

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：16401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17403

研究課題名(和文) 数学教育におけるクリティカルシンキングを育成する授業の実証的研究

研究課題名(英文) Empirical Study on Classes for Fostering Critical Thinking in Mathematical Education

研究代表者

服部 裕一郎 (HATTORI, YUICHIRO)

高知大学・教育研究部人文社会科学系教育学部門・講師

研究者番号：50707487

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、数学教育で育成されるクリティカルシンキングを、現実社会の文脈において捉える立場(広義)と、純粋な数学の問題において捉える立場(狭義)の二つの側面で捉え、その育成を目指した実践的な数学授業モデルを提案した。代表的な授業モデルとして開発した授業「自動車の購入」(中学校第2学年及び小学校第5-6学年において実施)では、授業の中で生徒達の様々な社会的価値観(公共性、道徳観、倫理観)が表出し、その問題解決においては、数学的判断に社会的価値判断を加えた多様なクリティカルシンキング(広義)を遂行する生徒達の様相を捉えることができた。

研究成果の概要(英文)：In the current study, critical thinking cultivated in mathematical education was defined from two aspects, i.e. a stance to define from the context of real society (in a broad sense) and a stance to define through pure mathematical problems (in a narrow sense), and a practical mathematical class model has been suggested aiming at cultivation of the thinking. In a class of "Purchase of car" developed as a typical class model (implemented for second grade students of junior high school and fifth-sixth grade students of elementary school), various social sense of values (public nature, moral view, ethics) was expressed and we were able to recognize how students performed various critical thinking (in a broad sense) based on mathematical judgment added with social value judgment in solution of the problem.

研究分野：数学教育学

キーワード：数学教育 クリティカルシンキング 批判的思考 批判的数学教育 社会的オ プンエンドな問題 社会的価値観

### 1. 研究開始当初の背景

近年急速に進む少子高齢化や知識基盤社会の進展に伴う社会改革の中で、クリティカルシンキング(批判的思考力)<sup>註1)</sup>は、これからの21世紀を担う子ども達に育成すべき能力の一つとして、その重要性が高まっている。文部科学省において設置された「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会」(平成26年3月31日取りまとめ)においても、今後、学習指導要領の構造を児童生徒に育成すべき資質・能力を明確化した上で、そのために各教科等どのような教育目標・内容を扱うべきかといった視点から見直すことが必要であることが提言されており、「21世紀型能力」の一つとしても挙げられるクリティカルシンキングをこれからの学校教育において、各教科がどのように育成していくかについては現在の喫緊の課題といえる。

クリティカルシンキングは、代表的にはEnnis(1987)によって「何を信じて、何を行うかを決定することに焦点をあてた合理的で反省的な思考」と定義される。「批判的思考」とも訳されるこの概念は教育学、哲学、心理学、看護学など、それぞれの分野で発展してきた。そのため、現在では、この研究にはあらゆるアプローチが存在し(鈴木ら,2006)、様々な哲学者や教育学者などによるクリティカルシンキングの定義を検証した道田(2003)は「批判的思考という概念はあらかじめ固定的な実体として存在するわけではない」とも述べている。このことは、教科教育において児童生徒にクリティカルシンキングを育成する場合、具体的にそれがどのような能力であるかを焦点化させ、その能力を育成するために、どのような教材で、どのように教え、どのように評価をするかが問題となることを示唆している。

数学教育におけるクリティカルシンキングを育成する理論的・実践的研究は国内外において、緒に就いたばかりといえ、数学教育におけるクリティカルシンキングの理論的な位置づけや、特質、構成要素、またその育成を目指す授業実践では、具体的教材の在り方や、教師の支援の方法などは未だ明らかとなっていない。本研究はこれらの未解決な課題の解明を目指すものである。

### 2. 研究の目的

ジェネリックスキルとも呼ばれるクリティカルシンキングを数学教育の文脈で如何に育むことができるのか。この課題意識のもと、本研究では数学教育で育成されるクリティカルシンキングの理論的な位置づけ、特質、構成要素を明らかにし、クリティカルシンキングを育成する実践的な数学授業モデルを提案することを目的とする。

