

活動的なアルゴル型連星 U Cepに見られる H α 線プロファイルの変化

市川 良介、吉岡 一男、岡崎 彰 (放送大学)、橋本 修 (ぐんま天文台)

【アルゴル型連星】

片方がロッシュローブを満たしている半分離連星

現在の伴星：誕生時は質量大 → 先に進化 → He 核が出来る → 半径増大 → ロッシュローブを満たす → 質量が現在の主星へ移動 → 質量逆転 → 現在も伴星から主星へガス流 Richards & Albright (1999)

- 長周期 ($P > 6 d$)
主星半径が相対的に小 → accretion disk
- 短周期 ($P < 4.5 d$)
主星半径が相対的に大 → 伴星からガス流が主星に直接衝突 → accretion annulus (降着環) 形成
分布は非対称で不定形かつ不安定 Richards et al. (1996)

【U Cep】

- 公転周期： $P = 2.4930475 d$
- 質量： $M_A = 4.2M_{\odot}$ $M_B = 2.8M_{\odot}$
- 半径： $R_A = 2.9R_{\odot}$ $R_B = 4.7R_{\odot}$ Batten (1974)
- スペクトル：B7Ve + G8 -
- 等級：6.75 - 9.24 V

公転周期変動 → mass transfer rate が極めて高い

光度曲線の変化 → 時々 outburst Olson (1980)

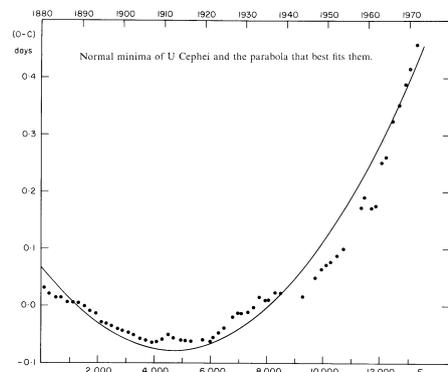
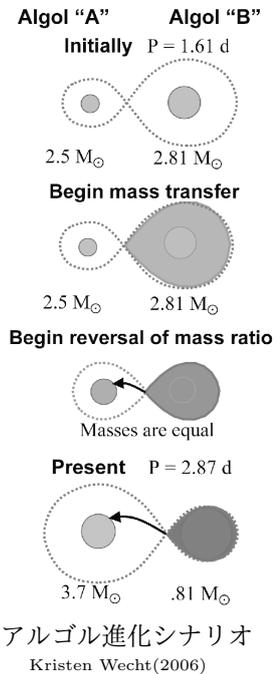
皆既食の H α 輝線の変化 Plavec & Polidan (1975)

流体力学シミュレーション Nazarenko & Glazunova(2003)

UV 領域の分光観測 Tupa et al.(2013)

【研究目的】

- アルゴル型連星の周辺ガスの観測的研究は多い
H α 線の観測：Richards たちのグループが精力的に実施
最近では Doppler tomography も適用されている
- Cep はアルゴル型連星の中で mass transfer rate が際立って高い
しかし、U Cep の H α 線の広範囲にわたる位相変化の高精度の観測例はほとんどない
- 本研究では、高分散分光で U Cep の H α 線プロファイルを観測し、その変化から星周ガスの状況を調べることを目指す
- 本発表はその中間報告



O-C 図 Batten (1974)

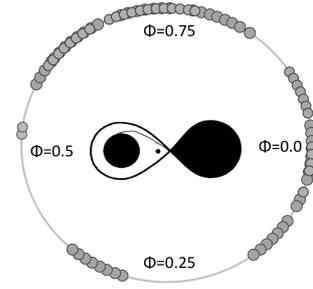
【観測】

県立ぐんま天文台 150cm 反射望遠鏡
高分散分光器 (エシエル分光器) GAOES
filter : Y-44 slit 幅 : 1.0 arcsec
exposre : 1800 sec

観測日 : 2016/01/05 ~ 08 2016/01/26, 27
 2016/03/24 2016/04/19

予測式 : $HJD = 2456857.4567 + 2.493092 \times P$
 Bob Nelson's O-C files, 2016 (01)

ここでは 2016/01/05 時点の公転回数を起点とした



観測データの連星の位相

【データの整約】

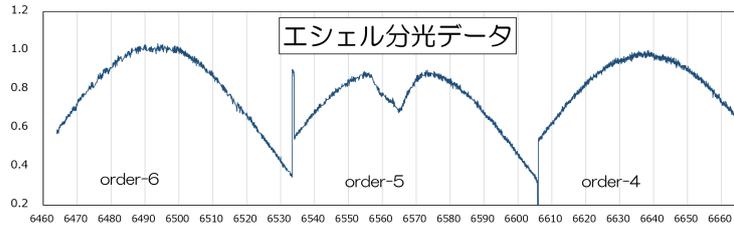
分光データ (例) 2016/01/07
位相 : 1.583

- 1) iraf にて一次元データ化
- 2) コンティニュームを作成

エシエル分光データの長

波長側から order1 として、順番を付けて、目的は order5 のスペクトルデータから、コンティニュームを作成する。

長波長側の order4 と短波長側の order6 の回帰式 (多項式) からの推定値の平均から、一次式で補正したものを order5 のコンティニュームとする。シリウスとレグルスの観測データを用いて処理を確認。



