

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19H00861

研究課題名(和文) マグノニック機能創発のための電圧効果と凝縮効果の研究

研究課題名(英文) Study of voltage and condensation effects for the creation of magnonic functionalities

研究代表者

関口 康爾 (Sekiguchi, Koji)

横浜国立大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：00525579

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,000,000円

研究成果の概要(和文)：微細ナノ構造におけるマグノン輸送制御を目指し、動的マグノニック結晶や磁気結合型Y字型論理演算回路などを提案した。その結果、スピン波のスイッチング、帰還構造増幅、ON/OFF比向上などの成果を上げた。また磁性ガーネットや鉄単結晶においてマグノン・パラメトリックポンピングを実行し、マグノン凝縮効果を検出し材料の異方性などの寄与をあきらかにした。新奇なマグノニック機能を生み出す一環として、ポイントコンタクト法による熱勾配印加を行い、マグノン輸送路における磁化勾配を導入して伝搬制御を実現した。一方、マグノニックデバイスにおけるノイズ測定法を確立し、デバイスの動作限界を決めるノイズ特性を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子機器はエネルギー消費が急激に増大し、省エネ性能と高性能化の両立という現代社会の要請にこたえることが徐々にできなくなってきている。一方、磁性体には磁石に代表されるようにエネルギーゼロで情報を保持できる特性があり、その性質と同様に低エネルギーで動作可能な非電荷キャリア(=マグノン)が存在する。マグノンの研究は電子機器では得られない省エネルギーなアナログ機能・高周波機能を創発できる可能性を秘めている。本研究では、マグノンスイッチング、マグノン伝搬制御、スピン波リザバー構築、論理演算ON/OFF比向上、デバイスノイズ特性の証明など、マグノニック機能開発の基盤研究といえる成果を挙げる事ができた。

研究成果の概要(英文)：This research focuses on controlling magnon transport in micro- and nanostructures. Dynamic magnonic crystals and magnetically coupled Y-junction logic circuits are proposed, leading to achievements such as spin wave switching, feedback structure amplification, and ON/OFF ratio improvement. Furthermore, magnon parametric pumping is performed in magnetic garnets and iron single crystals, revealing the magnon condensation effect and the contribution of material anisotropy. As part of creating novel magnonic functionalities, the point contact method is employed to apply a temperature gradient, introducing a magnetization gradient in the magnon transport path and achieving propagation control. Additionally, a noise measurement method for magnonic devices is established, evaluating the noise characteristics that determine device performance limitations.

研究分野：スピントロニクス

キーワード：スピン波 マグノン マグノン凝縮 マグノニクス

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電子機器はエネルギー消費が急激に増大し、省エネ性能と高性能化の両立という現代社会の要請にこたえることが徐々にできなくなってきている。一方、磁性体には磁石に代表されるようにエネルギーゼロで情報を保持できる特性があり、その性質と同様に低エネルギーで動作が可能な非電荷キャリア (= マグノン) が存在する。磁性体におけるマグノンの研究は、電子機器では得られない省エネルギーなアナログ機能・高周波機能を創発できる可能性を秘めており、近年の先端研究の一つである。本申請では、非電荷キャリア制御 (マグノン制御) の土台を築き、学術体系を発展させる。

2. 研究の目的

本研究の根本の狙いは、磁性体に普遍的に存在するマグノンを、信号を運ぶ非電荷のキャリアとして活用し、新しい省エネルギー・高効率な利用展開を創発する。

3. 研究の方法

研究代表者らは、電気的な時間分解スピン波検出法を発展させてきた。また国内唯一開発に成功したマイクロブリルアン散乱(BLS)分光法を用いると 250 nm 空間分解能でマグノン密度分布を明確にイメージングできる。

微細ナノ構造におけるマグノン輸送制御には、動的マグノンニック結晶や Y 字型論理演算回路などをレーザー描画・電子線描画とスパッタリング法を利用して微細加工する。材料によってイオンミリング法などを組み合わせる。また磁性ガーネットをスパッタリング製膜し、複合的に Pt 界面を微細加工することでスピン軌道トルクを導入し、スピン波伝搬制御を試みた。さらに磁性ガーネットや鉄単結晶においてマグノン・パラメトリックポンピングを実行し、異なる試料におけるマグノン凝縮の検出を BLS 分光法によって試みた。新奇なマグノンニック機能を生み出す一環として、ポイントコンタクト法による熱勾配印加を行い、マグノン輸送路における磁化勾配を導入して伝搬制御をおこなった。一方、マグノンニックデバイスにおけるノイズ測定法を確立し、デバイスの動作限界を決めるノイズ特性を評価した。

