

## 論文内容の要旨

### L/E analysis of the atmospheric neutrino data from Super-Kamiokande

(スーパーカミオカンデの大気ニュートリノデータを用いた L/E 解析)

石塚 正基

スーパーカミオカンデ検出器は 1996 年 4 月に観測を開始し、2001 年 7 月に中断するまでに有効日数 1489 日の大気ニュートリノの観測が行われた。観測された大気ニュートリノ事象はモンテカルロ法により計算された予測値と比較される。比較の結果、観測された大気ニュートリノ事象のうち、電子ニュートリノについてはその予測値とよく一致しているが、ミューオンニュートリノ事象については飛来方向の天頂角に依存する欠損が見られ、特に上向きの事象の数が予測値よりも有意に少ないという事が明らかにされた。一方、観測されたデータと予測値の間の不一致は大気ニュートリノ中のミューオンニュートリノがタウニュートリノへと振動するニュートリノ振動により説明される。この大気ニュートリノの観測結果はニュートリノ振動の証拠として報告された。

この論文ではスーパーカミオカンデにより観測された最新の大気ニュートリノデータを用いたニュートリノ振動解析の結果が報告される。まず、大気ニュートリノ事象の天頂角分布を用いた方法による 2 世代ニュートリノ振動の解析が行われた。この解析では、100MeV から 100GeV の広いエネルギー範囲にわたる大気ニュートリノ事象が用いられ、ニュートリノ振動パラメータの許容領域が求められた。今回の解析では特に、検出器の性能、大気ニュートリノフラックスの計算、およびニュートリノ反応などの多岐にわたる系統誤差が見積もられ、そのニュートリノ振動パラメータの許容領域についての影響が考慮されている。解析の結果、90%の信頼水準でのニュートリノ振動パラメータの許容領域は以下のように求められた。

$$1.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2 < \Delta m^2 < 3.4 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$$
$$0.92 < \sin^2 2\theta$$

さらに、ニュートリノ振動の直接の検証として、ミューオンニュートリノの振動確率の L/E 依存性の測定がおこなわれた。ここで、L はニュートリノの発生点からスーパーカミオカンデで観測

されるまでの飛行距離、 $E$  はニュートリノのエネルギーである。ニュートリノの振動確率は  $L/E$  の関数として表され、その確率は正弦関数となる事が予言されている。観測された大気ニュートリノ事象の  $L/E$  分布をニュートリノ振動がない場合のモンテカルロ法による予測値と比較する事により、その振動確率が測定される。 $L$  測定の結果、ミューオンニュートリノ事象について、その振動確率の中に「くぼみ」が観測された。このくぼみの存在はニュートリノ振動から予測されるものである。一方、この  $L/E$  分布のくぼみは上向きミューオンニュートリノの欠損を説明しうるニュートリノ崩壊やニュートリノデコヒーレンスなどの他の現象からは期待されない。このニュートリノの振動確率の測定結果、特にその「くぼみ」の観測は、ニュートリノの振動確率が実際に正弦関数に従っている事を示す初めての統計的に有意な証拠である。

観測されたミューオンニュートリノの  $L/E$  分布から、2 世代ニュートリノ振動の許されるパラメータ領域が求められた。その結果、90%の信頼水準で

$$1.9 \times 10^{-3} \text{ eV}^2 < \Delta m^2 < 3.1 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$$
$$0.90 < \sin^2 2\theta$$

の範囲が示された。この結果は天頂角分布を用いた解析方法により得られた結果と一致している。