

分光観測による激変星QR Andのジェット velocity の算出

米川 将馬、奥田 隼史、木下 彩、棚橋 浩佑(高2)【奈良県立青翔高等学校】

要旨

本研究では、分光観測の結果から激変星QR Andのジェット velocity を推測することが目的である。降着円盤とジェットそれぞれの由来と考えられるH α 線を観測し、その波長のずれから光のドップラー効果の式を用いて、観測者に対するジェットの視線速度を求めた。また、Deufelら(1999)^[1]によるとジェットは双方向に噴出されていると考えられているが、本研究では、赤方偏移したジェットのH α 線しか観測されなかったため、その要因を考察した。

1. はじめに

激変星QR Andは、白色矮星と恒星からなる食連星で、主星である白色矮星の周りには降着円盤が形成されており、宇宙ジェットが放出されていると考えられている^[2](図1)。Deufelら(1999)^[1]によると、図2に示すように、降着円盤のH α 線(H α)以外に、ジェットの青方偏移したH α 線(S1)、赤方偏移したH α 線(S2)の両方が観測されていた。

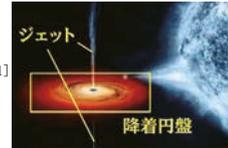


図1 ジェット、降着円盤の概念図
(出典:NASA <https://chandra.harvard.edu/photo/2011/cygn1/>)

2. 目的

中分散分光観測で、降着円盤から発せられるH α 線とジェットから発せられるH α 線を観測し、その波長の変化から、ジェットの視線速度を求める。また、観測日ごとのジェットの視線速度の変化があるかを調べ、変化の特徴を調べたい。

3. 方法

(1)観測 岡山県美星天文台にて QR And の中分散分光観測を行った。

スリット幅は120 μ m、中心波長は6500Åである。

1回目:2025年9月14日 8枚を撮影。2回目:2025年11月8日 5枚を撮影。

(2)データ解析 すばる画像解析ソフト「Makali`i」(国立天文台・(株)アストロアーツ)を用いて一次処理を行い、光のむらやノイズの除去を行った。その後、分光データ解析ソフト「Be Spec」(川端哲也氏)を用いて図3のグラフを作成し、降着円盤及びジェットのH α 線の波長を読みとった。

(3)ジェットの視線速度をドップラー効果の式($\Delta v = c \cdot \Delta \lambda / \lambda$)

(v :ジェットの視線速度 c :真空中の光速 λ :降着円盤のH α 線の波長

$\Delta \lambda$:降着円盤とジェットのH α 線の波長のずれ)を用いて算出した。

4. 結果

降着円盤のH α 線(H α)・ジェットの赤方偏移したH α 線(S2)のみ観測され、青方偏移したH α 線(S1)は観測されなかった(図3)。波長の測定とジェットの視線速度の導出は観測された2つの輝線で行った。ドップラー効果の式より、9月14日の観測での視線速度の平均は(7.0 \pm 0.3) $\times 10^2$ km/s、11月8日の観測での視線速度の平均は(7.7 \pm 0.4) $\times 10^2$ km/sとなった。この2日の観測から求められた速度の間には、p値0.021(Welchのt検定)から、両者の間に有意な差が認められた。また、軌道傾斜角を55 $^\circ$ として^[3]ジェットの速度を求めると、それぞれ(12.2 \pm 0.5) $\times 10^2$ km/s、(13.4 \pm 0.7) $\times 10^2$ km/sとなった。これらは、白色矮星の脱出速度程度であるため、ジェットは、降着円盤の中心部で白色矮星周辺部から放出されていると考えられる。

5. 考察

Deufelらの研究では、S1、S2の両方が観測されたが、本研究では、S2のみ観測された。この要因として、(1)S1のジェットが伴星に物理的に隠されている。(2)横ドップラー効果により、ジェットのH α 線が双方向どちらのジェットについても、赤方偏移し、S1が降着円盤のH α 線と重なった。の2つの可能性を考えた。しかし、(1)については、赤方偏移する側のジェットが伴星に隠されることがあっても、青方偏移する側のジェットは隠されにくいこと、(2)については、今回のような速度の大きさの場合、横ドップラー効果は無視できることから、新たに、(3)ジェットが双極ではなく、一時的に赤方偏移側のみになったか、青方偏移側の速度がかなり弱まったという可能性を考えた。

6. 今後の展望

観測日ごとの視線速度の変化については考察したが、ジェットの歳差運動の可能性までは検討できなかった。過去のデータの収集や追加の観測からQR Andの歳差運動の可能性を検討したい。

7. 謝辞

大阪教育大学教育学部松本先生、福江先生には研究のご助言を頂き、美星天文台の伊藤様には観測をご指導頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

8. 参考文献

- [1] Deufelら Detailed optical studies of the galactic supersoft X-ray source QR And (RX J0019.8+2156), Astronomy and Astrophysics, v.343, p.455-465, 1999
- [2] 松本 桂, 超・宇宙を解く 一現代天文学演習(福江 純・沢 武文 編), 恒星社厚生閣, pp.142-144, 2014
- [3] Lei Zangら, Light and period variations in the supersoft X-ray source QR And (= RXJ0019.8 + 2156), MNRAS 522, 2732-2738, 2023

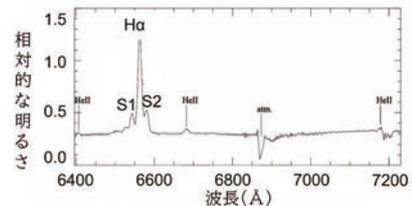


図2 DeufelらによるQR Andのスペクトル
(測定日:1996年10月から12月の15日間)

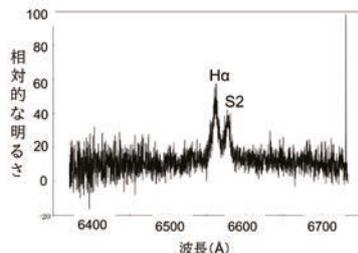


図3 本研究で得られたQR Andのスペクトル
(測定日:2025年9月14日と11月8日)