

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500857

研究課題名(和文)科学才能教育：学校・家庭・地域が協働して個性を伸ばす才能伸張教育モデルの構築

研究課題名(英文) Science Education for the Gifted: A Framework for Understanding Scientific Giftedness in Schools, Families and Communities

研究代表者

隅田 学 (Sumida, Manabu)

愛媛大学・教育学部・准教授

研究者番号：50315347

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：才能のある児童生徒の個性・能力を伸長するための、特別な科学学習支援のニーズが注目されている。本研究では、独自にスタンダードベースの科学才能教育モデルを具体的かつ実証的に開発し、提案することを目的とした。特に、優れた才能を持つ、幼稚園年長から小学2年の幼年期の子どもたちを見だし、彼ら/彼女らの個性や能力を伸長する科学才能教育プログラムを開発し、実践、評価を行った。「水」「ヒトの体」「植物」「地球と宇宙」をテーマに、拡充・早修・深化を考慮した学習活動と、自由研究発表会が行われ、参加した子どもたちの多様な成長が確認された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop and implement a standard-based science curriculum model for gifted young children. In this study, the STEM program for 4-8 years old gifted children has been originally developed and implemented during Saturdays at Ehime University (Ehime University Kids Academia). The program includes project learning on themes such as, Water, Human Body, Plants and Earth. Through the program, significant improvement in children's ability were noted especially on items relating to higher-order thinking skills; i.e. the ability to: 1) focus and work on a specific topic; 2) theoretically think and organize thoughts on natural phenomena; and 3) come up with new ideas and recognize other ideas, respectively. Their parents also quipped about their children's refined ability to operate laboratory equipment and to cooperate with friends in solving problems as well.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：才能教育 科学教育カリキュラム

1. 研究開始当初の背景

わが国で従来よりタブー視されてきた感のある公教育としての才能教育 (gifted and talented education) は、才能児の学習ニーズに応じる学習の個性化の一環であるとする考え方が、世界的に急速に広まってきている。特に、「科学教育」は、専門的な知識や技能が必要な観察・実験、探究活動や共同作業に関わる児童生徒の動的な実態把握や評価を含むため、児童生徒の個性・能力を伸長する授業実践の新しい理論的根拠と実践的指針を提供可能な魅力的な研究分野として、最近特に注目されつつある。

その語源からも先天的な要因に重点が置かれがちな「才能」概念であるが、各種科学コンテスト受賞児童生徒について調べてみると、小学校低学年段階より、家庭で保護者から強く影響を受けている場合が多く、博物館等の展示やイベントに熱心に通っていた子どもも多いことがわかってきている。そこで本研究では、才能の社会的要因を含めて検討し、スタンダード・ベースな科学才能教育プログラムの実践的かつ開発的なプロトタイプモデルを具体的に提案することを目指すものとした。

2. 研究の目的

才能のある児童生徒の個性・能力を伸長するための、特別な科学学習支援のニーズが注目されている。本研究では、学校・家庭・地域がそれぞれの特性や役割を明確にしながらかつ協働する科学才能教育モデルを具体的かつ実証的に開発し、提案することを目的とした。具体的には、以下のことを目標とした。

才能概念の整理と科学才能スタイルのモデル化・教育ニーズの解明
教材・指導法・評価を含めて、粒子・エネルギー・生命・地球分野におけるスタンダード・ベースな科学才能教育プログラムの開発
開発した科学才能教育プログラムの実践と評価
科学才能教育プロトタイプの提案

3. 研究の方法

まず平成 22 年度は、科学分野で才能を示す子ども、そうした子どもに関わる保護者や教師、科学者を対象に質問紙・インタビュー調査研究を行い、科学才能スタイルをモデル化した。才能教育や科学教育に関連する資料の整理・分析に基づき、才能概念を整理しながら、科学才能を公正に見出し処遇する方法を構築した。才能を伸長する科学教育に関して先端的な取組を行っている小中高等学校・大学・博物館を訪問しその方策について資料収集を行った。