### 3. 研究の方法

この目的を達成するために、平成27年度

においては、クリティカルシンキングと統計的リテラシーとの関連性を考察すべく、主に統計分野に焦点を充て、高等学校数学「データの分析」単元における2本の実践授業を検討した。平成28年度においては、主に理論的側面からの検討を中心に研究を推進した。具体的には、数学教育の文脈におけるクリティカルシンキングとアブダクションの関係性の解明に向けて、これまでの自身の先行研究において実践したクリティカルシンキングを育成する数学授業において、生徒のアブダクションの抽出を試み、それがクリティカルシンキングのプロセスにおいてどのような位置づけがなされるか、またどのような役割を持ちうるかについて検討した。またクリティカルシンキングの数学教育における問題解決の思考法としての位置づけ、及びその特性を文献解釈の方法で検討した。研究最終年度にあたる平成29年度は、理論的側面と実践的側面の双方向から研究を推進した。数学教育におけるクリティカルシンキングの育成にあたっての理論的背景はSkovsmose(1994)による批判的数学教育の視座に依拠し、方法的側面としては社会的オープンエンドな問題(馬場,2009)に注目した。そこで、具体的授業実践として、小学校第5-6学年(複式学級)及び中学校第2学年において、実験授業「自動車の購入」を行い、生徒達の発揮したクリティカルシンキングの実際を検証した。

### 4. 研究成果

本研究における主要な研究成果を以下に述べる。

#### (1) 数学教育におけるクリティカルシンキングをどのように捉えるか?

古くは古代ギリシア以来の西洋哲学の伝統という長い過去をもつ批判的思考力であるが、近年、道田(2013)はこの多様な批判的思考概念を捉えるにあたっては、大きくは合理性、反省性、批判性の3つをキーワードとして挙げ、どの部分を強調するかにより、様々な解釈がなされるとした。では、数学教育における批判的思考とはその概念をどのように捉えるべきであろうか?服部(2017a)においては、道田(2013)の知見を援用しながら、数学教育の文脈における先行研究や自身の実践研究を整理することを試みた。結果、数学教育における批判的思考は、現実社会の文脈(authentic)において捉える立場(広義の批判的思考)と、純粋な数学の問題解決の文脈において捉える立場(狭義の批判的思考)の2つの側面で捉える必要性を提案した。また、数学教育において批判的思考を育成する先行研究の位置付けを図1のように整理し、広義の批判的思考では社会的価値観が、狭義の批判的思考では数学的価値観が授業において顕在化されることを示した。また、井上・服部ら(2018)では、社会的な文脈を扱う広義の問題解決においては、広義の批判的

思考（クリティカルシンキング）がその解決過程において重要な作用をもたらし、その判断基準の特性として、個人的あるいは社会的価値判断が数学的判断と同様に同定されることを示した。

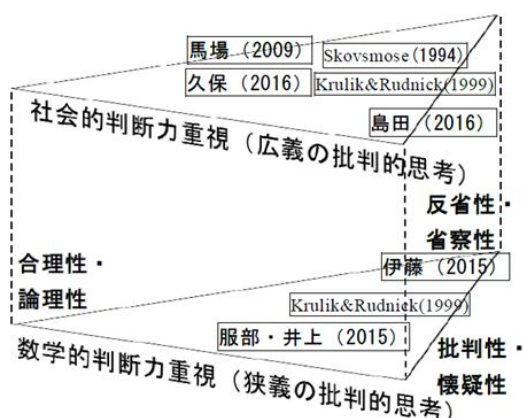


図 1 数学教育において批判的思考を育成する先行研究の位置付け

(2) クリティカルシンキングを育成する数学授業の開発と実践

本研究ではクリティカルシンキングを育成する数学授業モデルの構築に向け、代表的なものとして、以下に示す計 3 本の提案授業を実施し、検証することができた。

- ・高等学校第 2 学年対象  
「n 進法で表された整数の性質」  
(服部・井上, 2015)
- ・中学校第 2 学年対象  
「自動車の購入」 (服部, 2017b)
- ・高等学校第 2 学年対象  
「リーグ戦の対戦計画」  
(井上・服部ら, 2018)

