科学研究費助成事業

研究成果報告書

1版



今和 2 年 4 月 2 4 日現在

機関番号: 24402 研究種目: 基盤研究(C)(一般) 研究期間: 2017~2019 課題番号: 17K05548 研究課題名(和文)超流体・常流体の完全結合ダイナミクス

研究課題名(英文)Fully coupled dynamics of superfluid and normal fluid

研究代表者

坪田 誠(Tsubota, Makoto)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号:10197759

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):量子流体力学および量子乱流の研究を行った。[超流動ヘリウム] 1941年にランダウ が提案した2流体モデルは超流動現象を記述する強力な現象論的モデルだが、両者の運動方程式を連立させて解 かれたことはほとんどない。本研究では、超流体のダイナミクスを量子渦糸モデルで、常流体をナヴィエ・スト ークス方程式で記述し、両者は相互摩擦で結合、連立させて解き、史上初めて、超流体と常流体の結合ダイナミ クスを明らかにすることができた。[原子気体BEC]箱形ポテンシャルに閉じ込められたBECに対し振動でエネルギ ーを注入し、ポテンシャルの高さを変えて、乱流のエネルギーカスケードの観測に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義 乱流は基礎科学から応用科学まで、広い分野で研究されて来たが、未だ十分な解明には至っていない。超流動へ リウムや原子気体BECなどの低温の量子凝縮系では、量子渦の出現に象徴されるように、通常の乱流よりも簡単 な「乱流の雛形」が提供されると期待されている。本研究で得られた、超流動へリウムの2流体モデルにおける 乱流、および原子気体BECの乱流で得られた知見は、普通の乱流の理解にも資する。

研究成果の概要(英文):We study numerically quantum hydrodynamics and quantum turbulence. superfluid helium, our main result is to reveal the fully coupled dynamics of the two-fluid (superfluid and normal-fluid) model. The superfluid is described by the vortex filament mode and the normal fluid is described by the Navier-Stokes equation, and they interact through the mutual friction. Considering the thermal couterflow, we succeeded in obtaining the anomalous fluctuation of the normal fluid velocity caused by the vortex tangle; the results are qualitatively consistent with the recent visualization experiments. Another important result is observing the energy cascade of turbulence in a Bose-Einstein condensate trapped by a box potential.

研究分野: 低温物理学

キーワード: 量子流体力学 量子乱流 量子渦 超流動ヘリウム 原子気体ボース・アインシュタイン凝縮 乱流

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、研究者個人に帰属されます。

様 式 C-19、F-19-1、Z-19(共通)

1.研究開始当初の背景

超流動ヘリウムや原子気体ボース・アインシュタイン凝縮体(BEC)などの量子凝縮系における 量子流体力学及び量子乱流は、低温物理学の重要な分野として活発な研究が行われている。こ の分野半世紀以上の歴史を持つ一方で、世界的に見て、可視化に代表される優れた実験研究が 進み、従来は不明だった物理が明らかにされつつある。研究代表者はこれまでこの分野を世界 的に牽引して来たが、本研究ではこれまでの実績を総動員して、量子流体力学および量子乱流 に関して、最新の研究を行った。

