

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02511

研究課題名(和文) 高校での数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知の体系化と授業デザインの開発

研究課題名(英文) Systematization of difficulties and metacognition of students who need assistance in learning mathematics in high school and development of lesson design

研究代表者

中村 好則 (Nakamura, Yoshinori)

岩手大学・教育学部・教授

研究者番号：00613522

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：高校にも特別な支援が必要な生徒が少なからず在籍し、年々増加傾向にある。彼らへの指導は数学教育においても重要な検討課題である。しかし、彼らへの支援は学習活動についての困難性に関する支援が多く、数学の学習内容についての困難性やメタ認知に関する支援が必ずしも効果的に行われておらず、十分に成果を上げていない。そこで、本研究では、高校において数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知を明らかにし体系的に整理した。さらに、それをもとに数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知を改善するための授業デザインを開発した。また、開発した授業デザインについて、授業実践を通して、その有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数学学習に支援が必要な生徒を対象とした研究は、小中学校現場でも実践的研究が多数行われているが、高校ではあまり見られない。また、数学学習に支援が必要な生徒の困難性は、学習活動に関する困難性だけでなく、学習内容に関する困難性やメタ認知に関する問題など多くの課題を抱えている。彼らの数学学習の困難性やメタ認知を体系的に捉え直し、それらの関連等も考慮しながら支援や指導を考えることが必要である。特に高校では、生徒の発達段階、数学内容の高度化・抽象化・複雑化、入試による多様な高校の存在などの課題があり、これまでの成果をそのまま活用することができず、課題となっていた。本研究はこの課題を解決するものでもある。

研究成果の概要(英文)：In this study, I clarified difficulties and metacognition of students who need assistance in learning mathematics in high school from both the learning activities and learning contents, and I systematically organized their difficulties and metacognition. Furthermore, based on this, I developed lesson design to improve difficulties and metacognition of students who need assistance in learning mathematics. In addition, I verified effectiveness of the developed lesson design through class practices.

研究分野：数学教育学

キーワード：高校数学 特別支援教育 学習困難 メタ認知 授業デザイン

## 1. 研究開始当初の背景

中学校で通級指導を受けている生徒は年々増加し、平成5年には296名であった生徒が平成29年には11,950名となり約40倍に増加し、現在も増加している(文科省2019)。高校への進学率は98%を越え、中学校で通級指導を受けていた生徒の多くが高校へ進学する。さらに、中学校特別支援学級の卒業生の約3分の1が高校へ進学する(中教審2015)。また、高校でも平成30年度からは通級指導が制度化され、支援が必要な生徒が以前よりもさらに多く在籍するようになった。実際、平成21年度調査では高校に進学する発達障害等困難のある生徒の高校進学者全体に対する割合は約2.2%であったが(文科省2009)、現在その割合はさらに増加し、学科等によっては5割を超える高校もある(中村ら2016)。しかし、注意しなければならないのは、障害のある生徒以外にも障害等はなくとも学習に困難があり教育的支援を必要とする生徒が多く在籍していることである。筆者は今まで彼らの数学学習の困難性を改善するための指導の研究を継続的に行ってきた。その中で、彼らは数学学習の困難性だけでなく、数学学習に関するメタ認知(自分の認知活動を客観的に捉える能力, Flavell, 1976)の偏りや固定化などの課題も有していることが分かってきた。そこで、本研究では障害の有る無しに関わらず数学学習に困難性やメタ認知の課題がある生徒すべてを「数学学習に支援が必要な生徒」と捉え、彼らの数学学習に関する困難性とメタ認知を研究対象とする。数学学習に支援が必要な生徒の困難性やメタ認知の課題をそのままにしておくと、他教科やその後の学習にも影響し、学習意欲や自尊心の低下、不登校やいじめの原因などの二次的な問題にも発展し、社会参加と自立の障壁となる。高校の数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知に関する研究は喫緊の検討課題と言える。

