



|              |                                                                                   |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | X-ray Observation of X-ray Binary Pulsar Centaurus X-3 with RXTE                  |
| Author(s)    | 幸村, 孝由                                                                            |
| Citation     | 大阪大学, 2002, 博士論文                                                                  |
| Version Type | VoR                                                                               |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/1856">https://hdl.handle.net/11094/1856</a> |
| rights       |                                                                                   |
| Note         |                                                                                   |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

|               |                                                                                                                                    |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名           | こ う む ら た か よ し<br>幸 村 孝 由                                                                                                         |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (理 学)                                                                                                                          |
| 学 位 記 番 号     | 第 1 6 7 9 5 号                                                                                                                      |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 14 年 3 月 25 日                                                                                                                  |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>理学研究科宇宙地球科学専攻                                                                                                  |
| 学 位 論 文 名     | X-ray Observation of X-ray Binary Pulsar Centaurus X-3 with <i>RXTE</i><br>( <i>RXTE</i> 衛星を用いた X 線連星パルサー・ケンタウルス座 X-3 の X 線<br>観測) |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 常 深 博<br><br>(副査)<br>教 授 高 原 文 郎 京都大学教授 小山 勝二<br>立教大学教授 北本 俊二 助教授 林田 清                                                 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

我々は、米国の X 線天文衛星「*RXTE*」で得られた観測データの解析をもとに、X 線連星パルサーケンタウルス座 X-3 (Cen X-3) の X 線放射機構の研究を行なった。

Cen X-3 は、X 線連星パルサーの中でも最も明るい天体の一つであり、O 型超巨星と中性子星からなる星食型の近接連星パルサーである。その自転周期と軌道公転周期についてはそれぞれ、 $\sim 4.8$  秒、 $\sim 2.1$  日と知られている。これまでの X 線観測により、そのエネルギースペクトルから  $\sim 6.4$  keV 付近に、低電離あるいは、ほぼ中性と考えられる強い鉄輝線が観測されている。この鉄輝線の起源については、中性子星の周辺物質に、中性子星からの連続 X 線が照射することによる蛍光 X 線ではないかと考えられていた。しかし、その放射領域については未だ決定的な観測事実はなく、*Ginga* や *ASCA* 衛星の観測から、中性子星から  $< 3 \times 10^{10}$  cm 程度離れた領域であるという制限しか付けられていなかった (Nagase et al. 1992; Ebisawa et al. 1996)。

この鉄輝線の起源が、中性子星からの連続 X 線が中性子星の周辺物質を照射することによる蛍光 X 線であるならば、蛍光鉄輝線はそれ以外の連続 X 線に比べ光路差に相当する時間だけ遅れて強度変動することが期待される。そこで我々は、「*RXTE*」で観測した Cen X-3 のデータを用い、蛍光鉄輝線と、それ以外の連続 X 線の強度変動の時間差を、クロススペクトルを使って解析を行なった。我々が解析を行なった 5 回の観測データの内、3 回の観測データから蛍光鉄輝線が連続 X 線に比べ遅れて強度変動していることを発見した。また残り 2 回の観測データからも統計的に有意とは言えないまでも、他の 3 回の解析結果と矛盾しない結果が得られた。例えば、1997 年 2 月の観測結果から、連続 X 線に比べ  $(6.0 \pm 2.4)$  ms だけ蛍光鉄輝線が遅れて強度変動していることを発見した。その結果を用い、蛍光鉄輝線の放射領域が、中性子星の周りに球対称に分布していると仮定し、中性子星と蛍光鉄輝線の放射領域までの距離を  $(1.8 \pm 0.7) \times 10^8$  cm と決定した。また、Cen X-3 のパワースペクトルから、 $\sim 40$  mHz の準周期的変動 (Quasi Periodic Oscillation; QPO) が観測された。この周波数を Beat Frequency Model (BFM) (Alpar & Shaham 1985) に適用すると、中性子星から降着円盤の内縁までの距離が  $3.7 \times 10^8 \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right)^{1/3}$  cm ( $M$ : 中性子星の質量;  $M_{\odot}$ : 太陽質量) と求められ、我々がクロススペクトルから計算した蛍光鉄輝線を放射している領域までの距離よりも遠いことがわかった。

我々は、クロススペクトルを使って求めた蛍光鉄輝線の放射領域までの距離が、BFM から求めた降着円盤の内縁

までの距離よりも中性子星に近いという結果について、蛍光鉄輝線は降着円盤の内縁だけでなく、中性子星と降着円盤を結ぶ降着流からも放射していると考えている。

さらに、クロススペクトルの解析結果から、連続X線についても、エネルギーの高い連続X線ほど、低いものに比べ早く時間変動していることも発見した。この発見は、中性子星の磁極付近での連続X線の放射機構を解くカギになると、我々は考えている。

### 論文審査の結果の要旨

一般的にX線星の強度時間変動は、パワースペクトルが使われる。幸村君は、時系列解析において、それをさらに進めたクロススペクトルを用い、ケンタウルス座 X-3 と呼ばれる X 線連星パルサーの研究を進めた。ケンタウルス座 X-3 は、軌道周期が 2.1 日、パルス周期が 4.8 秒の典型的な質量降着型 X 線パルサーである。そのスペクトルには、中性と高階電離した強い鉄輝線が見られ、X 線星の食の観測から、高階電離した鉄輝線はパルサー周辺から、中性の鉄輝線はかなり離れたところから来ていることが判っている。幸村君は、アメリカの X 線観測衛星 RXTE の観測データを用い、クロススペクトルを使った解析から、中性鉄輝線の放射領域がパルサーから  $(1.8 \pm 0.8) \times 10^8 \text{ cm}$  離れていることを見つけた。この値は、従来までの上限値 ( $3 \times 10^{10} \text{ cm}$ ) から、二桁以上も小さな値として決定したことになる。この研究では、クロススペクトルを上手に用いた点が独創的である。幸村君の結果は、X 線パルサーからの連続 X 線が、その周りの降着円盤の内縁あるいはその降着流を照射することによる蛍光鉄輝線であることを観測的に初めて明らかにしたものである。以上の観点から、博士論文として十分価値あるものと認める。