

The Spectrum of Nova with Electron Scattering & Limb Darkening

大阪教育大学 天文学研究室 M2 小倉 和幸

概要

新星スペクトルのフィッティングには、球対称の光球と単一温度の黒体放射が仮定されることが多い。しかし、新星風などの場合光球が広がっているために周縁減光などの影響を受けやすいと考えられる。そこで我々は周縁減光と電子散乱を考慮した上でスペクトルの計算を行なった。その結果、球対称と単一温度の黒体を仮定した場合は違った結果が得られた。現状では課題点が多いが、将来的にはスペクトル再現の際には、周縁減光や電子散乱の考慮が必要であることを示したい。

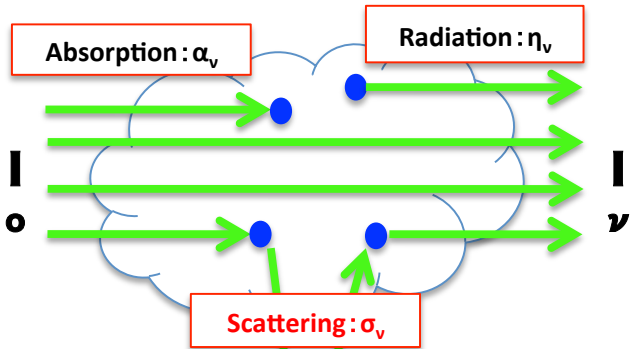


Fig.1 放射・吸収・散乱

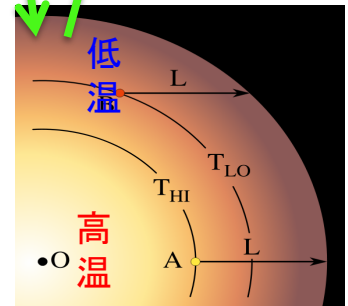


Fig.2 周縁減光

★モデル & 計算★

- Windは中心の天体から定常的(時間的に変化しない)で球対称に吹いている。
⇒ 質量放出率 & 光度は一定。
- Windのガスは中心付近で十分に加速されている。
⇒ 観測する部分では速度一定。密度ρは1/R²に比例。
- 質量放出率は臨界質量放出率より十分に大きい
⇒ Windは十分にOptically Thick ⇒ Windのガスは黒体放射

$$\kappa_0 \rho_0 r_g = \frac{\dot{m}}{2\gamma\beta(R)} \frac{1}{\hat{R}^2} \quad \rho_0 = \frac{\dot{m}}{2\pi\kappa_0 r_g \gamma\beta \hat{R}} \quad T_0 = \left(\frac{\dot{E}}{4\pi\sigma R^2}\right)^{1/4}$$

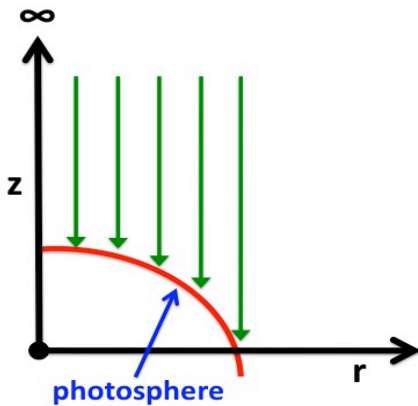


Fig.3 見かけの光球(1)

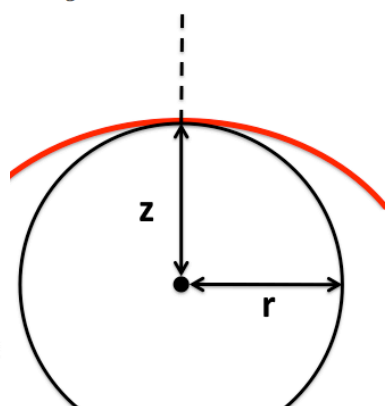


Fig.4 見かけの光球(2)

・無限遠の観測者から見て、光学的厚みが1となるところを見かけの光球とした。

$$\tau_{ph} = - \int_{\infty}^{z_{ph}} \gamma(1 - \beta \cos\theta) \kappa_0 \rho_0 dz = 1.$$

