

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K05535

研究課題名（和文）ナノ超流動ヘリウム3の創成と新奇準粒子状態の局所検出

研究課題名（英文）Creation of nano superfluid 3He local detection of novel quasiparticle states

研究代表者

野村 竜司（Nomura, Ryuji）

北海道大学・工学研究院・教授

研究者番号：00323783

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：微小な力学センサーを用い、ナノメートルスケールの狭い空間中に閉じ込められた超流動ヘリウム3の局所応答をから、ナノ超流動ヘリウム3の相図の全貌を明らかにすることが目的であった。しかしながら、研究期間途中で代表者が北海道大学に異動となった。異動後に超低温実験の立ち上げ作業と並行して、低温実験の立ち上げ作業が終了した装置を用いて、超流動液滴の滴下現象を詳細に調べた。超流動ヘリウム4の液滴の運動を高速度カメラで可視化し、新奇な非平衡現象を探索した。液滴の落下において、液滴の大振幅振動の影響で落下周期に顕著な離散化あるいは量子化が起ることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

容器に入れた超流動ヘリウムは、容器表面を這い上がり勝手にあふれ出すことが知られている。溢れ出た超流動ヘリウムは容器底面から滴り落ちる。この超流動液滴の滴下現象を高速度カメラで可視化し、超流動流体に特有の現象を探索した。液滴の大振幅振動の影響で落下周期に離散化が起ることを見出した。これは量子液体の表面波であるリップロンが、滴下過程と共鳴を起こしたとして理解できる。水の滴下ではカオスの影響で周期が不規則化することが知られているが、超流動液滴の落下においては、カオスが抑制されるという予想外の振る舞いを発見した。新たな超低温冷却原理の開拓にも繋がる新現象である。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to elucidate the phase diagram of nano-scale superfluid 3He from the local response of the superfluid confined in a narrow space using a micro-mechanical sensor. However, the representative researcher was transferred to Hokkaido University during the research period. After the transfer, in parallel with the start-up work of the ultra-low temperature experiment, we investigated the dropping phenomenon of superfluid droplets in detail using the equipment that had completed the start-up work of the low-temperature experiment. We visualized the motion of droplets of superfluid 4He with a high-speed video camera and explored novel non-equilibrium phenomena. It was found that during the dripping of a droplet, the dripping period is discretized or quantized due to the influence of the large-amplitude oscillation of the droplet.

研究分野：低温物理学

キーワード：超流動ヘリウム3 トポロジカル超流動 マヨラナフェルミオン 非ユニタリー超流動 アンドレーエフ束縛状態 量子液滴 リップロン 超流動流体力学

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

超流動  $^3\text{He}$  は最も早く見出された異方的 BCS 状態であり、不純物等によって影響されない実験により、早くからスピン 3 重項 p 波凝縮状態が確立している。多自由度のために複数種のヒッグスモード(秩序変数の振幅モード)が存在するが、その励起エネルギーが超音波分光により求められ、相の対称性が明確に決められた歴史がある。また近年、超流動  $^3\text{He}$  はトポロジカル超流体であり、そのギャップレス表面状態が粒子と反粒子が等価なマヨラナモードであるとの理論が出て以来、トポロジカル物質の典型として新たな注目を集めている。我々はこのような指摘がされる前から、横波音響抵抗測定により表面状態の観測をしていた。この表面状態が、トポロジカル物質に特有のバルク-エッジ対応によって生じた表面マヨラナモードであるとの解釈が可能となった。また壁の鏡面度を  $^4\text{He}$  薄膜でコートすることにより変化させ、鏡面度が高い(乱れが小さい)ときには表面状態が線形分散関係を持つことを示すことができた。壁のラフネスによる特異な散乱過程も観測しているが、これはマヨラナ性の直接の反映と解釈されている。トポロジカル超伝導は世界的にも活発に研究されており、その候補物質はいくつも存在するが、確定しているものは皆無であると言って良い。そのような状況で、対状態が完全に決定されている超流動  $^3\text{He}$  において、我々が世界的にも早い時期に表面状態を確認したことは、トポロジカル理論の正当性を保証する上でも重要な結果との評価を受けている。ただしこの測定は、バルク超流動  $^3\text{He}$  に隣接したマクロ表面での観測である。次なる展開として、 $^3\text{He}$  のナノ化とそこでの局所準粒子観測が望まれた。

