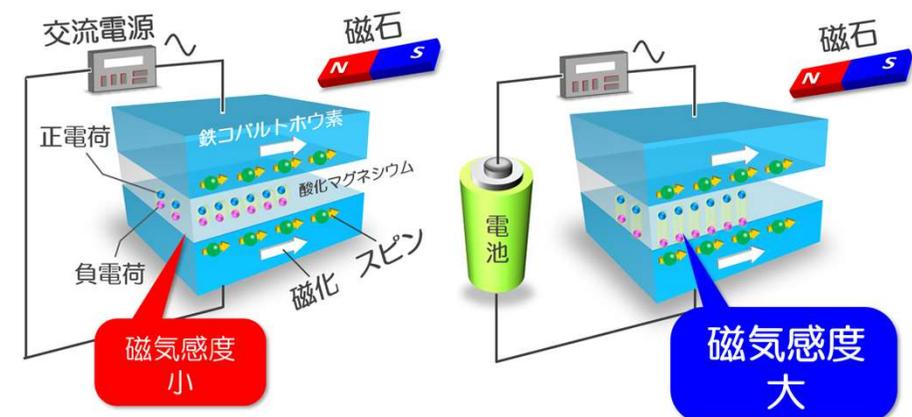


研究プロジェクト名: 室温巨大磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明

概要: 最近、我々はMgOベースの強磁性トンネル接合において、330%を超える電圧誘起トンネル磁気キャパシタンス(TMC)比を観測することに成功し、そのメカニズムが拡張Debye-Fröhlichモデルを用いた新たな理論計算により説明できることを明らかにした。本モデルによると、更なるTMC比の向上が期待できる。本研究プロジェクトでは様々なスピントロニクス材料・物質・デバイスを探査し、新規な巨大TMC効果の発現を目指す。

コアメンバー: 海住英生(慶大)、長浜太郎(北大)、岡本聡(東北大)、介川裕章(物質・材料研究機構)、Gang Xiao (ブラウン大学)

期待される研究成果: 本研究プロジェクトを推進することにより、静的なスピン蓄積、及び交流スピンダイナミクスに関して新たな学術的知見を得るとともに、次世代革新的超高性能・低消費電力メモリ素子や超高感度磁気センサーの創製に向けた新たな設計指針を導く。これにより、新たな学際領域である「交流ナノスピントロニクス」の基礎を築く。



1) *Sci. Rep.* **11**, 13807 (2021) [慶大プレスリリース; 日本経済新聞, 日刊工業新聞, EETimes Japan などに掲載].

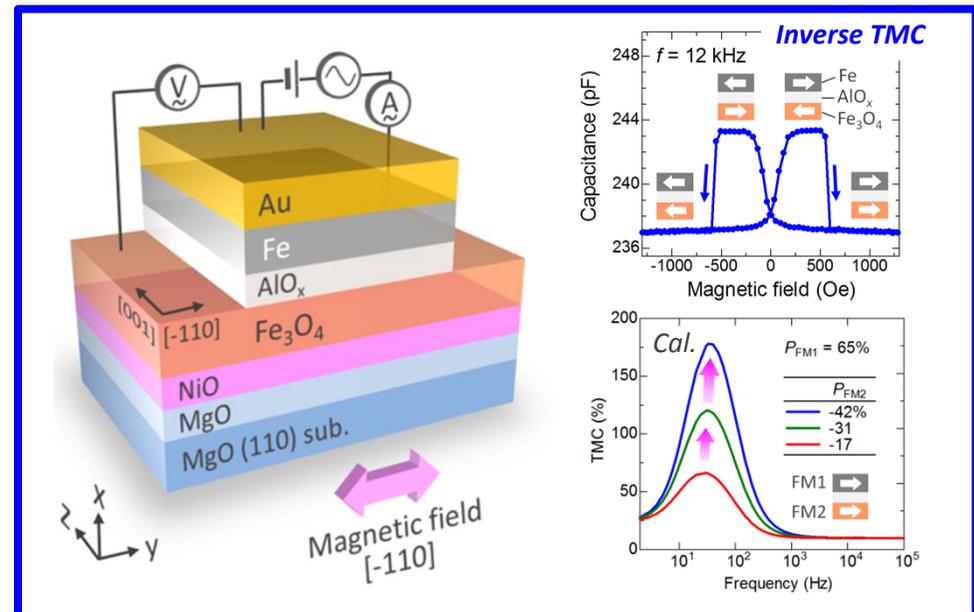
2) *Appl. Phys. Lett.* **118**, 182403 (2021).

