

数学の生涯学習論のもう1つの側面：数学の大衆化

Another Aspect of Lifelong Learning of Mathematics: The Popularization of Mathematics

上ヶ谷友佑
広島大学附属福山中・高等学校

要 約

本稿の目的は、近年急速にその考察領域を拡大している数学の生涯学習論に対する問題提起と、その問題の解消に向けた1つの方向性を提起することにある。本稿では、数学の生涯学習論が現在抱えている問題として、数学の生涯学習だからこそ生じる問題について研究することができているかという研究領域の固有性の問題を指摘した。その上で、この問題を解消するためには、数学の生涯学習論と数学の大衆化論を密接に関係付けながら研究を進めていく必要がある点を指摘した。数学の大衆化論は、数学の生涯学習論以上に研究が少ない領域であるけれど、我々には、まずはこの領域を数学教育研究の確固たる一領域として認識し、この領域において一層研究を進めていくことが求められている。

キーワード：数学の生涯学習，数学の大衆化，数学教育研究観

1. 序論

生涯学習論において、人間とは、生まれてから死ぬまで学び続ける存在である (Aspin & Chapman, 2000, p. 15). この捉えの下で、「数学」とは、個人が日常生活や社会生活をより合理的に営もうと振る舞う中で出現し得るものである (渡辺, 2013). 数学の生涯学習研究は、まだまだ多いとは言えないものの、少しずつその研究成果が累積してきている。例えば、2016年にドイツのハンブルクで行われた

第13回数学教育世界会議 (ICME13) では、論題概説 (Topical Surveys) の1つとして Safford-Ramus, Misra, & Maguire (2016) によってこれまでの国際的な研究動向が整理され、数学の生涯学習に関連する研究テーマが5つ (具体的には、情意的要因・理論的枠組・市民のための数学・資格を得るための数学・数学教師を含む職能開発) が挙げられている。

一方、成人数学学習国際研究フォーラム (ALM) が刊行する学会誌の最新号 (第11巻

第 2 号) の巻頭言では、同号に掲載されている 5 つの論文 (具体的なテーマとしては、新米数学教師・ニューメラシー論・国際学力調査の二次分析・成人の算数障害・数学の英語学習への影響) に言及しながら、数学と我々のあらゆる行為が、多様な形で関係していることが論じられている (Diez-Palomar, 2016). 数学の生涯学習論は、その射程についても一層の広がりを見せている。

しかし、こうした研究射程の広がりには、必ずしも良いことばかりではない。なぜなら、現在の傾向は、数学教育研究としての固有性を曖昧にしかねないからである。そこで本稿は、この問題を精緻化するとともに、この問題を解消するための 1 つの方向性を提案することを目的に考察を進める。

2. 問題の所在

数学教育研究としての固有性を曖昧にし得るという問題は、全米数学教師協議会 (NCTM) が刊行する学術誌 *Journal for Research in Mathematics Education* (JRME) 第 41 巻第 2 号の巻頭言による指摘がわかりやすい。当時の編集長 Heid (2010) は、「(数学教育研究において) 数学はどこにあるか？」と題し、次のように述べる。「JRME は、数学が、他の領域に対する背景になってしまっているというよりはむしろ、本質的構成要素になっているような研究を発行している」(p. 103).

具体的な問題として、Stacey (2016) の研究を取り上げよう。彼女は、ALM 最新号において、イギリスにおいて他言語が母語であるような英語学習者が、数学の授業を追加で受講ことによって英語の成績が向上することを示している。先の Diez-Palomar (2016) の基準に従えば、こうした研究テーマも、数学が我々の日常生活・社会生活に影響し得る一例であり、成人の数学学習や数学の生涯学習の研究領域の一部ということになる。しかし、この研究テーマは、少なくとも表面的には、数学

学習というよりは英語学習の研究であるという方が自然であるように思われる。

このように、Diez-Palomar (2016) の基準によれば、ありとあらゆる人文・社会科学の研究対象は、数学の生涯学習論の研究対象になり得る。しかし、そうになると、生涯学習論として「数学の生涯学習」を研究対象として特別に取り上げて研究する意味が希薄になる。

