

VLBI Astrometry of Semiregular Variable RX Bootis

鹿児島大学大学院理工学研究科 M2

亀崎達矢

中川亜紀治、面高俊宏、倉山智春、

今井裕、西田芳郎、松井真(鹿児島大学)

永山匠、本間希樹、宮地竹史、小林秀行(国立天文台)

竹内峯(東北大学)

変光星の中には、変光周期と絶対等級の間に周期光度関係と呼ばれる関係性を持っている星がいる。長周期変光星(例えばミラ型変光星や半規則型変光星)の周期光度関係は大マゼラン雲(LMC)で発見されて以来、長く研究されている。周期光度関係を使うと変光星までの距離を知ることができる。周期光度関係の詳細な研究で周期光度関係には複数の系列があり、この複数の系列は脈動のモードの違いにより生じることがわかっている。

天の川銀河内の星についても周期光度関係は研究されているが、その関係を正確に作り上げるためにさらなる研究が必要である。LMCでの場合、LMC内のすべての変光星は同じ距離にいると仮定し、みかけの等級を使って周期光度関係を研究してきた。一方で天の川銀河では変光星までの距離は相対的に大きく異なっている。天の川銀河で周期光度関係を正確に決定するためには、正確な距離とみかけの等級をより多くの変光星に対して測定しなければならない。そこで VLBI という方法を用いて年周視差を測定することで距離を求める。

多くの長周期変光星の中でも、うしかし座 RX 星(RX Boo)は異なる 2 つの周期を持っている大変興味深い天体である。この天体は半規則型変光星 b 型(SRb)に分類され、ミラ型変光星や SRa 型変光星と比べ、振幅が小さく変光の規則性に乏しい。振幅が大きく規則正しい変光を示す変光星は天の川銀河でも LMC でも共通の周期光度関係を持つことが知られている。RX Boo の持つ 2 つの周期が周期光度関係上でどのような位置にあるのか調査することは興味深い。RX Boo の年周視差を求ることで SRb 型変光星の性質を明らかにすることに役立つ。

我々は VLBI Exploration of Radio Astrometry (VERA) を用いて RX Boo に付随する水メーザーの VLBI 観測を 2008 年 2 月から 2009 年 10 月まで約 1 ヶ月間隔で行った。VERA は 4 つのアンテナで構成され、位相補償 VLBI のために作られた電波望遠鏡である。VERA の 2 ビーム機構を使うことで目標天体と参照電波源と呼ばれる位置基準となる天体を同時に観測することが出来る。このシステムにより 2 天体間の大気のゆらぎの影響を打ち消すことが可能である。このシステムを使って RX Boo の星周メーザーの位置を決めるために RX Boo と連続波源 J1419+2706 を同時に観測した。

観測の結果、我々は視線速度 $V_{LSR} = 3.2 \text{ km s}^{-1}$ の成分のメーザースポットを検出した。このメーザースポットの参照電波源に対する位置を最小二乗フィットすることで年周視差を求め、RX Booの年周視差 ϖ は $\varpi = 7.31 \pm 0.50 \text{ mas}$ と求めることができた。これは $136_{-9}^{+10} \text{ pc}$ の距離に相当する。また固有運動は $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = 24.55 \pm 1.06 \text{ mas yr}^{-1}, -49.67 \pm 2.38 \text{ mas yr}^{-1}$ と求められた。

我々が求めた年周視差と固有運動を過去の結果と比較する。過去に高精度視差観測衛星HIPPARCOSがRX Booを観測している。HIPPARCOSによって測定された年周視差 ϖ_{HIP} は $\varpi_{HIP} = 6.42 \pm 1.00 \text{ mas}$ 、固有運動は $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (21.74 \pm 0.90 \text{ mas yr}^{-1}, -49.70 \pm 0.49 \text{ mas yr}^{-1})$ である。我々の結果とHIPPARCOSの結果を比較すると年周視差と赤緯方向の固有運動は一致しているが、赤経方向の固有運動は一致していない。これは我々の観測対象がRX Booの星周にあるメーザーであり、HIPPARCOSは星自体を観測した為だと考えられる。この固有運動の差はメーザーの内部運動だと考えられる。この差は、 $(\Delta \mu_\alpha \cos \delta, \Delta \mu_\delta) = (2.81 \text{ mas yr}^{-1}, 0.03 \text{ mas yr}^{-1})$ であり、ポジションアングルは -89.4° である。この結果は Winnberg et al. (2008) の結果と一致している。

我々の求めた距離を使ってRX Booの周期光度関係上での位置を議論する。我々の求めた距離と実視等級 -1.85 mag (Glass & van Leeuwen 2007) から絶対等級は $-7.53_{-0.15}^{+0.14} \text{ mag}$ である。RX Booの周期は以前からよく議論されてきた。過去の研究からRX Booが2つの周期を持っていることは明らかである(表参照)。過去の研究を踏まえた上で提示された結果である Speil (2006) の 159.6 日と 278.0 日を採用する。RX Booの2つの周期はCとC'の系列上に位置している。系列Cはミラ型変光星やSRaの変光星が位置する系列で、系列C'はSRbの変光星が位置する系列である。この系列は脈動のモードと示すので、2つもモードが同時に存在するということはRX Booが系列CとC'の間を移動しているという証拠かもしれない。

また、RX-Booの半径を二通りの方法で求め、その半径は約 $270 R_\odot$ であり、光度は約 $3700 L_\odot$ 、質量は約 $1 M_\odot$ であった。算出された質量と光度からRX-Booはゆっくりと進化している段階である、ということがわかった。このような計算はRX-Booがまだ mass loss がそれほど大きくないという事実と一致していて、これから mass loss が大きくなるのではないかと考えられる。

表:RX-Booの周期

周期(日)		参考文献
短周期のグループ	長周期のグループ	
160.0	302.0	Taylor (1987)
179.1, 164.0	352.0	Andronov & Kudashkina (1988)
162.3	304.7	Mattei et al. (1997)
	340.0	Previous version of GCVS(※)
159.6	278.0	Speil (2006)
162.3		GCVS(※)(Samus et al. 2009)

※ GCVSはGeneral Catalogue of Variable Starsのことである。

図：年周視差のフィッティングの結果

