

論文審査の結果の要旨

氏名 横 澤 孝 章

本論文は11章からなる。第1章は序論であり、本研究の背景および動機について述べている。第2章では標準太陽モデル、ニュートリノ振動、MSW (Mikheyev-Smirnov-Wolfenstein) 効果と太陽ニュートリノ実験の最近の結果について述べている。第3章ではスーパーカミオカンデ (Super-Kamiokande: SK) 実験装置について述べている。第4章では太陽ニュートリノイベント再構成について、第5章では実験装置の較正について述べている。第6章ではデータ解析について、第7章では系統的誤差について述べている。第8章ではSK-IVの太陽ニュートリノ解析について述べている。第9章では、SK-I、II、III、とIVを統合した解析結果を述べている。第10章では議論を行い、最後に第11章で結論を述べている。

SK 検出器は、岐阜県飛騨市神岡町の地下1,000mに設置された巨大水チェレンコフ検出器である。本論文では

SK-IV の実効観測時間 1069.3 日のデータを用いて解析を行っている。SK 検出器では ${}^8\text{B}$ 太陽ニュートリノ ($<14.06\text{MeV}$) を観測しており、本論文では、太陽ニュートリノスペクトルの歪み、昼夜の太陽ニュートリノフラックスの相違から、太陽ニュートリノ振動の物質効果 (MSW 効果) の直接観測を目指した。

水循環システムの改良により、検出器中心部における低バックグラウンド化を実現し、これまで解析が困難であった電子の運動エネルギーで 4.0 MeV 未満のエネルギー領域での解析が可能となった。また検出器較正で得られた精密な水質の位置依存性を、検出器シミュレーションに導入して、解析における系統誤差、特にエネルギースケールの方向依存性による系統誤差を大幅に削減した。

SK-IV フェーズにおける ${}^8\text{B}$ 太陽ニュートリノフラックスの全系統誤差をこれまでのフェーズ (SK-I= $+3.5/-3.2\%$ 、SK-III= $\pm 2.2\%$) より小さい、 $\pm 1.7\%$ と見積もった。これにより最も精密な ${}^8\text{B}$ 太陽ニュートリノフラックス $2.34 \pm 0.03(\text{stat.}) \pm 0.04(\text{syst.}) [10^6/\text{cm}^2/\text{s}]$ を測定した。

振動パラメータに関して、すべての SK フェーズと他の

太陽ニュートリノ観測実験の結果を用いて、

$$\sin^2(\theta_{12})=0.310^{+0.014}_{-0.015}, \quad \Delta m_{21}^2=4.86^{+1.44}_{-0.52}$$

という結果を得た。また、太陽ニュートリノ観測実験と KamLAND 原子炉ニュートリノ結果を用いて、

$$\sin^2(\theta_{12})=0.304 \pm 0.013, \quad \Delta m_{21}^2=7.44^{+0.20}_{-0.19}$$

という結果を得た。

SK-I, II, III, IV で観測された太陽ニュートリノスペクトルに関して、上記で得られた振動パラメータにおける MSW 効果で期待されるスペクトルよりもスペクトルの歪みが観測されないと仮定した場合に期待されるスペクトルの合い具合の方が $1.1-1.9\sigma$ で優位であった。

昼夜の太陽ニュートリノフラックの相違を測定するため、day/night amplitude fit と呼ばれる手法を導入し、SK-I, II, III, IV のデータを用いて、

$$A_{DN} = \frac{day - night}{0.5(day + night)} = -2.8 \pm 1.1(stat.) \pm 0.5(syst.)[\%]$$

という結果を得、 2.3σ の優位性で昼夜の太陽ニュートリノフラックスの相違を観測した。

太陽ニュートリノスペクトルの歪みおよび昼夜の太陽

ニュートリノフラックスの相違の測定は、データ収集系の改善やバックグラウンドの低減などさらなる改良の余地があり、今後の観測あるいは将来の実験によって統計的かつ系統的に精度の高い測定へとつながるものであると期待される。

なお、本論文は SK 実験グループの共同実験であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、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。