

全天監視高精度素粒子望遠鏡 (All-sky Survey High Resolution Air-shower detector: Ashra) は、42度の広視野かつ分角の解像度を持つ複数の検出器群で全天の約80%を常時監視する。これにより、高エネルギー天体からの素粒子による空気シャワー現象が起こす大気発光現象を捕らえ、その起源やメカニズムを探ることで、新たな超高エネルギー天文学の開拓を目指すプロジェクトである。Ashraの宇宙線検出器には、大気チェレンコフ光や大気蛍光などの大気発光現象を制御露光しながら同時独立して撮像するためにトリガー読み出しシステムが装備されている。同システムは光電撮像パイプラインから分岐して得られたイメージを元にトリガー判定を行い、撮像系にシャッター信号を送る。複数の光像を重ね合わせることで信号対ノイズ比を減らし鮮明な像を得るために、検出器は同方向を向き、同視野を観る複数台の集光器から構成される。トリガー読み出しシステムの一部を担う光ファイバー伝送系は、これら複数の集光器から得た光像を結合し、2種類の大気発光現象用のトリガー系に分配して伝送する役割を果たす。この光ファイバー伝送系には、 $500\mu\text{m}$ 径の光ファイバーを 64×64 本束ねた光ファイバーバンドルが使用される。光学系及びトリガー系との接続面となるバンドル端面では、各光ファイバーを $64\text{本}\times 64\text{本}$ の正方格子状に精密に整列させる。

本研究では、この光ファイバーバンドルの製作と性能評価を行なった。光ファイバーバンドルは、光ファイバー64本を並べて成形したシートを2層、4層、8層と段階的に積層して製作する。積層によりバンドル全体の厚さが偏ることのないように、厚さの管理を厳しく行くと共に、シート同士の位置を目視調整しながら積層し、各ファイバーの位置が基準となる $500\mu\text{m}$ 正方格子より、ずれの σ が $35\mu\text{m}$ 以内、すべてのファイバーのずれがほぼ $\pm 100\mu\text{m}$ に収まるバンドルの製作を目指した。

本研究により、64層光ファイバーバンドルの製作に初めて成功した。さらに、その性能評価としてバンドル全体の厚さ・ずれ・透過率の測定を行なった。厚さと透過率に関してはバンドルとして要求精度を満たす結果を得られた。ずれに関してはずれの σ が $44\mu\text{m}$ 、ずれが $\pm 100\mu\text{m}$ を超えるファイバーが60本となり、99%のファイバーは $\pm 100\mu\text{m}$ 以内に収まった。これは十分使用可能な範囲である。

また、光ファイバーバンドルを用いたトリガー系結合試験を行なった。Ashraのトリガー系は、光ファイバーバンドル、トリガーセンサ、トリガー判定回路から成る。トリガー判定回路の評価のため、FPGAにより試験回路を構築し試験を行なった。

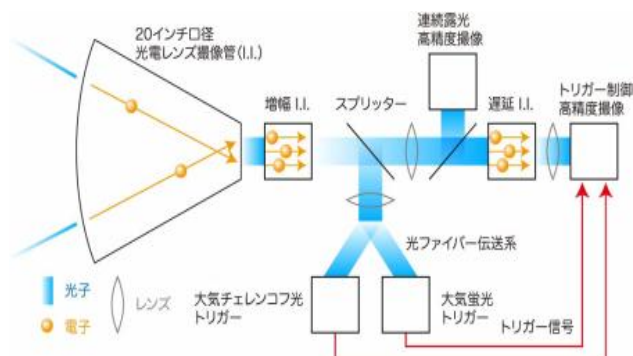


図1：光電撮像パイプラインの概念図

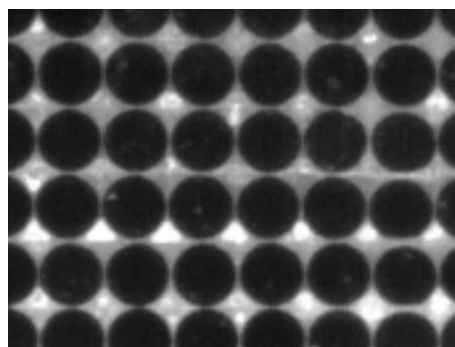


図2：光ファイバーバンドルの端面