

マイクロクェーサーV4641Sgrの臨界降着円盤モデルへのフィッティング

大阪教育大学 西山 晋史 福江 純 渡会 兼也 新井 彰

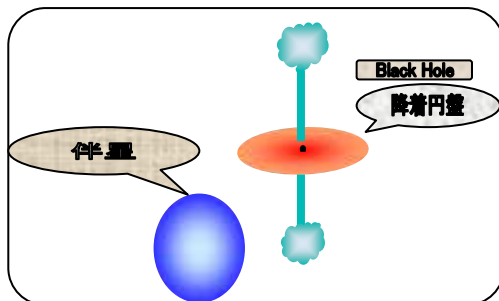
Abstract

マイクロクェーサーとは、遠方のクェーサーとの類似点からクェーサーの百万分の一スケールという意味で名づけられた銀河系内の恒星質量ブラックホール連星系のことである。V4641Sgrは1999年に突然の増光が確認され、一年に一回Burstが確認されている興味深いマイクロクェーサーの一つである。

この天体を大阪教育大学天文台でも観測しており、観測された値から出した光度曲線とコンピューターシミュレーションから得られる光度曲線を比較することにより、この天体のモデルを考えるのが本研究の目的である。

シミュレーションは降着円盤と系のパラメータ(各星の質量、降着円盤への質量降着率、系の軌道傾斜角)を変化させた。

先研究ではライトカーブの副極小が出なかったため、今回は降着円盤のモデルを標準降着円盤モデルに変えて、臨界降着円盤モデルを用い、パラメータの条件を変更し、ライトカーブの再現を試みた。



マイクロクェーサーの図

マイクロクェーサー & 観測機器

恒星質量ブラックホールと恒星からなるX線連星系のこと。

降着円盤の中心付近からは超高速のジェットが出ている。有名な天体としてGRO J1655-40、GRS1915+105 などがある。いずれも銀河系にあり、現在までに10数個見つかった。

V4641Sgrは10 M_{\odot} 程度のブラックホールとB9型星 (Orosz et al 2001) のマイクロクェーサーと考えられている。

観測には大阪教育大学天文台51cmカセグレン式望遠鏡と液体窒素冷却CCDカメラを用い、V、R、Iバンドで撮影。その後データ処理ソフトIRAFで測光、ライトカーブを作成した。フィッティングにはその中のRバンドのライトカーブを使用した。

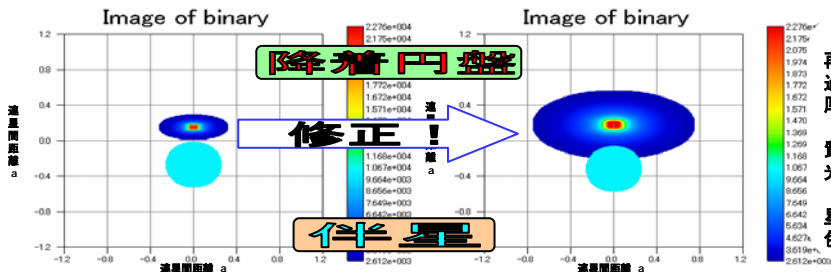
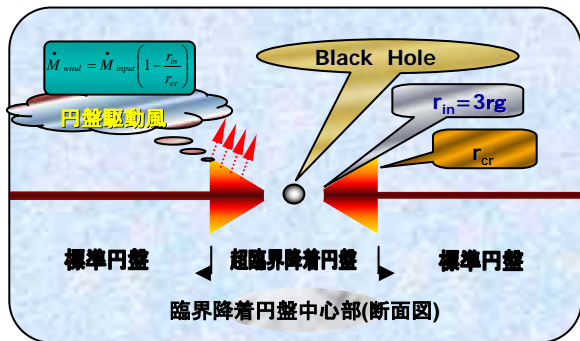
臨界降着円盤

