

Title	Observation of 8B Solar Neutrinos from 300-day data at Super-Kamiokande
Author(s)	山口, 敬之
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40842
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 口 敬 之
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 1 3 6 3 2 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Observation of ^8B Solar Neutrinos from 300-day data at Super-Kamiokande (スーパーカミオカンデ300日データにおける ^8B 太陽ニュートリノの観測)
論文審査委員	(主査) 教授 長島 順清 (副査) 教授 鈴木洋一郎 教授 岸本 忠史 教授 南園 忠則 助教授 山中 卓

論 文 内 容 の 要 旨

現在、素粒子物理で注目されている問題に太陽ニュートリノ問題というものがある。太陽はそのエネルギーを核融合反応で得ていると考えられている。太陽内で起っていると考えられる核融合反応の幾つかの反応モードでは電子ニュートリノが発生する。太陽内で起る反応頻度や太陽内に存在する元素の比率等は、太陽の光学的測定や、加速器等での原子核反応の反応断面積の測定結果から予想されている (SSM)。

1968年にアメリカの Homestake において、最初の太陽ニュートリノの測定が行なわれた。此の実験では、多量の塩素を用い $^{37}\text{Cl} + \nu_e \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e^-$ 反応からの Ar の数を数えることで、太陽からのニュートリノ数を数えるものである。その結果、太陽ニュートリノの測定値は SSM の約 $1/4$ という結果が得られ、太陽ニュートリノの数が予想値に比べ減っているという結果が得られた。その後、1985年には Kamiokande という、水中の電子とニュートリノの弾性散乱を利用した実験 (水チェレンコフ型実験) が行なわれた。此のタイプの実験ではリアルタイムに測定が行なわれ、また反跳電子の方向から、元のニュートリノの方向エネルギーの測定が可能である。Kamiokande の結果は SSM の予想と比較して 0.423 ± 0.029 (統計) ± 0.050 (系統) であり、太陽ニュートリノの減少が再確認された。また、SAGE、GALLEX という、 $^{71}\text{Ga} + \nu_e \rightarrow ^{71}\text{Ge} + e^-$ 反応を利用した実験が1990年から行なわれた。此の実験は他の実験に比べ、低いエネルギーのニュートリノの観測が可能である。これらの実験結果は共に理論の約半分だった。

これらの結果を説明する方法として、現在もっとも有力な解としてニュートリノ振動が考えられており、物質内における電子ニュートリノと他のニュートリノの振動は特に MSW 効果と言われる。ニュートリノ振動はそのエネルギーと通過する物質の電子密度に影響を受けるため、測定されるエネルギーや測定時刻による地球内を通過する経路の違いによる物質の電子密度の差異によって異なった測定結果を得ることができ、これによって太陽模型の予測に因らずにニュートリノ振動の検証が可能になる。

今回、太陽ニュートリノを観測するために用いたのはスーパーカミオカンデ検出器という大容量水チェレンコフ型検出器である。これは先にのべた Kamiokande の後継実験であり、岐阜県の地下1000m に位置し、直径40m、高さ40m の巨大なタンクに純水 50000t を蓄え、更に、そのタンクの内面に約11200本の光電子増倍管を取り付けた検出器である。此の検出器の測定の有効体積は Kamiokande の約30倍である。

解析では実験時間約300日の間に得られたデータを用い、その結果、太陽ニュートリノのフラックスは 2.44 ± 0.06 (統計) ± 0.08 (系統) $[\times 10^6 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1}]$ という値が得られた。これは予想値の0.368倍であり、スーパーカミオカン

デにおいても、太陽ニュートリノの減少が確認された。さらに、観測された、事象のエネルギー分布や測定時刻分布を用いてニュートリノ振動の検証を行なった。その結果、過去の実験で許されるニュートリノ振動のパラメータ領域を新たに除くことができた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、太陽ニュートリノ観測データを使い、エネルギースペクトル、昼夜変化の解析を行って、ニュートリノ振動における新しい知見を得ようとする試みである。

データは、東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設のスーパーカミオカンデ検出器を用い、1996年5月31日より1997年6月23日までの306.3日間に亘り取得したものをを用いた。

観測した太陽ニュートリノのエネルギー6.5 ~ 20 MeV の全フラックスは、

$$2.44 \pm 0.06(\text{stat}) + 0.25 (-0.09)(\text{sys}) \times 10^6 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$$

であり、標準太陽モデル (SSM) 計算予想値に対する比は

$$\frac{\text{観測データ}}{\text{SSM}} = 0.368 + 0.010(-0.009)(\text{stat}) + 0.037(-0.013)(\text{sys})$$

であった。これにより従来の太陽ニュートリノ問題を再確認した。

エネルギースペクトルはSSM予想値と整合し、昼夜間のフラックスに差は見られなかった。これらのデータを基にニュートリノ物質振動にたいする制限を求めたところ、混合角、及びニュートリノの自乗質量差の2次元平面において新しい領域の除外に成功した。

これによりニュートリノの質量問題に新しい知見を与え、太陽によるニュートリノ振動の有無及びある場合の質量値確定に向けて大きな発展をもたらした。

よって博士 (理学) の学位論文として十分価値があると認める。