

# 論文の内容の要旨

論文題目 Precision solar neutrino measurements with Super-Kamiokande-IV  
(スーパーカミオカンデ-IV を用いた精密太陽ニュートリノ測定)

氏名 横澤 孝章

Super-Kamiokande 検出器(以下 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。2008 年 9 月にフロントエンドエレクトロニクスとオンラインシステムを一新し SK-IV フェーズとしての観測を開始した。本論文では SK-IV 実効観測時間 1069.3 日のデータを用いて解析を行った。

太陽ニュートリノは太陽内部の核反応によって生成され、SK 検出器では pp チェーンより生成される比較的高エネルギーの  ${}^8\text{B}$  太陽ニュートリノ ( $<14.06\text{MeV}$ ) を観測している。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の観点から、太陽ニュートリノ振動の物質効果(Mikheyev-Smirnov-Wolfenstein 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低エネルギー領域 ( $<4.0\text{MeV}$  (kinetic electron energy)) での解析が可能となった。また検出器較正によって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することにより、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することに成功した。

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  $\pm 1.7\%$  と見積もった。この値は、これまでのフェーズ (SK-I =  $+3.5/-3.2\%$ 、SK-III =  $\pm 2.2\%$ ) に比べてもっともよく、最も精密な  ${}^8\text{B}$  太陽ニュートリノフラックス  $2.34 \pm 0.03$  (統計誤差)  $\pm 0.04$  (系統誤差) [ $10^6/\text{cm}^2/\text{s}$ ] を導出することができた。

すべての SK フェーズで得られた結果と他の太陽ニュートリノ観測実験の結果を用いて

ニュートリノ振動解析を行い、 $\sin^2(\theta_{12})=0.310+0.014/-0.015$ 、 $\Delta m^2_{21}=4.86+1.44/-0.52$  という振動パラメータを得た(太陽 $\nu$ 振動解析結果)。また、太陽ニュートリノ観測実験の結果、KamLAND 原子炉ニュートリノ結果を含めた振動解析により、 $\sin^2(\theta_{12})=0.304\pm 0.013$ 、 $\Delta m^2_{21}=7.44+0.20/-0.19$  という振動パラメータを得た(太陽 $\nu$ +原子炉 $\nu$ 振動解析結果)。

すべてのSKフェーズにおける観測された太陽ニュートリノスペクトルを用いて、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の歪みと、歪みが観測されなかったと仮定した場合に期待されるスペクトルでフィット解析を行い、カイ二乗の値を計算した。結果、それぞれの期待されるスペクトルに対して79.02(太陽 $\nu$ 振動解析結果で期待されるスペクトル)、76.54(太陽 $\nu$ +原子炉 $\nu$ 振動解析結果で期待されるスペクトル)、75.29(歪みが観測されなかったと仮定した場合に期待されるスペクトル)という値が得られ、スペクトルの歪みが観測されなかった場合に期待されるスペクトルのほうがMSW効果で期待されるスペクトルの歪みより1.1-1.9シグマで優位であるという結果が得られた。

昼夜の太陽ニュートリノフラックスの相違を見積もるにあたり、day/night amplitude fitと呼ばれる手法を導入し、さらに上記したエネルギースケールの系統誤差を削減したことにより、すべてのSKフェーズにおけるデータを用いて、 $A_{DN}=(\text{day}-\text{night})/0.5(\text{day}+\text{night})=-2.8\pm 1.1(\text{統計誤差})\pm 0.5(\text{系統誤差})[\%]$ と得ることができ、2.3シグマ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することができた。