

別紙 1-1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 福 村 省 三

論 文 題 目 Spectroscopy of Muonic Helium Hyperfine Structure at J-PARC

(J-PARC でのミュオニックヘリウム超微細構造の分光)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	清水 裕彦
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	棚橋 誠治
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	田村 陽一
委 員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授	博士(理学)	北口 雅暁
委 員	高エネルギー加速器研究機構	物質構造科学研究所	教授	博士(理学) 下村浩一郎

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

素粒子を記述する相対論的に不変な局所場の理論は、荷電反転と時空反転を組み合わせた **CPT** 変換に対して対称であることが必要とされ、その対称性は **CPT** 定理として知られた基本的対称性である。**CPT** 対称性は、粒子と反粒子の質量や磁気能率を比較することで実験的に検証できる。本研究では、互いに粒子・反粒子の関係にある正ミューオンと負ミューオンについて、負ミューオンの質量及び磁気能率の決定精度が正ミューオンに比べて一桁強劣っている現状に着目し、ミューオニックヘリウム原子の超微細構造の分光によって高精度化を図った。

ミューオニックヘリウム原子は、ヘリウム原子に含まれる二つの電子のうちの一つを負ミューオンに置換した原子である。電磁的に束縛した三体系であるが、ミューオン磁気モーメントと磁場との相互作用を通じて、曖昧さなく負ミューオンの質量及び磁気能率を決定することに利用できる。申請者は、大強度陽子加速器 **J-PARC** の大強度ミューオンビームをヘリウム原子に照射することでミューオニックヘリウム原子を生成し、マイクロ波照射で誘導されるミューオニックヘリウム原子の状態遷移を観測することで、ゼロ磁場におけるミューオニックヘリウム原子の超微細構造を分光した。その結果、超微細構造準位間の遷移周波数 $\Delta \nu = 4\,464\,980\,(20)\,\text{kHz}$ という値を得た。これは **4.5 ppm** の精度であり、先行測定 of 精度 **13 ppm** をこえる高精度測定である。

また、申請者はミューオニックヘリウム原子の生成時の負ミューオンのスピン偏極の損失が更なる精度向上を阻害していることに着目し、スピン交換光ポンピング法を利用したミューオニックヘリウム原子のスピン再偏極を実証した。この成果により、ミューオニックヘリウム原子の超微細構造の測定精度を、さらに二桁向上させる可能性が拓かれた。

本研究でもたらされた負ミューオンの質量決定精度向上は、現在の正ミューオンの質量決定精度 **120 ppb** を超える可能性を持っているものであり、本研究と並行して進められている正ミューオンの質量決定精度向上と組み合わせることで、**100 ppb** を超えた高精度での **CPT** 対称性の検証が可能になる。以上の内容は博士（理学）の学位を授与するに十分な成果であると認められる。