

参考資料  
科学技術・学術審議会  
大強度陽子加速器施設評価作業部会  
(第3回)平成24年4月24日

# 素粒子実験についての 補足資料

# 高エネルギー物理学将来計画検討 小委員会答申 (2012.2.11)

高エネルギー物理学のコミュニティの代表者の集まりである高エネルギー委員会の下に設けられた委員会

本小委員会は日本の高エネルギー物理学の基幹となる大規模将来計画に関して、以下の提言をする。

- LHCにおいて1TeV程度以下にヒッグスなどの新粒子の存在が確認された場合、日本が主導して電子・陽電子リニアコライダの早期実現を目指す。特に新粒子が軽い場合、低い衝突エネルギーでの実験を早急を実現すべきである。一方でLHCおよびそのアップグレードによって間断なく新物理の探究を続けていく。新粒子・新現象のエネルギースケールがより高い場合には、必要とされる衝突エネルギーを実現するための加速器開発研究を重点強化する。
- 大きなニュートリノ混合角  $\theta_{13}$  が確認された場合、ニュートリノ振動を通じたCP対称性の研究に向けて、必要とされる加速器の増強と共に、国際協力で大型ニュートリノ測定器の実現を目指す。大型ニュートリノ測定器は、大統一理論の直接の証拠となる陽子崩壊探索に対しても十分な感度を持つようにすべきである。

# 高エネルギー物理学将来計画検討 小委員会答申 (2012.2.11)

## 4.2 ミューオン

ニュートリノ振動の発見により、荷電レプトンにおいてもフレーバー保存則は破れていると考えられる。標準模型にニュートリノ振動を考慮した単純なモデルでは荷電レプトンフレーバー非保存過程は $10^{-40} \sim 10^{-50}$ 程度に抑制されるが、新しい物理が存在する場合には観測可能な大きさになり得る。荷電レプトンフレーバー非保存過程の発見は明快な新物理の発見であり、その探索は強く推進すべきである。

前述のタウレプトン崩壊におけるフレーバー非保存過程が第3世代と第1,2世代の混合であるのに対し、 $\mu \rightarrow e$  および $\mu$ -e転換は第2世代と第1世代の混合であり、互いに相補的である。進行中のMEG実験では $\mu \rightarrow e$  の分岐比に対して $2.4 \times 10^{-12}$ の上限値が得られており、今後 $O(10^{-13})$ の感度での探索が続く。MEGはアップグレードして更に高精度で実験を継続する可能性が現在検討されている。一方、 $\mu$ -e転換事象はnon-photonic過程にも感度があるという意味において包括的である。 $\mu \rightarrow e$  と $\mu$ -e転換の分岐比は新物理のモデルに依存するが、典型的な超対称モデルの場合には両者の比は $O(10^2)$ である。したがって、 $10^{-16}$ の感度を目指してR&Dが進行中のJ-PARCのCOMET実験とFermilabのmu2e実験は、 $\mu$ -e転換過程発見への感度を十分持っていると考えられる。実現に向けてBeam extinctionなど達成すべき技術的課題があり、国際協力と競争の中でより強力な研究開発体制を構築することが必要である。COMETについては新しい陽子ビームラインとミュオン生成源の検討が現在進んでおり、実現すればJ-PARCでの素粒子物理研究のフラグシップ実験となり得るものである。

# 高エネルギー物理学将来計画検討 小委員会答申 (2012.2.11)

これら基幹となる大規模計画については、高エネルギー委員を核とする将来計画委員会  
が、今後LHC等によって得られる新たな知見に応じて素早く機動的に対応していくことを  
期待する。

現在建設中のSuperKEKBについては、測定器も含め、予定通り完成させて遂行するこ  
とが肝要である。また、現在計画中の中小規模計画の幾つかは、将来ニュートリノ物理の  
ように重要な研究分野に発展するポテンシャルを持っており、並行して推進することによ  
り多角的に新しい物理を探求していくことが必要である。J-PARCでのミューオン実験を  
始めとするフレーバー物理実験、暗黒物質やニュートリノを伴わない二重崩壊の探索実  
験、宇宙マイクロ波背景放射偏光のBモード揺らぎ観測や暗黒エネルギー観測は、これに  
該当する研究と考えられる。

