

「ビスマス系銅酸化物高温超電導体における電子の不均一ペア相互作用の起源」を見出す  
～米科学誌「サイエンス」に掲載～

論文名: “Electronic Origin of the Inhomogeneous Pairing Interaction in the High- $T_c$  Superconductor  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ”

著者: Abhay N. Pasupathy<sup>1,\*</sup>, Aakash Pushp<sup>1,2,\*</sup>, Kenjiro K. Gomes<sup>1,2,\*</sup>, Colin V. Parker<sup>1</sup>, Jinsheng Wen<sup>3</sup>, Zhijun Xu<sup>3</sup>, Genda Gu<sup>3</sup>, Shimpei Ono<sup>4</sup>, Yoichi Ando<sup>5</sup>, and Ali Yazdani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Joseph Henry Laboratories and Department of Physics, Princeton University,

<sup>2</sup>Department of Physics, University of Illinois,

<sup>3</sup>Condensed Matter Physics and Materials Science, Brookhaven National Laboratory,

<sup>4</sup>Central Research Institute of Electric Power Industry,

<sup>5</sup>Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

\*These authors contributed equally to this work

参照先: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/short/320/5873/196>

---

詳細

電力中央研究所では、コストのかかる冷却をしなくても抵抗がゼロを示す「室温超電導体」が発見されれば電気事業をはじめ多くの産業分野で超電導の利用を核とした技術革新が可能になると考え、そのための基礎研究として高温超電導が起きる仕組みの解明を積極的に進めています。今回の成果は、当所の小野新平主任研究員らのグループと大阪大学・安藤陽一教授らのグループ、そして米国プリンストン大学のアリ・ヤズダーニ教授らのグループが共同で、「トンネル分光法」と呼ばれる実験手法を用いて見いだした成果です。

従来の超電導体では、超電導転移温度以下になると電子がペアを作ると同時に、それらの電子のペア同士が空間全体で相関しあう状態（コヒーレンス状態）になり、超電導が発現することがわかっていました。しかし銅酸化物高温超電導体では、一般に超電導転移温度以下でも電子のペアが空間的に均一にコヒーレンス状態にならず、超電導状態の強さも空間的に不均一になることが知られておりました。その原因として、電子対をつくる媒介であるボゾン励起（超電導の電子対を作る媒介エネルギー）が空間的に不均一なことが理由であるのか、それとも電子系の不均一なことから来ているのか、2つの可能性が考えられていました。

このため、今回電中研で作成した異なる超電導転移温度を持つ複数のビスマス系銅酸化物超電導体 ( $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ) サンプルについて、温度を変化させることで常電導状態及び超電導状態両方とも、走査トンネル顕微鏡で「トンネル分光法」という手法を用いて電子状態の測定を行い、超電導状態が空間的に不均一に存在する原因について調べました。

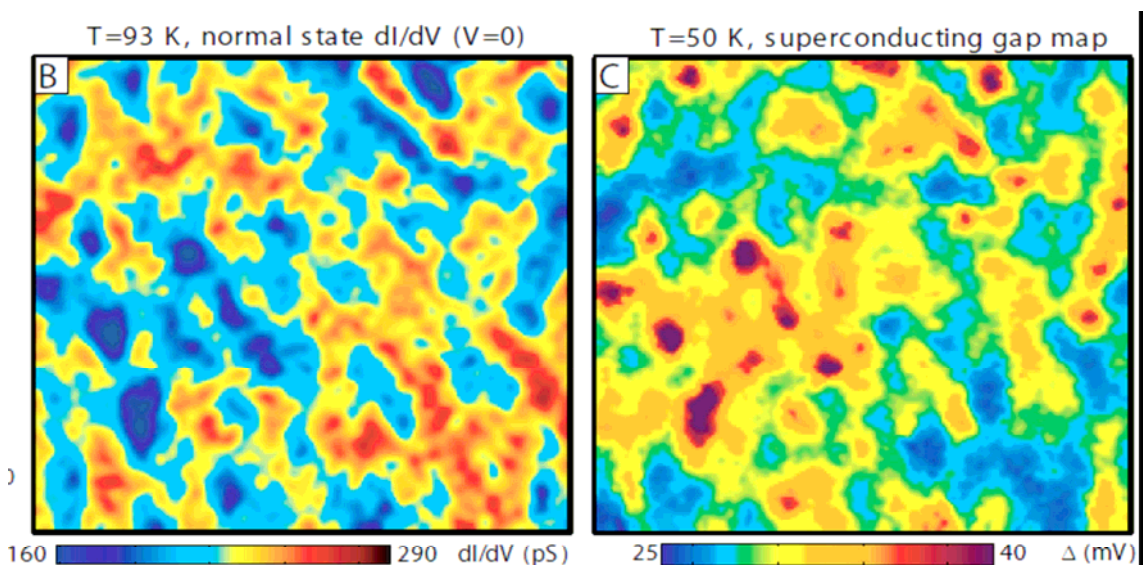
一般の測定装置では、温度上昇に伴う熱揺らぎにより装置自体が振動するため、これまで高温超電導体の転移温度付近では、原子レベルの電子状態の測定が困難でありました。また温度の上昇と共に試料の熱膨張がおき、試料の同じ空間を原子レベルで測定をすることも非常に困難でありました。プリンストン大学では、こうした振動を取り除ける設備を新規に設置し、高温環境下でも、原子レベルの詳細な電子状態をとらえる事が出来るようになりました。

同じ場所の常電導状態と超電導状態の両方を原子レベルの分解能で電子状態を測定し、それぞれの電子状態の比較を行うことで、超電導状態においてボゾン励起は空間的に均一であることを見いだしました。また常電導状態における電子系の不均一さの分布が、超電導状態における不均一さと全く同じ分布をもっていることを見いだしたことから、超電導状態の不均一さは、電子系の不均一に起因することを今回の実験によって明らかにしました。

今後は、この不均一な電子状態と高温超電導体の発現との関係を明らかにし、より具体的に高温超電導が起こる仕組みを理解すべく研究を更に進める予定です。

今回の共同研究においては、電力中央研究所及び大阪大学において広い範囲で電子密度を変化させた「ビスマス系銅酸化物」と呼ばれる高温超電導体の高品質単結晶を作製し、プリンストン大学のヤズダーニ教授がトンネル分光法の実験を担当しました。今回の実験に使われた高品質のビスマス系銅酸化物単結晶を作製できる技術をもっているのは世界中でも電力中央研究所だけであり、今回の成果は当所、大阪大学、プリンストン大学それぞれの強みを組み合わせた国際的研究協力の結果といえます。

以上



図の説明

- (B) 常電導状態における電子状態の分布。
- (C) 超電導状態における超電導状態の強さの分布。空間的に超電導状態が不均一であることが分かる。(B)と比較すると色が反転しているが、分布は(B)とほぼ同じ様に見える。