

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01745

研究課題名(和文) 平面図形と空間図形を連動させる小中一貫の授業・カリキュラムの協働開発研究

研究課題名(英文) The collaborative research on the development of class lessons and curriculum coherent from elementary to secondary mathematics in terms of the linkage between plane and spatial geometry

研究代表者

岡崎 正和 (Okazaki, Masakazu)

岡山大学・教育学域・教授

研究者番号：40303193

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、図形の直観的・経験的な見方と関係の・論証的な見方を同時に培うとともに、小学校と中学校を一貫した平面図形の学習と空間図形の学習とが連動する空間図形の教材、授業、カリキュラムを開発する為の理論と実践を構築すること、及び生徒が図形の見方・考え方を発達させるカリキュラム上の道筋を明らかにすることを目的としている。本研究の成果は、空間図形のカリキュラム構成原理の開発、空間図形の歴史的・実践的基盤の明確化、空間図形における探究的な数学的活動の明確化、視覚化・記号論・証明の視点からのカリキュラムの設計と評価の方法の開発、小学6年から高校2年までの空間図形の教材・授業開発の5点が挙げられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果の学術的意義として、第一に、空間図形カリキュラムで目指す思考力、カリキュラム構成の軸、カリキュラム評価の視点から探究型空間図形カリキュラムの構成原理を明らかにしたことである。第二に、探究型の学習を特徴付ける問いの分類から、空間図形の数学的活動を明確化したことである。第三に、空間図形カリキュラムの設計及び評価の視点として、視覚化の持つ機能と特徴、表現・記号論からみた学習過程の特徴、幾何学的現象と証明の生成の相互作用過程を明らかにしたことである。第四に、小学6年から高校2年までの空間図形の教材及び授業を開発し、教材・カリキュラムの実現可能性を示したことが挙げられる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to simultaneously cultivate an intuitive and empirical view of geometry and a relational and argumentative view of geometry, and to develop teaching materials, lessons, and curricula for spatial geometry that link the study of plane geometry and spatial geometry consistently across elementary and junior high schools, and to clarify the path of the curriculum for students to develop their way of looking at and thinking about geometry. The results of this study are fivefold: development of curriculum composition principles for spatial geometry, clarification of the historical and practical foundations of spatial geometry, clarification of exploratory mathematical activities in spatial geometry, development of methods for designing and evaluating a curriculum from the perspectives of visualization, semiotics, and proof, and development of teaching materials and lessons for spatial geometry from the sixth grade of elementary school to the second year of high school.

研究分野：数学教育学

キーワード：科学教育 空間図形カリキュラム 数学的活動 視覚化 記号論 証明

## 1. 研究開始当初の背景

空間図形のカリキュラム構成，とりわけ中学校の空間図形の一貫性あるカリキュラム構成は，数学教育研究の伝統的課題である．デジタル化の波とともにバーチャルな空間での思考が要請される現在，空間図形の学習が果たす役割や意義を再考し，学習指導の充実を図る時期に来ていると考える．一方で，学習達成度の状況，学習指導の状況，研究の状況を見るなら，いずれにおいても多くの課題がある．生徒の空間図形の認識は直感的で経験的な理解にとどまり，図形の性質や関係を見通す力やそれを支える論理的思考力の育成は急務な課題である．また，カリキュラムや学習指導上の課題として，内容間の関連が他領域に比べて乏しく，探究の学びが生じにくいことが挙げられる．研究面でも国内外の空間図形に関する研究は平面図形に比して少なく，特にカリキュラム研究が必要とされている (小高, 1998; 狭間, 2001; Sinclair et al., 2016) ．

研究当時の背景として，大きく2つの課題意識を持っていた。

第1の課題意識は「小中学校を一貫する図形カリキュラムの開発」である．算数では図形を折る，切るなどの直観的で経験的な学習が中心であり，中学数学での図形の性質間の関係を論証する学習と乖離する傾向がある．本来，図形学習では，一方では図的直観力を高め，その視点から思考力や活用力を育むこと，他方では図形の不思議の探究を通して，背後の原理や理由を説明したり論証したりする資質・能力を育成することが重要になる．従って，どの学年段階の学習でも，図的直観と説明・論証とが相互に働くことが望ましいが，現状ではそれを実現する理論的視点や実践の開発は大きな課題となっている。

