

令和 6 年 6 月 1 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04090

研究課題名（和文）磁性ナノ粒子と生体物質の融合による磁気相変化を利用した高感度バイオ検出

研究課題名（英文）Highly sensitive biodetection using magnetic phase change caused by fusion of magnetic nanoparticles and biological materials

研究代表者

藪上 信（Yabukami, Shin）

東北大学・医工学研究科・教授

研究者番号：00302232

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：液相中磁性微粒子を凝集させて磁界印加による等価的な磁気異方性を凝集体へ付与した。等価的な磁化困難軸方向へ、外部磁界を印加し、リモートで高周波複素磁化率を評価した。高周波磁化率実数部は約1.4倍増大し、磁化率虚数部（損失）は約2倍増大した。液相磁性ナノ粒子凝集体に適用して、固体デバイスのように制御できた。ビオチンアビジン反応によりモデル微生物であるポリマービーズを磁性ナノ粒子と凝集させることにより、ダンピング定数が低下し、抗原抗体反応による強磁性共鳴の変化を検出する微生物検出法の可能性が示され、抗原抗体反応（ビオチンアビジン反応）等の生化学反応を固体物理学的アプローチにより評価・制御に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

磁性ナノ粒子の磁化率を評価する先行研究はあるものの、本研究の液相中磁性ナノ粒子・生体物質凝集体に対して、固体物理学的手法で粒子間磁氣的相互作用を介して制御する先行研究は皆無であり、新規性が高い。固体ではマルチフェロイック材料等により電圧で磁気異方性を誘導している研究はあるが、液相中磁性ナノ粒子の異方性制御を行っている先行研究は申請者が調べた限り皆無である。

研究成果の概要（英文）：Magnetic nanoparticles in a liquid phase were aggregated, and an equivalent magnetic anisotropy was imparted to the aggregates by applying a magnetic field. An external magnetic field was applied in the direction of the equivalent hard axis, and the high-frequency complex susceptibility was evaluated remotely. The real part of the high-frequency magnetic susceptibility increased by approximately 1.4 times, and the imaginary part of the susceptibility increased by approximately 2 times. This was applied to liquid-phase magnetic nanoparticle aggregates, and they could be controlled like solid-state devices. By aggregating polymer beads, which are model microorganisms, with magnetic nanoparticles through a biotin-avidin reaction, the damping constant was reduced, indicating the possibility of a microbial detection method that detects changes in ferromagnetic resonance due to antigen-antibody reactions, and biochemical reactions such as antigen-antibody reactions were evaluated.

研究分野：磁気工学

キーワード：磁性ナノ粒子 異方性制御 高周波磁気計測 微生物 タンパク質

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

磁性ナノ粒子は従来の製造方法で限界とされる直径数 nm 程度まで極小化すると単独では超常磁性を示すことが知られているが、凝集させると強磁性を示す。この強磁性と超常磁性の相変化を決める要因は主として磁性ナノ粒子間の交換相互作用(交換エネルギー)等であり、この相互作用は磁性ナノ粒子同士の距離に依存する。本研究では磁性ナノ粒子と生体高分子等を抗原抗体反応させて磁界印加により複合凝集体を形成し、磁性ナノ粒子間を数 nm のオーダー程度離すことによって、磁気相変化を利用して生体物質を検出する試みである(図1)。さらにナノグラニューラー構造を形成することによるマルチフェロイック、トンネル効果等のスピントロニック現象の解明も非常に興味深い。

2. 研究の目的

本研究では、磁性ナノ粒子と生体高分子等からなる複合凝集体の磁気相変化の実現と、これを利用し PCR 法よりも 2 桁程度低コストで PCR の検出感度に匹敵する迅速低コストバイオ検出法の開発を目的とする(表1)。本研究の学術的独自性と創造性は以下のように考えられる。

(a)磁性ナノ粒子と生体物質(生体高分子、微生物等)を組み合わせた磁気ナノグラニューラー構造の研究は申請者が調べた限り皆無である。

(b)提案のバイオ検出法は評価対象の生体物質を直接グラニューラーに取り込んで利用する点で斬新な試みである。

(c)微量の抗原の存在により急峻に磁気相変化が生じることから原理的に高感度バイオ検出に適している。

3. 研究の方法

磁性ナノ粒子/生体物質の複合凝集体を形成し(図1)、強磁性と超常磁性との相変化による磁気物性(磁化曲線、透磁率、誘電率)および高周波磁気物性を評価する。新しい磁気ナノグラニューラー構造の原理や機能を解明する。

