

## 研究課題別評価

### 1 研究課題名:

電流誘起磁壁移動型磁気メモリの開発に向けた理論研究

### 2 研究者氏名:

多々良 源

### 3 研究のねらい:

大容量不揮発メモリは、コンピュータの常識と IT 技術を革新的に変えるものと期待されている。本研究ではナノサイズの磁石を用いた省電力不揮発性の新型高集積磁気抵抗メモリ(MRAM)の開発に向けた基礎研究を行う。書き込みはナノの世界に特有な磁石と電気の強い相互作用を利用し電流で行い、読み出しはナノ接合の著しい信号増幅効果を用いるという新しいメカニズムを提案し、革新的なメモリの開発を目指す。

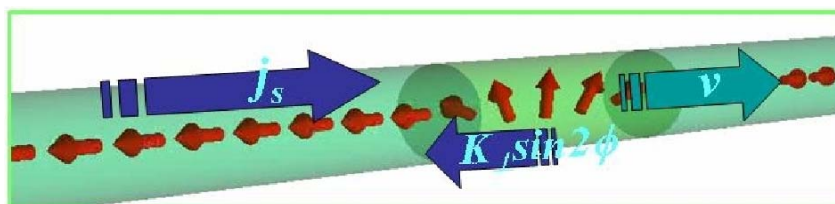
### 4 研究成果:

#### 概要

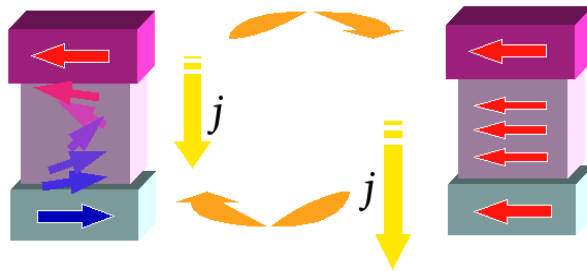
現在の IT 社会はコンピュータなどに代表される半導体電子回路と小さな磁石への情報記録を組み合わせた情報機器から成り立っている。磁性(磁石の持つ性質)はその安定性、制御性と高密度化においてのメリットのため、ハードディスクなど記憶媒体の主流となっている。デバイス中の小さな磁石の操作は、実に1820年頃、まだ蒸気機関の時代に発見された原理、Ampere、Oersted の発見した電流が磁場を作る働きと、Faraday による磁場変化が起電力(電圧)を生む働きによるもので、この原理がこれまでの著しい技術発展を支えてきた。しかし、この古典的メカニズムではこれ以上の高密度化には限界がある。そこで注目されているのが全く新たな原理である。まず情報書き込み(磁石の制御)には、電流との直接相互作用を用いる。この相互作用は磁石と電子の持つ微小磁石(スピン)との間の強い量子力学的相互作用に基づくものである。これを用いるとナノスケールの小さい磁石を効率よく制御できる。(電流誘起磁化反転と呼ぶ。) 一方、情報読み取りに関しても、新たな動作原理が見つかってきている。物質中の量子相対論効果は電流と磁性を強く結びつける性質のもので、これを利用すると磁石の持つ磁気情報を直接電気信号に交換することが可能であることも最近明らかになってきた。今後の技術革新では、こうした物質の持つ量子及び相対論的效果を利用することが重要となる。我々の研究ではこのために必要な物理現象の発見と理解に向けた理論研究を進め、幾つか重要な成果を得ることができた。

#### 1. 電流誘起磁化反転

Berger、Slonczewski らによる初期の理論から最近まで、電流誘起磁化反転の現象の記述は微視的な理論計算によらない古典的現象論により行われてきた。こうした記述は磁化(磁石の向き)がゆっくりとした極限(断熱極限)では有効だが、現実には非断熱性やスピン緩和などの出現により量子性が重要になると不十分なものとなる。我々はこの点を改善するため、非平衡グリーン関数を用いた量子多体論の厳格な定式化を行うことに成功した。これにより、磁石に電流を流すことでどのようなトルクが磁化(スピン)に働くのかを明らかにすることができ、電流による磁化変転の効率化に向けた指針を得ることができた。



