

論文審査の結果の要旨

氏名 中山 祥英

第一章はイントロダクションとして、ニュートリノ振動を発見したスーパーカミオカンデの観測についてのべ、太陽ニュートリノ観測等の結果との関連でステライルニュートリノ存在の可能性について議論している。ステライルニュートリノの存否については、ミューオンへの荷電カレント反応に対する中性カレント反応の比を振動がないとしたモンテカルロ計算と比較することにより実験的に証明できるとしている。ニュートリノ入射による π^0 生成は中性カレント反応が主要な反応過程と考えられることから π^0 生成の μ 生成に対する比の観測値とモンテカルロ計算値の比をとると(以下「二重比」と略す)、ステライルへの振動があれば π^0 生成を低減することから理論予測との比較により感度の高い議論が行えることが示されている。

第二章はスーパーカミオカンデ(SK)検出器の記述に当てられている。前半で検出器の詳細が解説され、後半では測定量に対するキャリブレーションの方法について解説されている。特に解析で重要になる、光電子増倍管のゲインとタイムング、純水の透明度、散光の効果について詳細に説明している。

第三章ではシミュレーションについて解説している。ニュートリノと水の反応について荷電カレント反応と中性カレント反応について、(準)弾性散乱、コヒーレント π 生成、核子との単一および多重 π 生成過程を取り入れた計算を行い、既存のデータと比較が可能な部分で比較を行い、計算の妥当性を説明している。反応過程で生成された二次粒子について GEANT による検出器シミュレーションを行い、二重比の分母を与える事象生成を行っている。

第四章では SK でのデータ解析の方法、特に事象選択について解説している。検出領域にすべての反応生成粒子がとどまる全包含事象をまず選択し、外側検出器に活動のないもので、直前の事象から十分に時間をおいたものを選ぶ。その上で、外側測定器不感領域の処理、フラッシャーと呼ばれる雑音信号の除去等を行う。こうして選択された事象について次章で述べる再構成を施す。

第五章では事象再構成の方法について説明している。まず基本となるチェレンコフリングイメージを求めるために、光の放出点を検索する。粒子が光速で飛行すると仮定してリングイメージの時間情報を用いる。得られた放出点を基点に、リングイメージをさらに検索しリング数を数える。 γ や電子の場合シャワーを生成するためリングイメージがぼけるのに対し、 μ 粒子の場合単一の粒

子からチェレンコフ光が放出されリングイメージがはっきりする。このことを数値化し、粒子識別を行う。

第六章では二重比の導出について説明している。 π^0 事象では崩壊生成物である γ (シャワー状リング)が2個あることを要求し、その運動量から不変質量を得る。十分な質量分解能で π^0 が再構成されていることがわかる。運動量分布などもよくモンテカルロ計算と一致している。 μ については単一リング事象でシャワー的でないものを選択する。天頂角分布では、角度が大きいところでモンテカルロ計算に比べ減少が著しく、大気ニュートリノの消失が示されている。結果として二重比の値 $1.47 \pm 0.07(\text{統計}) \pm 0.32(\text{系統})$ を得た。系統誤差についてはニュートリノ反応断面積によるものが主要であり、このままではステライルの存否について十分な議論ができない。そこで K2K 実験前置検出器による測定を試みる。

第七章では K2K 実験のセットアップについて説明している。特に 1kt 水検出器について詳細に述べている。

第八章では 1kt 水検出器での二重比測定について説明している。形状の違いを除いて基本的に SK とおなじ手法が用いられている。 π^0 、 μ ともモンテカルロ計算でよく再現されている。ニュートリノビームフラックスが与えられていることから反応断面積による系統誤差を考慮する必要がない。結果は $1.00 \pm 0.02(\text{統計}) \pm 0.09(\text{系統})$ という結果を得ている。

第九章では SK と K2K の実験結果を総合し、SK の結果の系統誤差の見直しを行う。SK で反応断面積が主要な誤差源であったが、K2K では実質的にそれを測定した。二重比が 1 となっており、モンテカルロが正しく計算されていることを示している。その結果、反応断面積による誤差は K2K のエネルギー領域で 10%まで低減され、最終的に二重比 $1.47 \pm 0.07(\text{統計}) \pm 0.21(\text{系統})$ を得た。これは μ ニュートリノがステライルではなく τ ニュートリノへ変化したとする計算を支持する結果となっている。

第十章はまとめに当てられている。

この論文はニュートリノ振動がどのような形態で生じているかを実験的に示した重要でかつ時宜にかなった研究である。この研究は SK および K2K 実験コラボレーションとの共同研究であるが、解析については論文提出者が主体となっていたものであり、また、K2K の水検出器の建設・運転・維持について論文提出者の寄与は大変大きいと判断される。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。