

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05513

研究課題名(和文) レーザー駆動型超高速スピントロニクス of 量子的理論研究

研究課題名(英文) Theoretical study of laser-driven ultrafast spintronics

研究代表者

佐藤 正寛 (Sato, Masahiro)

茨城大学・理工学研究科(理学野)・准教授

研究者番号：90425570

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)：レーザーを磁性体に照射して生じる新しい高速磁性現象やスピントロニクス機能について理論研究を遂行した。その結果、4年間の研究により、多くの新現象の予言に成功した。代表的成果として、トポロジカル光波による磁気欠陥の高速生成方法やフロケ・エンジニアリング、高強度テラヘルツレーザーによるスピン流整流効果(スピン流版の太陽電池)の理論、散逸のある開放量子系におけるフロケ・エンジニアリングで生じる非平衡定常状態を表す密度行列の一般公式の導出、スピンネマティック磁性体の高磁場強磁性相において普遍的に現れるマグノンペアのテレヘルツレーザーによる非線形磁気共鳴を介した検出方法の提案などが挙げられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、近年発展しているテラヘルツ帯レーザー技術を用いて非平衡磁気現象を考察してきた。レーザー新技術の物質科学への応用は、これまでも新しい科学分野の開拓をもたらしてきた。また、非平衡磁気現象の研究は、それ自身が磁性やスピントロニクス分野に貢献するだけでなく、非平衡物理学の基礎論や応用科学寄りのスピントロニクスにも大きな影響を与えらる。以上のことから、本研究成果は、スピントロニクス、光物性、非平衡物理に関わる広範な分野に新しい研究潮流をもたらし得る。また、レーザー科学やスピントロニクスは、応用科学や実社会との関わりが強い分野である。それ故、本成果は社会へのインパクトもある結果と言える。

研究成果の概要(英文)：In the last four years, I have theoretically studied and proposed novel laser-driven magnetic phenomena and spintronics functions. As a result, I have succeeded in predicting several new phenomena. The representative results are as follows: Applications of topological light wave (such as ways of creating magnetic defects with vortex beams and topological wave driven Floquet engineering), proposing intense terahertz (THz) laser driven spin-current rectification (spin-current version of solar cell), derivation of the formula of nonequilibrium steady states in laser-driven dissipative quantum systems, and a new way of detecting magnon pairs in spin nematic magnets under high static magnetic field.

研究分野：物性理論

キーワード：レーザー スピントロニクス スピン流 フロケ・エンジニアリング トポロジカル光波 シフト流  
高次高調波 非平衡定常状態

### 1. 研究開始当初の背景

高強度レーザー技術(特にテラヘルツ領域のレーザー)による光物性科学とスピントロニクスは、物性物理学において最近 10 年で急速に発展した分野の代表であった。現在もその潮流は継続している。両分野の実験研究の発展にもかかわらず、レーザー照射により非平衡化した磁性体を微視的に取り扱う理論は未発達であった。この状況は「光物性領域、特にレーザー科学では、理論研究者が非常に少なく、実験家が理論解析も担う文化がある」「スピントロニクスでは、実験が研究領域を先導する傾向が強く、実験を説明する直感的な現象論的理論がしばしば要求される」などの影響で生じていると考えられる。しかし、この状況は、レーザー駆動磁気現象に関する理論研究について、広大な開拓地が広がっていることも意味する。申請者は、磁性体の微視的理論研究について幅広い経験を有しており、さらに、フロケ・エンジニアリングやスピントロニクスをはじめとする非平衡現象の研究も開始した段階にあり、レーザー駆動磁気現象の理論を進展させる上で、非常に優位な立場にあった。

### 2. 研究の目的

上記の背景に基づいて、本研究課題では、新規レーザー駆動磁気現象、特に光学的スピン流の生成・制御方法の微視的・量子論的理論を構築することを目的とした。当初、申請者の研究経験を活かし、量子スピン系・マルチフェロイクス(強誘電磁性体)・カイラル磁性体におけるレーザー駆動現象の予言と理論構築を計画していた。しかし、本研究課題実施中に、光物性分野において、光電流整流現象や高次高調波発生(HHG)の研究が精力的に行われる潮流が生まれた為、その影響も取り込み、課題遂行の中盤から、レーザー駆動スピン流整流や量子磁性体における HHG の理論構築も目的の一部となった。

