

岡山UM 2009、Aug., 20

特異な食連星ぎょしゃ座イプシロン 岡山HIDESによるToO観測



定金晃三、神戸栄治、佐藤文衛、本田敏志

予想されているタイムテーブル

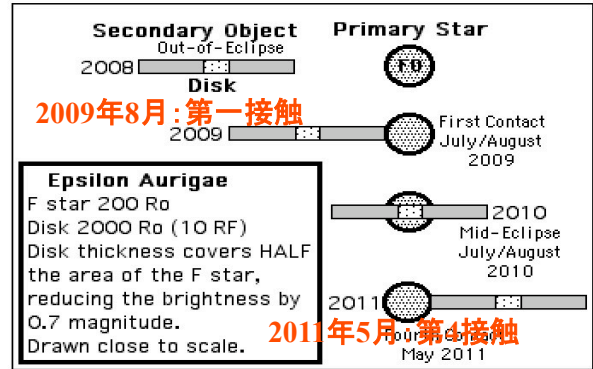


Figure 1 Epsilon Aurigae System Timing Schematic

前回(1982-1984)の食の光度曲線

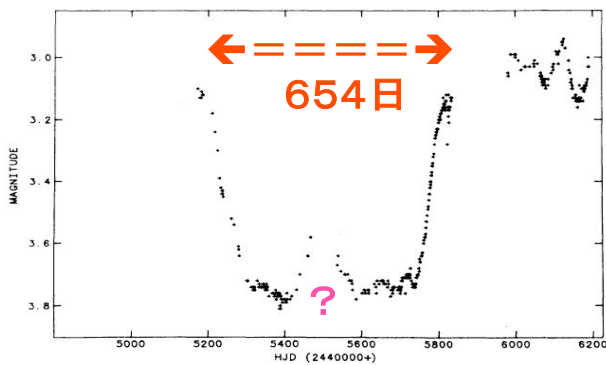
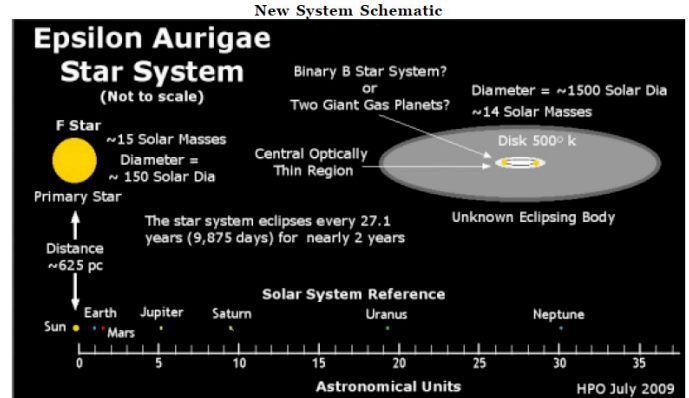


FIG. 1-The 1982-85 eclipse light curve for the V band.

よく引用されるモデル



Canonical Model とは称しているが？

ぎょしゃ座イプシロンの謎

1. 食を起こす灰色の巨大な天体の正体は？
2. 食の中央部で見える一時的な増光の原因は
3. その中心に座る第2体の正体は？
4. 第1体(F0超巨星)の質量や進化段階は？

第1体(主星)について

大質量星説($\sim 15M_{\odot}$) → 第2体が見えないのはおかしい

小質量星説($2\sim 3M_{\odot}$) → そのような状態(ポストAGB)の寿命は極めて短い(<数十年)

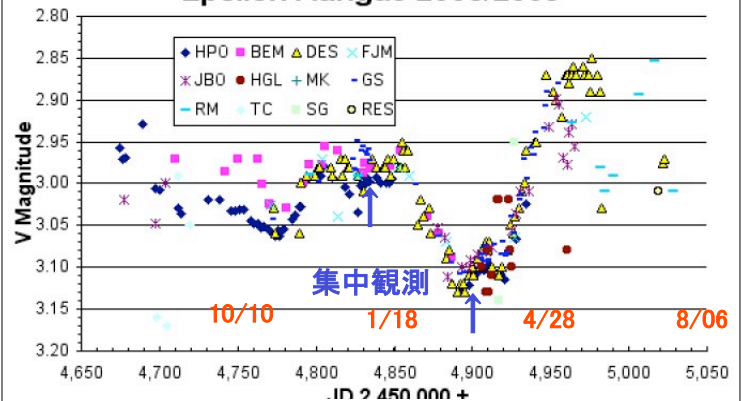
前回の食(1982-1984)での斉藤衛、川端周作両氏の岡山での分光観測 → 伴星を取り巻くディスク起源の吸収線を検出 → 小質量星説