2.研究の目的

ここ数年明らかになってきた量子流体力学および量子乱流の重要課題は以下である。

- (1) 超流動ヘリウム:1941年にランダウが提案した2流体モデルが、その流体力学の基礎にある。量子凝縮の結果として量子渦の出現が予言・観測された1950年代以降、超流動の回転を表す量子渦の物理が、長く量子流体力学の主要テーマであった。1970年代にSchwarzに始まる量子渦糸モデルの数値計算は、2010年の坪田達の計算により、熱対向流のバルク状態に関してはおおよそ解決を見た(と思われた)。ここまでのほとんど全ての数値計算は、常流体を固定し、そこからの相互摩擦は考慮して渦糸の運動を調べる、言わば一方向のものであった。しかし、2000年代半ばから、量子渦、および常流動速度場の可視化実験が現れ、状況はさらに進んだ。最も驚くべき結果は、Guo達によって行われた、熱対向流中の励起へリウム分子を用いた可視化実験で、流速を上げたときの常流動速度場の非一様分布の可視化である。この問題は、それ以前には理論および数値計算でほとんど考慮されていなかった二つの効果を考える必要性を提示した。一つは、バルクではなく、流体が流れる管壁の効果である。もう一つは、量子渦糸と常流体の運動を連立して解く双方向の計算である。本研究の大きな主題はこの双方向の計算である。
- (2) 原子気体 BEC: 原子気体 BEC は 1995年に実現した後、当初、主な量子流体力学の研究は、 捕獲ポテンシャル内の比較的少数の量子渦の運動に限られていた。坪田達は 2007年に捕 獲 BEC における量子乱流とコルモゴロフ則実現の可能性を示したが、それに触発されたプ ラジルの実験グループが 2010年に3次元量子乱流と量子渦の可視化を実現し、新時代に 突入した。その後、複数の実験グループが2次元量子乱流の実現にも成功した。しかし、 これらの研究ではいずれも捕獲有限系の影響を受けて、量子渦の本数は少なく、これが乱 流と呼べるのかという批判を免れ得なかった。これらが乱流であると主張するためにはコ ルモゴロフ則に象徴されるような統計則の観測が必要だが、そのような研究は無かったの である。しかし、2016年にケンブリッジの実験グループが箱形ポテンシャル中の BEC を 振動させて乱流を作り、捕獲ポテンシャルを切った後の Time of Flight で運動量分布のべ き則を観測し、大きなブレイクスルーを行った(N. Navon et al., Nature 539, 72 (2016))。 本基盤研究(C)が始まる直前の 2016年3月、Navon から坪田に共同研究の申し入れが有り、 捕獲原子気体 BEC の乱流に関し、共同研究を行うこととなった。

3.研究の方法

(1)超流動ヘリウム:超流体の運動は量子渦糸モデルを用い、常流体の運動は Navier-Stokes モデルで扱い、両者を相互摩擦で結合させ、<u>双方向</u>の計算を行う。このとき、量子渦の間隔よ り常流体の空間メッシュを細かくした。

(2) 原子気体 BEC: 巨視的波動関数に対するグロス・ピタエフスキー(GP)方程式を扱う。ただし、ケンブリッジの実験を想定して、円筒箱形ポテンシャルを用い、ポテンシャルの外側には 粒子の吸収を表す散逸項を導入する。

4.研究成果

(1)超流動ヘリウム:まず、Guo 達の実験 で観測された常流動速度場の平坦化を 示すことを目標とした。通常の管内粘性 流体の層流はポアズイユ型の速度分布 を示す。しかし、Guo 達は壁近傍の速度 場が平坦化を示すことを観測した(A. Marakov et al., Phys. Rev. B 91, 094503(2015))。実験に対応した正方形 管内で計算を行うと、確かに、量子渦糸 タングルが非一様に発達し特に管壁近 傍で高密度になることに呼応して、常流 動速度場の平坦化が起こることがわか った(S. Yui et al., Phys. Rev. Lett.



