

論文審査の結果の要旨

氏名 三塚 岳

本論文は11章からなる。第1章はイントロダクションであり、本論文の目指す新しい物理の探索の意義、そのための手法の概論を述べている。第2章では本研究に用いたスーパーカミオカンデ検出器について詳述し、第3章ではシミュレーションについて、第4章はデータ解析におけるデータ品質の検証と校正について述べられている。第5章、6章、7章において、解析の流れに沿ってそれぞれデータの除去および事象再構成法、解析に使用したデータセット、そして解析に用いたフィッティングの手法およびそこで重要となる系統誤差について述べられている。第8章および第9章は本論文の主題である2つのモデルにおけるデータ解析を述べ、第10章と第11章において、得られた解析結果に関する議論および結論をまとめている。

本論文は現在の素粒子物理におけるひとつの大きな課題であるニュートリノ振動現象の解明に対し、これまでの標準的な物理解釈に加え、これを超える新しい物理が更に追加的に関与している可能性に関してスーパーカミオカンデデータを用いて探求したはじめての研究である。スーパーカミオカンデをはじめとするニュートリノ振動データはニュートリノのフレーバー混合により現象がよく説明できる。本論文では、この標準的な物理解釈による振動とともに、ニュートリノが地球を通過する際に地球内部を構成する物質と標準模型を超える新しい物理により反応し、この微小な効果がデータに現れる可能性を探究しているところにその最大の特徴がある。本論文では地球を構成するクォークとニュートリノの間を新しい相互作用が媒介しその際にニュートリノのフレーバーを変化させる、あるいはフレーバーにより反応率が異なる場合を考え、重い粒子が媒介する場合のように、使用したデータ領域ではエネルギー依存性がないことを仮定した。この追加的な効果を捕らえるために、新しい物理モデルによる効果がどうデータに現れるかの理論的研究、高い精度での大気ニュートリノ流速の検討、測定器反応の校正等を行っている。さらに、詳細な系統誤差の分析を行い、これらの結果を基に2つの具体的なモデルに対し、スーパーカミオカンデで収集されたデータをLikelihoodフィットにより解析した。解析結果からは想定した新しい物理による有意な信号は得られなかったが、この結果からこの新しい非標準的物理解釈モデルに関してその相互作用の強さに制限を付けることに成功した。この結果は、これまで同様の物理モデルに関して探索を行ってきた加速器によるニュートリノ散乱実験 (NuTeV および CHARM 実験) による制限領域をさらに狭めている。通常のニュートリノ振動による効果の裏に隠れたわずかな非標準的な新物理の効果を探索するこれまでにない新しい研究であり、さらにその研究から従来の制限を更に強めることができたことは、新しい物理研究の道を拓いたという点および得られた研究結果の両面において大いに意義があると認める。

なお、本論文の研究に用いた検出器・データ自体はスーパーカミオカンデの共同研究によるものであるが本研究に重要な部分における測定器データの校正、新しい物理モデルを取り入れたデータ解析と分析自体を全て論文提出者が行ったものであり、論文提出者の寄与は十分であると判断する。

したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。