

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03831

研究課題名(和文)スピントロニクス素子における量子輸送理論の構築と新奇デバイスの提案

研究課題名(英文) Construction of quantum transport theory for spintronic devices and proposal of novel devices

研究代表者

加藤 岳生 (Kato, Takeo)

東京大学・物性研究所・准教授

研究者番号：80332956

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：現象論を超えたスピン流の生成・検出の微視的理論を構築し、新しいスピン輸送現象の発見を目指す研究を行った。多様な物質に対するスピン注入の微視的理論を構築し、共鳴線幅の変化から隣接する物質のスピン励起に関する有益な情報が得られることを示した。また、スピンホール磁気抵抗の微視的理論を構築し、これまで未解明であった温度依存性を得ることに成功した。並行して、電子輸送と磁気回転結合を利用した新しいナノローターの提案も行った。以上の理論基盤を利用して、様々な輸送特性の理論展開を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強磁性共鳴を利用したスピノンピング測定がスピン励起のスペクトロスコピー法として有望であることを様々な例を通して示し、今後新しい手法として発展する基盤を構築した。磁性体のスピン状態の読み出し法として注目を集めるスピンホール磁気抵抗であるが、磁気抵抗が何をみているのかを明らかにし、今後のデバイス設計の指針を与えることに成功した。さらにナノローターの提案など、新しい磁気回転効果の応用例も明らかにし、応用の幅を広げることに貢献した。

研究成果の概要(英文)：A microscopic theory of generation and detection of spin current beyond the phenomenological theory was constructed, and research aimed at the discovery of new spin transport phenomena was carried out. We have constructed a microscopic theory of spin injection for a variety of materials and have shown that variations in resonance linewidths provide useful information about spin excitations of adjacent materials. We also constructed a microscopic theory of spin Hall magnetoresistance and succeeded in obtaining a temperature dependence that has not been clarified so far. In parallel, a new nanorotor utilizing electron transport and spin-rotation coupling was proposed. We developed theory of various transport properties using the above theoretical bases.

研究分野：物性理論

キーワード：スピントロニクス スピン軌道相互作用 スピノンピング カーボンナノチューブ マグノン 磁気回転効果 グラフェン

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

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スピントロニクス分野の主要な目標は、電子のスピンを取り扱う磁性工学と電子の電荷自由度を取り扱うエレクトロニクス工学を融合し、新たな機能素子を生み出すことにある。その際に重要となる概念の一つがスピン流である。スピン流は他の輸送量と相互変換する。例えばスピン軌道相互作用の強い物質中では、電流がスピン流に変換される現象(スピンホール効果)やスピン流が電流に変換される現象(逆スピンホール効果)が知られている。マイクロ波を用いたスピンポンピングや温度勾配を用いたスピンゼーベック効果など、新しいスピン流生成法も相次いで発見されており、現在、基礎と応用の両方の側面から活発な議論が行われている。

これまでスピン流の生成・検出・変換を記述する理論として、拡散方程式と古典磁化ダイナミクスを組み合わせた現象論が広く用いられてきた。現象論は様々なスピン輸送現象に応用されその物理的機構の解明に大きく貢献したが、その一方で多くの欠点を有する。まず現象論には複数のパラメータが含まれるが、これらのパラメータの温度・磁場依存性を議論することはできない。さらに、多くのスピン変換素子で用いられる金属-磁性体接合において、界面でのスピン輸送を微視的に理解することも重要である。しかし、従来の拡散方程式をベースとした現象論では、界面でのスピン輸送を明確に記述することができない。さらに現象論では、磁気励起の量子性が適切に取り扱われていないため、磁気励起を用いた量子デバイス素子の特性評価には不十分である。

2. 研究の目的

本研究課題では、現象論を超えたスピン流の生成・検出の微視的理論を構築し、新規デバイス設計や新しいスピン輸送現象の発見を目指す。非平衡グリーン関数の手法を用いて磁気励起の非平衡分布関数を理論的に導出し、実験状況に即して様々な近似計算手法を採用することで、現象論では取り扱うことのできない界面でのスピン輸送を明らかにする。この知見を基にしてスピン輸送の生成・検出・変換に関わる諸現象の解析を行う。