図1熱対向流中の量子渦と常流体の結合運動。黒い線が 量子渦。赤い領域は常流動流が平均速度より速い領域を 示し、青い領域は常流動流が遅い領域を示す。

120,155301(2018))。しかし、実験との定量的な一致は必ずしも良くない。その原因の一つは、 数値計算上の制限のため、実験ほど高密度の量子渦タングルを作れないためである。そのため、 少々人工的では有るが、量子渦から常流動への相互摩擦だけを一方的に強くすると、実験結果 に近い常流動速度場の大変形が得られた。 次に、Guo 達は、常流動速度場の異常な異方的ゆらぎ(流れ方向の方が、それに垂直な方向 より揺らぎが大きい)を観測しており(B. Mastracci and Guo, Phys. Rev. Fluids 3, 063304(2018))、その再現を目標とした。今回は前の計算より常流体の空間メッシュを細かくし、 常流動速度場の細かい揺らぎをとらえるようにした。その結果、図1に示すような、常流動速 度場の異方的ゆらぎをとらえることに成功した(S. Yui et al., Phys. Rev. Lett. (in press))。 これはかなり驚くべき成果である。普通の粘性流体の場合、乱流遷移は壁付近から生じる速度 揺らぎが増幅されて乱流に至る。言わば、乱れの源は外から供給される。しかし、この計算は、 2流体モデルの系が、自ら内的な超流動のゆらぎを作り、それが源となって常流動が乱流とな るのである。このような新奇な乱流遷移を示したことが非常に大きな成果である。この問題は さらに常流動成分が乱流になることで起こる、いわゆるTI-TII 遷移と呼ばれる半世紀に渡る未 解決問題に迫るステップになると期待される。

(2)原子気体 BEC: ケンブリッジグループ との共同研究を行った。大きな特徴は、 箱形ポテンシャルの深さを制御するこ とで、エネルギーカスケードの観測に成 功したことである(N. Navon et al., Science 366, 382(2019))。この機構を 図2に基づき説明する。この研究では、 振動ポテンシャルにより低波数(大きな 空間スケール)にエネルギーを注入する。 しかし、粒子はボース・アインシュタイ ン凝縮を起こし低い運動エネルギーを 持っておりこれだけではそれらが箱形 ポテンシャルから飛び出ることは無い。 しかし、乱流が発達すれば、低波数から 高波数にエネルギーが流れる。そしても し箱形ポテンシャルの高さを超える運 動エネルギーを持った粒子が現れれば (換言すれば、エネルギーカスケードの 先端が臨界波数に達すれば)、その粒子 はポテンシャルを飛び出ることができ る。実際にそのような粒子の離脱が観測 され、それにより、乱流のエネルギーカ スケードのフラックスの同定に初めて 成功した。そしてそれは GP 方程式の数 値計算結果と符合した。



図 2 ボース・アインシュタイン凝縮体中の粒 子が箱形ポテンシャルに閉じ込められている。こ れらの粒子は低い波数を持つ。ポテンシャルを 揺さぶると、乱流が発達する。その結果、低い波 数から高い波数へと運動エネルギーが輸送され る。 高い波数の粒子は運動エネルギーが大き い。ポテンシャルの壁を超えることができる高い 運動エネルギーを持つ粒子は、ポテンシャルの外 に飛び出る。この飛び出る粒子の個数を測定する ことで、エネルギー輸送を観測できる。

5.主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件(うち査読付論文 11件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 0件)