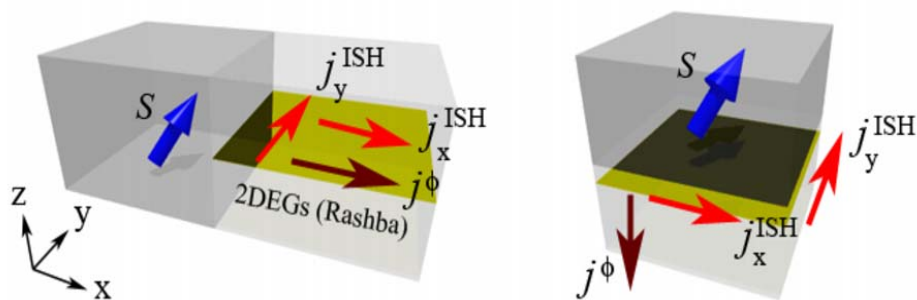
図：電流下での磁壁の速度は電流によるトルクと磁気異方性からのトルクのバランスで決まる。



図：こうした電流による磁壁移動と磁壁生成は、磁場を用いない完全電流制御の磁気抵抗メモリ(MRAM)としての応用も考えられる。

## 2. 磁化による電流生成

量子相対論効果であるスピン軌道相互作用は磁気(スピン)と電流(電子の軌道運動)を結合させる相互作用である。これを用いることで磁気情報をスピンの流れ(スピン流)や電流に変換できる可能性が我々のグループも含む研究により最近明らかになってきた(逆スピンホール効果)。この現象に対しても微視的な定式化により現象の理解と効率化の可能性を明らかにしている。



図：磁化( $s$ )による電流( $j$ )生成は様々な形状で実現可能である。形状や方向などにより特性の異なった電流が生じる。

### 主要成果の詳細

#### ・スピン流による磁壁生成(Shibata, Tataru & Kohno (2005))

スピン流は磁化に対してスピン流に沿った磁化の空間配置に Berry 位相を誘起するはたらきがある。我々はこのスピン流の働きにより一様な強磁性状態にスピン流をかけるとある臨界値以上で磁壁生成が起こることを理論的に示した。

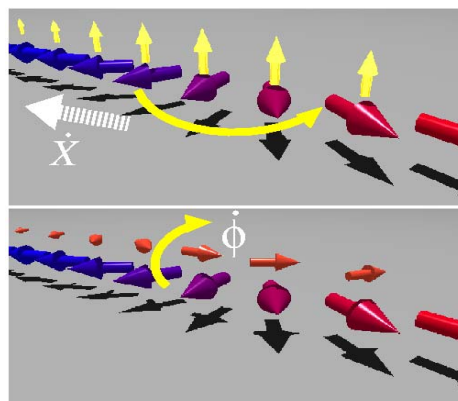
#### ・スピン流のもとでの熱活性型の磁壁の運動(Tataru, Verner & Ferre (2005))

現在の実験では主に直流電流あるいはパルスで磁壁を動かしているが、この場合磁壁の運動がスピン流に伴うスピントルクによるものなのか、それとも電流の持つ圧力(運動量移行効果)によって引き起こされているのかははっきり決めることはできない(例外は交流電流を用いた最近の実験である)。しかし実は有限温度で臨界電流以下での運動を見るとスピントルクによるかどうかが見いだした。ピン止めされた磁壁に小さなスピン流によるトルクをかけた場合を考え、運動量移行の効果は無視する。このとき臨界電流値以下の熱活性型の運動の領域では磁壁の速さがピン止めや物質定数によらないユニバーサルな項になっていることをしめした。つまり臨界電流以下の熱活性運動の領域でこのユニバーサルなふるまいがみえれば、スピントルクが磁壁を動かそうとする主要因であることがわかる。

