

## 研究成果報告書

研究テーマ (和文)	精密角度分解熱容量測定装置の開発と有機超伝導体及び量子磁性体への応用		
研究テーマ (英文)	Development of Angle-Resolved Heat Capacity Measurement System and its Application to Organic Superconductors and Quantum Magnets		
研究期間	2019年～2021年		研究機関名 北海道大学
研究代表者	氏名	(漢字)	福岡 脩平
		(カタカナ)	フクオカ シュウヘイ
		(英文)	Shuhei Fukuoka
	所属機関・職名		
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	
		(カタカナ)	
		(英文)	
	所属機関・職名		

概要 (600字～800字程度にまとめてください。)

熱容量測定は低エネルギー領域において、高いエネルギー分解能を持つ研究手法であり、強相関電子系における準粒子励起や磁性体におけるスピンの集団励起の研究などに貢献してきた。熱容量測定は、基底状態に近い極低温、さらに、例えば超伝導を特徴づけるギャップ構造の対称性は、磁場印加方向に依存した励起構造の変化を熱容量測定で追跡することで直接的に調べることが出来るなど、外場制御と組み合わせることでその利点を最大限に活かすことが出来る。しかし、極低温かつ磁場の精密方向制御下での測定は、市販装置では実現が困難である。そこで本研究では、磁場方向精密制御が可能な極低温熱容量測定装置の開発を行った。

本研究では試料ステージを機械的に回転させることで磁場方向精密制御の実現を目指した。そのためには、熱測定を実現するために不可欠なプローブ内の高真空断熱環境を維持しつつ、プローブ外部から試料ステージを回転させる機構を導入する必要がある。そこで、プローブトップに高真空フィードスルーを設置し、それに接続したシャフトを回転させることでステージを回転させる機構を設計した。極細中空ステンレスパイプをシャフトとして用いることで、シャフトを通した熱流入を最小限に抑え、高断熱、極低温環境を実現した。試料ステージとシャフトに取り付けられたギヤの比を調節し、ステージの角度を細かに制御できるよう設計を行った。さらにステージ部に低温でも利用可能なホール素子を取り付け、磁場中での正確な磁場方向、強度を測定出来るようにした。さらに、プローブは各種超伝導磁石で利用できるように外径が27mm以下に収まるように設計した。これにより、強磁場中での角度回転測定、横型磁石との組み合わせによる面内角度回転、面垂直仰角制御が可能となった。今後はこのプローブを用いて、超伝導体や量子磁性体の研究に展開していく予定である。

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ください。)						
雑誌	論文課題	Effects of Anion Substitution on Unconventional Antiferromagnetic Ground State of Molecular $\pi$ - $d$ System $\lambda$ -(BEDT-STF) <sub>2</sub> Fe <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> Cl <sub>4</sub>				
	著者名	S. Fukuoka, K. Haruyama, Y. Ihara, and A. Kawamoto	雑誌名	Journal of the Physical Society of Japan		
	ページ	043702-1~043702-5	発行年	2 0 2 1	巻号	90
雑誌	論文課題	Antiferromagnetic Ground State of Molecular $\pi$ - $d$ System $\lambda$ -(BEDT-STF) <sub>2</sub> FeCl <sub>4</sub> Studied by Site-selective Magnetization and Thermodynamic Measurements				
	著者名	S. Fukuoka and A. Kawamoto	雑誌名	Chemistry Letter		
	ページ	375~385	発行年	2 0 2 2	巻号	51
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	~	発行年		巻号	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	

英文抄録 (100語~200語程度にまとめてください。)

Heat capacity measurement is a powerful technique to study the quasiparticle excitations in strongly correlated electron systems and collective excitations of spins in magnetic materials with high energy resolution. However, heat capacity measurements at low temperatures under precise control of the magnetic field direction are difficult to achieve with commercial equipment.

In this study, we developed a thermal measurement probe that allows precise control of the magnetic field direction by mechanically rotating the sample stage at low temperatures. By using an ultra-thin hollow stainless-steel pipe as a rotating shaft, thermal insulation from the outside of the thermal bath is achieved. The ratio of the gears attached to the sample stage and shaft was adjusted to allow fine control of the angle of the stage. Furthermore, the probe was designed to have an outer diameter of less than 27 mm, which allows us to use the probe with various superconducting magnets. This enables precise control of the magnetic field direction under a strong magnetic field and in-plane and out-of-plane control of the field orientation in combination with a split-type magnet. We plan to use this probe to study superconductors and quantum magnets in the future.