

# 課題探究として証明することのカリキュラム開発と実践 —領域「資料の活用」における取り組み—

愛知教育大学 青山和裕

文教大学 永田潤一郎

千葉大学 辻山洋介

信州大学 小松孝太郎

## 1. はじめに

領域「資料の活用」の指導においては、不確定な事象を考察の対象とし、生徒が資料の傾向をとらえ、自分の予測や判断について根拠を明らかにして説明できるようにすることが求められる。本研究は、「資料の活用」において課題探究として説明することのカリキュラム開発と実践、さらには指導法の抽出を目指して展開されている。これまでの取り組みを通じて、トゥールミンの「論のレイアウト」(Toulmin, 1958/2003)に基づいた本領域における説明モデルの構築及び学習レベルと移行過程の設定、「内容－活動対応表」の作成、愛知県内と埼玉県内中学校における授業実践までが実施された。本稿では上記のこれまでの成果をまとめ、今後の展開のための布石とする。

## 2. カリキュラム開発の枠組みと「内容－活動対応表」の作成

領域「資料の活用」における説明では、予測や判断の妥当性を蓋然的に正当化することが求められることに着目し、三段論法に代表される形式的な論理ではなく、日常生活において物事を正当化する行為を考察の対象としたトゥールミンの「論のレイアウト」を参考にしている。特に「論のレイアウト」の構成要素を参考に、「主張」、「特徴」、「論拠」に焦点を当て、領域「資料の活用」での説明においてそれぞれの要素を次のように意味付けた。

- ・特徴…資料の統計的な特徴。例えば、代表値の値やヒストグラムにおける分布の様子など。
- ・主張…資料をもとに何らかの説明をした結果としていえること。
- ・論拠…特徴と主張を橋渡しするもの。なぜ特徴から主張を示すことができるのかを示す。

その上で、以上の3つの要素を備えた説明を構成することを「C1」、「C1」を実現するためにどの統計的指標の特徴に着目するのか考え説明を構想することを「P1」、複数の統計的指標の特徴に着目して1つの主張を正当化する3つの要素を備えた説明を構成することを「C2」、「C2」を実現するためにどの統計的指標の特徴に着目するのかを考え説明を構想することを「P2」とし、原点Oから(P2, C2)に至る学習レベルとその移行について検討を続け、カリキュラム開発の枠組みとして図1のようにまとめた。

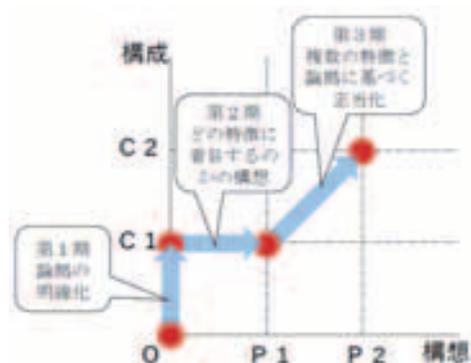


図1 学習レベルと移行過程

これを現行学習指導要領における領域「資料の活用」第1学年の指導内容と対応させ、「内容－活動対応表」の作成に取り組んだ(辻山・永田・青山・小松, 2016). 本研究は, カリキュラムの実現性と実効性を考慮し, 内容の系統性や配列を暫定的に現行学習指導要領に固定している(宮崎・藤田, 2013). 『中学校学習指導要領解説数学編』において, 第1学年の「資料の活用」では以下の項目があげられている.

- a. ヒストグラムの必要性和意味
- b. 代表値の必要性和意味
- c. 相対度数の必要性和意味
- d. 資料の傾向をとらえ説明すること
- e. コンピュータなどの利用
- f. 誤差や近似値

これらのうち, e は単独ではなく他の項目と関連させて扱われると考えられる. また, f では, 判断や主張を説明することは想定されない. そのため, a～d を対象として, 学習レベルとその移行を表1のように対応付ける.