また，中学1年では平面図形と空間図形の両方が扱われるが，中学2・3年生では，ほぼ平面図形の学習のみであり，平面図形の学習と空間図形の学習の相互の連携が乏しい状況にある．日常生活への活用を考えれば空間図形の学習が果たす役割は大きく，空間図形のカリキュラム開発は国内外の数学教育の大きな課題である．また，平面図形の学習と空間図形の学習が連動することで，生徒の図形認識が高まると考えられる。

本研究の第2の課題意識として，教師の大量退職と若手教員の増加を巡る「教師の指導知の継承と教師の実践力の向上の問題」がある．教師達が指導技術を継承しつつ，新しいカリキュラムに対応する実践的指導力やカリキュラム開発力を身につけることは，我が国の学習指導の水準を維持・向上する上で重要である．特に，中学校の図形指導は知識習得型の授業に陥りやすいという問題がある．生徒が「問い」を持ち，それを探究する中で，知識や活用力を身につける「探究型」の授業を開発することは，中学校図形教育の大きな課題である。

## 2. 研究の目的

本研究では，小学校高学年から中学3年までの各学年で，図形の直観的・経験的な見方と関係的・論証的な見方を同時に培うとともに，平面図形の学習と空間図形の学習とが連動する教材，授業，カリキュラムを開発する為の理論と実践を構築すること，生徒が図形の見方・考え方を発達させるカリキュラム上の道筋を明らかにすること，さらに，デザイン実験の方法論による図形の「探究型」の授業・カリキュラムの実践開発を通して，探究型授業を実現する為の原理や方法を明らかにすることを目的とする．これらを達成する上で，以下の下位目標を設定した。

第一に，空間図形カリキュラムで目指す思考力，カリキュラム構成の軸，カリキュラム評価の視点を検討し，探究型空間図形カリキュラムの構成原理を明らかにすることである．生徒が図形の直観的・経験的な見方と関係的・論理的な見方を同時に発達させ，小中を一貫する図形の授業・カリキュラムはどのような視点から構成可能か．空間図形カリキュラムの構成の為の理論的枠組みを明確化する．枠組みを作るだけでなく，空間図形カリキュラムの理論的視点が具体的教材や実践に実現される方法も検討する。

第二に，カリキュラム設計及び評価の視点から，空間図形のカリキュラム構成のために視覚化の持つ機能は何か，空間図形カリキュラムの表現・記号論の特徴は何か，空間図形において証明はどのように位置づけられるかを明確化する．特に，視覚化の視点では，空間図形のカリキュラム構成の理論的基礎として，視覚化のどんな機能が空間の理解に効果を与えるか，視覚化の機能を生かした図形の探究型カリキュラムはどのように開発されるかを検討する．表現・記号論に関しては，記号論からみた空間図形の学習の課題は何か，ICTによる空間図形の図的表現と紙に書いた図的表現と実物とでは何がどう異なるか，その特徴を記述する．証明の視点では，空間図形における証明の生成過程を，空間 - 平面の相互理解として記述できるか，幾何学的現象を捉えるための図や模型と，証明の生成との関わりとは何か，論証を生かした空間図形教材の展開のために設定すべき数学的活動は何かを探究する。

第三に，生徒が空間図形の認識を発達させるカリキュラム上の道筋を実践的に解明できるかという視点を明らかにすることを目指し，探究型空間図形カリキュラムの構成原理の具体化を主たる目標とし，授業実践を通してカリキュラムの実現可能性や探究型小中一貫空間図形カリキュラムの教材配列とその特徴を明らかにする。

## 3. 研究の方法

研究の方法として，空間図形カリキュラムを構想する上で，次のような方法論を採る。

第一に、理論的な面、特にその基礎的段階として、数学教育史上の数学教育改造運動の精神(ペリー、クライン、1972)を研究の基礎に置き、この視点からカリキュラムを構想することを目指して、数学教育改造運動におけるクラインの思想とその影響を吟味するとともに、今日的なつながりに関する考察を行う。

第二に、空間図形に関する先行研究における理論を概観し、整理することを通して、空間図形のカリキュラム構成の軸(軸)の提案を行う。

第三に、上記のカリキュラム構成の軸を実際のカリキュラム構成や教材構成へ繋げるべく、過去の探究型図形カリキュラムがどのような構造を有していたかを明らかにすることを目指し、数学教育の歴史の中で、生徒が現象を数学化し、数学を創り出すという視点から作成された幾何学教科書として、数学「第二類」の教科書分析を通して、幾何学的探究活動としてのカリキュラム構成原理を明らかにする。すべての問題、練習問題における問いを、活動の種類によってラベル化し、分類と総合を行う。