本報告書では、中学校第 2 学年対象に行った実践授業の概要と生徒達のクリティカルシンキングの実際を述べたい。

批判的数学教育の概念と社会的オープンエンドな問題

本授業は理論的視座として、Skovsmose (1994) による批判的数学教育に依拠し、方法的側面として社会的オープンエンドな問題(馬場, 2009)に注目した。Skovsmose 氏が提唱する批判的数学教育では、数学は社会的な文脈の中で批判の道具であり、時に批判の対象にもなりうる。また、その教授学習過程は、「社会における更なる民主化過程への参加に必要な資質という形で批判的能力を育成する機会を生徒達に提供する目的に向けられるべき (Skovsmose, 1994, p.61) であり、これは今日的なコンピテンシーベースのカリキュラム改革である次期学習指導要領の方向性(社会に開かれた教育課程の実現)とも整合的であるといえよう。一方、社会的オープンエンドな問題とは、馬場(2009)において「数学的思考を用いた社会的判断力の育成を目標とした、数学的・社会的多様な解を有する問題」(p.52)と規定されており、個

人の「数学的思考方」による「正しい数学を用いる」ことを前提とした個人の価値観の顕在化(馬場, 2009; 島田, 2016)が批判的思考力育成の方法的側面として求められる。島田(2016)では、社会的オープンエンドな問題の具体として、小学校算数段階の事例(的当て問題)が取り上げられているものの中学校数学段階における社会的オープンエンドな問題設定は問題例(分配問題)が紹介されるに留まり、具体的授業実践の事例は分析されていない。そこで本研究では、中学校数学の社会的オープンエンドな問題を開発し、授業を実践することを目指した。

中学校第 2 学年「自動車の購入」授業の概要を述べよう。授業における中心的課題は以下の図 2 の通りである。

教師は自動車の購入を検討している。購入を検討している「ガソリン車」・「ハイブリッド車」・「電気自動車」の価格及び燃費は次の通りである。また、教師は年間に 12000km 走っており、ガソリン価格は 120 円/L、電気代は、12 円/kwh とする。

	ガソリン車	ハイブリッド車	電気自動車
車両価格	180 万円	210 万円	240 万円
燃費	15km/L	32km/L	8km/kwh

教師は「価格が最も安いのでガソリン車を購入したい」と言っている。さて、あなたならこの 3 つの車のうち、どの車の購入を教師にお勧めするか？

図 2 中心的課題「どの車がお勧め？」

本授業では、授業中盤において、「数学的な考え方」として次の式を用いて各自動車の総費用を比較し、この問題を検討することにした。

$$(\text{総費用}) = (\text{車両価格}) + (1 \text{ 年間の燃料代}) \times (\text{使用年数})$$

問題解決の方法知としては、式、表に加え、一次関数のグラフを用いた考察も可能である。実際に各自動車における走行にかかる燃料費用と自動車の値段を合わせた総費用で比較すると、自動車の使用年数によって、どの 3 種類の自動車もそれぞれ最も安価になり得る期間が存在することが分かる。つまり、この問題では「数学的な考え方」が方法として扱われ、最終的な意思決定(どの自動車を購入するか)は個人の価値観に委ねられることとなる。ガソリン車がお得なのか、電気自動車がお得なのか、あるいは、ハイブリッド車がお得なのか、その根拠として数学的判断に価値判断を加えた一連の問題解決過程が生徒の批判的思考力育成に寄与すると考え

る。本授業において生徒達に期待するクリティカルシンキングの具体とは教師からの「価格が最も安いのでガソリン車が良い」という言明に対する代替案の提出がそれである。

#### 授業の実際

中学校第2学年対象の授業は2017年1月に1時間計画で行われた。授業は研究代表者(T1)とそのクラスの教科担任(T2)の二人のチーム・ティーチングで行われた。授業の導入において、T2が新しく自動車を購入したいと考えていること、その相談をT1が受けていることを生徒達に伝え、T2の購入すべき車を今日は皆で考えていきたいことを説明した。以下は、自動車のカタログを生徒達に配布した後のプロトコルである。