3. 研究の方法

磁性体-金属接合におけるスピン輸送理論を構築する。接合界面における電子-磁気励起非弾性散乱のプロセスを少数のパラメータで記述し、解析的近似計算手法および量子モンテカルロ法を用いてスピン流の計算を行う。スピン輸送現象としては、スピンポンピング、スピンホール磁気抵抗効果、スピン回転結合などを考察する。半導体ヘテロ構造や超伝導、グラフェンなどの材料との接合におけるスピン輸送も調べ、その特徴を明らかにする。電子のスピン角運動量から力学的トルクへの変換についても考察し、トルク生成の微視的メカニズムの理論記述および応用を議論する。

4. 研究成果

(1) 多様な物質に対するスピンポンピングの微視的理論

d 波超伝導体/強磁性絶縁体接合系における強磁性共鳴を利用したスピンポンピング

強磁性共鳴の線幅変調を理論的に研究した。この系におけるギルバート減衰の変調は d 波超伝導体におけるノードの存在を反映しており、低温・低周波数領域でべき乗則を示す。これらの結果は、ナノスケール薄膜に対して高感度で非従来型超伝導体の対称性を決定するためのプローブ技術としてスピンポンピング測定の有効性を示している。

Rashba スピン軌道相互作用と Dresselhaus スピン軌道相互作用が共存する二次元電子ガスへのスピンポンピング

二次元電子ガス/強磁性絶縁体接合系におけるスピンポンピングを理論的に考察した(図1)。二次摂動理論を用いて強磁性共鳴実験における界面交換相互に起因する線幅増大の公式を導いた。ギルバート減衰の増大が強磁性絶縁体の共振周波数とスピン配向にどのように依存するかを明らかにした。このセットアップにおける強磁性共鳴測定は、フェルミ面での二次元電子ガス

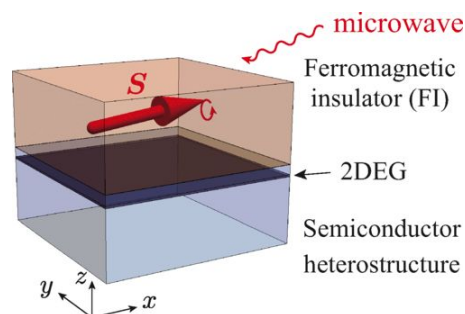


図1. 二次元電子系へのスピンポンピングの模式図

のスピンの分極の方位依存性に関する情報を含むことを示した。

近藤状態にある磁性不純物を介したスピンプンピング

強磁性絶縁体と通常の金属上に堆積した磁性不純物との接合におけるスピントラップ効果とスピンプンピングを調べた。数値繰り込み群計算を行うことにより、スピン電流が近藤効果によって増強されることを示した。このスピン電流は近藤温度に匹敵する温度または磁場の増加によって抑制される。この結果は、スピン輸送が強相関係におけるスピンプンピングの直接プローブとなり得ることを示している。

異方性ディラック電子系へのスピンプンピング

隣接強磁性絶縁体へのマイクロ波照射によって誘起される異方性ディラック電子系へのスピンプンピングを理論的に研究した。ディラック電子系に流入するスピン電流によるギルバート減衰増強を定式化した。例として、ビスマスで実現された異方性ディラック系を考え、ギルバート減衰が強磁性絶縁体の磁化方向によって変化することを示した。これらの結果は、このセットアップがディラック電子系の異方性に関する有用な情報を提供できることを示している。

(2) スピンホール磁気抵抗の微視的理論

スピンホール磁気抵抗の微視的一般理論の構築

通常の金属と磁気絶縁体との界面におけるスピンホール磁気抵抗を動的スピン感受率の観点から定式化し、静的部分と動的部分から構成されることを明らかにした。温度にほとんど依存しない静的部分は、界面交換結合によって引き起こされるスピントラップに起因する。しかし、マグノンの生成や消滅によって誘発される動的部分は、静的部分とは逆の符号を持つ。スピン波近似により、後者は有限温度でスピンホール磁気抵抗に自明でない符号変化をもたらす。さらにスピンコンダクタンスとスピン流熱ノイズの間のオンサーガー関係式を導いた。

スピンホール磁気抵抗の微視的一般理論の構築

反強磁性絶縁体/金属接合系におけるスピンホール磁気抵抗の温度依存性を研究した。量子モンテカルロシミュレーションを用いてスピンホール磁気抵抗の振幅を計算し、スピンホール磁気抵抗がスピンの振幅、反強磁性絶縁体層の厚さ、交換相互作用のランダム性にどのように依存するかを調べた。スピンホール磁気抵抗のピークは磁気転移温度の 2/3 程度の場所であり、スピンの振幅や反強磁性絶縁体層の厚さを大きくすると増大することを示した (図 2)。