ナノメートルスケールの空間に超流動  $^3\text{He}$  を閉じ込めたナノ超流動  $^3\text{He}$  の実現は世界的に見ても大きな潮流になる兆しがあり、複数のグループが取り組みを始めていた。しかし確たる成果を出しているグループはまだ少なく、どの研究も萌芽段階と言えた。電子系のナノ物理は、それまで盛んに研究され成熟期にあることと比較して、遅れているとの印象を持たれるかも知れないが、これには理由がある。電子系のナノ物理研究は、微細構造を作って電気的測定をすれば良いわけだが、電気的に中性の  $\text{He}$  ではそうは行かない。(核スピンの情報を得る NMR を除けば)超流動  $^3\text{He}$  を調べるためには力学応答を検出する必要があり、超低温かつナノ領域で働く力学振動子を開発する必要があった。電子系に少し遅れて、ナノ超流動  $^3\text{He}$  の研究が立ち上がった所以である。ナノ加工技術が進展し、弾性表面波 (surface acoustic wave, SAW) センサーや微小電気機械システム (micro-electro-mechanical system, MEMS) を超低温度の超流動  $^3\text{He}$  研究に適用する絶好のタイミングとなっていた。

### 2. 研究の目的

MEMS などの微小な力学センサーを用い、ナノメートルスケールの狭い空間中に閉じ込められた超流動ヘリウム 3 の局所応答をから、ナノ超流動ヘリウム 3 の相図の全貌を明らかにすることが目的であった。超流動相間長と同程度のナノスケールの空間に超流動ヘリウム 3 を閉じ込めると、2次元 A 相、ストライプ相、ヘリカル相、ポラー相などの新相が生じるとの理論的提案があった。秩序変数集団モードによる高周波音波の共鳴吸収や MEMS の力学応答測定から各相の対称性を決めることも目的であった。2021 年度に代表者が北海道大学に異動となった。異動後は超低温実験の立ち上げ作業に注力した。これと並行して、ナノスケールの膜厚を持つ超流動薄膜の流体挙動(フィルムフロー)や、フィルムフローに伴う超流動液滴の滴下現象の詳細を調べることも目的とした。

### 3. 研究の方法

対向する平面基板と SAW 基板との間に生成した薄膜状ナノ超流動  $^3\text{He}$  の相図を、SAW による高周波音響測定から決定する。SAW は、単一の超流動  $^3\text{He}$  表面に感度を持つ音響プローブである。SAW 基板の種類により、縦波あるいは横波応答の一方のみを調べることが可能であり、それぞれヒッグスモードあるいはマヨラナモードを選択的に検出できる。高周波測定であるため、これら新奇準粒子状態の分光的情報が得られる。また、MEMS で作成したヒーターと温度計を微小チャンパー内に仕込み、チャンパーに開けた単一のナノスケールの穴中に生成した円柱状ナノ超流動  $^3\text{He}$  の熱伝導度を測定する。トポロジカル相のエッジ流やサイズ効果によるギャップ生成、ストライプ相に現れるゼロエネルギー状態など、ナノ空間中では低エネルギー準粒子状態の顕著な変化が期待できるので、熱伝導度測定の有効性は高い。

