

令和 6 年 5 月 25 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01622

研究課題名(和文)フラクタル構造を有する超伝導/強磁性複合体の合成とその磁気構造の解明

研究課題名(英文)Magnetic structure of superconductor/ferromagnet composites with fractal structure

研究代表者

内野 隆司 (Takashi, Uchino)

神戸大学・理学研究科・教授

研究者番号：50273511

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、フラクタル構造を有するMg/MgO/MgB₂超伝導ナノ複合体の超伝導特性の機構解明と特性向上を目指して一連の研究を行った。その結果、放電プラズマ焼結時における焼結温度1100前後、昇温速度400 K/min以上、焼結圧力57 MPa以上の焼結条件で作製した試料が超伝導転移温度、臨界電流密度、磁束のピンニング力などのあらゆる点において最も優れた超伝導特性を示すことがわかった。高分解能STEM観察から、最適条件で焼結したMg / MgO / MgB₂ナノ複合体が原子レベルでクリーンなMgO / MgB₂界面を有していることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

原子レベルでクリーンな界面を有するS/N/S接合は、長距離に及ぶ近接効果や、量子磁束の形成という観点から、超伝導が寄与する新たな量子効果の発現の場として興味深い実験系を提供する。しかし、これまでの報告はT_cが数K以下の金属を用いた薄膜に限られていた。本研究で用いた試料は、バルク状のMg / MgO / MgB₂フラクタルナノ複合体であるため、バルク超伝導体の基礎的物性の測定が可能となる。本研究結果は、超伝導近接効果に関する新しい学術的知見を与えるだけでなく、次世代の超伝導デバイス創成に向けた基盤的知識を与えるものである。

研究成果の概要(英文)：We investigated vortex matter in a proximity-coupled Mg/MgO/MgB₂ nanocomposite with ~30 vol. % of MgB₂ using magneto-optical imaging, scanning superconducting quantum interface device microscopy, and pinning force analysis. This nanocomposite was prepared by spark plasma sintering (SPS) of the MgO/MgO/MgB₂ mixture powders obtained from a solid phase reaction between Mg and B₂O₃. The resulting nanocomposite is characterized by scale-free distributions of MgB₂ components and the atomically clean MgO/MgB₂ interfaces. It is also found that high SPS temperature is the key to improve the proximity-induced superconducting properties of the Mg/MgO/MgB₂ nanocomposite. This proximity-coupled system acts as a fully phase coherent superconductor with isotropic pinning and strong superfluid phase stiffness irrespective of the low volume fraction of MgB₂.

研究分野：無機材料科学

キーワード：超伝導近接効果 放電プラズマ焼結 フラクタル ジョセフソン接合

1. 研究開始当初の背景

クーパー対(反平行スピン対)に由来する超伝導と、平行スピン電子に由来する強磁性は相反するスピン状態を有している。したがって、一般に、超伝導と強磁性は共存できない。しかし、理論計算によると、超伝導相と強磁性相が絶縁相で適度に隔離された場合、両者間の電磁場効果により自発渦糸(spontaneous vortex)とよばれる量子化された磁束が超伝導相中に出現することが予測されている。しかし、これまで、強磁性成分に由来する自発渦糸を直接磁化測定により観察した例はない。近年、我々は、常伝導体内に超伝導微結晶をフラクタル的に分散させることで、超伝導体の体積分率は16%程度であっても、超伝導微粒子間の階層的なジョセフソンカップリングにより、完全反磁性を示す超伝導複合体が得られることを報告した。そこで、本研究では、この超伝導ナノ複合体に強磁性結晶を希薄に分散させ、強磁性体と超伝導体が空間的に近接することなく共存させた超伝導/強磁性ナノ複合体の合成手法を開発する。さらに、同試料を用いて、これまで報告のない自発渦糸の直接観察を試みる。本研究成果は、まだ未知の点が多い超伝導/強磁性間の相互作用に関する新たな実験結果を提供するだけでなく、バンド理論を越えた新しい物性発現機構の解明にも有益な指針を与えると期待される。

