

平成22年 6月16日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19740129

研究課題名（和文） 水チェレンコフ型ニュートリノ検出器の精密時間補正の研究

研究課題名（英文） Study on precision timing calibration at water Cherenkov neutrino detector

研究代表者

大林 由尚（OBAYASHI YOSHIHISA）

東京大学・宇宙線研究所・助教

研究者番号：50345055

研究成果の概要（和文）：

水チェレンコフ型ニュートリノ検出器であるスーパーカミオカンデの光電子増倍管の時間測定について、校正用の光源、光源の発光時間モニタ、モニタの読み出し回路を見直すことで可能な限り高精度で校正を行い、ニュートリノ反応点の決定精度を高めた。このことにより、T2K実験においても特に重要な有効体積の系統誤差を従来の半分程度に抑え込むことができると予想される。

研究成果の概要（英文）：

High precision calibration has been performed on water Cherenkov neutrino detector Super-Kamiokande by upgrading calibration light source, monitor for light source and readout electronics. The high precision calibration improved precision of determination of neutrino interaction point. Therefore, we can expect an improvement of systematic error on determination of fiducial volume, which is important on T2K experiment, about half of current value.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	0	2,000,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	330,000	3,430,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：素粒子実験・ニュートリノ振動・光電子増倍管

1. 研究開始当初の背景

(1)水チェレンコフ型ニュートリノ検出器であるスーパーカミオカンデ(以下 SK) は2001年に光電子増倍管の破損事故があったが、2006年に完全再建を行い、本来の性能で観測を開始した。

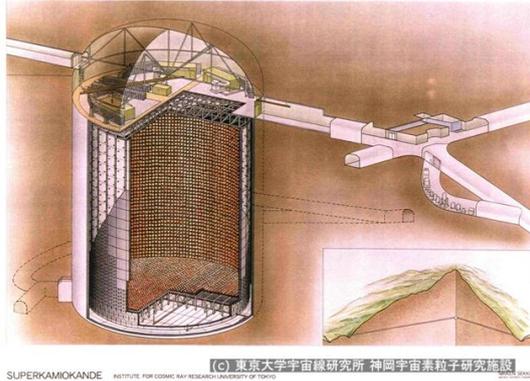


図1 スーパーカミオカンデ

(2) ニュートリノ研究をさらに発展させ、ニュートリノを含むレプトンの世代間混合の全容を解明するため、東海村の原子力研究所に建設中の大強度陽子加速器 (J-PARC) と SK を用いたニュートリノ振動実験 (T2K 実験) が 2009 年より行われる予定であった。



図2 T2K 実験の概要

(3) T2K 実験では SK における有効体積の系統誤差が直接精密測定に精度に影響するため、T2K 実験に先立って徹底的に時間測定性能を高めておくことは大変重要であった。

2. 研究の目的

T2K 実験のビーム照射が開始されるまでに SK の有効体積の系統誤差を十分小さくするため、光電子増倍管による時間測定について徹底的に較正を行うことでニュートリノ反応点決定精度を高める。

3. 研究の方法

2007 年度には過去の時間補正作業において見つかった時間補正作業のための光源の上下非対称性を極力少なくするため、水中に設置する散乱球を作り直し、非常に対称性の良い光源であることを確認した。また散乱球を水中で支持する治具を作り直し、精度良くタンク内に設置できるようにした。その上でこれらのシステムを用いて時間補正作業を行った。また、精密な時間補正のためには水中での光の散乱が少ないとはいえ影響があるので、この影響が最小になるように解析のソフトウェアを改良した。

2008 年度は光電子増倍管の応答時間補正のためのレーザー光の発射時間の測定精度を高めるため、光電子増倍管より応答速度の速い光電管を用いた。この精密補正の結果、データ取得用のエレクトロニクス (ATM) の時間測定が今まで観測されていなかった非線形性を持つことが判明した。また、SK の信号読み出し用のエレクトロニクスを全面更新したのち、新エレクトロニクス (QBee) を用いて上記の非線形性がないことを確認した。

2008 年度にエレクトロニクスの非線形性が新たに判明したため、当初の予定通りに年度内に研究を終了することが困難になったため、研究費の繰り越しを行い、2009 年度に新エレクトロニクスに対して徹底的に時間測定に対する較正を行った。

