

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23531159

研究課題名(和文) 科学的な思考力の育成を図る教授・学習方法の開発と教師教育への適用

研究課題名(英文) The Development of the Teaching and Learning Method to help students develop scientific thinking to the Teachers' Education

研究代表者

清水 誠 (SHIMIZU, Makoto)

埼玉大学・教育学部・教授

研究者番号：30292634

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、第1にこれまでの思考研究を整理し、研究者がどのように思考力を捉えてきたのかを明らかにした。第2に科学的思考力を育成するための研究がどのように行われ、どこまで明らかにされてきたのかを明らかにした。第3に科学的な思考力を育成するため、論理的に説明する能力や批判的に思考する能力を育成する教授・学習方法を開発し、その効果を検証した。第4に、開発した事例研究の成果を公開し、教師教育への適用を図った。

研究成果の概要(英文)：We examine the effect of an external resources on the formation of scientific concepts. Then, we apply the teaching and learning method that we built to teacher education. From the result of 12 case studies that we performed, the external resource such as a thing and the person promoted a solution to the problem. This suggests that the visual representation of external resources has the effect of directing the student's attention towards certain aspects, which aided them in the efficient formation of the scientific concept. We showed these results to the teachers and planned an application to their training.

研究分野：理科教育学

キーワード：科学的な思考 探究的な学習活動 思考のスキル 言語活動 批判的思考

様式 C-19

1. 研究開始当初の背景

(1) OECD の PISA 調査などの各種の調査から、我が国の児童生徒が思考力・判断力・表現力等を問う問題に課題があることが明らかにされてきた。平成 20 年 1 月の中央教育審議会答申では、学習指導要領改訂の基本的な考え方として思考力・判断力・表現力等の育成が重要であるとされ、その育成の観点から知識技能の活用を重視し、言語活動を充実することが必要であるとされた。理科の改善の基本方針の中でも、「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、・・・観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善する。」と示されている。しかしながら、科学的な思考力の育成を図るための教授・学習方法が成功しておらず、開発と普及が課題になっている。

(2) 心理学や論理学では、人間の思考に関する研究が近年急速に広がり深みを増してきている。思考について、問題解決、メンタルモデル、類推、推論等の作用として研究されている。また、これまでの思考心理学研究は、古典的には連合説と認知説の 2 つの考え方によって思考の説明ができるとされてきたが、最近では思考を高次の情報処理過程と同義にとらえ連合説や認知説の考えを取り入れながら情報をシンボルに符号化しシンボルを解釈する一連の過程を考察する方向にある。しかしながら、こうした研究は人間の思考の内実を明らかにしつつあるが、思考力を児童生徒にどのようにして育成するかという観点からは十分研究が深められていない。

2. 研究の目的

本研究は、科学的な思考力の育成を図るため、人がどのように思考をしているのかこれまでの研究を整理した上で、次の 2 点の達成を目的とした。

(1) 科学的な思考力を深める要件、思考のための枠組みや技能、必要な方略を明示した新たな実践的な教授・学習論と教授方法を構築し、その効果を探る。

(2) 科学的な思考力の育成を図る、より効果的な教師教育用プログラムを開発し、教師教育への適用と教員の研修会等において活用できるようにする。

3. 研究の方法

研究は、認知心理学や認知科学で明らかにされてきた 1. 人間の思考がいかに行われているのかについて整理を行う。そのう

えで、2. 科学的な思考力の育成がうまくいかなかった問題を整理し、教授者側、児童生徒側にどのような課題があるのかを明らかにする。3. 海外で科学的な思考力の育成に成功している事例を検討する。その結果を踏まえ、4. 科学的な思考力を促すための理論的なフレームワークをつくる。5. 小・中学校の教員と協同してその効果を検証し、科学的な思考力の育成を図るための理科の教授・学習方法を構築する。さらに、構築した教授・学習方法を教員の研修会の機会を活用し、6. 広く学校教育の場に提供・普及していく。

