

中学校数学科教育におけるアダプティブ・ラーニング学習の 実践と効果の検証

大 門 耕 平
(近江兄弟社中学校教諭)

影 山 皓 汰
(近江兄弟社中学校教諭)

坂 井 武 司
(教育学科教授)

中学校入学生徒（138名）に対して、最適化学習を実践し、その教育効果を検証した。教育実践においては、アダプティブ・ラーニング（個別最適化学習）アプリ Qubena を導入し、授業において活用した。1年半の教育実践後、アプリの活用状況、数学への意識および学業成績を収集し、アダプティブ・ラーニングの効果を検証した。これにより、中学校数学科教育におけるアダプティブ・ラーニングが数学への意識、および、学業成績に良い影響を与えることが示された。

キーワード：中学生、アダプティブ・ラーニング、数学への意識、学業成績、Qubena

1. 問題と目的

(1) 中学生という期間での教育課題

中学生という期間について、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、2012）と小学校から中学校への移行期に生じる問題について提起している。これらのことについて、学習習慣、授業に関する意識が低下することが示されている（文部科学省、2017; Okado ら、2017）。

(2) 中学校数学科教育の課題

中学校における数学科教育に関しては、小学校と比較して、数学への関心が大きく低下していることが報告されている。国際教育達成度評価学会（IEA）が実施した国際数学・理科教育動向調査は、小学校と中学校の児童・生徒に対して、質問紙調査を実施し、「算数・数学は楽しい」、「算数・数学は得意だ」という質問に対して肯定的回答をした割合が、中学生の方が小学生と比較して約20%程度低いことを

報告している（文部科学省、2015）。

そして、このような数学への関心の低下が学業成績に強い影響を与えることがこれまでの研究で明らかになっている。Singh（2002）は、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、数学への関心に関する調査を行い、学業成績と数学の学習における意欲と態度の関連が強いことを明らかにしている。また、Okado ら（2019）は、中学生の数学への意識に注目し、3年間の縦断調査を実施し、数学の学業成績との関係を明らかにしている。Okado らは、数学への意識として、「数学（好き嫌い）」、「数学（関心）」、「数学（授業）」の3項目に関するアンケートを実施し、これらを合わせて「数学への意識得点」を算出している。そして、1年春および1年秋、2年春および2年秋、3年春および3年秋の「数学への意識得点」と中学3年生秋の学業成績との相関分析を行い、中学生の数学への関心の変化と学業成績の関係について明らかにしている。これによると、中学3年生秋の学業成績に与える数学への意識は、特に中学1年生秋、中学2年生春の影響が大きいことが示されている。

これらのことから、中学校数学科教育の課題として、中学校入学後から中学校2年生春における数学への関心の低下を防ぐことが重要という示唆を得ることができる。しかしながら、これまでの数学科教育においては、中学校入学後に数学への意識が低下することが報告されており（文部科学省、2017; 文部科学省、2015）、学校教育として新しい方策での教育が必要であると考えられる。

(3) 中学校教育におけるアダプティブ・ラーニング教材

このような課題を解決するものとして ICT を利用したアダプティブ・ラーニングの可能性が唱えられている。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」（文部科学省，2018）を明記している。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。

そして，このようなアダプティブ・ラーニングを可能とするものとして，個別最適化学習アプリ 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。

アダプティブ・ラーニング教材の導入においては，成績の向上や授業の効率化について報告がなされている（一ノ瀬ら，2019）が，アダプティブ・ラーニング教材の導入においては，単に手法として導入するだけでは十分ではないという指摘もある。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の問題点を指摘し，「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。

(4) Qubena を用いた教育実践と効果の検証

筆者らは，すでに中学校教育に Qubena を導入した教育実践をおこない，および，その効果を報告している（大門ら，2021）。

この研究では，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ことを目的として，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。ICT 機器としては，iPad を選択し，生徒1人1台の iPad 所有の環境を整備し，学校だけではなく，家庭でも利用できるようにした。

研究の結果，アダプティブ・ラーニング教材を導入した介入群は，非介入群と比較して，1年生秋の数学への意識が有意に高いことが示された。1年生秋の段階での数学への意識の差は，学業成績においては有意な差を生み出すことは示されなかったが，長期的には学業成績に影響を与える可能性が高く，これについては継続的な調査が必要であると提言した。