・原函数S_νは、電子散乱の効果により、

$$S_{\nu} = \epsilon B_{\nu}$$

εは散乱されずに光子が出てくる確率。

$$\epsilon = \sqrt{\frac{\kappa_{\nu}^{ff}}{\kappa_{\nu}^{ff} + \kappa_{es}}}$$

★パラメーター★

光度⇒L_Eで固定、質量放出率⇒10⁻⁶-10⁻⁴/M_{sol}、膨張速度 150 - 3000 km s⁻¹

★結果★

●見かけの光球と温度分布●

膨張速度=150km s⁻¹ 質量放出率=4 × 10⁻⁵ M_{sol}/yr の例

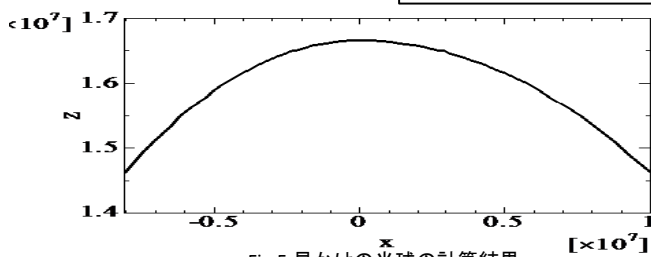


Fig.5 見かけの光球の計算結果

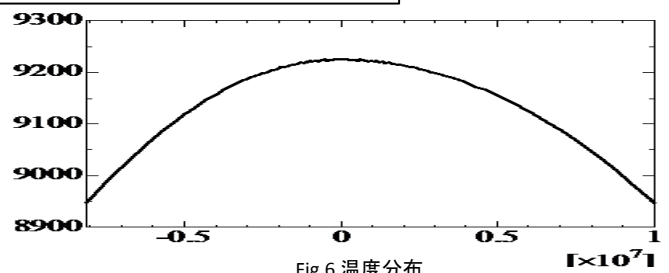


Fig.6 温度分布

- ・光球は球対称ではなくなり、温度も中心から外側に行くほど低くなっている(周縁減光の効果)。
- ・温度が高くなるほど周縁減光の効果は大きくなる。

●スペクトル(球対称 & 単一温度の黒体放射との比較)●

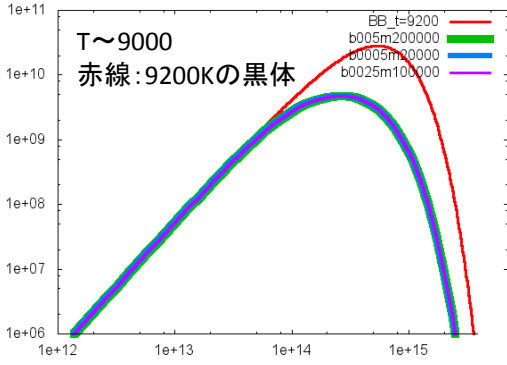


Fig.6 結果のスペクトルと黒体の比較

表面中央の温度 $\sim 9000\text{K}$
 (9200度の黒体放射と比較)
 $\beta = 0.0005 M = 20000$
 $\beta = 0.0025 M = 100000$
 $\beta = 0.005 M = 200000$

・表面中央の温度に近い結果(9200 \sim 9300)となったパラメーターの組み合わせは、それぞれがほぼ重なっている。
 ・単一の黒体放射(9200度)とは明らかな違いが見られる。

