



すざく衛星によるeclipsing IP EX Hydraeの観測



〇林多佳由、石田學 (ISAS/JAXA、首都大学東京)

EX HydraeはX線で明るいintermediate polar (IP)で唯一、部分食を起こすことで知られている。IPでは降着円板がアルファベン半径で消滅し、降着物質は0.1-10 MG程度の磁場に捕えられ、白色矮星(WD)の磁極付近へ集中的に自由落下してゆく。降着物質はWD表面の近くに形成される定常衝撃波で加熱され10 keV以上の高温プラズマとなり、制動放射でX線を放射して冷却し、最終的にはWDに軟着陸する。このような降着流を降着柱と呼ぶ。EX Hydraeのこれまでの観測から、極端紫外からX線領域では、短波長側にいくほど伴星による食は深くなる事が知られていた。これは最も高温と考えられている降着柱の頂上を伴星が隠すために起こるものと考えられていた。しかし、すざくの6 keV以上の高感度観測によって、初めて6 keV以上の硬X線領域では、短波長ほど食が浅くなる事が分かった。この観測事実は現在考えられている、一様に冷却する降着柱の高温部分を伴星が隠すとのモデルでは説明できない。EX Hydraeは降着率が小さいため、重力によるエネルギー注入が冷却の効果を上回り、降着柱の中腹で最高温度に達すると予想される。これにより、片方の降着柱の上部のみを伴星が隠す事で観測事実を説明できる可能性がある。

1.はじめに

1.1. EX Hvdrae

代表的なIP, $l = 303.19$, $b = 33.62$

自転周期 = 4022 sec (Mauche et. al. 2009)

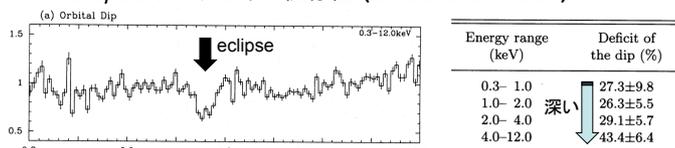
軌道周期 = 5895 sec (Mumford 1967)

距離 = 64.5 pc (Beuermann et al. 2003)

軌道傾斜角 = 77.8 deg (Beuermann & Reinsch 2008)

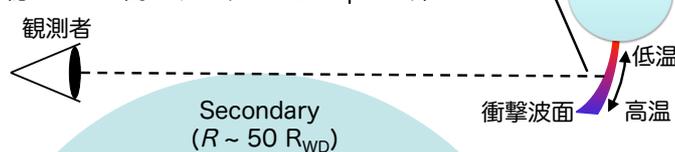
1.2. EX HydraeのPartial Eclipse

•Eclipseのエネルギー依存性 (Ishida et.al.1994)



•Eclipseの幾何学

降着流は磁場に捕まりWDの磁極付近に集中
伴星が最も高温の降着柱の頂上を
隠すために高エネルギーほどeclipseが深い

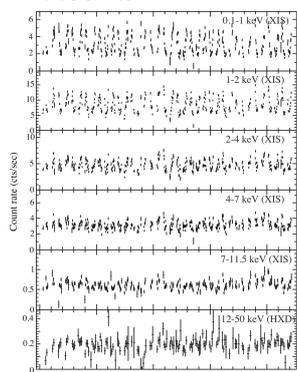


2.観測

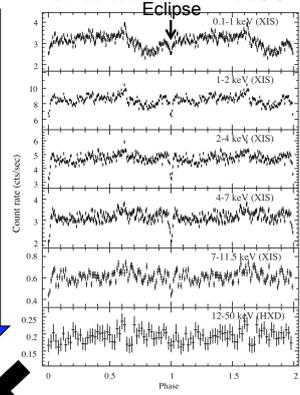
すざく衛星での観測は2007年7月18-19日

積分時間 : XIS 100 ksec, HXD 60 ksec

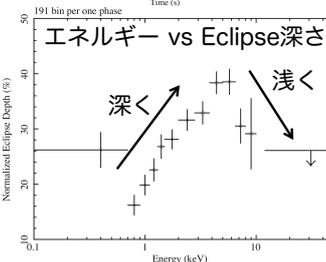
•光度曲線



•軌道周期畳み込み光度曲線



エネルギー



Eclipse :