T1: 今日 T2 先生に車を薦めようというテーマです。どんな車がいいですか？

S1: キャンピングカー！

T1: なるほど、広い、大きい車がいいのかな？ (他に) どんな車がいいですか？

S2: シニアカー・・・(一同笑)・・・中略

T1: うん、ここまで色とか車の種類とか言ってくれたんだけど他にないかな？車を買おうと思ったらどんなこと考える？

S3: 燃費！！

T1: 燃費ね。燃費って何なんかな？・・・中略

T1: うん、他にないかな？あとどんな事考える？(パンフレットを指さして)何書いてる？

S4: 値段・・・

T1: 車の値段ね。

S5: 先生、予算なんぼなんですか？

その後、さらに意見を求めると、「カーナビ」や「何人乗れるか？」といった意見が出た。

T1 は、実際に自動車を購入するにあたってはこのように様々な要素があることを確認した上で、今回は「値段」と「燃費」に焦点をあてることを説明した。その後、授業は「ガソリン車」「ハイブリッド車」「電気自動車」の三つの自動車のうち、どの自動車を T2 に薦めるかという場面設定に移行した。次の S6 (上)と S7 (下)の記述は、自動車の購入において、「安いのでガソリン車が良い」と T2 が発言した後の生徒の考え(T2 の意見に対しどのように思うか)を記述させたワークシートの一部である。

ガソリン車がいいと思う  
もう年だから一番安い車がいい。  
若かったらハイブリッド車

ハイブリッド車の方がいい  
電気自動車は充電の仕方とかをたふれて乗れないと  
思う。充電できるところが限られてくる  
ガソリン車より燃費のいいハイブリッド車にした方がいい。  
車の値段は高いけど燃費がいい

図3 S6(上)とS7(下)の記述

S6, S7 の記述のように、生徒達の意見は分かれた。どの自動車を薦めるか挙手をさせると、ガソリン車は4名、ハイブリッド車は5名、電気自動車は2名であった。授業はその後、各自動車の総費用を計算する言葉の式を T1 が提案し、それぞれの車の総費用を生徒達に計算させた。使用年数については、5年、8年、10年でそれぞれ設定した生徒達3名を前で板書させ、それぞれの年数で総費用が最も安い自動車異なることを確認した。どの車がお得かを考えるにあたって、表、式、グラフで考えればよいことが生徒達から提案され、完成された表とグラフを T1 が提示したところで授業が終了した。そのため、最終的な意思決定については授業後にワークシートに記述させることにした。

#### 生徒達のクリティカルシンキングの実際

本授業の導入では、実際の車のカタログを配布し、また、授業者(T2)に車を薦めるという文脈を設定したため、生徒達にとってリアルな文脈における意味ある問題として授業が受容された。それは生徒達のプロトコルからも判断できる。特に、S5による「先生、予算なんぼなんですか？」という発言は、現実的に「車を推薦しよう」という意図の発言とも捉えられ、その意味では教室にある程度の「社会的具体性」を生じさせることができたと考える。また、「安いのでガソリン車が良い」と T2 が発言した後の生徒の考えでは、様々な社会的価値観が表出している(S6, S7)。具体的には高齢の T2 を思いやる倫理観(S6)や、経済性を意識した価値判断等(S7)である。これらは、「価格」という一変数のみに着目した T2 の主張に対し、それをそのまま鵜呑みにしない複眼的でクリティカルな考察を生徒達が行ったとも言えるだろう。しかし、この段階での生徒達は、仮定(価値)は意識化されているものの、未だ数学的モデルを構成してはいない。最終的なワークシート記述では、ガソリン車を薦めた生徒が5名、ハイブリッド車を薦めた生徒が3名、電気自動車を薦めた生徒が2名、電気自動車あるいはガソリン車を薦めた生徒が1名であった。代表的な回答を図4に示す。ワークシート記述中の「5年」(S8)、「7年」(S9)、「10年」(S10)という数値は、T2の車の使用年数を生徒が各々の社会的価値判断のもとで仮定したものである。そして、総費用をグラフや表で読み取るという数学が「方法」として扱われている。S10の生徒からは、T2の家族構成までも考慮に入れた社会的文脈からの価値判断が解答に影響を与え、この他、「高齢者となるので車に乗るのは体が危ないためガソリン車」といった T2 の体を思いやる道徳観を表出させた回答もあった。つまり、本授業実践においては数学的判断に社会的価値判断が加えられた多様な解をそれぞれが提出している。本授業における生徒達の批判的思考の具体とは、T2の「価格が最も安い

でガソリン車が良い」という言明に対するこれら代替案の提出がそれである。

ガソリンを買い、理由は退職してからは乗るまいが少ないので、5年と乗ります。そうすると、ガソリン車からの燃費を見ると一番安いからである。

ハイブリッド車  
車は毎年使うもの。ガソリン車は、研究で過酷な条件下で電気自動車の劣化がある。電気はガソリンより安いが、電気自動車の充電設備が、遠くに行くと困る。だからハイブリッド車