臨界半径 $r_{cr} = \frac{9}{8} m r_g$ (r_g はシュバルツシルト半径)の内側では超臨界状態、外側では標準状態になる降着円盤。

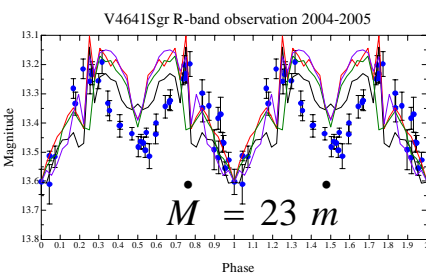
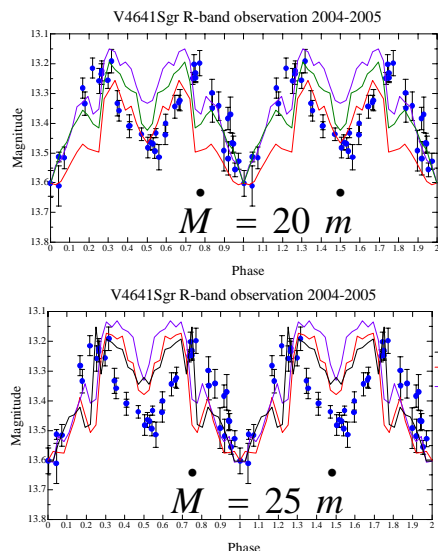
臨界半径の内側では質量降着を調整するように降着円盤風が吹いている。円盤の厚みと温度が質量降着率 $\dot{m} = \dot{M}/M_{crit}$ ($\dot{M}_{crit} = L_E/c^2$, L_E はエディントン光度)によって決まる。円盤の厚み、温度はそれぞれ

$$H = \begin{cases} \frac{3}{16} (1 - \sqrt{\frac{R_{in}}{R}}) \dot{m} & \text{for } r \geq r_{cr} \\ \sqrt{c_s} r & \text{for } r \leq r_{cr} \end{cases}$$
$$\sigma T_{eff}^4 = \begin{cases} \frac{3 L_E}{16 \pi r^3} \dot{m} & \text{for } r \geq r_{cr} \\ \frac{3}{4} \sqrt{c_s} \frac{L_E}{4 \pi r^2} & \text{for } r \leq r_{cr} \end{cases}$$

になる (FUKUE 2004.) 右図参照



シミュレーションとライトカーブのフィッティングの結果は以下のようになった。



計算パラメータ

軌道傾斜角(°)	M_x/M_{\odot}	M_{comp}/M_{\odot}
55	10.774	5.416
60	10.19	5.999
63	9.914	6.276
65	9.746	6.444

グラフはそれぞれ、点が観測結果、実線がパラメータごとの計算値を表す。

シミュレーションはRoche lobeを考慮し、伴星の形状を再現した。過去の標準降着円盤モデルでの計算に円盤の幾何学的な厚みと臨界半径を導入し、それらを境界条件に設定。パラメータは軌道傾斜角とそれに伴う各星の質量、さらに質量降着率 \dot{M} で、円盤の光度変化と系全体の食による光度変化を求める。図は計算結果を可視化したもので、横軸、縦軸ともに連星間距離を基準にした値。色の変化は温度の情報を表している。

計算の結果、連星系の軌道傾斜角は55°~65°、降着円盤の質量降着率は20~25 \dot{m} と見積もることができた。また、臨界半径は中心から~50 r_g 、円盤の厚みは、臨界半径内では~104 r_g 、外側で~4 r_g になった。円盤のモデルを変えることにより、先研究の標準円盤モデルでは出せなかった副極小を再現し、より良いフィッティングをすることができた。

今後はライトカーブのギザギザ(幾何学的な構造のために出ると思われる。)を消すためにプログラムの修正を行い、実際のカーブに近づくことを課題とする。さらに臨界降着円盤モデルでの別の天体への応用も行う。