

# X 線天文衛星すざくによる超新星残骸 Cygnus Loop の観測

大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻 M1 米森愛美

## 1. 超新星残骸

超新星残骸 Cygnus Loop は白鳥座にある網状星雲としてもよく知られている。質量は太陽の 15 倍程度で、X 線で輝く重力崩壊型の超新星残骸である。現在は断熱膨張期から放射冷却期にさしかかっている古い超新星残骸であり、距離は 540 pc と近く、視直径  $2^{\circ}.5 \times 3^{\circ}.5$  と大きい。今回はこの超新星残骸 Cygnus Loop についてのレビューを行う。

まずは超新星爆発とその痕跡である超新星残骸について述べる。恒星は星間物質の密度の濃い部分が収縮して星ができる。その恒星の質量が 8 太陽質量以上のときを大質量星といい、恒星の中心で核融合による元素合成を行う。やがて重力崩壊をおこして超新星爆発がおこり、その痕跡が超新星残骸となる。宇宙には最初軽い元素しか存在しなかったが、私たちの体を構成しているうちの重元素は、もとは恒星が進化する過程で作られ、超新星爆発によって供給されたものなのである。

次に超新星残骸の進化過程について述べていく。爆発後 1 年までは超新星と呼び、X 線観測により爆発直後の噴出物を観測することができる。爆発後 1000 年までは若い超新星残骸と呼び、進行波による星周物質や反射波による噴出物の加熱をしていく段階である。加熱されたところが X 線で光るので、加熱された一部の噴出物が X 線で観測できる。爆発後 10000 年経つと古い超新星残骸と呼び、X 線観測により噴出物の全貌が明らかになる。重元素の生成過程より中心に重元素、まわりに軽い元素が存在することが期待される。以上のことから噴出した重元素の分布の全貌を明らかにできるのは古い超新星残骸の X 線観測のみであり、古い超新星残骸である Cygnus Loop は噴出した重元素の分布の全貌を明らかにすることに有効であると言える。

## 2. すざく衛星

Cygnus Loop を観測している衛星のうちの一つである「すざく」衛星について述べる。我が国で 5 番目となる X 線天文衛星「すざく」(Astro-E2 衛星) は、2005 年 7 月 10 日に打ち上げられた。搭載機器としては X 線反射望遠鏡、X 線 CCD カメラ、硬 X 線検出器、X 線マイクロカロリメータがある。その内の Cygnus Loop を観測する X 線 CCD カメラはエネルギー帯域が 0.2~12 keV で、典型的なエネルギー分解能は 130 eV とすぐれたエネルギー分解能を持っている。

## 3. 観測結果

図 1 はすざく衛星の X 線 CCD カメラによって、得られた Cygnus Loop のスペクトルである。縦軸に光子数、横軸にエネルギーをとる。このスペクトルは重元素からの特性 X 線による輝線を見ており、輝線強度から噴出物の組成を明らかにする元素の密度(総量)がわかる。場所ごとにフィッティングすれば重元素分布が得られる。実際に重元素分布を見てみたものが図 2 である。これは

酸素、ネオン、マグネシウム、シリコン、鉄のそれぞれの元素の分布を示している。明るいとところほど元素が多く存在していることを示している。また黒の×印は幾何学中心を示しており、紫の+印はSi、Feなどの重元素の分布中心を示している。分布をみると、紫の+を中心にしてシリコンと鉄はその中心付近に、酸素、ネオン、マグネシウムなどの比較的軽い元素はその周りに分布し、爆発前の星の層構造、つまり玉ねぎのような構造を反映していることがわかる。

図3の左の図はシリコンの元素の分布を示している。先ほどと同様に明るいとところほど元素が多く存在していることを示している。また黒の×は幾何学中心を示しており、青色の+はシリコン、鉄などの重元素の分布中心を示している。青色の円からCygnus Loopを円と仮定したときに確かに黒色の×が幾何学的中心になっていることがわかる。また、重元素の分布中心が幾何学的中心から右下にずれていることが確認できる。図3の右上の図がX線で観測したCygnus Loop全体の図であり、緑で囲った部分が南の破れと言われる幾何学的的に破れている領域である。この部分についてシリコンの分布がどうなっているのかを示したものが図3の右下の図である。明るいとところほど元素が多く存在していることを示しているので、この南の破れにシリコンがたまっていることが伺える。