高感度でタンパク質や微生物を検出可能とするセンサシステムの開発および評価を目指す。

4. 研究成果

図2では液相中磁性微粒子を凝集させることで粒子間結合を増大させ、数 10 GHz 帯の超高周波磁気計測技術を駆使して、磁気物性や生体物質との抗原抗体反応を制御および高周波物性を評価した。図3は液相磁性ナノ粒子(球体)を凝集させて長軸方向へ形状異方性を誘導し、磁化率評価結果を示す。長軸の直角方向への直流磁界(H_{hard})異方性磁界付近で、固体磁性体のように一斉磁化回転し、高周波磁化率および共鳴損失が増大した。通常液相(コロイド等)ではナノ粒子は個々に回転するため、このような結果は得られない。これは液相磁性ナノ粒子の異方性・磁化率を固体物理学的に制御できたことを意味する。液相中磁性微粒子(回転楕円体の磁性微粒子を用いて凝集体へ磁界印加による異方性制御により、外部磁界によりリモートで磁化率増大(約 1.4 倍)および損失増大(約 2 倍)を示した¹⁾。これは金属磁性薄膜等では異方性制御の常套手段であるが、これを液相磁性ナノ粒子凝集体に適用して、擬似的に固体デバイスのように制御出来た。図4は抗原抗体反応(ピオチンアビジン反応)前後の液相、ポリマービーズとの反応による高周波磁化率(虚数部)比較を示した。液相、ポリマービ-

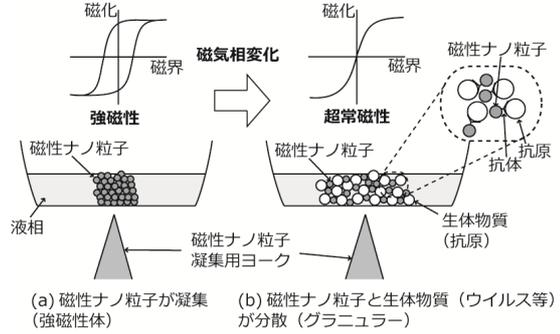


図1 磁気相変化の概念図 磁性ナノ粒子と生体高分子等を混合した複合凝集体(強磁性から超常磁性へ相変化)

表1 生体高分子等の評価手法の比較

比較項目	提案(仕様は終了時目標)	イムノクロマト法 ^{1,2)}	酵素免疫測定法(ELISA) ^{3,4)}	PCR法 ⁵⁾
検出下限値 (pg/ml)	◎10 ⁻¹ 台	△10 ¹	○10 ⁰	◎10 ⁻¹ 程度(1-10 copies/test相当)
迅速性(分)	○15	○15	△60-120	×60-300(結果判明1日)
前処理洗浄	不要	不要	必要	必要
専門家の操作	不要(実用時)	必要	必要	必要
IoTセンサ	クラウドへデータ保存	×	×	×
価格(万円)	2(実用時)	0.5(キット)	75	250

