

# 量子液晶の物性科学

## News Letter Vol.5

2021年7月発行

### 目次

1. 巻頭言 ～コロナ禍における新学術領域研究～ .....	芝内 孝禎	1
2. 令和2年度領域研究会報告 .....	木村 剛	2
3. 第2回 QLC 若手研究奨励賞		
3-1 受賞者カイラル磁性が示す非線形光学応答 ～第2回 QLC 若手研究奨励賞受賞報告～ .....	奥村 駿	5
3-2 磁気キラル効果を活用した反強磁性磁区の観察 .....	佐藤 樹	6
3-3 磁気超格子構造のフォノン励起の観測 .....	島本 雄介	7
4. QLC チャンネルより		
4-1 量子液晶と関連した新しい超伝導状態を発見 .....	芝内 孝禎	8
4-2 伝導電子に浮かび上がる磁気構造 .....	安井 勇気、花栗 哲郎	9
4-3 環境に優しい高効率冷却システムを実現する新酸化物工ネルギー材料の発見 .....	島川 祐一	10
4-4 <i>Ab initio</i> prediction of magnetic structures .....	有田 亮太郎	11
5. 最近の研究から		
5-1 新超伝導体 $Pt_{1+x}Bi_2$ の発見 .....	工藤 一貴	12
5-2 岡山大学着任のご挨拶と最近の研究 .....	笠原 成	13
5-3 第一原理計算に基づくネマティシティと高温超伝導の理論研究 .....	池田 浩章	14
5-4 量子液晶の超高速ナノスケール動画撮影 -風変りな光音響波の発見- .....	石坂 香子	15
6. 若手研究者の紹介		
6-1 High-pressure studies on multiple strongly correlated electron systems .....	WU Hung-Cheng	16
6-2 Visualizing the unseen: a novel numerical approach to quantum liquid crystals in magnets .....	Rico Pohle	17
6-3 鉄系超伝導体における量子液晶状態の第一原理的研究 .....	山田 武見	18
7. 若手海外派遣報告		
7-1 APS March Meeting 2021 への参加報告 .....	奥村 駿	19
7-2 APS March Meeting 2021 への参加報告 .....	清水 宏太郎	19
7-3 APS March Meeting 2021 への参加報告 .....	石原 滉大	20
7-4 APS March Meeting 2021 への参加報告 .....	向笠 清隆	20
7-5 APS March Meeting 2021 への参加報告 .....	六本木 雅生	21
8. その他		
人事異動・受賞・アウトリーチ・メディア報道・プレスリリース .....		22
開催報告 .....		28
支援プログラムの紹介 .....		30
今後の予定 .....		30
編集後記 .....		30



新学術領域研究 令和元年度～5年度

量子液晶の物性科学

Quantum Liquid Crystals

<http://qlc.jp/>

## 巻頭言 ～コロナ禍における新学術領域研究～

領域代表 芝内 孝禎

令和元年度にスタートしました新学術領域研究「量子液晶の物性科学」も 3 年目を迎えました。まず初めに、関係者の皆様の領域運営に関する種々のサポートに厚く御礼申し上げます。

ご存知のように、初年度の 2020 年 2 月頃から、新型コロナウイルス感染症が拡大しはじめ、人が密集する会合を開催することが困難な状況となりました。2 月下旬には、その対応に迫られ、文科省と相談の上、2020 年 3 月に予定しておりました初年度の領域研究会を中止するという事態となりました。アメリカ物理学会 APS March meeting 2020 が開催前

日に中止となったことは、記憶に新しい方も多くいらっしゃると思います。我々の対応としては、領域研究会の代わりとして、領域メンバーの成果については報告書にまとめ、ニュースレター Vol. 2 として発行いたしました。その後、2 年目の 2021 年度では、Zoom、Remo、Slack などのオンラインプラットフォームの整備が進み、これらを活用した研究会、国際会議、セミナーなどのオンライン開催により、研究者の情報交換を促進しております。このような未曾有の非常事態においても、オンラインという新しい形での新学術領域研究の推進が可能となってきていることは一種感慨深いものがあります。

このようなコロナ禍での領域運営につきまして、我々「量子液晶」領域の特徴的な取り組みを少しご紹介いたします。申請段階から、広報活動の一つの取り組みとして、領域の動画サイト「QLC チャンネル」を立ち上げて、情報発信を行うことを企画しており、実際に 2019 年 9 月から運用しております(図 1)。当初は、新学術領域でのこのような取り組みは珍しく、「YouTuber になるんですか?」などと冷やかされましたが、領域メンバーやその研究室の若手の皆様のご協力により、徐々にコンテンツも充実し始めております。コロナ禍の現在では、動画を用いたオンライン情報発信は当たり前となってきておりますが、今後も、様々な情報発信を行ってまいります。

また、初年度のコロナ前までは、若手研究者支援として、海外渡航の補助を行い、半年余りで 10 名の大学院生および若手研究者を 5 か国(チューリッヒ、台湾、バンクーバー、北京、オランダナイメーヘン)に派遣し、国際共同研究の実施や国際会議での発表などを支援することができました。しかし現在は、このような国際派遣が困難な状況が続いているため、オンライン国際会議への参加支援とともに、新しい取り組みとして「QLC 若手コロキウム」のオンライン開催を始めております。現在までに、10 名の若手研究者が自らの研究内容を他分野の若手研究者にもわかるように発表を行い、若手同士で活発な議論が行われました。このような横のつながりを促進する場を通して、若手研究者の育成に資する取り組みを続けたいと思っております。

3 年目の今年度は、来年度スタートの公募研究の募集を予定しております。詳細につきましては、公募開始後にオンライン公募説明会を実施し、その様子を QLC チャンネルにて動画発信する予定です。本新学術領域研究の活動を加速し、物性科学、特に強相関電子系や量子多体系の研究分野の発展に寄与できれば幸いです。関係者の皆様には、引き続きご指導・ご支援を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

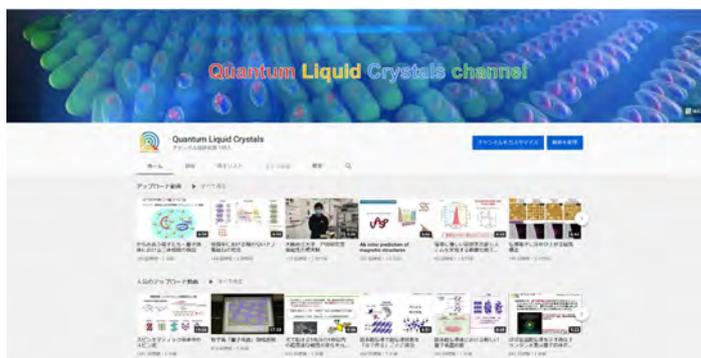


図 1: 領域動画サイト「QLC チャンネル」。領域メンバーの研究成果や量子液晶に関する解説、研究室での実験風景などがご覧いただけます。2021 年 6 月現在、22 本の動画が登録されており、合計の総視聴回数は 9,500 回を超えています。

## 令和2年度領域研究会報告

総括班, A01班 木村剛

2020年12月21日(月)~25日(金)に令和2年度領域研究会を開催しました。令和元年度は新型コロナウイルス感染拡大を受け領域研究会を中止せざるを得ませんでした。令和2年度はオンライン形式ながらも開催が叶いました。月曜から金曜までの5日間毎日、午前中の時間帯に「Zoom」を利用したオーラルセッションを、火曜の午後に「Remo」を用いたポスターセッションを実施しました。本研究会は、計画班、公募班を含めたほぼ全員の領域メンバーからの口頭発表と、領域外や領域内のグループの大学院生・若手研究者らによるポスター発表で構成され、領域が発足してから約1年半を経過した時点での各メンバーの進捗状況および研究成果の発表がなされました。オーラルセッションは「Iron Chalcogenide」、「Nematic Superconductivity」、「Spin Liquid」、「New Technique」、「Novel Superconductor」、「Liquid Crystal」、「Quantum Liquid Crystal and Photons」、「Spin Liquid Crystal」、「Exotic Spin Order」といったテーマ別に計11のセッションにより構成されました。各発表者による発表内容に関しては、以下の研究会のプログラムをご参照下さい。

ポスターセッションで利用したWeb会議システム「Remo」は領域メンバーにとって初めての運用であったため、参加者が操作に戸惑うことはないかや十分な議論ができるのかなどの不安もありましたが、月曜の午後に trial time を設けるなど事前準備を行っていたこともあり、大きなトラブルなく実施することができました。実際にポスターセッションを聴講してみて、オンサイトでのポスターセッションと同じ感覚で議論することができたというのが感想です。同じような感想は他の参加者からも聞くことができ、Remo を用いたポスターセッションが十分に機能することがわかったことは、2021年5月に開催予定の領域主催の国際会議の開催に向けての収穫となりました。また、ポスターセッションでは第2回 QLC 若手研究奨励賞の審査の一部も行われ、本研究会のすべてのセッション終了後に受賞者が発表され、3名の若手研究者に同賞が授与されました。受賞者の詳細は本ニュースレターの関連記事を参照下さい。

総計で154名(口頭発表者:42名、ポスター発表者:43名、聴講者:69名)の参加者があり、各発表に対して活発な質疑応答が行われ、新型コロナウイルス感染症流行の状況下における貴重な領域内外の研究者間の情報交換の場となりました。

(プログラムは次ページ)



令和2年度領域研究会の参加者集合写真(一部)

令和 2 年度領域研究会 プログラム

**Monday, December 21st.**

**Opening Remark**

8:50 SHIBAUCHI, Takasada

**Session 1: Iron Chalcogenide**

Chair : EISAKI, Hiroshi

- 9:00- 9:20 SHIBAUCHI, Takasada (University of Tokyo)  
“Nematic quantum criticality and superconductivity”
- 9:20- 9:40 OKAZAKI, Kozo (University of Tokyo)  
“BCS-BEC crossover controlled by electronic nematicity in FeSe<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub>”
- 9:40-10:00 IKEDA, Hiroaki (Ritsumeikan University)  
“Electronic structure in FeSe”
- 10:00-10:20 HANAGURI, Tetsuo (RIKEN)  
“Spectroscopic-imaging STM studies of superconductivity and nematicity in Fe(Se,Te)”
- 10:20-10:35 SUN, Yue (Aoyama Gakuin University)  
“Depairing J<sub>c</sub> and its anisotropy of Fe(Te,Se) single crystals”

**Session 2: Nematic Superconductivity**

Chair : IKEDA, Hiroaki

- 10:50-11:05 HOSOI, Suguru (Osaka University)  
“Elastoresistance in the nematic superconductor”
- 11:05-11:20 YONEZAWA, Shingo (Kyoto University)  
“Coupling between nematic superconductivity and lattice distortion in Sr<sub>x</sub>Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>”
- 11:20-11:40 EISAKI, Hiroshi (AIST)  
“Unique interplay between superconductivity and magnetism in EuRbFe<sub>4</sub>As<sub>4</sub>”
- 11:40-11:55 MIZUSHIMA, Takeshi (Osaka University)  
“Pair density waves in superfluid <sup>3</sup>He under nanoscale confinement”

**“Remo” Trial time**

13:30-15:30 \*Trial time for using “Remo”

**Tuesday, December 22nd.**

**Session 3: Spin Liquid**

Chair : SATO, Masahiro

- 9:00- 9:20 OHGUSHI, Kenya (Tohoku University)  
“Bandwidth and filling control of Kitaev spin liquid in RuCl<sub>3</sub>”
- 9:20- 9:40 SATO, Taku J (Tohoku University)  
“Crystal and Magnetic Structures of RuX<sub>3</sub> (X = Br, I), and Search for 2D Square-Lattice Compound Hosting Spin Nematic Phases”
- 9:40-10:00 SHIMIZU, Yasuhiro (Nagoya University)  
“Nucleus probing quantum spin liquid and quantum Hall states”
- 10:00-10:15 AKAGI, Yutaka (University of Tokyo)  
“Topological excitations and their dynamics in quantum spin nematics”
- 10:15-10:35 SHANNON, Nic (OIST)  
“Numerical Simulation of Quantum Spin Nematics”

**Session 4: New Technique**

Chair : SATO, Taku J

- 10:50-11:10 SATO, Masahiro (Ibaraki University)  
“Theoretical Proposals for Detecting Dynamical Features of Spin Nematic and Spin Liquid States with Laser”
- 11:10-11:30 KOBAYASHI, Kensuke (University of Tokyo / Osaka University)  
“Non-linear Electron Transport Mediated by Electron-Magnon Interactions in Magnetic Tunnel Junction”
- 11:30-11:50 KIMURA, Tsuyoshi (University of Tokyo)  
“Observation of ferroaxial domains using electrogyration”

**Session 5: Poster Session**

Chair : KOBAYASHI, Kensuke

- 13:30- 1 min. Preview, using “Zoom”
- 15:00-17:00 Poster Presentation, using “Remo”

**Wednesday, December 23rd.**

**Session 6: Novel Superconductor**

Chair : KONTANI, Hiroshi

- 9:00- 9:20 OKAMOTO, Yoshihiko (Nagoya University)  
“High-Mobility Carriers and Superconductivity Induced by Chemical Doping in the Candidate Nodal-Line Semimetal CaAgP”
- 9:20- 9:35 HIROI, Zenji (University of Tokyo)  
“Surface states and superconductivity of the topological nodal-line semimetal NaAlSi”
- 9:35- 9:55 ARITA, Ryotaro (University of Tokyo / RIKEN)  
“High T<sub>c</sub> superconductivity in hydrogen compounds under high pressure”
- 9:55-10:10 ADACHI, Tadashi (Sophia University)  
“Possible Chiral d-Wave Superconductivity in BaPtAs<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub> with the Honeycomb Network”

10:10-10:30 KUDO, Kazutaka (Osaka University)  
“Development of Superconductors with Ordered Laves Phase Structures”

**Session 7: Liquid Crystal** Chair : ARITA, Ryotaro

10:50-11:10 KONTANI, Hiroshi (Nagoya University)  
“Odd-parity density-wave orders with spontaneous currents in strongly correlated electron systems”

11:10-11:25 UCHIDA, Yoshiaki (Osaka University)  
“Propagation of Intermolecular Interactions in Liquid Crystals”

11:25-11:40 KAWASAKI, Takeshi (Nagoya University)  
“Melting Phenomena in Two-Dimensional Anisotropic Particles”

**Thursday, December 24th.**

**Session 8: Quantum Liquid Crystal and Photons** Chair : HIRORI, Hideki

9:00- 9:15 ITOH, Hirotake (Tohoku University,)  
“Anomalous temperature hysteresis and photoinduced dynamics of electronic-ferroelectric domain structures”

9:15- 9:35 TODA, Yasunori (Hokkaido University)  
“Development of polarization-resolved coherent quench spectroscopy”

9:35- 9:55 TOHYAMA, Takami (Tokyo University of Science)  
“Anisotropic Spin Dynamics in Photoexcited Two-Dimensional Mott Insulator”

9:55-10:10 SASAKI, Takahiko (Tohoku University)  
“Nanoscale polarized clusters in a molecular dimer-Mott insulator as precursors of electronic ferroelectricity probed by conductance noise spectroscopy”

**Session 9: New Technique** Chair : TOHYAMA, Takami

10:30-10:50 WADATI, Hiroki (University of Hyogo)  
“Ultrafast photoinduced valence dynamics in  $\text{EuNi}_2(\text{Si}_0.21\text{Ge}_0.79)_2$ ”