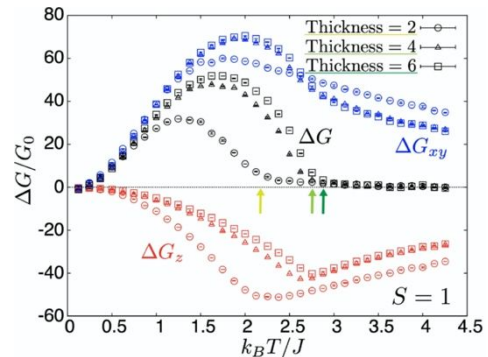


図 2. 量子モンテカルロ法によって得られたスピンホール磁気抵抗

スピンホール磁気抵抗効果におけるゆらぎの定理

常磁性金属と強磁性絶縁体との磁気接合における非平衡スピン輸送の一般関係を量子ゆらぎ定理から導いた。これには、外部電流によって駆動される非平衡状態で保持されるスピンコンダクタンスとスピン電流ノイズの間の拡張オンサーガー関係が含まれる。これらの関係は、主な寄与が界面スピンコンダクタンスによる場合、スピンホール磁気抵抗の一般的な設定に対して有効である。絶縁性強磁性接合における一方向スピンホール磁気抵抗も同様に理解できる。したがって、本研究は絶縁性強磁性接合におけるこれらの磁気抵抗を理解するための包括的な視点を提供することができる。この結果はまた、外部電流に関する高次キュムラント係数間の関係の予測にも応用できる。

(3) 磁気回転結合によって引き起こされる物理現象の微視的理論

スピン注入により駆動される 2 つの強磁性電極間に埋め込まれたナノスケールローターを提案した (図 3)。スピン回転結合により、このナノローターは反平行磁化配置の強磁性電極間の定常電流流の下で、注入されたスピンから角運動量を連続的に受け取ることができる。この角運動量移動の量子論を進展させ、歳差運動状態から眠りコマ状態への緩和過程がナノローターの効率的な駆動に重要であることを、マスター方程式を解くことにより示した。この研究は、ナノローターの効率的な駆動のための一般的な戦略を明らかにしている。

