

Title	X-ray study of the Crab Nebula with Chandra
Author(s)	森, 浩二
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44059">https://hdl.handle.net/11094/44059</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	森 浩 二
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 17241 号
学位授与年月日	平成 14 年 6 月 28 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学位論文名	X-ray study of the Crab Nebula with Chandra (チャンドラ X 線天文衛星を用いたカニ星雲の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 常深 博  (副査) 教授 高原 文郎 教授 交久瀬五雄 教授 砂村 継夫 助教授 林田 清

#### 論文内容の要旨

カニ星雲はパルサー星雲のプロトタイプであり、そのエネルギー源はパルサーのスピンダウンエネルギーである。そのエネルギーのほとんどは、パルサー風と呼ばれる電子・陽電子プラズマの生成・加速に使われる。赤道面に沿って放出されたパルサー風は、周囲のガスと衝突して衝撃波を形成し、圧縮過熱されたパルサー風がシンクロトロン放射でパルサー星雲として輝く。X 線で見たカニ星雲は、パルサーから噴出すジェットに対して軸対称の構造であり、赤道面には内側から順に、衝撃波に対応するインナーリングと、その外側にドーナツ状のトーラスがある。我々は、このカニ星雲を、過去の衛星に比べて空間分解能が一桁高いチャンドラ X 線天文衛星を用いて、2000 年 11 月 3 日から 2001 年 4 月 6 日までの約 5 ヶ月間、8 回の観測をおこなった。

我々は 8 回の観測を通して、インナーリングから赤道面を外向きに動いていく、moving wisp と呼ばれるヒモ状の構造を 4 つ検出した。Moving wisp は可視広域ではその存在が知られていたが、X 線領域では我々が初めて検出した。4 つの moving wisp はそれぞれ、運動方向、誕生した時間ともに異なっていたが、それらの速度はどれも等速で  $\sim 0.45c$  であることがこの観測により明らかになった。また、我々はカニ星雲全体に渡って、X 線スペクトルが空間的に変化していく様子を秒角のスケールで初めて示し、どの領域のスペクトルもベキ関数で再現できることを明らかにした。スペクトルの変化はベキの傾き  $\alpha$  の変化であらわされる。赤道面に沿ってその変化をみると、トーラスの内側では表面輝度の変化によらず  $\alpha \sim 1.9$  で一定であったが、その周辺領域ではより外に進み表面輝度が下がるにつれ  $\alpha$  が  $\sim 2.5$  にまで大きくなることがわかった。

我々は、上記の moving wisp とスペクトルの観測結果を、カニ星雲の標準モデル (Kennel & Coroniti 1984, ApJ 283, 69) と比較した。これまで moving wisp は、それが粒子の流れなのか、もしくはそれを伝わっていく波なのかということもわかっていなかった。標準モデルでは、粒子の流れの速度は、衝撃波下流で  $d3$  ( $0.33c$ ) であり、その後、下流に行くにつれ減速していく。波の速度は、相対論的プラズマ中の音速の  $c/\sqrt{3}$  ( $0.58c$ ) であり、見目の速度は流れの速度との和になるのでさらに速い。つまり、moving wisp の  $0.45c$  で等速という観測結果は、これまでの標準モ

デルの枠内では、粒子の流れとも、そこに伝わる波とも説明が見つからない。一方、我々の X 線領域でのスペクトル解析の結果と可視光域でのスペクトル解析の結果を組み合わせることで、トーラスの位置での粒子の流れの速度を  $\sim 1000 \text{ km s}^{-1}$  と見積もった。これは淀みなく粒子が外向きに流れていくと仮定した標準モデルの予想値に比べて、約一桁小さく、トーラスの位置で流れが停滞していることを示している。

このように、我々は、X 線領域で初めて **moving wisp** を検出し、その速度が  $\sim 0.45c$  で等速であることを明らかにした。また、スペクトルの変化を秒角のスケールで示し、トーラスの位置での粒子の流れの様子を明らかにした。これらの観測結果はこれまでの標準モデルの枠内では説明が見つからない。

#### 論文審査の結果の要旨

申請者の研究により、X 線領域で初めて、カニ星雲の構造の時間的変化と X 線スペクトルの空間的変化が明らかになった。また、それらの結果に基づいた考察から、これまでの標準モデルに変更が必要であることを指摘した。その手法は独創的であり、これまでにない新しい結論を得るに至った。よって、申請者の論文を、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。