

中学校数学科における「個別最適化され創造性を育む学び」を実現するための指導モデルの開発

中村好則*1, 稲垣道子*2, 工藤真以*2, 浅倉祥*2
 岩手大学教育学部*1, 岩手大学教育学部附属中学校*2
 (令和3年3月4日受理)

1. 背景と目的

令和元年12月に公表された文部科学大臣メッセージでは、GIGAスクール構想(児童生徒1人1台端末と高速大容量通信ネットワークなど)のもと、子供たち一人ひとりに「個別最適化され創造性を育む教育」を実現することの重要性が述べられている。これからのSociety5.0(超スマート社会)時代の教育では、ICT環境を有効に活用し、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や創造性を育む学びを実現し、生徒一人ひとりの学びの質を深めることが求められている。そこで、本研究では、中学校数学科におけるICTを活用した「個別最適化され創造性を育む学び」を実現するためにはどのような指導が必要であるかを検討し、中学校での指導実践を通して、その有効性と課題を考察するとともに、それらをもとに「個別最適化され創造性を育む学び」を実現するための指導モデルを開発することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究は、以下の(1)から(3)の方法で行う。

- (1) 「個別最適化され創造性を育む学び」に関する先行研究や文献等を調査し、本研究で目指す「個別最適化され創造性を育む学び」とはどのような学びか、ICTを活用した「個別最適化され創造性を育む学び」における学習活動とその留意点を明らかにする。
- (2) (1)の結果をもとに、中学校第2学年生徒を対象にした2つの指導事例(キュビナとロイロノートを活用した2つの指導事例)を提案・実践するとともに、生徒への質問紙調査を実施・分析し、その有効性と課題を考察する。

- (3) (1)と(2)の結果をもとに、「個別最適化され創造性を育む学び」を実現するための指導モデルを開発する。

3. 結果と考察

1) 「個別最適化され創造性を育む学び」とは

(1) 「個別最適化された学び」とは

2020年(令和2年)10月7日に中央教育審議会初等中等教育分科会から『「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～すべての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(中間まとめ)』が公表された(以下「中間まとめ」と記す)。そこでは、「指導の個別化」と「学習の個性化」を教師視点から整理した概念が「個に応じた指導」であり、学習者視点から整理した概念が「個別最適な学び」と述べている(下線は筆者、以下同様)。

表1 「個別最適化された学び」とは

個別最適化された学び	
指導の個別化	学習の個性化
「指導の個別化」とは、基礎的・基本的な知識等を確実に習得させるため、ICTの活用等により支援が必要な児童生徒へのより重点的な指導などによる効果的な指導を行い、生徒一人一人の特性や学習進捗等に応じ、指導方法・教材等の柔軟な提供・設定を行うとともに、 <u>自らの学習を調整しながら粘り強く取り組む態度</u> を育成することである。	「学習の個性化」とは、基礎的・基本的な知識・技能や情報活用能力等の学習の基盤となる資質・能力等を土台として、個々の生徒に応じた学習活動を提供することで、 <u>自ら学習を調整する</u> などしながら、その生徒ならではの課題の設定、生徒自身による情報の収集、整理・分析、まとめ・表現等、 <u>主体的に学習を最適化する</u> ことを促すことである。

「個別最適化され創造性を育む学び」とは、この「個別最適な学び」を通して、生徒の「創造性を育む」ことと捉えることができる。「中間まとめ」で

述べている「指導の個別化」と「学習の個性化」の概略を表1に示す。表1からは、「個別最適な学び」では、ただ単に生徒一人一人の特性や興味・関心、習熟度や学習進度等に応じた指導を行うだけでなく、生徒自らが自分の学習を調整しながら主体的に学習を最適化し粘り強く取り組むように指導を行うことが重要であり、そのような授業を構成するために ICT 活用を有効に活用することが必要であることが分かる。