また，アダプティブ・ラーニング教材への印象については，「Qubena での学習はわかりやすいですか」に関する平均値が，「Qubena での学習は楽しいですか」に関する平均値よりも高いことが示され，数学への他の意識と有意な相関であることが示された。このことは，アダプティブ・ラーニング教材が学習者に対して，数学の学習を支援する教材として有益なものであることを示すものである。また，このことは，アダプティブ・ラーニング教材の導入の目的である「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）ことを実現するものであることを示した。

さらに，アダプティブ・ラーニング教材の導入においては，授業との連携を密にすることが必要であることを示した。学業成績と Qubena の利用状況の分析から，生徒の自主学習としての取り組みが学業成績との相関が見られないのに対して，授業と連携した課題の取り組みが学業成績と有意な相関であった。

(5) 本研究の位置付け

本研究は，大門ら（2021）の研究を継続させたものであり，さらに1年間の継続的なアダプティブ・ラーニング教材による数学教育の実践に関するものである。

対象の中学校は，Okado ら（2019），大門ら（2021）の研究対象校であり，論文で示されているように，中学校入学後，数学への関心が低下する傾向が示されており，また，その低下が学業成績に影響

響を与えていることが示されていた。また、学業成績において、上位層と下位層の差が大きくなることも示されていた。

この課題を解消するために、中学校入学後の生徒に1人1台のiPad所有という学習環境を整備し、アダプティブ・ラーニングアプリ Qubena を用いた数学教育を実施してきた。大門ら（2021）はこの教育実践の1年間を対象とした研究であった。本研究では、さらに1年間の継続的教育実践を実施し、アダプティブ・ラーニングの導入により数学への関心がどのように変化するかを調査した。また、学業成績および Qubena の学習記録、Qubena への印象についてのデータも収集し、それらの関係について分析する。

本研究により、中学生の数学への関心、および、学業成績に対して、アダプティブ・ラーニングがどのような影響を与えるのかを明らかにし、中学校数学科教育における数学への関心の低下という問題を改善するための示唆を得ることが、本研究の目的である。

2. 方法

(1) 対象者

近畿圏にある私立中学校に入学した138名を対象とした。

(2) アダプティブ・ラーニングの提供

対象生徒は、Qubena アプリをインストールしたiPadを中学入学と同時に一人1台所有し、学校および家庭で Qubena を利用した。Qubena の活用については、数学科の授業担当教員が授業と連動した課題をワークブックで配信した。なお、ラーニングモード、マスターモードについては、自主学習に位置づけ、個々の取り組みに委ねるものとした。

(3) 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ら（2019）による数学への意識尺度を1年生秋、2年生秋に実施した。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、「1：好きではない、2：あまり好きではない、3：どちらとも言えない、4：まあ好き、5：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、「1：授業についていけず、あきらめかけている、2：授業についていけず、非常に不安、

3：授業に少しわからないところがあり、不安、4：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、5：授業はわかっているが、少し不安、6：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、「1：授業にあまり集中できない、2：授業を聞くよりも、板書を書き写すことに集中している、3：大切なことをノートなどに書き込んでいる、4：質問をして、疑問点を解決している、5：予習して疑問点を明らかにし、自分の考えがあっているかを授業で確認する、6：予習して授業はわかっている、発展的なことを考えたりしている」であった。これらの数値と得点とし、100点満点に換算して数学への意識得点を算出した。そして、3つの項目の平均点を算出し、「数学意識得点」とした。さらに、「数学意識得点」について、2年秋の値の中央値である60点を基準として、60点以上の生徒を高い、60点未満の生徒を低いに分類した。そして、1年秋と2年秋の分類を用いて、「高い－高い」、「高い－低い」、「低い－高い」、「低い－低い」の4つに分類した。

また、Qubena についての印象に関して2つの質問を用いて調査を実施した。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、「1：そう思わない、2：あまり思わない、3：すこしそう思う、4：そう思う」であり、それぞれの数値を得点とした。

さらに、学業成績として、1年生の春と秋、2年生の春と秋に実施された模擬試験の数学の成績（全国偏差値）を収集した。また、模擬試験における1年生春の成績から予想される2年生秋の成績と実際の成績との残差を「成績の伸び」として算出した。