具体的に行った研究の方法は、下記の通りである。

(1) 文献調査から科学的な思考力とは何かを明らかにし、科学的な思考力育成のための理論構築を行った。

(2) 科学的な思考力を深める要件、思考のための枠組みや技能、必要な方略を検討し、新たな実践的な教授・学習方法を開発・提案した。

(3) 開発した教授・学習方法を小・中学校の授業に適用し、科学的思考力が高まっていく過程をフィールドワーク、アクションリサーチなどの研究方法を採用しながら効果の検証を行った。

(4) 研究の信頼性、妥当性を図るため、数量的かつ質的分析を行うとともに、効果が高まる要因を明確にした。

(5) 研究成果をまとめ教師教育へ適用した。

4. 研究成果

本研究の成果は、研究者が思考をどのように捉え、思考研究がどこまで進められてきたかを整理し、科学的な思考とは何かを明らかにした研究及び、3 つの視点から科学的な思考力の育成方法について検証した 10 の事例研究としてまとめた。事例研究の一つ目の視点は、論理的な思考を促すための批判的思考力育成のための指導方法を開発し、その効果を検証することであった。二つ目の視点は、論理的に予想を立てたり考察したりする力を育成するために、討論や記述指導を取り入れる指導方法を開発し、その効果を検証することであった。三つ目の視点は、人間の思考活動は、外の事物との相互作用として成立するものであり、頭という器の中で表象し、操作するだけのものではなく、外の事物を必要に応じて利用しながら行われるものであることを検証することであった。

研究成果の概要は、次の通りである。

(1) 科学的な思考

これまで研究者が思考をどのように捉え、思考研究がどこまで進められてきたかを整理してみると、思考は推論、問題解決、理解、概念形成といった高次認知過程のほぼすべてに関わる心の働きであり、類推が深く関わり、過去に貯蔵した様々な知識を構成し適用したり、判断や行動が行われることであるということになる。また、思考には、論理的思考（演繹、帰納、アブダクションを含めた）、創造的思考、アナロジー、メンタルモデル等がある。さらに、科学的な思考について、思考研究や科学的な思考についての研究者たちの見解をまとめてみると、科学的な思考とは科学的発見をもたらす重要な源泉としての思考である発散的・創造的思考であり、現象や事象を分析的・総合的に検討し、論理的に説明できる合理的（論理的）な思考であると言えることができた。つまり、科学的な思考とは、合理的（論理的）な思考と新たな理論を想像する発散的・創造的思考の2つに大きく分けることができる（図1）。その一つである論理的に思考できるようにするためには、批判的思考、推理、モデル思考等に使用されるスキルや課題の明確化、仮説の設定、データの処理といった科学的探究の際に使用されるスキルを児童・生徒が身に付けることが重要であると考えることができる。

(2) 科学的な思考力の育成を図る教授・学習方法の開発

論理的な思考を可能とする批判的に思考するスキルを育成する指導方法の開発

批判的思考について Ennis(1987)は、自分の推論過程を意識的に吟味する反省的な思考であり、何を信じ、何を行うかの決定に焦点を当てた、合理的で省察的な思考であると述べている。我が国においても、多くの研究者が批判的思考について定義をし

ているがその一つとして楠見・子安・道田(2011)は、批判的思考とは推論の規準にしたがう論理的で偏りのない思考である。その思考は、目標指向的に働き、自分の推論過程を意識的に吟味する反省的な思考であり、何を信じ、主張し、行動するかの決定に焦点を当てる合理的（論理的）思考であると定義している。こうした定義からは、批判的思考とは自分自身の推論過程が適切な根拠に基づいているか多様な観点からその妥当性や信頼性を吟味する合理的で省察的な思考と考えることができる。また、楠見・子安・道田(2011)は、批判的思考の主なプロセスとそこで適用される構成要素を、「情報の明確化」、「情報の分析」、「推論」、「行動決定」の4つに分類している。「情報の明確化」とは、問題や情報の構造（主張・結論、根拠・理由）、隠れた前提、用語などを明確にすることであると述べ、メタ認知によって自分自身の思考をモニターし、コントロールするプロセスであると述べている。「情報の分析」は、議論や推論を支える根拠となる主な情報源の信頼性の判断、意見、事実、観察報告の評価であると述べている。特に、根拠としての確かさを判断するために、情報源の信頼性を判断すること、意見、事実、調査・観察やその報告の内容自体を評価することは、科学リテラシーの重要な要素であると述べている。「推論」は、演繹の判断（命題の解釈）、帰納の判断（根拠から結論を導く）、価値判断（背景、結果、倫理など）であると述べている。「行動決定」は、上記のプロセスに基づいて結論を導き、状況を踏まえて、発言、執筆、選択などを支える行動決定を行い、問題を解決することであると述べている。

