

G2 雲接近時の Sgr A* 22GHz VLBI モニター

坪井昌人, 朝木義晴 (JAXA 宇宙研), 米倉覚則, 宮本祐介 (茨城大学), 金子紘之, 瀬田益道, 中井直正 (筑波大学), 亀谷収, 三好真 (国立天文台), 高羽浩, 若松健一 (岐阜大学), 福崎順洋 (国土地理院), 上原顕太 (東京大学), 関戸衛 (通信総合研) 他、Sgr A* モニターチーム

Sagittarius A* (Sgr A*) は天の川銀河の中心核に相当する電波から X 線までで観測されるコンパクト天体である。位置はまさに天の川銀河の力学的中心に位置する (Reid & Brunthaler 2004)。その質量は $4 \times 10^6 M_{\odot}$ に達する (Ghez et al. 2009, Gillessen et al. 2010)。Sgr A* の見かけの視直径は $\theta [\text{mas}] = 1.3 \lambda^2$ に従って変化することが知られている (Lo et al. 1985)。この関係式は Sgr A* の構造が周囲のプラズマの電子散乱によって隠されていることを意味する。もちろん、これに打ち勝つべきサブミリ波 VLBI が急激に開発されてきているのは事実だが、現時点ではそう言わざるを得ない (Doeleman et al. 2008)。

最近、赤外線を使った精密位置天文学観測から小さなガス雲が Sgr A* に近づくつつあることが発見された (Gillessen et al. 2012)。このガス雲は “G2” と呼ばれ、地球質量の 3 倍の質量をもつと測定された。そしてこの G2 雲は 2014 年春に Sgr A* まで約 2000 シュワルツシルト半径の距離を持って近天体点を通過すると予想された (Gillessen et al. 2013, Phifer et al. 2013)。したがって、この G2 雲近天体点通過は天の川銀河の中心核ブラックホールの周辺を (天然の) テストプローブで探ることができる希有の機会であると考えられた。中心核ブラックホールの周囲にすでに存在していると予測されている降着円盤とこのガス雲が相互作用して Sgr A* が明るくなるという予想も発表されていた (e.g. Narayan et al. 2012, Sadowski et al. 2013)。G2 雲の本性についてはまだ議論の最中であり確定していないが、G2 雲が多少広がっていると観測されているのでそれが降着円盤に何らかの摂動を与えることは予想できる。もし、それで Sgr A* がなんらかの変化を起こせば、その現象をできるだけ初期からモニターすることが重要である。また変化が起こったことを世界の天文学者に通報することも重要である。

そこで我々はこの変化を捉えるように JVN の部分集合を使用して 2013 年 2 月から Sgr A* の VLBI で見たフラックス密度をモニターし始めた (ATEL#4923, #5013)。

このモニターにほぼ毎回参加するアンテナは水沢 10-m アンテナ、高萩・日立 32m アンテナ、そして 岐阜大学 11-m アンテナであるが、国土地理院・筑波大学 32-m アンテナと 通信総研鹿島 34-m アンテナも条件が許せば参加していた。相関器は通信総研の近藤博士によって開発されたソフトウェア相関器 (Kondo et al. 2012)が宇宙研に設置され使用された。22 GHz での Sgr A*の視直径は前述の関係式から約 2 mas と考えられる。観測に使用した JVN の部分集合の基線長は 90- 140 km であり、フリッジ間隔は約 25 mas になる。これにより Sgr A*のフラックス密度を Sgr A*の周囲の広がった強い電波源を避けながら resolve-out させずに観測できる。そして 22GHz が日本で通年観測が出来る最高周波数でもある。Sgr A*のフラックス密度は普段は中心核ブラックホールの近傍の降着円盤付近から来ていると予想されるが、G2 雲によって増光する部分は G2 雲近天体点の付近かもしれない。その部分は Sgr A*から約 25 mas 離れているので、運が良ければ分解して観測される可能性もあった。

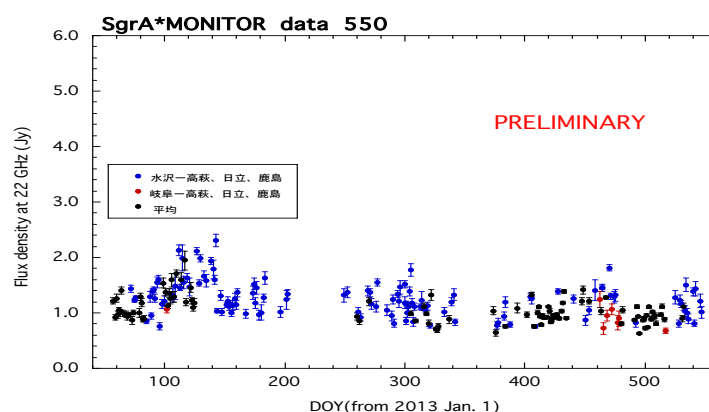


図1 Sgr A* の 22 GHz での光度曲線

観測期間中のシステム雑音は夏期を除けば 100-200 K で安定していた。観測時間は 1 天体 10 分であるが、Sgr A*は 2 回観測されている。また強度校正天体として NRAO530 を含む 3 天体 (以上) が Sgr A*の前後で観測された。NRAO530 は Sgr A*の近くにある明るい QSO であるが、数ヶ月の時間スケールでは強度変動することが知られている。観測に使用したすべてアンテナにはビームスイッチを備えたものではなく、単一鏡での強度校正観測をすることは出来なかった。そこでちょうど G2 雲近天体点通過の時点で、野辺山 45m 鏡で若い惑星状星雲である NGC7027 といっしょに上記の QSO を観測して、強度を校正した。ここでは NGC7027 のフラックス密度を 22 GHz で 5.5 Jy とした。

Sgr A*のフラックス密度はかつて3年間 VLA を使ってモニターされたことがあった (Herrnstein et al. 2004)。この期間中 Sgr A*は非常に安定して $S_{\nu} = 0.93 \pm 0.16$ Jy であった。この観測データの標準偏差は $1\sigma = 17\%$ であった。したがって、 $5\sigma = 86\%$ の変化が起これば Sgr A*は普通の状態とは考えられず、警報に値する。図1は Sgr A* の 22 GHz での光度曲線である。横軸は 2013年1月1日からの経過日である。この期間での Sgr A*のフラックス密度の平均値と標準偏差は $S_{\nu} = 1.17 \pm 0.30$ Jy であった。平均値と標準偏差は前述の VLA によるモニターによるそれらに大変良く似ていた。ただし、標準偏差は $1\sigma = 26\%$ で VLBI 観測のためか VLA 観測よりも大きかった。 $5\sigma = 130\%$ の変化が起これば Sgr A*は異変が起きたと言えたが、そのようなことは起こらなかった。このことから観測期間中に G2 雲近天体点通過で引き起こされた電波のフレアは起こらなかったと考えられる。

参考文献

- Gillessen et al. Nature 481, 51, 2012
Herrnstein, R. M. et al. 2004, AJ, 127, 3399
Narayan, R. Ozel, F. & Sironi, L. APJL, 757, L20, 2012
Reid M.J. & Brunthaler A. APJ 616, 872, 2004
Sadowski. et al. 2013, MN, 432, 478
Scoville, N & Burkert, A. ArXiv/1302.6591, 2013
Tsuboi et al. Atel 4923, 5013, and 5184, 2013