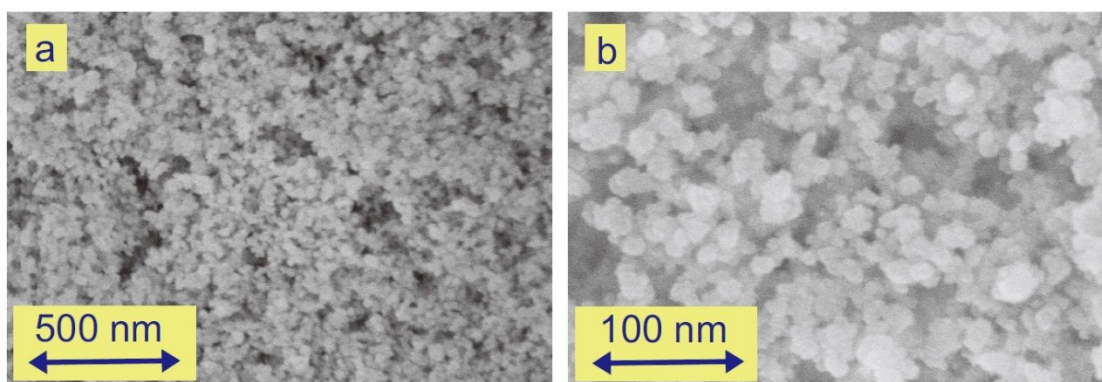
ナノスケールの膜厚を持つ超流動  $^4\text{He}$  薄膜の流体挙動を、壁面の粗さを変化させることにより制御することを試みた。また超流動液滴がフィルムフローによって容器底から落下する様子を可視化して調べた。容器底に形成した液滴にフィルムフローによって超流動  $^4\text{He}$  が流れ込むことにより、液滴が容器底で成長し、遂には重力によって落下した。この落下挙動を高速度カメラで可視化した。

### 4. 研究成果

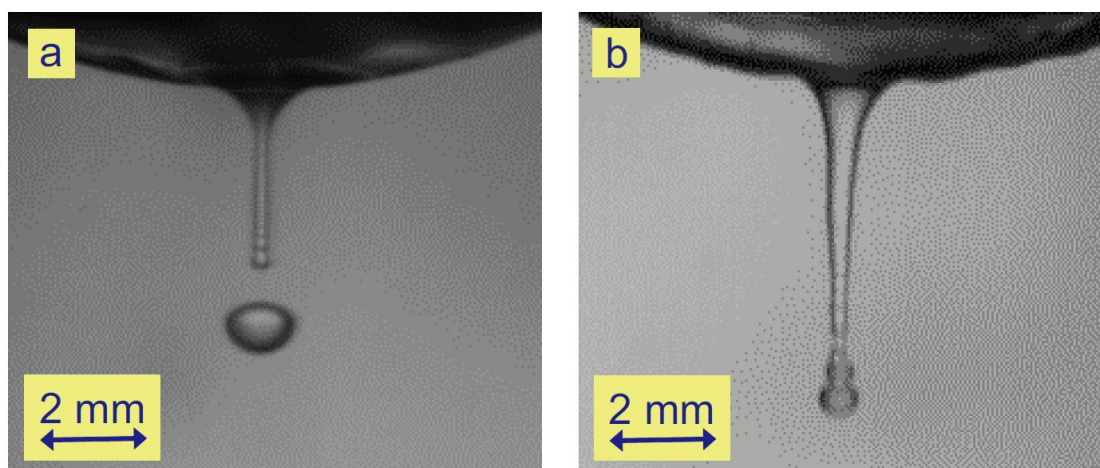
フロリダ大学との共同研究により、水晶振動子と MEMS の同時測定によって、幅広い周波数域で

の力学応答を調べることにより、スピン状態依存する力学応答の起源を明らかにしようとした。また高磁場磁場中で、振動子を超低温を保ちつつ回転させて、力学応答の磁場との角度依存性の測定も試みた。高磁場中の超流動ヘリウム 3 の高周波横波インピーダンス測定のセットアップを終えて、全体を組み上げ冷却実験を開始した。しかし、新型コロナの蔓延による研究制限を受けて、超低温実験を中断した。また 2021 年度に代表者が北海道大学に異動となり、超低温実験の立ち上げ途上であり、超流動 3He 実験を迫るには至っていない。