3) 海住, 長浜: 電気学会A部門誌特集号, **141**, 270 (2021).

研究プロジェクト名: 室温巨大磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明

概要: 最近、我々はFeCoB/MgO/FeCoB強磁性トンネル接合(MTJ)において、巨大なトンネル磁気キャパシタンス(TMC)効果を観測することに成功した。本研究では、負のスピンの分極率を有し、かつ、ハーフメタルとして期待されている Fe_3O_4 を強磁性層に用いたMTJを作製し、その磁気キャパシタンス効果を調べることを目的とした。

研究成果(実施状況): Fe/ AlO_x / Fe_3O_4 MTJにおいて、初めて逆磁気キャパシタンス効果(=磁化平行状態のとき C が小さく、反平行状態のとき C が大きくなる現象)を発見した。本効果はZhangモデルと放物線バリア近似を取り入れたDebye-Fröhlichモデルとスピン依存ドリフト拡散モデルにより定量的に説明することができた。計算によると150%を超えるTMC比が得られることも明らかになった。

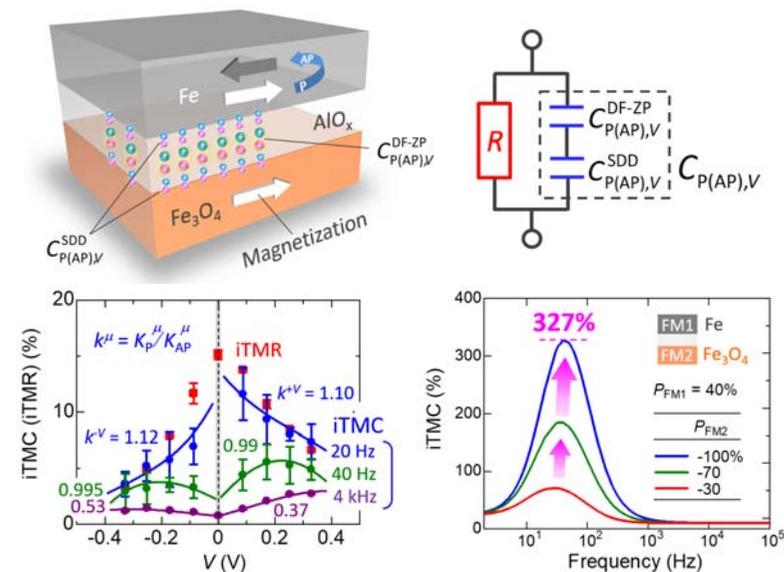


主要発表論文等: [1] H. Kaiju, T. Nagahama, S. Sasaki, T. Shimada, O. Kitakami, T. Misawa, M. Fujioka, J. Nishii and G. Xiao, *Scientific Reports*, 7, 2682 (2017).
[2] 北大・東北大・ブラウン大学 プレスリリース (2017)

研究プロジェクト名: 室温巨大磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明

概要: 最近、我々はFe/AlO_x/Fe₃O₄磁気トンネル接合において、逆トンネル磁気キャパシタンス(iTMC)効果を発見した。iTMC効果では、両磁性層の磁化が平行であるときキャパシタンスCが小さくなり、反平行であるときCが大きくなる。本研究では、理論・実験の両面から、iTMC効果の詳細について調べることを目的とした。

研究成果(実施状況): iTMC効果の直流電圧依存性と周波数特性はZhang理論と放物線バリア近似を取り入れたDebye-Fröhlich模型、及びスピン依存ドリフト拡散模型を用いた理論計算により定量的に説明できることがわかった。また、本理論計算によると、Fe₃O₄のハーフメタル性が実現すればiTMC比は300%を超えることも明らかになった。