実際、そもそも教育の文脈で「数学」を特別視する考え方を問題視する向きもある。Martin, Gholson, and Leonard (2010) は、「門番としての数学：知識産出における権力と特権」と題する論文において、Heid (2010) に対する直接的な批判を展開している。なぜなら、そうした見方は、数学学習を局所的にのみ捉える見方であり、より大局的な社会的影響を無視した見方であるからである。例えば、Howson (2005) は、「数学」という言葉の意味を問い直す過程で、教科書に載っている女性数学者の少なさを嘆いているが、こうした現状が、数学の生涯学習に対する意欲に男女差を生み出していないかどうかは、数学の生涯学習論として追究されるべきであろう。しかし、これは、どの教科でも同じように追究されるべきであるという意味で、「数学の生涯学習論」というより、一般の生涯学習論として行えばよいテーマであるとも考えられる。

この問題は、「必然性」と「偶然性」を区別することで、より明瞭に表現することができる。ここで必然性とは、他の状態ではあり得ず、すべての状況下において真であることを、偶然性とは、真ではあるが偽であり得たことを意味する (Blackburn, 1996, p. 257). この観点を踏まえると、数学教育研究観を 3 つに大別できる。すなわち、数学教育研究が取り扱うべき問題は、[1] 数学教育だからこそ必然的に生じる問題に限られるべきか、[2] 現状では数学教育に固有で生じる問題かどうか判断できない問題まで扱うべきか、あるいは、[3] どの教科で起こり得ることであっ

ても、数学教育で生じている問題であれば扱うべきか、という3つである。加速度的に研究領域を拡大する数学の生涯学習論は、今、数学の生涯学習論に相応しい研究対象とは何かが問われていると言えよう。

こうしてジレンマが生まれる。数学の生涯学習に固有な問題・現象に過剰に焦点化してしまった場合、ジェンダー・バイアスのような「固有ではないかもしれないが大きな問題」を見過ごす危険性がある。そのため、こうしたリスクを考慮するならば、何でもありで研究領域を拡大していき、問題になってから縮小する、という考え方もあるであろう。しかし、ただでさえ研究論文数が少ないこの領域において、こうしたアプローチは、累積しない単発の研究を点在させるだけに終わってしまう可能性がある。数学の生涯学習論の、研究領域としての射程を何でもありにしまわれないための基準が、我々には求められる。

3. 鍵概念「数学の大衆化」

前章で述べた数学教育研究観の問題は、数学教育研究一般に広く成り立ち得る古くて新しい問題である。そのため、数学教育研究がどのようにあるべきかについて、一律の基準を与えることは困難である。しかし、個別の領域（今回の場合で言えば、数学の生涯学習論）に対しての基準であれば、その領域の特性を踏まえて、ある程度考えることができる可能性がある。本稿では、そのための鍵概念として、「数学の大衆化」(the popularization of mathematics) を取り上げよう。

(1) 数学の大衆化論と数学の生涯学習論

「数学の大衆化」とは、明確に定義された用語ではないが、確かに存在する研究領域ではある。ICME13でも、論題研究グループ (Topic Study Groups; いわゆる、分科会) の1つとして「数学の大衆化」(Popularization of mathematics) が新設されたし、国際数学者会議 (ICM) では、数学教育との関連領域とし

て1994年以来、分科会が設けられ続けている。また、*International Handbook of Mathematics Education* の第一版においては、Ernest (1996) によって数理哲学との関連を踏まえながら、丸々1章を割いて論じられてもいる。

この領域が明確に研究対象として認識されるに至った1つの契機は、おそらく Howson, Kahane, & Pollak (1988) であろう。この論文に呼応する形で論文が寄せられ、その成果は、数学教育国際委員会研究シリーズ (ICMI Studies Series) として結実している (Howson & Kahane, 1990)。Howson, Kahane, & Pollak (1988) は、まず、科学一般の大衆化の必要性を説く。科学は日常に溢れているが、科学に素養のある人間でさえ、しばしば時間やインセンティブの不足から、自分達の科学的理解を深めたり、科学的発展の情報についていこうとしたりせず、結果的として、日常において非合理的な思考に陥っていることがある。その上で、彼らは、数学の大衆化が、他の科学の大衆化にはない固有の問題を多数含んでいることを指摘する。

まず、学校で構築され得る数学に対するネガティブなイメージが、数学の大衆化を阻害している点。あるいは、数学の抽象性が、他の科学と比較して、大衆化を阻害しやすい点などが挙げられている。例えば、他の科学は、エネルギー・空間・環境・健康など、日常においても顕在的なトピックを扱えるのに対して、数学は、日常に見出だせたとしても往々にして潜在したトピックとならざるを得ない。