平成 23 年度は、前年度に明らかにされた子どもの発達の過程に応じた科学才能スタイルを伸長する科学教育プログラム開発した。エネルギー・粒子・生命・地球各領域に

ついて複数のトピックを抽出し、学校・家庭・地域それぞれの役割を明確にしながらかつ、才能ある子どもたちの個性・能力を伸長するスタンダード・ベースな科学才能教育プログラムの内容、指導法、評価について仮説を立て、プログラムを開発し、小集団サンプルによる予備調査を行い、その有効性や問題点を検討して修正を行った。

平成 24 年度は、過去 2 年間に開発・実践された科学才能教育プログラムの有効性や妥当性を詳細に分析・検討し、改善を行うと共に、プログラムの一部や成果を積極的に公表した。また、内容領域の特性に応じて、ipad 等のタブレット機器の利用可能性についても検討を行った。

平成 25 年度は、教育プログラムの開発・実践を完了し、学校・家庭・地域が協働する科学才能教育モデルや指針を策定した。

4. 研究成果

(1) 「才能」概念の整理

英語である「gifted」は、メリアム・ウェブスター英英辞典によれば、「having great natural ability」と説明されている。一方で、「gifted」に対応すると思われる日本語の「才能」は、広辞苑第 6 版によれば、「才知と能力。ある個人の一定の素質、または訓練によって得られた能力」と説明されている。つまり、英語の「gifted」は生来備わっている意味合いが強いものに対して、日本語の「才能」概念には教育による環境要因の意味合いが少なからず含まれることがわかった。

才能児を認定するためには、その定義を行う必要がある。才能児の定義に関する米国教育省での本格的な議論は 1972 年に端をなすと言われている。それから約 40 年を経て、現在は以下の定義が示されている。

才能児とは、高度な知的、創造的、芸術的分野での卓越した能力、並外れたリーダーシップ能力、あるいは特定の学問分野で卓越した能力を示す児童生徒である。彼ら/彼女らには、自分たちの能力を最大限に伸長させるために、学校で通常は提供されない指導や活動が必要である。

しかし、具体的にどの学年から、どの規準・基準で認定を行うかが示されているわけではなく、各州がこの定義を採用する義務はないため、その実情は州により大きな偏差がある。例えば、「才能児」認定の古典的な手法としては IQ テストがよく知られている。IQ テストのスコア (例えば、130 以上のスコア等) は未だに根強くその根拠の一部として利用されている。また、同年齢の子どもたちと比べて優れているという点から、何かしらの点数を使って、上位何% (例えば、10% 等) といった基準を用いるケースもあった。

古典的な IQ を超えて多様な認定方法が利用されるべきであるという点で、研究者・実

践者の意見は一致している。強い個性や高い能力を示す子どもについて調べると、領域固有な才能観の方が実情に即している。得意科目や苦手科目がある方が普通であって、能力の偏りは、ある意味では、その子どもが特定分野に対して強い素質を持っているサインかもしれない。「科学」のような領域を才能の認定に積極的に取り入れようとする試みは、まだ諸外国でも始まったばかりであるが、多種多様な個別内容領域を含み、探究的で協同的な営みを通して、知的な拡がりや深まりが期待される理科学習は、子どもが個性や才能を示し、教師や保護者がそれらを見いだすのに非常に適しているというのは説得力がある。

(2) 才能教育プログラムの形態

才能教育プログラムの形態は、大きく「早修 (acceleration)」と「拡充 (enrichment)」に分けることができる。「早修」は、より上位学年の学習内容を早期履修・単位修得するものであり、飛び級、教科ごとの早修、AP (Advanced Placement) のような大学単位取得や二重在籍などがある。AP 試験の受験者及び採用校数は急速に増加しており、その開講数や受講生数が学校の質の高さを保証する一つの目安とされ歓迎されていた。

例えば、AP 化学は、大学導入段階の一般化学と同程度のものであり、大学の化学コースでの典型的な講義と実験の問題が含まれている。高校の通常の化学コースを履修後に学ぶことが望ましいとされている。試験は3時間で、2部構成になっている。第1部は、90分で75問(多肢選択式で全体の45%)を回答する。電卓の使用は認められていないが簡単な周期表が提供される。第2部は90分で8つの問題(自由記述式で全体の55%)に回答する。パートAとパートBに分かれていて、パートA(40分)では電卓の使用が認められ、周期表や標準的な還元ポテンシャル表、公式や定数の表が与えられる。パートB(50分)では電卓の使用は認められないが、パートAで使用した表やリストはそのまま使用することができる。学習内容項目の概要としては、物質と測定、化学用語、化学式、理想気体の振る舞い、熱力学：熱化学、原子構造と周期特性、化学結合と分子の形、分子間力と縮合、溶液とその特性、反応速度論、化学平衡、酸と塩基、熱力学：自発反応と電気化学、有機化学、核化学が挙げられていた。