### 3. 研究の方法

注目するレーザー駆動現象の種類に応じて、適切な解析方法も変化する。主に 4 種類の方法を用いて、新しいレーザー駆動現象の予言と理論を提案した。

#### (1)ランダウ・リフシッツ・ギルバード(LLG)方程式の応用

光渦レーザーによる(カイラル)磁性体の磁性制御 - 特にトポロジカル磁気欠陥(スキルミオンやスキルミオニウム)の生成方法 - を理論的に提案するとき、磁気秩序相の非平衡ダイナミクスを良く記述する LLG 方程式を応用した。

#### (2)レーザー駆動量子系における高周波数展開法

質的に新しいフロケ・エンジニアリングを予言する際、高周波数の AC 外場で駆動される孤立量子系における低周波数ダイナミクスを記述する有効ハミルトニアンを導出する高周波数展開法が効果的であることが知られている。トポロジカル光波によるフロケ・エンジニアリングにおいて、この展開法を応用した。

#### (3)非線形応答理論・非平衡グリーン関数法

高強度レーザーを応用した物質科学の意義を高める上で、線形応答を超えた光学応答現象を探索することは非常に重要である。光整流現象は典型的な 2 次の光学応答である。本研究課題では、テラヘルツレーザーによるスピン流整流現象を予言する際に非線形光学応答理論やグリーン関数法を活用した。

#### (4)量子マスター方程式

非線形性の高い光学現象では、注目する系の周りの環境による散逸の効果を無視できない場合が多い。非平衡現象自体が理論的に挑戦的な研究対象であり、さらに散逸の効果まで理論に取り込むことは一般に難問である。しかし、量子マスター方程式を用いれば、現象論的ではあるが、非常に reasonable な散逸効果を取り込んだ非平衡ダイナミクスを記述することができる。本課題では、高強度レーザーによる高次高調波の理論を構築する際に量子マスター方程式を応用した。

### 4. 研究成果

以下、本研究課題の中心的な研究成果6つについて報告する。

#### (1)光渦レーザーによるトポロジカル磁気欠陥生成法とスパイラルスピン波磁気共鳴

光渦レーザービームは軌道角運動量をもつ電磁波であり、スピントロニクスを含む固体物理学における非常に新しい題材といえる。光学分野では、光渦の軌道角運動量をマクロな物体に転写する多数の方法が提案・実現しているが、固体物性分野では光渦の応用の可能性が全く検討されてこなかった。本研究課題のスタート直前に、申請者たちは可視光帯の光渦ビームをカイラル磁性体に照射して、その加熱効果でトポロジカル磁気欠陥を高速生成する方法を提案した。本研究では、この申請者らの成果をさらに発展させて、磁気励起と直接結合する低周波数テラヘルツ (THz) 帯の光渦ビームの軌道角運動量の情報をカイラル磁性体、強磁性体、反強磁性体、マルチフェロイクスに転写する方法を提案した。解析では LLG 方程式に基づく数値計算を応用した。THz 光渦による磁気共鳴により、光渦の軌道角運動量に応じたスパイラルな波面を持つスピン波

を生成できることを示した。さらに、高強度THz光渦パルスを用いてカイヤル磁性体に照射することで、光渦の角運動量子数に応じた数のスキルミオンが生成可能であることも示した。これらは、光渦分野とスピントロニクス分野を結び付けるほぼ最初の理論研究成果である。

