

Confirmation of time lag of Sgr A* at 22 and 43GHz

山口健太郎(東京大学大学院)、坪井昌人(ISAS/JAXA)、宮崎敦史(KASI)

Abstract

Sgr A*のVLAでの観測から22GHzの強度変化が43GHzのそれより20~40分間遅れると報告されている。有名な『time lag』であるが、本当の同時観測は1度しか行われていない。また、同時期に野辺山ミリ波干渉計(NMA)で行われた90GHzと102GHzの観測では、上記のtime lagがいつもあるならば約4分のtime lagが観測される筈だったが、検出されなかった。従って22GHzと43GHzでのtime lagは一定ではなく、flareごとに変動する可能性がある。ここでは22, 43GHzのtime lagの存在を確かめる観測を提案する。また存在が確認されれば、その多様性の観測はSgr A*の放射機構の解明に役立つ。

初めに

Sgr A*は銀河系中心にある非常に明るくコンパクトな電波源であり、 $\sim 4 \times 10^6 M_{\odot}$ の銀河系中心ブラックホール(GCBH)極近傍にあると言われている。GCBH周囲の電子散乱の影響で40GHz帯までのVLBIでは撮像ができない。一方強度モニターは頻繁に行われ、1日未満から数週間までの様々なタイムスケールのフレアが観測されている。VLAでの観測から22GHzの強度変化が43GHzのそれより20~40分間遅れるという、いわゆる『time lag』が報告されている[1]。

VLAを用いた先行研究(Yusef-Zadeh et al. 2006, [1], 2008[2])

(1) 2005/2/10にVery Long Array(VLA)のBnA配置でSgr A*の43、22GHzでの観測が行われた。Sgr A*(4分間)と 2.3° 離れた17444-31166(1分間)をそれぞれの周波数でfast-swithing modeで、すばやく切替えて観測している。

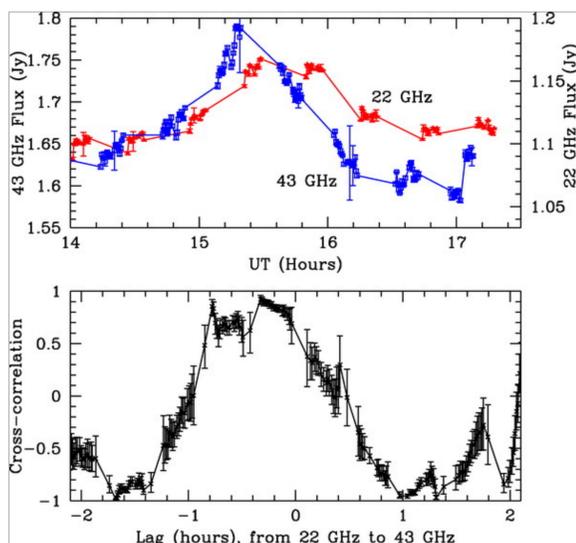


図1-上:43、22GHzでのSgr A*のライトカーブ
下: Sgr A*の相互相関関数

両周波数の間に時間差がないかを調べる解析には相互相関を用いている。ただし、図から分かるように均等なサンプリングでないために、ZDCF法を用いている。

ZDCF

z-transformed discrete correlation function(ZDCF)は、離散データの相互相関関数を計算するdiscrete correlation functions(DCF)を非均一データに適応出来るようにした方法である[3]。

Sgr A*のライトカーブでは通常時に比べてフレア時には43GHzで7%、22GHzで4.5%の増光が見られた(図1上)。Sgr A*の相互相関関数からは20~40分の43GHzが22GHzに先行するピークのズレが見られた(図1上)。

(2) 2006年には、VLAを2つのサブアレイに分けて43、22GHzでの同時観測が行われ、2005年の観測を確かめた[2]。

references

- [1]Yusef-Zadeh, F., Roberts, D., Wardle, M., Heinke, C. O., & Bower, G. C. 2006, Apj, 650, 189
- [2] Yusef-Zadeh et al. 2008, ApJ, 682, 361
- [3]Alexander, T. 1997, in Astronomical Time Series, ed. D.Maoz, A. Sternberg, & E. Leibowitz(Dordrecht: Kluwer), 163
- [4] Miyazaki, A., Tsuboi, M., & Tsutsumi, T., APJL, 2011, to be submitted.

野辺山ミリ波干渉計(NMA)による我々の先行研究[4]

43GHzと22GHzの間のtime lagが30minあるとし、相対論的粒子のプラズマblobが一定速度で膨張していると仮定すると、102GHzと90GHzの間のtime lagは ~ 3.6 minと予想される。

2005/04/06にNMAで102、90GHzの同時観測を行った。

$$\tau = (102\text{GHz}) - (90\text{GHz})$$

としてZDCFを用いて相互相関関数を求めた(図2)。図2の ± 1.0 時間で制限して、二次関数でフィットしてtime lagを決定した。

$$\tau = -3.2 \pm 1.5 \text{ (min)}$$

となり、統計的には遅れがないか僅かに逆傾向(90GHzが102GHzに先行する)になった。

この方法で確実にtime lagが検出できるかを確かめるため、観測データ自身を平均したものをモックアップデータとし、それを10分ずらしたのと同じZDCFで解析した。結果は $\tau = -9.0 \pm 1.5$ (min)で検出することができた。したがって、観測データにtime lagがあれば検出されるはずである。

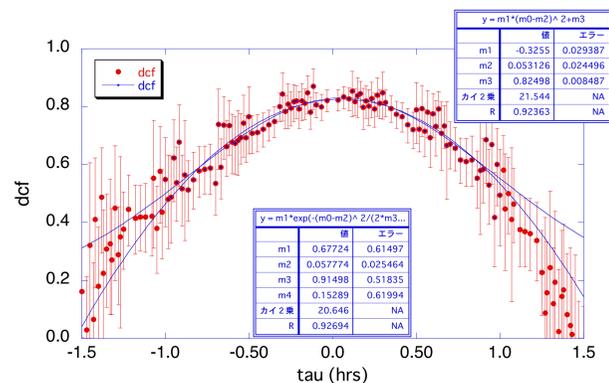


図2 102、90GHzでのSgr A*のZDCF相互相関関数

観測提案

Sgr A*の22GHzと43GHzの間のtime lagは20~40分であると計算されたが同時観測での検出は1度しか行われていない。また、同時期に野辺山ミリ波干渉計(NMA)で行われた観測では102GHzと90GHzの間で断熱膨張プラズマモデルで ~ 4 分と予想されるtime lagが見えなかった。

ここで2つの可能性が考えられる。1つはSgr A*のflareには大きな個性があるという可能性である。特に初期の光学的厚さが100GHzで薄ければNMAの結果と矛盾しない。

次は100GHzの放射のかなりの部分が上記で仮定されている膨張blobからではないというものである。今回はVERAを用いて22、43GHzの切り替え観測でtime lagを確認し、最初の可能性を確かめたい。多様性の観測はSgr A*の放射機構の解明に役立つ。