に強い影響を与えることが明らかになっており、中学校入学後から半年間、数学の好き嫌いが非介入群と比較して高く維持されることは、1年後、2年後の成績に影響を与えることが予想される。このことから、アダプティブラーニング教材を導入することは、小学校から中学校への移行期、すなわち、算数から数学に変わる段階において、その移行期の生徒を支援する教材として有益なものであると考えることができる。

(2) アダプティブラーニング教材 Qubena の効果

中学校入学前の春休みから iPad を一人一台貸し出す環境の中で、アプリとして Qubena を導入し、教材の配布をおこなった。春休み期間は、小学校の総復習を課題として配布し、入学後は、授業に合わせた課題の配信をおこなった。Qubena での学習が中学生にとってどのような印象を与えるのかを調べたところ、楽しいという回答よりも、わかりやすいという回答の方が平均値が高く、また、楽しいという回答が、数学（好き嫌い）とのみ有意な相関であるのに対し、わかりやすいという印象は、数学への意識のすべてに有意な相関があることが示された。アダプティブラーニングの導入の目的は、「個々の子供の習熟度等に応じた学習（いわゆるアダプティブラーニング）等を通じて、必要な資質・能力を確実にかつ効果的に育む教育が求められている。」（文部科学省 2016）が示すように、個々の人の習熟度に応じた学習により確実にかつ効果的に学ぶことであり、この調査で「わかりやすさ」の値が高く、かつ、数学への意識のすべてと有意な相関が示されたことは、Qubena での学習は、文部科学省が示している目的を十分に果たす教材であるということができる。

(3) アダプティブラーニング教材の活用

アダプティブラーニング教材の活用については、担当教師からの適切な課題の配布が必要となる。津下(2020)が述べているように、「そのまま教材を与えるだけでは十分な効果が上がらない。といったように、人工知能教材を使うだけで、個別に最適化された学びが実現されるとは言い難い。」と人工知能教材を単に導入することに警告を鳴らし、「人工知能教材を学校現場で活用する場合、学校現場のどの場面で、どの教材を、どのように活用するかを具体的に決めていく必要がある。」。この調査においても、Qubena を用いた

数学教育において、教師からの課題を着実に取り組んでいることが学業成績と有意な相関があることが示された。Qubena の2つのモードである、ラーニングモードとマスターモードも生徒が自主的に取り組むことができる教材であり、それらにおいても、アダプティブラーニングが提供されるが、それらと学業成績との間には有意な相関をみることができず、教師が提供するワークブックモードが有意な相関であった。このことは、学校教育においてアダプティブラーニングを導入し、適切な運用をするためには、教科担当者の理解、そして、日々の授業との関係の中で課題を配信することが重要であることを示している。すなわち、自主学習の教材としての活用よりも、数学教育の教材としての活用、授業との連携の中での活用が重要であるということである。

(4)今後の課題

今回の調査においては、介入群と非介入群との間の学業成績について差をみることができなかった。しなしながら、本研究は、中学校入学後の半年間でのものであり、先行研究の結果からも、今後の学業成績において差が見出される可能性がある。そのため、今回の調査を今後も継続し、卒業までの3年間の縦断調査をすることは、大きな意義があるといえる。今後も継続した調査を実施していきたい。

このような課題は残るものの、今後、数学教育だけではなく、いろいろな教科でアダプティブ・ラーニング教材の活用が予想される中、本研究によって示されたものは、一定の指針となる可能性があるといえる。今後もアダプティブ・ラーニングを学校現場の教育に導入することを継続しながら、検証をしていきたいと思う。

文献

- Anderman, E. M., & Midgley, C. (1997). Changes in Achievement Goal Orientations, Perceived Academic Competence, and Grades across the Transition to Middle-Level Schools. *Contemporary Educational Psychology*, 22, 269-298, Article No. EP960926.
- Carnegie Council on Adolescent Development (1995). *Great Transitions: Preparing Adolescents for the New Century*. Carnegie, New York.
- Eccles, J. S., & Midgley, C. (1989). Stage/Environment Fit: Developmentally Appropriate Classrooms for Early Adolescence. In R. E. Ames, & Ames, C. (Eds.), *Research on Motivation in Education* (Vol. 3, pp. 139-186). New York: Academic Press.
- Eccles, J. S., Midgley, C., Buchanan, C. M., Flanagan, C., Mac Iver, D., Reuman, D., & Wigfield, A. (1993). Development during Adolescence: The impact of Stage/Environment Fit. *The American Psychologist*, 48, 90-101.
- Okado, K., Hamada, H., & Kida, N. (2017b). Correlations between Changes in Study Habits and Academic

数学教育におけるアダプティブラーニングを用いた効果についての研究

Results in Junior High School Students—A Longitudinal Survey at a Private Junior High School. *Psychology*, 8, 2102-2113. <https://doi.org/10.4236/psych.2017.813133>

Simmons, R. G., & Blyth, D. A. (1987). *Moving into Adolescence: The Impact of Pubertal Change and School Context*. Hawthorne, NJ: Aldine.

Singh, K., Granville, M. & Dika, S. (2002). Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. *The Journal of Educational Research*, 95, 323-332.

内田昭利、守 一雄, 『中学生の「数学嫌い」「理科嫌い」は本当か -潜在意識調査から得られた教育実践への提言-』,2012

津下哲也,佐藤幸恵,中川一史, 『AI教材の特徴と分類』, AI時代の教育学会 研究会 論集, 2020

文部科学省, 『中央教育審議会初等中等教育分科会学校段階間の連携・接続に関する作業部会「焼酎連携、一貫教育に関する主な意見等の整理」』, 2012

文部科学省, 『国際数学・理科教育動向調査のポイント』,2015

文部科学省, 『2020年代に向けた教育の情報化に関する懇談会(第1回) 資料「教育の情報化について—現状と課題—」』,2016

文部科学省, 『平成29年度全国学力・学習状況調査報告書』,2017