OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	A study of proton emission following nuclear muon capture for the COMET experiment
Author(s)	Tran, Nam Hoai
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52295
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (Nam Hoai Tran)	
Title	A study of proton emission following nuclear muon capture for the COMET experiment (COMET実験のためのミューオン捕獲による陽子放出過程の研究)

Abstract of Thesis

COMET is an experiment that aims to search for a charged lepton flavour violation (CLFV) process, the muon-to-electron conversion in the presence of a nucleus, $\mu^-N \rightarrow e^-N$. The process is forbidden in the Standard Model (SM), however is predicted to occur in various extensions of SM. Current experimental upper limit of the branching ratio is $BR(\mu^- + Au \rightarrow e^- + Au) < 7\times10^{-13}$, set by the SINDRUM II experiment.

Using the J-PARC proton beam and the pion capture by a solenoidal field, COMET will have a single event sensitivity 10,000 times better than the current limit. The COMET collaboration has taken a phased approach in which the first phase, COMET Phase-I, starts in 2013 and initial data taking in around 2016.

In order to optimize detector design for the Phase-I, backgrounds from nuclear muon capture are crucial. We have proposed a dedicated experiment, namely AlCap, at PSI, Switzerland to study the backgrounds, including protons, neutrons and photons. The measurements of proton rate and spectrum on aluminium have been carried out in the 2013 run. The second run to study neutrons and photons is planned in 2015.

The preliminary results from the analysis of the 2013 run are presented in this thesis. The measured proton spectrum peaks at 3.7 MeV and decays exponentially with the decay constant of 2.6 MeV. The emission rate of protons in the energy range from 4 MeV to 8 MeV is $(1.7 \pm 0.1)\%$. The total proton emission rate is estimated to be $(3.5 \pm 0.2)\%$ assuming the spectrum shape holds. The resulted proton rate and spectrum were used to optimise the tracking detector hit rate of the COMET Phase-I.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	(Tran Hoai Nam)		
論文審査担当者		(職)	氏　名
	主 査	教授	久野良孝
	副 査	教授	岸本忠史
	副 査	教授	能町正治
	副 査	教授	中野貴志
	副 査	准教授	佐藤　透

論文審査の結果の要旨

本論文は、アルミニウム原子核において負電荷ミューオン原子核捕獲反応直後の陽子放出率を測定し決定した研究についての論文である。この陽子放出率は負電荷ミューオンが電子に転換する過程（ミューオン電子転換過程）を探索する実験（J-PARC での COMET 実験）において非常に重要であることが知られている。ここで、ミューオン電子転換過程は、荷電レプトンフレーバー保存則が破れている過程であり、素粒子の標準理論を超える新しい物理現象を探求する上で最も期待されている稀過程である。この COMET 実験（特に二段階実験のうち第１段階である COMET Phase-I 実験）では、ミューオン捕獲後に放出される陽子が測定のバックグラウンドになりうるが分かっている。しかし、これまで、陽子放出率（特に COMET 実験で重要となる低エネルギー領域）は実験的に測定されていないため、あらかじめ放出率を測定しておく必要がある。

この陽子放出率を測定するために、スイスの PSI 研究所において日本、米国、英国、中国からなる国際共同研究の AlCap 実験が提案された。その最初のデータ収集が２０１３年の１２月に行われた。本研究では、その AlCap のビーム試験で得られたデータの解析から、アルミニウムのミューオン原子核捕獲からの陽子放出率を世界で初めて決定した。また、AlCap 実験グループからの最初の学位論文である。この実験では、低エネルギーの陽子の飛程距離が非常に短いため、100 ミクロンの薄いアルミニウム標的と測定器を真空中に入れて使用しなければならない。このため、本論文では、陽子の総量決定と陽子同定のために２種類（薄いものと厚いもの）の Si 半導体検出器を使い、また、静止した負電荷ミューオン数を知るためにミューオン原子 X 線を Ge 半導体検出器で測定した。さらに標的での陽子のエネルギー損失を補正するために unfolding method を開発して解析をした。この実験は非常に難しい実験であるにも関わらず、実験および解析は最後まで遂行したことには賞賛に値する。実験結果としては、アルミニウムの陽子放出率は理論予想とほぼ一致していた。また、原子番号が１つ違うシリコンでの陽子放出率と比較して、放出率を原子核物理としての意義も議論している。この新しい測定値を使って、COMET 実験のデザインに対して重要な貢献をすることができた。これらの解析において、本論文の貢献と意義は非常に大きいと評価する。

よって，本論文は博士（理学）の学位論文として十分に価値あるものと認める。