電気自動車  
10年以上使用しなくても、先生の子供にも車をゆずるときなどでも安くなくなるから。

図4 S8(上) S9(中) S10(下)の記述

### (3) 今後の展望

批判的思考研究の第一人者の一人でもある Paul (1992) は「強い意味での批判的思考」概念を提唱し、それは「公正」な思考とも表現されている。その知性の特徴の一つに「知的共感」(p.13)が挙げられ、それは、他者を理解し、自分を他者の位置に身を置くことを厭わず、それを想像する必要性を認識することである。これは批判的数学教育が目指す「民主的能力」(Skovsmose, 1994, p.34)とも整合的であり、「公正」な批判的思考を行う態度の一つと言ってよいだろう。このたび報告した中学校での実践は、生徒達が発揮した批判的思考(図4)を議論する形までは授業時間の関係で実現できなかった。顕在化した多様な価値観の存在を認めつつ、かつその価値観と用いられる数学が、批判的に吟味され議論する中で、生徒達の公正な批判的思考は、更に涵養されていくと考える。

本研究では、クリティカルシンキングを育成する数学授業モデルの構築に向け、中学校数学・高等学校数学の特設的な単元における子ども達のクリティカルシンキングの具体の解明や指導法の開発を中心に行った。しかし、系統的な学習プログラム開発レベルでのクリティカルシンキング育成の研究は今後の課題であり、例えば、中学校数学の3年間レベルで子ども達の批判的思考力はどのような教材で、どのように指導し、どのように発達していくのか？またその発揮された批判的思考は学習転移可能なのか？等の「問い」は未解明な急務の課題として挙げられる。今後はこれらの「問い」の解明が求められる。

#### 【註】

1)日本においては、「批判的思考」と「クリティカルシンキング」は現在同義として扱われている(楠見ら, 2011, pp. )。本

研究においては、「critical thinking」を基本的には「クリティカルシンキング」と表現するが、先行研究者が「批判的思考」と訳している場合はその方針に従い、この限りではないこととする。本報告書においても、「クリティカルシンキング」と「批判的思考」の表現の統一は行わない。

#### 【引用・参考文献】

馬場卓也(2009).「算数・数学教育における社会的オープンエンドな問題の価値論からの考察」,全国数学教育学会誌数学教育学研究,第15巻第2号,pp.51-57.

Ennis R.H.(1987).A Taxonomy of Critical Thinking Dispositions and Abilities, *TEACHING THINKING SKILLS: Theory and Practice*, W.H.Freeman and Company New York, pp.9-26.

楠見孝・子安増生・道田泰司(2011).『批判的思考力を育む—学力と社会人基礎力の基盤形成』,有斐閣.

道田泰司(2003).「批判的思考概念の多様性と根底イメージ」,『Japanese psychological review』, 46(4), pp.617-639.

道田泰司(2013).「三つの問いから批判的思考力育成について考える」,心理学ワールド, 61, pp.9-12.

Paul, R.W.(1992).*Critical thinking: What, why, and how*. New Directions for Community College, 77, pp.3-24.

島田功(2016).「社会的オープンエンドな問題を通じた批判的思考力育成の可能性」,日本数学教育学会第4回春期研究大会論文集, pp.113-120.

Skovsmose, O.(1994).*Towards a Philosophy of Critical Mathematics Education*, Kluwer Academic Publishers.

鈴木健・大井恭子・竹前文夫(2006).『クリティカル・シンキングと教育—日本の教育を再構築する—』,世界思想社.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計9件)