#### (2)ベクトルビームによる磁性金属のフェルミ面観測法

ベクトルビームの大きな特徴は、それを集光した際に狭い集光領域において純粋なAC電場又はAC磁場が実現することである。特にテラヘルツ以上の高周波数領域で電場を伴わないAC磁場をベクトルビーム以外の方法で生み出すことは困難である。そこで、この高周波数AC磁場を用いて、我々は磁性金属における新しい光学的フェルミ面測定方法を提案した。汎用性のある既存のフェルミ面測定法では、低温金属に強い静磁場を印加し、その結果帯磁率や電気伝導度が磁場の関数として振動することから、フェルミ面の情報を読み取る。しかし、金属が磁気秩序を持つと外部磁場により秩序が変化してしまうため、この磁気振動の方法は有効ではない。我々の方法は、この困難を克服し、複雑な磁気秩序を持つ磁性金属のフェルミ面を、その磁気秩序を保存したまま、測定する方法を提供するものである。

#### (3)スピン流版太陽電池(光スピン流整流)の提案

光を利用したデバイスの代表例として太陽電池が挙げられる。光は振動電磁場であり、1つの整流方向を指定する能力はない。にもかかわらず、太陽電池において特定の方向に電流が整流されるのは、物質側が方向を指定する特性を持つためである。対称性の観点から言えば、光整流を起こすには物質が反転対称性を破っている必要がある。実際、太陽電池の基礎構造はp型とn型半導体の接合系であり、まさに反転非対称である。我々は、この太陽電池のスピン流バージョンの可能性を理論的に探索した。すなわち、太陽電池の「可視光、半導体、電流」を「テラヘルツ(THz)波、磁性絶縁体、スピン流」に変更したデバイスの実現可能性を解析した。単純かつ現実的系として、反転対称性の破れた量子スピン鎖モデルと反強磁性体(またはフェリ磁性体)モデルを設定し、これらの系の磁気励起エネルギーに匹敵するフォトンを持つTHzレーザーを印加した際のDCスピン流を定量的に計算した。非線形応答理論を駆使してスピン流を解析した結果、実験室で実装可能な高強度THzレーザーにより、スピノンまたはマグノンによる観測可能な強度のスピン流が流れ得ることを示した。これは良く知られたスピンプンプとは異なる新しい光スピントロニクス現象の予言と言える。

#### (4)量子スピン鎖におけるTHzレーザーパルスによる高次高調波発生(HHG)の理論

最近、固体結晶における高次高調波発生(HHG)の実験研究が活性化し、それに伴ってHHGの理論研究も進展している。HHGとは、注目する系に高強度レーザーパルスを照射し、レーザーと物質の間の非線形相互作用を介して、照射レーザーの周波数の整数倍の周波数を持つ放射光が一斉に発生する現象を指す。これまでの固体のHHGでは、固体中電子とレーザーのAC電場の結合を介したHHGが研究されてきたが、高強度THzレーザーを用いれば、磁性絶縁体において電子スピンとAC磁場の相互作用を介したHHGも原理的に可能と考えられる。申請者らは、この磁性体におけるHHGの可能性を探るため、最も単純な磁性絶縁体である量子スピン鎖におけるTHzレーザー駆動HHGを量子マスター方程式に基づいて解析した。その結果、実験室で実装可能な1MV/cm程度のTHzレーザーで磁性体のHHGが観測できうることを明らかにした。また、固体電子系のHHGと同様に、系の空間反転対称性やスピン回転対称性に依存して、偶数次のHHGの有無が制御できることも明らかとした。これは他の強相関系や量子磁性体の非線形光学現象の参照点となる研究成果と言える。

#### (5)レーザー駆動散逸量子系の非平衡定常状態を記述する密度行列の一般式の導出と応用

高周波数外場を量子系に印加して系の物性を操作する方法をフロッケ・エンジニアリング(FE)と呼び、ここ10年ほどの間FEの考え方が物性科学分野に浸透し、様々なレーザー駆動FEの方法が提案されてきた。理論的にFEはフロケ理論により基礎づけが成されており、この理論は孤立量子系に対するFEの枠組みを与える。しかし、実際の物質系にレーザーを照射すると、周りの環境の効果で散逸が生じる。この散逸の効果は通常無視できない。そこで我々は散逸の効果を取り込んだ密度行列に対する量子マスター方程式を出発点として、散逸系のフロッケ・エンジニアリングの理論を構築した。レーザーを印加後十分時間が経過すれば、レーザーと散逸の効果釣り合い、非平衡定常状態(NESS)が実現すると推測されるが、我々はレーザー周波数が十分高いときのNESSを表す密度行列の一般式を導出した。これは多くの現実的FEの系に適用することができる。