他にも、数学の大衆化に使われる方法も重要な研究対象として取り上げられている。例えば、どういうメディア (テレビ、雑誌、本など) を利用するのが効果的か、数学的ゲームにおける機転の良さと数学的思考はどのような関係にあるか、数学史や数学文化はどのように活用し得るか、といったことが具体的な研究課題として指摘されている。

日本における具体的な数学の大衆化論は、

まだ桜井 (2016) によって始まったばかりであると思われる。しかし、桜井 (2016) も、表現技法の利点の反省に留まっており、それらの表現技法の幅広い効果 (意図した効果、意図せぬ効果含めて) を包括的に考察し、検証するには至っていない。そういう意味で、どのようにして研究すべきかも含めて、まだ萌芽したばかりの研究領域である。

(2) 数学の大衆化論の意義

本稿では、この数学の大衆化論を、数学の生涯学習論の一部という以上に、数学の生涯学習論のもう 1 つの側面であると捉えることを提案する。実際、“popularize”という言葉は、辞書通りの意味で、すなわち、「何かを、普通の人々に知られたり理解されたりするようにすること (“to make something known and understood by ordinary people”）」(Cambridge Dictionaries Online, n.d.) という意味で捉えらるれば、「大衆化」と「生涯学習」という 2 つの言葉は、同じ場面の異なる側面を指し示した表現であると捉えることができる。具体的には、数学に関するテレビや書籍を見たり、数学に関する体験イベントに参加したりする場面は、テレビの視聴者、書籍の読者、イベントの参加者の立場から見れば「数学の生涯学習」の場面である一方で、この場面は、テレビの製作者、書籍の執筆者、イベントの企画者の立場から見れば「数学の大衆化」の場面である。これは、授業という場面が、子ども達から見れば「学習」の場面である一方で、教師から見れば「教育」の場面である、ということと同じである。数学の生涯学習に関わる場面においては、多くの場合、提供者 (テレビの製作者、書籍の執筆者、イベントの企画者) と享受者 (テレビの視聴者、書籍の読者、イベントの参加者) の二者が存在すると考えてよいであろう。

もちろん、理念としては、「生涯学習」の方が「大衆化」よりも大きな概念である。例えば、提供者と享受者の二者を必ずしも想定

できない場合としては、提供者自身に生じる学びを考察する場合が挙げられる。しかしながら、本稿では、数学の生涯学習を考える際は、常に数学の大衆化を、多かれ少なかれセットで論じるべきであるということを主張する。数学の生涯学習と数学の大衆化、どちらの側面により重きを置くかは、個々の研究者の裁量に委ねられて良いが、それでも、両方を視野に入れた研究をすべきであると考えられる。

その理由を類比的に述べるならば、これは、数学学習の研究をする際は、常に数学教育の研究を、多かれ少なかれセットで論じるべきであるという主張と同じである。数学学習の研究を通じて数学教育の実践やカリキュラム開発へ示唆を引き出したいと考えるならば、それと同じ理由で、数学の生涯学習の研究を通じて数学の大衆化の実践やカリキュラム開発へ示唆を引き出したいと考えるべきである。

数学の大衆化を数学の生涯学習の異なる側面であると捉えることには、3 つの利点がある。第一に、数学の大衆化を見据えることによって、我々は、数学の生涯学習論が数学教育研究としての固有性を維持し得る。先に取り上げた Stacey (2016) のような研究、すなわち、数学の受講が英語学習に影響を与えるという研究も、数学の大衆化に対する示唆が引き出せるならば、数学の生涯学習論の 1 テーマとして捉えることができる。例えば、数学を理解する際の認識と英語などの自然言語を理解する際の認識にある種の類似した特性が見られるとすれば、その特性を利用した、数学の大衆化の新しい促進方法を考案することができるかもしれない。残念ながら、Stacey (2016) 自身はそうした示唆を示したわけではないけれど、一見すると数学にあまり関係のない研究から、数学の大衆化に対する新しいヒントが得られるとすれば、それは、数学教育研究として積極的に、かつ、試行錯誤的に取り組むべき研究課題であると言えよう。

第二に、我々は、実用主義的な立場から数

学の生涯学習論を論じることができるようになる。数学教育研究は、しばしば実用主義を標榜することによって、一定程度、この制約を乗り越えることを試みてきた節がある。すなわち、データによって語り得ぬ部分に対しても解釈や考察を加えることによって、数学教育実践や数学教育のカリキュラム開発に対する洞察を得て (Cobb, 2007), 意思決定の判断材料を増やしてきた。だからこそ、数学教育の研究領域においては、単に大量にデータを収集するだけの量的研究のみならず、質的研究や哲学的研究にも価値が生じたのである。数学の生涯学習論も、数学の大衆化という実践的目的を持つことによって、研究領域としてより豊かな可能性を帯びるであろう。