●周縁減光のみの場合と黒体、電子散乱+周縁減光の比較●

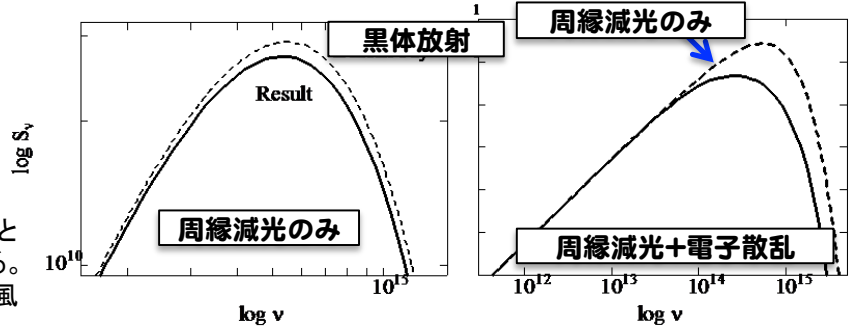


Fig.7 周縁減光のみ場合と黒体の比較

Fig.8 周縁減光のみ場合と周縁減光+電子散乱の比較

●各パラメーターと温度の関係●

- ・ある温度の新星に対する質量放出率と新星風の膨張速度の関係を推定できる。
- ・質量放出率が小さいほど、また新星風の速度が大きいほど、温度は高くなる。

mdot-beta-Tco

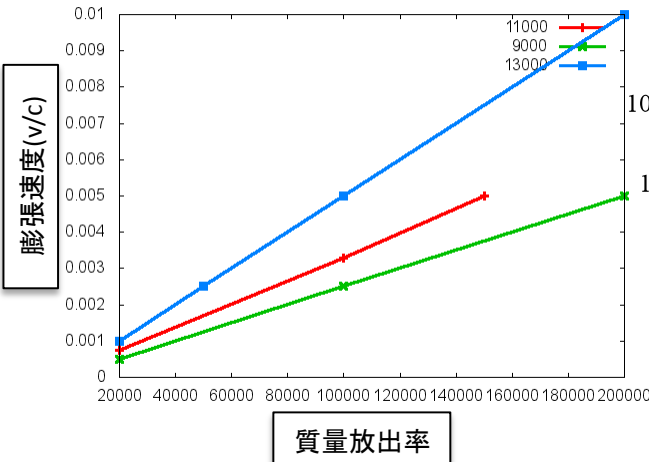


Fig.9 パラメーターの組み合わせと温度の関係

●観測結果のフィッティング●

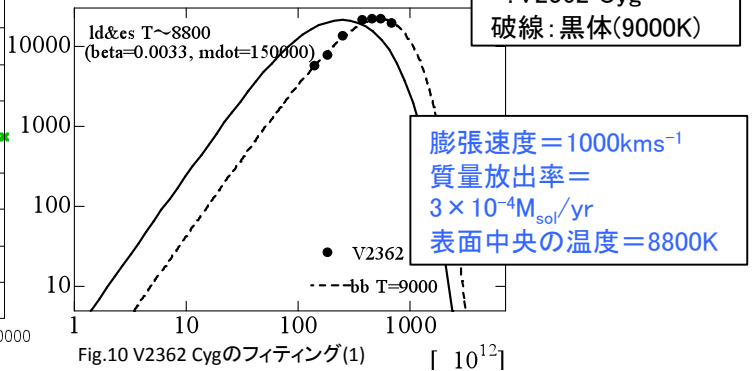


Fig.10 V2362 Cygのフィッティング(1)

膨張速度 = 1000 km/s⁻¹
 質量放出率 = $4 \times 10^{-5} M_{\text{sol}}/\text{yr}$
 表面中央の温度 = 22000K

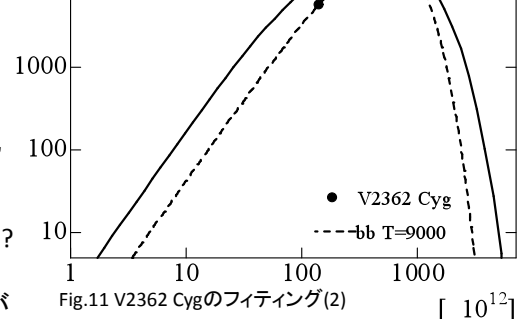


Fig.11 V2362 Cygのフィッティング(2)

★考察★

- ・周縁減光&電子散乱を考慮したスペクトルの球対称&単一温度の黒体放射からのずれ
 ⇒ 周縁減光による様々な温度の黒体の重ね合わせ + 電子散乱による減光
- ・フィッティングは黒体の方がよく合っている...
 ⇒ 今回の計算はisothermal (τ^* までを一定としている)なので散乱の影響がより大きく現れている。
 (non-isothermalな場合の計算は今後の課題)
- ・より詳細な計算ができたとして、黒体との違いを主張できるのか?
 ⇒ 現状の観測精度では、捉えられない(?)
 ⇒ X-ray bursterなどではもっとはっきりとした違いが見られることが期待される。

まとめと今後の展望

- ・周縁減光と電子散乱の効果で、天体スペクトルは球対称&単一温度の黒体放射からズレが生じることが示せた。
- ・現状は観測とは合わず、より詳細な計算が必要。⇒ gray大気 → τ^* までの温度勾配 → 波長ごとに詳しく
- ・観測精度の問題もあり、新星の場合では黒体の場合とどちらが正しいか判断できない可能性がある。
 ⇒ 周縁減光 & 電子散乱の効果がより大きいと考えられるX-ray bursterなどに適用する。
- ・その他、AGNやBH-windなど様々な天体のwindについて研究する。