そして、Qubena での学習について、ワークブックモード、ラーニングモード、マスターモードに関する学習時間、解答数、正答率について、1年生春から1年生秋、1年生秋から2年生秋のデータを収集した。また、ワークブックモード、ラーニングモード、マスターモードについて、学習時間、回答数、正答率の総計を算出し、総学習時間、総回答数、総正答率とした。

(4) 分析の手順

分析には SPSS23.0 を使用した。

3. 調査結果の分析

(1) 数学への意識に関するアンケートの度数分布の変化およびt検定

数学への意識に関するアンケートを1年秋、2年秋に実施した。まず、「数学（好き嫌い）」についての1年秋と2年秋の度数分布を表1に示した。「とても好き」と「まあ好き」の合計は、1年生秋では、48.5%であったが、2年秋では、25.2%に減少した。また、「好きではない」と「あまり好きではない」の合計は1年秋では27.6%であったが、2年秋では47.0%に増加した。

表1 「数学（好き嫌い）」に関する度数分布

	1年秋		2年秋	
	度数	%	度数	%
「好きではない」	17	12.7	30	23.6
「あまり好きではない」	20	14.9	31	24.4
「どちらとも言えない」	32	23.9	34	26.8
「まあ好き」	42	31.3	17	13.4
「とても好き」	23	17.2	15	11.8
合計	134	100.0	127	100.0

次に、「数学（印象）」についての1年秋と2年秋の度数分布を表2に示した。「授業はわかっていて、不安はない」と「授業はわかっているが、少し不安」の合計は、1年生秋では、56.0%であったが、2年秋では、48.8%に減少した。また、「授業に少しわからないところがあり、不安」と「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」の合計は、1年生秋では、35.1%であったが、2年秋では、42.5%に増加した。そして、「授業についていけず、あきらめかけている」と「授業についていけず、非常に不安」の合計は1年秋では9.0%であったが、2年秋では8.6%であり、ほとんど変化がなかった。

表2 「数学（印象）」に関する度数分布

	1年秋		2年秋	
	度数	%	度数	%
「授業についていけず、あきらめかけている」	6	4.5	6	4.7
「授業についていけず、非常に不安」	6	4.5	5	3.9
「授業に少しわからないところがあり、不安」	17	12.7	22	17.3
「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」	30	22.4	32	25.2
「授業はわかっているが、少し不安」	47	35.1	47	37.0
「授業はわかっていて、不安はない」	28	20.9	15	11.8
合計	134	100.0	127	100.0

さらに、「数学（授業）」についての1年秋と2年秋の度数分布を表3に示した。「予習して授業はわかっているの、発展的なことを考えたりしてい

る」と「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」の合計は、1年生秋では、35.1%であったが、2年秋では、18.9%に減少した。また、「授業にあまり集中できない」と「授業を聞くよりも、板書を書き写すことに集中している」の合計は1年秋では23.8%であったが、2年秋では33.8%に増加した。

表3 「数学（授業）」に関する度数分布

	1年秋		2年秋	
	度数	%	度数	%
「授業にあまり集中できない」	5	3.7	14	11.0
「授業を聞くよりも、板書を書き写すことに集中している」	27	20.1	29	22.8
「大切なことをノートなどに書き込んでいる」	39	29.1	43	33.9
「質問をして、疑問点を解決している」	16	11.9	17	13.4
「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」	28	20.9	15	11.8
「予習して授業はわかっているの、発展的なことを考えたりしている」	19	14.2	9	7.1
合計	134	100.0	127	100.0

また、数学への意識、および、数学への意識得点が1年秋と2年秋でどのように変化したかを検証するため、「数学（好き嫌い）」、「数学（印象）」、「数学（授業）」、数学意識得点について、時期を被験者間因子とするt検定を実施し、結果を表4に示した。その結果、2年生秋が1年生秋と比較して、すべての項目で有意に低い値であった。

表4 数学への意識についてのt検定

	1：1年秋		2：2年秋		t値
	平均値±標準偏差		平均値±標準偏差		
数学（好き嫌い）	65.1±25.5		53.0±25.7		5.99**
数学（印象）	74.1±21.5		70.0±20.8		2.53**
数学（授業）	62.2±23.9		52.0±22.5		4.16**
数学意識得点	67.2±20.0		58.3±18.8		5.97**