4. 研究成果

本研究期間において、

- (1) スピン波を導波路構造に閉じ込めることで生じる非線形効果を活用し、スピン波をソリトンとして伝搬させることに成功した。これまでに観測されていなかった 4 - ソリトン生成を観測し、その生成条件を解明した。ソリトン伝搬に関して自己変調不安定性を活用することによってソリトンが複数個連なって伝搬するスピン波ソリントントレインを実現した。これまでにないソリトン密度を実現したことで、微細構造におけるソリトン信号伝送技術の発展へと道を拓いた。
- (2) 波動であるスピン波をスイッチング制御するのは、粒子の流れをせき止めるより困難が伴う。スピン波を信号キャリアとして使用するには、ナノ秒という短い時間でのスイッチング技術が必要である。これに対し、メアングダ構造を二重に連ねるダブル・マグノンニック結晶という技術を開発し、スピン波伝搬の 74% 減衰を達成した。ピーク強度に対しては 95% 減衰を達成しており、動的 ON/OFF 技術を開発することに成功した。
- (3) スピン波の増幅効果を実現するため、スピン波帰還構造の開発に取り組んだ。リング構造を含むマイクロメートル・ナノスケールのスピン波導波路において伝搬強度が変かすことをブリルアン散乱分光によって検出した。リング構造の導入によりスピン波が多重周回伝搬し、帰還構造出力部におけるスピン波強度が 2 - 3 倍の強度になっていることを確認した。位相干渉効果によりスピン波分散が抑えられており、干渉効果による位相マッチングが寄与したことがわかった。
- (4) スピン波演算回路に関して、Y 字型構造に微細ギャップを導入することでスピン波の反射、打ち消しあいの効果を軽減する新しい素子構造を提案した。この演算素子ではこれまでに考えられていた磁性体が途切れない構造に比べて、信号キャリアであるスピン波信号強度は低下したが、ON/OFF 比が格段に向上することを実験的に確かめることができた。
- (5) スピン波導波路にポイントコンタクトによって熱勾配を印加することで、磁化の勾配を生成しスピン波の伝搬方向の制御が可能になった。加熱・冷却により二つの面内スピン波モードの分散関係に重なりを生じさせ、モード間で相互に変換できることが初めて実現できた。

- (6) 磁性ガーネットおよび鉄単結晶におけるマグノン凝縮効果を時間分解ブリルアン散乱分光法によって計測した。その結果、パラメトリックポンピング時に凝縮マグノン密度が急激に増大し、ポンピングを停止するとマグノン強度が特徴的な減少を示すことが確認できた。この減少を定量的に評価することで、マグノン凝縮体の寿命を測定し、試料の異方性効果によって変化することを見出した。
- (7) 鉄単結晶におけるマグノン伝搬に関して、これまで観測できていなかった後方体積静磁スピンの伝搬を電氣的に検出できた。さらに外部磁場を必要とせずにマグノン伝搬を起こすことに電氣的に実証した。
- (8) スピン波の非線形干渉性を活用したスピン波リザバーを、パーマロイ薄膜を活用してプロトタイプを作製して初めて実験的に実現した。従来の光リザバーに比べて小さいマイクロメートルスケールでの動作が実現でき、エッジコンピューティング原理としての優位性を示すことができた。
- (9) マグノニックデバイスの動作性能を決定する、マグノニックノイズの測定方法を世界で初めて確立し、面内スピン波のふたつのモードについて、伝搬時において生まれるマグノニックノイズ特性を解明した。低周波に生じる $1/f^a$ 型のノイズは試料表面および試料内部におけるマグノン散乱機構が強く影響していることを明らかにした。またマグノニックノイズがマグノン散乱に非常に敏感であることを利用し、4 - マグノン散乱と呼ばれる非線形効果が生じる閾値をノイズ測定で決定することができた。