第四に、空間図形のカリキュラム構成のために視覚化の持つ機能、記号論からみた課題、証明の位置づけを、カリキュラムの設計と評価に関する原理として設定し、これらの理論的視点が空間図形教材や生徒の学習過程をどのように明らかにできるかについて検討する。

第五に、探究型空間図形カリキュラムの構成原理の具体化を主たる目標とし、授業実践を通してカリキュラムの実現可能性について検討する。授業開発を、4つの地区(岡山、広島、鹿児島、滋賀)で実施する。新教育課程では、生徒の資質・能力の育成が重要な目標になっており、教材展開の時間配分や活動様式の選択といったカリキュラム・マネジメントの視点を取り入れた授業構成を行う。視覚化、記号論、証明の3つの視点から、教師とともに授業を構想し、実践を行い、主として質的分析を通して、学習過程の様相を明らかにする。またそれをもとにして、カリキュラムの実現可能性や道筋について明らかにする。

授業開発については、デザイン実験の方法論に則り、理論と実践を往還させながら、実践の分析過程の中から知見を抽出し、概念化するように進める。特に、単元設計を通じた授業づくりを行い、児童・生徒の学習を、ビデオ、オーディオ、フィールドノーツを通して詳細に記録をとり、質的分析を実施する。また、児童・生徒へのインタビューも実施して、学びの様相をより細かく丁寧に明らかにしていく。具体的な分析方法として、グラウンデッドセオリーアプローチの分析を実施し、理論開発を目指していく。

#### 4. 研究成果

##### (1)空間図形のカリキュラム構成原理の開発

「平面図形と空間図形の連動を基本的な軸とする小学校と中学校を一貫する空間図形のカリキュラム」を構成するにあたり、先行研究の知見を整理し、空間図形カリキュラムを構成する為の9つの視点を提起した。1)小学校と中学校の一貫性、2)平面図形と空間図形の連動、3)直観と論理の相補性、4)三次元図形と二次元表現の相互変換、5)動的(操作的)と静的(視覚的):対象の動、方法の動、6)言語的表象とイメージの表象の相補性、7)構成と分析の相補性、8)物的構成とICTによる構成、9)図形的現象と図形的推論。次に、これらの視点を、実践開発の視点も踏まえて再検討し、A.空間的思考力、B.カリキュラム構成の軸、C.学習指導の理念、D.カリキュラム評価の視点として整理することを通して、カリキュラム構成の原理として位置づけた。特に、カリキュラム構成の軸を、カリキュラム構成全体を貫く軸、学習過程を捉える包括的視点の軸、空間図形に固有の学習方法の軸の3つの柱で整理することができた。

##### (2)空間図形の歴史的・実践的基盤

空間図形カリキュラムを歴史上重視したのは、数学教育改造運動におけるFクラインである。クラインの思想をもとに、空間図形のカリキュラムを構想するための指針を探究した。とりわけ、クラインの思想が日本の数学教育に及ぼした影響を考察し、図形的探究を実現するという内的要因を図形カリキュラム改革の原動力とするため、1)図形を動かしたり変形させたりすることの意義、2)図形的対象の生成とその系列、3)関数的思考を更新する可能性の3つの観点によってクラインの再評価を行った。

##### (3)探究的な数学的活動としてのカリキュラム構成

生徒が現象を数学化し、数学を創り出すという視点から作成された戦前の幾何学教科書である数学「第二類」に着目し、問題における問いの文に関する分析を通して、探究活動を推進する数学的活動を明らかにすることを試みた。その結果、空間図形の学習を推進する問いとして23個の活動を抽出した:1)図・図表に表せ・作図、2)器具の調査、3)確かめよ・調べよ、4)変化を調べよ、5)軌跡を調べよ、6)予想せよ、7)方法を考えよ、8)関係を調べよ、9)関係を式にせよ、10)座標で考えよ、11~についてはどうか(方法・関係)、12)方法・関係の評価、13)条件・範囲、14)定理を導け、15)説明せよ、16)理由を考えよ、17)証明せよ、18~については(証明)、19)証明可能性、逆、全称性、20)例を挙げよ、21)図示せよ・作れ、22)求めよ(活用題)、23)器具の構造を調べよ。次に、それらを1)幾何学的現象の理解と命題化、2)説明や証明を通じた論理的な理解、3)学んだ数学の応用と具体化としてカテゴリー化した。これらのカテゴリーとラベルはカリキュラムを語る具体的な言語となり、幾何学的な探究活動を構想するのに機能し得るものと考えられる。

