

ブラックホールX線連星GRS 1915+105の近赤外線測光偏光モニター観測

今里 郁弥, 笹田 真人, 植村 誠, 高橋 弘充, 高木 健吾, 秋田谷 洋, 川端 弘治, 中岡 竜也, 深沢 泰司 (広島大学)

GRS 1915+105

- Low mass X-ray binary. Black hole mass $\sim 14.0 \pm 4.4 M_{\odot}$ (Harlaft and Greiner 2004)
- 伴星はK-M star ($0.8 M_{\odot}$) で33.5日の公転周期 (Greiner+2001)
- 過去に相対論的ジェットを示した (マイクロクエーサー) (Mirabel and Rodriguez 1994)
- X線ライトカーブで15種類以上の振る舞いを示す (ex. Belloni+2000, Pahari and Pal 2009)
- 最近まではEddington limitに近いor超える明るさ
- 現在X線で観測史上最も暗い (ATel #11828)
- 近赤外線の放射起源が不明 (候補: 降着円盤、ジェット、伴星)
- 一日より短い近赤外線の光度変動がある (ex. ATel #12769:20分で ~ 0.5 等(2019515), Mirabel+1998)

研究の目的

近赤外線の測光偏光観測からGRS 1915+105の近赤外線の放射起源を調べる。

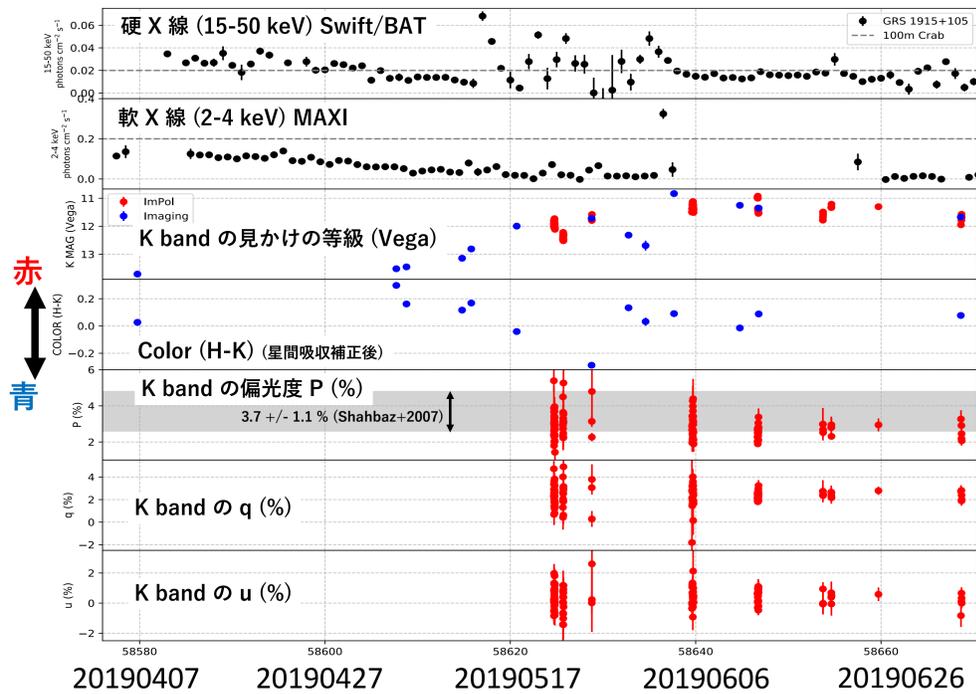
先行研究