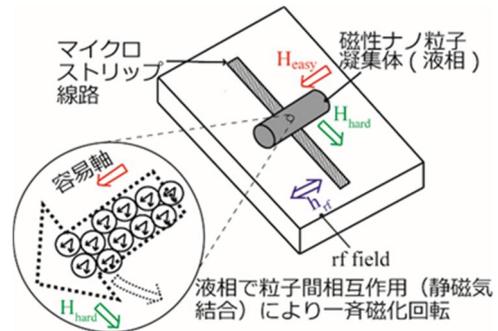


図2 磁性ナノ粒子の凝集体の異方性制御実験

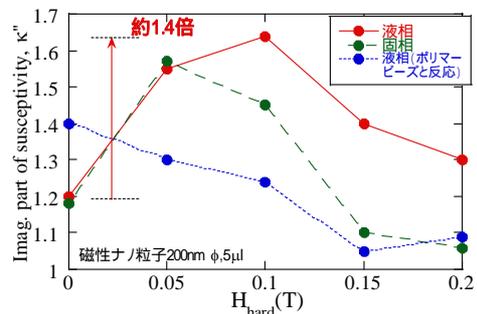


図3 磁化率虚数部の磁界に対する依存性

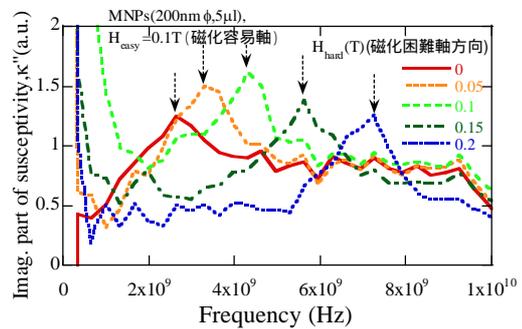
ズとの反応による高周波磁化率（虚数部）比較を示した。凝集および形状異方性付与により、固体と同様に異方性磁界付近（0.1 T）程度で磁化率、損失が最大に制御できた。ポリマービーズと反応（ビオチンアビジン反応）後、半値幅が約2倍程度広がった。サンプル形状に依存せず67 GHzの連続帯域測定が可能な代表者が実験出来たことから得られた結果である。磁性ナノ粒子の未知の新しい高周波磁気物理現象を開拓可能であると考えられる。

その後、抗原抗体反応凝集体の磁気特性を利用した細菌(*Fusobacterium nucleatum* などの)検出に成功し、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)との高い相関性を得た(図5)²⁾。凝集体磁化率測定結果から口腔細菌検出用ポータブルセンサを開発し、がん患者を含む被検者の唾液から *Fusobacterium Nucleatum* 菌を検出した。凝集体の磁化率の逆数と PCR の評価結果との相関係数は約 94% ($P < 0.001$)であり、がん患者の口腔細菌叢との関係を明らかにすべく、実証試験を進めている。

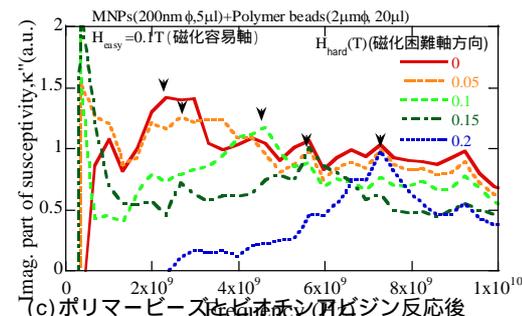
さらに磁気免疫測定法に基づく迅速診断のために、液相で同時に6つのサンプルのタンパク質検出システムを開発した。磁性ナノ粒子と GDF-15 を抗原抗体反応により結合し、球状に凝集した。GDF-15 の濃度を特異的に検出する明確な傾向を示した。抗原(GDF-15)の増加により、磁気信号の S/N 比が改善され、タンパク質が磁性ナノ粒子の凝集を促進する新しいメカニズムが解析した。開発したシステムのメリットは、抗原抗体反応後の洗浄工程などの後処理を経ずにタンパク質濃度を測定・評価できるため、迅速な検出が可能になる。測定後の直径 250 nm の磁性ナノ粒子/抗原凝集体の出力波形と光学顕微鏡写真を図6に示す。抗原抗体凝集体の磁気応答を磁場の切り替えにより評価した。磁気信号波形は、青色の系列が奇数番号の出力を表していることを示す。同時に、黄色から赤の系列は偶数番号の出力を表す。波形の色は、カウントが増えると、奇数回転の場合は青から黄緑色に、偶数回転の場合は赤から黄色に変化して表示される。奇数回転では信号の大きさと変動が小さいが、偶数回転のたびに徐々に増加することが観察され、偶数回転時の GDF-15 濃度が高くなると波形の大きさが大きくなる傾向がある。