10:50-11:10 HIRORI, Hideki (Kyoto University)  
“Development of a time-resolved STM using a terahertz electric field pulse”

11:10-11:25 NOJIMA, Tsutomu (Tohoku University)  
“Dielectric anomalies in transport properties of ion-gated  $\text{SrTiO}_3$ ”

11:25-11:40 SHIOMI, Yuki (University of Tokyo)  
“Observation of magneto-piezoelectric effect in magnetic metals”

11:40-11:55 MATSUNO, Jobu (Osaka University)  
“Substrate strain effect on transport properties of  $\text{SrIrO}_3$  thin films”

**Friday, December 25th.**

**Session 10: Spin Liquid Crystal** Chair : MOTOME, Yukitoshi

9:00- 9:20 ISHIZAKA, Kyoko (University of Tokyo)  
“Nanoscale Imaging of Magnetic Skyrmions by nanosecond TEM”

9:20- 9:35 KANAZAWA, Naoya (University of Tokyo)  
“Giant anomalous Hall effect from spin chirality scattering in a chiral magnet”

9:35- 9:55 TOGAWA, Yoshihiko (Osaka Prefecture University)  
“Collective Dynamics of Chiral Spin Soliton Lattice”

9:55-10:15 ARIMA, Taka-hisa (University of Tokyo)  
“Electric and Magnetic Responses of Antiferromagnetic Helix”

**Session 11: Exotic Spin Order** Chair : ISHIZAKA, Kyoko

10:35-10:55 MOTOME, Yukitoshi (University of Tokyo)  
“Spin Moire Superstructure”

10:55-11:15 SHIMAKAWA, Yuichi (Kyoto University)  
“Multi-k orthogonal spin ordering in  $\text{CaFe}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ ”

11:15-11:30 YANASE, Youichi (Kyoto University)  
“Gauge invariant formulation of magnetic/electric quadrupole moment and its application”

11:30-11:50 KASAHARA, Shigeru (Kyoto University)  
“Bond directional anapole order in  $\text{Sr}_2\text{Ir}_{1-x}\text{RhxO}_4$ ”

**Winner announcement, QLC Young Researcher Award:**

**Comments:**

**Closing Remark:**

WADATI, Hiroki  
Evaluation Committee Members  
SHIBAUCHI, Takasada

## カイラル磁性が示す非線形光学応答 ～第2回 QLC 若手研究奨励賞受賞報告～

奥村 駿

この度、第2回 QLC 若手研究奨励賞に選出していただいたことを大変光栄に思っております。日頃の研究活動においても、QLC 研究会における発表の機会や海外の学会への参加費補助などをいただいております。新学術領域「量子液晶の物性科学」の関係者の皆様には多大な感謝を申し上げます。本稿では、若手研究奨励賞の受賞内容について簡単に紹介させていただきたいと思います。

私はこれまで、カイラル磁性の安定性と輸送現象についての研究を行ってきました。図1(a)の螺旋磁性に代表されるようなカイラル磁性は、右巻き・左巻きといった掌性（カイラリティ）をもった磁気秩序であり、本学術領域においても機能的な物性を示す「量子液晶」の一つとして精力的な研究がなされています。私は、このカイラル磁性が空間反転対称性と時間反転対称性が同時に破ることから種々の非線形応答を示す可能性を秘めていると考え、簡単かつ普遍的なモデルとして擬一次元的な金属磁性体を例にとった理論解析を行いました。

擬一次元的なカイラル磁性体は低温かつゼロ磁場で図1(a)の螺旋磁性を示し、螺旋軸に平行な磁場をかけることによって図1(b)のコニカル磁性へと移り変わることが知られています[1]。私は、これらの状態を実現するスピン・電荷結合系に対して近年提案された手法[2]を適用し、直線偏光を照射した場合における2次の非線形光学伝導度を計算しました。その結果、有限の磁化をもつコニカル磁性状態において、光起電力や第二次高調波発生が現れることを示しました。さらに、磁化の大きさや入射光の周波数を変調させることによって、光起電力の振幅だけでなく方向も制御することができるということを見出しました(図2)[3]。

実際の物質に近い多バンドモデルにおいては10 meV程度のエネルギーで電子を励起できるため、これらの非線形光学応答を観測するにはテラヘルツ光を用いた実験が適していると考えられます。この場合に得られる光起電力や第二次高調波発生は、強誘電体の数百～数千倍となり、ワイル半金属などのトポロジカル物質に匹敵する大きさになると見積もられます。このように、カイラル磁性を用いた非線形光学応答は、高い制御性と大きな変換効率を兼ね備えていることから、微細かつ可変式の太陽光電池や光センサなどへの応用が期待されます。

このような物質中の非線形応答に関する研究は、近年急速に発展している分野であり、理論・実験の双方で未解明の問題が多く残されています。今回は、擬一次元的なカイラル磁性を例とした非線形光学応答の計算を行いました。より複雑な構造をもつ「量子液晶」に対する新たなプローブとしてもさらなる応用が考えられます。最後に、本研究の共同研究者である東京大学の森本高裕准教授、加藤康之助教、求幸年教授に深く感謝申し上げます。

[1] Y. Togawa *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 112001 (2016). [2] D. E. Parker *et al.*, Phys. Rev. B **99**, 045121 (2019). [3] S. Okumura, T. Morimoto, Y. Kato, and Y. Motome, in preparation.

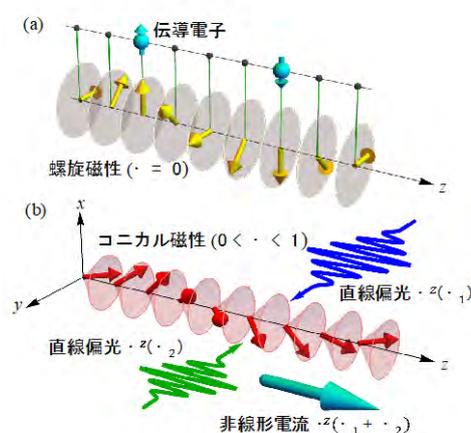


図1: (a)螺旋磁性と(b)コニカル磁性の模式図。伝導電子と局在スピンの結合した系において、コニカル磁性は2次の非線形光学応答を示す。

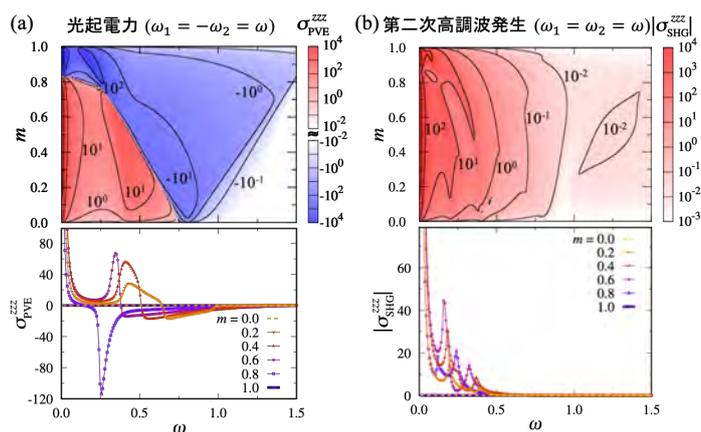


図2: (a)光起電力係数 $\sigma_{PVE}^{zzz}$ と(b)第二次高調波発生強度 $|\sigma_{SHG}^{zzz}|$ の磁化 $m$ 、周波数 $\omega$ 依存性。

奥村 駿 (東京大学・物性研究所・岡研究室・特任助教)

## 磁気キラル効果を活用した反強磁性磁区の観察

佐藤 樹

この度、第 2 回 QLC 若手研究奨励賞をいただき光栄に思います。共同研究者の方々に改めて感謝申し上げます。本稿では、受賞内容である「磁気キラル効果を活用した反強磁性磁区の観察」を紹介いたします。

磁気キラル効果は非相反伝搬現象の一種であり、媒質におけるパリティ反転( $\mathcal{P}$ )対称性および時間反転( $\mathcal{T}$ )対称性の破れに起因します。特に、無偏光の電磁波の伝搬の非相反性は磁気キラル二色性と呼ばれ、 $\mathcal{T}$ 操作に奇な極性ベクトルであるトロイダルモーメント  $\mathbf{T}$  と関連づけられます。図 1 のように、電磁波が  $\mathbf{T}$  と同じ向きに伝搬するか逆向きに伝搬するかで物質を透過する光量に差が生じます。

$\mathcal{P}$ 対称性および $\mathcal{T}$ 対称性が破れた系として、磁化を持つキラル物質が磁気キラル二色性の研究対象となってきました。我々は、 $\mathbf{T} \neq \mathbf{0}$ で磁化のない反強磁性体  $\text{MnTiO}_3$  も磁気キラル二色性を示すことを報告していました[1]。 $\mathcal{T}$ 操作は  $\mathbf{T}$  のみならず磁気モーメントの向きも反転しますので、反強磁性体  $\text{MnTiO}_3$  の相異なる 180 度磁区は図 2 のように反対向きの  $\mathbf{T}$  で特徴づけられます。

図 2 のように磁区が混在した試料に光を入射すると、磁気キラル二色性の影響で  $\mathbf{T}$  の向きに応じて透過像に明暗が付きます。先に述べた磁区と  $\mathbf{T}$  の関係を鑑みますと、この明暗は磁区のパターンに一致します。我々は磁気キラル二色性をこのように活用し、反強磁性体  $\text{MnTiO}_3$  の反強磁性磁区を可視化しました。 $\text{MnTiO}_3$  の特色として、 $\mathbf{T}$  と平行な電磁場で  $\mathbf{T}$  の向きを揃えられる、つまりドメインウォールを駆動できることが挙げられます。これに着目して外場下での観察も行い、ドメインウォールが熱揺らぎにアシストされてゆっくり動く様子を約 2 秒刻みの連続写真として撮影できました。非線形光学効果である SHG による観察だと数分程度の露光時間が必要とされることを考えますと、このようなスナップショットの撮影ができたことに、線形光学効果である磁気キラル二色性を活用した意義の一つがあるのではないかと感じます。

今後の展望としては、入射光の増強等による露光時間のさらなる短縮が挙げられます。 $\text{MnTiO}_3$  の電磁場による磁壁駆動においては、数ミリ秒というのが一つの特徴的な時間スケールであると他の実験からわかっています。この時間スケールで一体何が起きているのか、というおそらくまだみることがない領域の実像に本手法を活用して迫っていければと思います。

[1] T. Sato *et al.*, Physical Review Letters 124, 217402 (2020).

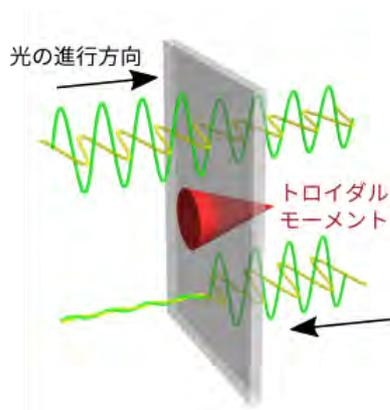


図 1: トロイダルモーメント(赤円錐)と磁気キラル二色性。

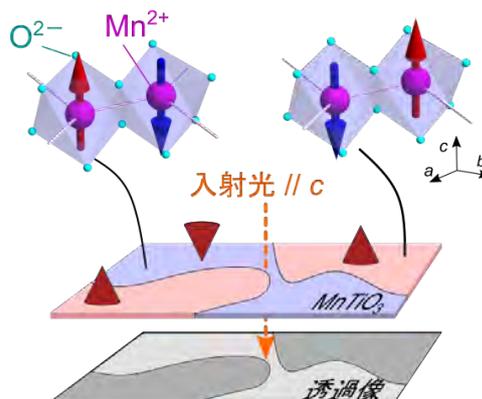


図 2:  $\text{MnTiO}_3$  の磁区イメージングの概念図。 $\text{Mn}^{2+}$  上の矢印は  $S=5/2$  に由来する磁気モーメント。赤円錐はトロイダルモーメント。

<https://www.youtube.com/watch?v=Jrh70Jufnp4>

## 磁気超格子構造のフォノン励起の観測

島本 雄介

この度は「第 2 回 QLC 若手研究奨励賞」を賜り、大変嬉しく存じます。常日頃よりお世話になっております先生方、研究室のメンバーに心より感謝申し上げます。さらなる良い報告ができるように精進して参りますので、今後ともご指導のほど宜しくお願い致します。

本稿では、受賞対象となった研究成果を紹介致します。私は、図 1 に示すような「キラルスピンソリトン格子」の高周波ダイナミクスに関する研究を行っています。ソリトン格子は、スピンのらせん状にねじれた部位（ソリトン）が周期的に整列したノンコリニアな磁気秩序です[1]。大きな特徴として、ソリトン間の周期が磁場強度に応じて変調されることが挙げられます。この変化の様子は、非線形なサインゴルドン模型を解析的に解くことで得られ、楕円関数を用いて記述することができます[2]。

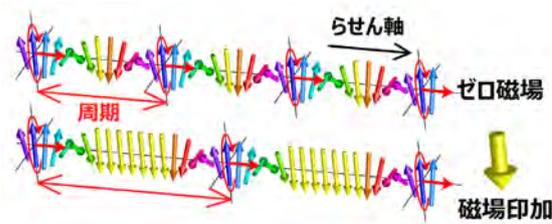


図 1. キラルスピンソリトン格子.

ソリトンが周期的に整列する様子は、原子が周期的に配列した結晶格子と同じです。つまり、ソリトン格子は磁気的な超格子構造とみなすことができます。2009 年に岸根ら[3]によって、磁気超格子の格子振動に該当する「フォノンモード」が存在することが理論的に予言されました。共鳴周波数の大きさから、ソリトン格子形成の鍵である反対称なジャロシンスキー・守谷相互作用の値を見積もることができるため、この素励起を実験的に観測することは重要な研究課題となっていました。

我々は、ソリトン格子を発現する物質のプロトタイプとして知られるキラル無機結晶  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  のマイクロ波領域の電磁応答を調べ、ソリトン格子のフォノンモードを実験的に観測することに成功しました。実験手法の詳細は Youtube QLC チャンネル[4]にて公開しておりますので、もし興味があれば御覧ください。図 2 に示したのは  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  結晶の磁気共鳴特性で、15-40 GHz の広帯域に渡って共鳴モードが存在します。フォノンモードのバンド構造内に形成されるブルリアンゾーンの大きさは、ソリトン格子の周期に応じて変化します。そのため、高磁場に近づくにつれて、モード間の周波数ギャップは小さくなっていきます。理論モデル式を使って実験データのフィッティングを行い、観測したシグナルがソリトン格子のフォノンモードであることを同定しました。

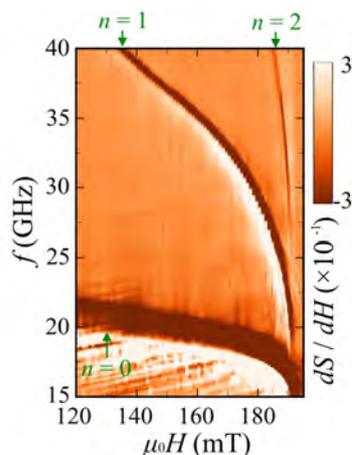


図 2. ソリトン格子のフォノンモード. 色はマイクロ波回路の S (散乱) パラメータを磁場方向に微分した値を示している.

