

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究本部 (ISAS) の内山泰伸研究員を中心とする研究グループは、さそり座にある超新星残骸の一つにおいて、宇宙線に含まれる電子・陽子と磁場が互いにエネルギーを増幅しあうことにより、1年程度の極めて短期間で高エネルギー宇宙線が生成されていることを発見した。20世紀初頭の宇宙線の発見以来、高エネルギー宇宙線が宇宙空間で生成されるメカニズムは謎であったが、極めて高い解像度でX線像が得られる米国の「チャンドラ」衛星と、広いエネルギー領域で高精度のX線スペクトルが得られる日本の「すざく」衛星のそれぞれの特長を活かした観測により、初めて直接的に捉えられた。これにより、超新星爆発によって星間空間に形成される衝撃波が、地球に降り注ぐ宇宙線を作り出す源であるという長年の仮説「衝撃波統計加速理論」が極めて有力となった。この成果は、英科学誌Natureの2007年10月4日号に掲載されている。

トピックス 6 日米 X 線天文衛星、高エネルギー宇宙線生成の謎解明に貢献

宇宙線とは、宇宙空間をほぼ光速で飛び交い、地球に降り注いでくる荷電粒子のことであり、地上の加速器で生成される高速粒子以上のエネルギーを有することもある。20世紀初頭の発見以来、このような高エネルギー宇宙線が宇宙空間で生成されるメカニズムは謎であった。

宇宙線は、超新星爆発によって星間空間に形成される衝撃波によって加速されるという「衝撃波統計加速理論」が1978年頃に提唱された。この理論で重要な点は、宇宙線を介し、超新星爆発の衝撃波により星間磁場が強く増幅されるという予測である。

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究本部 (ISAS) の内山泰伸研究員を中心とする研究グループは、日本のX線天文衛星「すざく」と米国のX線天文衛星「チャンドラ」による観測を行い、さそり座にある超新星残骸の一つにおいて、宇宙線に含まれる電子・陽子と磁場が互いにエネルギーを増幅しあうことにより、高エネルギー宇宙線が生成されていることを発見した。

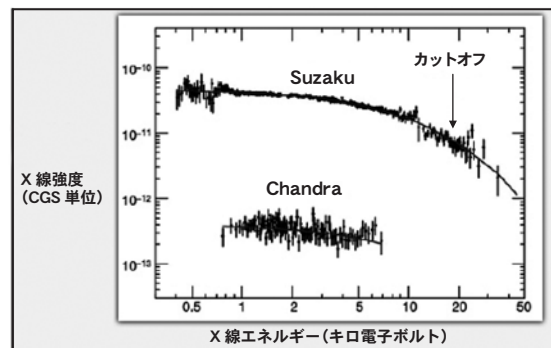
高解像度のX線像が得られる「チャンドラ」衛星で2000年、2005年、2006年に超新星残骸のX線スポットを観測したところ、X線強度が約1年間のタイムスケールで増大・減衰することを発見した(表紙カラー図参照)。この様に急激なX線強度の変動は、このX線が宇宙線に含まれるほぼ光速に近い電子によるシンクロトロン放射で生成されていること、また電子が強大な磁場中で加速されていることを示しており、宇宙線の加速に伴い、超

新星爆発で形成された衝撃波において、通常の星間磁場の100倍以上の強度、1ミリガウスまで磁場が増幅されていることになる。また、このような磁場の強度から、地上の望遠鏡で観測された超高エネルギーガンマ線は、このような磁場で加速された宇宙線陽子による中性パイ中間子の生成と崩壊によるものであることも判明した。

「すざく」衛星による広いエネルギー領域のX線スペクトル観測から、10キロ電子ボルト以上のエネルギー領域で急激にX線の強度が弱まること(カットオフ)が発見された(図表)。この発見から、衝撃波統計加速理論で考えられるほぼ最大のエネルギー増幅率で電子が加速されていることが判明した。

これらのことから、宇宙線の陽子が少なくとも1ペタ電子ボルト(ペタは10の15乗)まで超新星残骸中で加速されているとの論拠が得られた。

X 線スペクトル



出典：Nature(参考¹⁾から転載)

参 考

- 1) 「超新星爆発の衝撃波で宇宙線は極めて短時間 (1年程度) で加速されていたー「すざく」衛星とアメリカの「チャンドラ」衛星のX線観測より発見ー」(<http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2007/1004.shtml>)
- 2) “Extremely fast acceleration of cosmic rays in a supernova remnant”, 内山泰伸他、Nature、2007年10月4日