図7はGDF-15の濃度の関数としてのモノクローナル抗体、サンドイッチ法の信号強度の変化を抗原(GDF15)濃度に対して比較した。GDF-15の濃度は0 ng/mlから100 ng/mlに明確な傾向があることがわかった。モノクローナル抗体を用いて、抗原濃度(GDF-15)を上昇させることにより磁性ナノ粒子の凝集を促進した。モノクローナル抗体法では、高濃度(1-100 ng/mL以上)で有意な変化が見られた。一方、一次抗体と二次抗体を用いたサンドイッチ法では、低濃度(0~10 ng/ml以下)で変化が顕著であり、より多くの磁性ナノ粒子を集積できるため、シグナル強度が増加した³⁾。

文献¹⁾ Y. Pu, L. Tonthat, T. Murayama, K. Okita, S. Yabukami, "Method for measuring magnetic susceptibility of magnetic nanoparticles up to millimeter-wave frequency range", AIP Advances 13, 025129 (2023).²⁾ K. Okita, P. Youcheng, L. Tonthat, T. Murayama, S. Yabukami, Y. Ozawa, S. Asamitsu, H. Okamoto, T. Kamei,



(b) 液相での高周波磁化率（虚数部）



(c) ポリマービーズとビオチンアビジン反応前後の液相、ポリマービーズとの反応による高周波磁化率（虚数部）

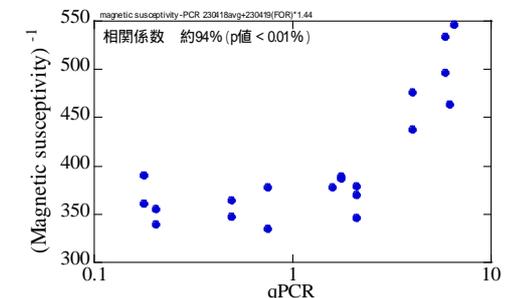


図5 PCRの評価結果と磁化率逆数との関係 (*Fusobacterium Nucleatum*)