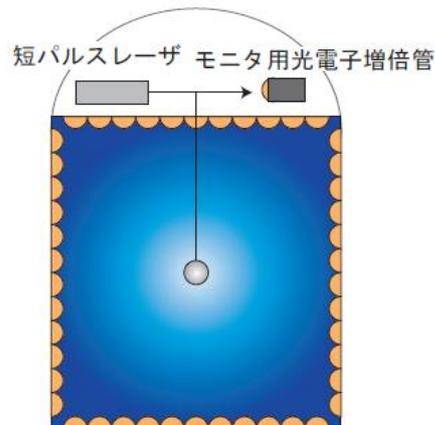


図3 時間特性の較正システム概略図

4. 研究成果

2007 年度に作成した上下対称性の良い散乱球を用い、また水中での光の散乱の影響が最小になるように改良した解析用のソフトウェアを用いることで精密時間補正が行えるようになった。その結果、補正用のレーザー光の発射時間の測定精度がさらなる精密測定の際には影響してくることが判明した。

2008 年度には光電子増倍管より応答速度の速い光電管を用いた精密補正の結果、データ取得用のエレクトロニクス (ATM) の時間測定が今まで観測されていなかった非線形性を持つことが判明した。この非線形性を測定して補正することにより、これまで原因のわからなかった 10cm ほどあった再構成したニュートリノ反応点の真の値からのずれを 2cm 以下まで小さくすることができた。また、SK の信号読み出し用のエレクトロニクスを全面更新したのち、新エレクトロニクス (QBee) を用いて上記の非線形性がないことを確認した。

また、2009 年度までに行った精密較正により、反応点決定精度に起因する有効体積の系統誤差はこれまでの SK では 2%程度であったものが 1%以下に抑えることができると考えられ、T2K 実験を開始する段階で、この精度が達成されたことは、精密実験として成り立たせる基礎となると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- (1) The Super-Kamiokande Collaboration, "Search for Astrophysical Neutrino Point Sources at Super-Kamiokande", *Astrophysical Journal* 704(200) 503-512, 査読有
- (2) The Super-Kamiokande Collaboration, "Kinematic reconstruction of atmospheric neutrino events in a large water Cherenkov detector with proton identification", *Physical Review D* 79(2009), 112010, 20 pages、査読有
- (3) The Super-Kamiokande Collaboration, "First Study of Neutron Tagging with a Water Cherenkov Detector", *Astroparticle Physics* 31(2009) 320-328, 査読有

- (4) The Super-Kamiokande Collaboration, "Search for Proton Decay via $p \rightarrow e + \pi^0$ and $p \rightarrow \mu + \pi^0$ in a Large Water Cherenkov Detector", *Physical Review Letters* 102(2009) 141801, 5pages, 査読有
- (5) The Super-Kamiokande Collaboration, "Search for Neutrinos from GRB 080319B at Super-Kamiokande", *Astrophysical Journal* 697(2009), 780-734, 査読有
- (6) The Super-Kamiokande Collaboration, "Solar neutrino measurements in Super-Kamiokande-II", *Physical Review D* 78(2008), 032002, 11 pages, 査読有
- (7) The Super-Kamiokande Collaboration, "Search for Matter-Dependent Atmospheric Neutrino Oscillations in Super-Kamiokande", *Physical Review D* 77(2008), 052001, 6 pages, 査読有
- (8) The Super-Kamiokande Collaboration, "Study of TeV neutrinos with upward showering muons in Super-Kamiokande", *Astroparticle Physics* 29(2007) 42-54, 査読有
- (9) The Super-Kamiokande Collaboration, "Search for Supernova Neutrino Bursts at Super-Kamiokande", *Astrophysical Journal* 669(2007) 519-524, 査読有

[学会発表] (計 3 件)

- (1) Yoshihisa OBAYASHI, "Status of Super-Kamiokande and early atmospheric neutrino data from SK-IV", The 31st International Cosmic Ray Conference, July 7-15 2009, University of Łódź, Łódź, Poland
- (2) 大林 由尚, "Super-Kamiokande 新エレクトロニクスにおける時間較正", 日本物理学会第 64 回年次大会, 2009 年 3 月 27 日, 立教大学
- (3) Yoshihisa OBAYASHI, "Reach of future accelerator and reactor neutrino experiments", The FPCP2008 Conference on flavor physics and CP violation, May 9 2008, Physics Department of National Taiwan University

〔その他〕
ホームページ等
<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大林 由尚 (OBAYASHI YOSHIHISA)
東京大学・宇宙線研究所・助教
研究者番号：50345055

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし