



## ミュー粒子の質量と磁気モーメントを精密に測定して新物理探索を行う

素粒子、原子核、宇宙物理学  
およびその関連分野

研究者所属・職名 :  
物質構造科学研究所・特別教授

ふりがな しもむら こういちろう

氏名 : 下村 浩一郎

主な採択課題 :

- [基盤研究\(A\) 「ミュー粒子の電磁トラップ捕獲と基礎物理学への展開」\(2025-2028\)](#)
- [基盤研究\(S\) 「電磁トラップを利用したミュー粒子の質量と磁気モーメントの精密測定と新物理探索」\(2020-2024\)](#)
- [基盤研究\(A\) 「ミュオニウム超微細構造精密測定によるミュオン質量の精度向上と新物理探索」\(2017-2019\)](#)

分野 : ミュオン科学

キーワード : ミュー粒子、ミュオニウム、トラップ、超微細構造、磁気モーメント

### 課題

#### ●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

ミュオンの異常磁気能率  $g-2$  は標準模型を超える新物理の兆候として、強い関心を集めている。この実験では、均一磁場中の蓄積リングにミュオンを周回させ、スピン歳差運動の周波数を測定する。 $g-2$  の値を抽出するためにはこの周波数のほかにミュオンの磁気モーメントと陽子の磁気モーメントの比が必要である。本研究のミュオニウム超微細構造(図1)とミュオントラップによってこれをこれまでより約1桁以上高い精度で決定することを目指す。

#### ●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

本研究では、まず精密な磁場測定技術の開発と、一様な磁場分布の達成がこれまでにない精度で必要となる。また系統的な誤差を極限まで抑える、様々な周辺技術(測定器、新しい解析法、各種外部パラメタの能動的な安定化、モニタリング)の開発が必要となる。



図1 ミュオニウム

## ミュー粒子の質量と磁気モーメントを精密に測定して新物理探索を行う

素粒子、原子核、宇宙物理学  
およびその関連分野

## 研究成果

## ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

ミュオニウム超微細構造精密測定においてゼロ磁場における精密測定に関する成果がまとめられ、マイクロ波蓄積容器の設計と評価、ゼロ磁場実験全体のセットアップ、共鳴信号を導出する新しい解析方法についての査読付き論文、合計3本が出版された。また、当該研究は高く評価され、2021年度の加速器奨励会西川賞の栄に浴した。ゼロ磁場実験で得られた知見や実験セットアップの一部は高磁場実験においても活用される。

高磁場実験では精密で一様な磁場が必要となる。高精度磁場測定機の開発と一様な磁場を達成するための磁場シミングの計算が順調に進行している。磁場を測定する磁気プローブについては単一プローブで5 ppbの精度に到達しており、成果をまとめている。ここから目標とするラグビーボール球サイズの領域を高速に磁場スキャンするため、多チャンネル化磁場測定器が完成した。結果2025年2月には高磁場下での共鳴信号の観測に成功した(図2)。

また、信号の見やすい負ミュオンに関してトラップに世界で初めて成功した。

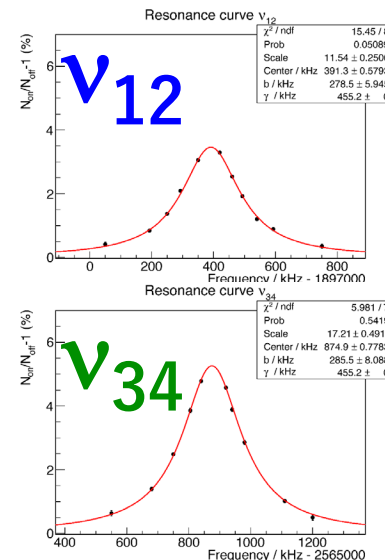


図2 高磁場下での共鳴信号

## 今後の展望

## ●今後の展望・期待される効果

高磁場下のミュオニウムの超微細構造測定は異なる磁場下での測定が予定されている。またこの実験装置を用いてミュオニウムHeの超微細構造測定も進行中であり、負ミュオンについても従来の50倍以上の精度でその質量と磁気モーメントが決定できる見通しがでてきた。ミュオントラップも成功し(図3)、正負ミュオン単一粒子での精密測定も進めていく。

さらに負ミュオンと陽電子の束縛状態(反ミュオニウム)の生成も視野に入ってきている。

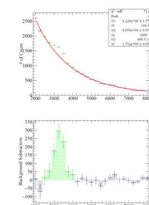


図3 負ミュオンのトラップ信号