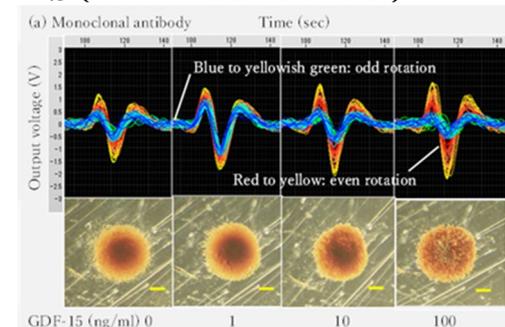


図6 磁性ナノ粒子/抗原凝集体の出力波形と光学顕微鏡写真

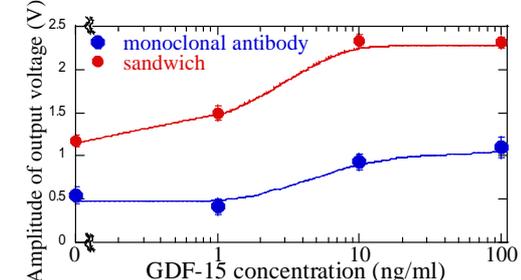


図7 GDF-15濃度に対する信号出力の比較

Y. Ozawa, S. Asamitsu, H. Okamoto, T. Kamei,

“Magnetic Susceptibility-Based Detection of *Fusobacterium nucleatum* in Human Saliva,” *IEEE Magnetics Letters* (Early Access) 1-5, 2023. ³⁾ S. Yabukami, T. Murayama, K. Kaneko, J. Honda, L. Tonthat, K. Okita, “Magnetic response of aggregation mixed with magnetic nanoparticles and protein for simultaneous protein detection”, *AIP Advances*, 14 (3), 035102, 1 March 2024.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Arackal, Sarath, Kouhei Nozawa, Ralandinliu Kahmei, Ton That Loi, Shin Yabukami, S. A. Shivashankar, Masahiro Yamaguchi, Navakanta Bhat, and Ranajit Sai	4. 巻 121
2. 論文標題 Resonance frequency above 20 GHz in superparamagnetic NiZn-ferrite.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 62402
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0102965	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 Takagi, M. Sakamoto, T. Ishihara, K. Okita, S. Yabukami, M. Yamaguchi, and K. Chatani	4. 巻 46
2. 論文標題 <Measurement Technique, High-Frequency Devices> ” Analysis of Demagnetizing Effects on Microstrip Line Type Probe for the Permeability Measurement of Thick Specimen	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Magn. Soc.	6. 最初と最後の頁 102-106
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3379/msjmag.2211R002	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 M. Sakamoto, A. Mashiko, Y. Watanabe, K. Sakuma, K. Okita, S. Yabukami, and K. Chatani	4. 巻 59
2. 論文標題 Wide Microstrip Line Type Probe with Slits and Permeability Evaluation of Thick Magnetic Material	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 2200104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TMAG.2022.3210231	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 Yoneyama, T., Kuwahata, A., Murayama, T., Tonthat, L., Yabukami, S., Sato, Y., Teramura, Y., Ikeda-Ohtsubo, W. and Ogawa, T.	4. 巻 58
2. 論文標題 Simplified Fabrication of Magnetic Nanoparticles With Directly Adsorbed Antibodies for Bacteria Detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 5300406
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TMAG.2022.3168360	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 Z. Wang, T. Ishihara, K. Okita, S. Yabukami	4. 巻 46
2. 論文標題 A correction of measurement for complex magnetic permeability by direct contact probe	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic of Japan	6. 最初と最後の頁 85-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3379/msjmag.2207R002	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 S. Yabukami, T. Murayama, S. Takahashi, S. Ohno, J. Washio, N. Takahashi	4. 巻 58
2. 論文標題 A detection and analysis of Fusobacterium utilizing changes in the magnetic properties of magnetic nanoparticles-antibody-antigen aggregates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 5300306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2022.3161508	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 鹿野 晃弘, トンタット ロイ, 桑波田 晃弘, アリウンブヤン スフバートル, 小玉 哲也, 藪上 信	4. 巻 6
2. 論文標題 磁気温熱療法の定温加熱制御システムを用いた動物実験	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本磁気学会論文特集号	6. 最初と最後の頁 101-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20819/msjtmjsj.22TR519	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 T. Ishihara, H. Uetake, J. Honda, S. Yabukami, M. Yamaguchi	4. 巻 6
2. 論文標題 Analysis of coplanar line type thin film magnetic field sensor by electromagnetic field simulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic of Japan	6. 最初と最後の頁 28-33
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 S. Yabukami, C. Iwasaki, K. Nozawa, S. Takahashi, K. Okita, K. Chatani	4. 巻 58
2. 論文標題 Simultaneous Evaluation of Permeability and Permittivity using a Flexible Microstrip Line-Type Probe up to 67 GHz	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 6100305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2021.3091522	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 Y. Pu, H. Zhao, T. Murayama, L. Tonthat, K. Okita, Y. Watanabe, S. Yabukami	4. 巻 -
