

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：17501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14043

研究課題名(和文) 必要な知識を想起する能力を育成する授業と評価水準を開発する実証的研究

研究課題名(英文) An empirical study to develop teaching methods and evaluation levels that foster the ability to recall necessary knowledge

研究代表者

中川 裕之(Nakagawa, Hiroyuki)

大分大学・教育学部・准教授

研究者番号：00450156

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果としては、必要な知識を想起する授業設計の原理を明らかにしたことが挙げられる。具体的には、知識そのものが想起されるのではなく、知識は抽象化されて記憶されていることから、想起時に組み合わせられる生成や、その知識の妥当性を調べる評価が重要な働きをすることを明らかにした。また、その原理に基づいて実際に複数の授業を構想し、実践することで、教育現場の教員にも分かる形で、授業の在り方を示すこともできた。さらに、そのような授業を通して育成された生徒を評価するために、知識を想起する能力の高まりをとらえる水準を設定したことも成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

認知科学の最新の知見に基づいて授業や指導方法を開発することができたことで、それらの知見が学校現場の課題解決に有効であることを示すことができた。この結果は、他教科の課題の解決にも有効である可能性も示唆していると考えられる。また、必要となる知識を最初に提示、復習する授業が改善され、新学習指導要領で目指す汎用的な能力である問題解決力や類推力、構想力をこれまで以上に育成する授業モデルを示すことができた。さらに、そのような授業で育成される想起する能力をとらえる水準を設定したことから、生徒の能力を評価することが可能となり、学習指導の計画や修正に役立てることができると考えられる。

研究成果の概要(英文)：As a result of this research, we have clarified the principle of lesson design that recalls necessary knowledge. The knowledge itself is not recalled, but the knowledge is abstracted and stored. Therefore, it was clarified that the generation that is combined at the time of recall and the evaluation that examines the validity of the knowledge play an important role. Moreover, by actually envisioning and practicing multiple lessons based on that principle, we were able to show what the lessons should be in a way that even teachers in the field could understand. Furthermore, in order to evaluate the students who have been trained through such classes, we have set evaluation levels that captures the increased ability to recall knowledge.

研究分野：数学教育学

キーワード：知識の想起 知識の評価 知識の生成 類推

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 新学習指導要領では育成すべき資質・能力が整理される中で、個別の知識・技能については「何を知っているか、何ができるか」、思考力・判断力・表現力等については「知っていること・できることをどう使うか」という視点から検討されている。このため、知識を知るだけでなく、それをどう使うか、それで何ができるかを意識して学習指導にあたる必要がある。

そのためには、知っている知識を想起することが必要となるけれども、数学の授業においては、比例の単元では比例の性質を使うといったように、現在学習している知識を使うことが前提となっており、問題解決や発見・創造においてどのような知識を想起し活用すればよいかを一から考える機会が少なく、知識を想起する能力が育成されていない。

このような授業では、使うものが限定されない日常事象や社会事象において生きるような問題解決力や発見力を育成することはできず、次期学習指導要領で目指すような教科の枠を超えた汎用的な能力を育成することが難しいため、知識の想起に関する部分を改善する必要がある。

(2) 認知科学の研究では、知識や記憶に関するとらえ方が大きく変化してきた。大まかに述べるならば、知識や記憶は頭の中に互いに関連づいて安定して保存されており、それをいかに想起するかを考えるといったものから、知識や記憶は絶えずゆらぎ、関連付けも変化しており、その特性をうまく生かして想起するといったように変わってきている。しかし、数学教育学における知識観や記憶観は未だ変化前のものがほとんどであり、記憶の中にしっかりと定着した記憶を想起し、活用するといったとらえ方をしている。そのため、本研究では、最新の認知科学の研究成果に基づいて、数学の授業における知識の想起について考察し、授業実践することで、数学教育学に新たな知見をもたらすことを意図している。

(3) 平成25年～28年にかけて生徒が類推を能率的に活用して問題解決や発見・創造を行う研究を進めてきた(若手研究(B)No.25780531)。その際、現場の教員に多くの授業を見せてもらったり、授業実践をお願いしたりした。それらの授業の多くで、類推でベースとなる(問題解決や発見・創造に必要な)知識の想起が難しい場面において、教師が授業の最初でその知識を提示、復習していた。これは、研究外で見学した授業でも同様であった。一方、使う知識を提示、復習しない授業もあったけれども、その授業では優秀な生徒だけが知識を想起して正解を発表しクラスで共有した結果、多くの生徒はなぜその知識を使おうと思ったのか、また、なぜその知識を使うとうまくいくのかを理解できないまま授業を終えていた。