- 3) 連星の大気モデルの計算

・ ATLAS9 Grid of model atmospheres を用いた. Castelli & Kurucz (2004)

U Cep A : $T=13000$ K $\log g = 4.0$ $[Fe/H]=+0.0$ $v \sin i = 300$ km/s

U Cep B : $T=5000$ K $\log g = 3.5$ $[Fe/H]=+0.0$ $v \sin i = 100$ km/s

- 4) スペクトル合成

・ SPECTRUM v2.76 を用いた. Richard O. Gray (2010)

主星 (A) と伴星 (B) で、作成したスペクトルを各々の視線速度を考慮し、食外では 0.8 対 0.2 として合成する。

視線速度振幅 主星 : $K_1 = 120$ km/s 伴星 : $K_2 = 182$ km/s

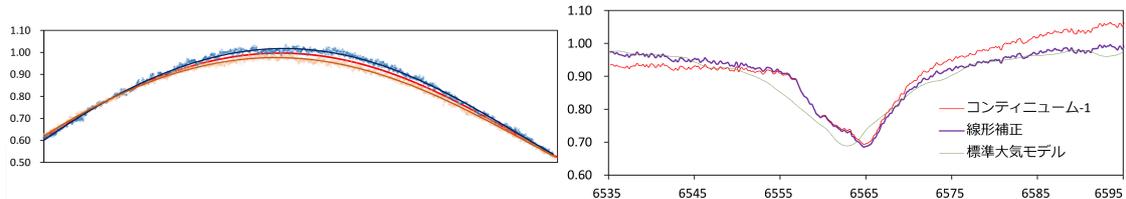
- 5) $H\alpha$ 差分プロファイル

コンティニュームから合成したスペクトルを引いたものを $H\alpha$ 差分プロファイルとする。波長は連星系重心基準とする。連星系の視線速度を $\gamma = -1.0$ km/s とする。

主極小 : $\phi = 0.92 \sim 0.08$ として、副極小 : $\phi = 0.42 \sim 0.58$ とする。

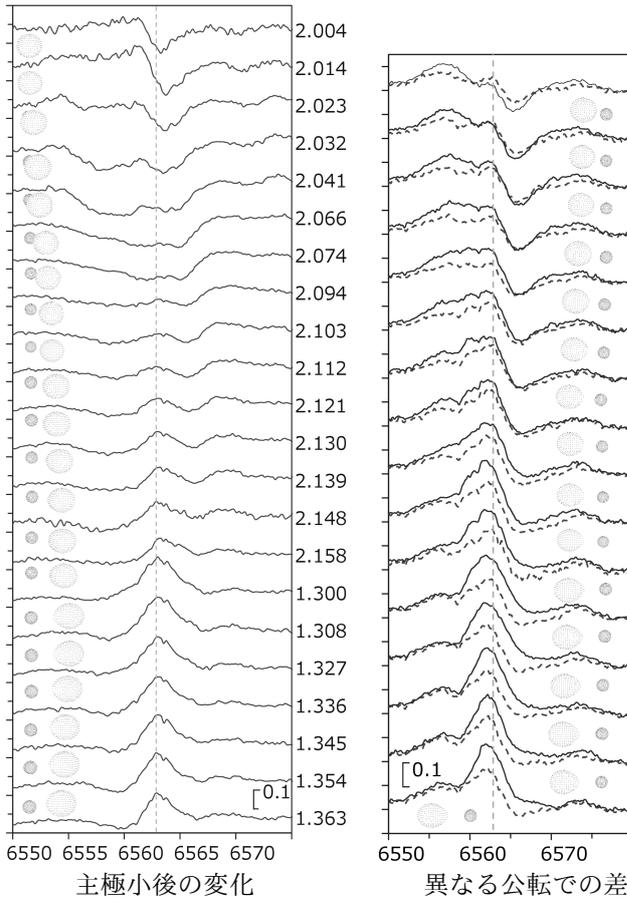
※ 現時点では部分食での Rossiter 効果を考慮していない

$\phi = 1.583$ の処理例



【H α 差分プロファイル】

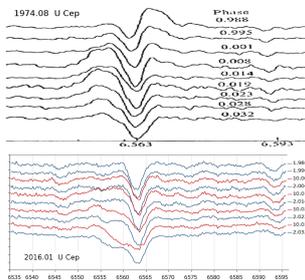
波長は連星系の重心基準



主極小後、redshift した吸収線が消えて、H α の輝線が強くなる。副極小後の変化でほぼ同じ位相でのデータが観測できた。食外の輝線の強度の変化が見られる。

左の図は主星基準の H α 差分プロファイルである。主極小後は redshift した輝線が見られ、副極小後は輝線が blueshift する特徴は Algol のプロファイルに近いが、副極小で大きな吸収が見られるのが他の