(2) 「創造性を育む学び」とは

「中間まとめ」では、これからの時代は「予測困難な時代」であり、答えのない問いにどう立ち向かうかが問われることが述べられており、目の前の事象から解決すべき課題を見出し、主体的に考え、多様な立場の者が協働的に議論し、納得解を生み出すことなど、創造性をはじめとする新しい学習指導要領で目指す資質・能力が一層求められている。例えば、中学校学習指導要領総則(文部科学省2017a)では「生徒が各教科等の特質に応じた見方・考え方を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう過程を重視した学習の充実を図ること (p. 77)」などとある。また、中学校学習指導要領数学編(文部科学省2017b)では「数学を既成のものともみなしたり、固定的で確定的なものともみなしたりせず、数学に創造的に取り組もうとする態度を養うことも期待される (p. 7-8)」や「発展的に考えるとは、数学を既成のものともみなしたり、固定的で確定的なものともみなしたりせず、新たな概念、原理や法則などを創造しようとすることである (p. 21)」「数学の学習では、このように創造的な発展を図るとともに、創造したものをより高い、あるいは、より広い観点から統合してみられるようにすることが大切である (p. 22)」などとある。このように「創造性を育む学び」が重要視されている。この創造性は、子供たちに必要な資質・能力を育成し、個性を生かしていくなかで育まれると考えられ、「個別最適化された学び」を通して「創造性を育む学び」を実現することが必要と考える。「個

別最適化」は「学びの方法」であり、「創造性」は「学びの目的」であると捉えることができる。

2) 「個別最適化され創造性を育む学び」における ICT を活用した学習活動

「個別最適化された学び」における ICT 活用は、今に始まったことではない。古くは CAI (Computer Assisted Instruction) や CMI (Computer Managed Instruction) などがよく知られている。これらは、生徒の習熟度等に応じた問題等をコンピュータが提示し、生徒の習熟度や学習進度等に応じた学習を進めることができ、多くの成果があったが、課題も少なくなかった。最近では、ICT 機器の高性能化・多機能化や AI 機能の搭載、クラウドやネットワークの活用などが可能となり、ICT を活用した「個別最適化された学び」には可能性と期待が高まっていると言える。

『学びのイノベーション事業実証研究報告書(平成 26 年 4 月 11 日, 文部科学省生涯学習政策局情報教育課)』(以下「報告書」と記す)では、ICT を活用した個別学習(個別最適化された学び)における 5 つの学習活動(個に応じる学習, 調査活動, 思考を深める学習, 表現・制作, 家庭学習)について述べている。しかし、これらは一般的に述べているものであり、数学科の学習活動についてはない。そこで、これら 5 つの学習活動を参考に、数学科における「個別最適化された学び」での ICT を活用した学習活動について表 2 のように整理した。「個別最適化された学び」というと、すぐに a の「生徒一人一人の習熟度等に応じた学習活動」が頭に思い浮かぶが、c の「思考を深める学習活動」など様々な学習活動の中で ICT を活用した「個別最適化された学び」を取り入れていくことが大切である。以下に、それらの 5 つの学習活動について、「報告書」を参考に数学指導での ICT 活用の具体例を挙げる。

表 2 「個別最適化された学び」の ICT を活用した学習活動

「個別最適化された学び」の学習活動	
a	生徒一人一人の習熟度等に応じた学習活動
b	探究活動
c	思考を深める学習活動
d	表現・制作活動
e	家庭学習・反転学習

a. 生徒一人一人の習熟度等に応じた学習活動

知識・技能の習得や定着を目的に、生徒一人一人の習熟度に応じた問題が出題される AI ドリルを活用し、生徒の学習進度で主体的に取り組む学習活動や、生徒一人一人の学習履歴（スタディ・ログ）を蓄積し、生徒一人一人が自分の学習進度・習熟度等を把握し、取り組む問題の選択や時間などを自己調整しながら主体的に取り組む学習活動などが考えられる。

b. 探究活動

「データの活用」の学習場面で、生徒の興味や関心に応じた日常事象の実際のデータを、インターネットの活用や実験・観察で収集した後、そのデータを表計算ソフトなどを用いて、表やグラフ等を作成し、数学的に分析・考察する学習活動や、「図形」の学習場面においては、図形ソフトを用いて、取り組む問題の図形を作成し、作成した図形の形を変形することにより、図形の形が変わっても変わるものや変わらないものに着目し、成り立つ性質を探究する学習活動などが考えられる。

