

論文審査の結果の要旨

氏名 櫻井 信之

Constraints of the neutrino oscillation parameters from 1117 day observation of solar neutrino day and night spectra in Super-Kamiokande

スーパーカミオカンデによる1117日の太陽ニュートリノ昼・夜
スペクトルの観測から得られたニュートリノ振動パラメータの決定

櫻井信之君は、岐阜県神岡町神岡鉱山の地下 1000 m に建設された 50,000 t の水チェレンコフ型検出器スーパーカミオカンデを使い、太陽ニュートリノ観測を行い、電子型ニュートリノの振動パラメーターに制限を与えた。

スーパーカミオカンデでは入射ニュートリノと検出器内の電子との弾性散乱による反跳電子を観測することによって太陽ニュートリノ測定を行う。1117 日分のデータから得られた ${}^8\text{B}$ ニュートリノのフラックスと Bahcall, Pinsonneault による標準太陽模型で予想される値の比として $0.465 \pm 0.005(\text{stat.}) +0.015 -0.013(\text{syst.})$ を得ている。

ニュートリノ振動が起こる確率は 2 つのパラメータで表現される。一つは、振動する二種類のニュートリノの質量差の二乗 Δm^2 、もう一つはニュートリノフレーバーの固有状態とニュートリノ質量の固有状態との間の混合度を表す量 $\sin^2(2\theta)$ である。ここで、ニュートリノ振動の発生機構について二つの可能性が考えられている。一つは、真空中でのニュートリノフレーバーの変化である。もう一つは電子型ニュートリノと他の型のニュートリノが感じるポテンシャルが物質中で異なるために、更に振動が促進されるという MSW 効果をいれたニュートリノ振動である。

櫻井君はスーパーカミオカンデで得られた結果から、ニュートリノ振動パラメーター空間に強い制限を加えた。ニュートリノの振動解としては、LMA(Large Mixing Angle Solution), SMA(Small Mixing Angle Solution), Low(Low Mass Solution), Vacuum (Vacuum Oscillation Solution) の 4 つが、今まで知られていたが、本論分では、昼夜のスペクトルから Vacuum 解 と SMA 解をほぼ完全に否定することができ、LMA 解、Low 解のみが許されることを結論した。

本論文は、

1. Introduction
2. The Standard Solar Model and Solar neutrino observations
3. Super Kamiokande
4. Event Reconstruction
5. Calibration
6. Data reduction
7. Results on day and night spectra
8. Discussions
9. Conclusions

の以上9つの章から構成されている。

まず、一章、二章では従来の観測結果と標準太陽モデルについてまとめ、太陽ニュートリノ問題を詳細にわたり議論し、唯一ニュートリノ振動によりこの矛盾が説明されることを適切に解説している。

三章ではスーパーカミオカンデ実験装置についての解説を行っている。

四章では、スーパーカミオカンデ装置での事象の解析方法について詳細を説明している。

五章では、特にニュートリノのエネルギー較正、そして検出効率について、時間的な変化、検出器内での位置依存性などについて、線形電子加速器等により詳細に調べたことを述べている。もっとも、この部分が彼がスーパーカミオカンデ実験で担当した部分であり、かなり詳しく述べられている。

六章では太陽ニュートリノをデータの中から選び出す手順をモンテカルロシミュレーション、そして実験データを駆使しながら、順序良く説明している。

七章では選び出されたデータから太陽ニュートリノのフラックスが明らかにそれが標準太陽モデルから外れていることを示した。また昼・夜のエネルギースペクトルを驚くべき精度で導出した。また、これらの解析に付随するシステムティックエラーについて考察をおこなっている。

八章、九章ではこれらの結果について議論・解釈を行い、ニュートリノ振動パラメーター空間に強い制限を加えた。ニュートリノの振動解としては、LMA(Large Mixing Angle Solution), SMA(Small Mixing Angle Solution), Low(Low Mass Solution), Vacuum (Vacuum Oscillation Solution) の4つが、今まで知られている。本論文では、昼夜のスペクトルから Vacuum 解 と SMA 解をほぼ完全に否定することができ、LMA解、Low 解のみが許されることを結論した。

彼はこの研究の中で、物理学上非常に重要な結論を導き出している。スーパーカミオカンデ実験の中で、彼の最も重要な貢献は、シミュレーションのチューニング及び、電子線形加速器からの電子ビームを使ったスーパーカミオカンデのキャリブレーションであり、これはこの重要な結論をより強固なものに位置付けている。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。