

第3回強磁場フォーラムフロンティア奨励賞を受賞して

附属国際超強磁場科学研究施設 三宅 厚志

この度、2021年12月に第3回強磁場フォーラムフロンティア奨励賞を受賞する栄誉に恵まれました。この賞は日本の研究機関で強磁場に関連した研究において、優れた成果をあげ、強磁場分野の発展に貢献した若手研究者に与えられる賞です。受賞対象は、「磁場に依存しない温度計の開発によるウラン系超伝導体におけるメタ磁性転移と超伝導の研究」で、論文[1,2,3]に関する研究が評価されたものです。徳永先生を始めとする共同研究者、ならびに日頃からお世話になっている附属国際超強磁場科学研究施設の皆様に誠に感謝しております。

研究対象であるウラン系超伝導体は UTe_2 という「重い電子系」物質で、2018年末に超伝導転移が発見されました。発見当初からスピン3重項かつカイラル超伝導が実現している可能性が指摘され、世界的な競争が繰り広げられています。共同研究者であるCEA グルノーブルの Jacques Flouquet 博士と UTe_2 の試料提供者である東北大青木大教授とは、私がCEA グルノーブルにポスドクとして彼らの研究室に所属していた頃から、長年共同研究を展開してきました。そのポスドク時代のテーマの一つが UTe_2 に繋がる強磁性超伝導 $URhGe$ の磁場誘起超伝導でした。

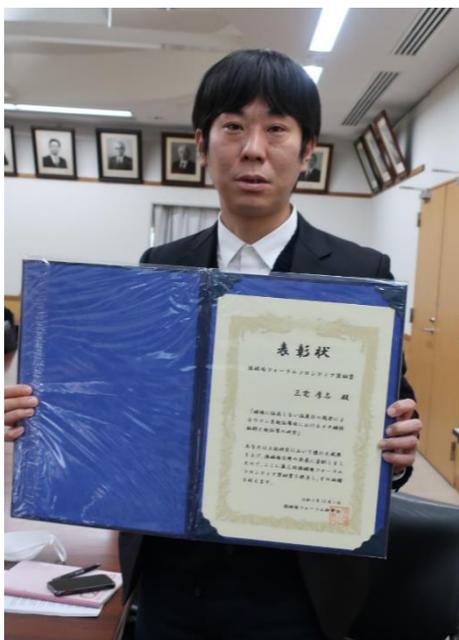
UTe_2 はパウリ極限を超える超伝導臨界磁場を持ち、通常の超伝導発現機構では説明できないことが指摘されました [4, 5]。すでに UTe_2 の超伝導発見者 Ran、Butch たちによって、メタ磁性転移が発見されたという情報も漏れ聞こえてきており、急いで実験を行い(Shinkansen - TGV mode)、確かに $H_m \sim 35$ T で $0.5 \mu B$ もの大きな磁化の跳びを伴うメタ磁性転移を観測しました [1]。さらに、様々な温度で磁化測定を行い、熱力学的な関係式から、電子比熱係数が H_m に向かい増大することを見出しました。平行して、フランスの元同僚達によって、 H_m で磁気抵抗が4倍程度大きくなること、 H_m に向かい T_c が増大し、 H_m で超伝導が突然消失することなどが見出され、Journal of the Physical Society of Japan 誌にこれら3論文は連番で掲載されました[1,6,7]。その後、同所の今城氏、小濱所員らによるパルス磁場中での比熱測定により、電子比熱係数が確かに増大することを見出され、超伝導が磁場

中で増強されていることと関連していることが分かりました[8]。ちなみに、JPSJの2019年度高被引用文献Top10に上記3論文[1,6,7]を含む UTe_2 関連論文6報が入ったことから、この物質の注目度の高さ、競争の激しさがお分かり頂けると思います。

世界に先駆けてメタ磁性転移発見の報告は出来たのですが、文献[1]では等温過程を仮定した解析を行っており、その定量性に不安がありました。例えば、磁気抵抗から求められた相図[6]と我々の結果[1]に不一致が見られました。パルス磁場中での測定では、磁場掃引が早いために試料が断熱条件に近く、試料温度が磁場で変化する磁気熱量効果(MCE)が問題になることが知られていました。そこで、より定量的な解析のためには、磁化の磁場・温度変化を同時に評価することが不可欠でした。ちょうど、磁場効果の影響の少ないキャパシタンス温度計の開発に取り組んでおり、 UTe_2 の磁化と MCE の同時測定に着手しました。そのための工夫は極簡単で、通常使用している磁化プローブ用の試料ホルダーに同軸ケーブル2本導入するだけでした。

「キャパシタンス温度計」のアイデアは UTe_2 とは全く異なる物質を対象に行った共同利用を通じて生まれました。その経緯を簡単に紹介します。東大新領域の木村健太助教とマルチフェロイック物質を対象に、パルス強磁場中での誘電率測定手法を確立しました[2]。これらの系では電気磁気効果を通じて、誘電率に顕著な磁場変化が見られます。逆に、非磁性の誘電体を使用すれば、誘電率の磁場変化は小さくて磁場較正が不要な「磁場に依存しない温度計」として使えるのではないかと考えました。このアイデアは徳永先生と共同利用に来ていた徳永研 OB の木原工氏(現岡山山大)にも評価され、開発に取り組むことになりました。文献を検索すると、同様の取り組みはすでに報告がありましたが、60 T 級までの磁場効果の報告はありませんでした。非磁性強誘電体試料($KTa_xNb_{1-x}O_3$, KTN)を合成されていたNIMSの橋信氏に試料提供を依頼し、キャパシタンス温度計の開発に着手しました。様々な温度で60 Tまでの誘電率の磁場依存性を測定し、予想通り誘電率がほとんど磁場変化しないことを確認し、磁場較正の不要な温度計としてMCE測定にも成功しました[2]。その後、橋氏

- [7] G. Knebel, W. Knafo, A. Pourret, Q. Niu, M. Valisˇka, D. Braithwaite, G. Lapertot, M. Nardone, A. Zitouni, S. Mishra, I. Sheikin, G. Seyfarth, J.-P. Brison, D. Aoki, and J. Flouquet, *J. Phys. Soc. Jpn.* **88**, 063707 (2019).
- [8] S. Imajo, Y. Kohama, A. Miyake, C. Dong, M. Tokunaga, J. Flouquet, K. Kindo, and D. Aoki, *J. Phys. Soc. Jpn.* **88**, 083705 (2019).
- [9] S. Ran, I.-L. Liu, Y. S. Eo, D. J. Campbell, P. Neves, W. T. Fuhrman, S. R. Saha, C. Eckberg, H. Kim, J. Paglione, D. Graf, J. Singleton, and N. P. Butch, *Nat. Phys.* **15**, 1250 (2019).



2. 授賞式の様子（オンラインで紹介があり、物性研会議室で賞状が授与された。）

