

課題番号	GR006
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実施状況報告書(平成25年度)

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	スピン波スピン流伝導の開拓による超省エネルギー情報処理デバイスの創出
研究機関・ 部局・職名	慶應義塾大学・理工学部・専任講師
氏名	安藤 和也

### 1. 当該年度の研究目的

平成25年度は、本研究によりこれまでに確立した動的スピン流生成手法(K. Ando *et al.*, Nature Materials 2011, Nature Communications 2012)を用いることで、スピン軌道相互作用が極めて弱い系におけるスピントロニクス効果・機能開拓を目指した。特に顕著に弱いスピン軌道相互作用が期待される有機系材料と磁性絶縁体と組み合わせ、温度・磁場制御下における動的スピン流注入を精密に測定することで、スピントロニクスの歴史の中で全く未開拓であった磁性絶縁体/導電性高分子ヘテロ接合における純スピン流輸送及びスピン-電荷変換現象の開拓を目的とした。また磁性絶縁体は非常に小さな磁気ダンピングを示し、スピン励起の非線形効果が容易に発現する(K. Ando *et al.*, Physical Review Letters 2012)。この著しい特長を利用することで、金属/磁性絶縁体接合における非線形現象を用いた絶縁体中のマグノンスピン流の制御ルートを探る。

### 2. 研究の実施状況

平成25年度は、導電性高分子中のスピン流-電流変換観測に初めて成功し、これまでの常識に反して非常に長いスピン緩和時間と高いスピン流-電流変換効率が共存していることを発見した(Nature Materials 2013)。さらに動的スピン流生成手法を用いることで導電性高分子中のスピン輸送を系統的に測定し、ホッピング伝導系のスピン緩和機構を明らかにした(Nature Physics 2014)。

電気を流すプラスチック「導電性高分子」は、フレキシブルエレクトロニクスの担い手として電界効果トランジスタや有機発光ダイオードなど精力的な研究が進められている。この物質群は金属・無機半導体と比較して数桁長いスピン寿命という著しい特長を示し、スピントロニクスにおいても重要な役割を果たすことが期待されている。しかし導電性高分子へのスピン注入は本質的に困難であり、スピントロニクス誕生の時代から研究が進められてきた金属・半導体と比較して、有機材料中のスピン流物性は殆ど理解されていなかった。本研究ではこれまでに確立した動的スピン流生成手法を用いることでこの困難を解決し、スピン流輸送・変換の系統的測定により上記研究成果が得られた。

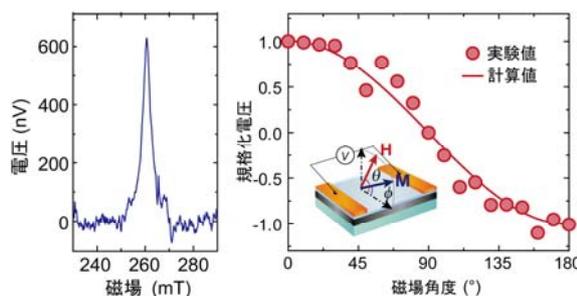


図1. 導電性高分子中のスピン流-電気信号変換観

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 5 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 5 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. K. Ando, "Dynamical generation of spin currents," <i>Semiconductor Science and Technology</i> 29, 043002 (2014).</li> <li>2. S. Watanabe, K. Ando, K. Kang, S. Mooser, Y. Vaynzof, H. Kurebayashi, E. Saitoh, and H. Sirringhaus, "Polaron Spin Current Transport in Organic Semiconductors," <i>Nature Physics</i> 10, 308 (2014).</li> <li>3. H. Sakimura, T. Matsumoto, and K. Ando, "Spin rectification induced by dynamical Hanle effect," <i>Applied Physics Letters</i> 103, 132402 (2013).</li> <li>4. Z. Qiu, K. Ando, K. Uchida, Y. Kajiwara, R. Takahashi, H. Nakayama, T. An, Y. Fujikawa, E. Saitoh, "Spin mixing conductance at a well-controlled platinum/yttrium iron garnet interface," <i>Applied Physics Letters</i>, 103, 092404 (2013).</li> <li>5. K. Ando, S. Watanabe, S. Mooser, E. Saitoh, and H. Sirringhaus, "Solution-processed organic spin-charge converter," <i>Nature Materials</i> 12, 622 (2013).</li> </ol> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計 5 件</p>	<p>専門家向け 計 5 件 国際会議招待講演</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. K. Ando, "Solution-processed organic spin-charge converter," <i>Magnetics and Optics Research International Symposium (MORIS 2013)</i>, December 2-5, 2013, Ohmiya, Japan.</li> <li>2. K. Ando, "Spin-charge conversion in solution-processed conducting polymer," <i>Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors (PASPS) 18</i>, December 9-10, 2013, Osaka, Japan.</li> <li>3. 安藤和也, "半導体へのスピン注入," <i>スピントロニクス特別研究会 2013</i>, 2013年10月18日, 仙台.</li> <li>4. K. Ando, "Dynamical spin injection from metals and insulators," <i>Jaszowiec conference 2013</i>, June 27, 2013, Wisła, Poland.</li> <li>5. K. Ando, "Spin current coupled with magnetization dynamics," <i>Keio-TU Munich join seminar on nanospintronics</i>, May 26, 2013, Yokohama, Japan.</li> </ol> <p>一般向け 計 0 件</p>
<p>図書 計 0 件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状況 計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p><a href="http://www.ando.appi.keio.ac.jp/">http://www.ando.appi.keio.ac.jp/</a> (慶應義塾大学理工学部安藤研究室 Research)</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>ホームページでの研究最新情報の配信およびメールでの質問・疑問への対応 最新研究成果講演内容の Youtube へアップロード (<a href="http://www.youtube.com/watch?v=sw2niK4WNEA">http://www.youtube.com/watch?v=sw2niK4WNEA</a>) (1件)</p>

