

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H05822

研究課題名（和文）量子液晶の物性科学

研究課題名（英文）Physical Properties of Quantum Liquid Crystals

研究代表者

芝内 孝禎（Shibauchi, Takasada）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：00251356

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 178,100,000円

研究成果の概要（和文）：本新学術領域研究では、強相関金属・スピン系・超伝導体で現れる液晶に類似した電子状態を「量子液晶」として統一的に取り扱い、その学理構築を目的とした。対象物質の異なる研究者間の有機的連携により、様々な新奇量子液晶の発見や、多様性を分類するための理論的指針の構築、量子液晶揺らぎによる非従来型超伝導の検証など、量子液晶の多様性・普遍性に関する大きな進展があった。総括班では、領域研究会や国際会議等の開催や、共通設備管理運営および若手研究者支援を通して、研究者の交流や共同研究を促進するとともに、動画配信を含む広報活動や国際スーパーネットワークへの参画を含む国際活動により、多角的な領域運営を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

液晶状態は、液体の持つ流動性と固体の持つ異方性を合わせ持つ状態である。固体中の電子では、量子力学的なスピン自由度や軌道自由度により方向性が出現し、電子集団全体として非自明な異方性を獲得する場合がある。このような電子状態を「量子液晶」という新しい概念により統一的に捉える研究を推進した。特に、本新学術領域研究により異分野の研究者の連携を促進することで、今までにない新しい量子液晶状態の発見につながり、様々な量子液晶の普遍的な理解が格段に進歩した。物性物理学で重要な分野である量子液体に異方性を導入した量子液晶の研究は、今後ますます発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this project, we aimed to unify the study of electronic states resembling liquid crystals, which appear in correlated metals, spin systems, and superconductors, under the concept of Quantum Liquid Crystals (QLCs). Through collaboration among researchers studying different target materials, we achieved significant advancements in understanding the diversity and universality of QLCs. These advancements include the discovery of various novel QLCs, the development of theoretical guidelines to classify their diversity, and the verification of unconventional superconductivity caused by QLC fluctuations. We promoted researcher interaction and joint research by organizing annual meetings and international conferences, managing shared facilities, and supporting young researchers. Additionally, we engaged in public relations activities including video distribution and international activities including participation in the international supernetwork called Quantum Materials Accelnet.

研究分野：固体電子物性

キーワード：対称性の破れ ネマティック 回転対称性 電子液晶 スピン液晶 量子多体効果 ソフトマター 量子液体

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

# 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

棒状や円盤状の構造を持つ分子の集団において、固体と液体の中間状態として、液晶状態が現れることが古くから知られている。この液晶状態は、液体の持つ流動性と固体の持つ異方性を合わせ持つ状態であり、分子の方向が何らかの規則的な秩序構造を持ちながら、容易に形を変えることができる柔軟性を有しているという特徴がある。ここで、液晶に異方性が現れる一因は、分子の構造が棒状や円盤状といった方向性を持っていることにある。その点で、異方性は構成分子自体に自明に内在している。

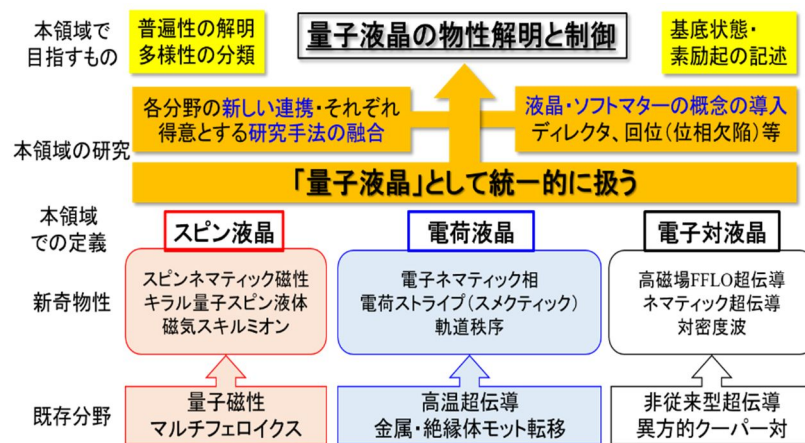
これに対して、固体中の電子に着目すると、古典的には電子自体は方向性を持たないが、量子力学的なスピン自由度や軌道自由度により方向性が出現し、電子集団全体として非自明な異方性を獲得する場合がある。すなわち、量子力学的な粒子が多数集まり、相互作用を及ぼし合うと、新しい状態が創発するのである。特に近年、様々な固体物質の電子状態において、反強磁性や電荷密度波などのよく理解されている秩序ではなく、実体が未解明の秩序が報告されている。これらの新しい秩序は、電子の液体状態と固体状態の中間的な性質を示すことから、古典的な液晶との強いアナロジーがある。