思い返せば、本成果の最初のきっかけとなるような実験を行ったのは、初めて執筆した学術論文が出版された直後のことでした。心に余裕が生まれたからか、それまで後回しにしていた実験をとりあえずやってみようと思えたことが功を奏しました。とにかく手を動かすことの大切さを再認識することができました。

### 参考文献

- [1] Y. Togawa *et al.*, Phys. Rev. Lett. **108**, 107202 (2012).
- [2] I. E. Dzyaloshinsky, Sov. Phys. JETP **19**, 960 (1964).
- [3] J. Kishine and A. S. Ovchinnikov, Phys. Rev. B **79**, 220405(R) (2009).
- [4] 「大阪府立大学 戸川研究室 強磁性共鳴実験」 <https://www.youtube.com/watch?v=GOF7EYHcoEI>

## 量子液晶と関連した新しい超伝導状態を発見

B01 班 芝内 孝禎

従来の超伝導とは異なる発現機構で実現する非従来型超伝導の研究では、今まで主に磁性との関係が調べられてきました。特に、反強磁性体において化学組成や圧力を変化させて磁気転移温度を下げることで、ドーム状の超伝導状態が現れること（図 1 左）が多くの物質群で見られたため、磁気的な揺らぎにより電子対が形成される可能性が盛んに議論されています。

一方で、近年非常に注目されているのが、量子液晶状態です。量子液晶状態とは、電子が特定の方向に流れやすい状態ですが、多くの物質では量子液晶状態が磁性とほぼ同時に現れるため、純粋な量子液晶状態と超伝導との関係を調べることは困難でした（図 1 右）。

本研究では、セレン化鉄という鉄系超伝導体に注目し、量子液晶状態と超伝導の関係を調べました。セレン化鉄は、常圧下において量子液晶状態のみが現れ、磁性が現れないという特徴があるため、量子液晶状態と超伝導の関係を議論するうえで最適な物質であると言えます。そこで、我々は、セレン化鉄のセレンの一部をテルルで置換した単結晶試料を作製し、置換量の変化に伴って量子液晶状態と超伝導がどのように変化するか調べました[1]。電気抵抗率測定と X 線回折実験を行った結果、置換量を増やしていくと、量子液晶状態は置換量が増えるにしたがって抑制されていき、超伝導転移温度は量子液晶状態が消失する置換量付近で上昇することがわかりました（図 2）。この結果は、量子液晶の揺らぎと超伝導状態が密接に関係していることを示しています。

本研究によって、セレン化鉄にテルルを置換することによって、磁性ではなく量子液晶と密接に関係した超伝導状態が現れることが明らかになりました。量子液晶状態は近年銅酸化物超伝導体においても存在が議論されており、本研究結果は高温超伝導が発現するメカニズムを解明するうえで重要な情報となりえます。また、量子液晶という新しい機構による電子対形成が可能であることは、新たな高温超伝導体の開発に向けた指導原理を与えると期待されます。

本研究によって、セレン化鉄にテルルを置換することによって、磁性ではなく量子液晶と密接に関係した超伝導状態が現れることが明らかになりました。量子液晶状態は近年銅酸化物超伝導体においても存在が議論されており、本研究結果は高温超伝導が発現するメカニズムを解明するうえで重要な情報となりえます。また、量子液晶という新しい機構による電子対形成が可能であることは、新たな高温超伝導体の開発に向けた指導原理を与えると期待されます。

[1] K. Mukasa, K. Matsuura, M. Qiu, M. Saito, Y. Sugimura, K. Ishida, M. Otani, Y. Onishi, Y. Mizukami, K. Hashimoto, J. Gouchi, R. Kumai, Y. Uwatoko, and **T. Shibauchi**, "High-pressure phase diagrams of  $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ : Correlation between suppressed nematicity and enhanced superconductivity", *Nat. Commun.* **12**, 381 (2021).

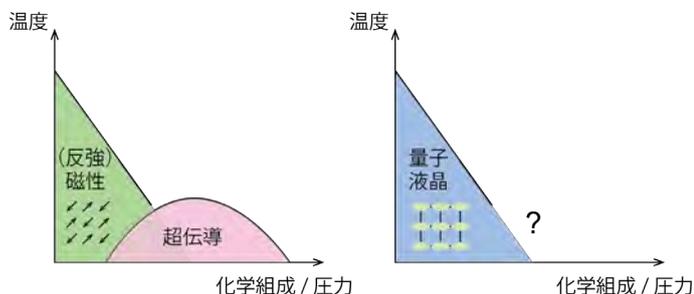


図 1: (左) 多くの非従来型超伝導体で見られる電子状態相図。反強磁性が化学組成や圧力などのパラメータを変化させることにより消失する点付近で、超伝導が現れる。(右) 磁性を持たない純粋な量子液晶状態が抑制された点付近で超伝導がどのように変化するかについてはわかっていなかった。

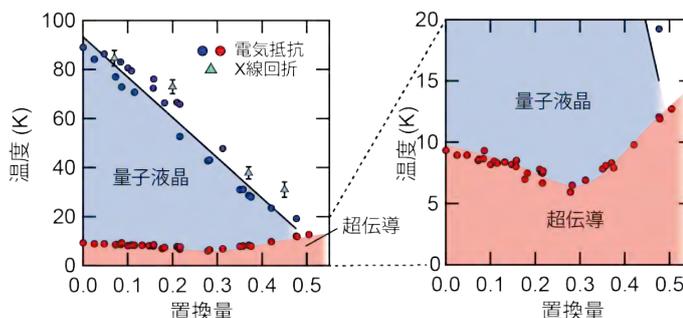


図 2: (左) 鉄系超伝導体セレン化鉄のテルル置換量を変化させた際の電子状態相図。赤丸が超伝導転移温度、青丸及び水色三角が量子液晶状態へ変化する温度を表す。(右) 縦軸のみを拡大表示したもの。量子液晶状態へ変化する温度が絶対零度に近づく置換量付近において、超伝導転移温度が上昇する振る舞いを見ることができる[1]。

<https://www.youtube.com/watch?v=jmY56ClTjZ0>

## 伝導電子に浮かび上がる磁気構造

B01 班 安井 勇気、花栗 哲郎

2009 年に発見された磁気スキルミオンと呼ばれる渦状の磁気構造は、その発見から盛んに研究が行われています。その魅力の一つに、渦状の構造は、連続的にほどこくことができない「トポロジカルに保護された」結び目のようにふるまうということにあります。このような結び目構造の保護を活かすことで、磁気情報記録媒体のさらなる高密度化つなげると期待されています。魅力の二つ目には、渦のような複雑な構造をつくるには、それだけ複雑な力をはたらくことにあります。例えば、単に上向き、下向きの構造であれば、「みんなと同じ方向に前ならえ」であったり、「隣の人と反対の方向を向く」であったり、比較的簡単な指令で実現させることができます。一方で、渦構造をとるためにはより複雑な指令が必要となります。そのため、どのような機構で磁気渦構造が実現するかにも興味を持たれます。

以前の研究では、磁気スキルミオンを実現させる複雑な力には空間反転対称性の破れが必要であると考えられてきました。しかし、2019 年にこの常識を覆す、空間反転対称性を持つ物質において磁気スキルミオンの観測が報告されました[1]。これには、これまでに考えられていたものとは違う力=新機構が必要であり、それが何であるか議論となってきました。この新機構の候補として考えられるのが伝導電子を媒介とした力です[2 - 4]。このような機構がはたらいている場合には、力を媒介している伝導電子も磁気構造の情報を持っていると考えることができます。そのため、伝導電子の状態を調べることが新機構を確かめる上で必要となってきます。

そこで我々は、伝導電子の空間分布に磁気構造が反映されるかどうかを調べることで、伝導電子と磁気構造の関係の有無を確かめることにしました。試料として、磁気スキルミオンが 1.9 nm 間隔で格子状に整列することが知られている[5]希土類合金  $\text{GdRu}_2\text{Si}_2$  を用い、走査型トンネル顕微鏡/分光法 (STM/STS) により、伝導電子の状態を調べました[6]。その結果、磁気スキルミオン格子に対応する構造が伝導電子の状態に現れ出てくることを発見しました(図 1 左)。さらに、外部磁場を変化させることによる磁気構造の変化に伴って、伝導電子の状態も明瞭に変化し、その分布は磁気構造の持つ特徴をよく表していることがわかりました。磁気スキルミオンやその他の磁気構造が局在電子からくる静的なものであるにもかかわらず、動的な伝導電子にその影響が表れることは驚きであり、両者が互いに影響し合っていることの強い証拠です。さらに、伝導電子と局在電子の相互作用を理論的にモデル化し[7]、磁気構造(図 1 中央)、電荷密度分布(図 1 右)を計算したところ、STM/STS で得られたパターンと非常によく似た構造になることがわかりました。このことは、空間反転対称性を持つ  $\text{GdRu}_2\text{Si}_2$  での磁気スキルミオンは、伝導電子媒介の新機構によって実現していることを示唆しています。

[1] T. Kurumaji, T-h. Arima *et al.*, *Science* **365**, 914 (2019).

[2] R. Ozawa, S. Hayami, Y. Motome, *Phys. Rev. Lett.* **118**, 147205 (2017).

[3] S. Hayami, R. Ozawa, Y. Motome, *Phys. Rev. B* **95**, 224424 (2017).

[4] T. Nomoto T. Koretsune, R. Arita, *Phys. Rev. Lett.* **125**, 117204 (2020).

[5] N. D. Khanh, T-h. Arima *et al.*, *Nat. Nanotechnol.* **15**, 444 (2020).

[6] Y. Yasui, T. Hanaguri, Y. Motome, R. Arita, T-h. Arima *et al.*, *Nat. Commun.* **11**, 5925 (2020).

[7] S. Hayami, Y. Motome, *Phys. Rev. B* **103**, 024439 (2021).

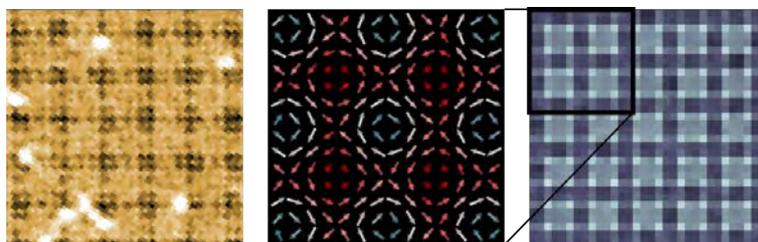


図 1:(左) STM/STS により観察された磁気スキルミオン格子に対応する伝導電子の空間構造。(中央) モデル計算により得られた磁気スキルミオン構造。(右) 同様に得られた電荷密度分布。

<https://www.youtube.com/watch?v=Jrh70Jufnp4>

安井勇気 (理化学研究所・創発物性科学研究センター・特別研究員)  
花栗哲郎 (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)

## 環境に優しい高効率冷却システムを実現する新酸化物エネルギー材料の発見 — 巨大圧力熱量効果による熱制御の実証 —

A01 班 島川 祐一

遷移金属酸化物は、多くの興味深い物性物理発現の舞台となっている。高温超伝導における銅酸化物やマルチフェロイック特性を示すマンガン酸化物などはその典型である。さらには Li イオン 2 次電池に使われているコバルト酸化物のような例もあり、いずれも遷移金属の原子価状態がその物性発現の鍵となっている。多くの遷移金属には典型的（安定な）原子価状態があり、例えば酸化物中の鉄では  $\text{Fe}^{2+}$  ( $\text{FeO}$ ) や  $\text{Fe}^{3+}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が知られている。ところが稀に「異常高原子価」と呼ばれる高い原子価状態を酸化物中で安定化することができる。この異常な状態の電子的不安定性はしばしば相転移を誘起するが、その転移は単に電荷の安定化を導く転移（電荷秩序や電荷不均化など）に留まらず、スピンや格子と強く結びついて劇的な物性変化を示す。

$\text{NdCu}_3\text{Fe}_4\text{O}_{12}$  は高压合成法で得られる異常高原子価  $\text{Fe}^{3.75+}$  を含んだ酸化物であり、この  $\text{Fe}^{3.75+}$  の電子的不安定性が室温付近（310 K）でサイト間電荷移動相転移（ $\text{NdCu}^{2+}_3\text{Fe}^{3.75+}_4\text{O}_{12} \rightarrow \text{NdCu}^{3+}_3\text{Fe}^{3+}_4\text{O}_{12}$ ）を引き起こす。この転移では金属-絶縁体転移に加えて、反強磁性転移と負の熱膨張の格子変形が起こる。今回特に注目したのは、高温での  $\text{Fe}^{3.75+}$  の金属的な電子状態から転移温度において原子価状態が  $\text{Fe}^{3+}$  へと変わると同時に局在モーメントが生じて反強磁性配列を起こす磁気転移である。この相転移により、巨大な磁気エントロピーの変化が 1 次的に起こり、大きな潜熱（25.5 kJ/kg）が発生する。熱量測定から見積もられるエントロピー変化（84.2 J/K kg）は、室温近傍で無機固体材料が示すものとしてはこれまでに報告されているものの中で最高値に匹敵するものあり、そのほとんどは磁気エントロピーの変化に由来する。重要な点は、この系では電荷-スピン-格子が強く結合しているために、この巨大なエントロピー変化を格子変形を通して制御できることである。これが、圧力熱量効果と言われるもので、電荷移動相転移近傍の温度で圧力を印加することによりエントロピー変化を利用して蓄熱/放熱することができる。この圧力熱量効果により 5.1 kbar の圧力を加えることで約 13.7 °C の大きな断熱温度変化を達成できることが見積もられる。

固体熱量効果を利用するとフロンなどの冷媒を使わない冷却も可能となることから、このような材料を用いることで高効率で環境にも優しい冷却が実現することが期待されている。遷移金属酸化物での物性研究は電気伝導性や磁性が多く注目されてきたが、エントロピーの変化による熱物性も基礎と応用の両面から重要でかつ面白い対象として浮かび上がってきた。そして、このような熱量効果を中心とする熱物性の制御には、本領域が対象とする電荷やスピンの秩序相の理解が必須となる。

Y. Kosugi, M. Goto, Z. Tan, A. Fujita, T. Saito, T. Kamiyama, W.-T. Chen, Y.-C. Chuang, H.-S. Sheu, D. Kan, and Y. Shimakawa, *Adv. Func. Mater.* 2009476 (2021).

