

スーパーカミオカンデ (Super-Kamiokande)

1 計画タイトル

「スーパーカミオカンデ」によるニュートリノ研究の新展開

2 問い合わせ先

中畑 雅行、東京大学宇宙線研究所、nakahata@suketto.icrr.u-tokyo.ac.jp

3 マスタープラン提案時の提出元として想定される大学・機関・部局等

東京大学・宇宙線研究所

4 マスタープラン 2017 への採否状況

スーパーカミオカンデによるニュートリノ研究は、時限のない恒久プロジェクトとして採択され、1996 年から特別経費により恒久的運用が開始した。しかし、2013 年からは大規模学術フロンティア促進事業の枠組みに組み入れられ、2022 年度までという年限が付けられた。こうした経緯があるため、マスタープラン 2017 には提案する必要がない計画として位置付けられた。マスタープラン 2020 は、現在付けられている年限を超えた期間をカバーすることになるため、このたび提案することとした。

5 計画状況 (実施中・提案中)

実施中

6 計画実施時期

2023 年度以降もスーパーカミオカンデ (SK) によるニュートリノ研究を継続する。ただし、SK後の新規計画として提案しているハイパーカミオカンデ (HK) の建設が予算化されれば、HKの安定運転が確認されたのちに、SKは停止する。

7 総経費および予算プロフィール

運転経費・実験経費として、年間 7.1 億円。HKの安定運転の確認が 2026 年度となる場合、2023 年度からの運転期間は 4 年間となり、その期間の総経費は 28.4 億円。

8 計画の概要

スーパーカミオカンデ (SK) は 50,000 トンの水チェレンコフ検出器であり、水タンク内で発生したニュートリノ事象によるチェレンコフ光を約 11,000 本の口径 50cm 光電子増倍管によって捉える。これまでは純水を使用して観測をおこなってきたが、2019 年度からはガドリニウムを溶解し、中性子を同時計測する機能を付加する。これにより、低エネルギーの反電子ニュートリノ観測感度を格段に向上させることができ、宇宙が誕生してから現在までに起きてきた超新星爆発にともなうニュートリノ (超新星背景ニュートリノ) の世界初観測が期待できる。中性子同時計測により銀河系での超新星爆発に対してはその方向決定精度を向上させることができ、

スーパーカミオカンデ (Super-Kamiokande)

また、超近傍超新星に対してはその爆発を予知できる可能性がある。ニュートリノ事象と反ニュートリノ事象の識別を中性子の生成数の違いを利用して向上させることができるようになり、T2K実験においてはCP非保存の探索に寄与し、大気ニュートリノ観測においてはニュートリノ質量階層性の解析に寄与する。また、陽子崩壊と大気ニュートリノ事象の識別も向上させることができ、陽子崩壊の感度向上が期待できる。

9 目的、学術的意義、当該分野・社会等での位置づけ

超新星背景ニュートリノが観測されれば、宇宙開闢以来大質量星が形成されてきた歴史を探ることができる。また、本事業により銀河系内での超新星爆発の方向決定精度が向上すれば、光学・X線望遠鏡と連携することにより爆発当初からの変化を探ることができる。また、ベテルギウスなどの超近傍星に対しては爆発直前の燃焼過程からのニュートリノを捉え、超新星爆発を予知できる可能性がある。超新星爆発からの放射線により人工衛星等に影響が出る可能性も示唆されており、爆発予知は社会的重要性も持つ。詳細なニュートリノ振動研究は、新たな素粒子理論の構築に大きく寄与することが期待されている。本事業によりニュートリノと反ニュートリノの振動の違いが分かれば、宇宙にはなぜ「物質」があって「反物質」がないのか、という物質優勢を理解することができるようになる。

10 実施内容(実施機関・体制、国際協力等を含む)

スーパーカミオカンデ実験は、東京大学宇宙線研究所をホスト機関として、国内から17の大学・研究機関、国外からは9カ国(アメリカ、ポーランド、韓国、中国、スペイン、カナダ、イギリス、イタリア、フランス)から27の大学・研究機関が参加する、国際共同実験である。2018年6月時点で総勢175名の研究者が実験に参加している。

11 現在までの準備・実施状況

スーパーカミオカンデ(SK)は1996年に実験を開始し、大気・太陽ニュートリノの観測によるニュートリノ振動の発見、T2K実験によるミューニュートリノビームから電子ニュートリノの出現の発見、といったように数多くの成果を上げてきた。ガドリニウム(Gd)をSKに溶解する準備として、SKを模擬した200トンの試験用検出器を作り、Gdを溶解した水の透明度を維持する技術を開発してきた。また、2018年にはタンクの水漏れを直し、また地震等の災害が発生してもタンクの水漏れが生じないようにタンクの改修工事を行っている。