原子核乾板を用いた宇宙線ラジオグラフィシステムの構築

Development of cosmic-ray muon radiography with nuclear emulsion

名大 [1]，JST さきがけ [2]　○森島邦博 [1,2]，北川暢子 [1]，西尾晃 [1]，久野光慧 [1]，
眞部祐太 [1]，榊原亜美 [1]

Nagoya Univ. [1], JST PREST[2] ○Kunihiro Morishima[1,2], Nobuko Kitagawa[1], Akira Nishio[1], Mitsuaki Kuno[1], Yuta Manabe[1], Ami Sakakibara[1]

E-mail: morishima@flab.phys.nagoya-u.ac.jp

我々は、宇宙線を用いた大型構造物内部の非破壊イメージング技術“宇宙線ラジオグラフィ”の開発を進めている。検出器には、電源不要でありながらサブミクロンという高い空間分解能を持ち荷電粒子の軌跡を三次元的に記録する銀塩写真フィルム型の検出器「原子核乾板」を用いている。写真現像を行った後、高速自動飛跡読み取り装置 Hyper Track Selector により原子核乾板に記録された飛跡を読み出して解析を行い、観測対象を通過して検出器に到達した宇宙線ミューオンの角度分布を再構成する。得られた角度分布からミューオンフラックスを導出して 2 次元透過像としての積算密度分布を再構成できるが、奥行きの情報は持たない。三次元的な密度分布を再構成するためには、対象物に対して多方向から同時に観測する必要がある。原子核乾板は、同時に複数の場所へ設置する事が容易でありかつ電源不要でコンパクトであることから設置場所を選ばない。このような特徴は、宇宙線トモグラフィの開発および実用化に適している。

現在、エジプトのクフ王のピラミッドを対象とした ScanPyramids を進めており、2015 年には、ピラミッドの北側の入り口の上部に位置するシェブロンと呼ぶ石組み構造の背後に空間を発見した。また、2017 年には、中心部に未知の巨大空間を発見した。これらの空間の立体形状を明らかにするために、ピラミッド内部の複数地点に原子核乾板を設置して、発見した空間を多方向からイメージングする実験を現在も継続して進めている。この他、イタリアのナポリの地下遺跡やホンジュラスのマヤ遺跡に対しても、考古遺跡の内部の空洞を探査する技術の開発を進めている。

このような原子核乾板を用いた宇宙線ラジオグラフィは、以下に示す多くの工程により形成されている。観測対象に適した原子核乾板の設計に始まり、製造、現場での設置、原子核乾板の回収、現像、読み取り装置による飛跡の読み取り、飛跡再構成、ミューオン軌跡の抽出、ミューオンフラックスの角度分布の導出、既知の構造から作成した 3 次元モデルから予測されるシミュレーション、結果とシミュレーションの比較、という一連の工程を経て最終的なイメージングの結果が得られる。

本発表では、これらの工程をすべて含めた宇宙線ラジオグラフィシステムの現状とその最新の成果、今後の展望などについて述べる。

© 2020年 応用物理学会