

# 論文審査の結果の要旨

氏名 亀田 純

本論文は10章からなり、第1章はニュートリノ振動現象およびそれを予言するいくつかの理論について概説している。

第2章では、宇宙線と大気との反応から作られる大気ニュートリノをどのように観測するかについて原理的な説明をしている。

第3章では、本研究に使用された実験装置であるスーパーカミオカンデ検出器について、構造と性能、データ収集システム等について詳しく述べられている。

第4章では、スーパーカミオカンデ検出器の相対ゲイン、時間、絶対エネルギーの較正方法について述べられている。

第5章では、大気ニュートリノ反応事象の選別方法について、検出器内に事象が完全に含まれる場合、部分的に含まれる場合、上向きミューオン事象のそれぞれに分けて説明している。

第6章では、検出器内に事象が完全に含まれる場合と部分的に含まれる場合について、得られた事象の反応点、運動量、粒子の種類のリ構成方法について述べられている。

第7章では、ニュートリノが検出器内の物質と起こす反応についての説明と、検出器のシミュレーションについて詳しく述べられている。

第8章では、最終的に得られた大気ニュートリノの観測データに基づいた各種分布がまとめて示されている。検出器内に事象が完全に含まれる場合と部分的に含まれる場合については、各エネルギー領域での電子型ニュートリノ事象とミューオン型ニュートリノ事象のそれぞれに対する天頂角分布や上下比、ミューオン型ニュートリノ事象と電子型ニュートリノ事象の比などが示された。また上向きミューオン事象についても天頂角分布が示された。これらの観測結果から、ミューオン型ニュートリノが予言値よりも有意に少ない事が示唆された。

第9章では、大気ニュートリノの観測結果を用いた、ニュートリノ振動やニュートリノ崩壊の詳細な解析とその結果について述べられている。前章で示されたミューオン型ニュートリノの欠損は、ニュートリノの有限質量を起源にもつニュートリノ振動によって良く説明される事が既に報告されているが、本論文ではそれに加え以下の可能性について詳しく研究された。

- (1) ニュートリノの有限質量以外の起源によるニュートリノ振動の可能性。これらの理論ではニュートリノの生存確率のエネルギー依存性が有限質量起因の場合と異なるが、解析の結果は有限質量起因とよい一致を示した。
- (2) ニュートリノのフレーバーを変えるような中性カレント反応によるニュートリノ振動の可能性。この場合、ニュートリノの生存確率は通過した物質の量によるのみ決まり、ニュートリノのエネルギーには依存しない。解析の結果、中性カレント反応が大気ニュートリノの欠損の原因である確率は0.1%以下であることが示された。

- (3) ニュートリノ崩壊の可能性。ニュートリノの質量固有状態が物質と反応をしない状態への崩壊チャンネルを持ち、かつニュートリノ崩壊は有限質量によるニュートリノ振動と共存する一般的な場合について研究した。ニュートリノ振動の効果が平均化されている場合とニュートリノ振動の効果が無視出来る場合に関しては、ニュートリノ崩壊が原因である可能性は低いことが示された。

第10章では、以上の結果がまとめられ、大気ニュートリノの観測結果はニュートリノの有限質量の強い証拠であるとの結論が述べられている。これまで大気ニュートリノ中のミューオン型ニュートリノの欠損についてはほぼ確立されていたが、本論文では初めてニュートリノの有限質量起原以外の可能性を系統的に研究し、ニュートリノに有限質量があることをより強く示した意義は大きい。

なお、本論文はスーパーカミオカンデ実験のデータを用いており、検出器製作からデータ収集までは多くの共同研究者達と共同で行ったものであるが、論文提出者はスーパーカミオカンデの外部検出器の不感領域を補うためのVeto Counterの設計と製作やニュートリノ反応のモンテカルロシミュレーションの開発など重要な貢献をした。また、100 MeVから 1000 GeV以上までの広いエネルギー領域の大気ニュートリノの研究を可能にした、検出器内のニュートリノ反応事象に加えて上向きミューオン事象を併せて用いた解析は、論文提出者が主体となって行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。