一方で超低温実験の立ち上げと並行して行った、ナノスケールの膜厚を持つ超流動 4He 薄膜の実験では進展があった。超流動 4He が入ったガラスカップの表面に超流動 4He で出来た薄膜が形成され、薄膜中を超流動流が流れることによりカップの中身が外に漏れ出す現象はフィルムフローとして知られている。しかしながら、フィルムフローの流量が安定しないことが間々ある。我々はこのフィルムフローの流量を安定して簡便に増加させる方法を見出した。市販の撥水用のガラスコーティング剤 (Glaco Mirror Coat Zero, Soft99 Co.) でガラス表面をコートするとフィルムフローの流量が増加した。やるべきことは室温で予めガラスカップにスプレーし乾かすだけである。コートしない場合と比べて、約 10 倍の流量の増加があり、カップの底から液体が連続的に流れ出した。この増加量は、コートによる実効周囲長の増加により説明できた。また室温と He 温度の間の数回の熱サイクルを経た後でも、コートの効果は持続した。



ガラスコーティング剤でコートした表面の電子顕微鏡写真



流量が少ない場合 (左) と大きい場合 (右) の容器底からの超流動流

またこのフィルムフローに伴う超流動液滴の滴下現象の詳細を調べた。フィルムフローによってガラスカップの下部から滴り落ちる液滴の滴下周期を測定した結果、離散的に分布していることがわかった。カップの下部から超流動 4He の液滴が落下する様子を観察したところ、液滴は大きな振幅で振動しながら成長し最終的にはカップから分離し、液滴の一部は残って振動を再開する、という振る舞いを繰り返していた。この大振幅振動は滴下するまでほとんど減衰しないという特徴があった。液滴の振動の回数と滴下周期に線形の関係があることがわかった。これは液滴の下面が下に向かう振動の位相で、必ず液滴が滴下するという意味する。

液滴の振動と滴下の関係については水の場合では先行研究がある。チューブの先から水が滴り落ちる系について、滴下周期にカオス的挙動が見られることが知られている。超流動 4He 液滴では、大振幅の振動によりカオスが抑制されているとして理解できる。大振幅振動は粘性の無い超

流動体でのみ実現すると考えられるので、観測された滴下周期の離散化は超流動体に固有の現象と言える。

## 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 Onodera Keita, Nagatomo Ryuma, Kashimoto Shiro, Nomura Ryuji	4. 巻 91
2. 論文標題 A Simple Way to Enhance the Film Flow of Superfluid 4He by Coating	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 065005-1-2
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.91.065005	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 Saito Mutsuki, Takagishi Ryunosuke, Kurita Nobuyuki, Watanabe Masari, Tanaka Hidekazu, Nomura Ryuji, Fukumoto Yoshiyuki, Ikeuchi Kazuhiko, Kajimoto Ryoichi	4. 巻 105
2. 論文標題 Structures of magnetic excitations in the spin-12 kagome-lattice antiferromagnets Cs <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> SnF <sub>12</sub> and Rb <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> SnF <sub>12</sub>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 064424-1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.105.064424	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 Nomura R., Okuda Y.	4. 巻 92
2. 論文標題 Colloquium: Quantum crystallizations of He <sub>4</sub> in superfluid far from equilibrium	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Reviews of Modern Physics	6. 最初と最後の頁 041003-1-23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/RevModPhys.92.041003	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 野村 竜司、奥田 雄一	4. 巻 47
2. 論文標題 超流動液体から生じる4He量子結晶の平衡形と非平衡形	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本結晶成長学会誌	6. 最初と最後の頁 03-1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.19009/jjacg.47-4-03	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 Nomura Ryuji, Matsuda Hirofumi, Okuda Yuichi	4. 巻 88
2. 論文標題 Crystallization Onset of Liquid Pockets via Mass Flow through Solid 4He in Aerogel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 035003 ~ 035003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.035003	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 Nomura Ryuji, Matsuda Hirofumi, Okuda Yuichi	4. 巻 87
2. 論文標題 Crystallization of 4He in Aerogel with Warming	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 115001 ~ 115001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.115001	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. Yoshida, A. Tachiki, R. Nomura, and Y. Okuda	4. 巻 86
2. 論文標題 Inchworm Driving of 4He Crystals in Superfluid	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 074603-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.86.074603	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 Nomura Ryuji, Abe Haruka, Okuda Yuichi	4. 巻 19
2. 論文標題 Asymmetry in melting and growth relaxation of 4He crystals in superfluid after manipulation by acoustic radiation pressure	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 New J. Phys.	6. 最初と最後の頁 023049-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/aa5b54	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 -