そこで、本研究で開発した教授方略は、本来は問題解決の際に個人内で批判的に思

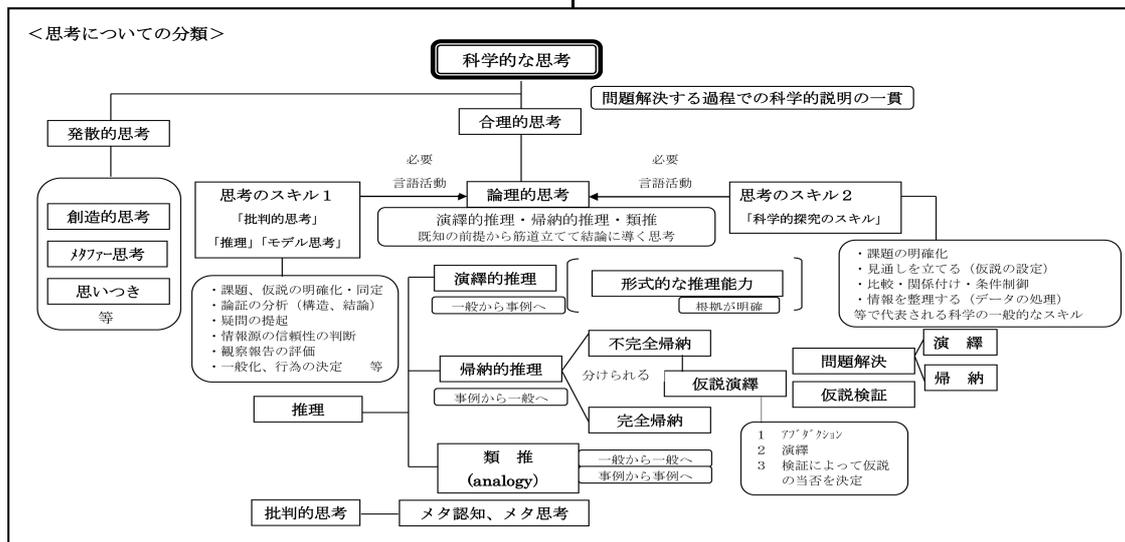


図1. 思考についての分類

考するために使用される要素をグループ内に役割として分散・外化し、成員同士で話し合いを行う中でそのプロセスと要素を理解し、最終的に熟達化した個人となることを促す方略である。具体的には、楠見・子安・道田(2011)が示した批判的思考の構成要素を役割として分担し、成員同士で協働して話し合いを行わせる。その際、複数回にわたる学習の中で、各役割を交代して話し合いさせることで批判的思考のプロセスと各構成要素に必要なスキルを身に付けさせようとするものである(図2)。小学校2校、中学校2校において授業検証した結果は、課題を解決していく過程の発話プロトコルに児童・生徒が各役割を実行している様子を伺うことができた。また、事後調査からは、批判的に思考するために必要な要素を役割として分担し、話し合いを行わせることを繰り返す授業を行うことで、批判的思考力が高められ、論理的に説明することができるようになることが示唆された。