例えば、ある種の強相関金属では、電荷ストライプや電子ネマティックとよばれる異方的な電子状態が観測され、結晶構造からは期待されない異方的な金属状態が現れる。磁性絶縁体では、絶対零度まで磁気秩序が現れない量子スピン液体の研究が盛んであるが、そのような状態でも結晶格子の回転対称性を破るスピン状態が示唆されている。また、電子対が形成される超伝導状態においても、非自明な異方性を持つネマティック超伝導や対密度波などの新奇な超伝導状態が盛んに議論されている。

## 2. 研究の目的

このように様々な物質群で出現している液晶に類似した電子状態については、これまでは各論的に、強相関金属・スピン系・超伝導のそれぞれの分野で独立に研究されていた。本新学術領域研究では、これらを「電荷液晶」、「スピン液晶」、「電子対液晶」と整理し、いずれも量子多体効果によって現れる点に着目し、「量子液晶 (Quantum Liquid Crystals, QLC)」という新概念によって統一的に取り扱う(下図参照)。既存の分野を超えた新しい連携により、量子液晶の物性を解明すること、またその制御を可能にすることを目的としている。特に、量子液晶の基底状態を解明するとともに、様々な量子液晶に現れる普遍性と多様性の基礎学理を探究する。また、先端技術を駆使して量子液晶の素励起の解明と制御を可能にし、柔軟に変化する液晶の特性と量子性による高速かつ

巨大な応答を利用した将来の新技术への基礎を築くことを目指している。本領域では、研究の方法論により A01「量子液晶物質の開発」、B01「量子液晶の精密計測」、C01「量子液晶の理論構築」、D01「量子液晶の制御と機能」の4つの研究項目に分類・組織化し、異なる物質を主な対象としてきた研究者を各項目に配置することで、新しい融合研究を促進する。



本総括班の活動目的は、相互関係の薄かった研究者間の有機的結合を促進し、領域内の連携を深めることである。それぞれが得意とする研究手法の融合を図ることによって、液晶の概念を量子効果の顕著な多電子系において発展させ、量子液晶の物理学を構築することを目指す。この目的を実現するために、領域内外に開かれた共通設備を整備するとともに、若手研究者の交換プログラム等を活用し、共同研究を企画する。若手育成および国際化には特に注力し、国際研究ネットワークを構築して「量子液晶」の概念を物質科学の学術領域として確立する。

### 3. 研究の方法

本総括班は、各研究項目の研究代表者を含む A01 班 3 名、B01 班 3 名、C01 班 5 名、D01 班 4 名の計 15 名で組織され、各研究項目と密に連絡をとり、研究項目内、研究項目間の連携強化に資する様々な企画を立てる。総括班全員が担当する共同研究企画の他、「研究活動支援」、「共通設備管理運営」、「若手育成支援」、「広報活動」、「国際活動支援」の 5 部会を設け、外部評価委員の助言を得ながら領域の運営を行う。

- (1) 「研究活動支援」では、キックオフミーティング、成果報告のための領域研究会、テーマを絞った研究会やフォーラム、セミナーおよびコロキウムなどを企画・実行する。
- (2) 「共通設備管理運営」では、総括班で整備する共用装置を保守・管理するとともに、共同利用の促進・運営を行う。
- (3) 「若手育成支援」により、大学院生、ポスドク研究員などの若手研究員の交流を促進するとともに、国際共同研究のための若手研究者派遣や、国際スクールへの参加支援などを行う。また、若手研究奨励賞を設置して、毎年行われる領域研究会で選出・表彰し、若手研究者キャリアアップの支援を行う。
- (4) 「広報活動」により領域ホームページを整備し、領域内の情報共有、社会への情報発信に役立てる。特に、ニュースレターを年 2 回発行するとともに、量子液晶の科学についての解説ビデオを発信する「QLC channel」を開設し、運営する。
- (5) 「国際活動支援」の活動内容は、おもに国際会議開催、および「若手育成支援」と協力して若手研究者海外派遣を行うことである。また、領域メンバーが組織委員を務める国際会議の後援やシンポジウム提案を行う。以上の取り組みにより、国際研究ネットワークを構築し、本領域の世界的なプレゼンスとビジビリティを高める。