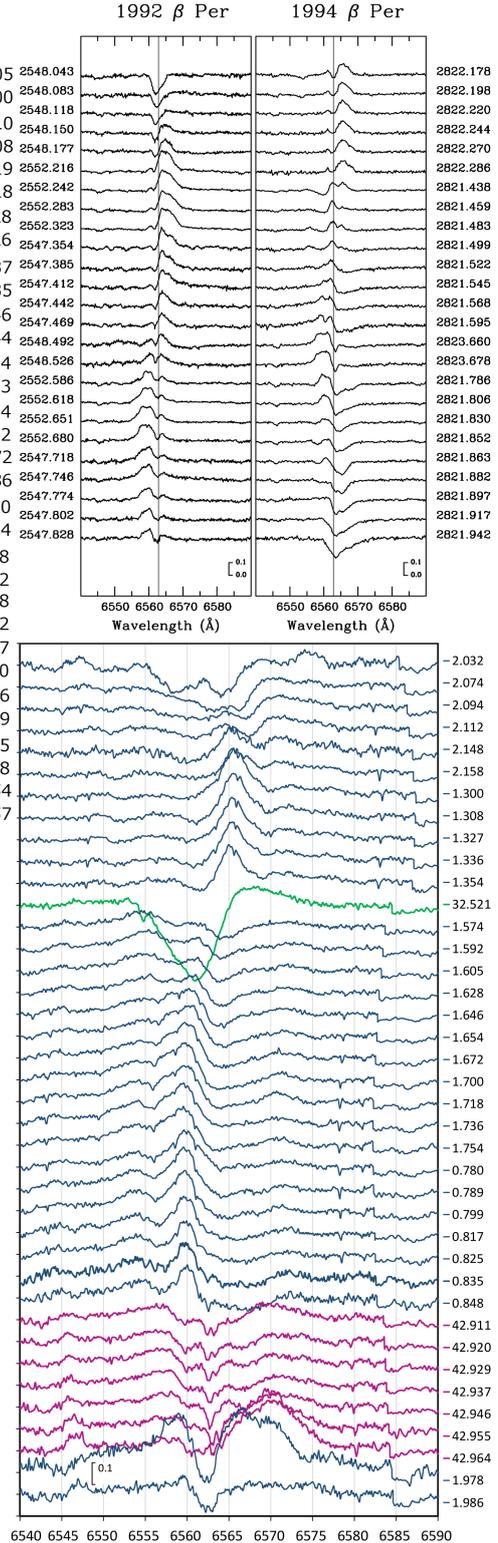
Algol 型の差分プロファイルには見られない特徴である。



【皆既食付近の H α プロファイル】

上の図は 1974 年の outburst 時のプロファイルで、皆既食前は redshift、後は blueshift した輝線が見られる。下の図は今回の観測：主極小前後で輝線は見られない。異なる公転でのデータの比較で、後の観測データは皆既食後の blue 側の吸収が深くなっている

Algol の異なる時期 (主星基準)



【今回の観測事実】

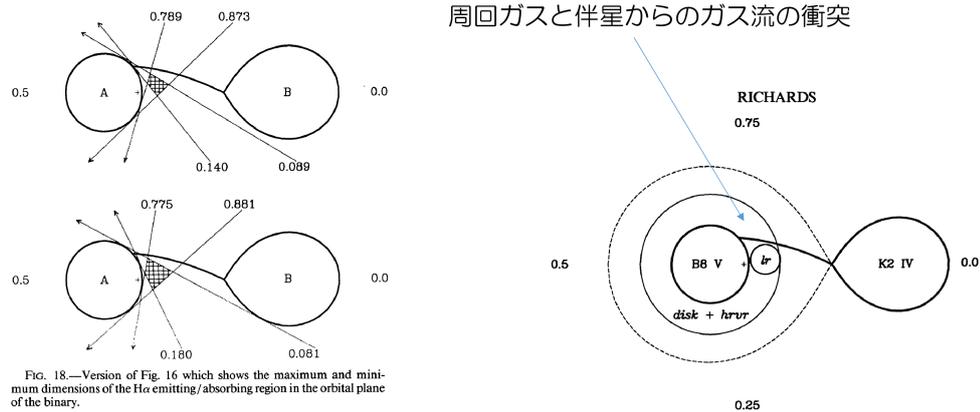
- 主極小（皆既食）の観測時期（2016年1月上旬と下旬）
輝線は見られない → outburst 期ではなかった
同じ期間に食外の輝線強度の系統的变化
- 食外での差分プロファイルの位相変化
アルゴル型のそれと同じ傾向が見られる
- 副極小付近の観測時期（2016年3月中旬）
差分プロファイルでは強い吸収線

【検討】

- 観測時期により差分プロファイルが変化 → 星周物質の変動
副極小での吸収 → スペクトルが透過ではない → Doppler tomography 難しい
- アルゴル型での検討資料からの推定
- Algol の局所的 H α 輝線領域のモデル

CIRCUMSTELLAR MATERIAL IN ALGOL: A STUDY OF THE BALMER LINE PROFILES Richards (1993)

領域：高密度 $N_e \gtrsim 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 低質量 $M \sim 10^{-13} M_{\odot}$



【U Cep の H α 差分プロファイルからの検討】