#### ・伝導電子のスピン緩和から生じるトルクの微視的計算(Kohno, Tataru & Shibata (2006))

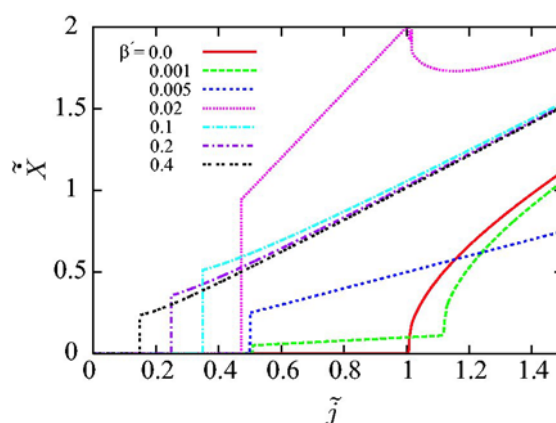
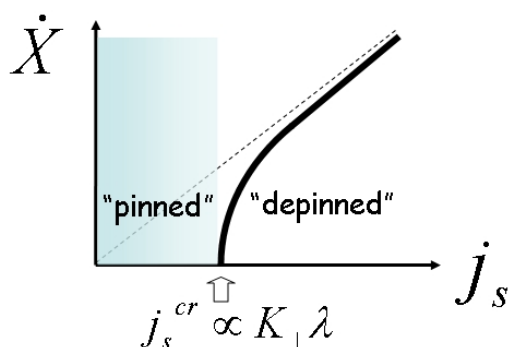
伝導電子にスピン反転散乱やスピン軌道相互作用などのスピン緩和機構がはたらいている場合、伝導電子と磁化の間のスピン移行が影響を受ける。これまでこの際には磁化に対する摩擦項(alpha, Gilbert damping)と、スピン移行トルクとは直交した方向にはたらく新たなトルク項(beta 項)が生じることが現象論的議論により指摘されていた。こうした項の大きさは磁壁駆動の効率を決める重要なファクターであるが、これらの現象論的議論ではその定量的評価はできなかった。理論によれば  $\alpha=\beta$  を予言するものもいくつかあり、実際にそれらの値がどうなのかは最近の大きな問題であった。我々は、微視的モデルから、スピン緩和機構のもとでのトルクの評価を厳格に行い、 $\alpha$  と  $\beta$  がたしかに生じ、それらの値は独立であることを初めて示した。これによりスピン緩和まで含めた曖昧性のない理論記述が可能となり、同時に磁壁駆動の効率をあげるための指標が与えられた。

右図：電流から受けるトルクにはゆっくりしたスピン構造で主要となるスピン移行トルクと、電子スピン緩和(スピンの散逸)や非断熱性(速いスピン変動による散乱)に起因するトルクがある。スピン移行トルクは磁化構造に垂直な磁化を生みだし、構造を並進運動させるはたらきがある。一方スピン緩和や非断熱性はスピン構造を安定面から傾けるはたらきがある。



・スピン緩和、外的ピン止めを考慮した磁壁移動の臨界電流の評価(Tatara et al. (2006))

スピン緩和によるトルクの導出と関連して、スピン緩和などから生じる  $\beta$  項と外的なピン止め力を考慮した磁壁の運動を、rigid wall の際の運動方程式に基づき解析した。その結果、磁壁移動に必要な臨界電流値が外的ピン止めによって決まっている領域と、それによらない内的ピン止め領域があることを明らかにした。最近の実験結果でも臨界電流が外的ピン止めに対してほとんど変化しないケースと、強く依存するケースが報告されており、我々の解析によりこれらの理解をするとともに臨界電流を下げる方策がみいだされると期待される。なお、一連の磁壁の理論の総まとめとなるレビュー論文(招待論文)を J. Phys. Soc. Jpn. に投稿中である。



左図：スピン緩和や非断熱性が弱い場合の磁壁の速さとかけた電流の関係。臨界電流はサンプル形状から来る異方性エネルギーで決まる。右図：スピン緩和や非断熱性は  $\beta$  項という新しいトルクを生み出し、磁壁の速さと臨界電流値を大きく変える。