2. 論文標題 Method for Rapid Detection of Bacteria Using Magnetic Nanoparticle Aggregates	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Magnetics Society of Japan	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) 10.3379/msjmag.2305R003	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 Masaya Sakamoto, Ryota Suzuki, Tomoya Ishihara, Junichi Honda, and Shin Yabukami	4. 巻 13
2. 論文標題 Evaluation of coplanar line type thin film magnetic field sensor with narrow slits	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 25321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000575;https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/9.0000575	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 Ryuichi Hirota, Toru Murayama, Ryota Katsumi, Tokuhisa Kawawaki, Shin Yabukami, Ryuji Igarashi, Yuichi Negishi, Moriaki Kusakabe, Masaki Sekino, Takashi Yatsui, Akihiro Kuwahata	4. 巻 13
2. 論文標題 Rapid virus detection using magnetic second harmonics of superparamagnetic iron oxide nanoparticles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 25144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000483	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 Loi Tonthat, Mone Kimura, Tomoyuki Ogawa, Narufumi Kitamura, Yoshio Kobayashi, Kohsuke Gonda, Shin Yabukami	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of gold-coated magnetic nanoparticles as a theranostic agent for magnetic hyperthermia and CT imaging applications	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 25239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000592	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 Youcheng Pu, Loi Tonthat, Toru Murayama, Kazuhiko Okita, Shin Yabukami	4. 巻 13
2. 論文標題 Method for measuring magnetic susceptibility of magnetic nanoparticles up to millimeter-wave frequency range	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 25129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000589	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 Loi Ton That, Toru Murayama, Nobukiyo Kobayashi, Shin Yabukami, Wakako Ikeda-Ohtsubo, Ken Ichi Arai	4. 巻 13
2. 論文標題 A simple antigen-antibody reaction using ultrasmall FeCo nanoparticles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 25009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000569	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 Yabukami S., Nozawa K., Tonthat L., Okita K., Sai R.	4. 巻 57
2. 論文標題 Impact of Complex Permeability Measurements Up to Millimeter-Wave Frequency Range	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2020.3011971	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 L. Tonthat, K. Mitobe, S. Yabukami	4. 巻 Vol 57, Issue 1
2. 論文標題 Development of an Automatic Localization System of Magnetic Particles for Hyperthermia Therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetism	6. 最初と最後の頁 5300205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2020.3008490	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 n, M. Karppinen, J. Linden, S. E. Shirsath, S. Yabukami	4. 巻 11
2. 論文標題 Dynamical magnetic behavior of anisotropic spinel structured ferrite for GHz technologies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 scientific reports	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) 10.1038/s41598-020-79768-z	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 A. Shikano, L. Tonthat, S. Yabukami	4. 巻 16
2. 論文標題 A Simple and High-Accuracy PID-Based Temperature Control System for Magnetic Hyperthermia Using Fiber Optic Thermometer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING, online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com)	6. 最初と最後の頁 807-809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23361	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 S. Yabukami, K. Tashiro, H. Kikuchi, A. Yamaguchi	4. 巻 Vol.141 No.8
2. 論文標題 Investigating R&D Committee on Magnetic Sensors for High-Performance and Systemization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 443-445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.141.443	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 A. Shikano, L. Tonthat, A. Kuwahata, A. Sukhbaatar, T. Kodama, and S. Yabukami	4. 巻 6