<https://www.youtube.com/watch?v=gcPOFqqtW9E>

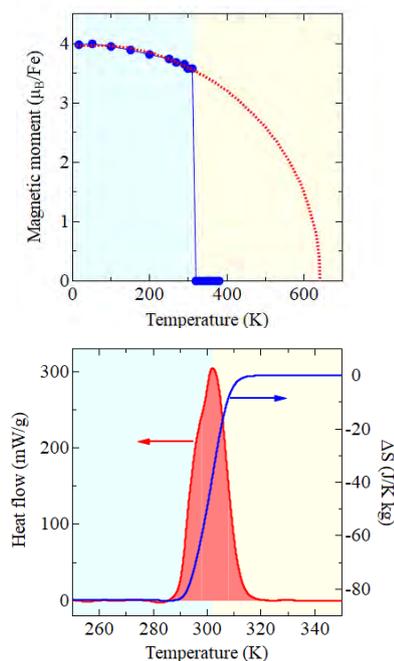


図:  $\text{NdCu}_3\text{Fe}_4\text{O}_{12}$  の磁気モーメント(上)、比熱とエントロピー変化(下)の温度変化

**Ab initio prediction of magnetic structures**

C01 班 有田 亮太郎

物質の結晶構造が与えられた時、そこでどんな磁気構造が実現するかを予測することは大変難しい問題である。特に単位胞の中に多数の磁性原子が含まれる場合、各原子についてスピンの方向を向いているかを定めるには非常に多くの計算を行わなければならない。最近、進化アルゴリズムによる磁気構造予測の方法が提案されているが、比較的単純な磁性体であっても、一世代あたり 30 種類くらいの集団について、30 世代くらいの進化を追わなければ最安定構造を見出すことができないことが示されている。

一方、自然界で実現する磁気構造の多くは何らかの対称性を持っていることが多い。そこで磁性原子のクラスターを考え、そこで磁気構造を多極子展開することを考えると、実際に実現する可能性の高い磁気構造の候補リストを系統的に生成することができる。本研究では、このアプローチでどの程度の物質の実験磁気構造が実際に探索できるかを検討した。

実験的に磁気構造が明らかになっているおよそ 130 種類の磁性体について、およそ 3000 種類のスピン密度汎関数理論に基づく計算を行った結果、ほぼすべての物質で局所安定解として実験磁気構造の探索ができることがわかった<sup>1)</sup>。

本研究ではスピン密度汎関数理論が、実験構造を最安定解として探索できるか、磁気モーメントのサイズも含めて実験を再現しているか、などについての検討も行なった。ノンコリニア磁性体について、スピン密度汎関数理論の限界がどこにあるかについての系統的な計算はこれまでなされておらず、本研究が今後の研究の一つの基準になると期待される<sup>1)</sup>。

1) M.-T. Huebsch, T. Nomoto, M.-T. Suzuki, R. Arita, Phys. Rev. X 11 011031 (2021).

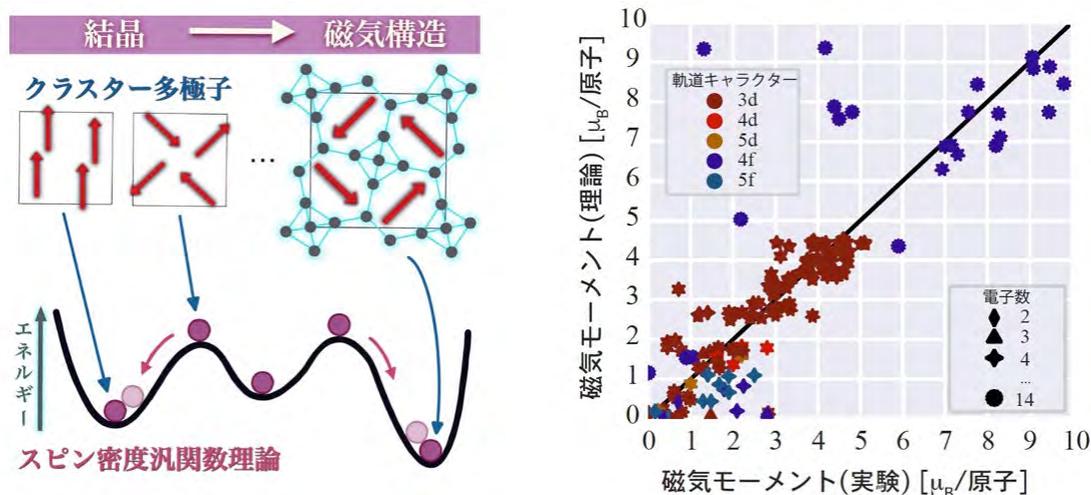


図 1: 左図は与えられた結晶構造のもとでどのような磁気構造が実現するか、を模式的に表している。ポテンシャルエネルギー曲面にはいくつもの局所安定解がある。実際に実現する磁気構造を決めるには、これらの局所安定解をもれなく探索し、それらのエネルギーの大小を比較する必要がある。実験を参照せずに第一原理的にエネルギーを計算する方法としてはスピン密度汎関数理論と呼ばれる手法がある。スピン密度汎関数理論がノンコリニア磁性体についてどの程度実験を再現できるかについてはこれまで系統的な計算がなかった。本研究では 3000 種類に及ぶベンチマーク計算の結果、d 電子系、f 電子系でどの程度実験と整合するかの傾向が明らかになった。右図は実験と理論の磁気モーメントの比較を行なったものである。4f 電子系で一部理論による過大評価がみられるが、d 電子系では標準的なスピン密度汎関数理論による計算が実験をよく説明する様子が見てとれる。

<https://www.youtube.com/watch?v=Jrh70Jufnp4>

有田亮太郎 (東京大学・工学系研究科・教授)

新超伝導体  $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$  の発見

A01 班 工藤 一貴

この研究では、 $\text{CdI}_2$  型構造 ( $P-3m1$ ,  $D_{3d}^3$ , No. 164) とその派生構造に着目して物質開発を進めました。それらの構造を持つ化合物は最近注目されており、Type II ディラック半金属  $\text{NiTe}_2$ 、 $\text{PdTe}_2$ 、 $\text{PtSe}_2$ 、 $\text{PtTe}_2$ 、 $\text{IrTe}_2$  や Type II ワイル半金属  $\text{MoTe}_2$ 、 $\text{WTe}_2$  の研究が盛んに行われています。興味深いことに、これらの多くは超伝導を示します。もともと超伝導体であるもの、さらには、層間に原子を挿入したり、部分的に化学置換したり、圧力をかけたり、静電的にドーピングしたり、薄い単結晶を急冷したりすると超伝導を発現するものなど、多種多様です。これらは、超伝導とディラックフェルミオンやワイルフェルミオンとの関係を深く理解したり、トポロジカルな物理現象を研究したりする上で貴重な情報源となり得ます。したがって、この種の新しい化合物、特に強いスピン軌道相互作用をもつ重元素からなる化合物を継続的に開発することは、今後の研究を進展させるために不可欠と考えました。

着目したのは、多彩な多形を示す  $\text{PtBi}_2$  です。2 元状態図を見ると、温度が低い方から高い方向に向けて、構造が  $\alpha\text{-PtBi}_2$  ( $Pbca$ ,  $D_{2h}^{15}$ , No. 61)、 $\beta\text{-PtBi}_2$  ( $Pa-3$ ,  $T_h^6$ , No. 205)、 $\gamma\text{-PtBi}_2$  ( $P-3$ ,  $C_{3i}^1$ , No. 147)、 $\delta\text{-PtBi}_2$  ( $Pnmm$ ,  $D_{2h}^{12}$ , No. 58) の順に変化することが分かります。さらに、もう一つの構造 ( $P31m$ ,  $C_{3v}^2$ , No.157) も知られています。このことは、パイライト構造 ( $Pa-3$ ,  $T_h^6$ , No. 205) を取る他の Pt ニクタイト  $\text{PtP}_2$ 、 $\text{PtAs}_2$ 、 $\text{PtSb}_2$  と対照的です。そこで、私たちは、 $\text{PtBi}_2$  には構造不安定性があると考え、物質開発を行いました。その結果、stuffed  $\text{CdI}_2$  型  $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$  ( $P-3m1$ ,  $D_{3d}^3$ , No. 164) を発見しました [1]。  $T_c = 2.4$  K の超伝導を示します。図 1 に示すように、この化合物では  $\text{PtBi}_6$  八面体がエッジを共有して  $\text{PtBi}_2$  層を形成し、その層が c 軸方向に積み重なっています。  $1+x$  の  $x$  で表される過剰な Pt 原子は、層間の八面体位置を部分的に占有しました。

$\text{PtBi}_2$  の 2 つの trigonal 相 ( $P-3$  と  $P31m$ ) も層状構造を取りますが、 $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$  の構造とは異なります。 $\text{PtBi}_2$  層の積層構造であるところまでは共通ですが、 $\text{PtBi}_2$  ( $P-3$ ) では、Pt が八面体の center と off-center の位置にあり、もう一方の層状  $\text{PtBi}_2$  ( $P31m$ ) では、八面体が歪んでいて Bi サイトが 3 つあります。私たちが発見した  $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$  では、過剰な Pt 原子が層間に挿入されることで、 $\text{PtBi}_2$  層内の全ての Pt 原子が八面体の中心に位置し、さらに、歪みのない八面体が形成されました。

構成元素の質量が比較的近い他の  $\text{CdI}_2$  型超伝導体と比べると、 $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$  のデバイ温度が大分低いことが分かりました。さらに、Pt と比べて、Bi の原子変位パラメータが大きいことが分かりました。これらは、 $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$  の  $\text{PtBi}_6$  に歪んだ八面体への構造不安定性があることを示唆しています。この辺りを調整すれば、また、新しい物質を見つけることができるかもしれません。現在、さらなる物質開発を進めています。

本研究は、Hoang Yen Nguyen、Chang-geun Oh (岡山大学)、高木健輔 (大阪大学)、野原実 (広島大学) の各氏との共同研究によるものです。

## 参考文献

[1] K. Kudo, H. Y. Nguyen, C.-g. Oh, K. Takaki, and M. Nohara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **90**, 063706 (2021) [https://doi.org/10.7566/JPSJ.90.063706].

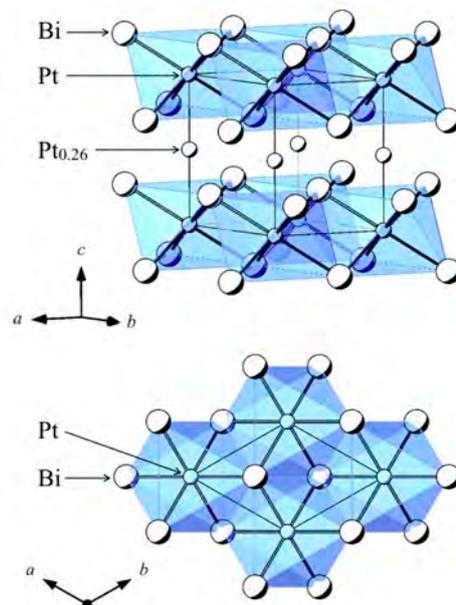


図 1:  $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$  ( $P-3m1$ ,  $D_{3d}^3$ , No. 164) の結晶構造 [1].

研究室 HP: <http://qm.phys.sci.osaka-u.ac.jp>

工藤一貴 (大阪大学・大学院理学研究科・教授)

## 岡山大学着任のご挨拶と最近の研究

B01 班 笠原 成

はじめに、私事ですが、本年度より岡山大学異分野基礎科学研究所に教授として異動となりました。今後とも量子液晶の物性科学の開拓をはじめとして、様々なエキゾチック電子状態の研究に取り組んでいく所存です。どうぞよろしくお願いいたします。

今回、研究室紹介記事に関する執筆のご用命をニューズレター編集局より承りましたが、どうしたものかと思案したまま固まっておりました。4月に異動はしたものの、新型コロナウイルスによる往來の制限もあって、本稿執筆時点で装置搬入はおろか、実験室の原状回復や改修もこれからです。恥ずかしながら研究室らしき環境は何も整っていない状況で、そうこうしている間に執筆の締め切りが迫ってきたため、急ぎ筆を走らせている始末。更に、研究室立ち上げは何かと入用なことから多大な借金を抱えてのスタートなのですが、諸先生方に伺ったところ、立ち上げなんてそんなものだとこのことで、腹を括ってやるしかないと思っていますところ。

さて、当研究室はまだ産声をあげたばかりの赤ん坊です。その未来には様々な可能性が広がっていると期待して、私達が目指す研究室と、最近の研究成果についてつづらせていただこうと思います。

まず、私達が目指すのは、純良単結晶の作製と、これを基盤とした精密物性測定を組み合わせた総合的な研究スタイルでの物性研究です。これまで各種の鉄系超伝導体を中心に純良単結晶を作製するとともに、電子輸送現象測定や熱輸送測定、超高感度の磁気トルク測定といったバルク物性測定、さらには強磁場や放射光の利用により、電荷液晶や電子対液晶の物性開拓に取り組んで参りました。バルク物性測定は、B01 班の中でも最も基礎的な位置づけにあり、かつ、先駆的な役割を担うものです。鉄系および銅酸化物高温超伝導体において電子ネマティック相の存在を先駆的に見出してきた高感度磁気トルク測定を通じて、新奇な電荷液晶状態の探索と解明に取り組んでいくとともに、極低温での熱伝導率測定によって、量子液晶における素励起や、電子対液晶と考えられる新奇高磁場超伝導相の探索に取り組んでいきます。

最近、私達は世界有数の強磁場施設であるナイメーヘン強磁場研究所(オランダ)において、 $^3\text{He}$  温度領域で最大 38 T までの強磁場下で熱伝導率測定が可能なシステムの開発を行ない、これを用いて、鉄系超伝導体 FeSe において高磁場超伝導相を発見するに至りました。この高磁場超伝導相は Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov (FFLO) によって提唱されたクーパー対が有限の重心運動量を持った状態であると考えられ、超伝導の秩序変数が実空間で周期的に振動するような並進対称性の破れた超伝導が実現していると考えられます。38 T という定常磁場と  $^3\text{He}$  冷凍機を組み合わせた極限環境下での熱輸送測定は、世界でも私達だけが有するオンリーワンの実験技術です。また同強磁場研究所では、現在、超伝導マグネットと水冷銅マグネットを組み合わせた最大 45 T のハイブリッドマグネットが建設中であり、今後、この未踏の強磁場領域での熱輸送測定を実現し、極限磁場領域での量子液晶の準粒子励起解明や、電子対液晶の探索に取り組んでいく予定です。

## 参考文献

[1] S. Kasahara, Y. Sato, S. Licciardello, M. Čulo, S. Arsenijević, T. Ottenbros, T. Tominaga, J. Böker, I. Eremin, T. Shibauchi, J. Wosnitza, N. E. Hussey, and Y. Matsuda, *Phys. Rev. Lett.* **124**, 107001 (2020). [<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.107001>]

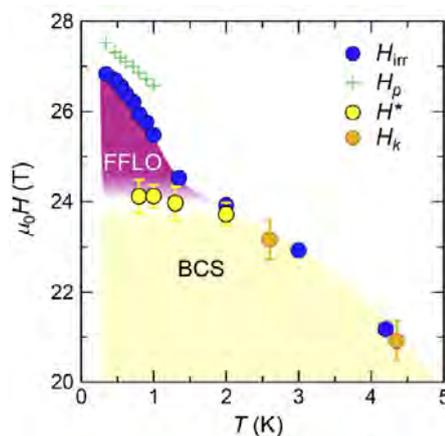


図 1: 強磁場熱伝導率測定によって得られた FeSe の面内磁場下における  $H$ - $T$  相図 [1]。一次相転移磁場  $H^*$  を経て出現する高磁場超伝導相は電子対液晶の一形態である FFLO 状態と考えられる。

