

論文審査の結果の要旨

氏名 山田秀衛

本論文は、スーパーカミオカンデによって発見されたニュートリノ振動という素粒子物理の常識を超える現象を、加速器を用いて直接的に検証しようとする、世界的に注目を集める第一線の研究成果である。

本論文は8章からなり、第1章および第2章では、研究の背景となる大気ニュートリノの振動現象とK2K実験の概観をまとめている。第3章においては、本研究のために高エネルギー加速器研究機構の12GeV陽子シンクロトロンに設置されたニュートリノのビームラインおよび各種ビームモニター、それから近接ニュートリノ検出器、特に振動前のニュートリノ数を決める1kt水チェレンコフ検出器について、詳しく記述している。第4章では、遠方ニュートリノ検出器であるスーパーカミオカンデについてその詳細と、時間やエネルギーの較正方法が述べられている。これらの実験装置の建設には論文提出者が大きく関わったわけではないが、本研究に必要な実験装置や検出器に対する深い理解が、簡潔な記述の中にもよく示されている。ニュートリノ事象の再構成についても、論文提出者自身による工夫・改良が見られないのは残念であるが、Appendix Cによく咀嚼されて説明されている。

第5章は、論文提出者自身が行ったGPSによる時刻の同期が書かれている。遠方検出器の時刻を加速器と同期することにより、遠方検出器で捕えた事象が、陽子シンクロトロンで作られたニュートリノによるものであることを間違いないものとした。

第6章と第7章はこの論文の核をなすところである。ここではまず、遠方および近接検出器におけるニュートリノ事象の選択を行い、近接検出器での事象数から振動現象がない場合の遠方検出器での事象数を予想した。本研究では系統誤差が支配的であるため、正しく系統誤差を見積もることが極めて重要である。様々な誤差の原因を一つずつ検討して、あまり保守的な概算に陥ることもなく、系統誤差が求められた。誤差の中でも重要なニュートリノの断面積の不定性については、Appendix Bに詳しく書かれている。最終的に、ニュートリノ事象が遠方検出器で予想よりかなり少ないという結果を導いている。この場合、たとえば測定感度の見積もりが間違っている可能性を完全に否定できなくては行けないが、ここでは論文提出者の丁寧な解析によりそれが成功している。

続けて、測定されたニュートリノのスペクトラムを予想された分布と比較している。定量的な比較を行うためには、測定器のエネルギー較正の系統誤差に加え、スペクトラムの予想に影響を与えるビームラインや様々なモニターに対する完全な理解が要求される。ニュートリノビームのスペクトラムの計算はAppendix Aで詳しく説明されており、論文提出者も深く関わったところである。複雑な統計的手法を用いてなおかつ説得力のある解析が行われている。ニュートリノ振動を仮定すると、得られたスペクトラムは見事に大気ニュートリノの結果と一致していることが示される。これらの結果は第8章で簡潔にまとめられている。

なお、この成果はK2Kコラボレーションの共同研究によるものであり、実験のデザイン、実験装置の建設・運転、検出器の較正・解析などに数多くの共同研究者が貢献している。しかしながらこの論文に書かれた物理解析は、論文提出者がGPSによる時刻の同期など測定に本質的に関わる部分に大きく貢献し、ほぼ独力によって解析および検証を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。