2. 論文標題 Animal Experiment with PID-based Automatic Temperature Control System for Magnetic Hyperthermia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Magnetics Society of Japan	6. 最初と最後の頁 100-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20819/msj.tmsj.22TR519	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38件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 藪上 信
2. 発表標題 マイクロストリップ型プローブを用いた高周波透磁率・誘電率評価
3. 学会等名 第205回スピニクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 治樹, 村田 祐眞, 藪上 信, 桑波田 晃弘
2. 発表標題 逆問題的アプローチによる磁場空間一様性の高い永久磁石形状の最適化
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂本 雅弥, 鈴木 椋太, 石原 知弥, 本多 順一, 藪上 信
2. 発表標題 磁性薄膜スリットによる高周波駆動薄膜センサのインピーダンス整合に関する検討
3. 学会等名 電気学会マグネティックス/リニアドライブ合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺 佳是, 益子 朝日, 坂本 雅也, 佐久間 勝美, 沖田 和彦, 藪上 信
2. 発表標題 スリットを有するマイクロストリップ型プローブによる透磁率評価
3. 学会等名 電気学会マグネティックス/リニアドライブ合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Yabukami, M. Sakamoto, A. Mashiko, Y. Watanabe, K. Sakuma, K. Okita
2. 発表標題 Wide Microstrip Line Type Probe with Slits and Permeability Evaluation of Thick Magnetic Material
3. 学会等名 The XIII European Magnetic Sensors and Actuators Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣田 竜一, 村山 徹, 勝見 亮太, 川脇 徳久, 藪上 信, 五十嵐 龍治, 根岸 雄一, 日下部 守昭, 関野 正樹, 八井 崇, 桑波田 晃弘
2. 発表標題 磁性ナノ粒子の第二次高調波を利用したウイルス検出
3. 学会等名 2022年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藪上 信
2. 発表標題 高周波駆動薄膜磁界センサの開発
3. 学会等名 日本磁気学会学術講演会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂本 雅弥, 鈴木 椋太, 石原 知弥, 本多 順一, 藪上 信
2. 発表標題 高周波駆動薄膜センサにおける磁性薄膜スリットの最適幅に関する検討
3. 学会等名 日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺 佳是, 益子 朝日, 坂本 雅也, 沖田 和彦, 藪上 信
2. 発表標題 スリットを有するマイクロストリップ型プローブによる透磁率評価
3. 学会等名 日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安達 友威, 桑波田 晃弘, 藪上 信, 中村英滋
2. 発表標題 高周波パルス磁界印加による磁性粒子の加熱
3. 学会等名 日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 蒲 宥丞, 村山徹, トンタット ロイ, 沖田 和彦, 渡辺 佳是, 藪上 信
2. 発表標題 磁性ナノ粒子凝集体を用いた迅速な細菌検出方法
3. 学会等名 日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Loi Tonthat, Tomoyuki Ogawa, Shin Yabukami
2. 発表標題 Development of magnetic nanoparticles for biomedical applications
3. 学会等名 令和 4 年電気学会 基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Loi Ton That, Mone Kimura, Tomoyuki Ogawa, Narufumi Kitamura, Yoshio Kobayashi, Kohsuke Gonda, Shin Yabukami
2. 発表標題 Development of gold-coated magnetic nanoparticles as a theranostic agent for magnetic hyperthermia and micro-CT imaging applications
3. 学会等名 67th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Loi Ton That, Toru Murayama, Nobukiyo Kobayashi, Shin Yabukami, Wakako Ikeda-Ohtsubo, Ken Ichi Arai
2. 発表標題 Synthesis and antigen-antibody reaction of ultrasmall FeCo nanoparticles
3. 学会等名 67th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Hirota, Toru Murayama, Ryota Katsumi, Tokuhisa Kawawaki, Shin Yabukami, Ryuji Igarashi, Yuichi Negishi, Moriaki Kusakabe, Masaki Sekino, Takashi Yatsui, Akihiro Kuwahata
2. 発表標題 Rapid Virus Detection using Magnetic Second Harmonics of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles
3. 学会等名 67th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Haruki Tanaka, Yuma Murata, Shin Yabukami, Akihiro Kuwahata
2. 発表標題 Development of a compact magnet for applying a highly uniform magnetic field to a diamond magnetic sensor by inverse problem analysis
3. 学会等名 67th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Youcheng Pu, Loi Tonthat, Toru Murayama, Kazuhiko Okita, Shin Yabukami
2. 発表標題 Method for Measuring Magnetic Susceptibility of Magnetic Nanoparticles up to Millimeter-Wave Frequency Range
3. 学会等名 67th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 数上 信
2. 発表標題 マイクロストリップ型プローブによる広帯域、高感度透磁率および誘電率評価装置の開発
3. 学会等名 第8回岩崎コンファレンス (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 数上 信
2. 発表標題 磁性ナノ粒子を利用した新しい抗原検出方法
3. 学会等名 科学技術振興機構新技術説明会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 数上 信
2. 発表標題 高周波駆動薄膜磁界センサの開発とバイオ応用