1.著者名 Sataahi Vui Hiramiahi Kabayaahi Wakata Taubata Wai Cua	4.巻
Satoshi fut, Hitomichi Kobayashi, Makoto isubota, wer Guo	124
2.論文標題	5 . 発行年
Fully Coupled Two-Fluid Dynamics in Superfluid 4He: Anomalous Anisotropic Velocity Fluctuations	2020年
in Counterflow	
3. 雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review Letters	155301(1-6)
	(
掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	査読の有無
10.1103/PhysRevLett.124.155301	有
オープンアクセス	国際共著
オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難	該当する
1.著者名	4.巻
Toshiaki Kanai, Wei Guo, Makoto Tsubota, Dafei Jin	124
2.論文標題	5 . 発行年
Torque and Angular-Momentum Transfer in Merging Rotating Bose-Einstein Condensates	2020年
3.雜誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review Letters	105302(1-7)
掲載論文のDOI(テジタルオフシェクト識別子)	査読の有無
10.1103/PhysRevLett.124.105302	有
オーノンアクセム	国际共者
オーノファクセスではない、又はオーノファクセスが困難	該ヨ9る
	۸ ۷ ۲
1.著者名	4.巻
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makata Taubata, Pabart D. Smith, Zaran Hadribabia	4.巻 ₃₆₆
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic	4.巻 366
 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Swithstip discipation and caseado fluxes in a turbulent quantum gas. 	4.巻 366 5.発行年 2010年
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年
 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 	4.巻 366 5.発行年 2019年 6. 島初と島後の百
 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic :論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385
 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3 . 雑誌名 Science 	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385
 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic :論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science	 4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385
 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic :論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas :雑誌名 Science 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 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	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 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	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名	4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 122
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス 1.著者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 122
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス メープンアクセス 2.諸者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota 2.論文標題	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 122 5 . 発行年
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota 2.論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium	4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 122 5.発行年 2019年
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス メープンアクセス 2.論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium	4 . 巻 366 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 直認共著 122 5 . 発行年 2019年
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3. 雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス 1.著者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota 2.論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3.雑誌名	4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 直認共著 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁
1. 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2. 論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3. 雑誌名 Science 掲載論文のDDI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス メープンアクセス 2. 論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3. 雑誌名 Physical Review Letters	4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 方 .登当する 4.巻 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 174502(1-5)
1. 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2. 論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3. 雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 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 1. 著者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota 2. 論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3. 雑誌名 Physical Review Letters	 4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 174502(1-5)
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オーブンアクセス オーブンアクセス 1.著者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota 2.論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3.雑誌名 Physical Review Letters	 4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 174502(1-5)
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オーブンアクセス オーブンアクセス ス 1.著者名 P. Moroshkin, P. Leiderer, K. Kono, S. Inui, M. Tsubota 2.論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3.雑誌名 Physical Review Letters 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	 4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 174502(1-5) 査読の有無
1. 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2. 論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3. 雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス メープンアクセス 2. 論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3. 雑誌名 Physical Review Letters 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.174502	 4.巻 366 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 174502(1-5) 査読の有無 有
1.著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2.論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3.雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オープンアクセス オープンアクセス 2.論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3.雑誌名 Physical Review Letters 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.174502	 4.巻 386 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 174502(1-5) 査読の有無 有
1. 著者名 Nir Navon, Christoph Eigen, Jinyi Zhang, Raphael Lopes, Alexander L. Gaunt, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota, Robert P. Smith, Zoran Hadzibabic 2. 論文標題 Synthetic dissipation and cascade fluxes in a turbulent quantum gas 3. 雑誌名 Science 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau6103 オーブンアクセス オーブンアクセス オーブンアクセス 2. 論文標題 Dynamics of the Vortex-Particle Complexes Bound to the Free Surface of Superfluid Helium 3. 雑誌名 Physical Review Letters 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.174502 オープンアクセス	 4.巻 386 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 382-385 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 122 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 174502(1-5) 査読の有無 有 項際共著