・磁化構造による電気伝導特性と、電流からの力の関係(Tatara et al. (2007))

磁壁などの構造から生じる電気抵抗やホール抵抗が、電流から構造が受ける力と対応していることを式で示した。これにより磁化と伝導電子との相互の物理現象が正しく記述されていることが確認され、我々の定式化の正しさも示すことになった。

・逆スピンホール効果によるスピン電池(Saitoh et al (2006), Ohe, Takeuchi & Tataru (preprint, 2007))

交換相互作用とスピン軌道相互作用は、共に電気伝導と磁化との間の相互変換であるため、スピン軌道相互作用を用いれば、電流を流すことでスピンの流れ(スピン流)を発生し、結果として磁化を発生することが可能である(スピンホール効果)。一方、交換相互作用は磁化からスピン流や電流という電子の流れを生じるはたらきがある。これらを組み合わせると磁化から発生したスピン流をスピン軌道相互作用を用いて電流に変換することが期待される。これは逆スピンホール効果とよべる現象で、磁場をかけるだけで電圧を全くかけずに電流が取り出せることになる。これはスピン電池ともいえる磁気エネルギーを電氣的エネルギーに変換する新しいメカニズムである。このアイデアは実際に慶応大斎藤との共同研究により実験的検証がされ、またこのメカニズムの理論的裏付けも半導体の Rashba 型スピン軌道相互作用の場合などすすめた。

## 5 今後の展開

### (1) 今後の研究の展開

1. 電流が磁化に与えるトルクの微視的定式化を行ったことで、完全に量子論的にトルクを計算し、現実的な磁化反転の効率を評価するための基盤を作った。第一原理計算と組み合わせ、f 電子系などの重い元素も取り入れることで、今後は効率の高い物質探索を行う。

2. 逆に磁化のダイナミクスが生み出す電流(逆スピンホール効果)という新たな視点を見いだすことができ、これの理論解析を進めるとともに、この新メカニズムに基づいた微小なスピン電池の提案なども行ってゆく。

### (2) 他の研究事業への展開

ドイツ、フランス及び韓国のグループとの共同研究を始めた。また、イギリス、シンガポールのグループとの連携体制もとることとなった。

### (3) 実用化に向けた展開

企業の研究者との議論を行い、どのような物質が効率の良い磁化反転に重要かの指針を話した。その後の展開は企業秘密に属することなのか、聞いていない。

## 6 領域内外での活動とその効果

### (1) 領域内の活動とその効果

領域会議において、メタマテリアルの研究と共通の問題もあることがわかり、議論を行った。新たな発想を得ることができた。また、有機や生体材料を磁性材料と組み合わせる可能性も、領域内の他の研究者との議論によりいろいろ考えることができた。これらの結果はまだ論文などの形にはなっていないが、今後成果になることは十分に考えられる。

### (2) 領域横断的活動とその効果

該当はなかった。

## 7 研究成果の今後の貢献について

今後の高度情報化のための要請もあり、ナノスケールの磁気現象は学術上及び応用上重要なテーマである。ナノスケールになると、従来と異なり理論的記述に量子多体論的效果を取り入れることが必要になる。我々の研究により、ナノスケールでの磁気と電気伝導を厳格に扱う手法が確立し、電流が磁気を与えるトルクをファインマン図を用いて物理量として表すことが可能となった。これにより、大規模数値計算などにより物質パラメータを考慮した定量的予言や応用に向けての効率化の実現への道がひらかれた。

## 8 自己評価：

反省点としては、当初の目標であった実際のメモリの開発の実現にまでは至ることができなかった。また、数値計算による定量的評価も期間内に結果を出すにはいたらなかった。これらは、解析的研究の領域に、当初予想していなかったスピン緩和などの重要な効果の解析が多数不可欠なものとして現れ、それらの理解を優先したためである。しかし、解析的研究に専念したことで得られた成果は十分なものであったと考えている。実際、手計算による解析は重要な部分はほぼ

