

【基盤研究(S)】

理工系（数物系科学）



研究課題名 革新的な実験手法を用いた ミュオン・電子転換過程の探索

大阪大学・大学院理学研究科・准教授 あおき まさはる
青木 正治

研究分野：数物系科学

キーワード：素粒子（実験）、ミュオン

【研究の背景・目的】

ミュオン・電子転換過程 ($\mu^+ + N \rightarrow e^+ + N$) は荷電レプトン・フレーバを保存しない (CLFV) 反応である。CLFV 反応は、ミュオンや K 中間子、タウレプトンなど様々な粒子を用いた実験で探索されて来たが、未だに 1 例も発見されていない。そのため、素粒子の標準模型にも組み込まれていない。

ところが、ニュートリノの微小な質量を説明する超対称性シーソー理論や、余剰次元理論など、標準理論を超える多くの新理論においては CLFV 反応が観測されるのが自然であると考えられている。これまで行われた実験の感度をわずかに改善するだけで、CLFV の信号を発見できる可能性が示唆されている。

CLFV 反応を発見できれば宇宙や素粒子の研究に大きなインパクトを与えることは必至である。本研究では、これまでに行われた実験の感度を 100 倍以上改善して、 10^{-14} の感度でミュオン・電子転換過程を探索する。

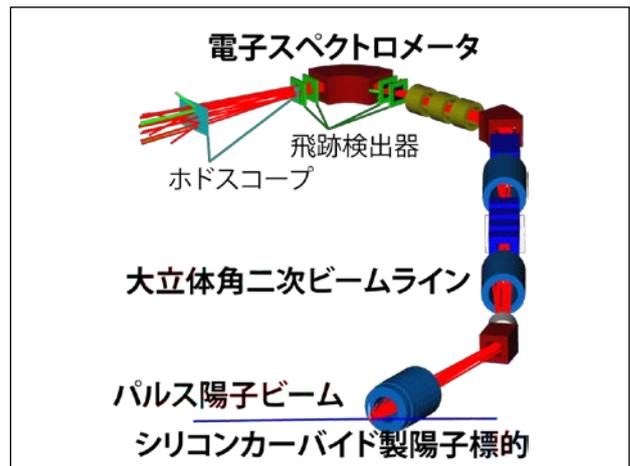
【研究の方法】

10^{-14} の感度でミュオン・電子転換過程を探索するために、茨城県東海村にある大強度陽子加速器 J-PARC で作り出す大強度高品質パルス陽子ビームを活用する。このパルス陽子ビームをシリコンカーバイド製陽子標的に当てることにより、陽子標的に大量 ($10^{10}/\text{sec}$) のミュオン原子を生成する。ミュオン・電子転換過程の結果放出される 105 MeV/c の電子は、大立体角二次ビームラインで輸送して、電子スペクトロメータで運動量を精密に測定する。パルス陽子ビームから遅れたタイミングで 105 MeV/c の電子を観測できれば、ミュオン・電子転換過程の証拠となる。

ミュオンを利用する従来の研究では、二次ビームラインでミュオンを実験室へ取出してから実験を行うのが普通であった。これに対して本研究では、陽子標的に静止したミュオンを直接利用して、陽子標的の原子核とミュオンが反応して発生する電子を二次ビームラインで取出すという斬新な手法を開発した。これにより、現存する施設を活用して、高感度の実験を低コスト・短期間で実現することが可能となった。

【期待される成果と意義】

これまでに行われた実験感度を 100 倍改善するので、米国で計画中の Mu2e 実験よりも先にミュオン・電子転換過程の信号を発見できる可能性がある。



実験装置

また、たとえ信号を発見できなかったとしても、スイス PSI 研究所で行われている $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊探索実験や、つくば KEK で計画されているタウレプトンの実験などと組み合わせることによって、超対称性など標準理論を超えた新しい物理を理解する大きな情報源となる。

本研究は J-PARC の特徴を最大限活かした提案であり、J-PARC から世界に発信する重要な学術研究として期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “ミュオン・電子転換過程探索実験” 青木正治, めそん 32, 26-33 (2010).
- “Search for right-handed currents in the decay chain of $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$, $\mu^+ \rightarrow e^+ \nu_e \bar{\nu}_\mu$ ”, M. Aoki, T. Yamazaki, J. Imazato *et al.*, Phys. Rev. D 50, 69-91 (1994).

【研究期間と研究経費】

平成 24 年度 - 28 年度
167,800 千円

【ホームページ等】

<http://deeme.hep.sci.osaka-u.ac.jp/>