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 数上 信
2. 発表標題 磁気工学と高周波技術のヘルスケアサービスへの応用
3. 学会等名 スマートエイジング(SA)カレッジ（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 数上 信
2. 発表標題 高周波駆動薄膜磁界センサの開発とバイオ計測応用
3. 学会等名 日本磁気学会バイオマグネティックス専門研究会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 トンタットロイ, 鹿野晃弘, 数上信
2. 発表標題 A Constant Temperature Control Technology for Hyperthermia Therapy using Magnetic Particles
3. 学会等名 第54回 日本生体医工学会東北支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石原知弥, 植竹宏明, 岩崎千里, 藪上信, 山口正洋
2. 発表標題 コプレーナ型薄膜磁界センサの電磁界解析
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藪上 信
2. 発表標題 高感度磁気バイオセンシング
3. 学会等名 電気学会全国大会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Yabukami, C. Iwasaki, K. Nozawa, S. Takahashi, K. Okita, M. Sato, S. Sugimoto, K. Chatani
2. 発表標題 Simultaneous Evaluation of Permeability and Permittivity using a Flexible Microstrip Line-Type Probe up to 67 GHz
3. 学会等名 The International Magnetism Conference 2021 (INTERMAG 2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 王 子元, 石原 知弥, 沖田 和彦, 岩崎 千里, 藪上 信, 通電プローブを用いた磁性薄膜の複素透磁率測定
2. 発表標題 通電プローブを用いた磁性薄膜の複素透磁率測定
3. 学会等名 マグネティックス/リニアドライブ合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北村 大河, 鹿野 晃弘, トンタット ロイ, 桑波田 晃弘, 藪上 信
2. 発表標題 磁気温熱療法における感温磁性微粒子のワイヤレス温度検知技術の評価
3. 学会等名 2021年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鹿野 晃弘, トンタット ロイ, 桑波田 晃弘, 藪上 信
2. 発表標題 磁気ハイパーサーミア用 PID 加熱制御システムの開発
3. 学会等名 第45回日本磁気学会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石原 知弥, 植竹 宏明, 岩崎 千里, 藪上 信, 山口 正洋
2. 発表標題 コプレーナ型薄膜磁界センサの電磁界解析
3. 学会等名 第45回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米山 毅, 村山 徹, トンタット ロイ, 桑波田 晃弘, 藪上 信, 佐藤 佑哉, 寺村 裕治, 大坪 和香子, 小川 智之
2. 発表標題 抗体を直接吸着させた磁性ナノ粒子の抗原抗体反応の評価
3. 学会等名 第45回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高木 薫, 石原 知弥, 沖田 和彦, 岩崎 千里, 藪上 信, 山口正洋, 茶谷健一
2. 発表標題 マイクロストリップ型プローブにおける測定誤差の検討
3. 学会等名 第45回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 隼之介, 小野寺 英彦, 村山 徹, トンタット ロイ, 沖田 和彦, 桑波田 晃弘, 藪上 信, 大坪和 香子, 横田 琴音, 古谷 真衣子, 金高 弘恭, 三浦 由則, 高橋 英樹
2. 発表標題 スイッチ磁界に対する磁性ナノ粒子の応答性を利用した多菌種検出
3. 学会等名 第45回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Z Wang, T Ishihara, K Okita, S Yabukami
2. 発表標題 A correction of measurement for complex magnetic permeability by direct contact probe
3. 学会等名 令和3年度スピニクス特別研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村田 祐真, 田中 治樹, 荒井 慧悟, 勝見 亮太, 増山 雄太, 岩崎 孝之, 波多野 睦子, 五十嵐 龍治, 大島 武, Fedor Jelezko, 日下部 守昭, 藪上 信, 八井 崇, 関野 正樹, 桑波田 晃弘
2. 発表標題 2次元イメージングのための光ファイバアレイを用いた ダイヤモンド窒素-空孔中心による磁気観測
3. 学会等名 令和3年度スピニクス特別研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鹿野 晃弘, トンタット ロイ, 桑波田 晃弘, アリウンブヤン スフパートル, 小玉 哲也, 藪上 信
2. 発表標題 生体内における磁気温熱療法の定温加熱制御
3. 学会等名 令和3年度スピニクス特別研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣田 竜一, 村山 徹, 勝見 亮太, 川脇 徳久, 藪上 信, 五十嵐 龍治, 根岸 雄一, 日下部 守昭, 関野 正樹, 八井 崇, 桑波田 晃弘
2. 発表標題 磁性ナノ粒子の第二次高調波を利用したウイルス検出
3. 学会等名 令和3年度スピニクス特別研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藪上 信
2. 発表標題 磁気ナノ粒子を用いたバイオ医療計測と応用
3. 学会等名 日本磁気学会第234回研究会(医療分野での磁気関連技術の新展開)(招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 藪上 信 (共著)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 電気学会	5. 総ページ数 76
3. 書名 電気学会技術報告 第1510号 オンチップRFマグネティックスの研究開発動向	

〔出願〕 計5件

産業財産権の名称 抗原検出装置及び抗原検出方法	発明者 藪上信, 沖田和彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-039919	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 透磁率計測用プローブ及びそれを用いた透磁率計測装置	発明者 藪上 信, 渡辺佳是, 沖田和彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-86896	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 磁化率測定装置及び磁化率測定方法	発明者 藪上 信, 沖田和彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-174443	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 磁界センサ	発明者 藪上 信, 本多順一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-86897	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 抗原検出装置及び抗原検出方法	発明者 藪上信, 沖田和彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-039919	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究分担者	寺村 裕治 (Teramura Yuji) (10365421)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・上級主任研究員 (82626)	
研究分担者	小林 伸聖 (Kobayashi Nobukiyo) (70205475)	公益財団法人電磁材料研究所・その他部局等・研究員 (71301)	

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