### 4. 研究成果

研究項目間の連携により、量子液晶の多様性・普遍性に関する大きな進展があった。特に、様々な系において、新奇な量子液晶状態が見いだされ、今までにない量子液晶の多様性が示された。例えば、鉄系超伝導体では今まで最近接の鉄元素を結ぶ方向の量子液晶が知られていたが、それとは 45°異なる方向を示す量子液晶状態を発見した。これは、化学組成などを調整することにより、任意の方向に量子液晶の向きを制御できる可能性を示唆する結果である。また別の例では、原子間にループ電流が流れる奇パリティの量子液晶状態が発見された。さらに、多様な量子液晶の分類を理論的に整理するための指針として、量子液晶構造因子・形状因子という物理量が提案され、これにより種々の量子液晶が実現する普遍的機構の理解が進んだ。また、量子液晶の揺らぎを発現機構とする非従来型の超伝導が実現することが実験的に検証された。このような科学的進展を下支えする総括班の活動内容及び成果を活動部会ごとに以下に述べる。

- (1) 「研究活動支援」において、本領域の連携を深めるための大きな活動が、領域全体に係る研究会の開催である。まず、本領域がスタートした直後の 2019 年 8 月 19 日に東京大学浅野キャンパスにてキックオフミーティングを開催し、90 名の参加者による活気ある議論が行われた。初年度の領域研究会は 2020 年 3 月に予定していたが、新型コロナウイルス感染症拡大に伴い中止を余儀なくされたため、2019 年度成果報告書をまとめ、ニュースレター vol. 2 として発行、公開した。2020 年度の領域研究会については、2020 年 12 月 21 日から 25 日に渡ってオンライン開催し、領域内外の 148 名の研究者が参加した。口頭発表では Zoom、ポスター発表では Remo というオンラインプラットフォームを活用し、円滑な会議運営が行われた。2021 年度は、2022 年、2 月 17 日から 19 日の日程で領域研究会をオンライン開催し、領域内外の研究者 180 名の参加があった。2022 年度には、12 月 8 日から 10 日の日程で、令和 4 年度領域研究会を名古屋大学およびオンラインのハイブリッド形式で開催し、活発な議論を行った。最終年度は、2023 年 12 月 26 日から 28 日に、令和 5 年度領域研究会を東京大学柏キャンパスにて対面形式で開催し、成果報告を行った。また、毎年 11 月から 12 月にかけて、物性科学に関連した新学術領域研究・学術変革領域研究(A)が合同で運営する「物性科学領域横断研究会 - 凝縮系科学の最前線」を計 5 回共同開催し、領域紹介や研究発表などを行った。「研究活動支援」のもう一つの取り組みとして、日本物理学会にて 2 回のシンポジウムを開催し、量子液晶領域の活動の紹介や領域外の研究者との意見交換を行った。まず、日本物理学会 2021 年秋季大会にて、共催シンポジウム(領域 8,6)「鉄系超伝導研究の新展開 - ネマティシティと新規超伝導相 -」を開催し、オンライン開催の中 300 名近い聴衆を集め、活発な議論が行われた。次に、日本物理学会 2023 年春季大会では、共催シンポジウム(領域 8,3,6,7)「金属、スピン系、超伝導体における様々な量子液晶状態」を開催し、300 名近い聴衆を集め、活発な議論が行われた。