c. 思考を深める学習活動

シミュレーションや動画を活用することで、まずは数学的な概念や意味を視覚的にインフォーマルに捉えた後に、数式や数学的な用語を用いて、数学的な概念や意味の理解を深める学習活動や、授業支援システムを用いて、生徒一人一人の解答や考え方をグループやクラス全体で共有することで、自分の考えと他の生徒の考えを比較したり、多くの生徒の考えを分類・整理したりして、思考を深める学習活動、学習者用デジタル教科書やデジタル教材を活用して、これから学習するために必要な既習事項を確認し、生徒各自が不足する既習の学習内容を復習することで、既習事項と関連付けながら新しい学習内容を深く学ぶ学習活動などが考えられる。

d. 表現・制作活動

課題学習などの学習場面において、各自で取り組んでいる課題について、生徒各自が取り組んだ内容を数学的な表現方法（数学的な用語、式、表、グラフ、図等）を用いて表現するとともに、発表するための資料をプレゼンテーションソフトで作成する

学習活動などが考えられる。

e. 家庭学習・反転学習

学校で学習した内容の復習や宿題に取り組むため、各家庭においてオンラインでデジタル教材や AI ドリル等で学ぶ家庭学習や、学校で新しく学ぶ内容について、各家庭においてオンラインで動画視聴や例題解説を参照しながら学ぶ反転学習などが考えられる。

3) 「個別最適化され創造性を育む学び」の指導モデルを開発するための留意点

「個別最適化された学び」における ICT 活用の 5 つの留意点について「報告書」を参考に述べる。

(1) 「個別最適化」が目的ではなく、生徒の資質・能力を育成することが目的であること

「個別最適化された学び」における ICT 活用では、生徒一人一人が ICT を活用して、ただ単に個別に学習に取り組んでいるだけの孤立した学習にならないように注意する必要がある。個別に学習することが目的なのではなく、生徒一人一人の特性や興味・関心、学習進度や習熟度などを適切に把握し、生徒一人一人に応じた指導方法、教材や学習時間などを柔軟に提供したり設定したりして、生徒の資質・能力の育成を図ることが目的である。

(2) 「個別最適化された学び」と、一斉学習や協働学習との往還を図ること

学習指導要領で示されている知識・技能、思考力・表現力・判断力等、学びに向かう態度を育成することは、「個別最適化された学び」だけでは十分に育成することは難しいと考えられる。「個別最適化された学び」の成果を一斉学習や協働学習に生かし、一斉学習や協働学習の成果を「個別最適化された学び」に生かすことが重要である。つまりは、「個別最適化された学び」と、一斉学習や協働学習とを往還するような指導を計画し実行する必要がある。

(3) デジタル教材とアナログ教材（実物教材など）との連携や使い分けを図ること

「個別最適化された学び」において、デジタル教科書やデジタル教材のシミュレーションや動画を活用して、視覚的に思考を深めるような学習活動が

行われる。しかし、生徒によっては、シミュレーションや動画で確認するだけでなくは数学的な意味を想起できない場合もあり、学習場面によってはアナログ教材（実物教材など）に直接触れたり、動かしたり、観察したりすることが必要である。それらに配慮し、デジタルとアナログを連携させて使ったり、学習場面に応じて使い分けたりすることが必要である。

(4) 「個別最適化された学び」においても生徒主体の学習活動にすること

AIドリルでは、生徒の学習進度や習得度の状況によって、AIが問題を適切に判断し選択する。その場合は、生徒はAIから問題をただ単に与えられているという受動的な意識を持つことが考えられる。AIドリルにおいても、AIドリルにただ任せるだけでなく、学習履歴（スタディ・ログ）を自分で確認し、自分のつまずきに気づき、主体的に問題を選択し解決するような学習活動となるような工夫と配慮が必要である。

(5) 自分の学習を主体的に最適化し、粘り強く取り組めるようにすること

「個別最適化された学び」では、生徒の興味・関心に応じ、課題を設定し、生徒自身による情報の収集、整理・分析、まとめ・発表を行うなど、主体的に学習を最適化するとともに、学習履歴（スタディ・ログ）を活用して、自らの学習状況を把握し、学習の進め方について工夫し、自己調整しながら粘り強く取り組めるように工夫することが必要である。