1.著者名	4.巻
J. Gao. W. Guo. S. Yui. M. Tsubota. W. F. Vinen	97
	「
2	5. 発行牛
Dissipation in quantum turbulence in superfluid 4He above 1 K	2018年
3. 雑誌名	6 . 最初と最後の百
Physical Poview P	194519(1 10)
riijsical keview b	104518(1-10)
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1103/PhysRevB.97.184518	有
	13
オープンマクセフ	国際 世 茎
	国际六百
オーノンアクセスではない、又はオーノンアクセスが困難	該自りる
1,著者名	4 . 巻
lungik Han Makata Taubata	99
	55
2.	5 . 発行年
Phase separation of quantized vortices in two-component miscible Bose-Einstein condensates in a	2019年
two-dimensional box potential	
3	6 最初と最後の百
Physical Keview A	033607(1-8)
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.102/bb/cPo/4 00 022607	五
10.1103/FlyskevA.99.035007	有
オープンアクセス	国際共著
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	-
1 英老夕	4
	4.巻
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu	4.巻 ⁸
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu	4.巻 8
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題	4 . 巻 ⁸ 5 . 発行年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁
 著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu :論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid :雑誌名 Physics Reports 	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8)
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8)
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8)
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOL(デジタルオブジェクト識別子)	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8)
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.4028/c41508.018.20852.5	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.維誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 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	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 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	 4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス オープンアクセス	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 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 1.著者名	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 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 1.著者名 坪田誠	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 73
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 坪田誠	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 73
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 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 1.著者名 坪田誠 2.論文標題	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 73 5.発行年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 景子到涼一景子渦の非線形・非平衡ダイナミクス	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 73 5 . 発行年 2018年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流一量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 73 5 . 発行年 2018年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流一量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 73 5.発行年 2018年
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流一量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3.雑誌名	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 高該当する 4 . 巻 73 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDD1 (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 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 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流 - 量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3.雑誌名 日本物理学会誌	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 73 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 474-478
1. 著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2. 論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス 2. 論文標題 量子乱流ー量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3. 雑誌名 日本物理学会誌	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 73 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 474-478
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オーブンアクセス オーブンアクセス 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 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流一量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3.雑誌名 日本物理学会誌	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 高部の有無 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 474-478
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス 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 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流一量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3.雑誌名 日本物理学会誌	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 高当する 4.巻 73 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 474-478
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3.雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 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 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流一量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3.雑誌名 日本物理学会誌 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	4 . 巻 8 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 73 5 . 発行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 474-478
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス 2.論文標題 量子乱流ー量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3.雑誌名 日本物理学会誌 掲載論論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 73 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 474-478 春
1.著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2.論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス プロアクセス 工 オープンアクセス オープンアクセス オープンアクセス オープンアクセス 1.著者名 坪田誠 2.論文標題 量子乱流一量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3.雑誌名 日本物理学会誌 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 73 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 474-478 査読の有無 有
1. 蓄者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2. 論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オープンアクセス オープンアクセス オープンアクセス 2. 論文標題 量子乱流ー量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3. 雑誌名 日本物理学会誌 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) なし オープンアクセス	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 73 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 474-478 査読の有無 有 百際共著
1. 著者名 CH. Hsueh, YC. Tsai, TL. Horng, M. Tsubota, W. C. Wu 2. 論文標題 Turbulence in a matter-wave supersolid 3. 雑誌名 Physics Reports 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30852-5 オーブンアクセス オーブンアクセス プレアクセス Termix 2. 論文標題 量子乱流-量子渦の非線形・非平衡ダイナミクス 3. 雑誌名 日本物理学会誌 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし オーブンアクセス	 4.巻 8 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 12589(1-8) 査読の有無 有 国際共著 該当する 4.巻 73 5.発行年 2018年 6.最初と最後の頁 474-478 査読の有無 有 百 1 5 第 73 5 第 73 74 73 74 74 74 74 74 74 75 74 75 75 75 75 75 73 74 74 74 75 75 75 76 73 76 77 76 76 77 76 77 76 77 76 77 78 79 <