表1 内容－活動対応表

| 項目              | 学習レベル・移行                        |
|-----------------|---------------------------------|
| ヒストグラムの必要性和意味   | O                               |
| 相対度数の必要性和意味     | O → C1                          |
| 代表値の必要性和意味      | C1<br>C1 → (P1, C1)             |
| 資料の傾向をとらえ説明すること | (P1, C1) → (P2, C2)<br>(P2, C2) |

### 3. 授業で扱う題材について

授業で扱う題材としては、2種類のものを用いた。本研究において目指す「説明」の3つの要素を授業で顕在化するにあたって、題材としては次のような条件を満たしているものが適していることがわかった。

- ・「主張」が顕在化しやすいよう、2群のデータの比較から判断するような題材であること
- ・「論拠」の必要感を生徒が感じやすいよう、2群の分布に重なりがあり、どちらの側でも主張できるようなデータであること

1群のデータを題材としても、特徴を読み取り主張をすることはもちろん可能であるが、特徴と主張の区別がつきにくくなる場合もあるため、特徴に基づき、どちらの群のデータがよいかを主張とする題材の方が授業化しやすいと判断した。

#### (1) 題材1：バスの運行時間

授業に用いた題材の1つが「バスの運行時間」である。例えば図2のような所要時間の分布をもつ2つのルート of バスを比較して判断するというものである。このようなデータであればどちらの側の主張も展開することができ、主張する側に見合った特徴を選択することが求められる。また、自分と異なる主張に対して論を展開する際には説得力を持たせる必要性も自然に生じ、論拠にも目を向けさせやすいと想定した。

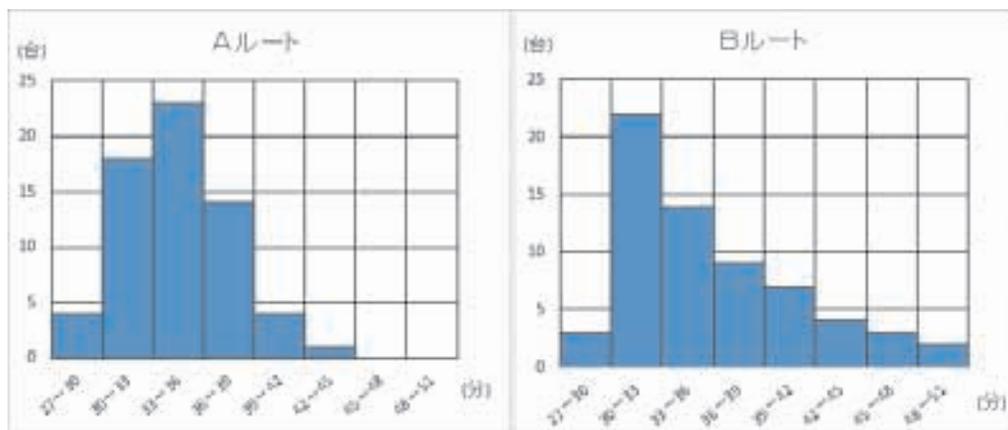


図2 バスの所要時間のヒストグラム

この題材に沿って、先ほどの「内容－活動対応表」で示した各学習レベルと移行の様子を具体的に説明する。まず、ヒストグラムを用いて資料の分布の様子を捉える場面において、一つの特徴をもとに主張を説明すること（O）を学習する。例えば、AルートとBルートのバスの所要時間について、資料をヒストグラムに表した後に、「AルートとBルートのバスの所要時間の分布について、2つのヒストグラムを比べると、どんなことがいえるか」と問うことを考える。これに対して、「Bルートに乗った方が時間がかかりそうだ」という主張を、「39分以上かかるバスは、Aルートでは4本、Bルートでは10本ある」という特徴に基づいて説明することである。

次に、相対度数を用いて、大きさの異なる資料を階級ごとに比較する場面において、第1期の移行「O → (O, C1)」を促し、特徴と主張の間を論拠によって橋渡しする説明を構成することを学習する。例えば、「Aルートの平日と土日のバスの所要時間を比べると、36分以上39分未満になる可能性は、どちらのルートの方が高いといえそうであるか」という問いに対して、「土日の方が36分以上39分未満になる可能性が高いといえる」という主張と、「36分以上39分未満のバスの相対度数は、平日は0.22で、土日は0.28である」という特徴との間を、「相対度数で比べると土日の方が高いので、土日の方が可能性が高い」という論拠によって橋渡しする説明を構成することである。度数ではなく相対度数（割合）に着目する必要性から、論拠を顕在化することが考えられる。