このような現状を改善するためには、必要となる知識を子ども自らが想起する授業を実践するなかでその設計原理を明らかにし、その授業によって高まる能力をとらえる水準を設定することが必要であるとの考えに至った。また、そうすることで、問題解決能力や類推能力も高まり、これまでの研究を深めることにつながると考える。

2. 研究の目的

以上の背景より、問題解決や発見・創造に必要な知識を子ども自らが想起できるようになる授業設計のための原理を明らかにするとともに、知識を想起する能力の高まりをとらえる水準を設定することを目的とする。その目的を達成するために、次の3つの下位目標を置き、それぞれ1年ごとに達成することを目指す。

下位目標1 知識を想起しづらい単元や内容を特定し、子どもが知識を想起できるようになるための授業を構想する。

下位目標2 構想した授業を複数のクラスで実践し、考察することで授業設計の原理を抽出する。

下位目標3 一つの単元を通して授業を設計し、実践して生徒の変容を分析することで、想起する能力の高まりをとらえる水準を設定する。

3. 研究の方法

研究方法

子どもや授業を熟知したベテラン教員と協力することで効果的に研究を進め、この目的から設定した3つの下位目標を平成29、30、31年度に一つずつ達成していくことを目指した。

(1) 平成29年度：知識を想起しづらい単元や内容を特定し、子どもが知識を想起できるようになるための授業を構想するために、先行研究に基づいて学習指導案を作成し、授業実践予定者と話し合うなかでブラッシュアップする。

具体的には、第一に、これまでの研究成果に基づくとともに、知識の想起に関わる認知科学や数学教育学の文献を収集して考察する。第二に、知識の想起に関連する先行研究において課題が指摘される内容や単元を取り上げ、認知科学の研究成果に基づいて解決策を導出して学習指導案を作成する。第三に、授業実践協力者と学習指導案を検討し、実践可能なものへとブラッシュアップする。

(2) 平成30年度：構想した授業を複数のクラスで実践し、考察することで授業設計の原理を抽出するために、数と式、図形領域の2つの授業をそれぞれ複数の学級で実践する。

具体的には、1学期に数と式領域の授業を複数の学級で実施する。第二に、2学期に図形領域

の授業を複数の学級で実施する。第三に、授業実践協力者は自分の授業以外も見学、または録画したビデオを視聴し、議論することで、指導案の内容や意図を共有する。

以上の研究を進めたうえで、さらに、生徒の変容などを考察するとともに、授業者による展開の相違点に着目して実践結果を分析し、授業設計の原理を抽出するために、授業で収集されたデータ(中川と院生1名によるビデオ、写真、フィールドノート)をもとに、成功、失敗した要因や独自の工夫(実践知)について授業実践者達と議論し、授業設計の原理を抽出する。

(3)平成31年度:一つの単位を通して授業を設計し、実践して生徒の変容を分析することで、想起する能力の高まりをとらえる水準を設定するために、原理に基づいて単位を通した授業を設計、実践し、現場の教員と共に生徒の変容を分析することで知識を想起する能力の水準を設定する。

具体的には、第一に、授業設計の原理に基づいて、単位を通した授業を設計する(単元計画、学習指導案の作成)。第二に、大学の附属中学校において、単位を通した授業を実施する。参与授業によりビデオとICレコーダ、写真、フィールドノートによって記録をとる。授業記録は中川の他に大学院生1名にも参加してもらおう。第三に、授業記録と生徒のノートから生徒の変容をとらえ、知識を想起する能力の高まりをとらえる水準を設定する。第四に、設定した水準について、授業実践協力者全員とその適切性を協議し、成果を整理する。

4. 研究成果

(1) 想起する知識の生成する過程の設定と学習指導方法の導出

まず、理論研究の結果次のことが明らかとなった。第一に、類推におけるベースに関して、記憶から想起するのではなく類推するその場で生成するという研究が近年なされてきたこと。第二に、科学者は類推において複数の情報を組み合わせてベースを生成しているとする先行研究も存在すること。そこで、数学での類推においてもベースの生成がなされるかを調べ、そのプロセスや留意点について明らかにすることを目的とし、大学生を対象とした事例研究を行った。

その結果、ベースの生成が観察され、そのプロセスについては、ターゲットの特徴から抽象的な知識の想起と具体的な対象の作成がなされ、抽象的な知識を具体的な対象に適用することでベースが生成されるとまとめられた。また、先行研究との相違点として、想起し適用される抽象的な知識が不完全故に断片的なものであることが明らかとなり、学習指導で扱う際の留意点として、類推を通して知識を整理、統合するには、類推を振り返って背後にある数学的なアイデアを明らかにする必要があることが示唆された。

