

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01142

研究課題名(和文)不安定化金属における電子ゆらぎ

研究課題名(英文) Fluctuations of valence electrons in liquid metals: toward understanding destabilized metallic states

研究代表者

松田 和博 (Matsuda, Kazuhiro)

熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・教授

研究者番号：50362447

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：液体金属における価電子挙動の微視的解明を目的とし、価電子ゆらぎの時空相関関数スペクトルである電子動的構造因子を実験的に観測することにより課題解決を試みた。測定手法として、放射光による非弾性X線散乱を用いた。熔融状態にあるアルカリ金属液体のリチウム、ナトリウムを対象として、幅広い運動量移行とエネルギー移行範囲にわたってスペクトルを取得することに成功した。得られた動的構造因子から、これまで実験的に測定するすべがなかった有限波数における静的電子密度応答関数、および動的応答関数を導出し、さらにそれらを利用した試験点電荷に対する実空間・実時間における価電子の遮蔽ダイナミクスを明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属元素の中でも最も自由電子的なアルカリ金属を対象として、熔融状態を長時間安定に保持する試料セル技術と、放射光を用いた非弾性X線散乱とを組み合わせることにより、液体リチウムにおける電子密度応答関数を実験的に初めて導出した。測定対象を電子ガスモデルのプロトタイプ系であるアルカリ金属としていることが大きな特徴である。電子密度応答関数は、電子間の相互作用を反映する重要な物理量であり、密度汎関数法などの理論計算手法においても、交換相関効果の基礎を与える。本研究における実験で得られた電子密度応答関数に関する知見は、電子間相互作用の理解を、実験的立場から深化させていく上で有用な情報となり得るものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：To gain microscopic understanding for valence electronic state in liquid metals, we carried out the investigation for observing the electron dynamical structure factor, which is the momentum-frequency spectrum of the space-time correlation of the electron density fluctuations. By using synchrotron-based inelastic X-ray scattering technique, we succeeded to measure dynamical structure factors of valence electrons in liquid lithium and sodium over a wide range of momentum-energy transfers. From obtained dynamical structure factors, we derived a wave-number dependent static density response function of valence electrons in the liquid. Furthermore, we used dynamical density response functions to clarify the real space-time screening dynamics of valence electrons induced by a point charge disturbance.

研究分野：金属物性

キーワード：液体金属 非弾性散乱 電子状態

### 1. 研究開始当初の背景

周期表の上では金属として位置付けられている元素も、高温高压といった極端条件における凝集状態に応じて、その性質を大きく変化させる。実際、金属は、溶融しても金属的な導電性を示すが、それは融点(三重点)近くの性質であり、気化によって金属は導電性を失い絶縁体へと変化する。固体金属が溶融しても、なお液体金属中の価電子状態は、自由電子ガスモデルにより良く記述される。しかし、さらに希薄化すると、空間的に広がった遍歴的に振る舞う自由電子が、気体では原子分子内に局在した電子状態へと変化する。すなわち、構成原子・電子集団が希薄になっていくとき、その価電子は自由ではなくなり、金属状態は不安定化する。温度圧力を制御し、気液共存線を迂回するように流体の熱力学条件を変化させると、流体の平均密度は連続的に変化し、金属状態の不安定化の素過程を明らかにすることができる。

### 2. 研究の目的

本研究では、金属流体における価電子密度ゆらぎを、ゆらぎの相関を表す電子動的構造因子を測定することにより、明らかにすることを目的とする。金属の溶融状態における価電子状態、すなわち熱力学条件に依存した電子系の挙動を理解するため、動的構造因子を通じた電子ゆらぎの空間・時間スケールの実験的な決定を通じて、その価電子状態の解明を行う。具体的には、溶融し、低密度化したアルカリ金属流体、融点近傍における非単純金属液体など、共有結合性を内包する特異な金属状態など、価電子不均質化挙動の強い金属状態を実験的に実現し、非弾性 X 線(ラマン、コンプトン)散乱による電子密度応答の精密観測を行う。