4) 「個別最適化され創造性を育む学び」の指導事例

(1) キュビナを活用した指導事例の概要

- ① 指導単元：式の計算，連立方程式，確率
- ② 対象学年：附属中学校 第2学年 生徒140名
- ③ 実践期間：4月～12月
- ④ キュビナの活用回数：7.5回（クラス平均）
- ⑤ キュビナの活用時間：平均15分位/1授業
- ⑥ キュビナ（AIドリル）について

キュビナの特徴は、⑦生徒のつまずきの原因をAIが解析し、生徒のつまずきに応じた問題を選択し出題、⑧ヒントや解説アニメーションが充実

し、反転学習や家庭学習にも対応、⑨作図機能やグラフ機能など数学に必要な機能の搭載、⑩生徒の取り組んだ問題、解答時間、正答率などの学習履歴（スタディ・ログ）の収集と分析などである。

(2) ロイロノートを活用した指導事例の概要

- ① 指導単元：式の計算，連立方程式，確率
三角形と四角形（今後実践予定）
教師のみの使用は上記の単元に、1次関数、平行と合同、箱ひげ図を加える。
- ② 対象学年：附属中学校 第2学年 生徒140名
- ③ 実践期間：4月～12月
- ④ ロイロノートの活用回数：5.3回（教師のみの使用を含めるとほとんどすべての授業で使用）
- ⑤ ロイロノート（カード共有型クラウド）について
ロイロノートの特徴は、⑦文字や絵、写真などのデータをカードに作成し、作成した複数のカードをつなげることができること、⑧作成したカードは、全員で共有したり、特定の人に送ったりできること、⑨作成したカードを保存し活用できること、⑩シンキングツールがあり、カードの整理や分類等が簡単にできることなどである。

5) 質問紙調査の結果と考察

(1) キュビナを活用した指導事例の結果と考察

12月下旬に実施した質問紙調査（4段階法）の結果（表3）、平均値2.5よりも高かった項目は、16項目中13項目（81.3%、N=16）であった。特に、「1. キュビナの操作は簡単であった（3.7）」「6. 数学の理解度を確認できた（3.1）」「15. 学習内容の定着に役立った（3.0）」「16. キュビナを活用した授業は好き（3.0）」と3.0を超えており、これらの項目は肯定的に捉えた生徒が多かった。このことは、表4の自由記述からからもうかがえる。例えば、A2の内容からは、キュビナでの学習が学習内容の定着に役立ったことが分かる。A1やA10の発言からはつまずきの確認ができたことがわかる。つまり、留意点の(4)や(5)に効果があることが示唆される。

一方で、問題の難易度（A7, A8）やネット環境（A5）の課題があることも分かった。

表3 質問紙調査の結果 (キュービナ)

質問項目	平均	SD
1. キュービナの操作は簡単であった。	3.6	0.79
2. 問題が速く解けるようになった。	2.6	0.98
3. 難しい問題が解けるようになった。	2.3	0.93
4. 基本的な問題での間違いが減った。	2.7	1.02
5. 数学の問題を解く力が伸びた。	2.7	0.99
6. 数学の理解度を確認できた。	3.1	0.95
7. 数学のつまずきを確認できた。	2.9	1.02
8. 以前より数学が好きになった。	2.4	1.08
9. 以前より数学が得意になった。	2.4	1.03
10. 数学の学習が意欲的になった。	2.6	1.05
11. 主体的に問題に取り組んだ。	2.7	1.06
12. 問題は適した問題であった。	2.9	0.94
13. 学習内容の理解に役立った。	2.9	1.01
14. 授業内容の理解に役立つ。	2.9	1.00
15. 学習内容の定着に役立った。	3.0	0.96
16. キュービナを活用した授業は好き。	3.1	1.00

表4 主な自由記述 (キュービナ)