2008年秋から岡山HIDES で観測

- 目標1 **食が始まる前**に高分散かつ高SN分光データを得て、主星大気の物理量を決める。特に重力加速度の大きさから**質量**を推定する。
- 目標2 スペクトル線の波長の微細な変化を観測して、**変光の原因**に迫る。
- 2008年10月1日に最初の観測を行い、2009年5月中旬までに岡山で**39夜分**のデータを得た。
- 群馬天文台での**12夜分**の観測も加えた。
- 重複を除き**220日間で49夜**の観測ができた。

2008年～2009年の光度変化

Epsilon Aurigae 2008/2009



2008年10月1日データの解析

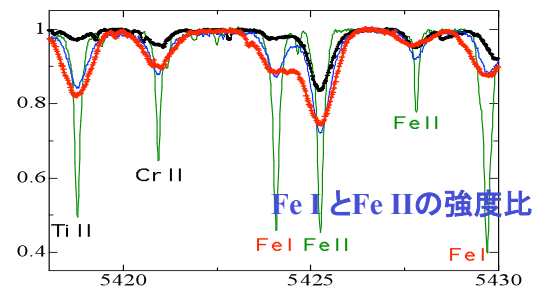
観測波長域 3850 ~ 7500 Å

波長分解能 $R \sim 62000$

SN比 ~ 600 @ 6000 Å

解析: 主にFe IとFe II吸収線の等価幅の測定 →
有効温度、表面重力加速度、微小乱流速度
を求める → 特に $\log g$ の値から質量に制限
を加える

まず似た星と比較



Red: ϵ Aur 2008, Oct, 01

Black: Deneb, A2Ia

Blue: HD 81471, A7Iab

Green: Canopus, F0II

A7型超巨星に似ている!

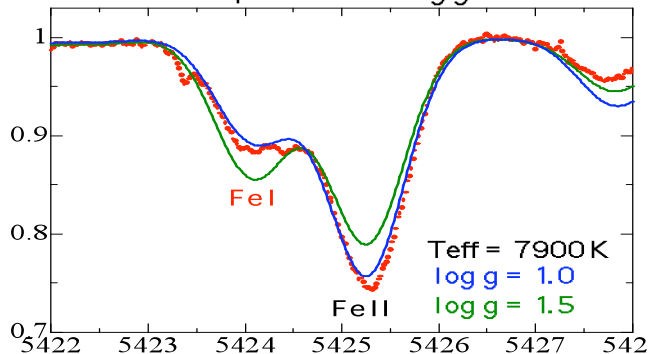
暫定的な結論

2008年10月1日観測の高分散スペクトルの解析から

- 1 有効温度 7900 ± 100 K
- 2 $\log g$ 1.0 ± 0.2
- 3 微小乱流速度 11 ± 1 km/s
- 4 マクロ乱流速度 28 ± 2 km/s
- 5 Fe その他の組成 太陽と同じ

(ただし、Oは不足、N, Naは過剰、
Takeda and Takada-Hidai, 1994, 1995,
1998, 2000の結果を確認)