### 3. 研究の方法

#### (1) 放射光を利用した非弾性 X 線散乱実験

電子状態の観測には、放射光による非弾性 X 線散乱測定を用いた。高温高压の極端条件下で散乱断面積の小さな非弾性散乱測定を行う上で、放射光の利用は必須である。実験は、大型放射光施設 SPring-8 の BL12XU で実施した。試料による吸収を低減するため、高エネルギーの入射 X 線を利用することは、上記の課題を克服する上で有効である。本研究では、20 keV の入射 X 線を用いた金属流体の非弾性 X 線散乱測定を実施した。従来の反射型モノクロメータでは 20 keV で著しく効率が低下するため、20 keV 入射 X 線の利用例は少ない。この問題は、分光結晶をラウエ配置にすることで回避できるが、ラウエ配置の場合、散乱 X 線が空間的に広がるため、信号強度を上げるためには、検出器の面積化が必須となる。さらに、検出器そのものの分解能を向上させることも重要である。本研究では、CdTe 半導体アレイを組み込んだ面積化検出器の開発を実施した。

#### (2) 液体金属保持用の散乱実験専用セルの作製

液体アルカリ金属を溶融状態で保持するために、専用の試料セルを開発した。主として測定対象はリチウム、ナトリウムである。非弾性散乱実験の具体的手法(ラマン、コンプトン)に応じて、セル材料とセル設計を考案した。具体的には、モリブデンやステンレスなどの材料を用いたセルを作製し、散乱測定を実現することができた。

### 4. 研究成果

#### (1) 液体金属リチウムにおける動的構造因子 $S(q, \omega)$ の測定および静的密度応答関数の導出

リチウム(融点 180.5 K)を対象に、融点近傍の液体状態(220 K)において、広範な散乱波数  $q$ ・エネルギー移行領域で測定を行うことに成功した。比較のため室温で多結晶リチウムの測定も実施した。具体的には、低散乱波数領域  $0.3 \text{ \AA}^{-1}$ - $0.8 \text{ \AA}^{-1}$  でエネルギー移行  $0$ - $110 \text{ eV}$ 、高波数領域  $1.01 \text{ \AA}^{-1}$ - $3.47 \text{ \AA}^{-1}$  でエネルギー移行  $0$ - $350 \text{ eV}$  の範囲にわたって、散乱スペクトルを取得した。入射 X 線のエネルギーは  $19.98 \text{ keV}$ 、エネルギー分解能は  $1.4 \text{ eV}$  である。図 1 に得られた動的構造因子のカラープロットを示す。図中の赤で示された部分は強いピークを示しており、プラズモン励起に相当する。広い  $(q, \omega)$  範囲で取得した非弾性散乱スペクトルをクラマース・クロニヒ変換することにより、これまで測定するすべがなかった有限波数における静的密度応答関数  $S(q, \omega=0)$  を実験的に決定する

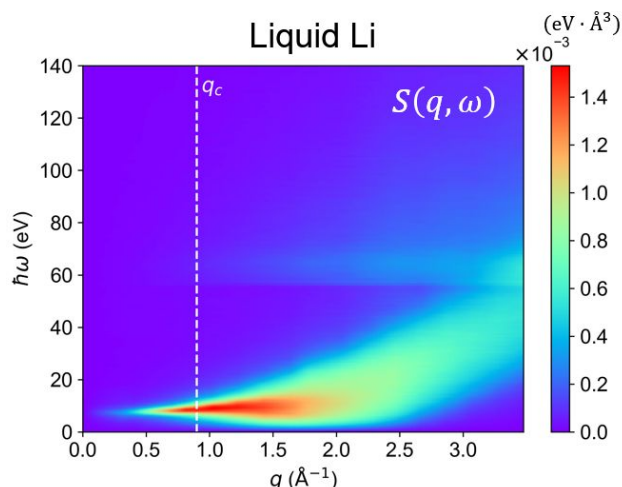


図 1 液体リチウムの電子動的構造因子  
図中  $q_c$  はプラズモンカットオフ波数

ことができた。 $\chi(q,0)$ は静的な外部ポテンシャルによって誘起される電子密度を記述する応答関数であり、金属における遮蔽効果を記述する重要な物理量である。