#### (6)スピンネマティック磁性体の強磁性相におけるマグノンペアのTHzレーザーによる検出法

スピンネマティック磁性体では、その磁場誘起強磁性相において、マグノンペアが低エネルギー状態に現れることが知られている。十分高強度のテラヘルツ光を照射し系が2光子を同時に吸収すれば、マグノンペアを励起することができると考えられる。そこで我々は、スピンネマティック磁性体の強磁性相に対応する簡単なモデルに対してレーザー駆動スピンダイナミクスを量子マスター方程式に基づいて計算し、マグノンペア共鳴の強度を定量的に評価した。その結果、1MV/cmの強度のレーザーで十分マグノンペアが観測できることを示した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takasan Kazuaki, Sato Masahiro	4. 巻 100
2. 論文標題 Control of magnetic and topological orders with a DC electric field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 060408(R)-1から6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.100.060408	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 Hiroyuki Fujita, Masahiro Sato	4. 巻 21
2. 論文標題 Accessing electromagnetic properties of matter with cylindrical vector beams	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 073010-1から16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Ishizuka Hiroaki, Sato Masahiro	4. 巻 122
2. 論文標題 Rectification of Spin Current in Inversion-Asymmetric Magnets with Linearly Polarized Electromagnetic Waves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 197702-1から6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevLett.122.197702	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 Hirobe Daichi, Sato Masahiro, Hagihara Masato, Shiomi Yuki, Masuda Takatsugu, Saitoh Eiji	4. 巻 123
2. 論文標題 Magnon Pairs and Spin-Nematic Correlation in the Spin Seebeck Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 117202-1から7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevLett.123.117202	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 Ishizuka Hiroaki, Sato Masahiro	4. 巻 100
2. 論文標題 Theory for shift current of bosons: Photogalvanic spin current in ferrimagnetic and antiferromagnetic insulators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 224411-1から12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.224411	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 Ikeda Tatsuhiko N., Sato Masahiro	4. 巻 100
2. 論文標題 High-harmonic generation by electric polarization, spin current, and magnetization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214424-1から15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.214424	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 Fujita Hiroyuki, Sato Masahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Nonequilibrium Magnetic Oscillation with Cylindrical Vector Beams	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15738-1,15738-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-33651-0	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 -

1. 著者名 佐藤正寛、藤田浩之	4. 巻 第47巻
2. 論文標題 光渦レーザーによる超高速ナノスピン構造制御	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 162-164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 藤田浩之、佐藤正寛	4. 巻 通巻631号
2. 論文標題 光渦レーザーによる磁性制御の展望	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 固体物理	6. 最初と最後の頁 457-471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 佐藤正寛	4. 巻 34
2. 論文標題 トポロジカル光波による固体物性制御	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 パリティ	6. 最初と最後の頁 54-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Hiroaki Ishizuka, Masahiro Sato	4. 巻 122
2. 論文標題 Rectification of Spin Current in Inversion-Asymmetric Magnets with Linearly-Polarized Electromagnetic Waves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 197702-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Hirobe Daichi, Sato Masahiro, Shiomi Yuki, Tanaka Hidekazu, Saitoh Eiji	4. 巻 95
2. 論文標題 Magnetic thermal conductivity far above the Neel temperature in the Kitaev-magnet candidate - RuCl <sub>3</sub>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B Rapid Communication	6. 最初と最後の頁 241112-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.95.241112	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 Fujita Hiroyuki, Sato Masahiro	4. 巻 96
2. 論文標題 Encoding orbital angular momentum of light in magnets	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B Rapid Communication	6. 最初と最後の頁 060407-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.060407	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 Yao Yuan, Sato Masahiro, Nakamura Tetsuya, Furukawa Nobuo, Oshikawa Masaki	4. 巻 96
2. 論文標題 Theory of electron spin resonance in one-dimensional topological insulators with spin-orbit couplings: Detection of edge states	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205424-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.205424	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 Ikeda Tatsuhiko N., Sato Masahiro	4. 巻 6
2. 論文標題 General description for nonequilibrium steady states in periodically driven dissipative quantum systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabb4019-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abb4019	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 -