##### (4)カリキュラムの設計と評価の視点としての視覚化・記号論・証明

空間図形カリキュラムを設計し評価する視点として、視覚化、表現・記号論、証明がどのように機能するかを検討した。

まず、数学教育研究における視覚化が持つ機能に注目して、空間図形のカリキュラム開発のための整理を進めた。視覚化は考察対象を視覚的に表したり扱ったりする「能力」と見なされてきたが、昨今の技術開発によって視覚化する方法自体が飛躍的に進展し、視覚化の「媒体」もカリキュラム開発に体系的に組み込まれるべきことが必要であるとした。視覚化は、空間図形の学習を進める上で必要な概念であると同時に、育成されるべき目標概念でもあるという二面性が示唆される。さらに、空間図形のカリキュラム開発のための視覚化が持つ機能に関する基礎的検討として、視覚能力ならびに視覚媒体の検討と整理を進め、空間のスケール（ミクロ・メゾ・マクロ）、そのスケールに応じて可能な活動（身体運動・描画・構成と分解など）、空間のタイプ（現実的・数学的・仮想的など）の三つの観点から空間の体系化を行った。

表現・記号論に関しては、3次元の対象と図的表現である見取図、展開図、投影図に着目して、3次元の対象と図的表現の対応関係、図的表現間の対応関係、また空間図形におけるコンピュータによる表現について記号論的に考察した。その結果、3次元の対象と図的表現との関連性はイメージと図式、イメージと隠喩、イメージと指標記号の間の思考のシフトという視点で捉え直すことができること、見取図、展開図、投影図の相互の関連性は比喩的認識の複合性という視点で捉え直すことができることが示唆された。また、ICT機器を用いた表現の特徴を記号論的に明確にできるかを検討することを目的とし、実際にICT機器を用いた立方体の切断の学習における生徒の活動の分析を行った結果、ICT機器を用いた表現が、それを用いる意図により単一記号だけではなく法則記号になりうる場合もあること、指標記号となるには動的な見方が伴う操作が重要であり、そこに換喩的認識が含まれることが示唆された。

証明に関しては、「空間-平面」の相互理解の過程を明らかにする上で、視覚化と推論・証明の生成がどのような活動として実現され得るのかを検討した。その結果、直方体の切断面の探究においては、視点移動に伴って視覚化に活用した多様な見取図を並行して用いること、立体を空間的な平面の広がりとして意識すること、点や線、平面の存在性を言語化すること、位置関係を命題化することが、証明の生成の要件となり得ることが示唆された。また、空間図形の証明としてどのような活動が実現できるかを検討した結果、証明を通して、点や線などの幾何学的対象の存在性を平面図形の場合と比較しながら見直すことができる、証明の記号・記述の構成に基づいて定理が表す図を理解し直すことができることが明らかになった。そのことから、空間図形における現象理解と証明の相互発達、及び平面と空間の往還による数学的な組織化・体系化の実現可能性が示唆された。

#### (5) 実践開発

教材研究並びに実践開発では、主に次の学年と教材で実施した：小学校6年「立方体の切断」、小学校6年「鏡の中の対称」、中学1年「立体の対称性」、中学校1年「万華鏡の探究」、中学校1年「立方体の切断」、中学1年「直方体の切断」、中学校2年「直方体の切断」、中学校2年「ポップアップカードの仕組み」、中学校3年「電灯の影の軌跡」、高校1年「三垂線の定理」、高校2年「四面体のひも掛けによってできる点の共線関係」。これら以外にも授業開発を実施したが、紙面として発表したものは上記の授業になる。

鏡を用いた図形の対称性に着目した小学6年の実践、及び中学1年の立体の対称性の実践では、対称性が平面を空間へと切り替え、図形を構成する観点として働く様相や、空間のスケールをミクロ・メゾ・マクロと拡大させつつ、図形的事象の分析に機能する様相を明らかにした。

