

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－英国研究交流）

1. 研究課題名：「強電子相関酸化物の新奇量子相」
2. 研究期間：平成21年1月～平成24年3月
3. 支援額： 総額 19,000,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	高木 英典	東京大学大学院理学系研究科	教授
研究者	前野 悦輝	京都大学大学院理学研究科	教授
研究者	高山 知弘	東京大学大学院新領域創成科学研究科	助教
研究者	花栗 哲郎	独立行政法人理化学研究所 高木磁性研究室	専任研究員
研究者	芝内 孝禎	京都大学大学院理学研究科	准教授
研究者	求 幸年	東京大学大学院物理工学研究科	准教授
参加研究者 のべ 25名			

英国側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Nigel Hussey	ブリストル大学、物理学科	教授
研究者	Andy Mackenzie	セント・アンドリュース大学、物理学科	教授
研究者	Antony Carrington	ブリストル大学、物理学科	教授
研究者	Steve Hayden	ブリストル大学、物理学科	教授
研究者	Nic Shannon	ブリストル大学、物理学科	講師
研究者	Andreas Rost	セント・アンドリュース大学、物理学科	研究員
参加研究者 のべ 18名			

5. 研究・交流の目的

遷移金属酸化物において電子の絡み合いの効果と格子のトポロジーとの協奏効果により発現する新奇量子相の開拓を、物質開発に強みを有する日本グループ（東大・京大・理研）と精密電子・熱輸送測定を得意とする英国グループ（ブリストル大、セント・アンドリュース大）の緊密な連携によって、強力に推進することを目的とする。具体的には、高温超伝導の機構解明、新規超伝導体の開拓、特異な幾何学的格子を持つ酸化物における電荷・スピン液体相の開拓、その量子液体相で発現する非自明な電荷・スピン輸送の実験的検証を行う。さらに異常量子液体相やその競合状態に基礎を置く酸化物エレクトロニクス的基础学理の構築を目指す。

討論型ワークショップを開催すると同時に若手研究者・大学院生の交換滞在を積極的に推進する。これにより、物質開発、物性測定の垣根を越えた学問的にもグローバルな人材を育成する。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

2008年に見出された鉄系超伝導体は、転移温度が最高で55 Kに達する高温超伝導体であり、その発現機構が興味の焦点である。この物質のFermi面は電子ポケットと正孔ポケットで構成され、ポケット間のネスティングによる反強磁性ゆらぎが電子対形成に重要であると考えられている。この場合、超伝導電子対は $s_{\pm}$ 波と呼ばれる特殊な対称性を有すると考えられているおり、その検証がポイントになる。本チームは京大・ブリストル大のチームと理研・東大のチームが、それぞれ低エネルギー輸送現象、STM/STSと異なったアプローチを取りながらも $s_{\pm}$ 波を支持する実験結果を得て、この問題に対して極めて重要な貢献をなした。2009年の京都、2010年のブリストルでの日英ミーティングの議論が極めて重要な役割を果たした。

上記の高温超伝導機構研究と並行して新規超伝導体の設計と探索が進められた。東京大学では、研究期間に(Ru,Rh)P の擬ギャップ臨界点での超伝導の発見、スピン軌道相互作用の効果でパウリ極限を破る高い臨界磁場を誇る Ta_2PdS_5 、半金属ながら強結合超伝導を示す SrPt_3P 、反転対称性を有さない新超伝導体 CaIrSi_3 などが発見された。ブリストル大学では $\text{Li}_{0.9}\text{Mo}_6\text{O}_{17}$ の磁場誘起超伝導、パウリ極限を破る高い臨界磁場などが発見された。

その他、スピン軌道相互作用誘起物性、量子臨界点近傍のネマチック電子相などで、インパクトの大きな成果が挙げた。

6-2 人的交流の成果

期間中 4 回（英国で 2 回、日本で 2 回）にわたり、討論型のワークショップを開催し、若手研究者・大学院生の参加、発表を奨励した。英国側も若手研究者・大学院生の参加を奨励したので、研究の実質担当者の間の交流が進んだ。

ワークショップに加えて滞在型の共同研究を奨励した。日本側から 6 名の若手研究者、大学院生が英国に 1 週間以上滞在し共同研究に従事した。このうち 2 名は 1 カ月以上の滞在である。英国からは 5 名の若手研究者、大学院生を 1 カ月以上の長期間日本に受け入れた。特筆すべきは、5 名のうち、2 名の若手研究者日本で常勤の職を得て、共同研究を継続し、1 名の大学院生は、学位取得後ポスドクとして日本に滞在することが予定されている。人的交流の仕掛けとしては、極めて有効に機能したと結論する。

7. 主な論文発表・特許等（5 件以内）

相手国側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	H. Shishido, A. F. Bangura, A. I. Coldea, S. Tonegawa, K. Hashimoto, S. Kasahara, P. M. C. Rourke, H. Ikeda, T. Terashima, R. Settai, Y. Onuki, D. Vignolles, C. Proust, B. Vignolle, A. McCollam, Y. Matsuda, T. Shibauchi, and A. Carrington, “Evolution of the Fermi surface of $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ on entering the superconducting dome”, <i>Phys. Rev. Lett.</i> 104, 057008, 2010	英国側と共著
論文	T. Hanaguri, S. Niitaka, K. Kuroki, and H. Takagi, “Unconventional s-wave superconductivity in $\text{Fe}(\text{Se}, \text{Te})$ ”, <i>Science</i> 328, 474, 2010	
論文	C. Putzke, A. I. Coldea, I. Guillamón, D. Vignolles, A. McCollam, D. LeBoeuf, M. D. Watson, I. I. Mazin, S. Kasahara, T. Terashima, T. Shibauchi, Y. Matsuda, and A. Carrington, “de Haas-van Alphen study of the Fermi surfaces of superconducting LiFeP and LiFeAs ”, <i>Phys. Rev. Lett.</i> 108, 047002, 2012	英国側と共著
論文	D. Hirai, T. Takayama, D. Hashizume, and H. Takagi, “Metal-insulator transition and superconductivity in the binary pnictides RuPn ($\text{Pn} = \text{P}, \text{As}, \text{Sb}$)”, <i>Phys. Rev. B</i> 85, 140509(R), 2012	

論文	X. Xu, A. F. Bangura, J. G. Analytis, J. D. Fletcher, M. M. J. French, N. Shannon, J. He, S. Zhang, D. Mandrus, R. Jin, and N. E. Hussey, “Directional Field-Induced Metallization of Quasi-One-Dimensional $\text{Li}_{0.9}\text{Mo}_6\text{O}_{17}$ ”, Phys. Rev. Lett. 102, 206602, 2009	
----	---	--