網羅することができ、世界をリードする電流駆動磁化反転の微視的理論として完成させることができた。この過程により特に、反転効率を決める要因としてはスピン緩和と非断熱性が重要となることが明らかになったので、効率化の実現に向けた今後の研究方針も明確にすることができた。定量的評価についても、第一原理計算のグループとの共同解析を2007年にスタートさせることができたので、今後数年間の間に重要なデータがでてくることを期待できる。さきがけ研究により多くの国際会議での招待発表や国際研究討論を行うことができたが、その結果世界的にも我々の研究の独創性は高く評価されていることがわかり、また多くの国の特に実験グループとの連携体制をとることができたことは大変よかった。

このように、当初の到達点とはやや異なる目標を実現することとなったが、5年間の研究として1つの完結した理論体系を構築することができ、また今後の長期的な目標をいくつか得ることができ、十分な結果が得られたと考えている。なお、一連の磁壁の理論の総まとめとなるレビュー論文(招待論文)をJ. Phys. Soc. Jpn.に投稿中である。

## 9 研究総括の見解:

当初目標であった、電流駆動の磁壁移動のマイクロメカニズム解明において、世界的にトップレベルの成果を挙げたことが高く評価できる。メモリ開発の実現に必要な数値計算による定量的評価にまで至ることはできなかったが、一方で、磁気メモリの読み取りに使える可能性のある逆スピンホール効果という新しいメカニズムの糸口を見つけたことは当初予定以上の興味深い成果であり、今後さらに広い分野に影響が広がっていくことが期待される。海外の招待講演も多く、本成果が高く評価されていることが裏付けられた。

## 10 主な論文等

### (1)論文(原著論文)発表 (国際 21件)

Current-induced resonance and mass determination of a single magnetic domain wall  
Eiji Saitoh, Hideki Miyajima, Takehiro Yamaoka and Gen Tatara  
Nature, 432, 203-206 (2004).

Anomalous Hall Effect and Skyrmion Number in Real- and Momentum-space  
Masaru Onoda, Gen Tatara and Naoto Nagaosa  
J. Phys. Soc. Jpn. 73, 2624-2627 (2004).

Microscopic Theory of Current-Driven Domain Wall Motion  
Gen Tatara and Hiroshi Kohno  
Journal of Electron Microscopy 54(suppl 1), 69-74 (2005).

Effect of Spin Current on Uniform Ferromagnetism: Domain Nucleation  
Junya Shibata, Gen Tatara and Hiroshi Kohno  
Phys. Rev. Lett. 94, 076601-1-076601-4 (2005).

Universality of thermally assisted domain wall motion under spin torque  
Gen Tatara, Nicolas Vernier and Jacques Ferrère  
Appl. Phys. Lett. 86, 252509-1-252509-3 (2005)

Domain wall displacement triggered by an AC current below threshold  
Gen Tatara, Eiji Saitoh, Masahiko Ichimura and Hiroshi Kohno  
Appl. Phys. Lett. 86, 232504-1-232504-2 (2005).

Current-induced Domain Nucleation in Ferromagnet

J. Shibata, G. Tatara, H. Kohno and Y. Otani,  
IEEE Trans. Magn.41, 2595–2597 (2005).

Theory of Current–Driven Domain Wall Dynamics

Gen Tatara, Hiroshi Kohno, Junya Shibata and Eiji Saitoh  
in it “Foundations of Quantum Mechanics in the light of new technology”,  
eds. S. Ishioka and K. Fujikawa (World Scientific)  
(Proc. 8th Int. Symposium on Quantum Mechanics (ISQM2005), 2005) p.177–182.