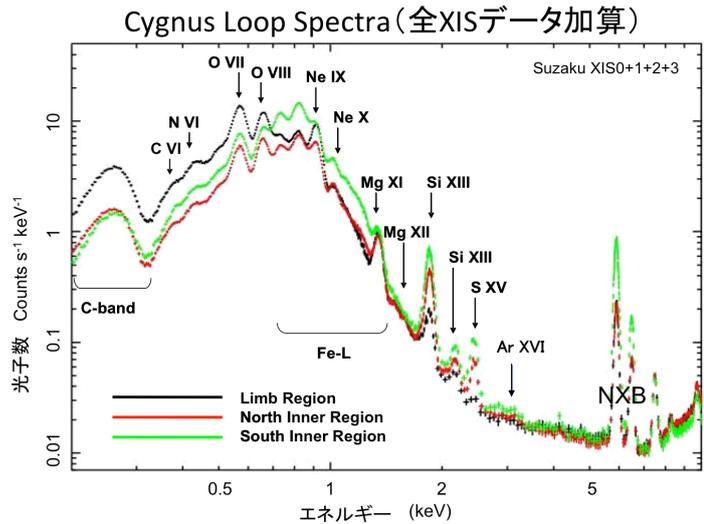


図1: Cygnus Loop のスペクトル

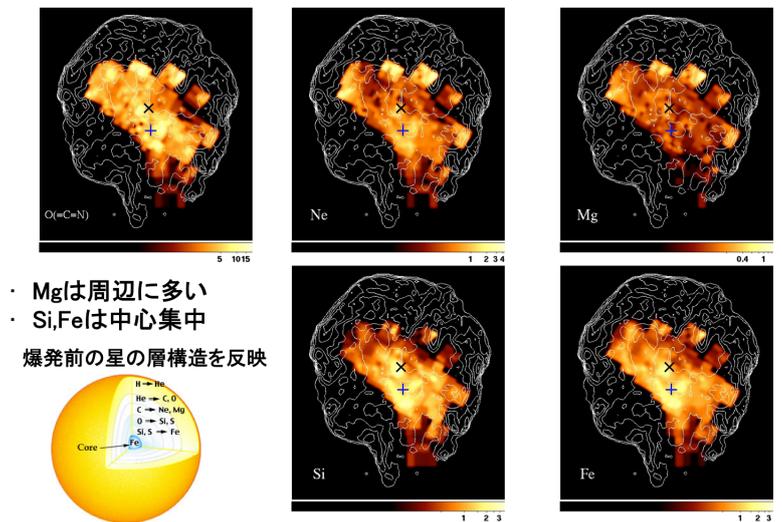


図2: Cygnus Loop の爆発噴出物の重元素分布

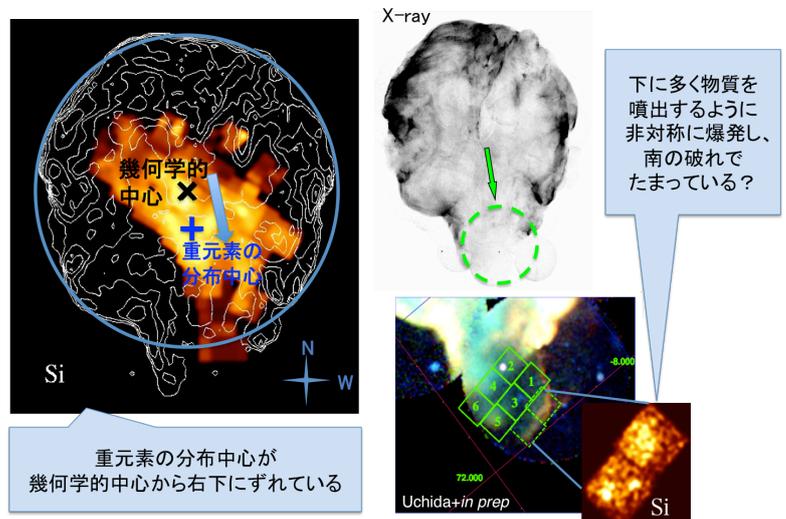


図3: Cygnus Loop の南の破れと重元素分布

つまり、Cygnus Loop は下に多く物質を噴出するように非対称に爆発し、あたかも重元素の分布中心で爆発したかの様にみせているのである。そして、非対称に爆発したためシリコンが下に噴出され、南の破れでたまっていると解釈できる。

南の破れについて述べてきたが、西側にも小さな破れがあることがわかっている（図 4）。この西の破れは直径  $0.5^\circ$  のきれいな半円形であり、高温ガスが一点から噴き出しているものだと思われる。噴出物を直接測定して組成を明らかにし、どのような星が爆発したのかを決定するため現在解析を進めている。

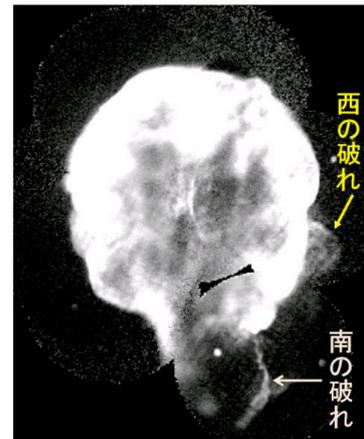


図 4 : Cygnus Loop の  
南の破れと西の破れ

#### 4.まとめ

- Cygnus Loop は古い超新星残骸であり、噴出した重元素の分布の全貌を明らかにするのに有効である。
- スペクトルの輝線から存在する元素がわかる。
- 重元素分布の観測では Si, Fe は中心付近に、比較的軽い元素はその周りに分布し、玉ねぎ構造を反映している。
- Fe、Si の分布中心は幾何学的中心から右斜め下にずれており、南の破れで Si がたまっているように見える。
- 西の破れについては解析を進める必要がある。