## 第一原理計算に基づくネマティシティと高温超伝導の理論研究

C01班 池田浩章

昨年はコロナ禍で予定していたコード開発の合宿が棚上げとなり研究に大きなブレーキがかかってしまいました。また、教務としての取りまとめの負担も大きく、大変な1年だったように思います。そのような中ではありましたが、4月よりPDとして渡部洋さんに加わって頂き、研究室としてはようやく軸が出来たように思います。加えて、博士後期課程を目指す学生も出始め、細々としてはありますが研究室らしくなってきたなと思います。できれば、対面で皆さんとお会いし議論などできれば、学生の活気もさらに出て良いのになと思う今日この頃です。さて、当研究室の最近の研究ですが、PDの渡部さんが主となって行っている銅酸化物の研究など以下3点について研究しています。また、局所反転の破れた系での伝導現象等にも興味を持って調べているところです。

## 銅酸化物におけるネマティシティと高温超伝導

銅酸化物が発見されて35年が過ぎましたが、今なお、その多様な相および物質依存性の包括的な理解には至っていません。特に、最近では、擬ギャップ相と考えられてきた状態で電子ネマティックが見られるなど、単なる1バンドの物理では理解できず軌道自由度の重要性が顕著になっています。我々は銅酸化物の物性を包括的に理解するため、銅原子の $e_g$ 軌道と酸素原子の $p$ 軌道を考慮した4軌道モデルをLDAベースおよびQSGWベースで構築し、この4軌道ハバードモデルを変分モンテカルロ法を用いて多彩な相の安定性を研究しました。計算結果の一部は、参考文献[1]にまとめましたので、ご興味のある方はぜひご一読頂ければと思います。

## ボゴリューボフ・フェルミ面

FeSe系ではネマティック量子臨界点を境にその超伝導状態が大きく変化していることは以前から指摘されていましたが[2]、最近、それが超伝導ギャップが面で消失したボゴリューボフ・フェルミ面と関係している可能性が指摘され、大変興味を引いています[3]。我々は、この目新しいカイラル超伝導が微視的なモデルから説明できるかを念頭に、臨界点付近の電子状態を記述するモデルを構築し、その解析を行っているところです。また、FeSeの高磁場低温相ではFFLOのような状態が見られていますが、我々はこれが磁場誘起のボゴリューボフ・フェルミ面の出現と関係している可能性について研究しています。次回の物理学会のシンポジウムのトピックでもあるので、その進捗が大変楽しみです。

## LDA+DMFTおよびLDA+FLEX

現在主流の第一原理計算が強相関物質の電子状態を正しく予測できないことはよく知られており、海外を中心にLDA+DMFT法を用いた研究が多くなっています。かなり時間を浪費しましたが、ようやく我々のグループでも独自コードが完成しました。一方、鉄系のようにスピンゆらぎや軌道ゆらぎが増強した系でも、フェルミ面のサイズや有効質量がLDA計算から大きくずれることがよく知られていますが、このように波数依存性が強いケースにおいてはLDA+DMFTとは相補的なLDA+FLEXでの解析に興味を持たれます。最近、LDA+FLEXのコード開発も概ね完成しましたので、今後、鉄系を始めとして、ゆらぎによるフェルミ面の変形や電子格子相互作用へのフィードバックについて研究して行く予定にしています。まとまった結果をご報告できる機会を楽しみにしています。

## 参考文献

- [1] H. Watanabe, *et al.*, arXiv:2105.11664.  
 [2] T. Hanaguri, *et al.*, *Sci. Adv.* **4**, eaar6419 (2018).  
 [3] C. Setty, *et al.*, *Nat. Commun.* **11**, 523 (2020).

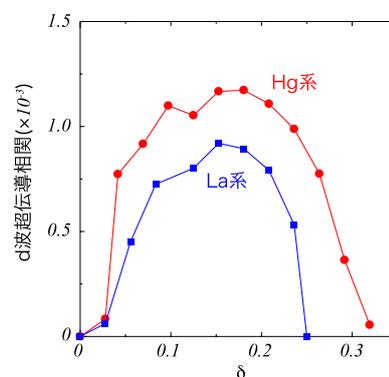


図1: 銅酸化物高温超伝導体における超伝導相関(転移温度に対応)のドーピング依存性

## 量子液晶の超高速ナノスケール動画撮影 -風変りな光音響波の発見-

D01 班 石坂 香子

小さくて速く動くものをどうやって観察するか？これは科学・工学分野において研究者たちが連続と挑戦を続けてきた課題のひとつです。私達は、レーザーと電子顕微鏡を組み合わせた「超高速時間分解電子顕微鏡」という計測手法を開発し、これを使った量子液晶の研究を行っています。この計測手法を用いると、ナノメートル (nm,  $10^{-9}$  m) の空間分解能とピコ秒 (ps,  $10^{-12}$  秒) の時間分解能で物質中の動画を撮影することが可能です。今回は、結晶中で金属原子の分子状結合状態が並んだ一種の電荷液晶物質 (VTe<sub>2</sub>) において発見した風変りな光音響波[1]について紹介します。

VTe<sub>2</sub> は、通常状態においてはバナジウム (V) 原子とテルル (Te) 原子が作る等方的な三角格子が積み重なった結晶構造を持ちます。これを横から見たのが図 1 左上です。ところが、電荷液晶状態では3個のV原子が分子状に結合し、ある方向に配列しています(図 1 左下)。このため、結晶構造と電子構造に強い異方性が生じます[2]。

この液晶状態に 0.2 ps の光パルスで照射し、それにとまなう結晶のダイナミクスを超高速時間分解電子顕微鏡で計測したところ、図 1 右のように、初期の原子位置の変化 (2 ps 以内、~1 nm 分子の融解) がトリガーとなり、50-100 ps 周期の定在波、波長 100 nm 程度の音響波として時空間で広がってゆく様子を観測することに成功しました。

また、このときの電子回折パターンの時間変化や音響波の伝播速度 (音速) を詳細に分析することにより、この音響波が、通常物質の光照射ではほとんど得られない「ずれ」型の振幅を持つことが分かりました。これにより、電荷液晶をはじめとする量子液晶には、通常物質にはない光⇄歪の変換機能が存在することが明らかになりました。今後は、このような音響波の定量解析に向けて物質パラメータを考慮した有限要素法シミュレーション[3]を導入するとともに、ナノ構造での機能創発などに取り組んでいきます。

## 参考文献

[1] Asuka Nakamura, Takahiro Shimojima, Yusuke Chiashi, Manabu Kamitani, Hideaki Sakai, Shintaro Ishiwata, Han Li, and Kyoko Ishizaka, *Nano Lett.* **20**, 4932 (2020). [https://dx.doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c01006]

【プレスリリース: [https://www.riken.jp/press/2020/20200612\\_3/](https://www.riken.jp/press/2020/20200612_3/)】

[2] N. Mitsuishi, Y. Sugita, M. S. Bahramy, M. Kamitani, T. Sonobe, M. Sakano, T. Shimojima, H. Takahashi, H. Sakai, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Taguchi, K. Miyamoto, T. Okuda, S. Ishiwata, Y. Motome, and K. Ishizaka, *Nat. Commun.* **11**, 2466 (2020). [https://doi.org/10.1038/s41467-020-16290-w]

【プレスリリース: [https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws\\_202005191140261595066034.html](https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws_202005191140261595066034.html)】

[3] A. Nakamura, T. Shimojima, and K. Ishizaka, *Struct. Dyn.* **8**, 024103 (2021). [https://doi.org/10.1063/4.0000059]

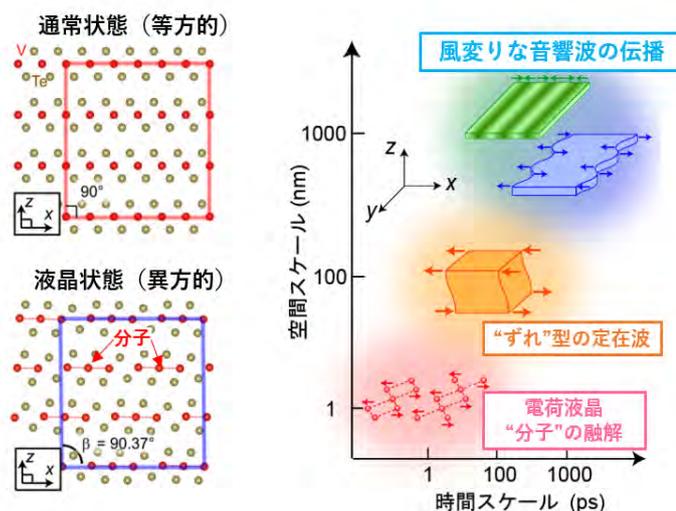


図 1: VTe<sub>2</sub> の結晶構造 (左) と観測された結晶ダイナミクス (右)

研究室 HP: (東大) <http://ishizaka.t.u-tokyo.ac.jp/> (理研) <https://cems.riken.jp/jp/laboratory/esprt>

石坂 香子 (東京大学・大学院工学系研究科・教授)

## High-pressure studies on multiple strongly correlated electron systems

B01 WU Hung-Cheng

The competition and correlation between structural, electronic, charge, and spin orderings have attracted significant research interest in the realm of condensed-matter physics. Recently, we utilized the external physical pressure effect to further probe the local crystal structure and the nature of the anomalous phase transition in Weyl-semimetal  $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$  [1], chiral skyrmion  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  [2], honeycomb-lattice  $\text{Mn}_2\text{V}_2\text{O}_7$  [3], and superconductivity  $\text{CuIr}_2\text{Te}_4$  [4]. We highlighted the important findings: (1) Observation of low-field induced anomalous phase in  $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ . (2) Pressure-induced structural transition and room-temperature skyrmion phase in  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$ . (3) A unique multifunctional material with the coexistence of ferroelasticity and antiferromagnetism in  $\text{Mn}_2\text{V}_2\text{O}_7$ . (4) The anomalous phase transition near 250 K in  $\text{CuIr}_2\text{Te}_4$  is structural rather than a charge-density-wave formation.

The ongoing research plans under the QLC project are as follows: (1). Thanks to the pioneers in Japan for their inventions and discoveries on the novel RE-based (RE = Gd and Eu) intermetallic compounds (IMC) hosting skyrmion. Looking for a new mechanism or a new class of skyrmion materials is of great interest and desirable. I will mainly focus on exploring the skyrmion host candidate, in particular for Yb-based IMC. (2) New synthesis routes, for example pressure quenching, may be helpful in retaining the high-pressure phase in  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  at ambient pressure for researching the extraordinary physical properties. Finally, I sincerely hope that I could become one of the communicative bridges to deepen Japan-Taiwan international cooperation near future.

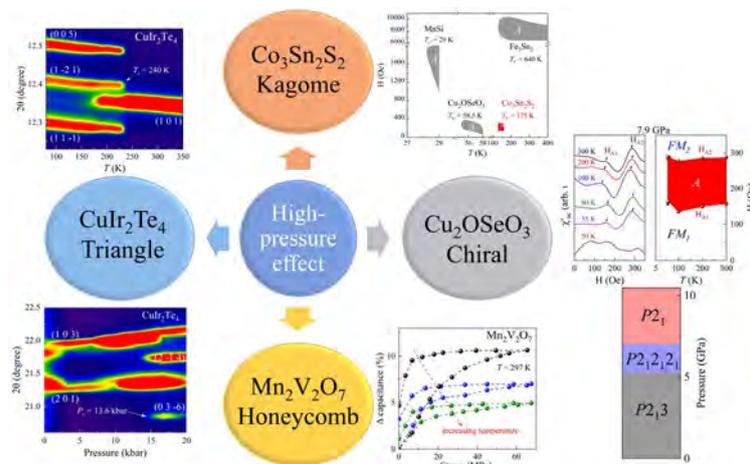


Fig. 1: A schematic diagram with selected experimental results to briefly summarize the relevant research findings under high-pressure.

### References

- [1] H. C. Wu, P. J. Sun, D. J. Hsieh, H. J. Chen, D. Chandrasekhar Kakarla, L. Z. Deng, C. W. Chu, and H. D. Yang, *Mater. Today Phys.* **12**, 100189 (2020) [<https://doi.org/10.1016/j.mtphys.2020.100189>]
- [2] L. Z. Deng, H. C. Wu, A. P. Litvinchuk, F. Q. Yuan, J. J. Lee, R. Dahal, L. Fu, H. Berger, H. D. Yang, and C. W. Chu, *PNAS* **117**, 8783 (2020) [<https://doi.org/10.1073/pnas.1922108117>]
- [3] H. C. Wu, D. J. Hsieh, T. W. Yen, P. J. Sun, D. Chandrasekhar Kakarla, J. L. Her, Y. H. Matsuda, C. K. Chang, Y. C. Lai, M. Gooch, L. Z. Deng, K. G. Webber, C. A. Lee, Mitch M. C. Chou, C. W. Chu, and H. D. Yang, *Phys. Rev. B* **102**, 075130 (2020) [<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.102.075130>]
- [4] H. C. Wu, Y. C. Chung, T. W. Yen, H. J. Chen, T. W. Kuo, D. Chandrasekhar Kakarla, S. M. Huang, Y.-Y. Wang, J.-Y. Lin, J. J. Lee, Y. C. Lai, C. L. Chen, J. F. Lee, T. L. Chou, Y.-C. Lai, M.-W. Chu, Mitch M. C. Chou, and H. D. Yang, *Phys. Rev. B* **103**, 104111 (2021) [<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.103.104111>]

Group HP: [http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/sato\\_tj/](http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/sato_tj/)

WU Hung-Cheng (Univ. of Tohoku • Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials • Research fellow)

## Visualizing the unseen: a novel numerical approach to quantum liquid crystals in magnets

C01: Rico Pohle

Being able to “visualize the unseen”, gives proof of concept and absolute certainty of theoretical predictions, as demonstrated by the first electron microscopy images of atoms, or the recent observation of the Higgs boson, to just name a few.

Magnetic quantum liquid crystals form a prime example for “unseen” or “hidden” physics. Their ground state is dominated by spin-quadrupole moments, which break spin-rotation symmetry by selecting an axis, while not choosing a particular direction [see inset in Fig.1(a)]. Exactly this remaining time-reversal symmetry makes quadrupole fluctuations *invisible* to magnetic probes like neutrons, and therefore very hard to detect in conventional experiments.

Proposed theoretically nearly 60 years ago [1], spin-1 magnetic materials can host quantum liquid crystal phases, incorporating properties of both, classical liquid crystals and quantum mechanical aspects of a magnet. However, such a complexity makes their experimental and theoretical investigation challenging and therefore requires new tools to describe their ground state and excitation properties.

In our research, we developed a new classical Monte Carlo and (semi-)classical molecular dynamics (also known as Langevin dynamics) scheme, which can be used to study thermodynamic and dynamic properties of spin-1 magnets [2].

By embedding the underlying  $su(3)$  algebra into the  $u(3)$  algebra, we were able to treat quantum aspects of the problem exactly on a single site and formulate equations of motions, well suited for numerical implementations. In this way, we can treat on-site dipolar and quadrupolar fluctuations simultaneously by defining Metropolis updates in the space of  $U(3)$  matrices, and numerically integrate the equations of motion for given thermodynamically equilibrated ensembles. We benchmarked our method on the ferroquadrupolar (FQ) phase of the bilinear-biquadratic model on the triangular lattice [see Fig. 1(a)]. In the long wavelength limit, excitations form linearly-dispersing Goldstone modes of quadrupoles, which have nearly no effect on dipolar fluctuations, and therefore remain “hidden” in relevant neutron scattering experiments. However, now accessible within our numerical method, we can directly measure quadrupole excitations and predict their signatures. Additionally, we were able to visualize creation-annihilation processes of topological defects at finite temperature [see Fig. 1(b)], which, to our knowledge, are not accessible with available methods today.

