

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：17401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22244

研究課題名（和文）総合的な探究により育まれた資質・能力を基盤とした数学学習に関する研究

研究課題名（英文）Mathematics Learning Based on the Qualities and Abilities Nurtured by Inquiry-Based Cross-Disciplinary Study

研究代表者

吉井 貴寿 (Yoshii, Takatoshi)

熊本大学・大学院教育学研究科・准教授

研究者番号：90710640

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）：高等学校における教育活動は大きく「各教科の指導」、「総合的な探究の時間」、「特別活動」の三つから構成されている。これらが相互に影響を与え合いながら学びが深まることで、人格の完成や資質・能力の育成といった教育の目的や目標が達成される。本研究では、「総合的な探究の時間」で育まれた資質・能力をいかして「数学の学習・指導」を行うことについて研究し、複数の指導実践事例を提示した。また、その結果を考察することで、このような指導方法を取り入れることが近年目指されているような数学の授業改善に繋がることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2022年度より高等学校では新たな学習指導要領に基づいた教育が実施され、総合的な探究の時間が全ての学校で行われるようになってきている。これに伴い、多くの学校では探究的な学びをどのように展開するか、そしてその学びをどのように他の教育活動と結びつけ、より優れた教育効果を得るかということが課題となっている。本研究の成果は、総合的な探究の時間と教科（数学）を結び付けた指導の具体的な事例を提供し、その教育効果を示している。これは多くの高等学校が直面している上記のような課題を解決するための指針となるものである。

研究成果の概要（英文）：Educational activities in high schools consist of three major components: “instruction in each subject,” “Period for Inquiry-Based Cross-Disciplinary Study,” and “Tokkatsu (Student-Led Activities).” The educational objectives are achieved through the deepening of learning as these interact with each other. In this study, we studied “Mathematics Lesson” utilized the qualities and abilities developed in the “Period for Inquiry-Based Cross-Disciplinary Study,” and presented several examples of teaching practices. By considering the results, we have shown that the use of such teaching methods promotes the improvement of mathematics teaching.

研究分野：数学教育学

キーワード：総合的な探究の時間 算数・数学教育 探究活動 SSH事業 理数探究

1. 研究開始当初の背景

1998年度の学習指導要領改訂により、各学校が創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開し、国際理解、情報、環境、福祉・健康などについて横断的・総合的に学習する「総合的な学習の時間」が新設された。そして、2018年度の学習指導要領改訂で高等学校においては、この名称が「総合的な探究の時間」へと改められることとなった。これらの間には共通性があるが、総合的な探究な時間においてはより質の高い探究活動が求められている。また、総合的な探究による学びと各教科・科目等との関連を明らかにし、相互の関りを意識しながらカリキュラムマネジメントをしていくことが必要とされている（cf. 文部科学省、2019）。

高等学校における教育活動は大きく「各教科の指導」・「総合的な探究の時間」・「特別活動」の三つから構成されている。これらが相互に影響を与え合いながら学びが深まることで、人格の完成や資質・能力の育成といった教育の目的や目標が達成される。故に、これら三つを個別に研究するだけではなく、その間で生じる相互作用についても研究をする必要がある。特に、本研究では数学科と総合的な探究の時間の間で生じる相互作用に着目し、総合的な探究における学びが教科学習の方法や姿勢にどのような変容をもたらすかを研究する。

2. 研究の目的

本研究の大きな目的は「数学の学習と総合的な探究の相互作用を明らかにし、それをふまえた双方の学習・指導について提案をする」ことである。これに関して、数学科の指導をふまえた総合的な学習や探究活動の研究と提案（「数学⇒総合」型）については複数の先行研究が存在する。これに対し、学習指導要領解説等でも示されているように、学習・指導の理想形は数学と総合的な探究の間での総合作用をいかし、これらの学びを往還させる「数学⇄総合」型である。そこで、本研究では特に「総合的な探究の時間で育まれた資質・能力を基盤とした数学指導」（「総合⇒数学」型）に着目して研究を進める。より具体的には、以下の3つのことを行う。

