

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：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 TAx4 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 TA×4 および Telescope Array Low Energy Extension (TALE) 実験では M12+の代替品である i-Lotus 社製の M12M を使用する予定である。昨年度は 83 個の新規に購入した M12M と、17 個の M12+の時間情報の試験を行った。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。日本と米国での試験結果の再現性の確認、及び日本での試験のセットアップのために昨年度の共同利用の予算を使用した。

試験の結果、基準とした M12M と他の M12M 82 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)、ばらつきは 5.1 ns、最大で 16.7 ns であった。このオフセットは、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。一方で、基準とした M12M に対する 17 個の M12+のタイミングのオフセットは、平均で約-73 ns で、最大で-76.5 ns であった。M12M と M12+は、同じ SD アレイでは混合しないことで、1pps のオフセットの系統的な違いが問題にならないように運用することにした。また、1pps のタイミングのばらつきは約 9.4 ns 程度で、レシーバ毎のばらつきは 0.1 ns 程度であることが分かった。また、日本と米国という違う場所、同じセットアップで試験をした結果、タイミングのオフセットは 0.1 ns しか違いがなかった。タイミングのば

らつきも統計誤差以下で一致した結果が得られたため、測定した時間差の分布は違う場所でも再現することが確認できた。

また、新規に 100 個購入した内の 17 個の M12M については SD 用のエレクトロニクスを使用した場合に、GPS 衛星を一つも受信することができなかったため、昨年度は上記の試験を行うことができなかった。詳しく調べた結果、M12M のロットの違いによって、一部エレクトロニクスからの入力電圧の挙動が変わることが分かった。M12M に電源を供給している CPLD のプログラムを変更することで、新規に購入した M12M は全数問題なく使用できるようになった。

以下に試験のための具体的なセットアップを報告する。まず、GPS アンテナ (Synergy systems 社 AR-10N) からそれぞれの M12M に同じ信号を入力するため、一本の GPS アンテナから信号分割器(GPS source 社 RMS116)で最大 16 個の GPS レシーバに同じ信号を入力できるようにした。ファンクションジェネレータからの信号は、金属皮膜抵抗で信号分割器を製作し、最大で 16 台のエレクトロニクスに同時に信号を入力して、トリガーのかかったタイミングを記録できるようにした。このトリガータイミングを時間差の測定に使用した。実際は手元のエレクトロニクスの数に限りがあったために、最大で 6 台のエレクトロニクスを用いたセットアップとなった。試験には上記の測定用のエレクトロニクスの他に、無線通信を用いてデータ収集を行うためにエレクトロニクスをもう一台使用した。このセットアップで、GPS レシーバ以外を全て交換した時のタイミングの再現性は、最も悪い時でも 4 ns 以下であった。