図2に得られた $\chi(q,0)$ を示す。固液体ともに、定性的には電子ガスモデル(RPA 近似)の挙動を示している。固液の差は、現在のところ不規則性に起因したものと考えている。いずれの相においても $\chi(q,0)$ の微分係数は、 $q=2k_F$  ( $k_F$ はフェルミ波数)で極大となる傾向があることが明らかとなった。金属におけるフェルミ波数近傍における運動量分布の不連続性を反映したものであることが強く示唆された。さらに、得られた応答関数を用いて、仮想的に導入した点電荷によって誘起される遮蔽電子密度 $n(r)$ を計算したところ、上述の $2k_F$ の特異性を反映して、 $n(r)$ にフリーデル振動の特徴である長距離振動が表れることが明らかとなった。

原理的に散乱断面積の小さな非弾性散乱測定では、弾性散乱などの他手法と比べて測定時間は長時間化し、試料の安定性が重要な因子となる。 $\chi(q,0)$ を決定するためには、広い運動量移行とエネルギー移行範囲にわたってスペクトルを取得する必要がある。本研究では、反応性の高い液体金属試料を長時間安定に保持するための試料セルと、放射光と組み合わせることにより、液体金属の $\chi(q,0)$ を初めて実験的に得ることに成功した[1]。

## (2) 液体金属における価電子の実空間・実時間ダイナミクス

流体金属中の価電子状態に関する新たな知見を得るため、リチウムの動的構造因子から、実空間・実時間における応答関数を構成する解析を試みた。広範囲な散乱波数-エネルギー領域における測定により、有意義なフーリエ解析が可能となった。点電荷のパルス摂動に対する遮蔽電子電荷の応答のダイナミクス(動的遮蔽)について、その空間スケール、および時間スケールについての情報を取得することができた。個別運動による遮蔽挙動と、電子集団運動による遮蔽挙動の2つの特徴が観測されており、現在、さらに詳細な解析を進めている。応答関数の取得は、任意の外場に対する密度揺動を可視化することにも繋がる。非弾性X線散乱手法に加え、さらにデータ解析手法を駆使し、液体金属における価電子状態に関して、波数-エネルギー空間では得られない新たな情報を抽出することができた。

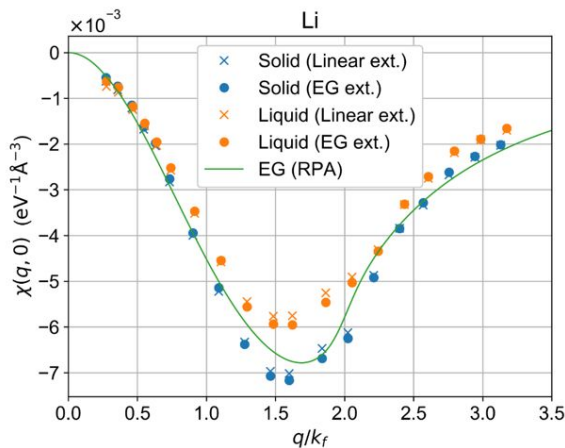


図2 非弾性散乱スペクトルから構築したリチウムの静的応答関数 (EG(RPA)は電子ガス理論、固体・液体の各々のデータは解析手法(部分外挿手法)の違いを示す

## (3) 液体リチウム・ナトリウムの超高分解能コンプトン散乱測定

コンプトン散乱は非弾性散乱の一種であり、高 $q$ -領域で行う非弾性散乱を指す。これは電子運動量分布に関する知見を与える。融点近傍の液体リチウム・液体ナトリウムを対象として、超高分解能X線コンプトン散乱測定を実施した。運動量分解能は、0.024 a.u.であり、従来の分解能より1桁高い高分解測定を実現することができた[2]。電子ガスの挙動を示すアルカリ金属における電子運動量分布は、電子間の相互作用に関する有意な知見を得ることのできる実験的手法である。フェルミ運動量近傍における分布の不連続性(とび)は、繰り込み因子と呼ばれ、電子-電子散乱の度合いを示す重要なパラメータである。特にリチウムでは、量子モンテカルロ計算との比較も行い[3]、有意義な値を実験的、理論的に導出することに成功した。