Theory of Current–Driven Domain Wall Dynamics

Gen Tatara, Hiroshi Kohno, Junya Shibata and Eiji Saitoh  
in it TOPOLOGY IN ORDERED PHASES, p.347–354,  
Proceedings of the 1st International Symposium on TOP2005,  
Sapporo, Japan 7 – 10 March 2005,  
edited by S. Tanda, T. Matsuyama, M. Oda, Y. Asano & K. Yakubo

Current–induced magnetic vortex motion by spin–transfer torque

Junya Shibata, Yoshinobu Nakatani, Gen Tatara, Hiroshi Kohno, Yoshichika Otani  
Phys. Rev. B73, 020403–1–020403–4(R) (2006).

Introduction to a theory of current–driven domain wall motion

Hiroshi Kohno and Gen Tatara  
in “Spintronic Materials and Technology”, p.225–241  
(Taylor Francis Group, 2006).

○Threshold Current of Domain Wall Motion under Extrinsic Pinning, beta–Term and Non–Adiabaticity

Gen Tatara, Toshihiko Takayama, Hiroshi Kohno,  
Junya Shibata, Yoshinobu Nakatani and Hidetoshi Fukuyama  
J. Phys. Soc. Jpn. 75, 64708–1–64708–7 (2006).

Tatara and Kohno Reply --

(to Comment on “Theory of Current–Driven Domain Wall Motion:Spin Transfer versus Momentum  
Transfer” by S. E. Barnes)  
Gen Tatara and Hiroshi Kohno  
Phys. Rev. Lett. 96, 189702–1 (2006).

Conversion of spin current into charge current at room temperature: Inverse spin–Hall effect

E. Saitoh, M. Ueda, H. Miyajima, and G. Tatara  
Appl. Phys. Lett. 88, 182509–1–182509–3 (2006).

Microscopic Calculation of Spin Torques in Disordered Ferromagnets

Hiroshi Kohno, Gen Tatara, Junya Shibata  
J.Phys.Soc.Jpn.,75,113706–1–113706–4 (2006).0605186.

○Spin torque and force due to current for general spin textures

Gen Tatara, Hiroshi Kohno, Junya Shibata, Yann Lemaho and Kyung–Jin Lee  
J. Phys. Soc. Jpn. 76, 054707–1–054707–13 (2007).

Theory of current–driven domain wall dynamics

Gen Tatara, Hiroshi Kohno and Junya Shibata  
J. Phys. D: Appl. Phys. 40 1257–1260 (2007).

Microscopic calculation of spin torques and forces  
Hiroshi Kohno, Gen Tatara, Junya Shibata and Yoshishige Suzuki  
J. Magn. Magn. Mater. 310 2020–2022 (2007).

Charge current driven by spin dynamics in disordered Rashba spin-orbit system  
Jun-ichiro Ohe, Akihito Takeuchi and Gen Tatara  
Phys. Rev. Lett. 99 266603–1–266603–4 (2007).

Nucleation and dynamics of magnetic vortices under spin-polarized current  
Yoshinobu Nakatani, Junya Shibata, Gen Tatara  
Hiroshi Kohno, Andre Thiaville, Jacques Miltat  
Phys. Rev. B 印刷中

Theory of Domain Wall Dynamics under Current  
Gen Tatara, Hiroshi Kohno and Junya Shibata  
J. Phys. Soc. Jpn. 印刷中

Charge and Spin Currents Generated by Dynamical Spins  
Akihito Takeuchi, Gen Tatara  
J. Phys. Soc. Jpn. 投稿中(cond-mat/arXiv:0801.2466)

## (2) 特許出願

研究期間累積件数: 国内 4 件  
市村雅彦、多々良源、高橋宏昌  
「パルス電流による磁壁移動に基づいた磁気抵抗素子、および高速磁気記録装置」  
出願人: 日立、大阪大学  
特願 2005—046572 号  
出願日: 2005 年 2 月 23 日

柴田絢也、大谷義近、多々良源  
「磁気情報記録素子、磁気情報記録媒体および磁気情報記録素子の磁壁生成方法」  
出願人: 理化学研究所  
特願 2005—006861 号  
出願日: 2005 年 1 月 13 日