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

(2) Qubenaの印象についてのアンケートの度数分布の変化

Qubenaの印象に関するアンケートを1年秋、2年秋に実施した。まず、「Qubenaでの学習は楽しいですか。」についての1年秋と2年秋の度数分布を表5に示した。「そう思う」と「すこしそう思う」の合計は、1年生秋では、59.0%であったが、2年秋では、34.6%に減少した。また、「そう思わない」と「あまり思わない」の合計は1年秋では41.0%であったが、2年秋では65.3%に増加した。

次に、「Qubenaでの学習はわかりやすいですか。」についての1年秋と2年秋の度数分布を表6に示した。

表5 度数分布「Qubenaの学習は楽しいですか」

	1 年秋		2 年秋	
	度数	%	度数	%
「そう思わない」	20	14.9	36	28.3
「あまり思わない」	35	26.1	47	37.0
「すこしそう思う」	49	36.6	32	25.2
「そう思う」	30	22.4	12	9.4
合計	134	100.0	127	100.0

表6 度数分布「Qubenaの学習はわかりやすいですか」

	1 年秋		2 年秋	
	度数	%	度数	%
「そう思わない」	8	6.0	11	8.7
「あまり思わない」	25	18.7	43	33.9
「すこしそう思う」	47	35.1	45	35.4
「そう思う」	54	40.3	28	22.0
合計	134	100.0	127	100.0

「そう思う」と「すこしそう思う」の合計は、1年生秋では、75.4%であったが、2年生秋では、57.4%に減少した。また、「そう思わない」と「あまり思わない」の合計は1年生秋では24.7%であったが、2年生秋では42.6%に増加した。

また、Qubenaの印象が1年生秋、2年生秋でどのように変化したのかを検証するため、Qubena印象に関して、時期を被験者間因子とするt検定を実施し、結果を表7に示した。その結果、両方共、2年生秋が、1年生秋と比較して有意に低い値であった。

表7 Qubenaの印象についてのt検定

	1 年秋	2 年秋	t 値
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	
Qubenaでの学習は楽しいですか	2.67±0.98	2.15±0.93	5.4**
Qubenaでの学習はわかりやすいですか	3.09±0.92	2.70±0.91	4.0**

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

(3) Qubenaでの学習データ

Qubenaでの学習における学習時間、回答数、正答率について、1年生春から1年生秋、1年生秋から2年生秋のデータを収集し、平均値±標準偏差を算出した。また、2つの時期の差について検討するため、時期を被験者間因子とするt検定をおこない、結果を表8に示した。

その結果、ラーニング解答数以外の項目においては、1年生春から1年生秋が1年生秋から2年生秋までと比較して、有意に高い値であった。ラーニング解答数においては、1年生秋から2年生春が1年生春から1年生秋

表8 Qubenaの学習の記録（標準偏差±標準偏差，t検定）

	1:1年生春から1年生秋	2:1年生秋から2年生秋	t 値
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	
総学習時間	3134.2±1037.9	1882.9±706.3	31.81**
総解答数	4976.6±1619.9	2934.6±1090.9	31.44**
総正答率	0.79±0.1	0.76±0.1	7.66**
ワークブック学習時間	2633.4±822.2	1597.9±542.6	35.03**
ワークブック解答数	3769.5±629.9	2297.4±464.1	85.44**
ワークブック正答率	0.77±0.1	0.74±0.1	7.02**
ラーニング学習時間	428.5±505.2	245.7±313.8	7.54**
ラーニング解答数	1029.9±1091.9	2297.4±464.1	-13.69**
ラーニング正答率	0.89±0.1	0.87±0.1	2.73**
マスター学習時間	72.3±148.5	39.3±98.7	4.75**
マスター解答数	177.2±395.1	92.9±277.7	5.07**
マスター正答率	0.65±0.4	0.50±0.4	5.34**