報告された近赤外の偏光観測は1夜(2004/7/19)のみ(Shahbaz+2007)。偏光度(K_s) = 3.7 ± 1.1 %。星間偏光と無矛盾と結論。

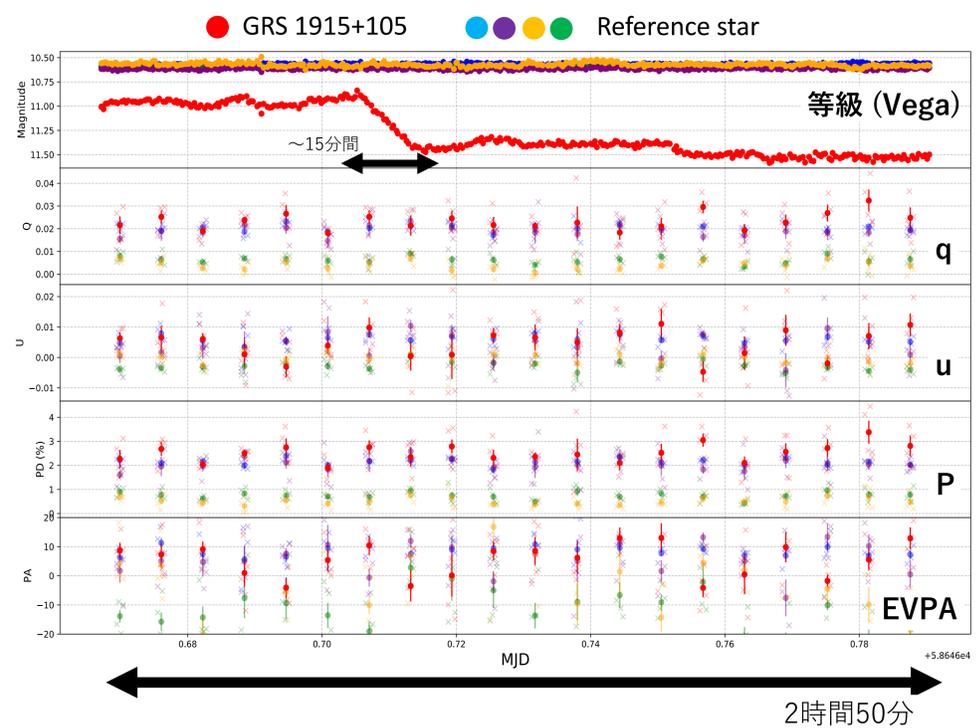
結果

($q=Q/I, u=U/I$, 偏光度P, 偏光方位角EVPA)

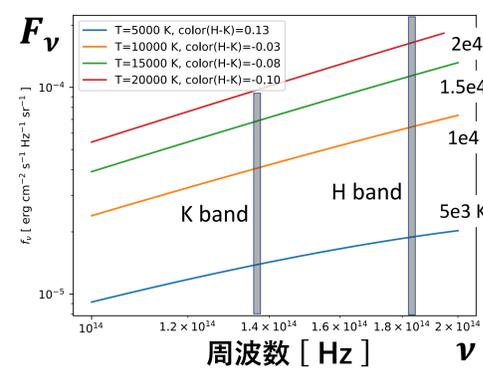
• X線と近赤外線のフラックスと偏光の時間変動(全観測期間)



1日以内の光度と偏光の時間変動の例 (20190612, K_s band)



考察

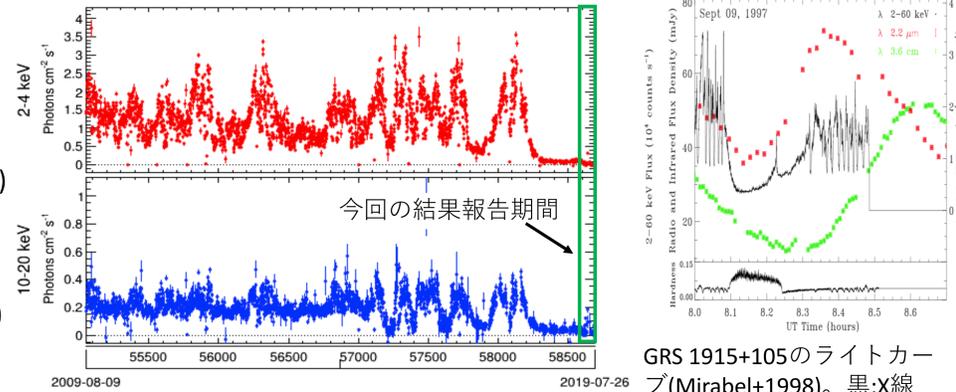


降着円盤外縁が近赤外線のメインの放射起源だと仮定。降着円盤外縁の温度がどれくらいなら観測値のcolorを単一温度黒体放射で再現できるか。

左図のように温度 5000 – 20000 Kの黒体放射の場合のcolorが観測値に近い。

まとめ

- 近赤外線は2019年5月頃に増光。軟X線フラックスとは反相関の変動。color(H-K)の値はだいたい $-0.2 - 0.2$ 。
- 全観測期間内の変動: 偏光度Pは小さい。偏光(q,u)は時間変動している可能性($p < 0.01$)。
- 1日以内の変動: 近赤外線光度に短時間変動が見える。しかし偏光と光度に明らかな相関が見られない。偏光(q,u)の変動幅は0.5-1%。
- 5000 – 20000 Kの黒体放射で観測されたcolorを再現でき、その時の温度は特別おかしな値ではない。