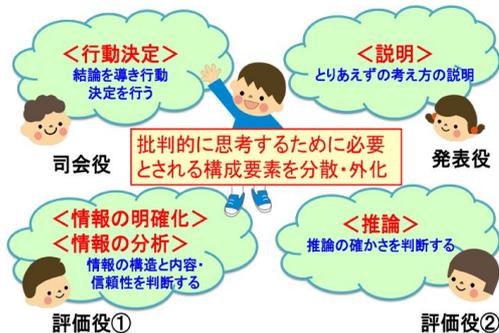


図2. グループ内に役割として分散・外化

論理的に記述する能力の育成を図る教授・学習方法の開発

科学的能力を調べた PISA2006 年調査 (OECD 生徒の学習到達度調査) では、日本の生徒は科学的リテラシー全体の得点では上位グループに位置しているものの、「現象を科学的に説明すること」は参加国中 12 番目と 3 領域中では最も低く、課題があることが明らかになった。我が国の生徒が現象を科学的に説明したり論述することを苦手としている状況は、国立教育政策研究所 (2005) が行った平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査の結果を見ても、小学校で記述式の問題や意味付けや関係付けを伴う説明活動を必要とするもので通過率が低いことや中学校で実験の途中結果を考察させる問題等で課題が見られることから伺うことができる。

そこで、こうした課題を改善するため、3つの授業検証を行った。その一つは、松原(1997)が、結果では「a(操作)したら、b(結果)になった。」と考察では「c(結果)から、d(結論)と考えた。その理由は、e(根拠)だからである。」といった結

果や考察を定型文で書く指導をすることが有効であるといった研究成果を踏まえ、理科学習に記述指導を取り入れることが、「現象を科学的に説明する」能力の育成に効果が見られるかを調べた。授業検証した結果は、定型文を被験者に与え、教師がその記述の仕方の指導を行うことが、児童の現象を科学的に説明する能力を高めるための有効な方法となり得ることを示すことができた。二つ目は、考察を記述する際に、考察文に必要な要素の入った記述の仕方を理解させながら指導することの効果を調べた研究である。具体的には、教師から考察文は、なぜよいと評価できるのかを議論させた後、考察文に必要な要素として、「課題」、「結果」、「結論」、「根拠」が含まれることをまとめ、生徒が記述した考察文の、「課題」には緑、「結果」には青、「結論」には赤、「根拠」には黒のサインペンで線を引かせ、各要素が含まれているかを確認させ、生徒に考察の記述に必要な要素を考えさせ、必要と考える要素が考察の記述にあるかを確認させる指導方法が、「記述の仕方を理解させる」と本研究で述べる実験群の指導方法である。検証授業の結果からは、定型文のみを用いて記述の仕方を指導する方法に比べ、考察文に必要な要素を生徒に考えさせ、確認し、理解させる指導方法が有効であるという結果を示すことができた。三つ目は、生徒の論理的思考を育てるために討論が必要であると考えられるようになってきたが、十分な検証がなされていないことを踏まえた研究である。中学校2年生を対象に行った検証授業の結果は、討論をさせた群は、討論を行わなかった統制群に比べ論理的に説明できた生徒が多いことが分かった。討論をさせた群の生徒たちのプロトコルの分析からは、自分の考えとその根拠を繰り返し説明していく中で、考察が共有・整理されたり、他者に質問したり、他者からの質問に答えることを通して考察を深めていったのではないかと考えることができる。

外的資源を活用し、人間の思考活動を促す教授・学習方法の開発

人間の思考活動は、外の事物との相互作用として成立するものであり、頭という器の中で表象し、操作するだけのものではなく、外の事物を必要に応じて利用しながら行われるものである(仮屋園, 2000)。思考活動を進める際に外的資源があることで、頭の中だけで考えるよりも、効率的な学習活動が進められることが期待できると考えられるようになった。それ自体は意味をもたない外的資源であっても、解決者が問題に対してなんらかの解釈や意味をつくりあげ、問題構造、内容に関する表象を構築す

るとき、外的資源は問題解決を促進すると考えることができる。しかしながら、我が国の理科教育学の研究において外的資源という視点からその有効性を検証した研究は見られない。そこで、本研究では、その一つとして、外的資源の持つ操作可能性に着目し、外的資源を使用することが問題解決を促し、科学的な概念の形成に与える効果を調べた。小学校の「台風の進路の学習」で検証した結果、外的資源の持つ操作可能性の機能は、学習者に操作を促し、操作することにより問題の解が可視化可能となることで学習者の問題解決を促し、科学的な概念の形成に有効に働くということが示唆された。二つ目は、外的資源を使用する際に、イメージ・スキーマを持たせることが、問題解決の促進と科学的な概念の形成にどのような効果を与えるのかを明らかにすることを目的とした。検証の結果は、科学的な概念の形成に有効に働くことが示唆された。授業で身につけさせたい科学的な概念と共通するイメージ・スキーマを持たせることは、理科学習において生徒の思考を促し、科学的な概念の形成に有効に働くことが示唆された。