小野 輝男, 小林 研介, 葛西 伸哉, 仲谷 栄伸, 河野 浩, 多々良 源  
「強磁性ドットのコア回転素子及び強磁性ドットのコア利用情報記憶素子」  
出願人: 京都大学、電気通信大学、大阪大学、首都大学東京  
特願 2006—211432 号  
出願日 2006 年 8 月 2 日

大谷義近、柴田絢也、多々良 源、齊藤英治,  
「磁性多層膜構造における、スピン偏極電流—電流変換機構を用いたバッテリー装置およびマイクロ波発信装置に関する発明」  
出願人: 理化学研究所、首都大学東京、慶應義塾大学

特願 2006-251737 号

出願日: 2006 年 9 月 15 日

### (3) その他の成果

・招待講演 (国際 15件、国内 5件)

Theory of Current-driven Domain wall in nano-magnets

Gen Tatara

Topology in Ordered Phases (TOP2005)

Hokkaido University (COE21),

March 7-10, 2005.

電流による磁壁移動研究の背景と現状

多々良 源

日本物理学会シンポジウム

(2005 年 3 月 27 日)

Microscopic theory of Current-driven Domain wall in nano-magnets

Gen Tatara

Workshop on classical and quantum nanomagnetism,

Physics Centre of Les Houches School, France

(25-28 April 2005).

Theory of Current-driven Domain Wall Motion

Gen Tatara

International Exploratory Workshop, Manipulating Quantum Spins and Classical Dots

(2005.4.26)

Theory of Current-driven Domain wall in nano-magnets

Gen Tatara

Moscow International Symposium on Magnetism (MISM-2005, June 25-30, 2005, Moscow)

Microscopic Theory of Current-Driven Domain Wall Motion

G. Tatara, H. Kohno, J. Shibata, E. Saitoh

The 8th International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics in the Light of New Technology (ISQM-Tokyo'05),

Advanced Research Laboratory, Hitachi, Ltd., Hatoyama

(22-25 August, 2005)

Theory of Current-driven Domain wall

Gen Tatara

International Workshop on Spins and Quantum Transport,

International Frontier Center for Advanced Materials (IFCAM)

Institute for Material Research, Tohoku University

(2005.10.12-14)

Threshold of Current-driven Domain Wall Motion

Gen Tatara

The 1st RIEC International Workshop on Spintronics

–Spin Transfer Phenomena–

東北大学電気通信研究所(2006/2/8–9).

Threshold of Current-driven Domain Wall Motion

Gen Tatara

SpinAps International workshop on spin currents in magnetic nano-structures–

IBM Almaden Research center, March 17–19 (2006).

Microscopic Theory of Current-driven Domain Wall Motion

Gen Tatara

6th Rencontres du Vietnam, Nanophysics: from fundamentals to applications

Hanoi (Vietnam) , 6–12 August 2006 (9 August).

Threshold of current-driven domain wall motion (theory)

Gen Tatara

19th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS 2006), August 15 – August 18, 2006, Sendai International Conference Center (August 15)

スピン流による磁化制御:磁壁移動デザインと実証

多々良源

日本物理学会秋季大会

領域 10, 領域 3, 領域 4, 領域 8 合同シンポジウム

計算機ナノマテリアルデザインとスピントロニクスへ成功物語と将来展望

2006 年 9 月 24 日、千葉大学

Theory of current-driven domain wall dynamics

Gen Tatara

378th International Wilhelm and Else Heraeus Seminar, Spin Torque in

Magnetic Nanostructure (23–26 October 2006, Physikzentrum Bad Honnef (Germany) )

磁壁の電流駆動の理論

多々良源

第 26 回表面科学講演大会、日本真空協会合同シンポジウム「スピントロニクスの表面科学」

2006 年 11 月 6 日–9 日

大阪大学コンベンションセンター

Microscopic theory of current-induced magnetization dynamics

Gen Tatara,

Symposium “Driven domain wall dynamics in nanostructures”

10th joint MMM/Intermag conference, Baltimore Maryland U.S.A. (2007. 1. 7–11).