(2) 子どもが新しい性質を見いだす教材の開発

授業実践で使用する教材の開発を行った。そのための方法として、命題を特殊化し、特殊化したものにおいて別証明を考え、その別証明をもとにして一般化する方法について考えた。教材研究を通して、その方法を用いることで新しい命題を見つけられるか、結論の新しいとらえ方が出てくるかを明らかにすることを目的とした事例研究を行った。

その結果、線対称からとらえられる二等辺三角形の性質を題材とし、特殊化して別証明を考え一般化したところ、結論のとらえ方として「回転移動」や「調和平均」が出てきた。また、方法を用いることで様々な図形や性質を関連付けられるというよさがあることが示唆された。このため、この教材を用いて授業実践を行い、子どもが新しい性質や性質間の関係を見いだせることを確認した。

(3) 必要な知識を想起するプロセスと指導原理の明確化

理論研究によって、適切な知識を想起するには検索した知識が適切かを評価することが重要であることが示唆された。そこで、ベースを想起するプロセスを検索と評価から捉え、ベースの評価にも注目することで、適切なベースの想起を促す方法を明らかにする研究を行った。この目的を達成するために認知科学の先行研究をさらに調べて考察を深め、関係レベルの類似性に着目させる方法と抽象的に捉えさせる方法を理論的に導出した。そして、導出した方法を用いる事例研究を実施し、方法の効果について検討した。

その結果次の示唆が得られた。適切なベースの想起には着目する類似性を対象レベルから関係レベルへと変化させることが必要であり、それは一つの特徴などの細部に集中している注意を全体的な関係性に広げてベースが適切かを調べる活動によって可能となる。また、ターゲットで問われた内容がどのようなものか、どう変化したかを整理してその特徴を表現させることで、ゴールや目標を考慮してターゲットを適度に抽象化して捉えさせれば、ベースの検索や評価が容易となる。

(4) 必要な知識を想起する指導方法の導出と授業化

上記の研究の成果を総合し、ベースの評価を促す方法として、着目する類似性を関係レベルへと変化させるために「一つの特徴などの細部に集中している注意を全体的な関係性に広げてターゲットを調べ直す活動や発問を仕組むこと」と、ゴールを考慮してターゲットを適度に抽象化して捉えるために「問題や状況を整理してどのような種類の問題かを見直す活動や発問を仕組むこと」を理論的に導出した。そのうえで、その方法の効果を検証する授業実践では、前者の方

法は対応付ける内容を特徴から関係に変化させる点で「対応付け」による評価につながる事が明らかとなった。後者の方法についても複数のベースを比較する評価につながり、その結果ベースの改善がなされた。このため、導出した方法はベースの評価を促すことが示唆された。

(5) より数学での類推に特化した指導方法への改善

これまでの研究を通して導出した方法や原理が一定程度効果があることが明らかとなった。最後に、その効果より強いものとするために、数学という教科の特性を取り入れた方法とすることで、数学の授業における知識想起でより役立つものへと改善することを考えた。このため、数学者の類推の評価方法を枠組みとした調査を構想して実施し、類推評価に関する中学生の実態の一端を明らかにすることで、類推を評価する学習指導について示唆を得る調査研究を行うこととした。

そこで、クレメントによる先行研究に基づいて一般的な類推の評価方法を明らかにし、それを視点として数学者オイラーの類推活動を分析した。その結果、ベースやターゲットを変形して新たな対象を見つけ、ターゲットに写像する内容が成り立つかを新たな対象で確かめるという評価方法を明らかにした。そして、調査では、類推を評価する際に中学生がどのような方法を用いるか、どのような方法を有効と考えるかを調べた。その結果、明らかにした評価方法を用いて類推を評価する生徒はいること、評価方法を紹介すれば生徒はそれらを有効な方法と捉える可能性があること、用いる方法と有効と考える方法には関連があることを明らかにした。これらのことから、明らかにした評価方法を生徒の実態に合わせて指導すれば、生徒が類推を評価するために使用するようになる可能性が示唆された。

(6) 数学に特化した指導法を用いる教材の開発

これまでの研究成果を授業実践へとより容易に適用するために、上記(5)の指導法を用いる教材を開発することとした。すなわち、類推を活用する中で類推の妥当性を評価する過程を経験できる教材を開発した。