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

と比較して有意に高い値であった。

(4) 数学およびQubenaの印象の変化と成績との関係

次に1年生秋、2年生秋の数学への意識およびQubenaの印象が学業成績とどのような関係にあるのかを明らかにするために相関分析をおこなった。分析には、1年生秋の数学への意識、2年生秋の数学への意識、1年生秋のQubenaの印象、2年生秋のQubenaの印象、2年生秋の学業成績、成績の伸びを用いた。これらの相関分析をおこない、結果を表9に示した。その結果、数学への意識は、1年生秋、2年生秋とも2年生秋の学業成績および成績の伸びと有意な正の相関がみられた。しかし、Qubenaの印象について、1年生秋の「Qubenaでの学習はわかりやすいですか」と2年生秋の「Qubenaでの学習は楽しいですか」が2年生秋の学業成績と有意な正の相関であったが、それ以外では有意な相関はみられなかった。

表9 数学への意識得点およびQubenaの印象と学業成績との相関係数

	学業成績 2 年秋	成績の 伸び
数学（好き嫌い）1 年秋	.398**	.224**
数学（印象）1 年秋	.469**	.245**
数学（授業）1 年秋	.376**	.259**
数学意識得点 1 年秋	.487**	.286**
数学（好き嫌い）2 年秋	.342**	.255**
数学（印象）2 年秋	.582**	.450**
数学（授業）2 年秋	.400**	.331**
数学意識得点 2 年秋	.527**	.412**
Qubenaでの学習は楽しいですか.1年秋	0.098	-0.029
Qubenaでの学習はわかりやすいですか.1年秋	.176*	0.05
Qubenaでの学習は楽しいですか.2年秋	.246**	0.084
Qubenaでの学習はわかりやすいですか.2年秋	0.097	-0.08

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

(5) 数学意識得点と Qubena の印象の関係

Qubena での学習が、数学意識得点にどのような影響を与えるのかを検証するため、Qubena の印象と数学意識得点について相関分析をおこない、結果を表10に示した。その結果、1 年秋の Qubena の印象は、1 年秋、2 年秋の数学意識得点と有意な正の相関であり、また、2 年秋の Qubena の印象は、2 年秋の数学意識得点と有意な正の相関であることが示された。

表10 Qubena の印象と数学意識得点との相関係数

	数学意識得点	
	1 年秋	2 年秋
Qubena での学習は楽しいですか。1 年秋	.247**	.226*
Qubena での学習は楽しいですか。2 年秋		.417**
Qubena での学習はわかりやすいですか。1 年秋	.335**	.265**
Qubena での学習はわかりやすいですか。2 年秋		.197*

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

(6) 数学意識得点の 4 分類における学業成績および Qubena の印象と Qubena の取り組みの相違

「数学意識得点」についての 4 つの分類、「高い－高い」、「高い－低い」、「低い－高い」、「低い－低い」の 4 つに分類した。この 4 つの分類を被験者間因子とする一要因分散分析をおこなった結果、2 年秋の学業成績 ($F(3, 119)=12.289, p<0.01$)、成績の伸び ($F(3, 119)=4.979, p<0.01$) で有意な主効果がみられた。そこで、2 年秋の学業成績と成績の伸びについて Bonferroni 法を用いた多重比較をおこなった。結果を表11に示す。その結果、2 年秋の学業成績においては、「高い－高い」が「高い－低い」、「低い－低い」と比較して、有意に高い値であった。また、成績の伸びにおいては、「高い－高い」が「低い－低い」と比較して、有意に高い値であった。

表11 数学意識得点の 4 分類における学業成績の平均値±標準偏差および多重比較

	1:高い－高い	2:高い－低い	3:低い－高い	4:低い－低い	多重比較
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	
学業成績 2 年秋	47.4±9.7	40.4±7.2	42.0±11.2	36.2±7.9	2.4<1
成績の伸び	0.4±1.1	-0.2±0.9	0.6±1.6	-0.3±0.7	4<1

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

次に、Qubena の印象が 4 分類においてどのような差があるかについて検証するため、4 分類を被験者間因子とする一要因分散分析をおこなった結果、2 年秋の「Qubena での学習は楽しいですか。」($F(3, 121)=2.874, p<0.05$)、1 年秋の「Qubena での学習はわかりやすいですか。」($F(3, 121)=3.974,$