(3) 開発した研究成果のまとめと公開

10の事例研究を行った結果からは、批判的思考のスキルをグループ内に分散・外化し各スキルを習得させることで批判的思考力が身につく論理的に思考できるようになることを見出すことができた。また、記述の仕方を理解させることが論理的に説明する力を育成することを促すことができた。さらに、物や人といった外的資源は、問題解決を促し、科学的な概念形成を図ることに有効に機能することを示すことができた。その大きな理由としては、外的資源の持つ操作可能性や問題の解が可視化可能になるということであると考えられる。外的リソースを活用した教授・学習方法は、児童・生徒の科学的な思考力や科学的な概念の形成を図る有効な方法であるといえた。

そこで、本研究で取り上げた教授・学習方法とその成果を大学での教職の講義のみならず、教員の研修等の場に広く公開し、教師教育への適用を図った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計15件)

清水誠、大澤正樹、批判的思考力を育成する指導方法の開発 - 批判的思考の構成要素を役割分担して話し合いをさせることの効果 -、査読無、埼玉学紀要教育学部(教育科学)、64(1)、2015、103-116、<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KY-AA12318206-6401-09>

鮫島弘樹、清水誠、考察の記述の仕方を理解させる指導方法の研究 - 力と圧力の学習を事例として -、査読無、埼玉学紀要教育学部(教育科学)、64(1)、2015、93-102、

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KY-AA12318206-6401-08>

清水誠、實川和宏、コンフリクトマップを用いた教授方法が概念変容に及ぼす効果 - 振り子の運動の学習を事例として -、査読有、理科教育学研究、55(1)、2014、37-46、DOI:10.11639/sjst.sp13004

清水誠、山崎麻美、現象を可視化することが規則性の発見に及ぼす効果 葉のつき方の学習を事例として、査読有、科学教育研究、38(1)、2014、20-26、<http://ci.nii.ac.jp/naid/130004690664>

清水誠、高信志穂、黒川昇、批判的思考力を育成する指導方法の開発 - 批判的思考に適用される構成要素を分散・外化する -、査読無、理科の教育(日本理科教育学会編集)Vol.63、743、2014、46-49、

sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/download.php?file

Mayumi TAKAGAKI, Yoshifumi NAKANISHI, Hirotsugu TAZUME, Makoto SHIMIZU, The Effects of Motivational Teaching Strategies on Learning Behavior among Peers during Collaborative Learning、査読無、埼玉学紀要教育学部(教育科学)、63(1)、2014、1-20、

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KY-AA12318206-6301-01>

Mayumi TAKAGAKI, Emi AKIMOTO, Makoto SHIMIZU, Effects of Learning on Developed Hypotheses on Advanced Understanding、査読無、埼玉大学紀要教育学部(教育科学)、62(2)、2013、97-107、

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KY-AA12318206-6202-10>

Mayumi TAKAGAKI, Makoto SHIMIZU, Effects of Instructional Methods to Teach Quadratic Functions Using Cross-Subject and Ordinary Events、査読無、埼玉大学紀要教育学部(教育科学)、62(1)、2013、13-24、

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KY-AA12318206-6201-02>

清水誠、黒川昇、齋藤桃子、現象を科学的に説明する能力を高める学習指導法

の研究 - 定型文の活用とその効果 - 、査読有、科学教育研究、37(1)、2013、30-37、<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009596589>
清水誠、鶴貝昌弘、安田修一、外的資源が科学的な概念の形成に与える効果についての研究 - イメージ・スキーマを持たせることの効果 - 、査読無、埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要、第11号、2012、87-93、<http://www.center.edu.saitama-u.ac.jp/index.php?pg=guide.contents>
木田真貴子、清水誠、考察する力を高める学習指導法の研究 - 討論の方法を指導することの効果 - 、査読有、理科教育研究(日本理科教育学会)、52(3)、2012、201-207、<http://ci.nii.ac.jp/naid/40019223871>