Possibilities with our new numerical approach are vast, and the rich physics of unconventional spin-1 magnets remain largely unexplored. I hope this method can be of great help to study and interpret yet unseen properties of quantum liquid crystals in the near future.

[1] E. A. Harris and J. Owen, PRL 11, 9 (1963), V. M. Matveev, JETP, Vol. 38, No. 4, p. 813 (1974)

[2] K. Remund, R. Pohle, Y. Akagi, J. Romhányi, and N. Shannon, in preparation.

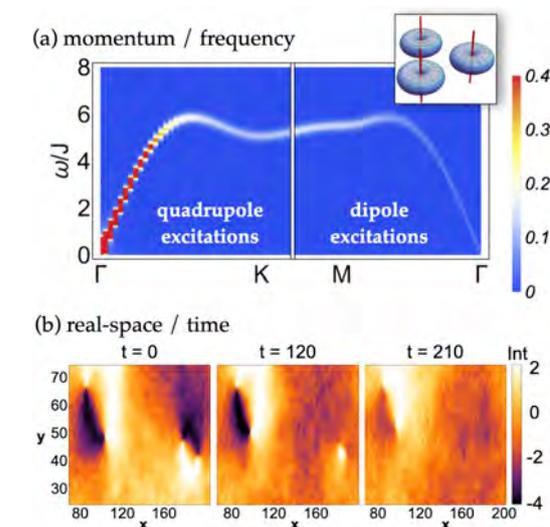


Fig. 1: Excitations in a quantum liquid crystal. (a) Momentum/Frequency resolved excitations of ferroquadrupolar (FQ) state. Excitations form a linearly dispersing Goldstone mode, which is well visible in the quadrupole channel (left), but nearly invisible in the dipole channel (right). (inset: quadrupoles select an axis, but no direction). (b) Snapshots in time of local quadrupole intensities in FQ phase reveal  $Z_2$  topological point-defect annihilation processes.

Group HP: <http://www.motome-lab.t.u-tokyo.ac.jp/>

## 鉄系超伝導体における量子液晶状態の第一原理的研究

C01 班 山田武見

この 4 月より、東京理科大学理学部応用物理学科の遠山研究室でポストドク研究員として量子液晶の研究に従事させて頂いております。山田武見と申します。よろしくお願いいたします。ここではこれまでの研究の中で、本研究課題と関連の深い鉄系超伝導体の研究について簡単に紹介させていただきます。

鉄系超伝導体は、Fe の正方格子を As や Se が四面体的に取り囲む伝導層とそれを隔てたブロック層からなる層状化合物で、伝導層へのキャリアドーピングにより高い超伝導転移温度(最高で約  $T_{sc}=60K$ )が実現します。超伝導に隣接する相では、反強磁性秩序に加えて、正方晶-斜方晶の構造相転移が観測されることから、スピンや軌道の揺らぎと超伝導の強い関連が早くから示唆され、爆発的に研究が進展しました。特に Fe の  $dxz, dyz$  軌道の分裂を構造相転移の主要な起源とする、「軌道ネマティック」の立場による研究が、国内のグループを中心に展開され、様々な実験からも支持されています。

理論研究では、Fe- $d$  軌道の電子間クーロン相互作用が重要視されましたが、我々は Fe の  $d$  軌道分極と As の  $p$  軌道分極に強い相関を示唆する実験に触発され、図(a)のような軌道分極相互作用  $V'$  を考慮し、磁気・軌道揺らぎと超伝導機構について調べました[1]。Fe と As の波動関数から  $V'$  の大きさを評価すると、 $d$ - $p$  クーロン相互作用  $V$  に対して  $V'/V=0.2$  程度が期待されます。これより  $V'=0.3\sim 0.4eV$  を導入すると、 $dxz, dyz$  軌道の強制的軌道揺らぎが発達し、超伝導 pairing 引力が  $q=0$  付近で大きく増強されます[図(c)]。この寄与は、オンサイト相互作用で増強される  $dxy$  軌道の反強磁性磁気揺らぎ [ $q=(\pi, \pi)$ ] を媒介する超伝導 pairing 斥力[図(b)]と、波数空間で互いに棲み分けて互いに協力して  $s_{\pm}$  波超伝導を増強させます。鉄系のサイト間相互作用は第一原理的に見積もられていて、それなりに大きいため近年重要視されており、特に謎の多い FeSe 系の電子状態を解明する鍵としても注目されています。

鉄系超伝導体 FeSe は  $T_S=90K$  で構造相転移を起こすものの、磁気秩序を示すことなく  $T_{sc}=8K$  で超伝導を示します。第一原理計算によれば  $\Gamma$  点に 3 枚のホール面と  $M$  点に 2 枚の電子面が存在しますが、近年の高精度 ARPES 実験によれば、ホール面( $\Gamma$  点)と電子面( $M$  点)ともに 2 枚であり、その大きさも計算に比べてずっと小さく、その起源は未解明です。また  $T < T_S$  における  $dxz, dyz$  軌道のバンド分裂は、 $\Gamma$  点と  $M$  点で逆向きであるのに加え、 $dxy$  軌道との混成を示唆する報告があり、 $dxz, dyz$  軌道ネマティック描像を超えた理解が必要になっています。

最近、初期電荷分布を調節した第一原理計算[2]において、非ネマティック解よりも安定なネマティック解が得られ、そのバンド分裂は定性的に実験と整合すると報告されました。こうした対称性の破れた第一原理電子状態計算は、非磁性軌道秩序系については例が少なく、FeSe 系の秩序相のみならず、正常相の電子状態解明にとっても重要と考えられます。現在我々はこの結果を再現と、秩序相のもつ多極子自由度の解析からそのエネルギー利得の正体について調べているところです。

### 参考文献

- [1] T. Yamada, J. Ishizuka and Y. Ōno, J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 043704 (2014).  
 [2] X. Long, S. Zhang, F. Wang and Z. Liu, npj Quantum Materials **5**, 50 (2020).

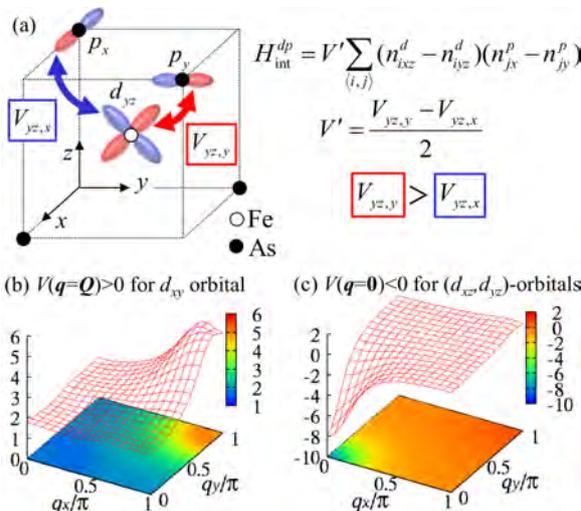


図:(a)  $d$ - $p$  軌道分極相互作用。(b),(c)超伝導 pairing 相互作用の(b)  $dxy$  軌道内成分と(c)( $dxz, dyz$ )軌道間成分[1]。

研究室 HP: <https://www.rs.tus.ac.jp/tohyamalab/>

## American Physical Society March Meeting 2021 への参加報告

奥村 駿

この度、新学術領域研究「量子液晶の物性科学」のご支援を賜り、2021 年 3 月 15 日から 19 日にかけて開催された国際会議 American Physical Society March Meeting 2021 に参加し、口頭発表を行ったので報告いたします。この会議は、年に一度アメリカ合衆国内で行われる、物性物理学の分野では最大規模の学会で、例年、世界中から多くの研究者が参加します。去年は新型コロナウイルスの感染拡大の影響を受けて惜しくも中止となりましたが、今年はオンラインで無事開催されました。

筆者は、初日に“Nonlinear optical responses in chiral magnetic metals”というタイトルで口頭発表を行いました。空間反転対称性が破れたカイラル磁性体では、2 次の非線形光学応答や非線形輸送現象が期待されます。筆者は、擬 1 次元的なコニカル磁性を例として光起電力や第二次高調波発生などの計算を行いました (図 1)。その結果、外部磁場や入力周波数による非線形光学応答の制御可能性を見出しました。

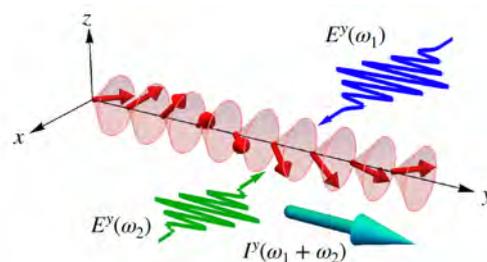


図 1: コニカル磁性が示す外場の 2 次に対する非線形光学応答の模式図。

時差の関係で、筆者はこの研究成果についてビデオを撮影して投稿するという形で発表を行いました。今大会ではこのような方式での発表が可能となったため、他の講演者の発表も後からまとめて視聴したり繰り返し再生したりすることができ、大変新鮮かつ有意義な国際会議だったと思います。

最後に、このような発表の機会を与えていただいた新学術領域研究「量子液晶の物性科学」の皆様、その関係者の方々に深く感謝を申し上げます。

奥村 駿 (東京大学・物性研究所・特任助教)

## APS March Meeting 2021 参加報告

清水 宏太郎

新学術領域「量子液晶の物性科学」総括班によるご支援のもと、2021 年 3 月 15 日~19 日に開催された米国物理学会 APS March Meeting 2021 に参加して口頭発表を行いました。毎年 3 月に行われる本会議ですが、今回が初めてのオンライン開催です。5 日間にわたり、米国中部標準時に合わせて多くのパラレルセッションが行われました。世界中の研究者が集い、自分の研究分野に近い発表も多数あったため、大変刺激的な 5 日間となりました。



図 1: オンラインでの講演の様子

私は日本時間で 3 月 17 日の午後 10 時からのセッションにて“Spin Moiré Engineering of Emergent Electromagnetism”という題目で発表を行いました。本研究では、3 つの螺旋構造を重ね合わせることで得られる特異な磁気構造をスピンによるモアレパターンと捉え、螺旋磁気構造の重ね合わせの角度の変化による磁気構造の連続変形に由来するトポロジカルな性質として、ベリー位相を通じて創発する有効電磁場 (創発電磁場) の変調を理論的に解明しました。この磁気構造は、創発磁場の磁気モノポールと見なすことができるヘッジホッグというトポロジカル欠陥を有することから、二次元的な磁気構造であるスキルミオンとは定性的に異なる物性応答が期待され

ています。本研究では、磁化や重ね合わせの角度の変化によってこれらの欠陥が対消滅を起こすことを示し、その際に創発電磁場に特異な振る舞いが現れることを見出しました。また、このような変調が外部磁場によって引き起こされうることを明らかにしました。講演後には参加者から質問をいただき、有益な議論を行うことができました。指導教員である求幸年教授をはじめとする共同研究者の方々に支えられ、無事に発表を終えることができました。

最後に、本会議での口頭発表という貴重な機会を与えてくださった、芝内孝禎教授をはじめとする本新学術領域の関係者各位に心より感謝申し上げます。

---

清水宏太郎（東京大学大学院工学系研究科・物理工学専攻・博士課程一年）

## APS March Meeting 2021 への参加報告

石原 滉大

この度、新学術領域研究「量子液晶の物性科学」のご支援を賜り、3月15日から19日にかけて開催された APS March Meeting 2021 に出席し、口頭発表を行いましたのでご報告いたします。

この学会は新型コロナウイルスの世界的な感染拡大を受け、オンラインでの開催となりました。発表時間は全てアメリカの時間に合わせていたため、ライブで発表を聞くことが体力的に厳しい部分もありましたが、連日刺激的な研究結果や活発な議論に触れることができ、非常に充実した5日間となりました。

私は近年発見された新しいスピントリプレット超伝導体である  $UTe_2$  における磁場侵入長測定の結果を報告しました。 $UTe_2$  は様々な興味深い超伝導物性が報告されており、現在最も注目されている超伝導体の1つです。今回私は初めて  $UTe_2$  における実験結果を国際学会で発表したのですが、ホットトピックであったこともあり、多くの方に興味を持っていただけたのではないかと感じています。今回の学会では他にも多くの研究グループが  $UTe_2$  に関する最新の成果について発表を行っており、超伝導状態が次第に明らかになっていく様子を感じた一方で、未解明な点も多く残っていることを再認識させられました。この学会で得られた情報を今後の研究に活かしていきたいと思います。

また、APS March Meeting は物理系の国際学会で最も大きいものの一つであり、非常に幅広い分野の発表を聞くことができました。オンライン開催ではあったものの、このような会議に出席し、様々な研究者と情報共有をする機会は重要であると改めて感じました。

最後に、このような国際学会への参加を支援していただき、新学術領域研究「量子液晶の物性科学」の関係者各位には心より感謝申し上げます。

---

石原滉大（東京大学・新領域創成科学研究科・物質系専攻・博士後期課程2年）

## APS March meeting 2021 参加報告

向笠 清隆

この度、新学術領域研究「量子液晶の物性科学」にご支援いただきまして、3月15日から19日に開催された APS March meeting 2021 に参加し、口頭発表を行いました。APS march meeting では去年も口頭発表の予定だったのですが、新型コロナウイルスの影響で直前になって中止になり、発表することができませんでした。そのため今回が初めての APS での発表となりました。

今回はオンラインでの開催で、APS 独自の発表・質問の形式だったため、初め少し戸惑ってしまいました。発表者は zoom の画面から発表し、発表を聴く人は APS の web サイトから発表を聴き、質問フォームから質問をするという形式でした。また、口頭発表は録画され、後から発表を見ることができるようになっていました。普通なら聴くことができないような同時に行われるセッションも聴くことができ、アメリカの現地時間に合わせずに発表を聴くことができるという点で非常に便利でしたが、一方で、自分の発表が一定期間何度も世界中の人から見られる可能性があるということで、発表は非常に緊張しました。

今回、鉄系超伝導体  $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$  における圧力下電子相図に関する研究について口頭発表を行いました。発表を聴いてくださる方々の様子がわからないため内容が伝わっているか不安を感じながらの発表でしたが、自分の研究を多くの人に知っていただく有意義なものになったと感じています。また、APS は発表の件数が非常に多く、様々な内容の発表を聴くことができたことも大変勉強になりました。今後の研究を行ううえで貴重な経験であったと感じています。

最後に、今回の APS march meeting への参加を支援していただいた新学術領域研究「量子液晶の物性科学」の関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

---

向笠清隆 (東京大学・新領域創成科学研究科・博士課程2年)