Dependence on $\log g$



$\log g$ を大きくすると電離平衡が崩れる

さて、星の正体は？

最近のデータから $B - V$ の平均値は $+0.570$
A8 Ia のIntrinsic $(B - V)_0$ は $+0.14$

色超過 $E(B - V) = 0.43$

すると、 $A_V = 3.1 \times E(B - V) = 1.333$

本来の実視等級 $(mv)_0 = 1.69$ 等 となる。

ヒッパルコスの距離(625 pc)を使うと、

実視絶対等級 $M_V = -7.29$ 等を得る。

星の正体 続

輻射補正 (-0.01 等)を適用後、光度 L を求めると

$\text{Log } L_{\star} / L_{\odot} = +4.82$ を得る。

有効温度 7900 K を使って星の半径を求めると

$R = 137 R_{\odot}$ を得る。

最近のInterferometryの結果 2.2 ミクロン

での視直径 = $2.27 \pm 0.11 \text{ mas}$

これから求めた半径は $150 R_{\odot}$

Stencel et al. 2008, ApJ, 689, L137

さて、そうなると質量は

星の半径を $140 R_{\odot}$ とし、 $\log g = 1.0$ を使
うと星の質量は計算できて、

$7.2 M_{\odot}$ を得る

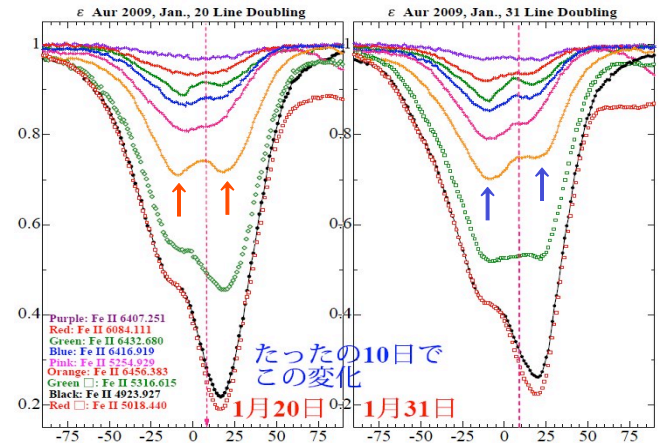
$160 R_{\odot}$ としたら $9.3 M_{\odot}$ となる

仮に、低質量星($2.5 M_{\odot}$)としたら、 $\log g =$
 0.55 になるはず

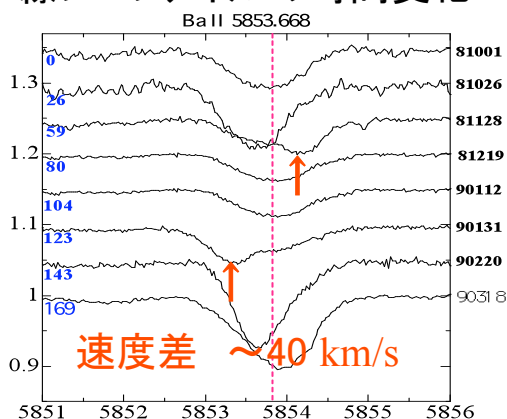
→ 分光解析の結果と合わない！

今回の解析結果は大質量説を支持するようだ

びっくりするような変化(Fe II線)



線プロファイルの時間変化

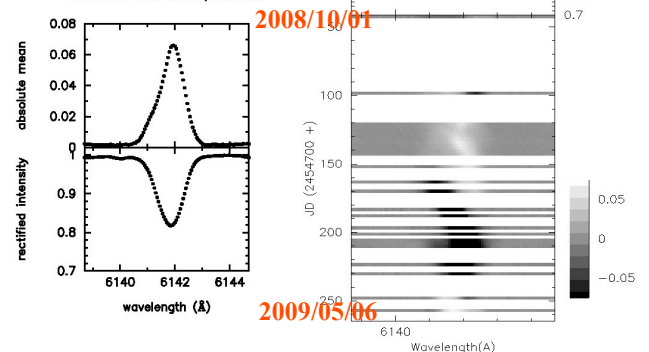


線プロファイルの変化の類型 I

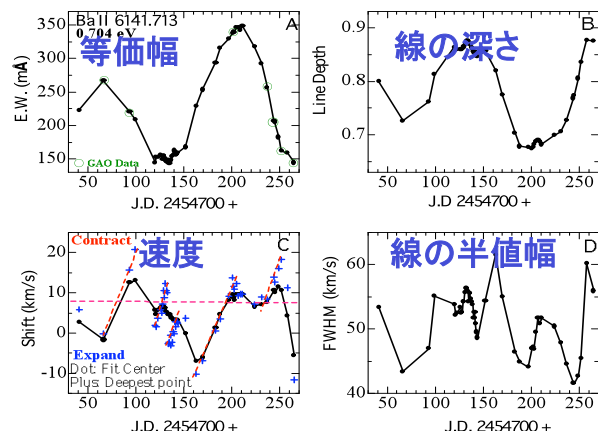
低励起金属線

Ba II 6141.7

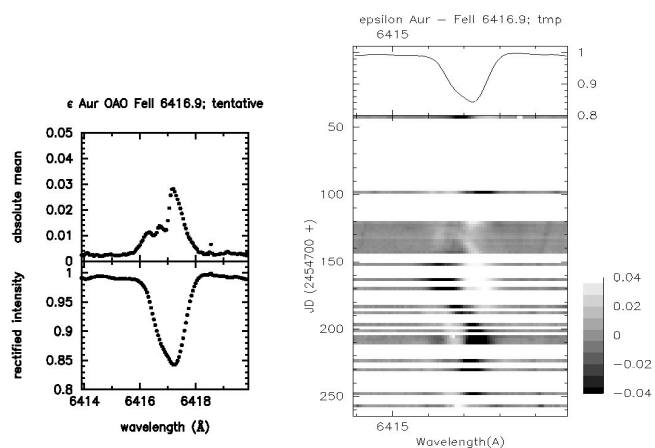
$\epsilon \text{ Aur OAO Ba II } 6141.7; \text{ tentative}$