$p<0.05$) で有意な主効果がみられた。そこで、2 年秋の「Qubena での学習は楽しいですか。」と 1 年秋の「Qubena での学習はわかりやすいですか。」について Bonferroni を用いた多重比較をおこない、結果を表12に示した。その結果、2 年秋の「Qubena での学習は楽しいですか」は、「高い－高い」が「低い－低い」と比較して、有意に高い値であった。また、1 年秋の「Qubena での学習は楽しいですか」は、「高い－高い」が「低い－低い」と比較して、有意に高い値であった。

また、Qubena の取り組み（1 年秋から 2 年秋）が 4 分類においてどのような差があるかについて検証するため、4 分類を被験者間因子とする一要因分散分析をおこなった。その結果、計正答率 ($F(3, 121)=4.885, p<0.01$) とワークブック正答率 ($F(3, 121)=6.419, p<0.01$) で有意な主効果がみられた。そこで、計正答率とワークブック正答率で Bonferroni 法を用いた多重比較をおこない、結果を表13に示した。その結果、計正答率は、「高い－高い」が「低い－低い」と比較して、有意に高い値であった。また、ワークブック正答率は、「高い－高い」が「高い－低い」と「低い－低い」と比較して有意に高い値であった。

	1:高い－高い	2:高い－低い	3:低い－高い	4:低い－低い	多重比較
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	
Qubena での学習は楽しいですか。2 年秋	2.8±1.0	2.7±0.9	2.7±0.8	2.4±1.0	
Qubena での学習は楽しいですか。2 年秋	3.3±0.9	3.1±0.9	2.8±0.8	2.8±0.9	4<1
Qubena での学習はわかりやすいですか。1 年秋	2.4±1.0	2.3±0.9	2.3±0.8	1.7±0.8	4<1
Qubena での学習はわかりやすいですか。2 年秋	2.9±0.9	2.6±0.9	3.0±1.1	2.5±0.9	

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

散分析をおこなった。その結果、計正答率 ($F(3, 121)=4.885, p<0.01$) とワークブック正答率 ($F(3, 121)=6.419, p<0.01$) で有意な主効果がみられた。そこで、計正答率とワークブック正答率で Bonferroni 法を用いた多重比較をおこない、結果を表13に示した。その結果、計正答率は、「高い－高い」が「低い－低い」と比較して、有意に高い値であった。また、ワークブック正答率は、「高い－高い」が「高い－低い」と「低い－低い」と比較して有意に高い値であった。

さらに、Qubena の取り組みが学業成績とどのような関係があるかを検討するため、Qubena の取り組みと 2 年秋の学業成績との相関分析をおこない、結果を表14に示した。学習時間においては、マスターモード以外では有意な相関はみられなかった。また、解答数においては、自主学習であるラーニングモードでは有意な相関がみられなかった。さらに、正答率においては、すべてが学業成績と有意な正の相関がみられた。

表13 数学意識得点の4分類における Qubena の取り組みについての平均値±標準偏差および多重比較

	1:高い-高い	2:高い-低い	3:低い-高い	4:低い-低い	
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	多重比較
総学習時間	1911±691	1876±728	1845±302	2031±729	
総解答数	3155±1155	2998±917	2444±930	3000±1101	
総正答率	0.81±0.11	0.75±0.10	0.80±0.09	0.73±0.11	4<1
ワークブック学習時間	1584±500	1565±545	1693±298	1729±570	
ワークブック解答数	2418±324	2343±325	2068±665	2310±461	
ワークブック正答率	0.80±0.11	0.72±0.11	0.79±0.10	0.70±0.12	2,4<1
ラーニング学習時間	272±355	276±326	129±90	271±304	
ラーニング解答数	577±670	603±724	332±276	626±736	
ラーニング正答率	0.89±0.05	0.87±0.05	0.90±0.06	0.85±0.15	
マスター学習時間	55±145	34±63	23±35	31±56	
マスター解答数	160±439	52±78	44±63	64±108	
マスター正答率	0.55±0.45	0.47±0.43	0.44±0.49	0.52±0.45	

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

表14 Qubena の取り組みと学業成績との相関係数

	学業成績
総学習時間	0.06
総解答数	0.31**
総正答率	0.65**
ワークブック学習時間	0.00
ワークブック解答数	0.48**
ワークブック正答率	0.68**
ラーニング学習時間	0.06
ラーニング解答数	0.09
ラーニング正答率	0.34**
マスター学習時間	0.22*
マスター解答数	0.26**
マスター正答率	0.21*