第三に、数学の大衆化という観点は、ともすれば見過ごされがちな問題にも光を当てる。一般に、生涯学習とは、[1] 補償教育、[2] 専門的な職能開発、[3] 市民社会における社会的排除の克服、[4] 余暇における個人的充足、という 4 観点で議論される研究領域 (Aspin, Evans, Chapman, & Bagnall, 2012) であるが、数学の生涯学習論では、[4] を除く [1], [2], [3] の観点で議論されることが多い。実際、ICME13 の論題概説で Safford-Ramus, Misra, & Maguire (2016) が挙げた、数学の生涯学習に関連する 5 つの研究テーマ (情意的要因・理論的枠組・市民のための数学・資格を得るための数学・数学教師を含む職能開発) は、前 2 つは一般的なテーマで、後ろ 3 つはそれぞれ [3], [1], [2] に対応するテーマであると考えられ、ここに [4] の観点はない。しかしながら、こうした現状に対して、数学の大衆化論は、「大衆化」(popularize) の辞書通りの意味に立ち戻れば、[4] の観点を含む 4 観点すべてを包摂する観点である。数学の大衆化という論点は、これまで、ともすれば、[4] の個人的充足にしか関連しないという先入観と結びつくことで軽んじられてきた節もあるかもしれないが、Ernest (1996) も数学の大衆化

の実践とニューメラシー論を関連付けて論じているように、そうした先入観は誤りである。我々は、数学の生涯学習を過不足なく議論するためにも、数学の大衆化を常に意識した議論を試みるべきであろう。

4. 「数学の大衆化」研究の阻害要因

前章で述べた重要性もかかわらず、数学の大衆化研究は、他の数学教育研究と比較して研究を行いにくい領域である。ここでは、その内在的要因と外在的要因を指摘しよう。

まず、内在的要因は、数学の大衆化が不特定多数に開かれているという点である。これは、教室という制度的にも物理的にも完結した空間で実践される普通の数学教育研究と大きく異なっており、データ収集を難しくしている。例えば、数学に関する大衆的な雑誌を読んでいる最中の、読者の認知的プロセスを解明するような研究は、教室で行う認知的研究ほど簡単には実施できない。

一方、外在的要因は、専門家の圧倒的な不足と、それに伴う研究領域としての社会的認知度の低さにある。例えば、Ghys (2014) は、ICM において次のように主張する。

[前略] 我々はまた、いくらかの学生達に対して、大衆化を専攻することを奨励すべきである。より重要なことは、我々が彼らを、代数学者、幾何学者、解析学者と同じように、明瞭に定義された専門領域を伴う同僚として見なすべきだということであり、彼らを軽蔑して「ただのジャーナリスト」と見なすべきではないということである。

[中略] 大衆化を専門とする数学的学術誌が、創刊される必要がある (pp. 1200-1201, [] 内は筆者による補足)

こうした主張にもかかわらず、管見の限り、数学の大衆化を専門的に取り扱う学術誌は創刊されていない。その理由は、もちろん研究

者数の少なさもあるであろうけれど、数学の大衆化が、数学者の間だけでなく数学教育研究者の間においてさえ、まだ専門的な研究領域として認められていないという現状を反映しているものと推察される。

5. 研究の方向性に対する一提案

本章では、この困難な研究領域を開拓していくための1つの方向性として、仮説的学習軌道論 (Simon, 1995) の必要性を提案したい。話を具体化するため、Weber (2012) による数学者へのインタビューにおける、ある数学者の次の発言を取り上げよう。その数学者曰く、「私は、学生達が新聞を読むように証明を読んでいると感じる。そのような仕方で証明を理解することは不可能である」(p. 475)、という。数学の生涯学習で「証明」が論題に挙がることはそう多くないが、この指摘は示唆的である。すなわち、数学の生涯学習として、新聞を読むような感覚で数学的な情報に接しても、学習の真価を享受できない。その真価は、数学的な事実それ自身以上に、むしろ、その事実を契機に促される数学的経験にある。