<p>A1: 自分のページで進められ、分からない問題はヒントがあるので自分のつまずきに気づける。計算スペースがノートと違い、紙の無駄にならなくてよい。</p> <p>A2: <u>しっかり学習したことを定着させることができる</u>と思うので、これからも使いたい。</p> <p>A3: Qubena でまちがったところはもう1度でてくるので分からないをなくせたと思う。また、解説もあって分かりやすかった。</p> <p>A4: 問題が基本的なのが多くて苦手な単元でもやりやすい。個人個人が解けるから楽。</p> <p>A5: 出てくる問題は基礎が分かりやすいが、<u>インターネットの環境が悪く、ログインや問題の表示まで時間がかかる</u>。</p> <p>A6: 自己認知できるので良いと思います。しかし、AI側の誤認識が多いです。</p> <p>A7: <u>問題が簡単すぎる</u>。</p> <p>A8: 操作などは非常に簡単であるが、<u>問題の難易度があまり変化していない</u>気がする。</p> <p>A9: Qubena を活用することで、解説などが分かりやすく、<u>自分の間違ったところを確認しながら進めるので良い</u>と思った。</p> <p>A10: Qubena は問題が解きやすいし、解説も分かりやすいのでとても使いやすいです。テスト前など<u>自分のつまずきを見つけて直す</u>ときに使えばいいと思います。</p>
--

(2) ロイロノートを活用した指導事例の結果と考察

12月下旬に実施した質問紙調査(4段階法)の結果(表5)、平均値2.5よりも高かった項目は、16項目(100%, N=16)であった。特に「1.ロイロの操作は簡単であった(3.7)」と「他の生徒の考えを知ることができた(3.6)」は3.5以上であり強い肯定的回答が多かった。

表5 質問紙調査の結果 (ロイロノート)

質問項目	平均	SD
1. ロイロノートの操作は簡単であった。	3.7	0.74
2. 他の生徒の考えを知ることができた。	3.6	0.75
3. 積極的に自分の考えを発表できた。	3.0	1.02
4. グループでの話し合いが活発になる。	3.3	0.91
5. クラスの話し合いが活発になる。	3.3	0.91
6. 自分の考えをまとめるのに役立つ。	3.4	0.80
7.グループの考えをまとめるのに役立つ。	3.4	0.84
8. クラスの考えをまとめるのに役立つ	3.4	0.91
9. 数学の問題解決に役立った。	3.1	0.93
10.以前より数学が好きになった。	2.6	1.10
11.以前より数学が得意になった。	2.5	1.05
12.以前より数学が意欲的になった。	2.8	1.09
13.主体的に問題に取り組んだ。	2.9	1.07
14.授業内容の定着に役立った。	3.2	0.93
15.学習内容の定着に役立った。	3.1	0.93
16.ロイロノートを活用した授業は好き。	3.3	0.91

表6 主な自由記述 (ロイロノート)

<p>B1: 他の人との学び合いが簡単にできるようになった。自分の考えを思考ツールなどで簡単にまとめられると思う。</p> <p>B2: クラスのいろいろな人の考え方を知ることができて、とてもためになると思います。</p> <p>B3: ロイロノートは、ほかの人の考えや問題の解き方が分かるので新たな発見ができた。また、グループの意見や解き方をまとめるのに役立った。</p> <p>B4: 他人の考えをすぐ知れるから、わざわざ聞く必要もなく便利。ロイロの方が話し合いしやすい。</p> <p>B5: 使いやすい。例えば、まとめたり発信したりがしやすい。だが、Qubenaと同じでネットの速度が遅い。</p> <p>B6: 紙のほうが分かりやすい気がします。</p> <p>B7: ノートを使った授業も大切だと思う。復習が難しい。</p> <p>B8: ロイロは他人の考えなどを共有したりすることができるため自分にはなかった考え方を身に付けることができる。しかし、クラス単位になってくるとロイロよりノート(紙)の方が考えをまとめやすい気がする。</p> <p>B9: ロイロノートを利用することで、相手の考え方や使った図などを書き込むことができるので、自分が分かりやすい図で相手に伝えたり、逆に相手から教えてもらうこともできるから良いと思う。</p> <p>B10: 他人がどう考えたのかをタブレット1台で簡単に見ることができ、分からないところやもっと食わく知りたいところを聞きやすいです。</p>
--