中学1年の万華鏡の探究では、空間図形のカリキュラム開発のための視覚化が持つ機能に関する実践的な検討を試みた。空間のスケール、スケールに応じた可能な活動、空間タイプの三つの観点から空間の体系化を行い、万華鏡の事象の探究と制作を鍵とする数学科授業を構想し、小学校と中学校の一貫性を始めとするカリキュラム構成の軸の具体化を図った。

立体の切断に関する授業開発はいくつかの学年で縦断的に実施した。小学校第6学年と中学校第1学年に対して、図形の動的な見方による立方体の切断の前概念を構成する教材開発を行うことを意図して、具体物とICT、図、言語をそれぞれ関わらせることを意図した授業設計を行っている。その結果、断面図をイメージしていく子どもの様相、ICTによって言語化が可能になる様相、動的な見方が論理的推論に関わる様相を明らかにした。また、小学6年と中学1年に対する授業開発の中から、平面図形と空間図形を連動させた小中一貫のカリキュラムの一部として、児童・生徒の認識を、記号論と動的な見方を観点として分析している。

直方体の切断の授業開発では、空間図形における点、直線、平面の間の位置関係に関する基礎的な知識を適用することを通して、論理的な推論の構成の様相を検討している。論理的な説明として、1) 立体図形の構成要素を下次元の空間的要素で捉え直し、切断面の四角形を正当化する説明、2) 立体図形の構成要素を空間的に捉え直し、その要素と直線の位置関係を連言推理によって結論を導く説明、3) 図形の等辺性に関する三角形の合同条件を用いた説明、4) 直線の動きを平面とみなし、直線と平面の垂直性によって、直角の不変性をとらえる説明、5) 図形から図形への変換をもとにした角の大きさの大小に関する説明が同定された。これらの説明はどれも、図形の動的な見方に関わり、図形の動的な見方が論理的説明の生成につながることを示唆された。

中学2年生に対して実施したポップアップカードの仕組みに関する授業開発では、空間図形の関係性を論理的に考察する様相、推論と現象との往還に関して、構成原理の実現可能性が示唆

された。

中学 3 年生に対して実施した射影的（投影的）見方を生かした数学科授業としての「電灯の影」の実践では、不変性および双対性の原理の二つを主な探究の観点とした授業設計を行い、空間的思考、二次元表現の作成、定理を用いた探究と、視覚化の機能を生かした学習過程との関わりに焦点を当て、構成原理と実践との関わりを探究した。

中学 3 年と高校 2 年生に対して、四面体のひも掛けによってできる点の共線関係に関する授業開発では、生徒たちが図や模型を物的または ICT を利用して構成するとき、空間図形における幾何的現象と証明の相互理解がどのように促される（又は阻害される）かを吟味した。特に、4 つの活動（模型作り、GeoGebra による作図、見取図を描く、そして証明を生成する）を含む教材を開発し、授業実践を通して証明の必要感が生じるか、また特にその困難性について検討している。さらに、「幾何的活動の模式図」（岡崎他，2021）を用いて、そこにどのような数学的活動を設定すべきかについて、3 つの観点（中学 1 年の空間図形教材の振り返り方、証明の仮定と結論の意識、平面図形の証明方法の適用）から考察している。