例えば、素数の無限性に関する情報の真価は、「素数が無限に存在する」という事実を知ること以上に、その途中過程での経験にある。具体的には、素数の有限性を仮定するという背理法の鮮やかさ、矛盾を導くために既知の素数すべての積を考えるという、普通の数学ではやらないような大胆な、しかし、それでいてルール違反ではないという発想の柔軟さ、有限個の素数の積に1を足す操作それ自体が素数を生み出すアルゴリズムにはなっていないという注意深い洞察、といった様々なアイディアに価値があるのである。実際、こうした価値観は、「問題が解けたとき、直ちにその問題への関心は失われる——新しい関心の焦点は、その解法中で使用された方法にある」(A. G. Howson et al., 1988, p. 209) とか、「数学の本質は、[中略] 問題を解くため

の方法・道具・方略・概念の発明にある」(Rav, 1999, p. 6, 強調原文) といった言葉からも読み取ることができよう。

そのため、学習者には、数学的な情報の適切な「受け止め方」(見方・読み方・聴き方) が要求される。しかしながら、大学で数学を学ぶ者ですら証明を新聞のように読んでいる実態があるとすれば、一般の生涯学習者は、より一層、情報の適切な受け止め方に対して困難性を抱えている、と考えるべきであろう。

こうした問題に対して有効なアプローチの1つが、仮説的学習軌道論 (Simon, 1995) である。「仮説的学習軌道」とは、元々、授業中に個々の学習者がどのような道筋で思考を変化させていくかについての教師の予測のことである。同じ授業に出席したからと言って、すべての学習者が同じ思考の変化を一様に経験するわけではない。授業前の既有知識や、授業への参加の仕方など、様々な要因によって、個々の学習者の経験は多様になる。そのため、どんな学習者がどんな経験をし得るかを、予め多様に予測しておくことが重要である。特に、授業を通じて学習者がネガティブな経験をする可能性も念頭に置くべきである。

この仮説的学習軌道のアイディアは、数学の生涯学習研究に転用することができる。例えば、数学の大衆化を目指した教材が新たに開発された場合、どうしても、その教材の優れた側面に注目が行きがちであるが、その教材がすべての学習者に対して一様にポジティブな経験をもたらすと仮定すべきではないであろう。例えば、取り急ぎ次のような問いを立てることができる。どんな学習者がどんな状況でその教材に触れたとき、その期待される効果が発揮されるのか？ どんな学習者がどんな状況でその教材に触れたとき、その期待された効果が発揮されない可能性があるのか？ ポジティブな効果が生じないだけでなく、ネガティブな効果が生じ得るとすれば、それはどのように防ぎ得るか？ ネガティブ

な効果を最小限にするために、教材を改良することは可能か？ また、こうした問いがどれくらい深く追究できるかは、「そもそも数学の生涯学習に取り組む学習者として、どんなタイプの学習者が存在し得るか？」という問いにどのように答えることができるかに依存している。人間を、単純に数学ができるかできないかで分けるべきではないであろう。もっと込み入ったレベルで場合分けを行い、各々の場合について上記の問いを考察していくということが重要であろう。

このように考えれば、1つの教材を叩き台として展開される考察が、極めて多岐に渡り得ることがわかる。こうした考察は、データを取りながら深まっていくという側面もあるけれど、そもそもデータを取る前に、事前に想定しておくこともできよう。むしろ、そうした事前に想定される多様な可能性が、データの収集計画に影響を与えると考えられる。

このように、数学の生涯学習論は、仮説的学習軌道の観点を取り込むことで、豊かな研究領域となり得る。上ヶ谷 (2017) は、仮説的学習軌道論を踏まえながら、教室で何が起こり得るかを考える「可能性の哲学」を構築することの必要性を主張しているが、このことは、数学の生涯学習論にも当てはまる。興味深いことに、Ernest (1996) は、人々が持つ数学に対するネガティブなイメージが、本当に学校数学に由来しているのか、検証する必要があると指摘する。我々は、数学の大衆化という試み自体がもたらし得るネガティブな影響をも考察の対象に含めながら、「数学の生涯学習において、どんなことが起こり得るか？」についての予測や仮説を多様に提供する研究を進めていく必要があるであろう。

6. 結論

本稿は、数学の生涯学習論がその固有性を失いかねない現状を指摘するとともに、この研究領域における有望な方向性として、仮説

的学習軌道論の観点を踏まえながら、数学の生涯学習と数学の大衆化を常にセットで考えるということを提案した。本稿は、数学の大衆化という観点を概観したのみであるため、今後の課題としては、次の3点が重要になると考えられる。[1] 数学の大衆化という実践的観点を踏まえながら、改めて研究成果を整理していくこと。[2] 数学の大衆化の研究対象の精緻化、[3] 数学の大衆化の研究方法論の精緻化。