## APS March Meeting 2021 への参加報告

六本木 雅生

この度、新学術領域研究「量子液晶の物性科学」のご支援を賜り、3月15日から19日にかけて開催された APS March Meeting 2021 に出席し、口頭発表を行いましたので報告いたします。APS March Meeting は物理学分野における最大級の国際学会となっており、例年はアメリカで開催されていますが、今年は新型コロナウイルスの影響により現地での開催が困難となったため、オンラインで開催されることとなりました。今回は「Low-energy quasiparticle excitations in a  $\text{BiCh}_2$ -based superconductor studied by magnetic penetration depth measurements」というタイトルで口頭発表を行い、 $\text{BiCh}_2$ 系超伝導体における unconventional な超伝導状態の兆候に関する結果の報告を行いました。私は今回が初めての国際会議参加の機会であったため、オンラインでの開催ということもあり、非常に緊張していました。しかし、運営の皆様のスムーズな進行によって恙なく発表を行うことができました。このような状況下でも会議の実施を可能にくださった APS の関係者の皆様には心より感謝申し上げます。ただ、オンラインでは質問などのやり取りが少なく、物足りなさを感じた部分もあったため、今後は現地での開催を行えることを願うばかりです。今回の会議の参加は今後の研究生活にもつながる貴重な経験となりました。しばらくはオンラインでのやり取りが続くとは思いますが、今後も積極的に学会等に参加し、多くの研究者と議論や情報共有をしていければと思います。最後に、本国際学会への参加を支援してくださった新学術領域研究「量子液晶の物性科学」の関係者各位には心より感謝申し上げます。

---

六本木 雅生(東京大学・新領域創成科学研究科・物質系専攻・修士課程2年)

## ●人事異動

京都大学 大学院理学研究科の笠原成特定准教授が、2021 年 4 月 1 日付で岡山大学 異分野基礎科学研究所 教授へ異動しました。

当領域の PD・特任研究員として、C01 班に山田武見氏（東京理科大学 理学部 ポストドクトラル研究員）と POHLE, Rico 氏（東京大学 大学院工学系研究科 特任研究員）が 2021 年 4 月 1 日付で着任しました。

## ●受賞報告

戸田泰則教授，“「日本シミュレーション学会 Outstanding Presentation Award」”，（一般社団法人日本シミュレーション学会，光渦に関する優れた学術講演に対して） 2019/11)

米澤進吾准教授，“IOP trusted reviewer status”，（IOP Publishing, IOP の出版する論文誌における質の高いピアレビューに対して） 2020/9)

<https://iopublishing.org/peer-review-excellence/>

永崎洋首席研究員，“JPSJ 閲覧者賞”，（Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ), JPSJ の編集閲読への協力に対して） 2021/3)

<https://journals.jps.jp/page/jpsj/referees/outstanding>

工藤一貴教授，“Superconductivity in  $\text{Ca}_{1-x}\text{La}_x\text{FeAs}_2$ : A Novel 112-Type Iron Pnictide with Arsenic Zigzag Bonds”，“日本物理学会第 26 回（2021 年）論文賞”，（日本物理学会，2021/3)

掲載誌 J. Phys. Soc. Jpn. 82, 123702 (2013)

<https://www.jps.or.jp/activities/awards/ronbunso/ronbun26-2021.php>

DOI : <https://doi.org/10.7566/JPSJ.82.123702>

遠山貴巳教授，“2020 年度東京理科大学優秀研究者特別賞”，（東京理科大学，2021/03/31)

金澤直也講師，“令和 3 年度文部科学大臣表彰若手科学者賞” （文部科学省，2021/4/14)

業績名：トポロジカルスピン構造における創発電磁物性の研究

[https://www.mext.go.jp/content/20210414-mxt\\_sinkou01-000013957\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210414-mxt_sinkou01-000013957_2.pdf)

## ●アウトリーチ

### A01 班 計画研究

岡本佳比古，一般向け講演会・セミナー：テクノ・フェア名大 2020, (名古屋大学, 2020/10/17)

<https://www.engg.nagoya-u.ac.jp/techno/techno2020/>

島川祐一，一般向け講演会・セミナー：“環境に優しい高効率冷却システムを実現する新酸化物エネルギー材料の発見”，（QLC チャンネルビデオ, 2021/4/7)

<https://www.youtube.com/watch?v=gcPOFqqtW9E&t=175s>

### A01 班 公募研究

佐々木孝彦，広報誌・パンフレット：“楽しい理科の話 2020-理科って楽しい BOOK”，（河北新報社・東京エレクトロン, 2020/11/10)

### B01 班 計画研究

向笠清隆、芝内孝禎, 一般向け講演会・セミナー: “量子液晶と関係した新しい超伝導状態を発見”, (QLC チャンネルビデオ, 2021/1/31)

<https://www.youtube.com/watch?v=jmY56ClqZ0>

安井勇氣、花栗哲郎, 一般向け講演会・セミナー: “伝導電子に浮かび上がる磁気構造”, (QLC チャンネルビデオ, 2021/2/24)

<https://www.youtube.com/watch?v=5IXhLYkZht0&t=22s>

村山陽奈子、笠原成, 一般向け講演会・セミナー: “物質中における極のないナノ電磁石の発見”, (QLC チャンネルビデオ, 2021/5/13)

<https://www.youtube.com/watch?v=BdrXMBpEnCY>

#### B01 班 公募研究

米澤進吾, 広報誌・パンフレット: “京都大学大学院理学研究科・理学部 弘報 218 号 研究紹介「超伝導の新種発見: ネマティックな超伝導」”, (京都大学, 2021/3/31)

<http://sci.kyoto-u.ac.jp/ja/about/publications/from-our-newsletter/218/activities.html>

#### C01 班 計画研究

Shannon Nic, 広報誌・パンフレット: “APS TV Film”, (APS WebsEdgeEducation, 2021/3/15)

M.-T. Huebsch, 有田亮太郎, 一般向け講演会・セミナー: “Ab initio prediction of magnetic structures”, (QLC チャンネルビデオ, 2021/4/8)

<https://www.youtube.com/watch?v=DHt8MT9FyiQ&t=21s>

#### D01 班 計画研究

岡崎浩三, イベント参加・出展: “バーチャル物性研究所 (オンライン一般公開)”, (東京大学物性研究所, 2020/10/24)

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=11501>

小林研介, 小中高向け授業・実験・実習: “進路講演会”, (学校法人ヴィアートル学園 洛星高等学校(京都市), 2020/10/31)

石坂香子, 一般向け講演会・セミナー: “理化学研究所 科学講演会”, (理化学研究所, 2020/11/3)

<https://www.riken.jp/pr/events/events/20201103/index.html>

石坂香子, イベント参加・出展: “International Symposium for High school students 高校生国際シンポジウム” (一般社団法人 Global Academy, 2021/3/25)

<https://www.glocal-academy.or.jp/symposium>

小林研介, 一般向け講演会・セミナー: “からみあう電子たち—量子液体における三体相関の検出”, (QLC チャンネルビデオ, 2021/5/31)

<https://www.youtube.com/watch?v=sVvOAO2bh1U>

## ●メディア報道

#### A01 班 計画研究

木村剛, “東大、磁性体に内在するミクロな四重極磁石の空間分布を可視化”, (日本経済新聞, 2020/7/9)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP537260\\_X00C20A7000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP537260_X00C20A7000000/)

岡本佳比古, “固体物質における「正三角形の分子」をとらえた！ – パイロクロア構造に現れた新しいタイプの電子の自己組織化–”, (academist Journal, 2020/7/27)

<https://academist-cf.com/journal/?p=13883>

木村剛, “東大・東北大・村田製作所、電場で誘起される旋光性を用いて結晶に内在する「時計回り・反時計回り」構造の空間分布を可視化”, (日本経済新聞, 2020/9/11)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP540103\\_Z00C20A9000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP540103_Z00C20A9000000/)

大串研也, “阪大・東北大・東大 はしご構造を持つ鉄系超伝導体において電子の軌道が入れ替わる軌道スイッチング現象を発見”, (日本経済新聞, 2020/12/3)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP601175\\_T01C20A2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP601175_T01C20A2000000/)

島川祐一, “冷却システム環境負荷低減 京大など酸化物材料発見”, (日刊工業新聞, 2021/3/25)

<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00592659>

岡本佳比古, “名大、磁場を加えると従来にない機構で体積が大きく膨張する物質を発見” (TECH+, 2021/4/12)

<https://news.mynavi.jp/article/20210412-1869830/>

岡本佳比古, “名古屋大、磁場中で体積変化する反強磁性体を発見”, (EE Times Japan, 2021/4/15)

<https://eetimes.jp/ee/articles/2104/13/news035.html>

岡本佳比古, “名古屋大、磁場中で体積変化する反強磁性体を発見”, (Yahoo News, 2021/4/16)

<https://news.yahoo.co.jp/articles/686d623bf8d870e28fd4789fabaadcf9548309ad>

島川祐一, “高効率冷却システム実現する新酸化物エネルギー材料発見”, (科学新聞, 2021/4/16)

島川祐一, “磁力や圧力でひんやり新物質 京大など研究チームが発見”, (朝日新聞デジタル版, 2021/6/21)

<https://www.asahi.com/articles/ASP6P4QMNP6LPLBJ001.html>

島川祐一, “熱制御 磁場・圧力で高効率、酸化物材 冷却機器を高性能化”, (日刊工業新聞, 2021/6/22)

島川祐一, “京大など、磁場と圧力で熱制御の実証成功／冷却機器小型化も”, (電気新聞, 2021/6/24)

島川祐一, “「酸化物新材料」京大・原子力機構など着目、「磁場と圧力」複数手法で冷却可能 大きな熱量効果・高効率な熱制御実現”, (科学新聞, 2021/6/25)

## B01 班 計画研究

花栗哲郎, “理研と東大、ナノメートルサイズの磁気渦構造が伝導電子に現れることを発見”, (日本経済新聞, 2020/11/23)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP600502\\_Q0A121C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP600502_Q0A121C2000000/)

芝内孝禎, “阪大・東北大・東大 はしご構造を持つ鉄系超伝導体において電子の軌道が入れ替わる軌道スイッチング現象を発見”, (日本経済新聞, 2020/12/3)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP601175\\_T01C20A2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP601175_T01C20A2000000/)

花栗哲郎, “磁気渦構造 伝導電子に出現 理研と東大が発見”, (日刊工業新聞, 2020/12/23)

<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00582752>

芝内孝禎, “東大・高エネ研、量子液晶と関係した新しい超伝導状態を発見”, (日本経済新聞, 2021/1/15)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP603215\\_V10C21A1000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP603215_V10C21A1000000/)

芝内孝禎, “東大と高エネ機構、新しい超伝導状態を発見 量子液晶と密接に関係”, (日刊工業新聞, 2021/1/19)

<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00585525?isReadConfirmed=true>

笠原成, 芝内孝禎, “京大と東大、イリジウム元素を含む酸化物で極のないナノ電磁石が形成されていることを発見”, (日本経済新聞, 2021/2/4)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP604555\\_U1A200C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP604555_U1A200C2000000/)

#### B01 班 公募研究

米澤進吾, “液晶のような超伝導の配向パターンの制御に成功 — ネマティック超伝導のドメインエンジニアリングへ”, (OplusE, 2020/8/26)

<https://www.adcom-media.co.jp/news/2020/08/26/34917/>

米澤進吾, “京大, ネマティック超伝導の配向パターンを制御”, (OPTRONICS ONLINE, 2020/8/26)

<https://optronics-media.com/news/20200826/67389/>

細井優, “阪大・東北大・東大、はしご構造を持つ鉄系超伝導体において電子の軌道が入れ替わる軌道スイッチング現象を発見”, (日本経済新聞, 2020/12/3)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP601175\\_T01C20A2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP601175_T01C20A2000000/)

#### C01 班 計画研究

有田亮太郎, “東大・原子力機構・理研、「悪魔の階段」の複雑な相転移現象において伝導電子の特殊な振る舞いを解明”, (日本経済新聞, 2020/6/8)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP535384\\_Y0A600C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP535384_Y0A600C2000000/)

有田亮太郎, “室温・ゼロ磁場で磁気熱電効果 20 倍 東大など鉄系材料発見”, (日刊工業新聞, 2020/7/10)

<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00564077>

有田亮太郎, 求幸年, “理研と東大、ナノメートルサイズの磁気渦構造が伝導電子に現れることを発見”, (日本経済新聞, 2020/11/23)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP600502\\_Q0A121C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP600502_Q0A121C2000000/)

有田亮太郎, “新たな金属確認 メモリー材料用”, (北國新聞, 2021/1/26)

<https://www.47news.jp/5764582.html>

有田亮太郎, “東大・理研・東北大など、複雑な磁気構造を高精度で効率よく理論予測できる計算手法の開発に成功”, (日本経済新聞, 2021/2/18)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP605368\\_Y1A210C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP605368_Y1A210C2000000/)

遠山貴己, “QST ら、極短パルス照射のモット絶縁体の変化発見”, (OPTRONICS ONLINE, 2021/4/26)

<https://optronics-media.com/news/20210426/72999/>

遠山貴己, “反強磁性モット絶縁物質におけるフェムト秒の電子スピン配列振動を発見 — 超高速磁性ダイナミクスの探査手法を提案 —”, (Optinews, 2021/4/27)

<https://optinews.info/2021/04/27/qst-4/>

#### C01 班 公募研究

柳瀬陽一, “京大と東大、イリジウム元素を含む酸化物で極のないナノ電磁石が形成されていることを発見”, (日本経済新聞, 2021/2/4)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP604555\\_U1A200C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP604555_U1A200C2000000/)

#### D01 班 計画研究

石坂香子, “東大・広島大・阪大、電荷密度波を形成する  $\text{VTe}_2$  の電子構造の解明に成功”, (日本経済新聞, 2020/5/18)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP534118\\_Y0A510C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP534118_Y0A510C2000000/)

有馬孝尚, “東大・高エネ研・理研、遷移元素を含む物質の「隠れた秩序」の観測に成功”, (日本経済新聞, 2020/6/4)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP535261\\_U0A600C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP535261_U0A600C2000000/)

岡崎浩三, “東大・原子力機構・理研、「悪魔の階段」の複雑な相転移現象において伝導電子の特殊な振る舞いを解明”, (日本経済新聞, 2020/6/8)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP535384\\_Y0A600C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP535384_Y0A600C2000000/)

有馬孝尚, “キラル二色性を示す磁化を持たない物質”, (科学新聞, 2020/6/19)

有馬孝尚, “理研と東大、ナノメートルサイズの磁気渦構造が伝導電子に現れることを発見”, (日本経済新聞, 2020/11/23)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP600502\\_Q0A121C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP600502_Q0A121C2000000/)

戸川欣彦, “磁気渦と反渦を観察—2次元磁性体の相転移現象に関与—”, (科学新聞, 2021/1/8)

小林研介, “東大と大阪市大、電子が量子力学的に絡み合う尺度となる三体相関を検出することに成功” (日本経済新聞, 2021/5/28)

[https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP611078\\_W1A520C2000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP611078_W1A520C2000000/)

#### **D01 班 公募研究**

金澤直也, “東大ら、固体中の電子の軌道を曲げる新機構を発見”, (OPTRONICS online, 2021/1/14)

<http://optronics-media.com/news/20210114/71496/>

## ●プレスリリース

#### **A01 班 計画研究**

島川祐一, “環境に優しい高効率冷却システムを実現する新酸化物エネルギー材料の発見—巨大圧力熱量効果による熱制御の実証—”, (京都大学, 2021/3/26)

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-03-26-0>

岡本佳比古, “磁場により体積が大きく膨張する新機構の発見—アクチュエータ材料開発の新舞台として期待—”, (名古屋大学, 2021/4/9)

[https://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload\\_images/20210409\\_engg1.pdf](https://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20210409_engg1.pdf)