- (1) 総合的な探究により育成される資質・能力について先行研究を整理し、それをいかした数学の指導を実践する。また、その有効性を検討する。
- (2) (1)の成果をふまえ、複数の指導方法を開発する。それらを用いた長期的な指導を実践・提案する。
- (3) (1)・(2)の研究成果を広く発信し、「総合的な探究の時間で育まれた資質・能力を基盤とした数学指導」の普及を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、上記の(1)～(3)を達成するために、それぞれ以下の方法で行った。

- (1) 長尾(2019)をはじめとした、探究活動を通じて育まれる資質・能力について言及している先行研究を整理し、その代表的なものを抽出した。また、大町・安藤(2020)の探究活動を行う学習者を対象とした調査を参考に、多くの学習者がその力の伸長を自覚している力として「発表する力」に着目し、それをいかした数学科の授業を計画した。実際に総合的な探究の時間を先行実施している公立高校で指導実践を行い、その教育効果を検討した。
- (2) (1)の研究成果より、総合的な探究の時間で実施されている指導と数学の授業を学習者にもわかりやすい形で強く結びつけることが重要であると考えた。そこで、実際に高等学校で指導にあたる現職教員と協力し、総合的な探究の時間の指導計画や利用教材をもとに、数学の授業で利用するための教材や指導方法を複数考案した。また、総合的な探究の時間を先行実施している公立高校の1年生を対象に、年間を通じて指導実践を行い、その教育効果を検討した。
- (3) 学会での発表、研究集会での発表、学校主催の研究大会における共同研究者による公開授業の実施等を通じて、研究成果の発信を行った。また、類似の研究に取り組む研究者・教員と研究の方針や成果を共有し、「総合的な探究の時間で育まれた資質・能力を基盤とした数学指導」の普及に努めた。

4. 研究成果

上記の研究方法(1)～(3)を通じて得られた主な成果はそれぞれ以下の通りである。

- (1) これまでに実施されてきた複数の指導実践の記録や調査研究の成果を分析し、総合的な探究により育まれる資質・能力が多岐にわたるものであり、それらは複数の観点で整理され得るものであることを確認した。その上で、その一部に焦点を絞って、数学科の学習・指導場面へと結びつけていくことを考えた。より具体的には、複数の先行研究において総合的な探究活動を通じて育まれるとされている「発表する力」と呼ばれるような資質・能力に着目した。「発表する力」については、必ずしも定義が明確に規定されているものではなく、呼称も様々存在するものであるが、本研究においては「成果をまとめる力(表の利用、ポスター・論文の作成など)」、「他者に伝える力(発表・表現力など)」

「他者との議論を基に探究を深める力」といった要素も含まれるものとしてこれを捉えている。実施した指導実践研究では、総合的な探究活動を約2年間経験している高校生を対象に、数学の演習問題を自由に探究する活動、ポスター発表形式（聴衆が移動して発表を聞いて回る）でその探究成果を発表する活動を取り入れた授業を行い、この「発表する力」を発揮する場を設けた。なお、本指導を行うにあたり、教員は主に探究の土台となる演習問題の準備、発表会に向けた事前指導（発表者の相談にのるなど）、教室環境の整備、発表内容に対する助言やフィードバックなどを行っている。本指導実践では、一般に数学に対して苦手意識を持ちやすいとされている文系学生であっても、意欲的に探究に取り組み、他者を意識して工夫をこらした発表を行う姿が多く確認された。また、数学の授業内において直接的に探究の進め方や、発表の仕方などを指導していないにも関わらず、生徒は総合的な探究の時間で学んだ力を発揮し、総合的な探究の時間と同様の姿勢でこの学習活動に取り組んでいた。そして、この実践結果からは、探究活動での「根拠を明らかにする」、「聞き手を意識する」、「準備をしっかりとる」、「対話を大切にすること」といった学びが、数学学習にも影響を与えることが確認された。このように、探究活動により育まれた「発表する力」を基盤として数学の学習・指導を行うことで、数学学習の質が変わり得ることを具体的に例示した点が主な成果である。