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

4. 分析結果の考察

(1) 数学への意識の変化とアダプティブ・ラーニング

中学入学後の生徒に対して、1年生秋から2年秋までアダプティブ・ラーニングアプリ Qubena を活用した数学教育を実施した。大門ら（2021）の論文では、中学入学後の生徒に対して、1年春から1年秋までアダプティブ・ラーニング教材 Qubena を活用した教育によって、数学への意識がどのように変化するかが検証されており、対象群が非対象群と比較して、「数学（好き嫌い）」において、有意に高い値であることが示されている。本研究は、大門ら（2021）の調査の継続であり、1年秋の段階での数学への意識、Qubena の印象、Qubena の取り組みが2年秋の段階でどのように変化したかを縦断調査により検証した。

その結果、数学への意識については、数学への意

識の全てにおいて、2年秋が1年秋と比較して有意に低下したことが示された。また、Qubena の印象においても、2年秋は、1年秋と比較して、有意に低下したことが示された。さらに、Qubena の取り組みにおいても、ラーニングモードという自主学習での解答数以外では、低下する傾向が示された。このことは、アダプティブ・ラーニング教材を導入することによって、中学校入学後の移行期においては、有益な効果がみられたが、学年が進む中での継続的な利用や、発展的な学習が進む内容においては改善が必要であることを示していると理解することができる。

特に、ワークブックモードについては、教師から課題として生徒に出題されるものであり、これらの解答数は、教師からの働きかけによるところが大きい。そのため、ワークブックモードでの解答数を減少させないためには、ワークブックモードの配信について、カリキュラムに組み込むなど計画的な配信が必要である。

(2) 自主学習教材としての Qubena

ラーニングモードという自主学習においては、1年秋から2年秋の期間は、1年春から1年秋の期間と比較して、解答数が有意に増加した。学年が進むにつれ、決められた学習だけではなく、自主学習の取り組みが増えていることが示された。また、ラーニングモードの解答数においては、数学への意識の4分類の間で差がみられなかった。さらに、学業成績とラーニングモードの解答数の間には、有意な相関がみられなかった。このことは、Qubena が自主学習教材として、数学への関心や学業成績を問わず、活用されていることを示すものであり、Qubena が自主学習教材として、有益なものであることを示すと理解することができる。

(3) 数学への意識と学業成績の関係

数学への意識が学業成績と有意な正の相関であることは、Okado ら（2019）で示されている。この調査においても、2年秋の学業成績、および、1年春の成績から予測される成績の伸びとの数学への意識の関係について分析をおこなった。その結果、数学への意識は、1年秋、2年秋とも学業成績、成績の伸びと有意な正の相関であることが示された。このことは、中学校数学教育において、数学への意識に注目した教育の重要性を示していると理解することができる。

今回の調査において、数学への意識について、Qubena の印象が、有意な正の相関であることが示された。数学意識得点に対して、その時の Qubena

の印象が有意な相関であるだけでなく、1年秋のQubenaの印象が2年秋の数学意識得点と有意な相関であることは、中学校入学後の半年間、Qubenaを利用することで数学意識得点が低下しないという大門ら（2021）の報告が2年秋までにも影響をあたえると理解することができる。すなわち、アダプティブ・ラーニングの導入により、小学校から中学校への移行期において、数学への関心が低下するという現象を少なくすることが可能となり、さらにその影響が1年後まで続くということであり、アダプティブ・ラーニングが有効に働く生徒が一定数いることを示すと理解できる。

反面、Qubenaを導入したことで全ての生徒の課題が解決するのではなく、学業成績が低い生徒、また、数学への意識が低い、または、低下する生徒も生じることが示された。学業成績、数学への意識、Qubenaの印象が相互に相関するため、これらのデータを把握し、支援をすることが必要である。すなわち、生徒の状況をデータとして可視化し、個別に支援することが重要であり、Qubena導入においては、教師がその役割を担う必要がある。アダプティブ・ラーニングは、アプリだけで完結するのではなく、アプリでの学習前、学習中、そして学習後にアプリで収集される情報を教師が収集し、分析、理解をおこない、個別の支援をすることで完結するといえる。