「拡充」は、通常クラスより学習内容を拡大・充実させて学習するものであり、個別学習・プロジェクト、学習センター(教室内のコーナー)土曜・夏期等の特別プログラム、コンテスト(コンクール)などがある。

例えば、Johns Hopkins University Center for Talented Youth において、夏休みに小学5年生や6年生の児童を対象に15日間をかけて行うサマーコースとして、湾の生態学(63:2004年の参加児童数) 感覚の生物学

(62) 結晶とポリマー(108) 動的な地球(25) 証拠を調べる(234) 科学と工学(184)の6つの科学コースが提供されている。その「結晶とポリマー」のコースでは、結晶の特性や構造に始まり、DNAと生体分子までの広く深い内容が含まれている。それでも、参加児童からは、「実験は楽しいし、3週間でこんなに多くのことを学んだのは初めてだ」「私がこの3週間で結晶とポリマーについて学んだことは残りの人生全てを合わせた以上のことでした」といった達成感と充実感に満ちた感想が寄せられていた。

(3) 科学才能のモデル化

才能教育プログラムに「理科(科学)」が含まれることは多いため、科学分野の才能を示す子どもの科学行動特徴を挙げる研究者はいる。例えば、「数を用いた分析に興味を示す」「問題やその解決の主要な特徴をよく覚えている」等の9項目が紹介されているが、そうした項目の根拠やその信頼性・妥当性が科学教育の観点から十分に検討されているものは少なく、また主に西洋圏で開発されたものであるためか、日本の教育の文脈には当てはまりづらいような項目も少なくない。そこで、Sumida (2010)は、先行研究をレビューしながら、我が国の小学生を対象に、学校理科教育の場面で利用できる、60項目からなる独自の行動観察チェックリストを開発した。その一部を次に示す。

観察・実験の結果をわかりやすく伝える
理科で学んだ知識を素早く理解する
観察・実験の結果から規則性や傾向を見いだす
自然事象の原因と結果を結びつけて理解している
学んだことを自分の言葉で表現する
説得力のある理由づけを行う
生物や鉱物などを器用に採集する
身のまわりの生物や鉱物などの名前をよく知っている
人とは異なる自分の考えややりかたを気にせずに発表する
失敗を気にせず思い切った観察・実験をする

本研究では、より幅広い年層の子どもを対象に、学校外での行動も含めて、才能特徴が明らかになるような調査用紙を開発し、使用した。例えば、幼稚園年長児から小学2年生の10名を約50名から選抜するために使用した。そこでは、先述の理科才能行動チェックリストを参考に25項目の行動チェックリストに、学校外でのエピソードの回答を求めるといった調査用紙を開発、使用した。選考されたグループの評定値の合計平均値は82.5であった(選考されなかったグループの合計平均値:72.9)。プログラムに参加した個性と才能溢れる子どもたちについては、応募時のアンケートより、次のようなエピソードを共有することもできた。

「幼稚園時代には食品に興味があり、食品摂取したときの効能や賞味期限を平成表記してあればそれを西暦におきかえてみたりその逆を一人でぶつぶつ声に出して考えているような子どもでした。」

「日常生活、自然、生態などの多方面にわたり疑問に思うことが多く、自分で納得するまで本で調べているようです。私たち親に質問してくることも多いのですが、答えきれず、『どうしてだろうね』ですませてしまうことが多いのが現状です。」

一方で、配慮して欲しい点として、次のような点も寄せられた。

「笑われるとすごくプライドが傷つくみたいで、『わらわれたからもうやらない』と言ったりします。自信を持って続けることができるかどうか心配です。」

「年上の人と仲良くしたがる方で、慣れたら積極的に親しくなろうとします。仲良くなりたいたいという気持ちが強すぎて、講座中私語等目立つ場合は、きちんと注意して下されば必ず言うことを聞くはずで。」