Theory of nanomagnets

Gen Tatara, 日仏先端科学シンポジウム(JFFoS)(日本学術振興会、フランス外務省、MENESR, CNRS), 湘南国際村(2007/1/27–30).

Microscopic theory of current-induced magnetization dynamics

Gen Tatara,

ISAMMA (International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications)

(May 28 – June 1, 2007, Hotel Shilla, Jeju Island, Korea)

スピンカイラリティによる異常ホール効果の摂動論的解釈

多々良 源

第 25 回化合物新磁性材料研究会「磁氣的フラストレーションが誘起する異常磁気伝導現象—異常ホール効果を中心に」

2007 年 6 月 20 日、青山学院大学青山キャンパス

Microscopic theory of current-induced domain wall dynamics

Gen Tatara,

Dynamical Phenomena in NEMS&Nanoelectronics,

Aug. 9– 10, 2007 in Daejeon, Korea.

スピンと電流磁気効果

多々良 源

第 45 回茅コンファレンス — 最近のスピン科学とスピン技術

2007 年 8 月 19–22 日 信州松代ロイヤルホテル

・ 学会発表(招待講演以外)

University of thermally assisted domain wall motion under spin torque

多々良 源

2005 年 3 月 25 日、東京理科大学野田キャンパス

電流駆動磁壁移動における限界電流: 内的、外的ピン止めおよび  $\beta$  項の役割

多々良 源

2006 年 3 月 29 日、愛媛大学・松山大学

電流駆動磁壁運動に対するスピン並の効果

多々良 源

2006 年 3 月 29 日、愛媛大学・松山大学

LLG 方程式におけるスピントルクの微視的計算 II

阪大基礎工、首都大都市教養、PRESTO-JST、理研、CRESTO-JST、

河野浩、多々良 源、柴田絢也

2006 年 3 月 29 日、愛媛大学・松山大学

Rashba スピン軌道相互作用の下でのスピントルク効果

小幡 一智、多々良 源

2007 年 3 月 18 日、鹿児島大学郡元キャンパス

スピントルクの量子補正

佐藤克幸、多々良源

2007 年 3 月 18 日、鹿児島大学郡元キャンパス

電流が磁化に与える非断熱効果: non-local トルクと力

多々良 源

2007 年 3 月 18 日、鹿児島大学郡元キャンパス

LLG 方程式におけるスピントルクの微視的計算 IV、ゲージ場法  
阪大基礎工、首都大都市教養、PRESTO-JST、理研フロンティア、  
河野浩、多々良 源、柴田絢也  
2007 年 3 月 18 日、鹿児島大学郡元キャンパス

スピン緩和による磁壁抵抗  
多々良 源  
2007 年 9 月 22 日、北海道大学札幌キャンパス

スピントルクの量子補正 II  
佐藤 克幸、多々良 源  
2007 年 9 月 22 日、北海道大学札幌キャンパス

・総説、解説

ナノ磁石を電流で動かそう --- 電流誘起磁壁移動  
多々良 源  
パリティ、20, 19-21 (2005).

スピнкаイラリティによる異常ホール効果と永久電流: スピン Josephson 効果  
多々良 源  
大阪大学低温センターだより, 130, 1-7 (2005).

電流による磁壁駆動の物理  
多々良 源、河野浩、柴田絢也、齊藤 英治  
固体物理 40, 545-558 (2005).

電流による磁壁駆動  
多々良源、河野浩、柴田絢也、仲谷栄伸、山口明啓、小野輝男  
応用物理 74, 1598-1602 (2005).

スピン流による磁壁生成  
柴田絢也、多々良 源、河野浩  
固体物理 41, 109-117 (2006).

誌上セミナー スピントロニクス理論の基礎  
多々良 源、河野浩、柴田絢也  
固体物理 印刷中(連載) (2008).

・受賞  
井上科学振興財団 久保亮五記念賞(第 10 回)(2006)  
丸文研究交流財団 研究奨励賞(2005(平成 17)年度)