続いて、代表値を用いて資料の傾向を読み取る場面において、(O, C1)の説明の構成に習熟する。そして、どの代表値に着目すべきかを判断する場面において、第2期の移行「(O, C1) → (P1, C1)」を促す。例えば、「太郎さんと次郎さんは二人でバスに乗ろうとしている。所要時間について、太郎さんはAルートの方が短いと主張し、次郎さんはBルートの方が短いと主張している。あなたはどちらの主張を支持するか」という問いに対して、太郎さんあるいは次郎さんを援護するために、どの特徴に着目して説明すればよいかを構想することである。「Aルートの最大値は42分、Bルートの最大値は46分である」という特徴と「一番遅れた場合でも、Aルートでは42分を超えることはなさそうである」という論拠によって太郎さんの主張を援護したり、「Bルートの最頻値は32分、Aルートの最頻値は34分である」という特徴と「一番起こりやすい所要時間がBルートの方が短い」という論拠によって次郎さんの主張を援護したりする説明が可能な資料を用いることが考えられる。

そして、ヒストグラムや代表値を用いて資料の傾向をとらえ説明する場面において、第3期の移行「(P1, C1) → (P2, C2)」を促し、(P2, C2)の説明の構想と構成に習熟する。例えば、修学旅行という文脈を入れ、「あなたなら、AルートとBルートのどちらを利用するか」を考え説明する場面である。目的を明らかにすることにより、特徴を多面的に構想し、複数の特徴と論拠に基づいて説明を構成することが考えられる。

## (2)題材2：地域ブランド調査

2つの実践について、第1～4時間目の授業については「バスの運行時間」の題材を共通して用いたが、第5～7時間目の授業については一方の実践では「バスの運行時間」、もう一方の実践では「地域ブランド調査」の題材を用いた。「地域ブランド調査」はブランド総合研究所が、日本全国の都道府県や市町について「魅力度」や「認知度」など様々な観点から実施している調査である。埼玉県各市町と三重県各市町のデータなどを用いて授業を実施した。図3は埼玉県各市町の「魅力度」に関するデータである。

「バスの運行時間」のデータは架空のデータであるのに対し、実データで生徒に関心を持たせられる題材として模索した結果、この題材を用いることとなった。第4時間目までは「バスの運行時間」の題材を共通して用いた理由は、相対度数や最頻値を扱う第2、4時間目の授業におい

て説明を構成させるにあたって、今後の運行について予想させるような問いかけでないと授業が展開しにくかったためである。

| No. | 市区町村名 | 魅力度  | No. | 市区町村名 | 魅力度 | No. | 市区町村名 | 魅力度 | No. | 市区町村名 | 魅力度 |
|-----|-------|------|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|
| 1   | 川崎市   | 11.6 | 11  | 富士見市  | 3.6 | 21  | 日高市   | 2.6 | 31  | 東松山市  | 1.9 |
| 2   | さいたま市 | 8.8  | 12  | 狭山市   | 3.4 | 22  | 東秩父村  | 2.4 | 32  | 久喜市   | 1.9 |
| 3   | 所沢市   | 7.3  | 13  | 深谷市   | 3.4 | 23  | 北本市   | 2.3 | 33  | 蓮田市   | 1.9 |
| 4   | 川口市   | 6.8  | 14  | 和光市   | 3.4 | 24  | 桶川市   | 2.2 | 34  | 羽生市   | 1.8 |
| 5   | 秩父市   | 6.6  | 15  | 熊谷市   | 3.2 | 25  | 志木市   | 2.2 | 35  | 鶴ヶ島市  | 1.7 |
| 6   | 春日部市  | 5.9  | 16  | 上尾市   | 3.1 | 26  | 蕨市    | 2.1 | 36  | 加須市   | 1.5 |
| 7   | 飯能市   | 5.5  | 17  | 戸田市   | 2.8 | 27  | 心じみ野市 | 2.1 | 37  | 新座市   | 1.4 |
| 8   | 草加市   | 4.3  | 18  | 三郷市   | 2.8 | 28  | 行田市   | 2.0 | 38  | 吉川市   | 1.4 |
| 9   | 越谷市   | 4.2  | 19  | 朝霞市   | 2.7 | 29  | 八潮市   | 2.0 | 39  | 坂戸市   | 1.3 |
| 10  | 入間市   | 3.9  | 20  | 本庄市   | 2.6 | 30  | 白岡市   | 2.0 | 40  | 鴻巣市   | 1.2 |
|     |       |      |     |       |     |     |       |     | 41  | 幸手市   | 1.1 |

図3 埼玉県の各市町の魅力度

#### 4. バスの運行時間を題材とした授業の概要と生徒の反応

豊橋市立羽田中学校・高橋伸茂先生によって2016年2月～3月にかけて実践された授業の概要をまとめる。

##### (1) 「特徴」を「主張」につなげる基本構成の有効性 (第2時) 【学習レベルO】

第2時は、A、B2つのコースを運行するバスの所要時間に関する資料としてヒストグラムを提示し、グラフの形を比べて気づいたことを伝え合う活動をした。形を比べるにあたり、「～を見て」「～を比べて」など、着眼点として何に注目したかを説明に加えるよう、生徒に伝えた。