小学校 6 年から高校 2 年までの空間図形の教材及び授業実践が、カリキュラム構成原理とともに開発されたことは、本研究プロジェクトの成果として挙げられる。これらの教材及び実践を体系化し、カリキュラムとして最終的に整えていく作業は今後の課題となる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 岡崎正和	4. 巻 1
2. 論文標題 探究型空間図形カリキュラムの構成原理に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第10回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 175-182
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 影山和也	4. 巻 1
2. 論文標題 視覚化の機能を生かした空間図形カリキュラムの事例検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第10回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 183-190
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 和田信哉	4. 巻 1
2. 論文標題 立方体の切断におけるICT機器を用いた表現に関する記号論的考察	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第10回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 191-198
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 渡邊慶子	4. 巻 1
2. 論文標題 「空間—平面」の相互理解としての空間図形における証明の生成過程	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本数学教育学会第10回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 199-206
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 渡邊慶子, 岡崎正和	4. 巻 27(1)
2. 論文標題 証明言語の生成とふり返りの連鎖による定理と証明の相互理解 場合分けのある証明に着目して	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 全国数学教育学会, 数学教育学研究	6. 最初と最後の頁 33-46
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 Masakazu Okazaki, Keiko Watanabe	4. 巻 3
2. 論文標題 Enhancing the level of geometric thinking through learning the inscribed angle theorem	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education	6. 最初と最後の頁 420-430
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 岡崎正和, 影山和也, 和田信哉, 渡邊慶子	4. 巻 9
2. 論文標題 探究型幾何カリキュラムの構成原理に関する研究 数学第二類の分析を通して	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第9回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 137-144
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 和田信哉	4. 巻 9
2. 論文標題 空間図形における図的表現に関する記号論的考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第9回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 153-160
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 影山和也	4. 巻 9
2. 論文標題 空間図形カリキュラム構成のための視覚化の機能	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第9回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 145-152
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 渡邊慶子	4. 巻 9
2. 論文標題 空間図形における証明の意義に関する考察 - 三垂線の定理の証明による検討を通して -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第9回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 161-168
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 岡崎正和	4. 巻 8
2. 論文標題 平面図形と空間図形の連動による小中一貫の空間図形カリキュラムを構成する為の視座	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第8回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 97-104
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 影山和也	4. 巻 8
2. 論文標題 クラインを通じた図形カリキュラム改革の現代的動力	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第8回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 95-112
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 和田信哉	4. 巻 8
2. 論文標題 日数教論文における空間図形の研究の動向と展望	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第8回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 113-120
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 渡邊慶子	4. 巻 8
2. 論文標題 「数学教室」における空間図形に関する論文の考察：教材・教具に焦点を当てて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第8回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 121-128
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 岡崎正和	4. 巻 11
2. 論文標題 探究型空間図形カリキュラムの構成原理とその具体化	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第11回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 173-180
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 影山和也	4. 巻 11
2. 論文標題 視覚化の機能を生かした図形の探究型カリキュラム開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第11回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 181-188
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 和田信哉	4. 巻 11
2. 論文標題 図形の動的な見方による立方体の切断に関する教材開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第11回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 189-196
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 渡邊慶子	4. 巻 11
2. 論文標題 証明の生成を通して幾何的現象の理解を補完・修正する活動	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本数学教育学会, 第11回春期研究大会論文集	6. 最初と最後の頁 197-204
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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 岡崎正和
2. 発表標題 算数と数学の一貫性を意図した中学校数学の授業づくり
3. 学会等名 日本数学教育学会第104回全国算数・数学教育研究大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡崎正和, 影山和也, 和田信哉, 渡邊慶子, 太田伸也
2. 発表標題 平面図形と空間図形の連動を視点とした小中一貫の図形カリキュラムの開発研究(3)
3. 学会等名 日本数学教育学会第10 回春期研究大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masakazu Okazaki, Keiko Kimura, Keiko Watanabe
2. 発表標題 Kyozaikenkyu as well-formed story making for developing quality mathematics lessons
3. 学会等名 The 14th International Congress on Mathematical Education (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡崎正和, 影山和也, 和田信哉, 渡邊慶子, 太田伸也
2. 発表標題 平面図形と空間図形の連動を視点とした小中一貫の図形カリキュラムの開発研究(2)
3. 学会等名 日本数学教育学会, 第9回春期研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡崎正和, 影山和也, 和田信哉, 渡邊慶子, 太田伸也
2. 発表標題 平面図形と空間図形の連動を視点とした小中一貫の図形カリキュラムの開発研究(1)
3. 学会等名 日本数学教育学会, 第8回春期研究大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡崎正和, 影山和也, 和田信哉, 渡邊慶子, 太田伸也
2. 発表標題 平面図形と空間図形の連動を視点とした小中一貫の図形カリキュラムの開発研究(4)
3. 学会等名 日本数学教育学会, 第11回春期研究大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	渡邊 慶子 (向井慶子)  (Watanabe Keiko)  (00572059)	滋賀大学・教育学系・准教授   (14201)	
研究分担者	和田 信哉  (Wada Shinya)  (60372471)	鹿児島大学・法文教育学域教育学系・准教授   (17701)	
研究分担者	影山 和也  (Kageyama Kazuya)  (60432283)	広島大学・人間社会科学研究科(教)・准教授   (15401)	

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