(2) (1)の指導実践では、総合的な探究の時間で行われているポスター発表の形式を数学の授業に取り入れたことが、生徒の数学学習姿勢に変化を与え、総合的な探究の時間でみられるような主体的な姿を引き出したと考えられる。そこで、令和3年度には、総合的な探究の時間を先行実施している公立高校の数学科教員と連携し、総合的な探究の時間のカリキュラムや、そこで扱われている教材・指導内容を整理することを行い、それらが数学の授業の中でどのように利用できるかを考えることから始めた。これにより、総合的な探究の時間で学習される「課題設定の技法（つっこみシャワー）」、「思考を整理するための技法（マインドマップ）」、「探究の実践（図書館利用、ICT活用、対話など）」、「探究成果の発表」といった内容を取り入れた具体的な数学の指導方法が考案された。そして、これらを利用し、高校1年生を対象に年間を通じて総合的な探究の時間と数学（教科）を結び付けて指導することを試みた。また、作成したワークシートや指導実践の成果は、学会（日本数学教育学会）や授業研究会（京都市立堀川高校 第23回教育研究大会）を通じて公開した（図1、図2、図3など）。本研究を通じて複数の指導を実践し、その成果を整理・分析したことで、総合的な探究により育まれた資質・能力をいかした数学指導の有用性が複数明らかになった。例えば、自ら課題を設定したり、探究をしたりする活動は学習者の主体性を高める。また、探究活動や、その成果を発表する活動は対話を促すとともに、思考を整理・発展させ学びを深めることにも繋がる。このように総合的な探究での学びを数学指導にいかそうとすることは、主体的・対話的で深い学びを目指した授業改善にも繋がっている。複数の具体的な指導事例を提示するとともに、このような有用性を明確にしたことが主な成果である。

<ツッコミリスト>

問い方	具体例
本当に?【信憑性】	学力低下は本当に生じているのか
どういう意味?【定義】	そもそも「学力」とはどう定義されているか
いつ?【時間】	いつから学力が低下し始めたのか
どこで?【空間】	他の国では学力低下現象は見られないのか
だれ?【主体】	だれの学力が低下しているのか
いかにして?【経緯】	どのような過程で学力が低下していったのか
どんなで?【様態】	学力低下の現状はどうなっているのか
どうやって?【方法】	どうやって学力低下現象の存在を確かめたのか
なぜ?【因果】	学力低下の原因は何か
他ではどうか?【比較】	教科によって学力低下に違いはあるか
これについては?【特殊化】	このケースは学力低下現象なのか
これだけか?【一般化】	学力以外の能力も低下しているのではないか
すべてそなの?【限定】	すべての科目で学力の低下があるのか
どうすべきか?【当為】	学力低下にどう対応すべきか

<生徒によるツッコミの例>

定義	∞ に終わりはしないのか
方法	$\sqrt{2}=1.414\dots$ となぜわかるのか
因果	円周率はなぜ無限に続くとわかるのか
比較	2次関数を学んだが、3次関数や4次関数のグラフはどのような形になるか
比較	虚数は数直線で表すことができるか
限定	すべての式(関数)はグラフに表すことができるのか
一般化	今は第4象限までしかないが、第5、第6の象限を考えることはできるか
特殊化	係数に無理数を含む場合、2次関数のグラフを描くことはできるか