自力解決の場を設けた後に学級全体で話し合ったところ、初めのうち、生徒は、「Bルートの方が階段の傾きがなだらか」「頂点を比べると、Aルートは左寄り」など、抽象的な表現を多用していた。そこで、「第1時でも話し合った、『どちらのルートの方が所要時間が短いか』という視点で比べたとき、極端な話、『バスの色が黄色』とか『Bルートの方が大きい』ということを知っていて、説得力がある説明だと思うかな」と質問した。生徒は、「それでは分からない」と答えたので、「では、どんなことが分かると、説得力があるのかな」と問いかけたところ、「速さ」「バス停の数」と答え、「数字が入ると説得力があると思う」と納得した。再び考える時間を設けて発言を促すと、図4のように、ヒストグラムから値を読み取って比較するようになった。

これらの活動により、資料から読み取った値を「特徴」として示すという視点の素地が形成されたとともに、「特徴」から「主張」という、説明をする際の構成の基本が身についた。

##### (2) 3要素を揃えた説明との出会い (第3時) 【学習レベルO→C1】

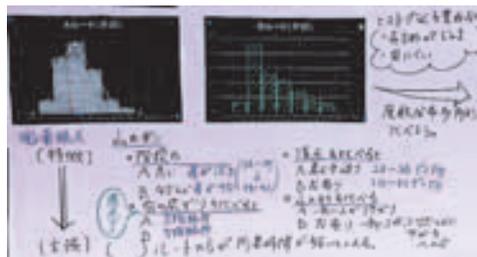


図4 着眼点を付け加えた板書 (第2時)

第3時は、Aルートの方の所要時間を、平日と土日それぞれについてまとめた度数分布表を比べ、「36分以上39分未満になりやすいのはどちらか」という問いに対する説明を考えるという活動を行った。度数分布表をぱっと見せただけのときは、単純に度数が大きい平日の方がなりやすいと答える生徒が多かった。しかし、自力解決の場では、すぐにそれが誤りであることに多くの生徒が気づき、「確率」「割合」といった言葉を用いて、「土日の方がなりやすい」と説明することができた。「特徴」と「主張」をつなぐ説明については、前時で学習した基本構成を踏まえて多くの生徒が自作することができた。

ただし、「理由」を加えることの必要性に自ら気づく生徒はいないようだった。そこで、「相対度数が高いとは、どういうことを表しているのか」ということを、『理由』として加えたいと伝え、「特徴」と「主張」をつなげるものとして、「理由」の位置づけを説明することにした。

「理由」を導入するにあたり、生徒がその必要性を理解し、その後の説明において自ら利用しようとするかどうかということ、第3時の事前検討の段階から懸念していた。実際には、前時までの学習で、「より説得力のある説明をしたい」という思いが生徒に湧き上がってきており、図5と図6のように、「3点セットで説得力アップ!!」「主張がはっきりするので、この3つは必要だと思いました」という記述が見られたことから、「理由」の位置づけと必要性を理解したと考えられる。



図5 3要素レイアウトを用いた説明（第3時）

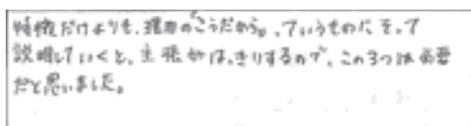


図6 生徒の数学日記（第3時）

(3)資料から「特徴」を選択する（第6時）【学習レベルC1→(P1, C1)】

第6時では、A、B2つのコースのバスのヒストグラムや度数分布表、既習の代表値などのデータ一覧を生徒に配付し、「Aルートの方が短いと主張をしている人、Bルートの方が短いと主張をしている人がいます。それぞれを援護する説明を作りましょう。」という課題を扱った。

生徒たちは意欲的に取り組み、各々の発想で「特徴」となる代表値などを選んだ。その後、同

じ「特徴」を選んだ生徒同士でグループを作り、説明を推敲する場を設けた。自分の説明と級友の説明を擦り合わせ、より説得力のある説明を作ろうとしていた（図7）。「理由が納得できないんだよね」「何て言ったらいいか分からない」などと相談する様子が見られた。



