



Title	Neutrino Oscillation Analysis of Upward Throughgoing and Stopping Muons in Super-Kamiokande
Author(s)	新田, 和範
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/44039">http://hdl.handle.net/11094/44039</a>
DOI	
rights	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏名	新田和範
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 17513 号
学位授与年月日	平成 15 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	Neutrino Oscillation Analysis of Upward Through-going and Stopping Muons in Super-Kamiokande (スーパーカミオカンデにおける上向き突き抜けミュオン粒子およびストップミュオン粒子事象を用いたニュートリノ振動解析)
論文審査委員	(主査) 教授 久野 良孝  (副査) 教授 下田 正 教授 高杉 英一 教授 岸本 忠史 教授 山中 卓

## 論文内容の要旨

The Super-Kamiokande detector is a cylindrical 50-kiloton ring imaging water Cherenkov detector, and provided this analysis with data for 1645 live days between Apr. 1996 and Jul. 2001.

Upward-going muons induced by atmospheric muon neutrinos are produced by the interaction with the rock surrounding the detector. These neutrino-induced muons propagate to the detector in the rock and come into the detector. Neutrino-induced muons can be observed as the upward-going directional event, so that they are called as upward-going muons. Upward-going muons are classified into two types: through-going muons and stopping muons. An event penetrating the detector is called as a through-going muon, and an event stopping inside the detector is called as a stopping muon.

A total of 463 upward stopping muons and 1846 upward through-going muons of minimum energy of 1.6 GeV are observed. The observed upward through-going muon flux and the upward stopping muon flux are  $1.71 \pm 0.04(\text{stat.}) \pm 0.02(\text{syst.}) \times 10^{-13} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$  and  $0.42 \pm 0.02(\text{stat.}) \pm 0.02(\text{syst.}) \times 10^{-13} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$ , respectively. The ratio of upward stopping muon flux to through-going muon flux is  $0.245 \pm 0.014(\text{stat.}) \pm 0.013(\text{syst.})$ . The double ratio of the observed ratio to the expected ratio is 0.659 and the difference comes to  $2.61 \sigma$ .

The  $\nu_{\mu} - \nu_{\tau}$  oscillation hypothesis is a particle except for  $\mu$  with the parameters of  $\sin^2 2\theta > 0.75$  and  $1.3 \times 10^{-3} \text{ eV}^2 < \Delta m^2 < 4.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$  at 90% confidence level is consistent with the zenith angle distribution for the combination of upward stopping muons and through-going muons. The null oscillation is strongly disfavored.

## 論文審査の結果の要旨

新田和範君は、スーパー・カミオカンデ測定器で観測された上向きミュオン事象を使って、ニュートリノの振動

現象を研究した。スーパー・カミオカンデ測定器は、50 キロトンの水の入った円筒型容器からなり、チェレンコフ光を使って粒子を検出する。上向きミューオン事象とは、一次宇宙線が大気と衝突したときに生じる大気ニュートリノが、地球の反対から飛んできて、測定器の近くの岩盤で相互作用して生じたミューオンのことである。上向きミューオン事象には、測定器内で止まったミューオン事象と突き抜けるミューオン事象がある。前者のニュートリノのエネルギーは、10GeV程度で、後者のエネルギーは100 GeV程度で、2つの異なるエネルギー領域で振動現象を研究することができた。

1645 日分のスーパー・カミオカンデのデータから、463 個の上向き静止ミューオン事象、1846 個の上向き突き抜けミューオン事象を測定した。観測されたニュートリノ束量は、上向き静止ミューオン事象に対して、 $1.71 \pm 0.41(\text{stat.}) \pm 0.02(\text{syst.}) \times 10^{-13} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$  で、上向き突き抜けミューオン事象に対して  $0.42 \pm 0.02(\text{stat.}) \pm 0.02(\text{syst.}) \times 10^{-13} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$  であった。これを予想される束量と比較した。観測された束量は予想されたものを下回り、ニュートリノ振動現象を裏付ける証拠となった。このデータから、ニュートリノ振動のパラメーターが決定され、 $\sin^2 \theta > 0.75$ 、 $1.3 \times 10^{-3} \text{ eV}^2 < \Delta m^2 < 4.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$  となった。これは、大気ニュートリノが測定器内の相互作用で生じたミューオン事象のデータから得られた結果と一致した。

この研究は、博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。