2. 研究の目的

本研究では、このナノ複合体に強磁性微結晶を希薄に分散させ、超伝導と強磁性の相関が系内でどのように発現するかを観察する。前述のように、超伝導体と強磁性体が共存するためには、強磁性が作る磁束が超伝導体内で自発的に量子化される、いわゆる自発渦糸(spontaneous vortex)の形成が必須であることがわかっている。しかし、これまで自発渦糸の実験的観測に成功した例はまだない。そこで、本研究では、先に述べたMg/MgO/MgB₂ナノ超伝導複合体を用いて、自発渦糸に代表される超伝導/強磁性間の電磁気的な相互作用を観察する。今回我々が見出したMg/MgO/MgB₂ナノ超伝導複合体の特徴は、80%以上が常伝導相であるにもかかわらず、ジョセフソン接合によりバルク的な超伝導特性を示す点にある。したがって、この複合体の常伝導相に強磁性結晶を希薄に分散させることが可能となれば、超伝導体MgB₂と強磁性体を物理的に接触させることなく共存させることができ、その結果、強磁性微粒子との電磁場相互作用による、自発渦糸の実現とその観測が十分期待できる。過去にも、超伝導体中に強磁性成分を微量に混在させた超伝導/強磁性複合材料に関する研究は行われている³。しかし、これらの系では、ごく微量の強磁性成分の添加によっても超伝導が失われ常伝導転移する。そのため、これら複合系では自発渦糸を観測するには至っていない。

具体的な研究目的は以下の通りである。

【目的1】これまで我々が独自に開発した固相酸化還元法を用いて、超伝導体ナノ微粒子と強磁性ナノ微粒子が、常伝導マトリックス中にフラクタル的に分布した超伝導/強磁性ナノ複合材料の合成手法を確立する。その結果をもとに、生成物の組成・フラクタ

ル次元の制御法を確立する。

本研究では、まず初年度に【目的1】で述べた、超伝導/強磁性ナノ複合材料の合成手法を確立する。試料合成は、これまで我々の研究グループが独自に開発した、Mg と B₂O₃ 間の固相酸化還元反応^{2,4}をもとに行う。MgB₂分布のフラクタル次元は、反応出発原料の Mg:B₂O₃ 比や反応温度、反応時間によって変化しうる。そこで、まず、Mg-B₂O₃ 間の反応条件の探索により、反応生成物中の MgB₂のフラクタル次元の制御手法を確立する。強磁性体については、固相反応の過程で Mg/MgO マトリックス中に析出、生成するように反応過程を設計する。その方法の一つとして、MnCO₃の加熱脱水、還元反応を活用する。2. で述べるように、Mg-B₂O₃-MnCO₃ の混合粉末をアルゴンガス下で加熱すると、酸化還元/ホウ化反応が連鎖的に起こり強磁性体として知られる α' -MnB のナノ結晶が Mg/MgO マトリックス中に生成することを確認している。さらに、最近の予備実験により、試料の超伝導特性は、バルク体を得るために行っているパルス通電焼結の際の昇温速度に大きく依存することがわかった(図2(b)参照:昇温速度が速い sample 2の方が sample 1 よりも超伝導転移温度幅が狭くなる)。この結果は、系の超伝導特性が焼結体の元素分布や粒界構造に強く依存することを示唆している。これまで、パルス通電焼結は(株)高純度化学研究所の受託焼結制度を活用して行ってきたが、納期に1か月余りかかるだけでなく、1検体あたり3万円ほどと高価であるためこれが研究遂行のボトルネックとなっていた。そこで、本研究予算でパルス通電焼結装置を購入し、実験を迅速かつ円滑に行うことで早期の目標達成を目指す。

【目的2】自発渦系の形成過程を、組成、構造、およびフラクタル次元の異なる試料の電気伝導度、磁気抵抗、磁化、比熱、熱伝導度測定により解析する。また、本試料内の微視的な磁場分布を、 μ SR の緩和時間測定および Ginzburg-Landau 理論による理論計算により評価する。これら実験・理論計算の結果より、フラクタル構造に由来する新しい電子、磁気物性の発現機構を解明する。