以上の結果は当初計画の完全達成とまでにはなっていないが、各項目で新規現象を発見し、動的マグノンスイッチング、熱流マグノン伝搬制御、スピン波リザバーの構築、論理演算ON/OFF比向上、デバイスノイズ特性の証明など予想を超える結果が得られており、マグノニック機能開発の基盤研究といえる十分な成果を挙げることができたといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Furukawa Ryo, Nezu Shoki, Eguchi Takuro, Sekiguchi Koji	4. 巻 16
2. 論文標題 Mode-dependent magnonic noise	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41427-023-00522-8	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 Iwaba Masashi, Sekiguchi Koji	4. 巻 62
2. 論文標題 Spin-wave enhancement using feedback-ring structure	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 103001~103001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acf79d	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 Eguchi Takuro, Kawase Mikito, Sekiguchi Koji	4. 巻 15
2. 論文標題 High-density spin-wave soliton train	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 083001~083001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac7ead	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 Eguchi Takuro, Nezu Shoki, Naemura Yu, Sekiguchi Koji	4. 巻 4
2. 論文標題 Spin-wave interconversion via thermoelectric point-contact control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033135~033135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.4.033135	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 Nezu S., Scheike T., Sukegawa H., Sekiguchi K.	4. 巻 12
2. 論文標題 Propagating backward-volume spin waves in epitaxial Fe films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 035320 ~ 035320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000258	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 根津 昇輝、関口 康爾	4. 巻 5
2. 論文標題 多磁区状態の強磁性薄膜におけるスピン波伝播の外部磁場依存性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本磁気学会論文特集号	6. 最初と最後の頁 6 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20819/msjtmjsj.21TR305	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 Iwaba Masashi, Sekiguchi Koji	4. 巻 14
2. 論文標題 Spin-wave switching using dynamic magnonic crystal	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 073002 ~ 073002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac0677	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 根津昇輝 , 関口康爾	4. 巻 -
2. 論文標題 磁壁おけるスピン波伝播の研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本磁気学会誌	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kawase Mikito, Iwaba Masashi, Sekiguchi Koji	4. 巻 59
2. 論文標題 Electric detection of nonlinear effect upon spin-wave spin current	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SEED01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab6508	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 Tachizaki Takehiro, Mizuno Hiroyuki, Sekiguchi Koji	4. 巻 59
2. 論文標題 Numerical study on the enhancement of the magneto-optic Kerr effect using a dielectric thin film	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SEEA06
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab658c	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 Goto Taichi, Yoshimoto Takuya, Iwamoto Bungo, Shimada Kei, Ross Caroline A., Sekiguchi Koji, Granovsky Alexander B., Nakamura Yuichi, Uchida Hironaga, Inoue Mitsuteru	4. 巻 9
2. 論文標題 Three port logic gate using forward volume spin wave interference in a thin yttrium iron garnet film	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-52889-w	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 該当する