- (2) 「共通設備管理運営」では、領域内の連携強化のために、本研究領域では汎用性の高い高額装置について、共通設備として総括班で整備した。東北大学にて基礎物性測定装置を、東京大学柏キャンパスにおいて磁気特性測定システムを、大阪府立大学に集積イオンビーム加工装置を導入し、本新学術領域の共用装置として運用している。一部のマシンタイムの管理については、オンライン予約システムを構築し、寒剤の費用などを総括班からサポートを行った。
- (3) 「若手育成支援」では、若手研究者のキャリアパスを支援する取り組みとして、毎年若手研究奨励賞を設置し、領域研究会にて選考を行い、各年度2名から3名、計12名の受賞者を決定、賞の授与を行った。また、初年度には、若手研究者を5か国（スイスチューリッヒにおいてセミナーツアーおよび共同研究打ち合わせ、カナダバンクーバーにてミュオン共同実験、オランダナイメーヘンにて高磁場共同実験、北京および台湾にて研究成果発表）に派遣し、海外渡航支援を半年余りで計12件支援した。2020年度、2021年度については、コロナ禍のため事実上海外渡航が不可能となり、オンライン国際会議への参加登録料支援などを行った。2022年度には、ストップしていた若手海外派遣支援を再稼働させ、国際会議や夏の学校への参加、国際共同実験など10名の若手研究者を5カ国（イタリア、フランス、カナダ、ドイツ、オランダ）への派遣の支援を行った。2023年度には、韓国、カナダ、イタリア、フランスへ5名の海外派遣をサポートした。また、コロナ禍における若手研究者の交流を図るために、オンラインでの若手コロキウムを企画・開催し、若手研究奨励賞を含む計38名の若手研究者に講演を行っていただいた。
- (4) 「広報活動」として、ニュースレターを年2回、計10回発行し、領域ホームページ <http://qlc.jp> にて公開するとともに、領域内外の400名を超える関係者に送付した。また、領域動画サイト「QLCチャンネル」を開設し、量子液晶に関する概念の説明や研究成果の解説、研究室の紹介など、現在までに合計44本の動画を公開し、総視聴回数は23,000回を超えている。各研究会等のイベント開催時には、物理学会の各領域などのメーリングリストでのアナウンスを行った。その他、公募研究に関して、2回の公募期間において公募説明会を行い、その内容をQLCチャンネルで公開することで周知を行い、第1期公募では17件、第2期公募では26件の広い分野構成の公募研究を採択することができた。
- (5) 「国際活動支援」として、領域主催の国際会議を2回開催した。2021年5月11日から13日の日程で国際会議「International Conference on Quantum Liquid Crystals (QLC2021)」をオンライン開催し、8カ国から21名の領域外招待講演者を含む38の招待講演と91のポスター発表があり、274名の研究者が参加した。2023年度には、8月8日から10日まで、北海道大学にて国際会議「International Conference on Quantum Liquid Crystals 2023(QLC2023)」を現地開催し、170名を超える参加者があり活発な議論が行われた。国際会議QLC2023では、若手研究者の優秀なポスター講演に対してYoung Researcher Awardを決定し、2名に授与した。また、トピカルな国際ワークショップとして、2019年9月30日には東京大学柏キャンパスで「QLC Topical Workshop on Elastoresistance in Correlated Materials」を、同年11月8日には東北大学片平キャンパスで「QLC Topical Workshop on Quantum Magnetism and Neutron Scattering」を開催した。さらに、2023年10月19日から21日に東京大学本郷 - 浅野キャンパスで開催された「The 14th APCTP Workshop on Multiferroics」および2024年3月15日から17日に鹿児島大学にて開催された「The 22nd Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (JKT22)」について後援のサポートを行った。さらに、2022年度に立ち上がった、量子物質科学に関する欧米各国を含む10の共同研究ネットワークを結ぶ国際プロジェクト Quantum Materials Accelnet に日本を代表して参画した。この取り組みにより、海外研究室とのポスドク研究員などの若手研究者の国際交流を行った。2023年12月には、カリフォルニア大学サンタバーバラ校にて、この国際ネットワークに関する国際会議 ICAM week of Science 2023 が開催され、領域代表が招待講演を行い、量子液晶領域の取り組みを紹介した。
- (6) その他、各計画班メンバーが担当となってトピカルな内容のセミナーを随時、QLCセミナーとして企画し、計44回開催した。また、JSTの研究開発戦略センター主催で2023年3月19日に行われた俯瞰ワークショップ「量子マテリアル研究の最前線」では、領域代表が招待講演を行い、量子液晶領域の取り組みを紹介した。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 芝内孝禎	4. 巻 25
2. 論文標題 量子液晶の物性科学の紹介	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本液晶学会誌「液晶」	6. 最初と最後の頁 144-151
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 大串研也, 木村 剛	4. 巻 25
2. 論文標題 空間反転対称性の破れた量子液晶の探索	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本液晶学会誌「液晶」	6. 最初と最後の頁 152-158
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 花栗哲郎, 佐藤 卓	4. 巻 25
2. 論文標題 量子液晶の精密計測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本液晶学会誌「液晶」	6. 最初と最後の頁 159-167
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 紺谷 浩, 求 幸年	4. 巻 25
2. 論文標題 量子液晶の理論的研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本液晶学会誌「液晶」	6. 最初と最後の頁 168-174
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 有馬孝尚	4. 巻 25
2. 論文標題 液晶と磁気超構造の類似性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本液晶学会誌「液晶」	6. 最初と最後の頁 175-181
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 芝内孝禎	4. 巻 76
2. 論文標題 固体におけるネマティックの物理	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 764-765
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 T. Shibauchi, T. Hanaguri, and Y. Matsuda	4. 巻 89
2. 論文標題 Exotic Superconducting States in FeSe-based Materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 102002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.102002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 石田浩祐、芝内孝禎	4. 巻 79
2. 論文標題 量子液晶揺らぎによる超伝導電子対形成の検証	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 73-78
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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 大串研也ほか
2. 発表標題 共催シンポジウム「金属、スピン系、超伝導体における様々な量子液晶状態」
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 芝内孝禎
2. 発表標題 領域紹介「量子液晶の物性科学」
3. 学会等名 第14回物性科学領域横断研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芝内孝禎
2. 発表標題 領域紹介「量子液晶の物性科学」
3. 学会等名 第13回物性科学領域横断研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田浩章ほか
2. 発表標題 共催シンポジウム「鉄系超伝導研究の新展開---ネマティシティと新規超伝導相---」
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芝内孝禎
2. 発表標題 領域紹介「量子液晶の物性科学」
3. 学会等名 第15回物性科学領域横断研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芝内孝禎
2. 発表標題 領域紹介「量子液晶の物性科学」
3. 学会等名 第16回物性科学領域横断研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芝内孝禎
2. 発表標題 領域紹介「量子液晶の物性科学」
3. 学会等名 第17回物性科学領域横断研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Shibauchi
2. 発表標題 Exotic pairing states in FeSe-based nematic superconductors
3. 学会等名 ICAM week of Science 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