3. 研究の方法

磁化測定は神戸大学所有のカンタムデザイン社磁気特性測定システム(MPMS-XL)を用いて行う。この自発渦系の形成過程を観察するために、まず残留磁化を有する試料をゼロ磁場のもと、超伝導転移温度以下まで冷却する。超伝導試料中に自発渦系が形成されると、常伝導状態で観察された残留磁化を上回る高い磁化が観察されると予想される。2. で述べるように、2 K での磁化測定から自発磁化の存在を示唆する予備的な実験結果を得ている。

さらに、試料中の磁場分布に関する微視的知見を得るため、ミュオンスピン緩和(μ SR)実験を大強度陽子加速器施設(J-PARC)内の物質・生命科学実験施設(MLF)にて行う。申請者は、2017年度から継続して μ SR実験のビームタイムを確保しており、実験方法、データの解析手法についても多くの経験と知識を有している。本研究期間中も継続して同実験を遂行する。

4 . 研究成果

本研究では、超伝導特性の向上および自発ジョセフソン渦糸の観測を目的として、フラクタル構造を有するジョセフソン接合系複合材料を基盤に様々な条件で試料を作製し、その物性を調べた。

Mg/MgO/MgB₂ 試料では、作製条件の探索を行った結果 1200°C で SPS 焼結した試料が、従来の微粒子系超伝導体の H_{C1J} , H_{C2J} , J_{CJ} を遥かに上回る超伝導近接効果に由来する超伝導特性を有することがわかった。MO イメージング観察では、粒界に沿って磁束が侵入する通常が多結晶体とは異なり、試料端から均一に磁束が侵入するピンニング力の強い単結晶的な振る舞いが見られた。そのフラクタル構造により、ジョセフソン接合ネットワークループが階層的に形成されることで、系全体で完全反磁性を示すバルク的な超伝導の発現が可能となったと考えられる。

Mn 添加試料では、フラクタル構造を有するジョセフソン接合系複合体を活用することで、超伝導体と強磁性体が空間的に分離し、かつ共存する S/N/F 複合体を作製した。本複合体は、自発渦糸相の形成条件を満たすことが確認できた。磁化測定により、残留磁化による磁気モーメントの自発的な増大を観測した。また外部磁場に依存しない自発磁化の存在が確認された。ZF- μ SR 測定から、試料内部の磁場分布の質的・量的な変化が自発的に起こることがわかった。一連の実験において、系全体の超伝導化に伴い、ジョセフソン渦糸が自発的に形成されることと矛盾しない実験事実が得られた。ただし、実際にジョセフソン渦糸の自発的な形成を直接観測するためには、磁氣的イメージング等さらに高度な実験が求められる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3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 Teramachi Nanami, Nakaaki Iku, Hashimoto Aoi, Ooi Shuuichi, Tachiki Minoru, Arisawa Shunichi, Seto Yusuke, Sakurai Takahiro, Ohta Hitoshi, Valenta Jaroslav, Tsujii Naohito, Mori Takao, Uchino Takashi	4. 巻 108
2. 論文標題 Strong phase coherence and vortex matter in a fractal system with proximity-induced superconductivity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.108.155146	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 Tashiro Aika, Nakamura Toshihiro, Adachi Yutaka, Wada Yoshiki, Uchino Takashi	4. 巻 109
2. 論文標題 Fermi-edge singularity and related emission from degenerate semiconductors: Transition from a spontaneous to a stimulated process	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.109.075302	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 Tashiro Aika, Adachi Yutaka, Uchino Takashi	4. 巻 133
2. 論文標題 Excitonic processes and lasing in ZnO thin films and micro/nanostructures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0142719	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 -