1.著者名 4.巻 Yui Satoshi、Tsubota Makoto、Kobayashi Hiromichi 120 2.論文標題 5.発行年 Three-Dimensional Coupled Dynamics of the Two-Fluid Model in Superfluid He4: Deformed Velocity 5.発行年 2018年 2018年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	
Yui Satoshi、Tsubota Makoto、Kobayashi Hiromichi 120 2.論文標題 5.発行年 Three-Dimensional Coupled Dynamics of the Two-Fluid Model in Superfluid He4: Deformed Velocity 2018年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	
Yur Satoshi, isubota wakoto, kobayashi Hiromitchi 120 2.論文標題 5.発行年 Three-Dimensional Coupled Dynamics of the Two-Fluid Model in Superfluid He4: Deformed Velocity 2018年 3. 雑誌名 6.最初と最後の頁	
2.論文標題 5.発行年 Three-Dimensional Coupled Dynamics of the Two-Fluid Model in Superfluid He4: Deformed Velocity 5.発行年 Profile of Normal Fluid in Thermal Counterflow 3.雑誌名 6.最初と最後の頁 6.5000000000000000000000000000000000000	
2.論文標題 5.発行年 Three-Dimensional Coupled Dynamics of the Two-Fluid Model in Superfluid He4: Deformed Velocity 2018年 Profile of Normal Fluid in Thermal Counterflow 6.最初と最後の頁	
2.1 調え行来経 Three-Dimensional Coupled Dynamics of the Two-Fluid Model in Superfluid He4: Deformed Velocity 3. 洗い中 2018年 9.1 独立 2018年 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁	
Three-Dimensional Coupled Dynamics of the Two-Fluid Model in Superfluid He4: Deformed Velocity 2018年 Profile of Normal Fluid in Thermal Counterflow 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁	
Profile of Normal Fluid in Thermal Counterflow 6.最初と最後の頁 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	
3.雑誌名 6.最初と最後の頁	
3. 雑誌名 6. 歳初と最後の貝	
Physical Review Latters 165301	
rilysical keview Letters	
掲載調文のDOT(デンダルオフシェクト識別士) 直読の有無	
10 1103/PhysRevLett 120 155301 有	
オープンアクセス 国際共著	
オーノンアクセスではない、文はオーノンアクセスが困難 -	
1 苯2-4	
1. 百白石 4. 杏	
Kanai Toshiaki, Guo Wei, Tsubota Makoto 97	
│ 2.論文標題 │ 5 聲行生	
Nove statement of the fractional statement of the first of the fir	
FIOWS WITH TRACTIONAL QUANTUM CIRCULATION IN BOSE-EINSTEIN CONDENSATES INDUCED by 2018年	
nontopological phase defects	
3. 雑誌名 6. 最初と最後の貝	
Physical Review A 13612	
掲載論又のDOT(テンダルオノジェクト識別子) 査読の有無	
10 1103/PhysRevA 97 013612 有	
オープンアクセス 国際共著	
オーノンアクセスではない、文はオーノンアクセスが困難 該当9る	
1.者者名 4.き	
Tsubota Makoto, Eujimoto Kazuva, Yuj Satoshi 188	
2.論文標題 5.発行年	
2.論文標題 5.発行年	
2.論文標題 5.発行年 Numerical Studies of Quantum Turbulence 2017年	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年	
2.論文標題 5.発行年 Numerical Studies of Quantum Turbulence 2017年	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 5.第行年 2017年	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス イープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 -	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 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 -	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス オープンアクセス 国際共著 -	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 【学会発表】 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) -	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス イープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) -	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 【学会発表】計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) - 1.発表者名 -	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) - 1.発表者名 Makoto Tsubota 1.発表者名	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 有 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 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 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 ー (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) - 1.発表者名 Makoto Tsubota 1.発表者名	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDDI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 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11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 2.発表標題	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オーブンアクセス イーブンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 9件	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス よ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11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 2.発表標題	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 2.発表標題	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス イープンアクセス 国際共著 (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 2.発表標題	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 2.発表標題	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 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11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著 - 【学会発表】計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 9件)	
2 . 論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6 . 最初と最後の頁 119 - 189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 オープンアクセス オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1 . 発表者名 Makoto Tsubota 2 . 発表標題 Quantum Turbulence 2 . 発表標題	
2 . 論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6 . 最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著 - オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1 . 発表者名 Makoto Tsubota 2 . 発表標題 Quantum Turbulence 3 . 学会等名 ICFD2019: Internatinal Conference on Flow Dynamics (招待講演) (国際学会)	
2 . 論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6 . 最初と最後の頁 119 - 189 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス オープンアクセス 国際共著 - (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1 . 発表者名 Makoto Tsubota 2 . 発表標題 Quantum Turbulence 2 . 発表標題 ICFD2019: Internatinal Conference on Flow Dynamics (招待講演)(国際学会)	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119-189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 7 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 (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 3.学会等名 ICFD2019: Internatinal Conference on Flow Dynamics (招待講演)(国際学会)	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス オープンアクセス 国際共著 (学会発表) 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 2.発表標題 1CFD2019: Internatinal Conference on Flow Dynamics (招待講演)(国際学会) 4.発表年	
2.論文標題 Numerical Studies of Quantum Turbulence 5.発行年 2017年 3.雑誌名 Journal of Low Temperature Physics 6.最初と最後の頁 119~189 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-017-1789-8 査読の有無 有 オープンアクセス オープンアクセス 国際共著 【学会発表] 計11件(うち招待講演 8件/うち国際学会 9件) 1.発表者名 Makoto Tsubota 2.発表標題 Quantum Turbulence 3.学会等名 ICFD2019: Internatinal Conference on Flow Dynamics(招待講演)(国際学会) 4.発表年 2019年	