図7 3要素レイアウトの説明を推敲する様子（第6時）

グループごとに学級全体の前で発表をし、説明の分かりやすさを認めたり、不備がある点についてアドバイスをしたりした。その中で、「3要素は揃っているが『理由』に納得できない」という指摘や、「説明を比べても、どちらの方が説得力があるか判断できない」という意見がいくつか出された。特に後者のように、優劣つけられないものについては、「結局、所要時間が短いのがAルートなのかBルートなの分からない」「何を優先するか、見方によって変わる」という壁にぶつかった。

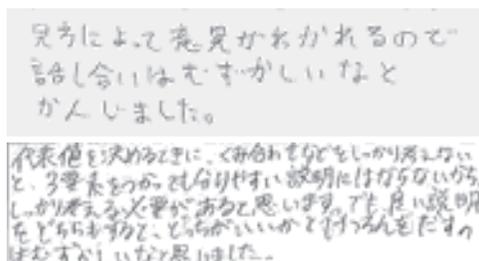


図8 生徒の数学日記（第6時）

図8は第6時を終えて生徒が書いた数学日記の一部である。生徒にとっては、やや消化不良気味の結果にはなってしまったが、「特徴」「主張」「理由」の3要素が揃った説明を作ることや、「理由」としてふさわしい、筋道立てた説明がどのようなものかを判断することなど、本研究において目ざす生徒の姿に迫った結果でもあると考える。

## 5. 地域ブランド調査を題材とした授業の概要と生徒の反応

さいたま市立宮原中学校・廣瀬俊哉先生によって2017年2月～3月にかけて実践された授業の概要をまとめる。

(1) 3要素の説明への習熟 (第5時) 【学習レベル (O, C1)】

本時は、(O, C1) の定着を目指す授業であり、次のような流れで指導した。

- ① 「地域ブランド調査」の「魅力度」について説明した。
- ② 前掲図3の埼玉県内の市町村の魅力度一覧を示した。埼玉県を取り上げたのは、授業を行った中学校の所在地だからである。
- ③ 熊谷市に注目し、次のような説明を示した。
  - ・特徴…埼玉県の魅力度の平均値は3.3ポイントで、熊谷市の魅力度は3.2ポイントである。
  - ・論拠…魅力度が県の平均値より低いということは、魅力がないということだ。
  - ・主張…熊谷市は、埼玉県内で魅力のない都市である。

なお、「論拠」という表現は子どもには馴染みが薄いと考え、授業では「理由」という表現を用いた。

- ④ この説明に対して、自由に意見を出させた。熊谷市を知っている子どもは多く、子どもから積極的に意見が出された。授業後、授業者からは「教材は子どもにとって魅力的で、反応が良かった」との話があった。
- ⑤ ワークシートに自由に説明を書かせた。
- ⑥ 中央値を定義して、これを用いた説明をまとめ、類題に取り組みさせた。類題では、「地域ブランド調査」の「認知度」のデータを基に、埼玉県内の市町村の認知度一覧を示し、埼玉県内にある富士見市に着目し、「富士見市は、埼玉県内で知られている都市といえるか」を問うた。多くの子どもが3要素を挙げて説明を書いたが、図9のような誤答が少なからず見られた。

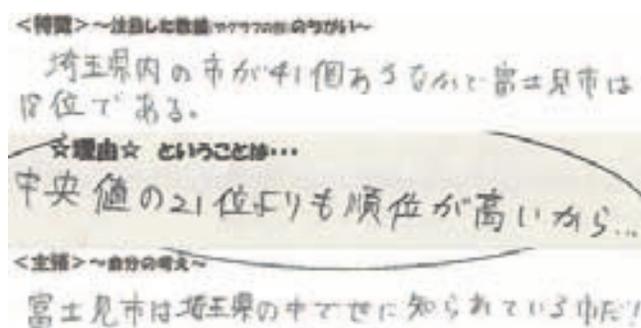


図9 廣瀬実践第5時での子どもの説明

この子どもは、中央値を順位と混同しており、その意味を理解できていないことがわかる。

(2) 資料から「特徴」を選択する (第6, 7時) 【学習レベルC1→(P1, C1)】

本時は、(O, C1) から (P1, C1) への移行を促す授業であり、次のような流れで指導した。

- ① 「地域ブランド調査」のデータを基に、埼玉県と三重県にある市町村の認知度の平均値を示し、埼玉県の方がポイントが低いことを確認した。
- ② 「埼玉県は、三重県より知られていない県なのか」を問い、それぞれのデータを度数分布表やヒストグラムに整理し、代表値や最大値・最小値、範囲等を求めた。
- ③ ②までに得られた情報から、どのような統計的な指標を用いれば主張を裏付けることができるかを各自で考えさせ、ワークシートに説明を書かせた。
- ④ 周囲の仲間と互いの説明を比較検討させ、教師に指名された子どもが板書して口頭で説明した。