〔学会発表〕 計38件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 瀬戸 雄介, 内野隆司
2. 発表標題 フラクタル構造を有するMg/MgO/MgB2/Mg2Siナノ複合体の合成とその超伝導特性
3. 学会等名 2023年 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中明 育, 櫻井 敬博, 太田 仁, 瀬戸 雄介, 大井 修一, 立木 実, 有沢 俊一, 内野 隆司
2. 発表標題 フラクタル構造を有する超伝導ナノ複合体の巨視的位相コヒーレンス形成と磁束構造
3. 学会等名 2023年 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 瀬戸 雄介, 内野隆司
2. 発表標題 フラクタル構造を有するMg/MgO/MgB ₂ /Mg ₂ Siナノ複合体の合成とその超伝導特性
3. 学会等名 2023年 日本セラミックス協会 年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中明 育, 櫻井 敬博, 太田 仁, 瀬戸 雄介, 大井 修一, 立木 実, 有沢 俊一, 内野 隆司
2. 発表標題 SPS焼結により作製したMg/MgO/MgB ₂ ナノ複合体の超伝導近接効果
3. 学会等名 2023年 日本セラミックス協会 年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内野隆司
2. 発表標題 フラクタル構造を有する超伝導複合化合物の位相コヒーレンス形成
3. 学会等名 日本板硝子材料工学助成会 第40回研究成果発表会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 瀬戸 雄介, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導体-半導体ナノ複合体の合成と超伝導特性
3. 学会等名 第61回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中明 育, 櫻井 敬博, 太田 仁, 瀬戸 雄介, 大井 修一, 立木 実, 有沢 俊一, 内野 隆司
2. 発表標題 SPS焼結により作製したMg/MgO/MgB ₂ ナノ複合体の超伝導近接効果
3. 学会等名 第61回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本碧維, 瀬戸雄介, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 Mg/MgO/MgB ₂ ナノ複合体の超伝導特性に及ぼすSiの添加効果
3. 学会等名 2022年 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中明 育, 櫻井 敬博, 太田 仁, 瀬戸 雄介, 大井 修一, 立木 実, 有沢 俊一, 内野 隆司
2. 発表標題 超伝導ナノ複化合物の超伝導特性に及ぼす構造および組成の効果
3. 学会等名 2022年 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内野隆司
2. 発表標題 フラクタル分布を有する超伝導ナノ複合体の超伝導特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本碧維, 瀬戸雄介, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 Mg/MgO/MgB ₂ ナノ複合体の超伝導特性に及ぼすSiの添加効果
3. 学会等名 2022年 日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中明 育, 櫻井 敬博, 太田 仁, 瀬戸 雄介, 大井 修一, 立木 実, 有沢 俊一, 内野 隆司
2. 発表標題 Mg/MgO/MgB ₂ 複合化合物の超伝導特性に及ぼす構造および組成の効果
3. 学会等名 2022年 日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takashi Uchino
2. 発表標題 Global phase coherence in superconducting nanocomposites with fractal distributions
3. 学会等名 International Conference on Materials Science, Engineering & Technology（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本碧維, 瀬戸雄介, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 Mg/MgO/MgB ₂ ナノ複合体の超伝導特性に及ぼすSiの添加効果
3. 学会等名 2022年 第16回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中明育, 櫻井 敬博, 太田 仁, 瀬戸 雄介, 内野隆司
2. 発表標題 Mg/MgO/MgB ₂ 複合化合物の超伝導特性に及ぼす構造および組成の効果
3. 学会等名 2022年 第16回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takashi Uchino
2. 発表標題 Enhanced proximity effect in superconducting nanograins with fractal distributions
3. 学会等名 International Meet on Condensed Matter Physics 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺町七海, 瀬戸雄介, 櫻井敬博, 太田仁, 大石一城, 坂口佳史, 幸田 章宏, 大井修一, 立木実, 有沢俊一, 内野 隆司
2. 発表標題 強磁性体含有ジョセフソン接合系複合体の合成と超伝導特性
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代愛佳, 安達裕, 内野隆司
2. 発表標題 縮退Zn0:Ga薄膜中のフェルミエッジ異常と励起子生成
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導体/半導体ナノ複合材料の合成と超伝導特性
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺町七海, 櫻井敬博, 太田仁, 瀬戸雄介, 大井修一, 立木実, 有沢俊一, 内野隆司