島川祐一, “磁場と圧力でマルチに冷却可能な酸化物新材料—フェリ磁性電荷転移酸化物におけるマルチ熱量効果の実証—”, (京都大学, 2021/6/22)

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-06-22>

#### **B01 班 計画研究**

廣理英基, “レーザー光による固体内電子運動の操作で光の発生制御に成功—超高速な光制御・スイッチング素子や新しい光源の開発に期待—”, (京都大学, 2020/6/19)

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2020-06-19-0>

花栗哲郎, “伝導電子に浮かび上がる磁気構造—ナノスケールの磁気渦構造をなす新機構への手がかり—”, (理化学研究所, 2020/11/23)

[https://www.riken.jp/press/2020/20201123\\_1/](https://www.riken.jp/press/2020/20201123_1/)

芝内孝禎, “量子液晶と関係した新しい超伝導状態を発見”, (東京大学大学院新領域創成科学研究科, 2021/1/15)

<https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/press/3899.html>

芝内孝禎, “物質中における極のないナノ電磁石の発見—原子間ループ電流が引き起こす新しい電子状態を観測—”, (東京大学大学院新領域創成科学研究科, 2021/2/4)

<https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/press/3927.html>

笠原成, “物質中における極のないナノ電磁石の発見—原子間ループ電流が引き起こす新しい電子状態を観測—”, (京都大学, 2021/2/5)

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-02-05-0>

芝内孝禎, “配位高分子で実現する新奇な超伝導状態を発見”, (東京大学大学院新領域創成科学研究科, 2021/3/18)

<https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/press/3973.html>

#### **C01 班 計画研究**

有田亮太郎, “ワイル粒子を用いた不揮発性メモリ素子の原理検証に成功—ビヨンド5Gに向けた超高速駆動・超高密度メモリ開発に道—”, (理化学研究所, 2020/4/21)

[https://www.riken.jp/press/2020/20200421\\_1/index.html](https://www.riken.jp/press/2020/20200421_1/index.html)

有田亮太郎, “室温・ゼロ磁場で世界最高の磁気熱電効果を実現する鉄系材料”, (理化学研究所, 2020/4/28)  
[https://www.riken.jp/press/2020/20200428\\_1/index.html](https://www.riken.jp/press/2020/20200428_1/index.html)

有田亮太郎, “悪魔と取引した電子たち～磁性体における 40 年来の謎を解明～”, (理化学研究所, 2020/6/9)  
[https://www.riken.jp/press/2020/20200609\\_3/index.html](https://www.riken.jp/press/2020/20200609_3/index.html)

遠山貴己, “反強磁性電子と共存する高温超伝導電子 -銅酸化物高温超伝導体に潜む 30 年来の未解決問題に終止符-”, (東京理科大学, 2020/8/24)  
[https://www.tus.ac.jp/mediarelations/archive/20200824\\_3344.html](https://www.tus.ac.jp/mediarelations/archive/20200824_3344.html)

有田亮太郎, 求幸年, “伝導電子に浮かび上がる磁気構造～ナノスケールの磁気渦構造をなす新機構への手がかり～”, (東京大学大学院工学系研究科, 2020/11/24)  
[https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws\\_202011241121263381510926.html](https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws_202011241121263381510926.html)

有田亮太郎, “反強磁性体で世界最大の自発磁気効果をもつ低消費電力磁気メモリ材料”, (理化学研究所, 2021/1/26)  
[https://www.riken.jp/press/2021/20210126\\_2/index.html](https://www.riken.jp/press/2021/20210126_2/index.html)

有田亮太郎, “理論計算による高効率な磁気構造予測手法の開発に成功”, (東京大学大学院工学系研究科, 2021/2/18)  
[https://www.t.u-tokyo.ac.jp/foe/press/setnws\\_202102181316587759703432.html](https://www.t.u-tokyo.ac.jp/foe/press/setnws_202102181316587759703432.html)

遠山貴己, “反強磁性モット絶縁物質におけるフェムト秒の電子スピン配列振動を発見 — 超高速磁性ダイナミクスの探査手法を提案 —”, (東京理科大学, 2021/4/26)  
[https://www.tus.ac.jp/today/archive/20210423\\_1232.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20210423_1232.html)

#### C01 班 公募研究

柳瀬陽一, “物質中における極のないナノ電磁石の発見 — 原子間ループ電流が引き起こす新しい電子状態を観測 —”, (京都大学, 2021/2/5)  
<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-02-05-0>

#### D01 班 計画研究

小林研介, “磁気ゆらぎを利用した巨大磁気抵抗効果の観測に成功—単一結晶のみを用いた磁気デバイス応用への道—”, (大阪大学, 2020,2/26)  
[https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20200226\\_3](https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20200226_3)

石坂香子, “電荷密度波で電子構造の「ねじれ」をスイッチする～トポロジカル状態の高速制御に向けた新しい指針を開拓～”, (東京大学大学院工学系研究科, 2020/5/19)  
[https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws\\_202005191140261595066034.html](https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws_202005191140261595066034.html)

有馬孝尚, “遷移元素を含む物質の「隠れた秩序」の観測に成功 — 重い元素の示す奇妙な振る舞いの理解に向けて —”, (東京大学大学院新領域創成科学研究科, 2020/6/4)  
<https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/news/3657.html>

岡崎浩三, “悪魔と取引した電子たち～磁性体における 40 年来の謎を解明～”, 東京大学物性研究所, 2020/6/8)  
<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=10729>

中村飛鳥, 石坂香子, “せん断音響波のナノスケールイメージング—超高速時間分解電子顕微鏡で音響波の生成メカニズムを解明—”, (理化学研究所, 2020/6/12)  
[https://www.riken.jp/press/2020/20200612\\_3/index.html](https://www.riken.jp/press/2020/20200612_3/index.html)

小林研介, “原子層超伝導体に振動外場を加えて負の抵抗が実現！—新しい超伝導デバイスへの道—”, (大阪大学, 東京大学大学院理学系研究科 附属知の物理学研究センター, 2020/8/22)  
<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2020/6986/>

有馬孝尚, “伝導電子に浮かび上がる磁気構造—ナノスケールの磁気渦構造をなす新機構への手がかり—”, (理化学研究所, 2020/11/23)  
[https://www.riken.jp/press/2020/20201123\\_1/](https://www.riken.jp/press/2020/20201123_1/)

小林研介, “からみあう電子たち — 量子液体における三体相関の検出”, (東京大学大学院理学系研究科 附属知の物理学研究センター, 2021/5/28)

<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2021/7412/>

石坂香子, “柔らかいスキルミオンの挙動を解明—10 億分の 1 秒の精度でムービー計測—”, (理化学研究所, 2021/6/17)

[https://www.riken.jp/press/2021/20210617\\_1/](https://www.riken.jp/press/2021/20210617_1/)

#### D01 班 公募研究

金澤直也, 固体中の電子の軌道を曲げる新しい機構の発見～非共面スピン集団がもたらす巨大電子散乱～, (東京大学大学院工学系研究科, 2021/1/13)

[https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws\\_202101131404322633373473.html](https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws_202101131404322633373473.html)

### ●開催報告

#### 令和 2 年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会をオンライン開催しました。

日時：2020 年 12 月 21 日（月）～25 日（金）

プログラム：[http://qlc.jp/wp-content/uploads/2020/12/20201221-1225\\_FYR02-QLCmeeting\\_program\\_rev.1214.pdf](http://qlc.jp/wp-content/uploads/2020/12/20201221-1225_FYR02-QLCmeeting_program_rev.1214.pdf)

第 2 回 QLC 若手研究奨励賞を授与しました。

奥村 駿 氏（東大工受賞当時、現東大物性研）

“Photovoltaic Effect and Second Harmonic Generation in Chiral Magnetic Metals”

佐藤 樹 氏（東大新領域）

“Observation of antiferromagnetic domain wall motion driven by electric and magnetic fields”

島本 雄介 氏（大阪府立大工）

“Detection of phonon modes in a chiral spin soliton lattice using broadband magnetic resonance spectroscopy”

（HP 掲載先）<http://qlc.jp/2020/10/15/fyr02qlcmeeting/>

#### 第 1 回 QLC 若手コロキウムをオンライン開催しました。

日時：2021 年 2 月 26 日（金）13:30～14:30

講演者：第 1 回 QLC 若手研究奨励賞の受賞者、2 名

講演者 1：石田 浩祐 氏（東京大学大学院新領域創成科学研究科）

タイトル：Non-magnetic nematic quantum criticality in  $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$

講演者 2：田財 里奈 氏（名古屋大学大学院理学研究科）

タイトル：量子ネマティック秩序の発現機構及び熱力学的性質の理論研究

アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/01/13/1stqlcyoungecolloquium/>

担当：和達大樹（兵庫県立大学）

#### 第 2 回 QLC 若手コロキウムをオンライン開催しました。

日時：2021 年 4 月 5 日（月）13:00～14:40

講演者 1：清水 宏太郎 氏（東京大学大学院工学系研究科）

タイトル：多重 Q トポロジカル磁気テクスチャにおけるフェーズン

講演者 2：高橋 龍之介 氏（兵庫県立大学大学院理学研究科）

タイトル：Synthesis and superconducting properties of  $\text{EuSn}_2\text{As}_2$

講演者 3：藤原 秀行 氏（東北大学大学院理学研究科）

タイトル：Kitaev スピン液体候補物質  $\text{RuX}_3$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) の配位子置換効果

講演者 4：堀 惣介 氏（大阪大学大学院理学研究科）

タイトル：二層膜  $\text{CoFeB}/\text{SrIrO}_3$  におけるスピンホール磁気抵抗効果

講演者 5：SAIKA Bruno Kenichi 氏（東京大学大学院工学系研究科）

タイトル：Electronic structure of  $\text{Cr1/3NbSe}_2$  epitaxial thin films studied by angle-resolved photoemission spectroscopy.

アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/03/17/2ndqlcyoungecolloquium/>

担当：和達大樹（兵庫県立大学）

#### 第 20 回 QLC セミナーをオンライン開催しました。

講師：大上 能悟氏 (Imperial College London)  
日時：2021年4月27日(火) 15:00～ Zoomにて開催  
場所：茨城大学(水戸キャンパス)  
タイトル：表面・界面で不均一性が誘発する光学現象たち  
アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/04/15/20thqlcseminar/>  
担当：佐藤正寛(茨城大)

### International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021)をオンライン開催しました。

日時：2021年5月11日(火)～13日(木)  
Program：[http://qlc.jp/wp-content/uploads/2021/04/QLC2021\\_Program\\_HP.pdf](http://qlc.jp/wp-content/uploads/2021/04/QLC2021_Program_HP.pdf)  
(HP掲載先) <http://qlc.jp/2020/11/26/qlc2021/>  
Program committee (Chair)：遠山貴己(東京理科大)

### 第21回 QLC セミナーをオンライン開催しました。

講師：多田 靖啓氏(広島大学大学院先進理工系科学研究科)  
日時：2021年5月26日(水) 15:00～ Zoomにて開催  
タイトル：強相関ディラック電子系における磁場誘起量子臨界現象と反磁性  
場所：茨城大学(水戸キャンパス)  
アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/05/11/21stqlcseminar/>  
担当：佐藤正寛(茨城大)

### 第3回 QLC 若手コロキウムをオンライン開催しました。

日時：2021年6月1日(火) 13:30～15:00  
講演者：第2回 QLC 若手研究奨励賞、受賞者3名  
講演者1：奥村 駿氏(東京大学物性研究所)  
タイトル：金属磁性体に現れる磁気ヘッジホッグ格子の理論研究  
講演者2：佐藤 樹氏(東京大学大学院新領域創成科学研究科)  
タイトル：磁気キラル効果による反強磁性磁区・磁壁駆動の直接観測  
講演者3：島本 雄介氏(大阪府立大学大学院工学研究科)  
タイトル：キラルスピンソリトン格子の磁気共鳴  
アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/05/01/3rdqlcyoungcolloquium/>  
担当：和達大樹(兵庫県立大学)

### 第22回 QLC セミナーをオンライン開催しました。

講師：Prof. Johan Chang (Physik-Institut, Universität Zürich)  
日時：2021年6月16日(水) 17:00～ Zoomにて開催  
タイトル：Electron-Phonon-Coupling and Charge Stripe Order in the cuprates  
アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/06/07/22ndqlcseminar/>  
担当：紺谷浩(名古屋大学)

### 第23回 QLC セミナーをオンライン開催しました。

講師：荒川 智紀氏(産業技術総合研究所)  
日時：2021年7月1日(木) 10:30～ Zoomにて開催  
タイトル：円偏波マイクロ波で見るマグノン系・電子系の電磁気応答  
アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/06/09/23rdqlcseminar/>  
担当：芝内孝禎(東大新領域)

### 第24回 QLC セミナーをオンライン開催しました。

講師：大同 暁人氏(京都大学大学院理学研究科)  
日時：2021年7月12日(月) 10:30～ Zoomにて開催  
タイトル：Proposal of the intrinsic superconducting diode effect  
アブストラクト：<http://qlc.jp/2021/06/25/24thqlcseminar/>

担当：紺谷浩（名古屋大学）

## ●支援プログラムの紹介

総括班では、若手育成支援プログラムとして、(1) 海外派遣支援、(2) 交換プログラム、(3) 若手研究奨励賞、国際活動支援プログラムとして、(1) 国際会議開催および支援、(2) 海外研究者招聘・国際ビデオ講義、(3) シンポジウム提案、研究活動支援プログラムとして、(1) 研究会主催、(2) QLC セミナー、(3) 共同研究支援、などの支援プログラムを実施しています。今回は、主にオンライン開催された APS March Meeting への参加に利用されました。本ニュースレターに、報告書が掲載されていますので、ご覧ください。

## ●今後の予定

### 第4回 QLC 若手コロキウムをオンライン開催します。

日時：2021年9月27日（月） 午後

講演者1：古谷 峻介氏（茨城大学）

講演者2：POHLE Rico氏（東京大学）

講演者3：山田 武見氏（東京理科大学）

講演者4：呉 紘丞氏（東北大学）

講演者5：秋葉 俊宏氏（北海道大学）

講演者6：劉 子揚氏（名古屋大学）

担当：和達大樹（兵庫県立大学）

（HP掲載先）<http://qlc.jp/2021/07/05/4thqlcyoungcolloquium/>

## ●編集後記

先日、International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021)がオンライン開催されました。次号のニュースレターで詳細をお伝えします。本新学術も中間評価の時期を迎え、本ニュースレターも今号が折り返し地点となります。引き続きお付き合いのほど、どうぞよろしくお願い申し上げます。

量子液晶ニュースレター編集局： 小林研介(東京大学) [kensuke@phys.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:kensuke@phys.s.u-tokyo.ac.jp)

永崎洋(産総研) [h-eisaki@aist.go.jp](mailto:h-eisaki@aist.go.jp)

岡崎浩三(東大物性研) [okazaki@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:okazaki@issp.u-tokyo.ac.jp)



## **量子液晶の物性科学**

文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究」（令和元年度～5年度）

新学術領域研究

「量子液晶の物性科学」ニュースレター 第5号

2021年7月 発行

領域事務局：[office@qlc.jp](mailto:office@qlc.jp)

領域ホームページ：<http://qlc.jp/>