領域固有な才能観に立って、科学の才能を伸長する教育を展開していく場合であっても、単純に特定分野の優秀な人材を選抜するというのではなく、個性の伸長や特別支援教育の一つとして才能教育を考え、教育支援を行う視点が重要であることがわかった。

(4) 科学才能教育プログラムの開発と実践

我が国においては、文部科学省第三期科学技術基本計画の「才能ある子どもの個性・能力の伸長」という重点国策に関わり、スーパーサイエンスハイスクール、未来の科学者養成講座、サイエンスキャンプといった施策への関心や、各種科学オリンピックへの参加が拡がりつつある。そのため我が国の個性や才能を伸長する科学教育は「高校生」を対象とすることが多いように思える。それに対して、例えば米国の場合、小学校低学年から才能認定・才能教育が行われているのが一般的であり、幼稚園段階から行われる場合もある。

以下では、本研究として、先駆的に、愛媛大学にて実施された幼年児向け科学才能教育プログラム(キッズ・アカデミア サイエンス)を紹介する。

a) 「キッズ・アカデミア サイエンス」プログラムの特徴

我が国の幼年児を対象とした科学カリキュラムでは、子どもたちの興味・関心が大切にされ、自発的な活動を通じた発見や試行錯誤が重要視されているのが特徴である。一方で、同年齢段階の子どもたち向けの諸外国の科学カリキュラムの到達点から考えると、我

が国では、幼年期の素朴な知的好奇心を科学的な探究や思考に十分橋渡してきていない可能性が高いことも指摘されている。キッズ・アカデミア サイエンス プログラムは、初期の科学教育として、体験が知識の詰め込みかといった二分論を超えて、幼い子どもの知的好奇心を科学的な探究や思考へと拡充、深化、伸長させる体験型学習プログラムとして開発された。

キッズ・アカデミア サイエンス プログラムは、特に次の4点に重点をおいて開発された。

子どもの「科学する心」を喚起する

「水」や「ヒトの体」のような、身近で科学の基盤をなしているテーマ、科学概念を選び、子どもが自ら課題を明確にし、解決していくことを目指したプロジェクト型の活動とした。

子どもの「科学する心」を深化させる

電子ばかりやピーカー等の測定機器や器具を積極的に使用し、数値化しながら分析的に思考する活動を含めた。より上位学年で扱う関連理科学習内容も考慮した。

子どもの「科学する心」を拡充させる

国語や算数、家庭科、図画工作など他教科との統合的な活動を含めると共に、個別活動と協同的な活動とをバランス良く含めるよう配慮した。

子どもの「科学する心」を持続させる

実験ノートや資料ファイルを使って自分の学習活動を記録すると共に、活動の内容に関する図書や家庭で行うことが可能な活動を紹介し、学びの継続、累積を促した。

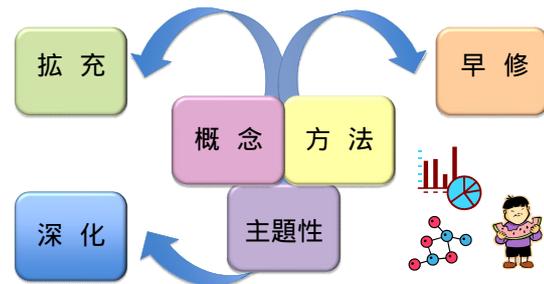


図1 キッズ・アカデミア サイエンス プログラム開発モデル

キッズ・アカデミア講座は、2010年度より、愛媛大学教育学部にて、半期で計7回(1講座約2時間)行われている。「水」「ヒトの体」等のテーマについて各3回の講座が行われ、2つのテーマ修了後には子どもたちによる自由研究発表会が行われる。

一例として、「第6回講座『ヒトの体』Part 3 からだはいつもうごいている」の内容について、簡単に紹介する。子どもたちは、心臓が生命活動を維持するために不可欠なものであるというコアとなる科学理解を、体験活動を通じて、深化、拡充させた。血液の循環や心臓については、小学6年の理科学習でより詳しく学ぶことにつながる。学習内容