数学学習に支援が必要な生徒を対象とした研究は、小中学校では実践的研究が多数行われているが、高校では支援が必要な生徒の在籍数が増えているにもかかわらず、あまり行われていない。しかも、小中学校で行われている実践的研究は困難性を学習活動から捉えるなど特別支援教育の視点からの研究がほとんどである。しかし、数学学習に支援が必要な生徒の困難性は、学習活動に関する困難性だけでなく、学習内容に関する困難性や数学学習に関するメタ認知の課題も多く抱えており、数学教育研究の視点から捉えることが必要不可欠である。また、彼らのメタ認知には偏りや固定化などの課題があり、困難性との関連性が示唆されるが、彼らの数学学習に関するメタ認知の現状はほとんど明らかにされていない。数学学習に支援が必要な生徒の指導には、特別支援教育研究の成果を生かしながらも、数学教育研究の視点から学習活動と学習内容の困難性を捉え、新たにメタ認知を同定するとともに、それらの関連性を考慮しながら、体系化を図り、体系化を生かした支援と指導(授業デザイン)の開発が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、

- (1) 高校において数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知を同定し体系的に整理すること、
  - (2) 1をもとに、数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知を改善するための授業デザインを開発すること、
  - (3) 開発した授業デザインの有効性を、授業研究を通して検証すること、
  - (4) 本研究の成果を教育現場に普及し、高校の数学指導の改善を図ること、
- の4点を目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究は、以下の手順で行った。

### (1) 質的研究法による困難性とメタ認知の同定と体系化

特別な支援が必要な生徒が多く在籍する高校を対象にテスト調査及び質問紙調査、訪問調査を行い、データを収集し、質的研究法を用いて数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知を同定し、それらの体系化を図る。

質問紙調査の結果をもとに、数学学習に支援が必要な生徒への数学指導について意欲的かつ効果的に実践に取り組んでいると考えられる高校を訪問調査校に選定する。

訪問調査では、観察法とインタビュー法によるデータ収集を行う。

- A) 観察法は、数学学習に支援が必要な生徒の在籍する学級の授業を継続的に観察し、生徒の困難性の状態、教師の支援の内容と方法、実態把握の方法、評価方法、ICT活用の状況、その他の観点でデータ収集を行う。
- B) インタビュー法は、指導者及び対象生徒に対して、観察法で得られたデータをもとにインタビューを行う。

これらにより、実際の授業のどの指導場面(学習場面)でどのような困難性やメタ認知の作用があり、それに対してどのような支援が行われているかを指導者と学習者から直接知ることができ、数学学習に支援が必要な生徒の困難性やメタ認知を同定するための基礎的な資料を得ることができる。

訪問調査で収集したデータをもとに、グラウンデッド・セオリー・アプローチを用いて、彼らの数学学習における困難性やメタ認知を同定し、それらの体系化を図る。

## (2) PDCA サイクルによる授業デザインの開発

(1)の成果をもとに数学学習に支援が必要な生徒の困難性やメタ認知を改善するための授業デザインを開発協力校の協力のもと PDCA サイクルで開発する。

授業デザインの開発は、(1) 授業デザインの作成(Plan)、(2)開発協力校での授業実践(Do)、(3)授業のビデオ分析による評価(Check)、(4)授業デザインの改善(Action)のPDCAサイクルを繰り返して行う。これにより、学校現場の実態とニーズに応じた授業デザインの開発が可能である。

授業デザインは、困難性とメタ認知の実態把握の方法、困難性とメタ認知の体系化をもとに、各困難性やメタ認知の関連を考慮した支援、多層指導モデル(MIM)を参考にした、多数の生徒に見られる困難性やメタ認知の課題(第1層)、少数の生徒に見られる困難性やメタ認知の課題(第2層)、特定の生徒に見られる困難性やメタ認知の課題(第3層)に対する多層的な支援、指導の評価の方法、ICTの活用の5点を検討し開発を行う。第1層は数学学習に支援が必要な生徒以外の多くの生徒にも見られる困難性やメタ認知の課題、第2層は数学学習に支援が必要な生徒に見られる困難性やメタ認知の課題、第3層は算数障害や発達障害等の特定の生徒に見られる困難性やメタ認知の課題とも捉えられる。また、数学に関する側面(数学的な意味や概念、数学的な見方や考え方、数学的活動など)と学習者に関する側面(認知特性の分析、方略の選択的採用、動機づけなど)にも留意し、授業デザインの開発を行う。