1. 著者名 Sato Masahiro, Morisaku Yoshitaka	4. 巻 102
2. 論文標題 Two-photon driven magnon-pair resonance as a signature of spin-nematic order	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 060401(R)-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.060401	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19件（うち招待講演 19件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 スピン流とスピントクスチャーのレーザー駆動制御法の理論提案
3. 学会等名 スピントロニクス of 新たな潮流（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Sato
2. 発表標題 Theory for Ultrafast Control of Spin Current and Spin Textures with AC Fields
3. 学会等名 META 2019 (The 10th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Sato
2. 発表標題 Laser- and heat-driven phenomena in correlated magnets
3. 学会等名 Trends in Theory of Correlated Materials 2019 (TTCM2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Sato
2. 発表標題 Theoretical proposals for optical control of spin current and spin textures
3. 学会等名 The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 物質中の周期外場駆動現象に対する理論研究の進展
3. 学会等名 非平衡系の物理学 - 階層性と普遍性 - (基研研究会・iTHEMS研究会 2018) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 カイラル磁性体における光駆動高速磁性制御法の提案 - フロケ・エンジニアリング、トポロジカル光波、高速スピン流 -
3. 学会等名 物性研究所短期研究会「量子多体効果が生み出す液晶的電子状態」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 トポロジカル光波とテラヘルツレーザーによる高速スピン制御法の提案
3. 学会等名 KEK研究会「量子多体系の素核・物性クロスオーバー」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Sato
2. 発表標題 Thermal and spin currents driven by spinons, Majorana fermions and multiple-magnon molecules
3. 学会等名 1st Asia Pacific Workshop on Quantum Magnetism (APWQM) 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiro Sato
2. 発表標題 Theory of thermal transport phenomena driven by spinons, Majorana fermions, and magnon bound states
3. 学会等名 Trends in Theory of Correlated Materials (TTCM2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiro Sato
2. 発表標題 Ultrafast Spintronics with Topological Lasers
3. 学会等名 Spin Mechanics 5 and Nano MRI 6 workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 光でスピンを操る方法の理論提案～光でスピンをひねる&光をスピんに転写する～
3. 学会等名 東大物性研短期研究会「光で見る・操る 電子物性科学の最前線」(招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 光渦レーザーによる磁性体ナノ構造の超高速制御法についての理論的提案
3. 学会等名 第88回レーザー加工学会講演会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 光渦レーザーによる超高速電子物性制御の可能性について
3. 学会等名 マグノニック結晶討論会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 レーザー駆動超高速スピントロニクスに向けた理論研究
3. 学会等名 第147回微小光研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Sato
2. 発表標題 Theory for a spin current version of solar cell and shift current
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 新しい光駆動超高速スピントロニクス機能・現象の理論的提案
3. 学会等名 第3回超高速光エレクトロニクス研究会 「新材料・集積構造による物性開拓・光技術応用の潮流2020」（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 新しい磁気励起や非平衡現象の観測手段としての中性子散乱の利用法の提案
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会シンポジウム「磁性・強相関分野における中性子散乱の新展開-JRR-3 再稼働にむけて-」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 レーザー駆動型のスピン秩序・スピントロニクス機能の制御方法の提案
3. 学会等名 日本磁気学会第227回研究会/第67回化合物新磁性材料専門研究会「X線とレーザーの融合による磁性ダイナミクス」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤正寛
2. 発表標題 トポロジカル光波による高速固体物性制御法の提案
3. 学会等名 「物質科学におけるコヒーレントX線利用の最先端研究とその将来展望」(招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

茨城大学佐藤研究室  
<http://sugar.sci.ibaraki.ac.jp/index.html>

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