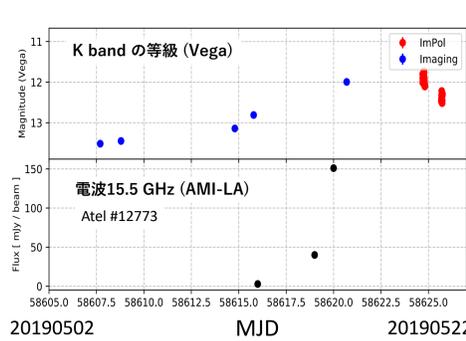
GRS 1915+105 MAXI X線ライトカーブ
http://maxi.riken.jp/star_data/J1915+109/J1915+109.html

GRS 1915+105のライトカーブ(Mirabel+1998)。黒:X線(RXTE), 赤:近赤外線(UKIRT), 緑:電波(VLA)

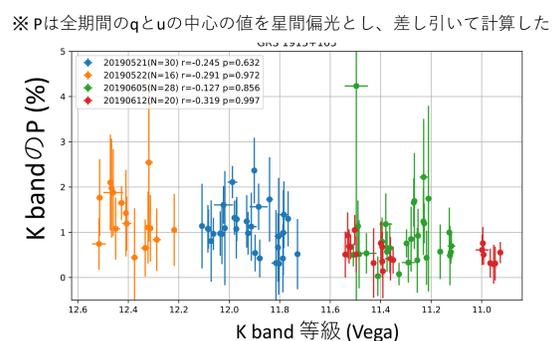
観測方法

かなた望遠鏡/HONIRの撮像モードと偏光モードで観測。観測バンドは近赤外線(Hと K_s)の2色。2MASSカタログを用いて相対測光を行った。

近赤外線・電波のライトカーブ



Kバンドの偏光度と等級の図 (データ数>10の期間)



- 2019年5月頃から近赤外線の増光を確認(ATel #12769)。軟X線フラックスと近赤外線の等級の長期変動が反相関(軟X線放射はdust scatteringによる放射の可能性(Ueda+2009))。電波と近赤外線フラックスはMJD(58615 – 58620)の期間では正の相関(近赤外線・電波のライトカーブの図)。
- Color(星間吸収補正後)の値はだいたい(-0.2, 0.2)の範囲。等級とcolorの明らかな相関はない。
- 等級と偏光度に相関は見えない(K bandの偏光度と等級の図)。
- χ^2 乗検定を用いてq, uの時間変動の検定を行った。全観測期間内で偏光(q, u)は時間変動をしている ($p(q)=p(u)=0.000 < 0.01$) 結果になった。

- 等級に短時間変動(15分で0.6等)が見られる。
- 等級と偏光に明らかな相関は見えない。
- 偏光度Pは星間偏光(Max $\sim 3\%$)と無矛盾で2-3%。
- 偏光(u)は一日以内の時間変動を示した可能性($p=0.008 < 0.01$)。
- 他の期間(データ数が10点以上)でもqまたはuで時間変動($p < 0.01$)を示す期間がある。20190521:q($p=0.000$)とu($p=0.000$), 20190522:q($p=0.001$)。

結果の解釈

近赤外線のメインの放射起源として伴星、降着円盤外縁、ジェットが考えられる。

しかし近赤外の等級の短時間変動(例:20190612の15分間の変動)から、メインの放射起源は伴星ではない。残る放射起源の候補は円盤外縁とジェットである。今回は長期・短期ともに等級と偏光に相関がなく大きな偏光の変化を示さなかったことから、偏光度の高いジェット放射はメインの放射起源ではない。これらの結果から近赤外のメインの放射起源として

- ①降着円盤外縁
 - ②磁場が乱れた偏光が弱いジェット
- の可能性が考えられる。今回は以下で①の場合のみの簡単な考察を行った。