次に高かった項目は「6.自分の考えをまとめるのに役立つ(3.4)」「7.グループの考えをまとめるのに役立つ(3.4)」「8.クラスの考えをまとめるのに役立つ(3.4)」で、ロイロノートの活用は「考え方をまとめるのに有効と言える。このことは自由記述(表6)からも分かる。これらより留意点の(2)の協働学習との往還に効果があることが示唆される。

4. 指導モデルの開発

指導モデルは、1時間の授業を想定し、以下の3つの指導モデルを開発した。特に、留意点の(2)の個別、一斉、協働学習の往還と留意点(4)と(5)の主体的な学びや学びの自己調整を図るように開発した。

(1) 「知識・技能」習得型(表7)

数学的な知識や技能等の習得を目的とする指導モデルである。導入の段階で、ロイロノートで課題を提示する。展開では個別に自力解決し、その結果をロイロノートに記入し共有する。グループで各自の解答を比較する協働学習を行う。結末の段階で、本時の学習内容をキュビナを用いて確認する。

表7 「知識・技能」習得型指導モデル

段階	活動	目的	ICT
導入	一斉	課題提示	ロイロノート
展開	個別	自力解決	ロイロノート
	協働	共有・比較	ロイロノート
結末	個別	習得	キュビナ

(2) 「概念・意味」理解型(表8)

数学的な概念や意味の理解を目的にした指導モデルである。導入の段階では、本時の学習内容に必要な既習事項をキュビナで確認する。展開の段階で、ロイロノートで課題を提示し、グループごとにロイロノートを活用しながら協働的に課題を解決し比較する。結末では、グループごとの学習内容をロイロノートでクラス全体で共有し、分類・整理する。

表8 「概念・意味」理解型指導モデル

段階	活動	目的	ICT
導入	個別	既習事項確認	キュビナ
展開	一斉	課題提示	ロイロノート
	協働	共有・比較	ロイロノート
結末	一斉	練り上げ	ロイロノート

(3) 「思考力・判断力・表現力等」育成型(表9)

思考力・判断力・表現力等の育成を目的とする指導モデルである。導入では、ロイロノートで課題を提示する。展開ではグループごとに協働で問題解決し、その結果をクラス全体で共有し比較する。結末で、キュビナで本時の発展問題に取り組む。

表9 「思考力・判断力・表現力等」育成型指導モデル

段階	活動	目的	ICT
導入	一斉	課題提示	ロイロノート
展開	協働	問題解決	ロイロノート
	一斉	共有・比較	ロイロノート
結末	個別	課題演習	キュビナ

5. まとめと課題

本研究では、2つの指導事例と生徒への質問紙調査結果の分析をもとに、3つの指導モデルを開発した。開発した3つの指導モデルは、単元の指導目標に応じて適切に位置付けることが重要である。今後は、開発した指導モデルをもとに、実践を行い、指導モデルの改善を図ることが課題である。

また、今回は、キュビナとロイロノートの活用を前提として指導モデルを開発したが、他のソフトウェア等を活用した指導モデルを開発することも検討したい。

謝辞

授業と質問紙調査にご協力いただきました生徒の皆さんに感謝いたします。

引用文献

- 中央教育審議会初等中等教育分科会(2020)『「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子どもたちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(中間まとめ) 令和2年10月7日』。
- 文部科学大臣(2019)『子供たち一人ひとりに個別最適化され、創造性を育む教育ICT環境の実現に向けて～令和時代のスタンダードとしての1人1台端末環境～《文部科学大臣メッセージ》 令和元年12月19日』。
- 文部科学省(2017a)『中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説総則編(平成29年7月)』, 東山書房。
- 文部科学省(2017b)『中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説数学編(平成29年7月)』, 日本文教出版。
- 文部科学省生涯学習政策局情報教育課(2014)『学びのイノベーション事業 実証研究報告書(平成26年4月11日)』。
- Society5.0に向けた人材育成に係る大臣懇談会 新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース(2018)『Society5.0に向けた人材育成～社会が変わる, 学びが変わる～(平成30年6月5日)』。