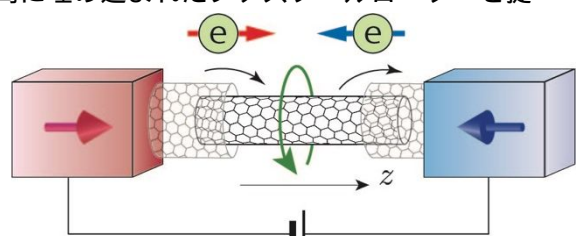


図 3. ナノローターの模式図

(4) 共通の理論基盤を用いた固体中の輸送に関する基礎理論

本研究課題で用いた基礎理論を他分野の固体中の輸送特性にも応用し、多くの成果を得た。(i)半導体およびグラフェンにおける高次高調波発生の基礎理論を構築し、(ii)調和振動子-二準位系の複合系を介した熱輸送や、二準位系を介した熱輸送における観測のバックアクション効果を調べ、(iii)量子ドット系における断熱ポンピングの基礎理論を構築した。さらに(iv)量子ドット系におけるスピン緩和に対する電子相関効果、(v)冷却原子系における BEC-BCS クロスオーバーでの粒子流ノイズの理論、などを構築した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tajima Hiroyuki, Oue Daigo, Matsuo Mamoru, Kato Takeo	4. 巻 2
2. 論文標題 Nonequilibrium noise as a probe of pair-tunneling transport in the BCS?BEC crossover	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PNAS Nexus	6. 最初と最後の頁 pgad045(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pnasnexus/pgad045	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 Tamaya Tomohiro, Akiyama Hidefumi, Kato Takeo	4. 巻 107
2. 論文標題 Shear-strain controlled high-harmonic generation in graphene	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L081405(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.107.L081405	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 Ishikawa T., Matsuo M., Kato T.	4. 巻 107
2. 論文標題 Spin Hall magnetoresistance in quasi-two-dimensional antiferromagnetic-insulator/metal bilayer systems	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 054426(1-9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.107.054426	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 Yamamoto Tsuyoshi, Tokura Yasuhiro, Kato Takeo	4. 巻 106
2. 論文標題 Heat transport through a two-level system under continuous quantum measurement	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205419(1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.205419	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 Funato Takumi, Kato Takeo, Matsuo Mamoru	4. 巻 106
2. 論文標題 Spin pumping into anisotropic Dirac electrons	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 144418(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.144418	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 Hasegawa Masahiro, Kato Takeo	4. 巻 91
2. 論文標題 Nonadiabatic Correction and Adiabatic Criteria of Noninteracting Quantum Dot Systems	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 074705(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.074705	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 Ominato Yuya, Yamakage Ai, Kato Takeo, Matsuo Mamoru	4. 巻 105
2. 論文標題 Ferromagnetic resonance modulation in d-wave superconductor/ferromagnetic insulator bilayer systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205406(1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.205406	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 Sato Tetsuya, Tatsuno Masahiro, Matsuo Mamoru, Kato Takeo	4. 巻 546
2. 論文標題 Fluctuation theorem for spin transport at insulating ferromagnetic junctions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 168814(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2021.168814	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 Izumida W., Okuyama R., Sato K., Kato T., Matsuo M.	4. 巻 128
2. 論文標題 Einstein-de Haas Nanorotor	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 017701(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.128.017701	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 Xia Peiyu, Tamaya Tomohiro, Kim Changsu, Lu Faming, Kanai Teruto, Ishii Nobuhisa, Itatani Jiro, Akiyama Hidefumi, Kato Takeo	4. 巻 104
2. 論文標題 High-harmonic generation in GaAs beyond the perturbative regime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L121202(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.L121202	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 Yamamoto T., Kato T., Matsuo M.	4. 巻 104
2. 論文標題 Spin current at a magnetic junction as a probe of the Kondo state	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L121401(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.L121401	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 Kiyama H., Yoshimi K., Kato T., Nakajima T., Oiwa A., Tarucha S.	4. 巻 127
2. 論文標題 Preparation and Readout of Multielectron High-Spin States in a Gate-Defined GaAs/AlGaAs Quantum Dot	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 086802(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.127.086802	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 Yama M., Tatsuno M., Kato T., Matsuo M.	4. 巻 104
2. 論文標題 Spin pumping of two-dimensional electron gas with Rashba and Dresselhaus spin-orbit interactions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 054410(1-9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.054410	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 Yamamoto Tsuyoshi, Kato Takeo	4. 巻 33
2. 論文標題 Heat transport through a two-level system embedded between two harmonic resonators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 395303(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/ac1281	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 Tamaya Tomohiro, Kato Takeo	4. 巻 103
2. 論文標題 Piezo-optic effect of high-harmonic generation in semiconductors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205202(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.205202	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 Kato T., Ohnuma Y., Matsuo M.	4. 巻 102
2. 論文標題 Microscopic theory of spin Hall magnetoresistance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 094437(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.094437	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