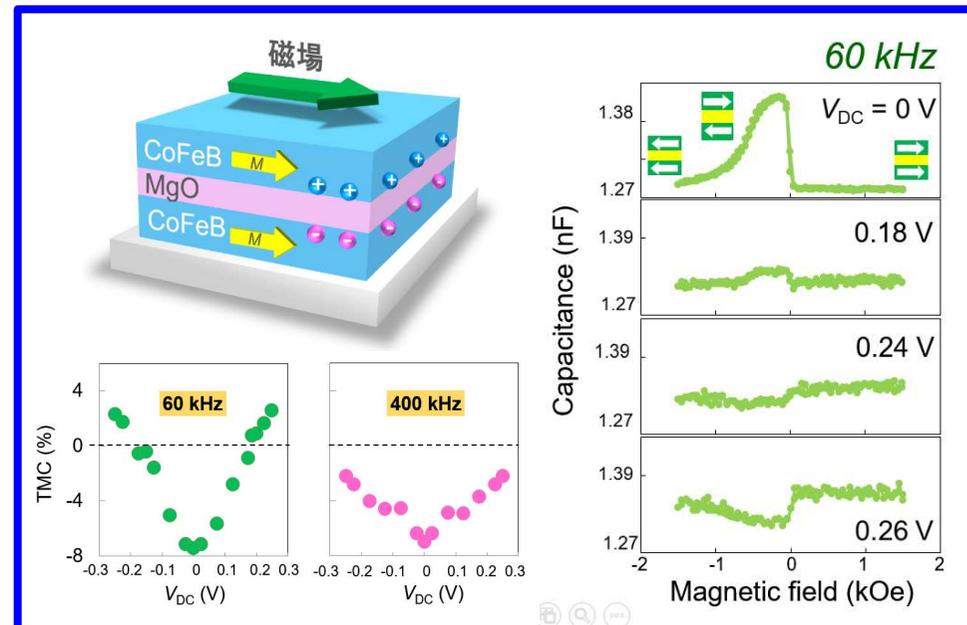


主要発表論文等: [1] H. Kaiju, T. Nagahama, S. Sasaki, T. Shimada, O. Kitakami, T. Misawa, M. Fujioka, J. Nishii and G. Xiao, *Scientific Reports*, 7, 2682 (2017).
[2] 北大・東北大・ブラウン大学 プレスリリース (2017)

研究プロジェクト名: 室温巨大磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明

概要: 我々は、これまで磁気トンネル接合(MTJ)の磁気キャパシタンス効果に注目し、巨大なトンネル磁気キャパシタンス(TMC)効果、逆TMC効果、電圧誘起TMC効果などの様々な現象の観測に成功してきた。本研究では、周波数変調と電圧誘起効果を利用したTMC符号反転現象を見出すことを目的とした。

研究成果(実施状況): MgOベースのMTJを作製し、TMC効果の周波数特性、及び電圧依存性を詳細に調べた。その結果、ある特定の周波数において電圧を印加すると、TMCの符号が負から正に反転する新たな現象を見出した。これはCoFeB強磁性層とMgO絶縁層界面におけるスピンキャパシタンスの出現に由来するものと考えられる。

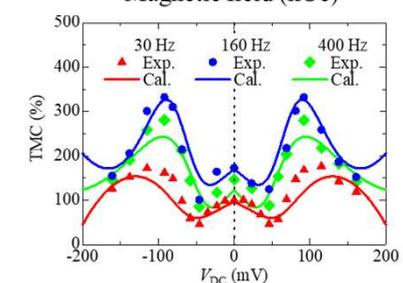
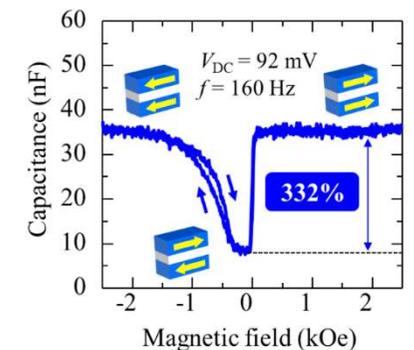
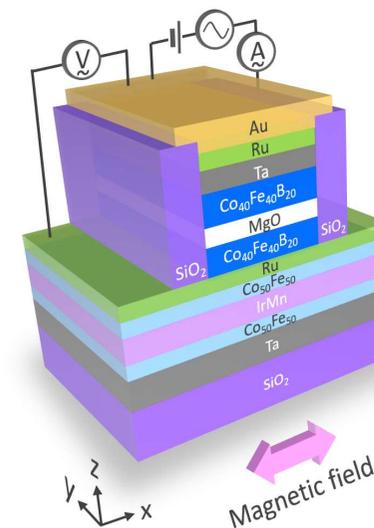


主要発表論文等: [1] R. Msiska, S. Honjo, Y. Asai, M. Arita, A. T. Fukuchi, Y. Takahashi, N. Hoshino, T. Akutagawa, O. Kitakami, M. Fujioka, J. Nishii and H. Kaiju, Appl. Phys. Lett., 116, 082401 (2020). [2] 海住, まてりあ, 59, 191 (2020).