に関連する子ども向けの図書も紹介された。「心臓」「心拍」「大動脈」といった新しい科学のコトバを有意味に学ぶと共に、自分の1日の心拍の変化の測定や家族の心拍との比較、血液の循環や臓器について調べて絵等で表現するような家庭での活動も提示された。

(5) 科学才能教育プログラムを通した子どもの成長

「キッズ・アカデミア サイエンス」プログラム終了後、その開催頻度や講座数、時間、講座内容の難易度、関心度、満足度、そして参加した子どもの成長について、保護者を対象として調査を行った。

開催頻度(月に2回程度)や講座数(1テーマについて3講座、半期に2テーマ・6講座と自由研究発表会)、時間(1講座約2時間)については、多いという意見は見られず、全ての回答者から、「ちょうどよい」もしくは「少ない(さらに多くてよい)」という意見が得られた。講座内容の難易度、関心度、満足度についても、ほぼ全ての回答者が、参加者は内容に大変関心が高く、大変満足していたと回答し、難易度も適切(「1:かなり易しい」から「5:かなり難しい」までの評定値で3を選択)と回答した。

子どもが特に興味を示した講座を尋ねた項目については、講座1から6の全てに反応があり、最終回(講座7)の発表会を挙げた回答者もいた。最初の半期は、「水」と「ヒトの体」をテーマとするプログラムを受講することにしたが、いずれのテーマも幼児にとって、身近で興味のあるものであった。

キッズ・アカデミアプログラムを通した子どもの成長評価については、以下の15項目を独自に開発し、「1:そう思う」から「5:そう思う」で評定するよう求めた。

表1 プログラムを通した成長に関する評定

プログラムを通した成長に関する項目	評定値
(1) 自然の事物や現象や科学を楽しむ力	4.8
(2) 自然の事物や現象を観察する力	4.6
(3) 一つの課題に集中して取り組む力	4.0
(4) 一つの課題に持続的に粘り強く取り組む力	3.6
(5) 不思議に思ったことやわからないことを調べる力	4.6
(6) 自分で計画して問題を解決する力	3.6
(7) ものごとを論理的に整理して考える力	4.1
(8) 数値を計算したりグラフを作成する力	3.9
(9) ものごとを多面的に考えたり、柔軟に考える力	3.8
(10) 実験器具や測定機器を操作する力	4.1
(11) 自分の考えや調べたことを伝える力	4.1
(12) 自然の事物や現象を科学的に理解する力	4.1
(13) 友達と協力しながら問題を解決する力	4.0
(14) 自分から新しいことに積極的に挑戦する力	3.9
(15) 新しい考えを創り出したり、他の考えを認める力	4.1

表1より、(1)から(15)の全ての項目について、成長が見られた。特に、(1)自然の事物や現象や科学を楽しむ力、(2)自然の事物や現象を観察する力、(5)不思議に思ったことやわからないことを調べる力の項目に関

する成長評定が高く、平均評定値が4.5を超えていた。また、(3)一つの課題に集中して取り組む力、(7)ものごとを論理的に整理して考える力、(10)実験器具や測定機器を操作する力、(11)自分の考えや調べたことを伝える力、(12)自然の事物や現象を科学的に理解する力、(13)友達と協力しながら問題を解決する力、(15)新しい考えを創り出したり、他の考えを認める力についても、成長に関する評定値の平均が4.0を超え、高い値となった。保護者からは、本プログラムに参加して良かった点や、家庭での取り組みの様子に関して、以下のような回答が得られた。

「一緒に研究発表の準備をしている時、娘の現象を観察する力や結果を分類し、まとめる力が身についていたことには本当に驚きました。現象をちゃんと客観的にとらえて言葉にすることができるようになったことはすごい成長だと感じました。」

(幼稚園年長女子参加者の保護者より)

「毎日湿度計の%をチェックして『今日も乾燥している』とか『湿度が高くなったから雨が降るかも』などと話しています。お風呂で鏡がくもればどうすればくもりがとれるかを考えています。食事やおやつの時も『何カロリーある?』とか赤が多いとか気にしています。」

(小学1年男子参加者の保護者より)

才能ある子どもたちの特性やそのニーズに応じるカリキュラムや教材の開発、教授法や評価の実践は、全ての教科や学校種、教育に関わるものであり、保護者や地域社会の教育活動にも生かすことができる可能性を秘めている。こうした内容は、新しい時代の教育学部の授業科目として開講され、教員免許の要件に含まれるべきでものであろう。

本研究で開発、実践した、愛媛大学キッズ・アカデミアプログラムに関して、平成24年度野依科学奨励賞を受賞した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

Sumida, M. Emergin trends in Japan in education of the gifted: A focus on science education, Journal for the Education of the Gifted, 査読有, 36 (3), 2013, 277-289.