数学学習に支援が必要な生徒の指導では、(a)数学的な表現(図、表、グラフ等)による視覚的な情報提示、(b)問題解決のプロセスの明確化、(c)操作活動による意味や考え方の理解、(d)学習履歴の活用などが有効であることから、これらにICTの活用を取り入れた授業デザインを検討する。

## (3) 授業研究による授業デザインの有効性の検証

開発した授業デザインを活用した授業実践を実践協力校で行い、授業研究を通して、その有効性を検証する。

授業研究の内容は、(1)対象生徒とクラスの選定、(2)対象生徒の困難性やメタ認知の実態調査、(3)指導目標の設定、(4)支援の検討、(5)授業デザインの具体化、(6)指授業デザインの実施、(7)評価からなる。それらを事前検討会、研究授業、事後検討会で検討する。(7)評価は、ビデオによる授業記録、ノート記録、ワークシート、インタビュー調査等を用いて有効性を検討する資料とする。これらにより、各指導場面での有効性をより具体的に検証可能である。

## 4. 研究成果

ここでは、研究成果の一部を報告する。

### (1) 数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知

高校において数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知の現状と課題を調査し、高校における数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知を同定し、体系的に整理した。ここでは、特に、テスト調査と質問紙調査の成果について報告する。

#### テスト調査の実施

生徒の数学の学習内容の習得度を把握するためにテスト調査を実施した。このテスト調査の得点を数学の学習内容の習得度とする。この習得度によって、本研究での数学学習に支援が必要な生徒の対象を明らかにした。それは、数学学習に支援が必要かどうかの判断は、その原因は様々であるが、各生徒の数学の学習内容の習得度によってなされることが多いと考えられるからである。

テスト調査の問題は、令和元年度第2回高等学校卒業程度認定試験問題の数学の問題(文部科学省、2023-02-28 閲覧)を用いた。テスト調査は100点満点で評価する。高等学校卒業程度認定試験は、高校を卒業した者と同等以上の学力があるかどうかを認定するための試験であり、数学は数学の内容から出題される。そのため、生徒の数学の学習内容をどの程度身に付けているか(習得度)を評価するのに適していると考えたからである。

#### 質問紙調査の実施

数学と数学学習に対する意識の把握と、数学に関するメタ認知の獲得度を捉えるために、質問紙調査を実施した。

#### (ア) 質問紙調査の実施

質問紙調査は、数学と数学学習に対する意識(好意度、理解感、有用感、積極性)を問うものである。数学と数学学習に対する意識の得点は、質問紙調査問題の回答を数値化したものである。

質問紙調査の内容は、数学と数学学習に対する意識(好意度、理解感、有用感、積極性)に関する次の10項目について、当てはまると思うものを、「はい(4点)」「どちらかと言えばはい(3点)」「どちらかと言えばいいえ(2点)」「いいえ(1点)」の4択式で問うものである。この10項目は、筆者が数学と数学学習に意識を問うために検討し作成したものである。

- A) 数学は好きである（好意度）
- B) 数学は得意である（理解感）
- C) 数学は楽しい（好意度）
- D) 数学はよく分かる（理解感）
- E) 数学は将来役に立つ（有用感）
- F) 数学は生活に利用できる（有用感）
- G) 数学の授業に積極的に参加している（積極性）
- H) 数学の学習に力を入れて取り組んでいる（積極性）
- I) 数学の授業で自分の考えを良く発表する（積極性）
- J) 数学の授業では他の生徒の考えがよく分かる（理解度）

### (イ) 質問紙調査の実施

質問紙調査は、数学学習に関するメタ認知の獲得度を捉えるためのものである。数学学習に関するメタ認知の獲得度は質問紙調査の回答を数値化したものである。

質問紙調査は、上田（2009）が開発したメタ認知を測定するアンケートの26項目を使用した。これらの項目は、数学の問題解決の際に有効に機能すると考えられるメタ認知の項目に精選されており、数学学習に支援が必要な生徒が最低限身に付けておくべきメタ認知であると考えられる。そのため、この26項目は質問紙調査の調査内容として適切であると考えた。