〔学会発表〕 計38件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 22件）

1. 発表者名 永友隆真, 小野寺啓太, 柏本史郎, 青木悠樹, 野村竜司
2. 発表標題 フィルムフローによる超流動4He液滴の落下周期II
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 小野寺啓太, 永友隆真, 柏本史郎, 青木悠樹, 野村竜司
2. 発表標題 超流動4He液滴と水滴の落下挙動の比較II
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 小野寺啓太, 永友隆真, 柏本史郎, 青木悠樹, 野村竜司
2. 発表標題 超流動4He液滴と水滴の落下挙動の比較
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永友隆真, 小野寺啓太, 柏本史郎, 青木悠樹, 野村竜司
2. 発表標題 フィルムフローによる超流動4He液滴の落下周期
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永友隆真, 小野寺啓太, 柏本史郎, 野村竜司
2. 発表標題 超流動4Heのフィルムフローの流量を増加させる簡便な手法
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Onodera, R. Nagatomo, S. Kashimoto, Y. Aoki, and R. Nomura
2. 発表標題 Dripping character of superfluid 4He droplets
3. 学会等名 International Conference on Ultra Low Temperature Physics (ULT2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Onodera, R. Nagatomo, S. Kashimoto, and R. Nomura
2. 発表標題 Increasing the film flow rate of 4He by coating
3. 学会等名 International Conference on Ultra Low Temperature Physics (ULT2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Nagatomo, K. Onodera, S. Kashimoto, Y. Aoki, and R. Nomura
2. 発表標題 Dripping Period of Superfluid 4He due to Film Flow
3. 学会等名 International Conference on Ultra Low Temperature Physics (ULT2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 R. Nagatomo, K. Onodera, S. Kashimoto, and R. Nomura
2. 発表標題 Dripping Period of Superfluid 4He via Film Flow
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Onodera, R. Nagatomo, S. Kashimoto, and R. Nomura
2. 発表標題 Enhancing the Film Flow of Superfluid 4He by Coating
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Onodera, R. Nagatomo, S. Kashimoto, and R. Nomura
2. 発表標題 Falling Behavior of Superfluid 4He Droplets
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Nomura
2. 発表標題 Quantum Crystallizations of 4He Far from Equilibrium (half plenary talk)
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤睦己, 高岸龍之介, 栗田伸之, 渡邊正理, 野村竜司, 福元好志, 池内和彦, 梶本亮一, 田中秀数
2. 発表標題 S=1/2カゴメ格子反強磁性体Cs <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> SnF <sub>12</sub> におけるスピノン励起
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Nomura and Y. Okuda
2. 発表標題 Falling of 4He Crystals in Superfluid
3. 学会等名 QFS2021 International Online Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Nomura and Y. Okuda
2. 発表標題 Inchworm Driving of 4He Crystals
3. 学会等名 QFS2021 International Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤睦己, 高岸龍之介, 渡邊正理, 栗田伸之, 野村竜司, 池内和彦, 中島健次, 梶本亮一, 福元好志, 田中秀数
2. 発表標題 S=1/2カゴメ格子反強磁性体Cs <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> SnF <sub>12</sub> の磁気励起
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野村竜司
2. 発表標題 平衡下および非平衡下における4Heの結晶形
3. 学会等名 ワークショップ「固液を区別するパラメタ 長距離秩序か配向秩序か」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村竜司
2. 発表標題 超流動3He-B相の表面マヨラナ励起
3. 学会等名 第12回トポロジ-連携研究会「マヨラナ励起の実証に向けて」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村竜司, 奥田雄一
2. 発表標題 冷却によるエアロジェル中の4He液滴の結晶化
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高岸龍之介, 栗田伸之, 渡邊正理, 野村竜司, 田中秀数, 池内和彦, 中島健次, 梶本亮一
2. 発表標題 S=1/2籠目格子反強磁性体Cs <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> SnF <sub>12</sub> における分数スピン励起
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Nomura and Y. Okuda
2. 発表標題 Liquid Pocket Formation and Its Crystallization Onset via Mass Flow through Solid 4He in Aerogel
3. 学会等名 International Conference on Quantum Fluids and Solids (QFS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Nomura, H. Abe, and Y. Okuda