# 高エネルギー物理学将来計画検討 小委員会答申 (2012.2.11)

ミューオンの異常磁気能率 ( $g-2$ ) は、BNL-E821実験による0.7ppm精度での測定結果が標準模型の予想から3.4  $\sigma$  ずれており、真空偏極に対するハドロンループの寄与の精度を向上させると共に、これをより高精度な実験で検証することが重要である。そのためBNL-E821のミューオン貯蔵リングをFermilabに移設して0.1ppmの精度で測定する実験が計画されている。一方J-PARCでは、超冷ミューオンビームを用いる新しい測定手法が提案されている。異なる系統誤差を持つ独立な測定を遂行する意義は高く、技術的実現可能性を確立するためのR&Dをより一層速やかに進めていくべきである。

# 高エネルギー物理学将来計画検討 小委員会答申 (2012.2.11)

## 4.4 中性子

超冷中性子 (UCN) を用いた中性子の電気双極子能率 (EDM) の測定は、実験感度が新物理の予言する領域に入り始める (現在の上限値:  $2.9 \times 10^{-26}$  ecm、超対称模型:  $10^{-27} \sim 10^{-28}$  ecm、標準模型:  $10^{-31}$  ecm) ところであり、今後の展開に期待が高まる。現在建設・計画中の主な実験は、加速器による核破砕中性子源を用いて  $10^{-27} \sim 10^{-28}$  ecm の感度を目指している。中でも PSI では今年から  $5 \times 10^{-27}$  ecm を目指す測定が開始される。また TRIUMF では KEK/RCNP で開発された極低温 UCN 源を用いた実験が建設中である。一方 J-PARC で計画中の実験は、LINAC ビームから数%を取り出し小型の専用ターゲットへ輸送して利用するものである。大強度のパルスビームを用いることで、高統計であると同時に系統誤差を抑制し、 $10^{-27} \sim 10^{-28}$  ecm を目指している。短時間で多くの中性子生成を行い、新しく考案された磁気収束装置で貯蔵容器まで導くなど、必要となる要素技術には革新的なアイデアが多い。国際的な競争力を持つために、原理実証から踏み出して実用に向けた研究開発を迅速に進めることが期待される。施設配置やビーム利用に関しては、JAEA および KEK との連携を密にとって進めるべきである。

# 高エネルギー物理学将来計画検討 小委員会答申 (2012.2.11)

## 4.3 Kaon 実験

Kaon実験は、CP対称性の破れを初めて観測するなど長らくフレーバー物理に多大な貢献を続けてきた。今後は新物理探索を目指した $K_L^0$  と $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$  の分岐比の測定が特に重要である。海外では $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$  をO(100)イベント観測して分岐比を測定するCERN NA62実験が準備されている。また、アメリカでも同様の実験が提案されている。一方、国内ではJ-PARCの大強度(100kW)を活かして $K_L^0$  を測定するKOTO実験が準備中であり、荷電モードと対をなして新物理探索の一翼を担うことが期待されている。まずはKEK-PSの実験で得られた現在の上限値( $2.6 \times 10^{-8}$ )を更新し、Grossman-Nir limit ( $1.5 \times 10^{-9}$ )を超えることで新物理の探索が可能な領域に入る。その後、2010年代後半にかけて標準模型の分岐比( $2.4 \times 10^{-11}$ )に到達する計画である。KOTO実験を超え、標準模型に対して10%程度の新物理からの寄与を探索するためには、J-PARCハドロン実験ホールの拡張を伴う新規ビームラインの建設と測定器の大幅な改造が必要である。実験ホールの拡張は原子核実験分野の将来計画とも連携して検討すべき課題である。

# PAC recommendations

## Recommendation 1:(Accelerator)

The PAC reiterates the importance of two main themes to maximize the productivity of the J-PARC research program:

- 1) The timely delivery of neutrino beam with the highest integrated intensity to the T2K experiment, with a goal for 2014 of greater than 300kW for protons on target.
- 2) Improving the intensity and instantaneous duty factor of slow extracted beam to the hadron hall experiments with a goal for 2014 of 50kW for protons on target.

Realizing these goals is critical to the scientific success of the J-PARC research program. Looking toward the future, research and development now on new magnet power supplies and RF systems necessary to realize the full intensity potential of J-PARC is strongly encouraged, so that appropriate funds to build these systems can be secured in a timely manner.

短期  
(2~3年内)

次期5年  
計画



# PAC recommendations

## **Recommendation 2:(Hadron hall)**

The PAC endorses the laboratory plan to pursue a joint project to build a new high momentum beam-line to the hadron hall and build the first stage (upstream elements) of the COMET beam-line as the highest priority project for the next 5 years.