本研究では、測定対象を電子ガスモデルのプロトタイプ系であるアルカリ金属としていることが大きな特徴である。応答関数や繰り込み因子は、電子間の相互作用を反映する重要な物理量であり、例えば密度汎関数法などの第一原理計算において、交換相関効果の基礎を与える[4]。本研究における実験で得られたアルカリ金属液体における応答関数に関する情報は、電子間相互作用の理解を、実験的立場から深化させていく上で有用な情報となり得るものと考えられる。

### <引用文献>

- [1] Toru Hagiya, Kazuhiro Matsuda, Nozomu Hiraoka, Yukio Kajihara, Koji Kimura, Masanori Inui, Phys. Rev. B **102**, 054208 (2020).
- [2] N. Hiraoka, Y. Yang, T. Hagiya, A. Niozu, K. Matsuda, S. Huotari, M. Holzmann, D. M. Ceperley, Physical Review B **101**, 165124 (2020).
- [3] Yubo Yang, Nozomu Hiraoka, Kazuhiro Matsuda, Markus Holzmann, David M. Ceperley Physical Review B **101**, 165125 (2020).
- [4] G. Giuliani and G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid (Cambridge University Press 2005).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20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 Kajihara Y, Inui M, Ohara K, Matsuda K	4. 巻 32
2. 論文標題 Experimental observation of density fluctuations in liquid metals associated with liquid-liquid, liquid-gas and metal-nonmetal transitions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 274001 ~ 274001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab7d66	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 Inui M, Kajihara Y, Tsuchiya Y, Hosokawa S, Matsuda K, Uchiyama H, Tsutsui S, Baron A Q R	4. 巻 32
2. 論文標題 Peculiar temperature dependence of dynamical sound speed in liquid Se50Te50 by inelastic x-ray scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 214003 ~ 214003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab6d8e	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 Hosokawa, Inui, Bryk, Mryglod, Pilgrim, Kajihara, Matsuda, Ohmasa, Tsutsui	4. 巻 22
2. 論文標題 Detection of collective optic excitations in molten NaI	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Condensed Matter Physics	6. 最初と最後の頁 43602 ~ 43602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5488/CMP.22.43602	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 該当する
1. 著者名 Inui M., Kajihara Y., Chiba A., Matsuda K., Tsutsui S., Baron A.Q.R.	4. 巻 522
2. 論文標題 Structural studies on fluid sulfur at high temperatures and high pressures: I. Atomic dynamics investigated by inelastic x-ray scattering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Non-Crystalline Solids	6. 最初と最後の頁 119571 ~ 119571
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnoncrysol.2019.119571	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 Nishiyama Toshiyuki, et al.	4. 巻 123
2. 論文標題 Ultrafast Structural Dynamics of Nanoparticles in Intense Laser Fields	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 123201-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.123201	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 該当する

1. 著者名 Niozu Akinobu, et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 Characterizing crystalline defects in single nanoparticles from angular correlations of single-shot diffracted X-rays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IUCrJ	6. 最初と最後の頁 276~286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S205225252000144X	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 該当する

1. 著者名 Hagiya Toru, Matsuda Kazuhiro, Hiraoka Nozomu, Hayashi Hiroyuki, Kimura Koji, Kajihara Yukio, Inui Masanori	4. 巻 87
2. 論文標題 Plasmons in Liquid Rb at Elevated Temperatures Studied by Inelastic X-ray Scattering	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 084703-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.084703	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 該当する