2. 発表標題 ジョセフソン接合系複合体の超伝導特性に及ぼす放電プラズマ焼結の効果
3. 学会等名 2022年 日本セラミックス協会 年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代愛佳, 安達裕, 内野隆司
2. 発表標題 縮退Zn0:Ga薄膜におけるフェルミエッジ異常の観察
3. 学会等名 2022年 日本セラミックス協会 年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導体/半導体ナノ複合材料の合成とSPS焼結反応
3. 学会等名 2022年 日本セラミックス協会 年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺町七海, 櫻井敬博, 太田仁, 瀬戸雄介, 大石一城, 坂口佳史, 幸田章宏, 内野隆司
2. 発表標題 ジョセフソン接合系複合体の合成と超伝導特性
3. 学会等名 第60回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代愛佳, 安達裕, 内野隆司
2. 発表標題 GaドーピングZnO薄膜の励起子生成と誘導放出
3. 学会等名 第60回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導/半導体ナノ複合材料の合成とその電気・磁気特性
3. 学会等名 第60回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内野隆司
2. 発表標題 フラクタル構造を有するジョセフソン接合系複合化合物の超伝導特性
3. 学会等名 日本中間子科学会主催研究会 「ミュオンで見る磁性・超伝導物質研究の最前線」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺町七海, 瀬戸雄介, 櫻井敬博, 太田仁, 大石一城, 坂口佳史, 幸田章宏, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導-強磁性複合体中での自発渦糸相の形成機構
3. 学会等名 応用物理学会第82回応用物理学会秋季学術講演会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代愛佳, 安達裕, 内野隆司
2. 発表標題 ZnO:Ga薄膜の誘導放出機構
3. 学会等名 応用物理学会第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 金属・半導体添加による超伝導/ナノ複合化合物の超伝導特性の向上
3. 学会等名 応用物理学会第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺町七海, 櫻井敬博, 太田仁, 瀬戸雄介, 大石一城, 坂口佳史, 幸田章宏, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導と強磁性が共存するジョセフソン接合系複合体の合成と電気・磁気特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代愛佳, 安達裕, 内野隆司
2. 発表標題 Ga添加ZnO薄膜のランダムレーザー発振と光増幅機構
3. 学会等名 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導/金属/半導体ナノ複合材料の合成と超伝導特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Uchino
2. 発表標題 Proximity effect and vortex matter in superconducting nanograins with fractal distributions
3. 学会等名 Asia Pacific Society for Materials Research (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺町七海, 瀬戸雄介, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導ナノ複合化 合物の合成と電気・磁気特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会関西支部第15回関西支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代愛佳, 安達裕, 内野隆司
2. 発表標題 GaドーブZnO薄膜の誘導放出機構
3. 学会等名 日本セラミックス協会関西支部第15回関西支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本碧維, 櫻井敬博, 太田仁, 内野隆司
2. 発表標題 超伝導ナノ複合体の電気, 磁気特性に及ぼす, 金属, 半導体の添加効果
3. 学会等名 日本セラミックス協会関西支部第15回関西支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 anami Teramachi, Akihiro Koda, Kazuki Ohishi, Yoshifumi Sakaguchi, Yusuke Seto, Takahiro Sakurai, Hitoshi Ohta, and Takashi Uchino
2. 発表標題 Observation of spontaneous vortices in superconductor/ferromagnet nanocomposites
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nanami Teramachi, Akihiro Koda, Kazuki Ohishi, Yoshifumi Sakaguchi, Yusuke Seto, Takahiro Sakurai, Hitoshi Ohta, and Takashi Uchino
2. 発表標題 Probing the effect of disorder and magnetism on proximity effects in superconducting nanocomposites using muon spin rotation and relaxation
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021
4. 発表年 2021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

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