2. 発表標題 Asymmetry in Melting and Growth Relaxations of 4He Crystals after Manipulation by Acoustic Radiation Pressure Pulse
3. 学会等名 International Conference on Quantum Fluids and Solids (QFS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村竜司, 吉田太地, 立木英, 奥田雄一
2. 発表標題 4He結晶の尺取虫駆動
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村竜司
2. 発表標題 機械振動子を用いたトポロジカル超流体研究の進展
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会 シンポジウム「超低温技術が切り拓く超流動・超伝導研究の新展開」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Nomura, T. Takahashi, H. Minezaki, A. Suzuk, K. Obara, K. Itaka, and Y. Okuda
2 . 発表標題 Contact Angles of 4He Crystals on Smooth and Rough Walls
3 . 学会等名 12th International Conference on Cryocrystals and Quantum Crystals (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Nomura
2 . 発表標題 Crystallization Dynamics of 4He in Aerogels
3 . 学会等名 12th International Conference on Cryocrystals and Quantum Crystals (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Nomura, T. Takahashi, H. Minezaki, A. Suzuki, K. Obara, K. Itaka, and Y. Okuda
2 . 発表標題 Wetting Property of 4He Crystals on a Rough Wall
3 . 学会等名 International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Nomura, T. Yoshida, A. Tachiki, and Y. Okuda
2 . 発表標題 Inchworm Driving of 4He Crystals in Superfluid
3 . 学会等名 International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2018 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Nomura, K. Akiyama, and Y. Okuda
2 . 発表標題 Surface Majorana states of topological superfluid 3He
3 . 学会等名 International Workshop on Symmetry and Topology in Condensed-Matter Physics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Akiyama, R. Nomura, and Y. Okuda
2 . 発表標題 Effects of Perpendicular Magnetic Field on Topological Surface States in Superfluid 3He-B
3 . 学会等名 International Conference on Topological Materials Science 2017 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Nomura and Y. Okuda
2 . 発表標題 " Supersolidity " Assisted Crystallization of 4He in Aerogels
3 . 学会等名 International Conference on Topological Materials Science 2017 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Nomura, H. Abe, and Y. Okuda
2 . 発表標題 Anomalous Asymmetry in Melting and Growth Relaxations of 4He Crystals after Manipulation by Acoustic Radiation Pressure
3 . 学会等名 The 28th International Conference on Low Temperature Physics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Nomura and Y. Okuda
2. 発表標題 Contact Angles of 4He Crystals on a Rough Wall
3. 学会等名 The 28th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Nomura, K. Akiyama, and Y. Okuda
2. 発表標題 Surface Majorana states of topological superfluid 3He
3. 学会等名 ULT 2017 Frontiers of Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryuji Nomura
2. 発表標題 Crystallization dynamics of 4He far from equilibrium
3. 学会等名 ULT 2017 Frontiers of Low Temperature Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野村竜司
2. 発表標題 トポロジカル超流動3Heの新奇準粒子状態
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野村竜司, 阿部陽香, 奥田雄一
2. 発表標題 変形した4He結晶が示す成長・融解緩和過程の非対称性
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野村竜司, 高橋拓也, 峯崎裕基, 鈴木茜, 小原顕, 伊高健治, 奥田雄一
2. 発表標題 4He結晶の濡れ特性の制御
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017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
研究 分 担 者	阿部 陽香	国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・主任研究員	
	(Abe Haruka)		
	(70462835)	(82626)	

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
---------	---------