1. 著者名 岩場 雅司、藤原 早希、関口 康爾	4. 巻 4
2. 論文標題 ダブル・マグノニック結晶を用いたバックワードスピン波遮断	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本磁気学会論文特集号	6. 最初と最後の頁 18 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20819/msj tmsj .20TR409	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39件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 パーマロイ薄膜におけるパラメトリックポンピング
2. 発表標題 片岡翔大, 根津昇輝, 関口康爾
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岩田時弥, 関口康爾
2. 発表標題 静磁表面スピン波ソリトンの形成の外部磁場依存性
3. 学会等名 第47回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 根津昇輝, T. Scheike, 介川裕章, 関口康爾
2. 発表標題 立方異方性材料におけるパラメトリック励起スピン波の閾値電力の研究
3. 学会等名 第47回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岩場雅司, 関口康爾
2. 発表標題 ナノスピン波増幅器に向けた帰還構造の開発
3. 学会等名 第47回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 林龍之介, 根津昇輝, 関口康爾
2. 発表標題 微細Y字型構造におけるスピン波伝搬の時間分解電気計測
3. 学会等名 第47回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長瀬翔, 根津昇輝, 関口康爾
2. 発表標題 アンテナ法によるスピン波の励起・観測を用いた物理リザバーの実証
3. 学会等名 第47回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Nezu, T. Scheike, H. Sukegawa, and K. Sekiguchi
2. 発表標題 Electrical Detection of Parametrically Excited Spin Waves in Cubic Anisotropic Materials
3. 学会等名 Joint European Magnetic Symposia 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 M. Iwaba and K. Sekiguchi
2. 発表標題 Optimization of Spin-wave Feedback Structure
3. 学会等名 Joint European Magnetic Symposia 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Iwata, T. Eguchi, and K. Sekiguchi
2. 発表標題 Generation of Spin-wave Soliton using Magnetostatic Surface Mode
3. 学会等名 INTERMAG 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中博規, 根津昇輝, 関口康爾
2. 発表標題 人工格子によるスピン波複数波源の生成と伝搬検出
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 江口拓朗, 関口康爾
2. 発表標題 自己変調不安定性によるスピン波ソリトントレインの生成
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 根津昇輝, 小田鴻志, 関口康爾
2. 発表標題 波数空間におけるマグノン凝縮体の生成過程
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小田鴻志, Scheike Thomas, 介川裕章, 関口康爾
2. 発表標題 立方異方性材料を用いたマグノン量子凝縮の生成過程の研究
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩場雅司, 林龍之介, 根津昇輝, 関口康爾
2. 発表標題 帰還構造におけるスピン波の空間分布
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Iwaba, M. Wada, S. Nezu, and K. Sekiguchi,
2. 発表標題 Spin-wave waveguide with a loop ring structure
3. 学会等名 ICMFS-2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Eguchi, M. Kawase and K. Sekiguchi
2. 発表標題 Observation of Bright Spin-wave Envelope Soliton Trains
3. 学会等名 MORIS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江口拓朗, 関口康爾
2. 発表標題 熱電素子を用いたスピン波伝搬制御
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古川諒, 岩場雅司, 関口康爾
2. 発表標題 スピン波伝搬におけるノイズ特性
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小田鴻志, 岩場雅司, 関口康爾
2. 発表標題 時間分解ブリルアン散乱分光法を用いた非線形スピン波励起の研究
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Iwaba and K. Sekiguchi,
2. 発表標題 Spin-wave rejection efficiency of dynamic magnonic crystal.
3. 学会等名 2022 Joint MMM-INTERMAG (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Nezu, T. Scheike, H. Sukegawa and K. Sekiguchi
2. 発表標題 Electrical Detection of Backward Spin-waves in Epitaxial Fe Films.
3. 学会等名 2022 Joint MMM-INTERMAG (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和田昌樹, 根津昇輝, 岩場雅司, 藤原早希, 関口康爾
2. 発表標題 YIG微細構造におけるスピン波の空間分布
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中野裕介, 和田昌樹, 根津昇輝, 岩場雅司, 関口康爾
2. 発表標題 スピン軌道トルクによるスピン波の生成と検出
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原早希, 岩場雅司, 小田鴻志, 関口康爾
2. 発表標題 マグノン量子凝縮体の生成過程の研究
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関口康爾
2. 発表標題 マグノン機能とデバイス応用
3. 学会等名 26th Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関口康爾
2. 発表標題 ブリルアン散乱分光法によるマグノン密度の時間分解測定
3. 学会等名 日本磁気学会235回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関口康爾
2. 発表標題 低消費電力マグノンクス
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小屋祐真 , 関口康爾
2. 発表標題 鉄単結晶を用いたスピン波干渉による物理リザーの検討
3. 学会等名 第44回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩場雅司 , 関口康爾
2. 発表標題 周期的な変調磁場によるスピン波の減衰
3. 学会等名 第 4 4 回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 根津昇輝 , 関口康爾
2. 発表標題 磁壁おけるスピン波伝播の研究
3. 学会等名 第 4 4 回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江口拓朗 , 苗村侑 , 関口康爾
2. 発表標題 スピン波伝送における磁化勾配効果の研究
3. 学会等名 第 4 4 回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小田鴻志 , 岩場雅司 , 関口康爾
2. 発表標題 時間分解ブリルアン散乱分光法によるマグノン生成過程の検出
3. 学会等名 第 4 4 回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古川諒, 岩場雅司, 関口康爾
2. 発表標題 マグノンニックデバイスにおけるノイズ評価
3. 学会等名 第44回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Iwaba and K. Sekiguchi
2. 発表標題 Shape-forming of Spin wave Packets by dynamic magnonic crystal
3. 学会等名 MORIS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kawase, M. Iwaba and K. Sekiguchi
2. 発表標題 Time-domain detection of multiple spin-waves solitons generations
3. 学会等名 MORIS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩場 雅司, 藤原 早希, 関口 康爾
2. 発表標題 多重マグノンニック結晶によるスピン波スイッチング
3. 学会等名 第43回日本磁気学会(京都大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川瀬 幹登, 岩場 雅司, 関口 康爾
2. 発表標題 多重磁気ソリトン形成過程の時間領域測定
3. 学会等名 第43回日本磁気学会(京都大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sekiguchi
2. 発表標題 Magnon transistor for next generation computing
3. 学会等名 第43回日本磁気学会(京都大学) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩場 雅司、藤原 早希、関口 康爾
2. 発表標題 パラメトリックポンピングによるスピン波励起のBLS分光測定
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

横浜国立大学 理工学部/理工学府 関口研究室
<http://www.spin.ynu.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
研究 分 担 者	立崎 武弘 (Tachizaki Takehiro) (20632590)	東海大学・情報理工学部・講師 (32644)	

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