図1：探究活動で指導された課題設定の技法（左）、数学の時間に生徒が生成した疑問（右）

つっこみシャワー数学編～疑問をカタチに、そしてその先へ～vol.3

1年 組 番 氏名 _____

「座標平面」を考えることで、様々な問題を計算で解決できる手法を学びました。しかし、おそらく「この場合とどうなるんだろう？」などの疑問が様々思いついているはず(!?)です。ぜひ、その疑問を言語化してみましょう。今回は疑問をぶつける対象を少し絞ってみました。提示した以下の3題で思いつく疑問をできるだけたくさんあげてください。疑問に対してどうなるかまでわからなくてもかまいません(むしろわからないことがいい!)。疑問すなわちつっこみだことを書いてください。

これまで疑問を挙げるだけでしたが、今回は挙げてもらった疑問について議論したいと思います。

① 距離に関する内容

座標平面上において、2点間の距離や点と直線の距離についてどのように求めるかを学んだ。
この内容について、疑問に思ったことをつっこんでみよう。

② 曲線群に関する内容

2つの直線の交点と1点を通る直線や、2つの円の交点と1点を通る円の方程式を求める際に、具体的に交点を求めることなく、直線や円の方程式を導く方法を学んだ。この内容について、疑問に思ったことをつっこんでみよう。
(具体的な問題については、教科書 p79, 例題5 や教科書 p93, 問39 など)

③ その他図形と方程式に関する内容

上記2つ以外に今回の単元である「図形と方程式」の内容について、疑問に思ったことをつっこんでみよう。

選んだ問題	疑問(つっこみ)