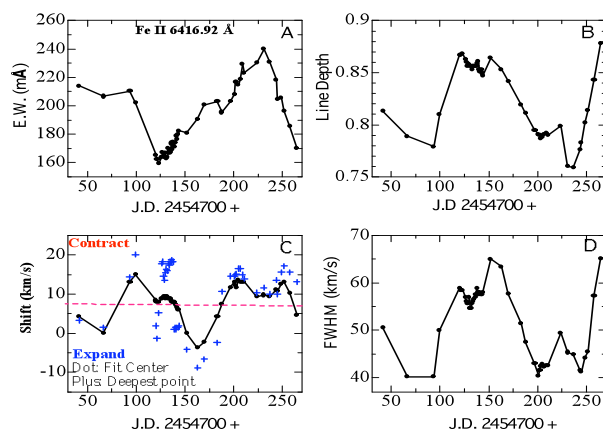
Ba II 6141.7 の変化



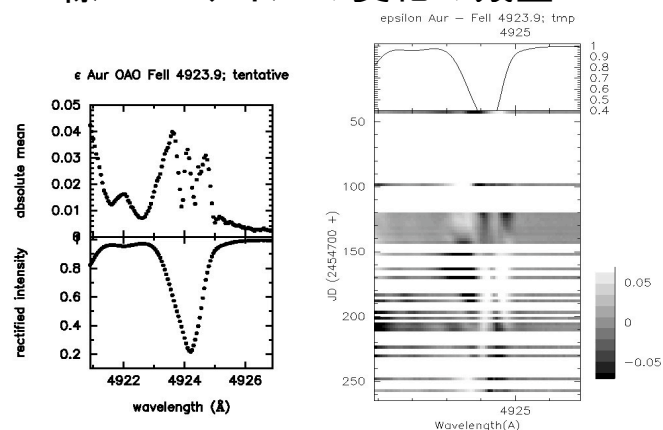
線プロファイルの変化の類型 II



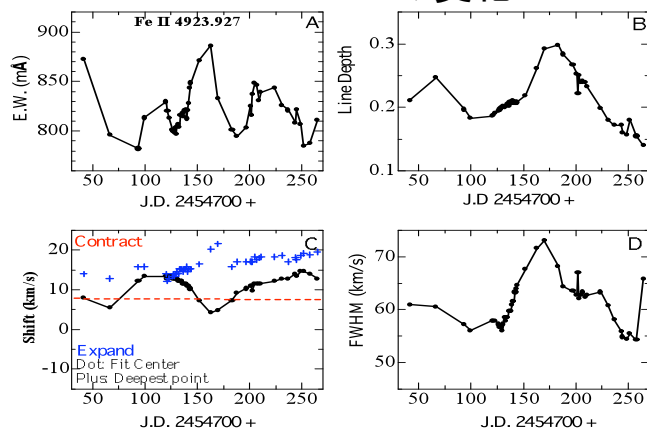
Fe II 6416.9 の変化



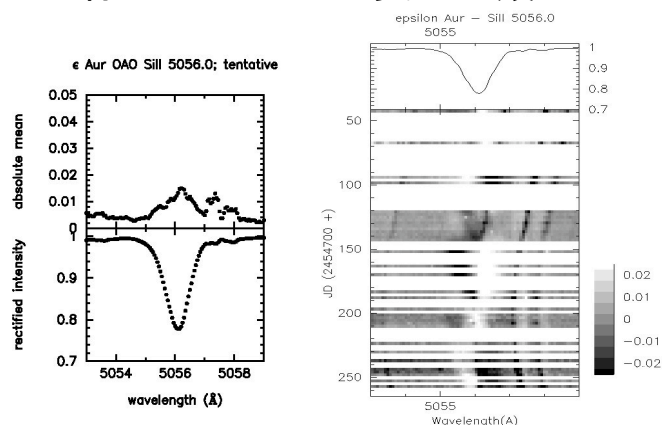
線プロファイルの変化の類型 III



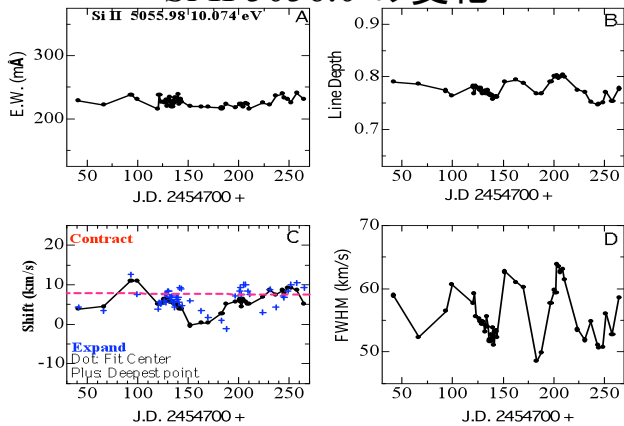
Fe II 4923.9 の変化



線プロファイルの変化の類型 IV



Si II 5056.0 の変化



プロファイル変化のタイプ

等価幅 最大/最小比

タイプ a: χ 1 eV 以下 2.0~**3.1**

タイプ b: χ 1.5 ~ 3.2 eV 1.6~2.2

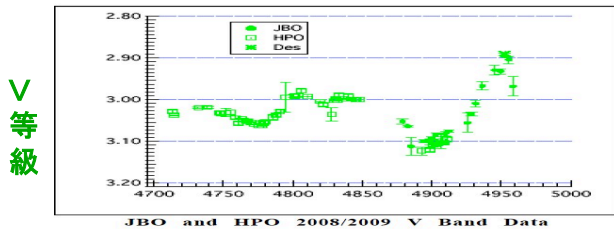
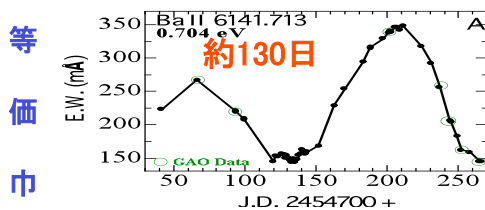