埼玉県と三重県を比較した理由は、着目する統計的な指標により、認知度の評価が逆転する可能性のある自治体であったからである。現実のデータを教材にする場合、こうした特徴を持ったデータを見つけ出すことは必ずしも容易ではなく、綿密な準備が必要である。

子どもは「地元埼玉を応援したい」という意識もあり、説明することに集中して取り組んでいた。図10はその一例である。しかし、机間指導をする教師の側には、子どもの挙げた理由が、特徴と主張を橋渡しするものになっているのかなど、説明が適切かどうかについて判断に迷う場面が見られた。

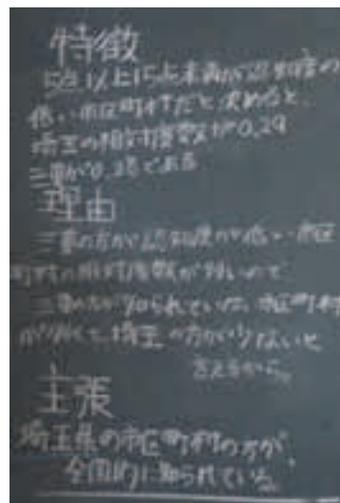


図10 第7時での子どもの説明

## 6. まとめと今後の課題

本研究でのこれまでの取り組みを通じて、ツールミンの「論のレイアウト」に基づいた本領域における説明モデルの構築及び学習レベルと移行過程の設定、「内容—活動対応表」の作成、愛知県内と埼玉県内中学校における授業実践を実施することができた。めざす説明に沿わせるための題材の条件や、説明を構想・構成する際の生徒の様子、授業者への負担など様々なことが明らかとなった。今後はこれらを踏まえた枠組みの見直しや指導法の抽出、新学習指導要領に対応した単元構成や教材開発などを展開することが必要となる。

## 謝辞

本研究における授業を実施するにあたって、本務でお忙しい中時間を割いて協力してくださった豊橋市立羽田中学校・高橋伸茂先生、さいたま市立宮原中学校・廣瀬俊哉先生に心から感謝申し上げます。

## 付記

本研究は、JSPS 科研費 (No.23330255, 24243077, 25780526, 26282039, 26780504, 15H05402,

16H02068, 16H03057, 17K14033) の助成を受けて行われた。

### 引用・参考文献

- 青山和裕・辻山洋介・永田潤一郎・小松孝太郎. 2016. 「課題探究として証明することのカリキュラム開発：領域「資料の活用」における授業化に向けて」. 『日本科学教育学会年会論文集 40』. (pp.93-96).
- 高橋伸茂・青山和裕・辻山洋介・永田潤一郎・小松孝太郎. 2016. 「課題探究として証明することのカリキュラム開発：領域「資料の活用」における授業化の試み」. 『日本科学教育学会年会論文集 40』. (pp.97-100).
- 辻山洋介・永田潤一郎・青山和裕・小松孝太郎. 2016. 「課題探究として証明することのカリキュラム開発：領域「資料の活用」における「内容－活動対応表」の作成」. 『日本数学教育学会第4回春期研究大会論文集』 (pp.173-176).
- 永田潤一郎・青山和裕・辻山洋介・小松孝太郎. 2015. 「課題探究として証明することのカリキュラム開発：領域「資料の活用」の開発枠組みの構築」. 『日本数学教育学会第3回春期研究大会論文集』 (pp. 19-22).
- 永田潤一郎・青山和裕・辻山洋介・小松孝太郎・廣瀬俊哉. 2017. 「課題探究として証明することのカリキュラム開発－領域「資料の活用」における指導法の開発に向けて－」. 『日本科学教育学会年会論文集 41』 (pp. 49-52).
- 宮崎樹夫・藤田太郎. 2013. 「課題探究として証明することのカリキュラム開発：我が国の中学校数学科における必要性和これまでの成果」. 『日本数学教育学会第1回春期研究大会論文集』 (pp. 1-8).
- 文部科学省. 2008. 『中学校学習指導要領解説 数学編』. 教育出版.
- Toulmin, S. E. 2003. *The uses of argument (updated ed.)*. Cambridge University Press. (original work published 1958).