（4）数学意識の4分類についての検討

数学意識得点について、1年秋、2年秋の結果をもとに生徒を4分類し、検討した結果、1年秋、2年秋において「高い－高い」である生徒は、「低い－低い」の生徒と比較して、学業成績、および、成績の伸びにおいて有意に高い値であることが示された。これは相互相関であるので、数学への意識が高い生徒の成績が高いとも理解できるが、成績が高い生徒の数学への意識が高いとも理解することができる。これについては、より詳細な分析により、数学への意識の向上について、他の要因がどのように影響をあたえるのかについて明らかにする必要がある。

5. 研究の成果と課題

本研究において、アダプティブ・ラーニングの効果を検証するため、中学校入学後の生徒に対して、2年間の教育実践をおこない、効果を検証した。

先の研究である大門ら（2021）でも示されたことであるが、アダプティブ・ラーニング教材を提供することで、中学生の数学への意識や学業成績に良い効果を与える可能性があることが示された。

一方、アダプティブ・ラーニングを導入後の数学

への意識については、1年秋と比較して、2年秋で有意に低下することが示された。これは、アダプティブ・ラーニングは一定の効果があるものの、授業者が生徒の状況を理解し、フォローアップすることが重要であることを示すものである。特に、数学への意識が「高い－低い」群、「低い－低い」群は、学業成績において、「高い－高い」群よりも低い値を示しており、また、「低い－低い」群は、成績の伸びにおいて、「高い－高い」群よりも低い値を示しており、個々の生徒の状況を理解することが重要となる。

アダプティブ・ラーニング教材については、文部科学省が、「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」（文部科学省、2018）を明記していることもあり、多くの教材が開発され、実践される傾向が強い。しかしながら、課題として、アダプティブ・ラーニング教材を導入した教育の検証が少ないという現状がある。この研究は、3年間の縦断調査ができていないこと、1学年だけの調査であること、詳細な分析ができていないことなど、今後継続して研究をしなければならない課題がある。

しかしながら、本研究で示された中学校におけるアダプティブ・ラーニング教材を利用した数学教育の実践は、今後広がりをもせると考えられるアダプティブ・ラーニング教材を利用した教育の導入において、有益な示唆を与えることができたといえる。

文献

- 一ノ瀬秀司・篠ヶ谷圭太（2019）：「人工知能教材とループ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』，秋季，pp. 503－504.
- Kohei, Okado., Noriyuki, Kida., Takeshi, Sakai. (2019). Three-year Longitudinal Survey of Changes in Consciousness about Mathematics in Junior High School Students and its Relationship with Academic Achievement. *Psychology*, Vol. 10, No. 1, pp. 46－61.
- Okado, K., Hamada, H., & Kida, N. (2017). Correlations between Changes in Study Habits and Academic Results in Junior High School Students — A Longitudinal Survey at a Private Junior High School. *Psychology*, 8, 2102－2113.
- 文部科学省（2012）：「小中連携、一貫教育に関する主な意見等の整理」，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 https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2012/09/10/1325226_1.pdf（2022年1月06日閲覧）.

中学校数学科教育におけるアダプティブ・ラーニング学習の実践と効果の検証

- 文部科学省 (2015):「国際数学・理科教育動向調査のポイント」
<https://www.nier.go.jp/timss/2015/point.pdf>
(2022年1月6日閲覧).
- 文部科学省 (2016):「教育の情報化について ―現状と課題―」, 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
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/fieldfile/2016/04/08/1069516_03_1.pdf (2022年1年6日閲覧).
- 文部科学省・国立教育政策研究所 (2017):『平成29年度全国学力・学習状況調査報告書【質問紙調査】』.
- 文部科学省 (2018):「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」
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/002/siryo/_icsFiles/fieldfile/2018/06/20/1406021_18.pdf (2022年1月6日閲覧).
- 大門耕平・坂井武司・中島晃貴 (2021):「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」, 『京都女子大学教職支援センター研究紀要』, 第3号, pp. 135-143.
- 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.
- 津下哲也・佐藤幸恵・中川一史 (2020):「AI教材の特徴と分類」, 『AI時代の教育学会研究会論集』, 2020年度, 第1号, pp. 5-6.
- 内田昭利・守 一雄 (2012):「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―」, 『教育実践学論集』, (13), pp. 221-227, 2012-03, 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科.