タイプ c: χ 3.2 ~ 4.2 eV 1.3~1.8

タイプ d: 非常に強い金属線 1.1~1.3

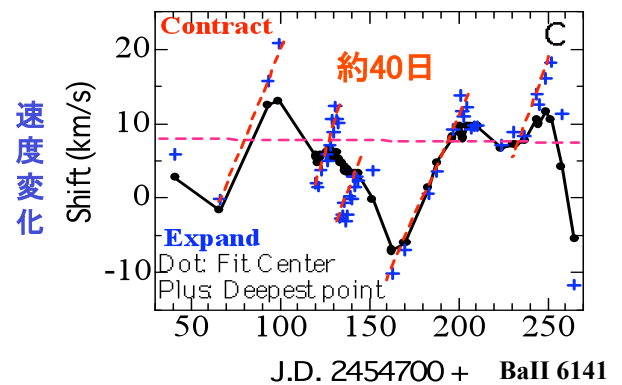
タイプ e: 高励起 ($\chi > 8$ eV) 線 **1.05**~1.1

タイプ分けは励起ポテンシャルの他線強度にも依存

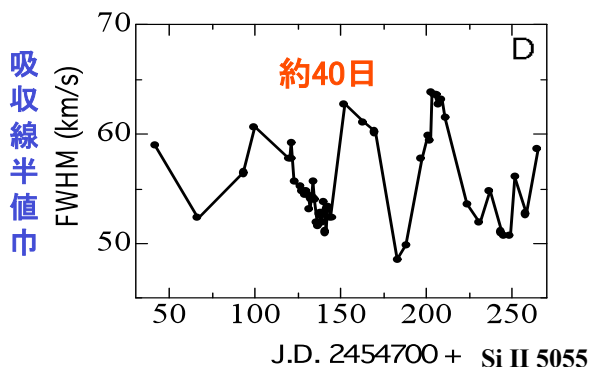
周期性について I



周期性について II



周期性について III



まとめ

2008年10月から2009年5月にかけて**計49夜**の高分散分光観測データを得た。

モデル大気を使って解析した結果、主星は**大質量星**である($\sim 10 M_{\odot}$)であることが示唆された。

Fe II などの金属吸収線に複雑な変化がみられることを発見した。この変化は**励起ポテンシャル**や**強さ**によって様相が変わり、**数種類の類型**に分けられる。

吸収線の変化には **~ 130 日**と **~ 40 日**の少なくとも**2種類の周期**が重なっている。

観測にご協力いただいた方々に感謝いたします。