そのために、まず、認知科学の先行研究にある類推の評価方法と数学者であるオイラーの類推の評価方法を比較した。その結果、オイラーの評価方法の特徴として、ターゲットを変形してターゲット周辺の対象で写像する関係が成り立つかを調べることと、評価するなかで新たな推測を見いだすことの二つを明らかにした。そして、星形多角形の角の和の扱い方を見直し、多角形の内角の和からの類推においてその特徴をもつ評価過程を経験できる教材を開発した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 宮崎樹生, 中川裕之, 吉川厚	4. 巻 6
2. 論文標題 教科の内容・活動に固有な非認知的スキルを評価する - 証明の学習に関する「主体的に学習に取り組む態度」-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第6回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 89-94
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川裕之, 佐々祐之, 榎本 哲士, 茅野公穂	4. 巻 42
2. 論文標題 科学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルの評価法の開発 領域「数と式」における調査内容について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集42	6. 最初と最後の頁 165-166
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川裕之, 吉川厚, 清水静海	4. 巻 42
2. 論文標題 科学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルの評価法の開発 「証明すること」に関する調査結果の考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集42	6. 最初と最後の頁 163-164
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川裕之	4. 巻 51
2. 論文標題 適切なベースの想起を促す方法に関する研究 検索したベースを評価することに注目して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第51回秋期研究大会発表集録	6. 最初と最後の頁 213-216
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮崎樹生, 中川裕之, 茅野公穂, 岩田耕司, 小松孝太郎, 藤田太郎	4. 巻 24
2. 論文標題 Curriculum frameworks of explorative proving in accordance with characteristics of domains in junior high school mathematics.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 School mathematics curriculum reforms: Proceedings of ICMI Study 24. Tsukuba, Japan	6. 最初と最後の頁 269-276
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 中川裕之, 佐々祐之	4. 巻 -
2. 論文標題 課題探究として証明することを実現する指導法開発 - 領域「数と式」の枠組みの再検討と指導法の開発 -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第5回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 9-14
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐々祐之, 中川裕之	4. 巻 -
2. 論文標題 課題探究として証明することの授業化と指導法の開発 - 領域「数と式」における第3 学年の授業実践を通して -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集	6. 最初と最後の頁 45-48
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川裕之	4. 巻 561
2. 論文標題 数学的活動とは何か 従来の算数的活動とどう違うのか	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 新しい算数研究	6. 最初と最後の頁 8-11
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 波津久和崇, 中川裕之	4. 巻 99(11)
2. 論文標題 命題を特殊化し別証明を考え一般化する方法に関する一考察	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本数学教育学会誌数学教育	6. 最初と最後の頁 11-18
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川裕之	4. 巻 -
2. 論文標題 類推におけるベース生成のプロセスに関する一考察	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第50回秋期研究大会発表集録	6. 最初と最後の頁 95-98
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川裕之	4. 巻 97
2. 論文標題 類推の振り返り方に関する研究 類似な条件におきかえて命題をみつける類推に限定して	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本数学教育学会誌数学教育学論究	6. 最初と最後の頁 1-24
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 和田信哉, 中川裕之, 岩田耕司	4. 巻 40(3)
2. 論文標題 「 を使った式」に関する児童の認識の変容の分析 代数的推論の観点から	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本教科教育学会誌	6. 最初と最後の頁 69-80
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 宮崎樹生, 中川裕之, 吉川厚
2. 発表標題 教科の内容・活動に固有な非認知的スキルを評価する - 証明の学習に関する「主体的に学習に取り組む態度」-
3. 学会等名 日本数学教育学会第6回春期研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川裕之, 佐々祐之, 榎本 哲士, 茅野公穂
2. 発表標題 科学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルの評価法の開発 領域「数と式」における調査内容について
3. 学会等名 日本科学教育学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川裕之, 吉川厚, 清水静海
2. 発表標題 科学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルの評価法の開発 「証明すること」に関する調査結果の考察
3. 学会等名 日本科学教育学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川裕之
2. 発表標題 適切なベースの想起を促す方法に関する研究 検索したベースを評価することに注目して
3. 学会等名 日本数学教育学会第51回秋期研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮崎樹生, 中川裕之, 茅野公穂, 岩田耕司, 小松孝太郎, 藤田太郎
2. 発表標題 Curriculum frameworks of explorative proving in accordance with characteristics of domains in junior high school mathematics.
3. 学会等名 ICMI Study 24 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川裕之, 佐々祐之
2. 発表標題 課題探究として証明することを実現する指導法開発 - 領域「数と式」の枠組みの再検討と指導法の開発 -
3. 学会等名 日本数学教育学会第5回春期研究大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々祐之, 中川裕之
2. 発表標題 課題探究として証明することの授業化と指導法の開発 - 領域「数と式」における第3 学年の授業実践を通して -
3. 学会等名 日本科学教育学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中川裕之
2. 発表標題 類推におけるベース生成のプロセスに関する一考察
3. 学会等名 日本数学教育学会第50回秋期研究大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

中川裕之研究室
<http://ki tchom.ed.oita-u.ac.jp/mathedu-nakagawa/>

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
--	---------------------------	-----------------------	----