図2：課題設定のための技法を数学学習でも利用することを促すプリントの例

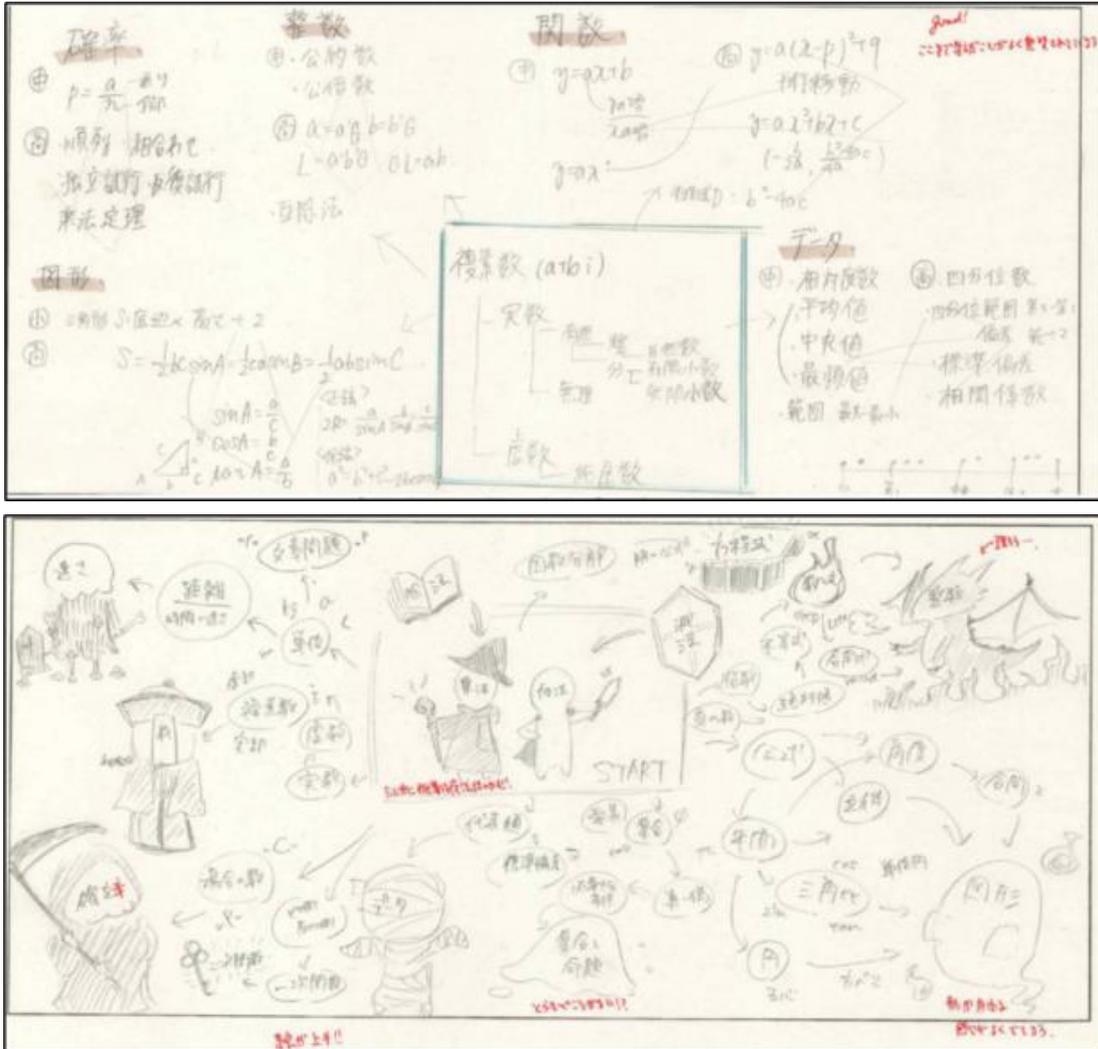


図3：生徒の作成した数学マップの例

(3) 日本数学教育学会や数学教育学会，学校主催の授業研究会（京都市立堀川高校 第23回教育研究大会）などを通じて情報の発信・収集を行った。また，関連する指導実践を行う学校教員との情報交換，探究活動に関わる研究会への参加も行い，「総合的な探究の時間で育まれた資質・能力を基盤とした数学指導」の普及に努めた。研究期間終了後も，これらの活動を通じて築かれた教員・研究者等のネットワークを保持・拡大し，後続研究を実施している。具体的には，高等学校3年間を通じた指導の計画と実践や，複数の学校での指導実践などを行い，指導実践事例を増やすことを目指している。また，それらの教育効果を検討することで，「総合的な探究の時間」と「数学」双方の指導を見直し，改善を図っていく。2022年度より全国の高等学校で総合的な探究の時間の指導が実施され始めている。これに伴い，本研究の対象である「総合的な探究の時間で育まれた資質・能力を基盤とした数学指導」についても関心が高まり，その実践事例を求める声も増加している。このような需要の高まりに先行し，実践事例等を提示できたこと，また後続研究を行うための基盤を形成できたことが主な成果である。

上記(1)～(3)の一連の研究活動を通じて得られた新たな知見や，今後の展望等について以下に(4)として整理しておく。

(4) 本研究では，総合的な探究の時間で学習した考え方・技法・態度などを数学の授業内でも利用していくことを考え，複数の指導実践を行ってきた。数学の授業においては数学的活動を通じた学びが重視されており，学習活動が数学的活動のプロセスのどこに位置付けられるかということが度々議論された。例えば，成果(2)で提示した，課題設定の技法(つっこみシャワー)を利用して新たな疑問を生成する活動は，学習を通して得られた知識や問題解決により得られた結果に対して，「活用・意味づけ」をしたり，「統合・発展/体系化」を行ったりするために有効であろうという示唆が得られた(図4におけるD1, D2に対応)。このように，探究活動における学びと数学的活動のプロセスモデルの対応について新たな知見が得られた点は，新たな指導方法を数学の学習・指導の中に適切に位置付ける上で有意義な成果であった。本研究を通じて開発・実践された指導方法の教育効果を検討すると，課題設定や探究活動等を取り入れた数学指導は生徒の主体的な学びを導くことが確認された。また，グループでの探究活動やその成果の発表会を取り入れた指導では，対話により学びを深めていく生徒の姿が確認された。発表内容に対する質疑応答や，得られた知識から新たな課題を設定する活動，マインドマップを作成し学びを整理する活動などでは，学びの深まりや繋がりが意識され深い学びが促された。このように，総合的な探究の時間で育まれた資質・能力を基盤とした指導を取り入れていくことは，昨今重視されている主体的・対話的で深い学びの実現を目指した授業改善の一つの具体的な方法となる。その他にも，生徒一人ひとりの興味・関心に基づく探究活動を取り入れた指導を，個別最適な学びを実現するための方法として捉える見方もある。以上より，本研究を通じて得られた成果(開発された指導方法，指導実践を通じて得られた知見)は，令和の日本型学校教育の構築を目指した最先端の教育研究に有益な示唆を与えると考えられる。

