

研究開発構想(個別研究型)
宇宙線ミュオンを用いた革新的測位・構造物イメージング等応用技術

「仮想測位基準点を構築する即時分散データ処理技術」

研究開発実施報告書(年次)
令和6(2024)年度

研究代表者
大田 晋輔
大阪大学核物理研究センター 准教授

1. 当該年度における研究開発の実施概要

(1) 研究開発概要

海底、地下や建物内など衛星測位システムや有線による時刻同期が活用できない環境・状況下においても宇宙線シャワー面を用いてシステム内を 10ns で時刻同期し、1m 以下の測位が可能な仮想測位基準点の構築を目指した、新しい即時分散データ処理技術を開発します。この技術では 50ps の有線時刻同期を広域に渡って実現し、宇宙線シャワー面を同定・配信することで測位対象地点が使用できる基準点を仮想的に 100 倍程度にまで増加させます。

(2) 実施内容と成果の概要（研究開発開始から当該年度末まで）

令和 6(2024)年度

本プロジェクトは、宇宙から降り注ぐミュオンを活用し、GPS が利用できない地下や水中、高層ビル内など、様々な環境で高精度な測位・時刻同期を実現することを目指しています。令和 6 年度は、この革新的な技術の基礎を固める重要な一年となりました。

仮想的な測位基準点を構築する研究では、宇宙線が大気中で発生させる「空気シャワー」のシミュレーションを詳細に進めました。この結果、ミュオンだけでなくガンマ線を同時に測定することで、シャワーの同定効率を大幅に向上できるという重要な示唆を得ました。今後は、シミュレーションの精度をあげるとともに小規模なプロトタイプシステムによって検証を進めます。

シャワー事象の同定に必要な高精度な時刻同期の実現に向け、プログラマブルな半導体チップ(FPGA)を用いたサブナノ秒確度での時刻同期システムの開発も順調に進展しました。異なる FPGA 間でのデータ通信と時刻同期に成功し、多様なデバイスへの適用性とコスト効率の向上に繋がる成果が得られました。

また、ミュオン検出システムの性能向上に欠かせない、専用の読み出し回路である ASIC (特定用途向け集積回路)の開発も進めました。今年度は光センサー用の ASIC の製造を完了しました。また、位置検出器用の ASIC の仕様の検討、これを搭載する回路基板の設計を進めました。小型で高性能な回路の実現に大きく貢献できる見通しです。

さらに、ミュオンデータをリアルタイムで処理する高速情報処理システムの構築にも着手しました。特に、機械学習を活用することで粒子の軌跡を効率的に特定できる道筋が見えてきました。データセンターのプロトタイプ開発も開始し、システムの基盤を築いています。

令和 6 年度のこれらの成果は、GPS に頼らない新しい測位・時刻同期技術の実現に向けた強固な基盤を確立するものであり、今後の研究開発の大きな弾みとなります。

2. 主たる研究分担者一覧

本多 良太郎（高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 准教授）

馬場 秀忠（理化学研究所 仁科加速器科学研究センター）