質問紙調査の項目の内容も、メタ認知と考えられるが、上田（2009）が開発したメタ認知を測定するアンケートでは、生徒の数学的な問題解決の際に有効に機能する項目のみを取り上げているため、本研究では質問紙調査の内容を質問紙調査の内容とは区別し、数学と数学学習に関する意識として調査することにした。

質問紙調査は、数学の問題を考えると、次の各項目について、頭に思い浮かぶかどうかについて、「よく思い浮かぶ（4点）」、「時々思い浮かぶ（3点）」、「あまり思い浮かばない（2点）」、「全く思い浮かばない（1点）」の4択式で問うものである。

### (ウ) 調査対象

調査対象校は、大学等に進学を希望する生徒が多く在籍する普通科の高校等に協力を依頼した。

### (エ) テスト調査と質問紙調査の結果

テスト調査と質問紙調査の結果を分析した結果、

- A) 数学学習に支援が必要な生徒は、数学意識の得点とメタ認知の獲得度共に数学学習に支援が必要ない生徒よりも有意に低いこと、
- B) 数学学習に支援が必要な生徒の数学の習得度は、数学意識の得点とメタ認知の獲得度と相関がある可能性があること、
- C) 数学学習に支援が必要な生徒は、問題解決に有効に機能すると考えられるメタ認知の肯定的回答の割合が数学学習に支援が必要ない生徒よりも低く、特に肯定的回答の割合が低い10項目を同定することができたこと、

などの成果が得られた。これらの11項目のメタ認知は、問題解決の理解、計画、実行、検討の4つの段階のすべてで見られた。特に、肯定的回答の割合の低い項目数の割合が高いのは、実行と計画の段階に関するメタ認知であった。

## (2) 授業デザインの開発と実践による評価

体系的に分類整理した困難性と支援をもとに、数学学習に支援が必要な生徒の困難性とメタ認知を改善するための授業デザインを開発し、実践協力校（小学校と中学校を含む）のもとで実践し、有効性と課題を明らかにした。ここでは、特に、AIドリルと活用した授業デザインについて報告する。

### AIドリルの活用した授業デザインの開発と評価

#### (ア) 方法

本研究では、実践協力校（小学校と中学校を含む）での指導実践と質問紙調査結果の分析を通して、AIドリルを活用した数学指導の可能性を『つまずきの把握』に焦点を当てて考察し、数学指導の改善のための示唆を得た。

AIドリルを活用した指導実践の事前と事後において、児童・生徒を対象に質問紙調査を行った。質問紙調査は、『算数・数学の学習への意識』『つまずきの把握』『算数・数学の理解』に関する質問項目を含む算数・数学の学習について問うものである。その結果を以下の手順により分析した。

- A) 『算数・数学の学習への意識』と『つまずきの把握』が『算数・数学の理解』へ与える影響を分析する。
- B) 児童・生徒の『つまずきの把握』の状況について、校種の違い及びAIドリルを活用した指導の事前事後調査の結果を分析する。
- C) A), B)を基に、AIドリルを活用した数学指導の可能性を考察する。
- D) これらの結果を基に、数学指導の改善のための示唆を得る。

