

## 多々良物性物理研究室

主任研究員 多々良 源 (D.Sci.)



### (0) 研究分野

分科会: 物理、工学

キーワード: スピントロニクス、メタマテリアル、カイラル流体

### (1) 研究背景と研究目標

物性研究の目的は物質の最高性能を引き出すことです。当研究室ではその中でも特に電子のもつ微小磁石、スピン、に関わる新現象を理論的に開拓しています。現在の技術であるエレクトロニクスでは電子の電荷と電流のみを利用しているが、スピンの制御が可能となればスピンのもつ情報も加えたスピントロニクスが実現され、今よりもはるかに多量の情報を高速で、また低いエネルギー消費で処理することが可能となります。特に現在重要視されている効果としては物質中のスピンにはたらく強い量子相対論効果があり、これをうまく用いると非常に強い磁石や、スピンのもつ情報を電気信号に高効率で変換したりすることが実現されます。解析には主に場の理論という手法を用いています。

### (2) 2021 年度成果と今後の研究計画(中長期計画 2025 年度まで)

2021 年の主な成果:

#### [1] 金属中の電子とスピンの輸送現象の流体力学的記述

金属中の電子とスピンの輸送現象を流体力学的視点に基づいた理論により解析した。緩和力のある場合(ohmic 流体)を考え、線形応答理論により駆動場から発生する力や粘性を微視的に計算した。カイラル電子系、異常ホール系、スピン分極した電子、の場合を解析し、新現象を予言、新しい視点に基づく物理的描像を与えた。

・カイラル電子系である Weyl モデルにおいて運動量流束を計算し電場による角運動量生成効果を見出した。異常ホール系にて磁化-渦結合により発生するスピン起電力を求めた。これまで知られた保存力としての寄与のほかに非保存力の寄与もあることを見出した。

・異常ホール系、スピン分極した電子系の流体理論が、磁化  $M$  と電場  $E$  およびスピン  $s$  からなるトロイダルモーメント  $M \times E$  および  $s \times E$  を導入することにより簡潔に記述できることを示した。

・スピンホール効果をスピン-渦結合に基づいて説明する新しい解釈を提示した。従来のスピン流解釈では避けられなかったスピン流の定義における原理的な曖昧性が排除された記述が可能となった。スピンホール応答の有限波数( $q$ )領域を理論的に調べ広い波数領域にわたって応答があることを明らかにした。従来は  $q=0$  のみに焦点が当たっていたが、有限波数領域を調べることにより、スピンホール効果の本質がスピン-渦結合であることが明らかになった。

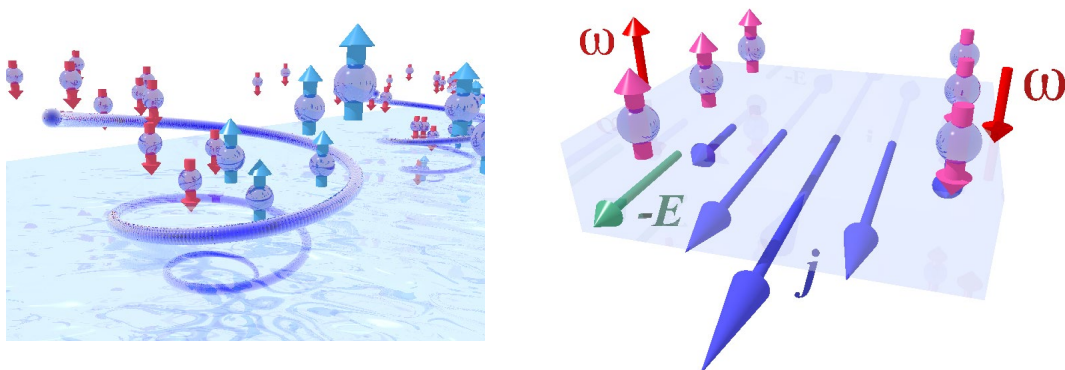


図1 左：電子の渦はスピンを発生させる駆動するはたらきがある。右：金属に電流をかけた場合、端で渦が生じるがそれによりスピンの誘起される。これがスピンホール効果の渦解釈である。

### 中長期計画

スピントロニクスは応用への志向が強く現象の原理的な理解はこれまで進んでいなかったが、我々のここ数年の仕事により線形応答理論という信頼できる理論枠組みに基づき現象を微視的立場から記述することが可能となっている。今後はこうした基盤に基づき、スピントロニクスの新現象を理論的に追求し提案する方向へ研究を発展させる。具体的には光やスピン波を用いた制御とその逆過程、さらには表面効果や表面局在プラズモンを利用した新効果の開拓を想定している。

### (3) 研究室メンバー

(2021年度)

(主任研究員)

多々良源

(協力研究員)

舟木博志

(アシスタント)

穂山和恵

### (4) 発表論文等

1. H. Funaki & G. Tatara, “Hydrodynamic theory of chiral angular momentum generation in metals”, *Phys. Rev. Res.*, 3, 023160 (2021).
2. H. Funaki, R. Toshio, & G. Tatara, “Vorticity-induced anomalous Hall effect in an electron fluid”, *Phys. Rev. Res.*, 3, 033075 (2021).
3. G. Tatara, “Hydrodynamic theory of vorticity-induced spin transport”, *Phys. Rev. B*, 104, 184414 (2021).
4. Tatara, G., “Spin Hall Response at Finite Wave Vector in Ferromagnets”, *J. Phys. Soc. Japan*, 91, 034705(2022).
5. Tatara, G., Nonlocality of Electrically-Induced Spin Accumulation in Chiral Metals, *Phys. Soc. Japan*, 91, 073701(4) (2022).

Laboratory Homepage

[https://www.riken.jp/research/labs/chief/condens\\_matter\\_phys/index.html](https://www.riken.jp/research/labs/chief/condens_matter_phys/index.html)

<http://spinphys.riken.jp/sptrt/index.html>