

## X 線観測を用いた新手法による低エネルギー宇宙線の探査と起源の解明

### Search for low-energy cosmic rays and their origin by a new method using X-ray observations

近畿大学理工学部理学科物理学コース 信川久実子

宇宙線とは、我々の住む銀河系内を高速で飛び交う高エネルギー粒子のことで、その起源は宇宙物理学の最重要課題である。 $10^8$  電子ボルト以下の低エネルギー宇宙線は、主に電離によってエネルギーを失うため、星・惑星形成に影響を与えると考えられている。しかし、低エネルギー宇宙線の観測的情報は従来ほとんど得られていなかった。というのも、太陽磁気圏の影響で低エネルギー宇宙線は太陽系内に侵入できないからである。太陽系外の低エネルギー宇宙線を直接測定したのは、2011年に太陽系を脱出した「ボイジャー」のみである。これまでの宇宙線の観測情報は、 $10^9$  電子ボルト以上の高エネルギー宇宙線が放射するガンマ線の観測結果に偏っており、低エネルギー宇宙線の量は仮定した上で理論が構築されてきた。

この状況で我々は、「低エネルギー宇宙線と星間物質の衝突で放射される、中性の鉄原子からの  $K\alpha$  線（以下、中性鉄  $K\alpha$  線）の測定」という新たな観測手法を構築した。これは単純な物理過程に基づいており、中性鉄  $K\alpha$  線強度は宇宙線とターゲット物質の密度に比例する。本研究では、日本の X 線天文衛星「すざく」のアーカイブデータを用いて、低エネルギー宇宙線を系統的に探査し、低エネルギー宇宙線の起源解明を目指した。

我々は 10 個の超新星残骸を調査し、そのうち W51C, 3C396, G304.6+0.1, G346.6-0.2 で低エネルギー宇宙線起源と考えられる中性鉄  $K\alpha$  線の兆候を見いだした。中でも W51C は高エネルギー宇宙線が放射するガンマ線に加え、高い電離率（低エネルギー宇宙線が星間物質を電離していることを示す証拠）を付随している。中性鉄  $K\alpha$  線、電離率、ガンマ線は、寄与する宇宙線のエネルギーが異なるため、3つの観測量を組み合わせることで、様々なエネルギーの宇宙線について情報を同時に得ることができる。すなわち、宇宙線の起源に迫る統一的描像の手がかりとなる。しかし、超新星残骸近傍での電離率の測定は W51C を含め 3 例しかない。我々は、中性鉄  $K\alpha$  線とガンマ線が両方検出されている超新星残骸で電離率を調べるため、ALMA 電波望遠鏡による観測提案を行い、2022 年春に観測が行われた。今後は中性鉄  $K\alpha$  線だけでなく、電離率の測定も組み合わせることが低エネルギー宇宙線研究の鍵となるだろう。

X 線を用いた低エネルギー宇宙線の観測研究をさらに推し進めるため、2022 年度に打ち上げ予定の日本の X 線天文衛星「XRISM」の開発を行なっている。「すざく」よりも 1 桁高い分光性能を持つ「XRISM」で、低エネルギー宇宙線測定が飛躍的に進展するだろう。また、次世代 X 線天文衛星や超小型衛星等への搭載を目指す新型 X 線検出器の開発も開始している。

本助成を申請した当時は、「すざく」衛星を用いた観測研究をメインに推進する予定だった。しかしその後の 2 年間で、ALMA 望遠鏡の観測に挑戦したり、新型 X 線検出器を開発したり、ついには超小型衛星を打ち上げたりと、予想もしていない展開となった。初めて経験することの連続だったが、学生達と共に挑戦する楽しさがあった。本講演では、そのような予想外の部分も含めて、この 2 年間の研究活動を報告する。

#### 【参考文献】

・信川久実子『低エネルギー宇宙線で輝く X 線の天の川--「すざく」の銀河面観測が明らかにした新事実』天文月報 2016 年 11 月号 773-779 ページ