DOI: 10.1177/0162353213493534

Fastino, J., Hiwatig, A., & Sumida, M. Kids Academia Science Program: Enriching exceptional needs and characteristics of gifted young children in Japan, Bulletin of The Faculty of Education Ehime University, 査読なし,

58, 2011, 125-135.

隅田学、科学オリンピックと科学教育国力、理科の教育、査読なし、60、2011、11-13.

隅田学、個性・才能を伸ばす科学教育カリキュラム、教育と医学、査読なし、59、2011、88-95.

Faustino, J., Sumida, M., Fajardo, A., & Pawilen, G., Parallel curriculum for the development of problem-solving skills of gifted children in grade III science, 愛媛大学教育実践総合センター紀要, 査読なし, 28, 2010, 51-65.

[学会発表](計11件)

隅田学、ヒワティグ・エイプリル、インターバルカメラを用いた発芽の継続観察、日本科学教育学会研究会、2014年5月10日、香川大学

小林一貴、隅田学、大橋淳史、向平和、特別な理科授業における生徒の学習効果に関する研究 - 愛媛大学科学イノベーション挑戦講座に関する分析 -、日本理科教育学会四国支部大会、2013年12月7日、鳴門教育大学

隅田学、自然科学分野における才能教育の動向と可能性、日本科学教育学会第37回年会、2013年9月7日、三重大学

Faustino, J., Hiwatig, A., & Sumida, M., Designing a differentiated science curriculum for gifted children, 日本理科教育学会四国支部大会、2011年12月10日、愛媛大学.

隅田学、Ehime University Kids Academia Programme-Science-: 科学的才能を秘めた子どもたちが人生の早期から世界基準で科学に出会う、日本科学教育学会第35回年会、2011年8月25日、東京工業大学

隅田学、科学才能教育 - 児童生徒の多様なニーズに応じる科学教育の新展開 -、日本科学教育学会第35回年会、2011年8月25日、東京工業大学

隅田学、幼年期の豊かな科学的探究をはぐくむ実践モデルの開発 (1)-空気や水を科学的に身体化する活動の導入-、日本理科教育学会第60回全国大会、2010年8月8日、山梨大学

Faustino, J., & Sumida, M., Kids Academia: Gifted STEM programme for the early childhood years, PECERA 12th Annual Meeting, 2011年8月1日、神戸国際会議場

Faustino, J., & Sumida, M., Parallel curriculum for the development of problem-solving skills of gifted children in grade III science, 11th Asia Pacific Conference on Giftedness, 2010年7月30日、Sydney.

Faustino, J., Sumida, M., & Muko, H., Evaluation of regular primary science

curriculum to develop differentiated science curriculum for gifted children in the regular classroom, 日本理科教育学会四国支部大会、2010年12月11日、高知大学

隅田学、探究心を育む保育実践の在り方を考える-プロジェクト「POEMS (Promoting Excellence in Mathematics and Science)」の開発と実践紹介-、日本乳幼児教育学会第20回大会、2010年10月24日、関西学院大学

[図書](計2件)

Sumida, M., & Ohashi, A., Wiley-VCH, Garcia-Martinez, J., & Serrano-Torregro (Eds.) Chemistry Education : Best Practices, Innovative Strategies and New Technologies, in press.

Sumida, M., Springer, Gunstone, R. (Ed.) Encyclopedia of Science Education, in press.

[産業財産権]

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等
<http://www.gifted-science.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

隅田学 (SUMIDA, Manabu)
愛媛大学・教育学部・准教授
研究者番号：50315347

(2) 研究分担者

()

研究者番号：