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 杉幸樹, 木俣基, 石川卓門, 加藤岳生, 塩田陽一, 小野輝男, 森山貴広
2. 発表標題 二次元層状反強磁性体NiPS ₃ /Pt二層膜におけるスピントール磁気抵抗効果
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 山正樹, 松尾衛, 加藤岳生
2. 発表標題 ボルツマン方程式を利用した二次元電子系へのスピンプンピングの理論
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 福澤昂汰, 加藤岳生, 松尾衛, Jerome Rech, Thibaut Jonckheere, Thierry Martin
2. 発表標題 強磁性絶縁体とカーボンナノチューブの界面におけるスピントラnsport理論
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 佐藤哲也, 大上能悟, 松尾衛, 加藤岳生
2. 発表標題 強磁性共鳴によって駆動される強磁性微粒子の回転速度ノイズ
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 藤本知宏, 栗原貴之, 室谷悠太, 神田夏輝, 玉谷知裕, 金昌秀, 秋山英文, 加藤岳生, 松永隆佑
2. 発表標題 GaAsにおける光誘起異常ホール伝導ダイナミクス(I): 逆スピホール効果のテラヘルツ周波数特性と微視的起源
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 藤本知宏, 栗原貴之, 室谷悠太, 神田夏輝, 玉谷知裕, 金昌秀, 秋山英文, 加藤岳生, 松永隆佑
2. 発表標題 GaAsにおける光誘起異常ホール伝導ダイナミクス(II): 光照射中の振動構造の起源
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 玉谷知裕, 秋山英文, 加藤岳生
2. 発表標題 せん断応力を用いたグラフェンの高次高調波スイッチング
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 山正樹, 松尾衛, 加藤岳生
2. 発表標題 強磁性絶縁体と二次元電子系の接合系におけるスピン流-電流変換現象の理論
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 福澤昂汰, 加藤岳生, 松尾衛, Jerome Rech, Thibaut Jonckheere, Thierry Martin
2. 発表標題 カーボンナノチューブへのスピノンピングの理論
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 船戸匠, 加藤岳生, 松尾衛
2. 発表標題 ビスマスへの異方的スピノンピング
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 山本剛史, 都倉康弘, 加藤岳生
2. 発表標題 連続量子測定下における二準位系を介した熱輸送現象
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 T. Ishikawa, M. Matsuo, T. Kato
2. 発表標題 Spin-Hall magnetoresistance in quasi-two-dimensional antiferromagnetic insulator/metal bilayer systems
3. 学会等名 MagnEFi Conference 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Yama, M. Tatsuno, M. Matsuo, T. Kato
2. 発表標題 Spin pumping into a two-dimensional electron system with spin-orbit couplings
3. 学会等名 MagnEFi Conference 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Yama, M. Tatsuno, M. Matsuo, T. Kato
2. 発表標題 Increased Gilbert damping due to junctions with a two-dimensional electron gas with spin-orbit couplings
3. 学会等名 Stat&QuantPhys Autumn School 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山正樹, 加藤岳生, 松尾衛
2. 発表標題 二次元電子系へのスピンプンピングにおけるパーテックス補正の効果
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 佐藤哲也, 加藤岳生, 大上能悟, 松尾衛
2. 発表標題 強磁性共鳴を利用した磁気回転の理論的研究
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 玉谷知裕, 加藤岳生
2. 発表標題 せん断応力を印加したグラフェンから発生する高次高調波の特性について
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 佐藤哲也, 立野雅大, 加藤岳生, 松尾衛
2. 発表標題 ゆらぎの定理と一方向性スピンホール磁気抵抗
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本剛史, 加藤岳生, 松尾衛
2. 発表標題 金属界面の磁性不純物を介したスピン輸送理論における近藤効果
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川卓門, 加藤岳生, 松尾衛
2. 発表標題 量子モンテカルロ法を用いたスピンホール磁気抵抗効果における膜圧・温度依存性の解析
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山正樹, 立野雅大, 加藤岳生, 松尾衛
2. 発表標題 Rashbaスピン軌道相互作用とDresselhausスピン軌道相互作用が共存する二次元電子系へのスピンプンピング
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Yama, Masahiro Tatsuno, Takeo Kato, Mamoru Matsuo
2. 発表標題 Increase of Gilbert Damping in Spin Pumping into a Two-dimensional Electron System with Rashba- and Dresselhaus-type Spin-orbit Interactions
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Condensed Matter Physics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Yama, Masahiro Tatsuno, Takeo Kato, Mamoru Matsuo
2. 発表標題 Spin Pumping into Two-dimensional Electron Gas with Spin-orbit Interactions
3. 学会等名 International Symposium on Novel maTerials and quantum Technologies (ISNTT2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 立野雅大, 松尾衛, 加藤岳生
2. 発表標題 非平衡グリーン関数法を用いたスピネルティエ効果の解析
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤岳生, 大沼悠一, 松尾衛
2. 発表標題 スピン磁気抵抗の微視的理論
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本剛史, 加藤岳生
2. 発表標題 量子ラビ模型を介した熱輸送
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 玉谷知裕, 加藤岳生
2. 発表標題 GaAsの高次高調波におけるピエゾ光学効果
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川卓門, 加藤岳生
2. 発表標題 量子モンテカルロ法を用いたスピンホール磁気抵抗効果の数値計算
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

加藤研究室 東京大学物性研究所 https://kato.issp.u-tokyo.ac.jp/ 加藤研究室 https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kato_group.html 加藤研究室 東京大学物性研究所 https://kato.issp.u-tokyo.ac.jp/
--

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

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			
中国	松尾衛			
フランス	Thibaut Jonckheere	Jerome Rech	Thierry Martin	