研究プロジェクト名: 室温巨大磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明

概要: 我々は、これまで磁気トンネル接合(MTJ)のトンネル磁気キャパシタンス(TMC)効果に注目し、従来より研究を推進してきた。TMC効果の興味深い特徴の一つとして、電圧に対するロバスト性が挙げられる。このようなロバスト性を利用して、本研究では、室温にて300%を超える巨大な電圧誘起TMC効果の観測を目指した。

研究成果(実施状況): MgOベースのMTJを作製し、TMC効果の周波数特性、及び電圧依存性を詳細に調べた。その結果、ある特定の周波数において電圧を印加すると、TMCが300%を超えることがわかった。また、本実験結果は、Debye-Fröhlichモデル、放物線バリア近似、シグモイド関数を取り入れたZhang理論、スピン依存ドリフト拡散モデル、による計算結果と良い一致を示した。

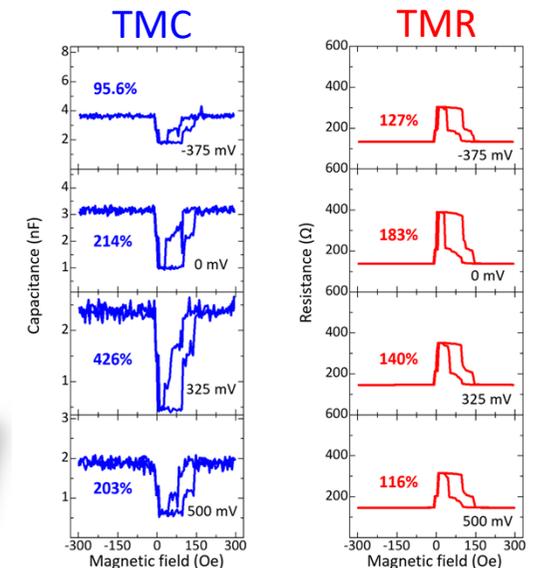
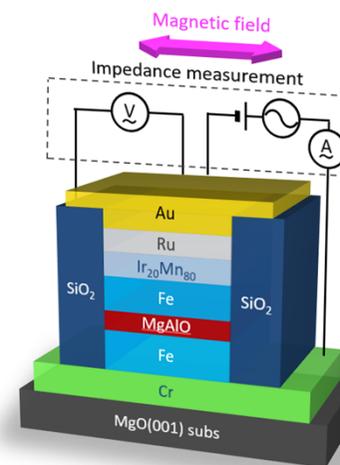


主要発表論文等: [1]海住英生, までりあ, Vol. 59, pp. 191-198 (2020).
[2]海住英生, 長浜太郎, 電気学会A部門誌特集号, Vol. 141 (2021) [印刷中].

研究プロジェクト名: 室温巨大磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明

概要: 最近、我々はMgOベースの強磁性トンネル接合(MTJ)において、330%を超えるトンネル磁気キャパシタンス(TMC)比を観測することに成功し、そのメカニズムが拡張Debye-Fröhlichモデルを用いた理論計算により説明できることを明らかにした。本モデルによると、更なるTMC比の向上が期待できる。本研究ではFe/MgAlO/Feから構成されるMTJにおいて巨大なTMC効果を観測することを目的とした。

研究成果(実施状況): MgAlOベースのMTJを作製し、TMC効果の周波数特性、及び電圧依存性を詳細に調べた。その結果、数100Hz程度の周波数帯域において電圧依存性を調べた結果、TMCが420%を超えることがわかった。また、本実験結果は、Debye-Fröhlichモデル、放物線バリア近似、シグモイド関数を取り入れたZhang理論、スピン依存ドリフト拡散モデルによる計算結果と良い一致を示した。



主要発表論文等: [1] K. Ogata *et al.*, *Sci. Rep.* 11, 13807 (2021). [2] T. Nakagawa *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* 118, 182403 (2021). [3] K. Sato *et al.*, *Sci. Rep.* (2022). [印刷中]