1.発表者名

Makoto Tsubota

2 . 発表標題

Hydrodynamics and turbulence in quantum fluids

3 . 学会等名

QFS2019: Internatinal Conference on Quantum Fluids and Solids(招待講演)(国際学会)

4.発表年

2019年

1.発表者名 Makoto Tsubota

2.発表標題

Recent topics of quantum hydrodynamics and turbulence

3 . 学会等名

Physics of Cold Atom Gases: Ordered and Chaotic Aspects(招待講演)(国際学会)

4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 湯井悟志、小林宏充、坪田誠

2.発表標題

超流動4Heにおける量子渦と常流動の局所結合ダイナミクス

3.学会等名日本物理学会2019年秋季大会

口本彻理子云2019年秋子/

4.発表年 2019年

1.発表者名 中川朋、乾聡介、坪田誠、矢野英雄

2.発表標題

超流動4Heの量子渦タングルから放出される渦輪の統計則

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

M. Tsubota

2.発表標題

Recent topics of quantum hydrodynamics and turbulence

3 . 学会等名

Quantum Turbulence: Cold Atoms, Heavy Ions, and Neutron Stars(招待講演)(国際学会)

4.発表年

2019年

1.発表者名

M. Tsubota

2.発表標題

Numerical Simulation of Quantum Turbulence

3 . 学会等名

Workshop, Chasing Tornadoes: Vorticity Above, Below, and in the Lab(招待講演)(国際学会)

4.発表年

2018年

1. 発表者名

Makoto Tsubota

2 . 発表標題

Numerical Simulation of Quantum Turbulence

3 . 学会等名

DPG Spring Meeting and EPS-CMD27(招待講演)(国際学会)

4.発表年 2018年

2010 |

1.発表者名 Makoto Tsubota

2.発表標題

Hydrodynamics and turbulence in quantum fluids

3 . 学会等名

The 4th East Asia Joint Seminars on Statistical Physics(招待講演)(国際学会)

4 . 発表年 2017年

1. 発表者名

Makoto Tsubota

2 . 発表標題

Recent topics of quantum turbulence

3 . 学会等名

Hybrid Photonics & Materials International Conference(招待講演)(国際学会)

4 . 発表年 2017年

1.発表者名 Makoto Tsubota, Satoshi Yui, Hiromichi Kobayashi

2.発表標題

Fully coupled dynamics of two-fluid model in thermal counterflow: deformation of the Poiseuille normal fluid profile

3.学会等名

28th International Conference on Low Temperature Physics(国際学会)

4.発表年

2017年

〔図書〕 計1件

1 . 著者名	4 . 発行年
坪田 誠、小林 未知数、竹内 宏光、笠松 健一	2018年
2 . 出版社	5 . 総ページ数
	³³⁸
3 . 書名 量子流体力学	

〔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
研究協力者	小林 宏充 (Kobayashi Hiromitsu)		

6	. 研究組織 (つづき)		
	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	藤本 和也 (Fujimoto Kazuya)		
研究協力者	湯井 悟志 (Yui Satoshi)		
研究協力者	ナボン ニア (Navon Nir)		
研究協力者	グオ ウェイ (Guo Wei)		
研究協力者	ヴァイネン ダブリュー (Vinen W. F.)		