[学会発表](計27件)

小川恵里佳、清水誠、メタ認知的活動を促すことが科学的な概念の形成に及ぼす効果、日本理科教育学会第53回関東支部大会、2014.12.6、群馬大学(群馬県、前橋市)
林和彦、清水誠、内省を促すことが論理的思考力の育成に及ぼす効果、日本理科教育学会第53回関東支部大会、2014.12.6、群馬大学(群馬県、前橋市)
柿沼宏充、清水誠、不十分な科学概念の再構成を促す教授学習モデルの開発、日本理科教育学会第64回全国大会、2014.8.24、愛媛大学(愛媛県、松山市)
清水誠、大澤正樹、小川恵里佳、役割分担をして話し合いをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果、日本理科教育学会第64回全国大会、2014.8.23、愛媛大学(愛媛県、松山市)
清水誠、秋元恵美、豊田英二、体験や知識を基にして仮説を立て学習を進めることの効果、日本理科教育学会第64回全国大会、2014.8.23、愛媛大学(愛媛県、松山市)
清水誠、牛島健一、大澤正樹、役割分担をして話し合いをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果、日本科学教育学会第37回年会、2013.9.5、三重大学(三重県、津市)
清水誠、山崎麻美、大澤正樹、現象の可視化を促すことが観察力の育成に及ぼす効果、葉のつき方の学習を事例として、日本理科教育学会第63回全国大会、2013.8.11、北海道大学(北海道、札幌市)
清水誠、高信志穂、長島雄介、批判的思考力の育成に関する研究 - 役割分担を促し話し合いをさせる効果 - 、日本理科教育学会第63回全国大会、2013.8.10、北海道大学(北海道、札幌市)

清水誠、實川和宏、柿沼宏充、概念変容を促す指導法が概念獲得にもたらす効果 - コンフリクトマップを用いた振り子の学習を事例として - 、日本理科教育学会第63回全国大会、2013.8.10、北海道大学(北海道、札幌市)
清水誠、鮫島弘樹、牛島健一、記述の仕方を理解させることが考察する能力の育成に及ぼす効果、日本科学教育学会第36回年会、2012.8.29、東京理科大学(東京都、新宿区)
清水誠、浅見浩子、牛島健一、役割分担に基づいた話し合いを行うことが論理的思考力に及ぼす効果、日本理科教育学会第62回全国大会、2012.8.11、鹿児島大学(鹿児島県、鹿児島市)
清水誠、黒川昇、斉藤桃子、浅見浩子、定型文指導を取り入れることが科学的に説明する力の育成に及ぼす効果、日本理科教育学会第61回全国大会、2011.8.21、島根大学(島根県、松江市)
清水誠、鶴貝昌弘、安田修一、秋元恵美、外的資源が科学的な概念の形成に与える効果についての研究 - イメージ・スキーマを与えることの効果 - 、日本理科教育学会第61回全国大会、2011.8.20、島根大学(島根県、松江市)

[図書](計2件)

清水誠(大高泉編著)、観察・実験の安全指導と理科室の管理(新しい学びを拓く理科授業の理論と実践)、ミネルブア書房、2013、253(171-175)
清水誠(日本理科教育学会編著)、外化・外的資源(今こそ理科の学力を問う - 新しい学力を育成する視点 -)、東洋館出版社、2012、305(174-179)

[産業財産権]

出願状況 なし
取得状況 なし

[その他]

ホームページ等
<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK213007>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清水 誠 (SHIMIZU, Makoto)
埼玉大学・教育学部・教授
研究者番号: 30292634

(2) 研究分担者

高垣 マユミ (TAKAGAKI, Mayumi)
津田塾大学・学芸学部・教授
研究者番号: 50350567

(3) 連携研究者

なし