

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		量子スピナイスにおける無散逸な量子伝導現象の解明			
研究テーマ (欧文) AZ		Disipationless quantum transport in quantum spin ice			
研究氏 代表 者	カナ CC	姓)ナカツジ	名)サトル	研究期間 B	2013 ~ 2014 年
	漢字 CB	中辻	知	報告年度 YR	2015 年
	ローマ字 CZ	Nakatsuji	Satoru	研究機関名	東京大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東京大学 物性研究所・准教授			
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめて下さい。)					
<p>身近な氷のプロトンが仮想的に量子トンネルを起こせば、低温で一種の量子液体が安定化することが期待される。我々が最近開発した量子スピナイスは、まさにプロトンをスピンで置き換えることで実現したスピン液体である。このような系と伝導電子をカップルさせた際に現れる無散逸な量子伝導現象の研究を行ってきた。具体的には、<math>\text{Pr}_2\text{Ir}_2\text{O}_7</math>において、その量子スピナイス状態で現れる無散逸な自発的ホール電流の起源を明らかにするために系統的研究を行った。その結果、この系の電子状態はスピホール効果を示すことで有名な半導体化合物 <math>\text{HgTe}</math> と同じく 2 次分散を持つ伝導バンドと価電子バンドがフェルミ面上の一点で接するフェルミノードをもつ半金属であることが分かった。このことは、スピナイス状態で現れるカイラルな秩序が時間反転対象性を破った際に、いわゆる、ワイル半金属状態が安定化することを示しており、この系の持つ無散逸な伝導現象は、このワイル点が運動量空間で作る仮想磁場によることが分かった。一方、反強磁性秩序を持つ <math>\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7</math>においては、常磁性状態で上記のフェルミノード状態を有し、低温の反強磁性状態においてはフェルミノードがギャップを開くことで絶縁化することを見出した。驚くべきことに、酸化物としては初めて 10 テスラという小さい磁場でそのギャップが低温で閉じることを、すなわち、磁場誘起の量子金属絶縁体転移が起こることを見出した。次に、上記のワイル点による機構を利用して、仮想磁場による無散逸なホール電流を持つ反強磁性体の探索を行ったところ、新たに <math>\text{Mn}_3\text{Sn}</math> という物質を発見した。この物質が室温以上の 160 度以下で反強磁性体でありながら、初めて自発的ホール効果を示すことを発見した。これは 1890 年以来強磁性体でのみ知られていた異常ホール効果が、反強磁性体でもさらに室温以上で現れることを世界で初めて示した成果である。これらは、東京大学物性研所辛研究室、近藤研究室、金道研究室、中辻研究室のメンバーとの共同研究である。ここに深く感謝する。</p>					
キーワード FA	ホール効果	スピナイス	反強磁性	仮想磁場	

(以下は記入しないで下さい。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入して下さい。）									
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Observation of a Quadratic Fermi Node in a 3D Strongly Correlated Semimetal							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Kondo 他	雑誌名 <sup>GC</sup>	Nature Communications					
	ページ <sup>GF</sup>	1934/1-6	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	5	巻号 <sup>GD</sup>	4
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Field-induced quantum metal-insulator transition in the pyrochlore iridate Nd <sub>2</sub> Ir <sub>2</sub> O <sub>7</sub>							
	著者名 <sup>GA</sup>	Z. Tian 他	雑誌名 <sup>GC</sup>	Nature Physics					
	ページ <sup>GF</sup>	~	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	5	巻号 <sup>GD</sup>	doi:10.1038/nphys3567
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Large anomalous Hall effect in a non-collinear antiferromagnet at room temperature							
	著者名 <sup>GA</sup>	S. Nakatsuji 他	雑誌名 <sup>GC</sup>	Nature					
	ページ <sup>GF</sup>	212~215	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	5	巻号 <sup>GD</sup>	527
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	

#### 欧文概要 EZ

We have recently discovered spontaneous Hall effect in the quantum spin ice state in Pr<sub>2</sub>Ir<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. This was the first observation of the anomalous Hall effect in a spin liquid state. To reveal the origin of the dissipationless Hall current, we have made an extensive study of the electronic structure. Our ARPES measurements carried out through the collaboration with Profs. Shin and Kondo's groups at ISSP, U of Tokyo, have revealed that Pr<sub>2</sub>Ir<sub>2</sub>O<sub>7</sub> has quadratic band touching at the Fermi energy, the same electronic structure as in the spin-Hall semimetal HgTe. This indicates that the Weyl semi-metallic state induced by the chiral order in the spin ice state may have large fictitious field that induces the dissipationless current. On the other hand, the sister compound Nd<sub>2</sub>Ir<sub>2</sub>O<sub>7</sub> was found to have the Fermi node state in the paramagnetic state, while this opens the electronic gap when it orders antiferromagnetically. Strikingly, through the collaboration with Prof. Kindo group's at ISSP, U of Tokyo, we found that the magnetic field may suppress the metal-insulator transition at 10 T, inducing the quantum metal-insulator transition, the first case in the transition metal oxides. While finding the anomalous Hall effect in antiferromagnets has been a challenging idea, as no example has been observed since its discovery in a ferromagnet by Edwin Hall in 1890, the notion of the fictitious fields due to the Weyl points in the k-space turned out to be useful for the search for the first example. After extensive exploration, we found that the chiral antiferromagnet Mn<sub>3</sub>Sn exhibits a large anomalous Hall effect below its Neel temperature of 430 K. The anomalous Hall effect in the antiferromagnet at room temperature should be useful for the various applications in the future.