1. 井上優輝・服部裕一郎・松原和樹・袴田綾斗(2018)「組合せ論における諸問題を教材としたクリティカルシンキングを育成する数学授業の開発—高校数学における授業実践「リーグ戦の対戦計画」を通して—」, 全国数学教育学会誌『数学教育学研究』第24巻, 第1号, pp.99-120. 査読有.
2. 井上優輝・服部裕一郎(2018)「アクティブ・ラーニングの一形態としての査読評価活動を取り入れた授業の有効性」, 高知大学教育学部研究報告第78号, pp.89-103. 査読無.
3. 服部裕一郎(2017a)「数学教育における批判的思考力の育成とその課題」, 日本数学教育学会 第5回春期研究大会論文集・pp.269-276. 査読無.
4. 服部裕一郎(2017b)「中学校数学における批判的思考力を育成する授業の開発研究—批判的数学教育の視座に依拠して—」, 日本数学教育学会 第5回春期研究大会論文集・pp.209-216. 査読無.
5. 服部裕一郎(2017c)「高校の数学教育におけるアクティブ・ラーニングを考える—問題解決の観点からの提案—」, 土佐の教育(数学編)第50集, 平成28年度高知県高等学校教育研究会数学部会, pp.25-31. 査読無.
6. 服部裕一郎(2017d)「クリティカルシンキングを育成する数学授業における生徒の「アブダクション」に関する一考察」, 全国数学教育学会誌『数学教育学研究』第23巻, 第1号, pp.55-62. 査読有.
7. 服部裕一郎(2016)「クリティカルシンキングを育成する数学授業に関する一考察」, 日本数学教育学会 第4回春期研究大会論文集, pp.105-112. 査読無.
8. 圓岡悠・服部裕一郎(2015)「統計的リテラシーの育成を目指す数学授業に関する一考察—統計的リテラシーの階層における「批判的解釈」に着目して—」, 日本数学教育学会 第46回秋期研究大会発表集録・pp.323-326. 査読無.
9. 服部裕一郎・井上優輝(2015)「RLAによるクリティカルシンキングを育成する数学科授業の開発—子ども達による査読評価活動を通して—」, 全国数学教育学会誌・数学教育学研究 第21巻・第2号, pp.1-12. 査読有.

〔学会発表〕(計11件)

1. 服部裕一郎・松山起也(2018)「批判的思考力を育成する算数科授業の開発と実践—小学校高学年児童達の批判的思考の具体に焦点をあてて—」, 全国数学教育学会 第47回研究発表会.
2. 井上優輝・服部裕一郎(2017)「アクティブ・ラーニングの一形態としての査読評価活動を取り入れた授業の有効性」, 日本数学教育学会 第99回全国算数・数

学教育研究(和歌山)大会.

3. 井上優輝・服部裕一郎・松原和樹・袴田綾斗(2017)「組合せ論における諸問題を教材としたクリティカルシンキングを育成する数学授業の開発—高校数学における授業実践「リーグ戦の対戦計画」を通して—」, 全国数学教育学会 第46回研究発表会.
4. 服部裕一郎(2017)「中学校数学における批判的思考力を育成する授業の開発研究—批判的数学教育の視座に依拠して—」, 日本数学教育学会 第5回春期研究大会.
5. 服部裕一郎(2017)「数学教育における批判的思考力の育成とその課題」, 日本数学教育学会 第5回春期研究大会.
6. 井上優輝・服部裕一郎・松原和樹・袴田綾斗(2017)「組合せ論における諸問題を教材としたクリティカルシンキングを育成する数学授業の開発」, 全国数学教育学会 第45回研究発表会.
7. 服部裕一郎・井上優輝・松原和樹・袴田綾斗(2017)「数学教育で育成すべき資質・能力としての批判的思考力-問題解決の思考法としての位置づけとその特性-」, 全国数学教育学会 第45回研究発表会.
8. 服部裕一郎(2016)「クリティカルシンキングを育成する数学授業に関する一考察」, 日本数学教育学会 第4回春期研究大会.
9. 服部裕一郎(2016)「クリティカルシンキングを育成する数学授業における生徒の「アブダクション」に関する一考察」, 全国数学教育学会 第43回研究発表会.
10. 圓岡悠・服部裕一郎(2015)「統計的リテラシーの育成を目指す数学授業に関する一考察—統計的リテラシーの階層における「批判的解釈」に着目して—」, 日本数学教育学会 第48回秋期研究大会.
11. 井上優輝・服部裕一郎(2015)「クリティカルシンキングを育む統計教材の開発」, 日本数学教育学会 第97回全国算数・数学教育研究(北海道)大会.

〔その他〕

服部裕一郎(2017)「数学授業で子ども達のクリティカルシンキングを育もう!」, 数研チャート・Info No.11 pp.4-6 数研出版.

6. 研究組織

(1)研究代表者

服部 裕一郎(HATTORI Yuichiro)  
高知大学・教育研究部  
人文社会科学系教育学部門・講師  
研究者番号:50707487

(2)研究協力者

井上 優輝(INOUE Yuuki)  
広島大学附属中・高等学校 教諭