

平成 27 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：TALE 実験用地表検出器の開発と性能試験 英文：Research and development of the surface detectors for the TALE experiment
研究代表者	荻尾 彰一（大阪市立大学大学院理学研究科・教授）
参加研究者	佐川宏行（東京大学宇宙線研究所・准教授） 野中敏幸（東京大学宇宙線研究所・助教） 西本義樹（大阪市立大学大学院理学研究科・前期博士課程 2 年） 大野木瞭太（大阪市立大学大学院理学研究科・前期博士課程 1 年）
研究成果概要	<p>日米韓露ベルギーの 5 カ国、27 の研究機関、約 130 名の研究者からなる「テレスコープアレイ実験（TA 実験）」は、2008 年から米国ユタ州で最高エネルギー宇宙線の観測を続けています。TA 実験は 10^{18}eV 以上の宇宙線のエネルギースペクトルを描き出し、そこに多様な構造があることを示しました。この研究をさらに進めて、宇宙線のフラックスとともに粒子組成を測定するための実験、TA Low energy Extension (TALE) 実験を進めています。</p> <p>TALE 実験の主目的は、低いエネルギー側を占めると考えられる銀河系内起源の重い宇宙線（鉄核など）と、高いエネルギー側で卓越する銀河系外起源の軽い宇宙線（陽子）を分離して、粒子種ごとのエネルギースペクトルを明らかにすることにあります。我々は TALE 実験のために、既に 35 台の地表検出器（SD）と 10 台の大気蛍光望遠鏡（FD）を米国ユタ州デルタ市郊外の TA 実験場に設置しましたが、これらにさらに 60 台以上の SD を加え空気シャワーアレイを完成し、FD と連動させた「ハイブリッド化」をおこない、一次エネルギーやシャワー縦方向発達の決定精度を低いエネルギーにおいても TA 実験レベルまで向上させる必要があります。</p> <p>このために、2004 年まで山梨県北杜市で稼働していた「明野超大空気シャワーアレイ（AGASA）」の SD を再利用することを発案しました。AGASA 実験で使われていた SD のための $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ のプラスチックシンチレーター約 900 枚と SD 容器約 70 台分は東京大学宇宙線研究所明野観測所に保管されており、これらは TALE 実験用 SD に十分な数であることは明らかでしたが、これらは経年劣化していると思われるので、再利用前にあらかじめ発光特性やなどを測定しておく必要があります。そこで、これらのシンチレーターと容器の発光光量、その入射位置、入射角依存性を測定するための測定システムを、東京大学宇宙線研究所の共同利用費による支援をいただき、大阪市立大学と東京大学の共同で開発しました。</p>

完成した装置が、図1、図2の写真で示したものです。図1は個々のシンチレーターの特性を測定するための測定システムで、これによって17枚のAGASA用プラスチックシンチレーターの特性を測定しました。サンプル数は17枚と少ないものの、①各シンチレーターの発光光量の違いは $\pm 14\%$ ($\pm 1\sigma$) であること、②同一シンチレーター内での入射位置による発光光量のばらつきは $\pm 5\%$ であることがわかりました。上記の測定結果は日本物理学会2015年秋季大会（開催地：大阪市立大学）で発表されました。

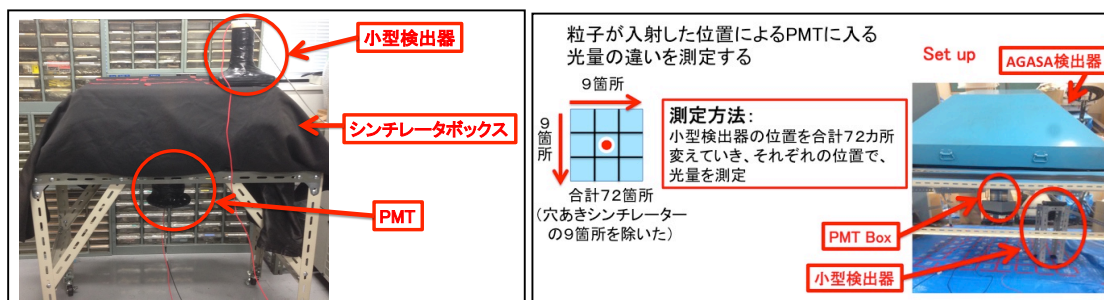


図1：シンチレーターの特性測定システム

図2：AGASA 検出器の性能評価のためのセットアップ

AGASA 実験で使用されていた検出器容器とシンチレーターの組み合わせでの性能評価、具体的には、シャワー粒子の入射位置・入射角の違いによる PMT 出力信号の大きさの違いを測定するために、AGASA 検出器 1 台を大阪市立大学で再び組み立て、試験測定を実施しました。これが図2のセットアップです。この測定から、同一の放射線が SD を貫通した場合でも、入射位置によって検出される信号の大きさは異なり、その差は中心付近と端でもっとも大きく 8.8%であることがわかりました。また、中心から同一距離であっても場所によってばらつき、その大きさは $\pm 4.3\%$ であることがわかりました。これはシンチレーター自体の発光量がどこでも等しいとした場合の大きさであり、SD 容器と光センサーの位置関係、および容器内部での光の反射のばらつきなどによるものだと考えられています。なお、これらの基礎的な研究成果は、研究参加者の西本義樹氏によってまとめられ、修士論文として大阪市立大学に提出され、修士（理学）の学位が同氏に授与されました。