領域ホームページ「量子液晶の物性科学」 <a href="http://qlc.jp/">http://qlc.jp/</a> 領域動画サイト「QLCチャンネル」 <a href="https://www.youtube.com/channel/UCT4ychc-2b0hf1UfJPLIYNQ">https://www.youtube.com/channel/UCT4ychc-2b0hf1UfJPLIYNQ</a>
--

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	戸川 欣彦  (Togawa Yoshihiko)  (00415241)	大阪公立大学・大学院工学研究科・教授   (24405)	
研究分担者	和達 大樹  (Wadati Hiroki)  (00579972)	兵庫県立大学・理学研究科・教授   (24506)	
研究分担者	小林 研介  (Kobayashi Kensuke)  (10302803)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授   (12601)	
研究分担者	永崎 洋  (Eisaki Hiroshi)  (20242018)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・首席研究員   (82626)	
研究分担者	大串 研也  (Ohgushi Kenya)  (30455331)	東北大学・理学研究科・教授   (11301)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	花栗 哲郎 (Hanaguri Tetsuo)  (40251326)	国立研究開発法人理化学研究所・創発物性科学研究センター・チームリーダー  (82401)	
研究分担者	求 幸年 (Motome Yukitoshi)  (40323274)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授  (12601)	
研究分担者	岡崎 浩三 (Oakzaki Kozo)  (40372528)	東京大学・物性研究所・准教授  (12601)	
研究分担者	遠山 貴巳 (Tohyama Takami)  (70237056)	東京理科大学・先進工学部物理工学科・教授  (32660)	
研究分担者	SHANNON Nic (Shannon Nic)  (70751585)	沖縄科学技術大学院大学・量子理論ユニット・教授  (38005)	
研究分担者	木村 剛 (Kimura Tsuyoshi)  (80323525)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授  (12601)	
研究分担者	有田 亮太郎 (Arita Ryotaro)  (80332592)	国立研究開発法人理化学研究所・創発物性科学研究センター・チームリーダー  (82401)	
研究分担者	有馬 孝尚 (Arima Takahisa)  (90232066)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授  (12601)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	紺谷 浩  (Kontani Hiroshi)  (90272533)	名古屋大学・理学研究科・教授    (13901)	

## 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6件

国際研究集会 International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021)	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 QLC Topical Workshop on Elastoresistance in Correlated Materials	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 QLC Topical Workshop on Quantum Magnetism and Neutron scattering	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 International Conference on Quantum Liquid Crystals 2023 (QLC2023)	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 The 14th APCTP Workshop on Multiferroics	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 The 22nd Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (JKT22)	開催年 2024年～2024年

## 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