

1.はじめに

激変星QR And^[1]

主星：白色矮星 } 連星
伴星：主系列星連星

降着円盤：天体の周りにガスが降着し、円盤状に回転しているもの

ジェット：ガスが細く絞られて一方向または双方向に噴出するもの(図1)



図1 ジェット、降着円盤の概念図 (出典:NASA <https://chandra.harvard.edu/photo/2011/cygx1/>)

Deufelら(1999)^[2]から

降着円盤のH α 線(H α)に加えて

- ・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る(図2)

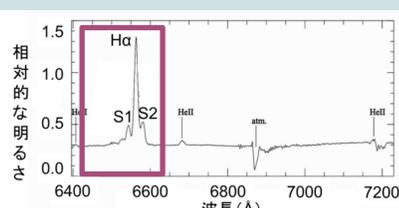


図2 DeufelらによるQR Andのスペクトル (測定日：1996年10月から12月の15日間)

2.目的

- (1)ジェットの視線速度および実速度を求める
- (2)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、周期性があるかを調べる

3.実験方法

(1)観測

岡山県美星天文台にてQR Andの高分散分光観測

【望遠鏡】口径1010mm 焦点距離12120mm フォールデットカセグレンS焦点
【分光器】スリット幅120 μ m グレーティング1800/mm カメラの焦点距離400mm
分解能R=15000 (6500 Å付近)

1回目 2025年9月14日 露光20分×8枚 2回目 2025年11月8日 露光20分×5枚

(2)データ解析

①一次処理(図3)

※光のムラ、画面に生じるノイズなどを除去する
すばる画像解析ソフト「Makali'i」

②スペクトル図作成

波長の読み取り(図3)

分光データ解析ソフト「Be Spec」

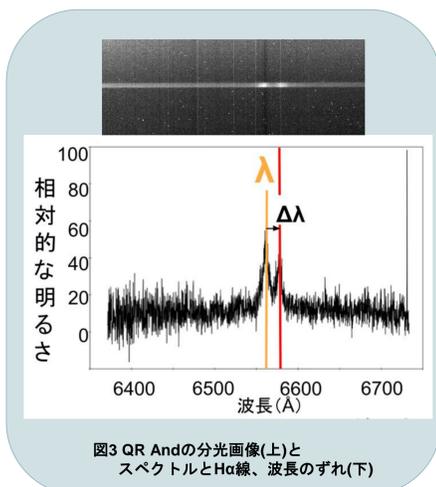


図3 QR Andの分光画像(上)とスペクトルとH α 線、波長のずれ(下)

③視線速度算出

光のドップラー効果の式

$$v = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

v：ジェットの視線速度
c：真空中の光速
 $\Delta\lambda$ ：降着円盤とジェットのH α 線の波長のずれ
 λ ：降着円盤のH α 線の波長 (図3)

4.結果

(1)青方偏移したジェットが観測されなかった(図4)

(2)視線速度

9月14日：(7.0 \pm 0.3) $\times 10^2$ km/s

11月8日：(7.7 \pm 0.4) $\times 10^2$ km/s

(3)実速度v'の導出

軌道傾斜角 55°^[3]から

$$v' \sin 55^\circ = v \text{ 視線速度}$$

9月14日：(8.6 \pm 0.4) $\times 10^2$ km/s

11月8日：(9.5 \pm 0.5) $\times 10^2$ km/s

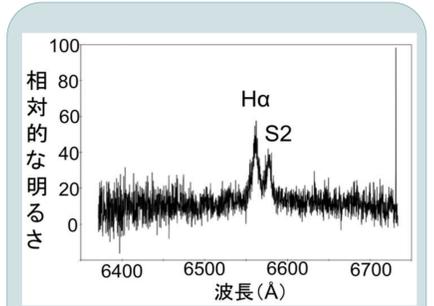


図4 本研究で得られたQR Andのスペクトル

5.考察

青方偏移したジェットが観測されなかった理由

はじめに、以下の3つの理由を考えた。

(1)S1のジェットが伴星に物理的に隠されている

➡ 棄却 青方偏移する側のジェットは隠されにくい(図5)

(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(図6)

➡ 棄却 観測された速度では横ドップラー効果は無視できる

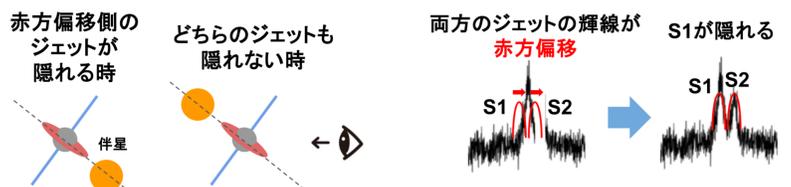


図5 伴星の動きとジェットの見える方

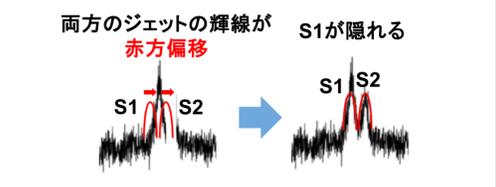


図6 横ドップラー効果によるスペクトルの変化の予想

(3)輝線スペクトルの短波長側に吸収線が作られ(P Cygniプロファイル)、青方偏移したH α 線と重なった(図7)

➡ 棄却 QR AndではH α 線にP Cygniプロファイルは報告されていない^[2]

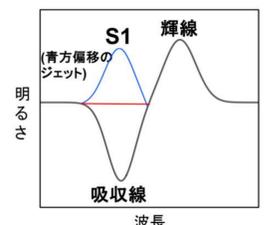


図7 PCプロファイルと青方偏移したH α 線の重ね合わせ

結論として

(4)ジェットが一時的に赤方偏移側のみになったか、青方偏移側のジェットの速度がかなり弱まった

6.今後の展望

追加の観測からQR Andの青方偏移側のジェットが消失した理由の解明、赤方偏移側のジェットの視線速度の変化に周期性があるのかを検討したい。

参考文献

- [1]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
- [2] 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
- [3]Lei Zangら, Light and period variations in the supersoft X-ray source QR And (= RXJ0019.8 + 2156), MNRAS 522, 2732-2738, 2023

謝辞

岡山県美星天文台 伊藤様に観測のご指導、ご協力いただきました。また、大阪教育大学教育学部 松本先生、福江先生にご助言いただきました。この場を借りて、深く感謝申し上げます。