様式19 別紙1

<p>新聞・一般雑誌等掲載 計 8 件</p>	<p>新聞・web 記事</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2014 年 3 月 19 日: 日刊工業新聞(web)「慶大、導電性高分子にスピンドルを作ることに成功—安価なプラスチック製」</li> <li>2. 2014 年 3 月 18 日: 環境ビジネスオンライン(web)「慶応大、電気を流すプラスチック中での磁気の流れを解明」</li> <li>3. 2014 年 3 月 19 日: マイナビニュース(web)「慶応大、導電性高分子中でスピンドルを作り出すことに室温で成功」</li> <li>4. 2014 年 3 月 19 日: 日刊工業新聞 27 面「導電性高分子にスピンドル」</li> <li>5. 2014 年 3 月 17 日: 化学工業日報 6 面「スピンドルの性質解明 慶応大、導電性高分子中で作製 省エネデバイス開発に道」</li> <li>6. 2013 年 7 月 5 日: 電波新聞 3 面「第 26 回安藤博記念学術奨励賞 安藤和也・慶應義塾大専任講師ら 5 人を表彰」</li> <li>7. 2013 年 5 月 8 日: 日経産業新聞 7 面「磁気を電気に変換、東北大・慶大、導電性プラスチック系素材」</li> </ol> <p>一般雑誌掲載</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安藤和也, 「有機スピンドル—電荷変換素子」, 工業材料 62, 34-35 (2013).</li> </ol>
<p>その他</p>	

4. その他特記事項

受賞: 安藤博記念学術奨励賞(財団法人安藤研究所)2013 年 6 月 29 日.

## 実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	123,000,000	101,150,000	21,850,000	0	0
間接経費	36,900,000	30,345,000	6,555,000	0	0
合計	159,900,000	131,495,000	28,405,000	0	0

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を 除く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	9,690,509	21,850,000	0	31,540,509	31,540,509	0	0
間接経費	2,907,152	6,555,000	1	9,462,153	9,462,153	0	0
合計	12,597,661	28,405,000	1	41,002,662	41,002,662	0	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	26,658,059	超高真空排気装置ほか
旅費	653,140	研究成果発表旅費ほか
謝金・人件費等	1,378,465	実験補助謝金
その他	2,850,845	移設費用ほか
直接経費計	31,540,509	
間接経費計	9,462,153	
合計	41,002,662	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
超高真空排気装置	KS-08TCT- FRSU	1	1,405,000	1,405,000	2013/4/26	慶應義塾大学
ガウスメータ	TRG-3	1	723,450	723,450	2013/5/22	慶應義塾大学
ネットワークアナライ ザ	N5231A/216	1	2,999,850	2,999,850	2013/5/22	慶應義塾大学
シグナルアナライ ザ	N9010A/513/P0	1	2,999,850	2,999,850	2013/5/22	慶應義塾大学
プリント基板加工 機	ElevenLab	1	1,458,975	1,458,975	2013/5/22	慶應義塾大学
AC/DC電流源	Keithley6221	1	588,000	588,000	2013/7/1	慶應義塾大学
電子スピン共鳴装 置	JES-FA200(中古 品)	1	2,919,000	2,919,000	2013/8/1	慶應義塾大学
UHV対応移動式 スパッタガン	ES-3000U	1	2,900,000	2,900,000	2014/2/12	慶應義塾大学
RF500W電源	RFK05ZF	1	2,900,000	2,900,000	2014/2/12	慶應義塾大学
DC1kW電源	HPK01Z	1	2,800,000	2,800,000	2014/2/12	慶應義塾大学