質問紙調査の項目は、16項目である。項目の内容については省略する。

### (イ) 対象校

実践協力校 小中高校

### (ウ) AIドリルの活用場面

AIドリルの活用は、以下の3つの場面を計画した。

#### 【AIドリルの活用場面】授業の前半で活用

本時の学習に必要な既習事項や前時までの学習内容を確認するために、授業の前半にAIドリルを活用する。

#### 【AIドリルの活用場面】授業の後半で活用

本時に学習した内容を振り返り、学習内容を習得できたかどうかを確認するために、授業の後半でAIドリルを活用する。

#### 【AIドリルの活用場面】家庭学習で活用

次の授業のために既習事項の確認問題や、授業で学習した内容の定着や復習を目的にした演習問題を家庭学習でAIドリルを活用して行う。

### (エ) 学習履歴の活用場面

AIドリルの学習履歴の活用は、以下の3つの場面を計画した。

#### 【学習履歴の活用場面】

教師が、支援が必要な児童・生徒を判断するためにAIドリルの学習履歴を活用する場面。

#### 【学習履歴の活用場面】

教師が、生徒の理解していない学習内容を見つけ再度指導するためにAIドリルの学習履歴を活用する場面。

#### 【学習履歴の活用場面】

児童・生徒が、自分の理解していない学習内容を見つけ再学習するためにAIドリルの学習履歴を活用する場面。

### (オ) 結果

本研究では、実践協力校を対象にした指導実践と質問紙調査の結果の分析を通して、AIドリルを活用した数学指導の可能性を考察した。その結果、指導実践の結果からは、AIドリルの活用場面は、単元において、授業の前半、授業の後半、家庭学習の3つの場面に位置付けることができた。また、AIドリルの学習履歴は、教師が支援の必要な生徒を判断する場面、教師が理解していない学習内容を見つけ再度指導する場面、生徒が自分の理解していない学習内容を見つけ再学習する場面の3つの場面で活用することができた。また、普段であれば教師が学習プリントを準備し、授業の演習や家庭での課題とし、その学習プリントを教師が採点するところを、AIドリルを活用して実践することで、教師のプリント作成や採点の時間の削減や生徒の取り組み状況の迅速な把握が可能となった。

また、質問紙調査結果の分析からは、

A) AIドリルを用いた指導で『つまずきの把握』が伸びること、

B) 『つまずきの把握』が『数学の理解』に影響があること、『数学への自信』と『数学への興味』、『つまずきの把握』が『数学の理解』に正の相関があること、

が明らかとなった。

これらのことから、AIドリルを活用した指導だけではなく、普段の指導において『数学への興味』や『数学への自信』の向上を図り、『つまずきの把握』をさらに伸ばすことが重要であることなどが示唆された。また、小学校段階で伸長される『つまずきの把握』は、小学校では算数の理解に直接影響しないが、中学校での数学の理解に貢献する。これらの傾向は高校においても同様な結果であった。

### <引用文献>

中村好則(2024.3)高校における数学学習に支援が必要な生徒のメタ認知に関する研究 - テスト調査と質問紙調査の結果の分析を通して - , 岩手大学教育学部研究年報第83巻, pp.69-82 .

中村好則, 立花佳帆, 山本奨, 佐藤寿仁(2024.3) AIドリルを活用した算数・数学指導の可能性 - 『つまずきの把握』に焦点を当てて - , 岩手大学大学院教育学研究科研究年報第8巻, pp.109-120 .

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 中村好則	4. 巻 83
2. 論文標題 高校における数学学習に支援が必要な生徒のメタ認知に関する研究 - テスト調査と質問紙調査の結果の分析を通して -	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部研究年報	6. 最初と最後の頁 69-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 中村好則，立花佳帆，山本奨，佐藤寿仁	4. 巻 8
2. 論文標題 AIドリルを活用した算数・数学指導の可能性 - 『つまずきの把握』に焦点を当てて -	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 岩手大学大学院教育学研究科研究年報	6. 最初と最後の頁 109-120
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 中村 好則，立花 佳帆，山本 奨，佐々木 啓治	4. 巻 64
2. 論文標題 中学校数学科における統計指導でのICT 活用の有効性と課題 - 統計的問題解決のプロセスを重視した授業実践を通して -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 数学教育学会誌	6. 最初と最後の頁 59-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 中村好則，佐藤寿仁，山本奨，立花佳帆	4. 巻 82
2. 論文標題 1人1台端末時代の算数・数学指導におけるICT活用の可能性と課題 - 児童・生徒への質問紙調査の分析を通して -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部研究年報	6. 最初と最後の頁 65-76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 中村好則, 佐藤寿仁, 稲垣道子, 工藤真以, 浅倉祥	4. 巻 9
2. 論文標題 数学指導におけるICTを活用した「個別最適化された学び」の効果: AIドリルの活用を通して	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部教育実践研究論文集	6. 最初と最後の頁 7-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 岩手大学教育学部・岩手大学教育学部附属中学校編, 中村好則 (分担)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 福村出版	5. 総ページ数 304
3. 書名 Society5.0時代の中学校教育の構想と実践 1人1台端末時代の新しい授業の形	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------