

Title	Microscopic theory of spin-orbit torques induced by electric and heat currents
Author(s)	藤本, 純治
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/52071">https://hdl.handle.net/11094/52071</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 藤 本 純 治 )

論文題名	Microscopic theory of spin-orbit torques induced by electric and heat currents (電流および熱流により誘起されるスピン軌道トルクの微視的理論)
------	---

## 論文内容の要旨

電流による磁化操作は、電流誘起スピントルクによる効果として理解され、さまざまな研究が行われてきた。近年、界面など反転対称性の破れた系でスピン軌道相互作用に起因する電流誘起トルク（スピン軌道トルク：SOT）に興味を持たれている。SOTがこれまで知られていた電流誘起トルクと異なる点は、磁化が一様な場合にも生じる点にあり、それを利用した応用が期待されている。しかしSOTの性質は未だ十分に理解されていない。また、同様のトルクは熱流にも伴って発生することが期待される。本研究では、電流および熱流によって誘起されるSOTを微視的モデルに基づいて理論的に解析した。

まず、磁性体膜の界面を念頭におき、一般のバンド構造とスピン軌道相互作用をもつ2次元電子系を考え、それが磁化に及ぼすトルクの計算を線形応答理論に基づいて一般的に定式化した。次に、自由電子モデル、および正方格子上の強束縛モデルの2種類に対して、具体的な計算を行った。その際、不純物の効果として、電子の減衰定数（自己エネルギー）だけでなく、バーテックス補正も考慮して、電子の一体状態と外場との結合をコンシステントに扱った。

結果は、スピン軌道相互作用が交換分裂よりも小さいとき、自由電子モデルでは、フェルミ面が二枚ある場合にバーテックス補正の効果で非散逸的なSOTは消え、また散逸的なSOTはその係数の磁化方向依存性が消失した。他方、強束縛モデルではバーテックス補正を含めても散逸的・非散逸的なSOTが共に存在し、それらは磁化方向に強く依存することが分かった。一方、スピン軌道相互作用が交換分裂と同程度かそれより大きい場合、磁化が面内を向いたときにバンド構造の縮退点（ディラック点）がフェルミ面近傍に存在し、これが非散逸的なSOTに大きな寄与をすることを見出した。これはバンド構造に依らず、一般的に生じうる現象で、熱流によるSOTについても同様のことを見出した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 藤本 純治 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	藤本 聡
	副 査	教 授	鈴木 義茂
	副 査	教 授	小口 多美夫
	副 査	教 授	河野 浩 (名古屋大学大学院理学研究科)

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、磁性体膜の金属状態において、電流および熱流によってスピン軌道相互作用を介して誘起されるスピントルクの特性を理論的に明らかにすることを目的としている。本テーマは磁化を電流で制御するスピントロニクスへの応用上、近年、大変興味を持たれているが、他方、現実の物質のバンド構造で不純物散乱の効果まで考慮した場合のスピン軌道トルクについては理論的な物理の理解が不十分な状況であった。本論文は、Rashba型スピン軌道相互作用のある、電子ガス・モデルと、より現実的な強束縛近似モデルの2種類のモデルを用いて、不純物散乱によるカレント・バーテックス補正を考慮したダイアグラム計算を行い、スピン軌道トルクの特性に関する理論結果を得ている。それによって明らかになったことの一つは、電子ガス・モデルでは不純物散乱によるカレント・バーテックス補正が結果を定性的に著しく変更させ、電子の緩和時間によらない無散逸な寄与が消失し、さらに散逸的寄与の磁化方向依存性まで消失させるという点である。これに対して強束縛近似モデルでは、バーテックス補正によるこのような消失は起こらず、スピントルクの定量的な変化を与えるだけである。この結果は、現実の系を理論的に解析する上で、設定すべきモデルの条件について、重要な示唆を与えるものである。さらにまた、磁化の向きが磁性体膜の面内に平行な場合には化学ポテンシャルをチューニングすることによって、スピントルクの無散逸部分が著しく増大することを明らかにした。この現象の物理的起源はスピン軌道分裂した2つのバンドの縮退点（すなわちDirac coneの頂点）が平行磁化との交換相互作用によってフェルミ面近傍に現れ、このDirac coneの特異な電子状態が無散逸スピントルクの増大をもたらすことによるものである。また、この増大効果は特定のバンド構造に依存するものではなく、Rashbaスピン軌道分裂のあるバンドで普遍的に起こりえる現象であり、基礎物理としての重要性はもとより、将来のスピントロニクスへの応用上でも大変、興味深い結果である。以上のように本論文は、スピン軌道トルクのスピントロニクスへの応用と、基礎物性の理論的理解という点において大変、重要なものであり、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。