6 keV以下 : 深くなる
6 keV以上 : 浅くなる

§1.2のモデルでは説明できない

→降着柱の中腹で最高温度に達するとする説明できる可能性

3.降着柱の構造

3.1. 降着柱構造を決定する方程式

降着柱に1次元流を仮定

•連続の方程式

$$\frac{d}{dz}(\rho v) = 0,$$

$$\rho v = a \text{ (g cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{)}$$

a : specific accretion rate

•運動方程式

$$\frac{d}{dz}(\rho v^2 + P) = -\frac{GM_{wd}}{z^2}\rho,$$

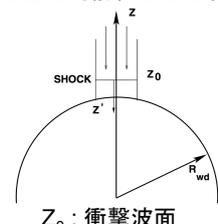
•エネルギー式

$$v \frac{dP}{dz} + \gamma P \frac{dv}{dz} = -(\gamma - 1)\Lambda,$$

•理想気体方程式

$$P = \frac{\rho k T}{\mu m_H}$$

[M_{wd}, R_{wd} : 白色矮星質量, 半径]
[Λ : 冷却率, $\gamma = 5/3$]



Z_0 : 衝撃波面

Strong shockを仮定

•初期条件

$$v_0 = 0.25\sqrt{2GM_{WD}/z_0},$$

$$\rho_0 = \frac{a}{v_0},$$

$$P_0 = 3av_0,$$

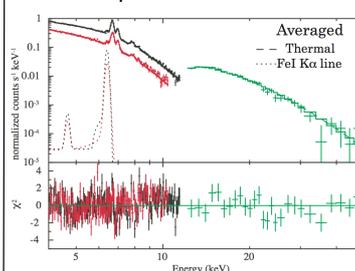
$$T_0 = 3\frac{\mu m_H}{k}v_0^2.$$

降着流が白色矮星に軟着陸

•接続条件

$$v = 0 \text{ at } WD$$

3.2. Specific accretion rateの算出



aは降着率から算出可能

$$\dot{M} = 4\pi R_{WD}^2 a f$$

降着率算出のため

optical thin thermal plasma

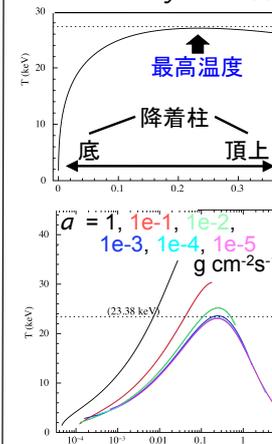
+ Gaussian (6.4 keV)をfit

$$L_{0.1-100} = 5.9 \times 10^{31} \text{ erg s}^{-1}$$

$$\dot{M} = 4.14 \times 10^{14} \text{ g s}^{-1}$$

$$\therefore a = 0.0305 \text{ g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$$

3.3. EX Hydraeの降着柱の構造



EX Hydrae ($a = 0.0305 \text{ g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)

では降着柱の中腹で最高温度

しかし、降着柱の頂上は高温過ぎる

→観測事実は説明できない

降着柱の高さは0.36 R_{WD}

$$B \propto r^{-3}, P_{\text{mag}} \propto B^2 \rightarrow P_{\text{mag}} \propto r^{-6}$$

$h = 0.36 R_{WD}$ では、磁気圧は0.156、

速度は0.856倍

$$\rightarrow a = 0.00405 \text{ g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$$

aがさらに小さいと、

降着柱の温度構造はさらに変化

(降着柱は長くなる)

→観測事実を説明できる可能性

4.まとめと課題

•Eclipsing IP EX Hydraeをすざくで観測

•6 keV以上でeclipseが浅くなることを発見

•EX Hydraeの様な降着率が小さい系では降着柱の中腹で最高温

→eclipseのエネルギー依存性を説明できる可能性

•磁力線の形状考慮し、eclipseの振舞の定量的な説明を目指す