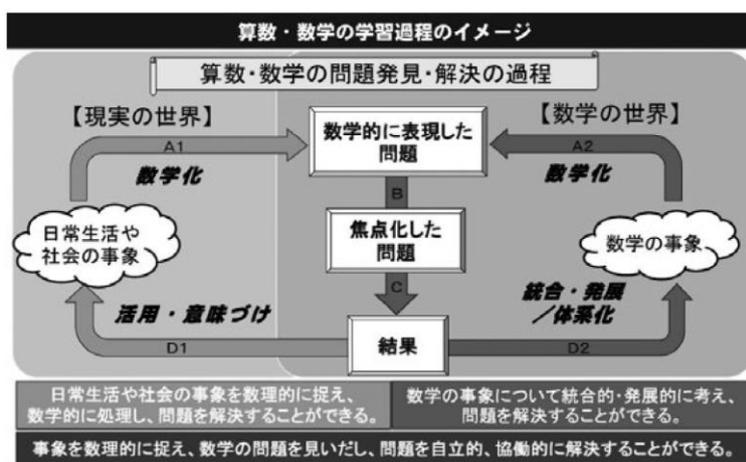


図4: 数学的活動のイメージ図 (文部科学省 (2019) より引用)

<引用文献>

文部科学省 (2019) . 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説. 学校図書.

長尾篤志 (2019) . 「理数探究」の充実と STEAM 教育について. 文部科学省 教育課程部会 (第 112 回) 配布資料 5-4.

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryu/1420968.htm (2022. 5. 4)

大町圭司・安藤秀俊 (2020) . 探究活動を行う高校生への調査—理科と数学の連携を重視して— . 日本科学教育学会研究会研究報告, 34(4), 1-4.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 0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 吉井貴寿	4. 巻 -
2. 論文標題 数学的な探究活動の拡充を目指して 黄金比から行列や離散グラフへ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 数学教育学会 2020年度秋季例会予稿集	6. 最初と最後の頁 20-22
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 吉井貴寿	4. 巻 53
2. 論文標題 探究活動により育まれた資質・能力を基盤とした数学学習に関する研究：発表する力をいかした数学演習の取組み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会 秋期研究大会発表集録	6. 最初と最後の頁 93-96
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 吉井貴寿	4. 巻 -
2. 論文標題 数学的探究のための教材開発研究 “算数・数学の自由研究” 受賞作品の分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 数学教育学会 2021年度秋季例会予稿集	6. 最初と最後の頁 66-68
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 花木良, 吉井貴寿	4. 巻 -
2. 論文標題 数学探究のための未解決問題紹介サイト	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 数学教育学会 2021年度秋季例会予稿集	6. 最初と最後の頁 72-74
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 花木良, 吉井貴寿	4. 巻 54
2. 論文標題 未解決問題を用いた探究教材の研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会 秋期研究大会発表集録	6. 最初と最後の頁 129-132
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 吉井貴寿, 紀平武宏	4. 巻 54
2. 論文標題 探究活動により育まれた資質・能力を基盤とした数学学習に関する研究(2): 課題設定場面での学びを いかした数学指導の実践	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会 秋期研究大会発表集録	6. 最初と最後の頁 374-374
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0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究活動用の個人ホームページ (吉井貴寿 数学教育研究) https://math-edu-441.jimdofree.com/

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

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