

要旨

近年の宇宙観測では、電波から超高エネルギーガンマ線にいたるまで多波長にわたる観測が進展している。その中で高エネルギー放射の観測は、宇宙における高エネルギー現象に関して直接的な知見をもたらす。高エネルギー帯域におけるガンマ線観測においては、EGRET(1991年打ち上げ)以来、進展が滞っていた。しかし、フェルミ衛星 LAT 検出器(2008年打ち上げ)による観測が始まり、多くの知見がもたらされ、また新たな課題も浮かび上がりつつある。このエネルギー帯域における観測の重要性を示すと共に、更なる観測を推し進めることが重要であることを示す。観測を推し進める上で、高性能な飛跡検出器による大面積での観測が決定的に重要となる。

原子核乾板は荷電粒子の軌跡を三次元的に極めて緻密に捉えられる飛跡検出器である。その原子核乾板でガンマ線による電子対の始まりを捉えることにより、優れたガンマ線観測能力が期待できる。また、本研究室では原子核乾板の自動飛跡読取装置を独自開発してきた。読取速度の飛躍的な向上に伴い、原子核乾板の大面積の解析が実現可能となってきた。本論文では、原子核乾板による宇宙ガンマ線観測のための研究開発について論じる。

加速器ガンマ線照射試験をおこない、原子核乾板のガンマ線に対する観測能力を研究した。1~2GeVで0.10度、数十MeVで2.0度の角度分解能が得られ、原子核乾板のガンマ線に対する優れた角度分解能を実証した。また、原子核乾板は電子対の開き(方位角)を有意に捉えられることより、ガンマ線の直線偏光に対して感度を持つことが期待できる。直線偏光ガンマ線による電子対の方位角分布を調べ、期待される振幅及び位相との一致がみられた。そして、更なる角度分解能の改善が期待される電子標的による電子対生成事象の検出能力の可能性を示した。

また、山頂高度における大気ガンマ線観測試験をおこない、原子核乾板に蓄積している宇宙線の中から、ガンマ線による電子対生成事象が捉えられることを実証した。

また、宇宙ガンマ線の天球に対する到来方向を知る上で、本来時間分解能をもたない原子核乾板に秒以下の時間分解能を付与する必要があった。大面積での観測において秒以下の時間分解能の付与を実現する手法「多段シフター」を考案した。そして、その原理実証、及び実機開発をおこない、時間分解能付与手法を確立した。

本研究開発により、大面積で高性能な原子核乾板による宇宙ガンマ線観測の展望が拓けた。