1. 著者名 Inui M, Baron A Q R, Kajihara Y, Matsuda K, Hosokawa S, Kimura K, Tsuchiya Y, Shimojo F, Yao M, Tsutsui S, Ishikawa D, Tamura K	4. 巻 30
2. 論文標題 Viscoelastic anomaly accompanying anti-crossing behaviour in liquid As <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 28LT02-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/aacab5	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 Inui M, Suekuni K, Kajihara Y, Hosokawa S, Takabatake T, Nakajima Y, Matsuda K, Ohara K, Uchiyama H, Tsutsui S	4. 巻 30
2. 論文標題 Static and dynamic structures of liquid Ba8Ga16Sn30: a melt of the thermoelectric clathrate compounds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 455101-1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/aae3f3	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 Inui Masanori, Kajihara Yukio, Hosokawa Shinya, Matsuda Kazuhiro, Tsuchiya Yoshimi, Tsutsui Satoshi, Baron Alfred Q.R.	4. 巻 1
2. 論文標題 Dynamical sound speed and structural inhomogeneity in liquid Te studied by inelastic x-ray scattering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Non-Crystalline Solids: X	6. 最初と最後の頁 100006-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nocx.2018.100006	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 Hagiya Toru, Matsuda Kazuhiro, Hiraoka Nozomu, Kajihara Yukio, Kimura Koji, Inui Masanori	4. 巻 102
2. 論文標題 Static density response function studied by inelastic x-ray scattering: Friedel oscillations in solid and liquid Li	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 054208-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.102.054208	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 Matsuda Kazuhiro, Kimura Koji, Hagiya Toru, Kajihara Yukio, Inui Masanori, Hiraoka Nozomu, Tamura Kozaburo, Sakurai Yoshiharu	4. 巻 257
2. 論文標題 X Ray Compton Scattering Study of Liquid Sodium at Elevated Temperatures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 2000187 ~ 2000187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.202000187	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 Kajihara Y, Inui M, Ohara K, Matsuda K	4. 巻 32
2. 論文標題 Experimental observation of density fluctuations in liquid metals associated with liquid-liquid, liquid-gas and metal-nonmetal transitions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 274001 ~ 274001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/ab7d66	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 Inui M, Kajihara Y, Tsuchiya Y, Hosokawa S, Matsuda K, Uchiyama H, Tsutsui S, Baron A Q R	4. 巻 32
2. 論文標題 Peculiar temperature dependence of dynamical sound speed in liquid Se50Te50 by inelastic x-ray scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 214003 ~ 214003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/ab6d8e	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 Baron Alfred Q. R., Inui Masanori, Ishikawa Daisuke, Matsuda Kazuhiro, Kajihara Yukio, Nakajima Yoichi, Taguchi Kazuhiko, Hattori Yasunori	4. 巻 257
2. 論文標題 Furnace for Inelastic X Ray Scattering from Liquids up to 1600 ° C	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 2000093 ~ 2000093
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.202000093	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 Kimura Koji, Hagiya Toru, Matsuda Kazuhiro, Hiraoka Nozomu	4. 巻 235
2. 論文標題 Plasmons in Liquid Metals Studied by Inelastic X-ray Scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Zeitschrift fur Physikalische Chemie	6. 最初と最後の頁 81 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/zpch-2020-1619	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 該当する

1. 著者名 Matsuda Kazuhiro, Tamura Kozaburo	4. 巻 235
2. 論文標題 Structure and Electronic State in a Fluid Alkali Metal: Synchrotron Radiation Studies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Zeitschrift fur Physikalische Chemie	6. 最初と最後の頁 25 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/zpch-2020-1615	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 Hiraoka N., Yang Y., Hagiya T., Niozu A., Matsuda K., Huotari S., Holzmann M., Ceperley D. M.	4. 巻 101
2. 論文標題 Direct observation of the momentum distribution and renormalization factor in lithium	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 165124-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.101.165124	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 該当する