数学の大衆化論は、現状、ただでさえ発展途上にある数学の生涯学習論以上に、一際未成熟な研究領域である。しかし、その分、数学の大衆化と学校数学がどういう観点でどの程度関係を持っているのかということも含めて、研究すべき重要なテーマがまだまだ山のように残っている領域でもある。そのため、我々には、この領域を数学教育研究の確固たる一領域として認識するとともに、一層研究を進めていくことが求められている。

引用・参考文献

- Aspin, D. N., & Chapman, J. D. (2000). Lifelong learning: concepts and conceptions, *International Journal of Lifelong Education*, 19(1), 2–19.
- Aspin, D. N., Evans, K., Chapman, J. D., & Bagnall, R. (2012). Introduction and Overview. In D. N. Aspin, J. D. Chapman, K. Evans, & R. Bagnall (Eds.), *Second International Handbook of Lifelong Learning* (pp. xlv–lxxxiv). Springer.
- Blackburn, S. (1996). *The Oxford Dictionary of Philosophy*, Oxford University Press.
- Cambridge Dictionaries Online. (n.d.). Popularize. *Cambridge Dictionaries Online*, Cambridge University Press, Retrieved from <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/popularize>.
- Cobb, P. (2007). Putting philosophy to work:

- Coping with multiple theoretical perspective, *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning: A Project of the National Council of Teachers of Mathematics, 1*, 3–38.
- Diez-Palomar, J. (2016). Opening Our Mathematical Eyes: Seeing Math in Everything We Do, *Adults Learning Mathematics: An International Journal*, 11(2), 4–7.
- Ernest, P. (1996). Popularization: Myths, Mass-media and Modernism. In A. J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde (Eds.), *International Handbook of Mathematics Education* (pp. 785–817). Springer Netherlands.
- Ghys, É. (2014). The internet and the popularization of mathematics, In *Proceedings of the International Congress of Mathematicians* (pp. 1187–1202), Seoul.
- Heid, M. K. (2010). Where's the Math (in Mathematics Education Research)?, *Journal for Research in Mathematics Education*, 41(2), 102–103.
- Howson, A. G., & Kahane, J.-P. (Eds.). (1990). *The Popularization of Mathematics*. Cambridge University Press.
- Howson, A. G., Kahane, J.-P., & Pollak, H. (1988). The popularization of mathematics, *L'Enseignement Mathématique*, 34, 205–213.
- Howson, G. (2005). “Meaning” and school mathematics, In J. Kilpatrick, C. Hoyles, & O. Skovsmose (Eds.), *Meaning in Mathematics Education* (pp. 17–38), Springer Science & Business Media.
- Martin, D. B., Gholson, M. L., & Leonard, J. (2010). Mathematics as gatekeeper: Power and privilege in the production of knowledge, *Journal of Urban Mathematics Education*, 3(2), 12–24.
- Rav, Y. (1999). Why do we prove theorems?, *Philosophia Mathematica*, 7(1), 5–41.
- Safford-Ramus, K., Misra, P. K., & Maguire, T. (Eds.). (2016). *The Troika of Adult Learners, Lifelong Learning, and Mathematics*, Springer International Publishing.
- 桜井進 (2016). 「成人を対象にした数学啓蒙書出版における表現手法および内容の考察」, 日本数学教育学会 第4回春期研究大会論文集, pp. 15–22.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing Mathematics Pedagogy from a Constructivist Perspective, *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114–145.
- Stacey, J. (2016). Does adding mathematics to English Language learners' timetables improve their acquisition of English?, *Adults Learning Mathematics: An International Journal*, 11(2), 52–57.
- Weber, K. (2012). Mathematicians' perspectives on their pedagogical practice with respect to proof, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43(4), 463–482.
- Weiss, M., Herbst, P., & Chen, C. (2009). Teachers' perspectives on “authentic mathematics” and the two-column proof form. *Educational Studies in Mathematics*, 70(3), 275–293.
- 上ヶ谷友佑 (2017). 真正な数学的活動を実現するための哲学に関する研究, 未刊行学位論文, 広島大学.
- 渡辺信 (2013). 「生涯学習を目指す数学教育の構築：なぜ、生涯学習から教育を再構築したいのか」, 日本数学教育学会 第1回春期研究大会論文集, pp. 99–106.