

平成 28 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：次世代ニュートリノ検出器のための

大口径ハイブリッド型光検出器開発

英文：Development of the Hybrid Photodetector

for a next-generation neutrino detector

研究代表者 西村康宏（東京大学 宇宙線研究所）

参加研究者

廣田誠子(京都大学 理学系研究科)、

須田祐介(東京大学 理学系研究科)、

岡島裕治(東京工業大学 理学院)、

江森(京都大学 理学系研究科)、

塩澤真人(東京大学 宇宙線研究所)、

横山将志(東京大学 理学系研究科)、

早戸良成(東京大学 宇宙線研究所)、

中家剛(京都大学 理学系研究科)、

中山祥英(東京大学 宇宙線研究所)、

田中秀和(東京大学 宇宙線研究所)、

池田一得(東京大学 宇宙線研究所)、

武多昭道(東京大学 地震研究所)、

南野彰宏(京都大学 理学系研究科)、

久世正弘(東京工業大学 理学院)、

石塚正基(東京工業大学 理学院)、

阿久津良介(東京大学 理学系研究科)、

矢野孝臣(神戸大学 理学研究科物理学専攻)、

小汐由介(岡山大学 大学院自然科学研究科 (理))、

福田大輔(岡山大学 大学院自然科学研究科 (理))、

吉田朋世(東京工業大学 理工学研究科)、

園田祐太郎(東京大学 理学系研究科)、

伊藤好孝(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)、

武藤史真(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)、

婁天濛(東京大学 理学系研究科)、

濱部大(東京工業大学 理学院)、

Mark Hartz(東京大学 カブリ数物宇宙研究機構)、

Christophe Bronner(東京大学 カブリ数物宇宙研究機構)、

Richard Calland(東京大学 カブリ数物宇宙研究機構)

研究成果概要

将来の大型ニュートリノ実験の進展に欠かせない、高い光検出分解能を 50 cm 径 ハイブリッド型光検出器(HPD)で実現できた。光電子増倍部に用いる内蔵半導体検出器の静電容量を減らし、高速低ノイズ回路の開発に成功した。

図1のように高い精度で1光電子の計数が可能となり、1光電子に現れるピークの幅は、標準偏差で15%になり、従来のスーパーカミオカンデ用光電子増倍管(PMT)の53%より大幅に改善した。ハイパーカミオカンデ用に開発された新型PMTでの35%よりさらに倍以上高い。大面積の内蔵半導体検出器を2分割して読み出すと10%に達し、従来の5倍以上の高精度を達成することを示した。

1光電子の時間決定精度も大きく向上し、図2のように半値全幅で3.6ナノ秒(補正を加えて3.2ナノ秒)に達した。従来のスーパーカミオカンデ用PMTの7.3ナノ秒より倍精度で、新型PMTの4.1ナノ秒より高い。

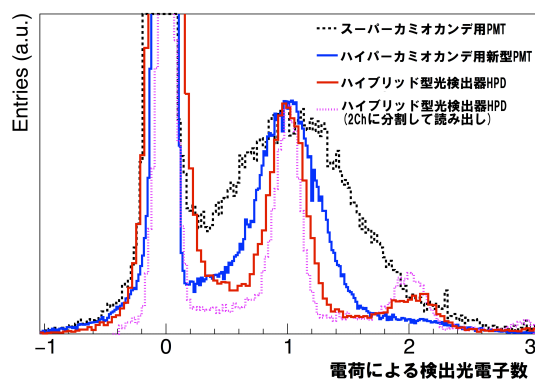


図1 1光電子計数分解能

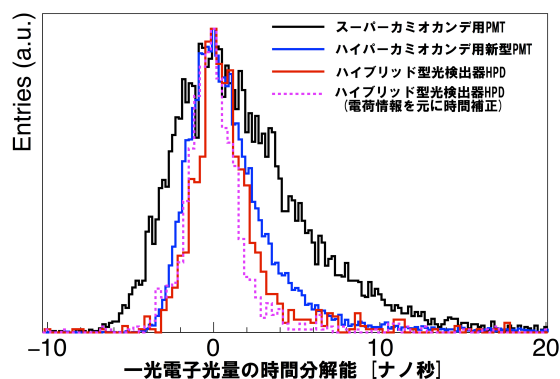


図2 1光電子時間分解能

検出性能だけではなく、実用性検証にも大きな進展が見られた。図3のように防水型HPDを開発し、20日間の長期使用でノイズの安定化を見た。水中でも1光電子をはっきりと検出できることを確認し、水中での検出性能にも問題が見られなかった。また、100メートル水深まで使える防水の高電圧・信号複合コネクタも開発した。試作機を用いて、8000ボルトでの絶縁性を確認した。

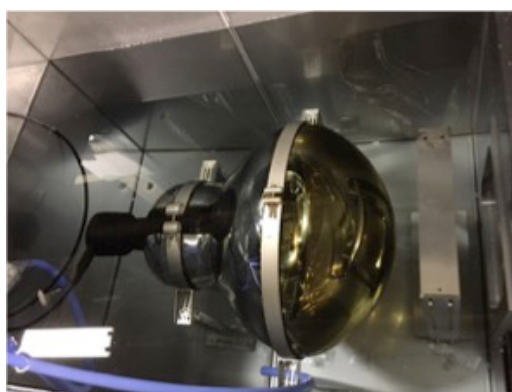


図3 水中での長期実証測定