1. 著者名 Yang Yubo, Hiraoka Nozomu, Matsuda Kazuhiro, Holzmann Markus, Ceperley David M.	4. 巻 101
2. 論文標題 Quantum Monte Carlo Compton profiles of solid and liquid lithium	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 165125-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.101.165125	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 該当する

1. 著者名 Inui Masanori, Matsuda Kazuhiro, Hosokawa Shinya, Nakajima Yoichi, Tsutsui Satoshi, Ishikawa Daisuke, Baron Alfred Q. R.	4. 巻 257
2. 論文標題 Sound Speed in Glassy AsxSe1-x (x=0.4, 0.5, and 0.6) by Inelastic X Ray Scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 2000134 ~ 2000134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.202000134	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10件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 萩谷透、鄭允敦、櫻澤智大、松田和博、平岡望、乾雅祝、梶原行夫、木村耕治
2. 発表標題 非弾性X線散乱実験を用いた液体Liの遮蔽電子密度の決定
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 萩谷透、桜澤智大、松田和博、平岡望、梶原行夫、木村耕治、乾雅祝
2. 発表標題 非弾性X線散乱実験を用いたLiの密度応答関数の決定
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuhiro Matsuda, Toru Hagiya, Koji Kimura, Yukio Kajihara, Masanori Inui, Nozomu Hiraoka and Yoshiharu Sakurai
2. 発表標題 Electronic States in Liquid Alkali Metals: X-ray Compton scattering study
3. 学会等名 14th International Conference on the Structure of Non-Crystalline Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hagiya, Y. Jeong, T. Sakurazawa, K. Matsuda, N. Hiraoka, M. Inui, Y. Kajihara, K. Kimura
2. 発表標題 Determination of density response function in solid and liquid Li
3. 学会等名 14th International Conference on the Structure of Non-Crystalline Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田和博
2. 発表標題 非弾性X線散乱による流体アルカリ金属の電子状態観測
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 萩谷透、鄭允敦、櫻澤智大、松田和博、平岡望、乾雅祝、梶原行夫、木村耕治
2. 発表標題 非弾性X線散乱実験を用いたアルカリ金属における電子密度応答の時空間マッピング
3. 学会等名 放射光学会若手研究会「放射光科学Xインフォマティクス」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 萩谷透、鄭允敦、櫻澤智大、松田和博、平岡望、乾雅祝、梶原行夫、木村耕治
2. 発表標題 非弾性X線散乱実験による液体リチウムの電子密度応答
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 萩谷透、鄭允敦、櫻澤智大、仁王頭明伸、松田和博、平岡望、乾雅祝、梶原行夫、木村耕治
2. 発表標題 非弾性X線散乱実験によるアルカリ金属液体の電子密度応答
3. 学会等名 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田和博, 木村耕治, 萩谷透, 梶原行夫, 乾雅祝, 平岡望, 田村剛三郎, 櫻井吉晴
2. 発表標題 液体ナトリウムのX線コンプトン散乱
3. 学会等名 日本高圧力学会 第61回高圧討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田和博
2. 発表標題 低密度化金属流体の物性研究：構造と電子ダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2020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
研究協力者	萩谷 透  (Hagiya Toru)		
連携研究者	平岡 望  (Hiraoka Nozomu)  (30795779)	公益財団法人高輝度光科学研究センター・回折・散乱推進室・客員研究員   (84502)	
連携研究者	乾 雅祝  (Inui Masanori)  (40213136)	広島大学・先進理工系科学研究科(総)・教授   (15401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	梶原 行夫  (Kajihara Yukio)  (20402654)	広島大学・先進理工系科学研究科(総)・助教    (15401)	

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			
その他の国・地域	NSRRC, Taiwan			
米国	University of Illinois			
フィンランド	University of Helsinki			
フランス	Univ. Grenoble Alpes, CNRS, LPMMC			