

平成 29 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：TAx4 及び TALE 実験 地表検出器の時間及び位置の較正
英文：Timing and position calibration of surface detectors of TA×4 and TALE experiment

研究代表者 木戸 英治
参加研究者 木戸 英治

研究成果概要

Telescope Array (TA) 実験の地表検出器 (SD) は、それぞれの時間と位置の情報の較正のために、Motorola 社製の GPS タイミングレシーバ M12+を用いている。M12+は 1pps (pulse-per-second)を SD 用のエレクトロニクスに出力する。この 1pps のタイミングが時間情報の較正に用いられる。TA 実験の拡張計画である Telescope Array Low Energy Extension (TALE) 実験では M12+の代替品である i-Lotus 社製の M12M を使用していて、TAx4 実験でも同じレシーバを使用する予定である。これまでに合計 378 個の M12M の時間情報の試験を行った。雨天でも測定できるセットアップを作るために、昨年度新規に購入した 280 個は明野観測所で試験した。試験では、ファンクションジェネレータからの信号を分割し、試験したい GPS レシーバを取り付けた最大 6 台の SD 用のエレクトロニクスに同時に信号を入力して、記録された時間の相対的な差を測定した。測定の際は、GPS アンテナからの信号も共通にするために、一本の GPS アンテナから信号分割器で GPS レシーバに同じ信号を入力できるようにした。

試験の結果、基準とした M12M と、他の昨年度以前に購入した M12M 98 個の間の 1pps のタイミングのオフセットは平均で 0.6 ns (ナノ秒)、このオフセットのばらつきは 4.9 ns、最大で 16.7 ns であった。また基準の M12M と、昨年度新たに購入した M12M 280 個の間の 1pps のタイミングのオフセットは平均で 5.1 ns、このオフセットのばらつきは 4.9 ns、最大で 19.3 ns であった。他の M12M から大きく外れたオフセットを持つ M12M は 3 個あり、これらは使用しないことにした。昨年度購入した M12M と昨年度以前に購入した M12M は、1pps のオフセットの系統的な違いは 5 ns 程度で、問題にならない程度に小さく、またこれらのオフセットは SD のデータ解析の際に考慮しなくても問題な

い程度に十分小さいことが分かった。

TA 実験では、GPS の位置の精度は、設置後の SD を用いて GPS モジュール M12+ の交換前後の位置測定結果の違いから推定された。推定された精度は、水平方向に 50 cm, 垂直方向に 100 cm であった。また、全ての SD の GPS モジュールで測定された標高は、アメリカの National Elevation Dataset (NED) から計算した標高と比較された。その結果、GPS モジュールで測定された標高は、NED から計算した標高よりも系統的に 5 m 程度高いことが分かったが、二つの標高差のばらつきはガウス分布の 1 シグマが 70 cm 程度であり、十分小さいことが分かった。現在の解析には SD 間の相対位置しか用いないため、系統的な違いについては問題にならない。位置測定については、全数測定はできない。しかし、上記のような NED の計算結果との比較から、できるだけ大きく座標を間違えている SD の位置を測定し、位置座標の誤差の上限を実験的に決定する計画である。

昨年度は、相対測位用の GPS を用いて測位を行うことのできる装置 Piksi Multi (Swift navigation 社) を購入し、10 cm 程度の精度で相対測位を行うことができることを確認した。この方法なら最大 15 km 程度もの広い範囲で簡便に SD の相対位置を確認できると考えられるので、今後この方法で SD の位置座標の誤差の決定を行う。