

変革を駆動する先端物理・数学プログラム (FoPM)

国外連携機関長期研修 報告書

氏名	米本 拓
所属部局	理学系研究科・物理学専攻
受入先	Paul Scherrer Institute (スイス、フィリゲン)
日程	西暦 2021 年 7 月 7 日 ~ 西暦 2022 年 2 月 24 日

所属する森研究室の主導する MEG II 実験の 2021 年物理ランにおいて、陽電子飛行時間の検出器である陽電子タイミングカウンターの稼働において中心的な役割を果たすため、スイス・フィリゲン市にある Paul Scherrer Institute (PSI) に 7 ヶ月間滞在してきた。7 月はメンテナンス作業、8 月は測定開始に向けたデバッグ作業、9-12 月はビームタイム、1-2 月はメンテナンス作業に従事した。

陽電子タイミングカウンター (pTC) の初めての全チャンネルでの運用に貢献し、レーザー光によるシンチレータタイル間の時間較正を主に行った。加えて、ドリフトチェンバーによる陽電子軌跡再構成の実用化が進められたため、ミシェル崩壊 ($\mu \rightarrow e\nu\nu$) 由来の陽電子軌跡を用いた時間較正を実データに対して初めて適用することを試みている。また、位置較正についてもドリフトチェンバーの陽電子軌跡から外挿した位置情報を用いることで、時間較正と併用することを検証し試みている。

pTC は今回初めて夏季における運用を経験し、凝結水によるショートを主な原因と見込む異常電流が多く見られたため、冷却システムの調整やリモート化を行った。他にも、初めての全検出器フルチャンネル運用に伴い、読み出し用ボードのアップデートに向けたデバッグ作業に貢献した。pTC の時間較正のためのレーザー光照射システムの管理や時間オフセットのモニタリングを行い、並行して各カウンターにおける検出時間の再構成について、原理的にはカウンターの両側に取り付けられたシリコン光検出器の読み出し時間の平均を取るのだが、それらに対し時間分解能のヒット位置依存性を考慮した重み付けの実装・検証を行っていた。

現地における作業としては、pTC のノイズ軽減のためのエレクトロニクス交換及び原因箇所の検証、読み出し SiPM の時間分解能を最良にするための印加電圧のスキャン測定、各シンチレータタイルへのレーザー光照射機構のメンテナンス、ビームタイムシフト、及び液体キセノンガンマ線検出器の時間較正に用いられる BGO (ゲルマニウム酸ビスマス) 結晶からなるガンマ線検出器の駆動機構の調査及び修理を行った。故障の可能性があった部品の交換及び調査は 8 割方完了したが、ビーム軸方向への駆動機構は復旧しておらず修理は継続して行う必要がある。

初期段階での運用状況や解析手法の整備や見通しについては日本物理学会秋季大会(2021 年 9 月)にて発表を行い、総括しての運用状況や較正手法の検証については日本物理学会年次大会(2022 年 3 月)にて発表予定である。



(English translation)

I spent seven months at the Paul Scherrer Institute (PSI) in Filigen, Switzerland, to play a key role in the operation of the positron timing counter, a positron time-of-flight detector for the 2021 physics run of MEG II, which is led by my laboratory, Mori Laboratory. He worked on maintenance in July, debugging in August to start measurements, beamtime from September to December, and maintenance from January to February.

Contributed to the first full-channel operation of the positron timing counter (pTC), primarily performing time calibration between scintillator tiles with laser beams. In addition, as the positron trajectory reconstruction with drift chambers has been put into practical use, we are trying to apply the time calibration with positron trajectories derived from Michel decay ($\mu \rightarrow e \nu \nu$) for the first time to real data. We are also trying to apply the position calibration to the real data by using the extrapolated position information from the positron trajectory of the drift chamber.

The pTC was operated in summer for the first time, and since many abnormal currents were observed, mainly due to short-circuits caused by condensation water, the cooling system was adjusted and the pTC was remotely operated. We also contributed to the debugging work to update the readout board for the first full channel operation of all detectors, managed the laser light irradiation system for time calibration of the pTC, and monitored time offsets. The readout time of the silicon photodetectors mounted on both sides of the counter is averaged, and weighting was implemented and verified to take into account the hit position dependence of the time resolution.

Area work included replacing electronics to reduce noise in the pTC and verifying the source of the noise, scan measurements of the applied voltage for best temporal resolution of the readout SiPM, maintenance of the laser beam irradiation mechanism for each scintillator tile, beam time shifting, and liquid xenon Investigated and repaired the drive mechanism of the gamma-ray detector, which consists of a BGO (bismuth germanate) crystal used for the time calibration of the gamma-ray detector. Although the replacement of parts and investigation of possible failure were 80% completed, the drive mechanism in the direction of the beam axis has not been restored and needs to be repaired continuously.

We will make a presentation at the JPS Autumn Meeting (September 2021) on the initial operational status and the development of analysis methods and prospects, and at the JPS Annual Meeting (March 2022) on the overall operational status and verification of the calibration method.