

論文審査の結果の要旨

氏名 アーヴィントリスタンジェームズ

本論文は10章からなる。第1章は、イントロダクションで、本論文の構成について述べられ、また数百人規模の大実験の中で、論文提出者が果たした役割について述べられている。中性子事象を同定するデータ解析およびシミュレーションを開発し、データ解析に適用したこと、またニュートリノ事象と反ニュートリノ事象の分離能力を向上した事が記されている。

第2章では、ニュートリノ物理学のこれまでの進展と現在の課題、その中における本論文の位置づけが記述されている。現在では、三世代を仮定したニュートリノ振動解析が主流になっていて、各パラメータの決定、とりわけCP非保存を表すパラメータの決定、質量階層問題が重要な課題として位置づけられている。真空中の振動と違って、物質中では電子密度に起因してフレーバー間で有効エネルギーレベルが変わる。したがって、物質中での振動を用いる事で、質量階層問題に解答を与える可能性が詳述されている。

第3章は、本論文で使用した検出器スーパーカミオカンデ (SK) について記述されている。SKは巨大な水チェレンコフ検出器であり、その光電子増倍管、水の浄化システム、読み出し回路とデータ収集システム、さらに取得されたデータセットについて報告されている。第4章では、データの較正について記述されている。光電子増倍管のゲインや、量子効率、さらに時間の較正について、水チェレンコフ検出器の中での光の伝播について、光電子増倍管表面での反射などについて詳しい考察が行われている。また、エネルギー較正についても複数の手法を交えて綿密に行った事が記述されている。

第5章は、大気ニュートリノのモンテカルロ法によるシミュレーションについて詳述されている。大気ニュートリノのフラックスの理解、ニュートリノの相

相互作用の記述に続き、検出器の応答について詳述されている。

第6章は、取得された実データおよびシミュレーションで作られた疑似データに対して、事象の再構成がどのように行われたか、ステップごとに詳述している。反応点、チェレンコフリングの決定、電子とミューオンの粒子識別について、また運動量の決定と、中性パイ中間子の扱いについて述べられた後、本論文の中心課題である中性子事象の同定について、二つの手法を詳述している。

第7章では、4581.5日にわたるデータをどのようにカテゴリー分けし、必要な事象トポロジーを抽出したか、詳述されている。事象構造が検出器内に全て収まっている事象、部分的に収まっている事象などについて、データを絞り込んでいく過程が詳述されている。第8章では、中性子事象同定の実際について詳細に記述されている。とくに、その同定効率をはかるには最終的にシミュレーションを用いる為、実験データの再現性を、様々な角度から検証している。中性子事象同定のアルゴリズムは、多次元観測量をもとにしたニューラルネットワークである。最適化の結果、中性子事象の同定効率として20.5%を事象あたりの背景事象レベルが0.018という低レベルで実現出来た事を示した。

第9章は、ニュートリノ振動の解析について記述されている。 χ^2 法を用いているので、その計算方法、事象の分離、系統誤差について、説明されている。その後、質量階層への感度が議論されている。世代ごとに重くなる順階層、第3世代、第1世代、第2世代の順に重くなる逆階層のそれぞれに基づくフィットが行われ、順階層がわずかに favor された結果となっている。第10章に結論がまとめられている。

本論文は、スーパーカミオカンデ検出器を支える数百人のコラボレーションによるものであるが、第1章に記述されているように、中心テーマである中性子事象同定に基づく解析は論文提出者が主導した研究であり、その寄与は十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与出来ると認める。