

# SgrB2M を用いた銀河系中心方向メーザー源の絶対固有運動測定

酒井大裕 (東京大学), 本間希樹, 小山友明, 永山匠 (国立天文台)

## 背景・動機

銀河系中心方向は、銀河系の回転方向と直交しており、運動学的距離の測定は困難である。また、中心領域は円運動からはずれた複雑な運動を有していることが知られており、年収視差や固有運動の測定により天体の距離や運動を測定する事が非常に重要である。

実際に銀河系中心方向で位置天文観測を行う上での問題点として、銀河系中心方向は位置参照となる明るい QSO が少ない事、逆位相補償に十分な明るさのメーザー源 (10 Jy 以上) が少ない事が挙げられる。通常 VLBI による位相補償観測では、明るい QSO で Fringe search を実行し、メーザー源にその解を適用することで大気起因の位相揺らぎを補正する。また、QSO が暗い場合には、明るいメーザー源で Fringe search を行い、QSO に適用する。本発表では、銀河系中心のように QSO とメーザー源の両方が暗い場合に、SgrB2M のような非常に明るいメーザー源を Reference source として用いる事で QSO とメーザー源の大気揺らぎを補正する方法について報告した。

## 観測・解析

観測は VERA を用いて、22 GHz 帯で 2014 年 3 月、2014 年 5 月、2015 年 3 月の計 3 回行われた。観測スケジュール内では、VERA の A ビームに SgrB2M(Reference maser), B ビームに G359.93(Target maser) が入るペアと、A ビームに SgrB2M, B ビームに J1745-2820(QSO) が入るペアを交互に観測する。本観測では、観測手法の精度の検証のために、A ビームに G359.93, B ビームに J1745-2820 が入るペアの観測も行った。図 1 は、観測手法と解析方法の概念を示している。

解析の手順として、初めに、SgrB2M に付随する水メーザー源 (Reference maser) で Fringe search を実行し、その解を J1745-2820(QSO) と G359.93(Target maser) に適用する。その結果得られる J1745-2820 と G359.93 のイメージ上のピーク位置は、Fringe search を行った SgrB2M メーザースポットに対する位置オフセットを示す。次に、それぞれのピーク位置の差分を取る事で、図 1 に示すように J1745-2820 に対する G359.93 のメーザー源の位置オフセットを求める事が出来る。

本観測手順での位置測定精度を確かめるため、以下の方法で精度の確認を行った。SgrB2M には、明るいメーザースポットが多数あるため、異なるスポットを使って上記の解析を行った結果が一致するかどうかを調査する。図 1 に示されている通り、異なるスポット Reference maser 1 と 2 を使った結果の G359.93 の絶対位置は原理的には一致するため、様々な reference maser spot で解析した時の位置のばらつきがこの手法による位置測定精度をあらわす。

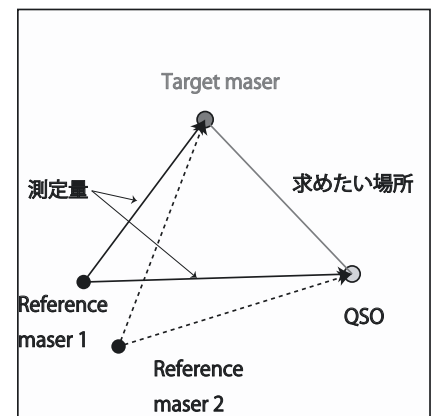
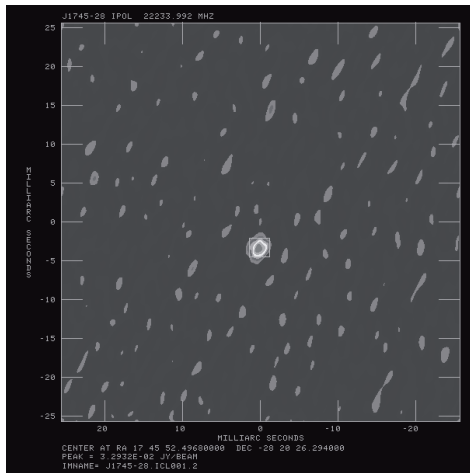


図 1 SgrB2M を用いた位相補償観測の概念図。

SgrB2M → J1745-2820



SgrB2M → G359.93

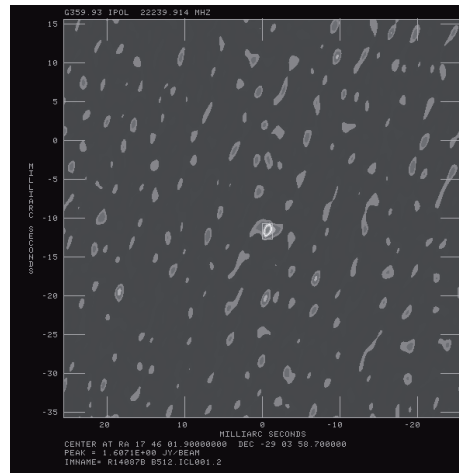


図2 SgrB2Mを用いて位相補償したイメージ(左)J1745-2820,(右)G359.93。

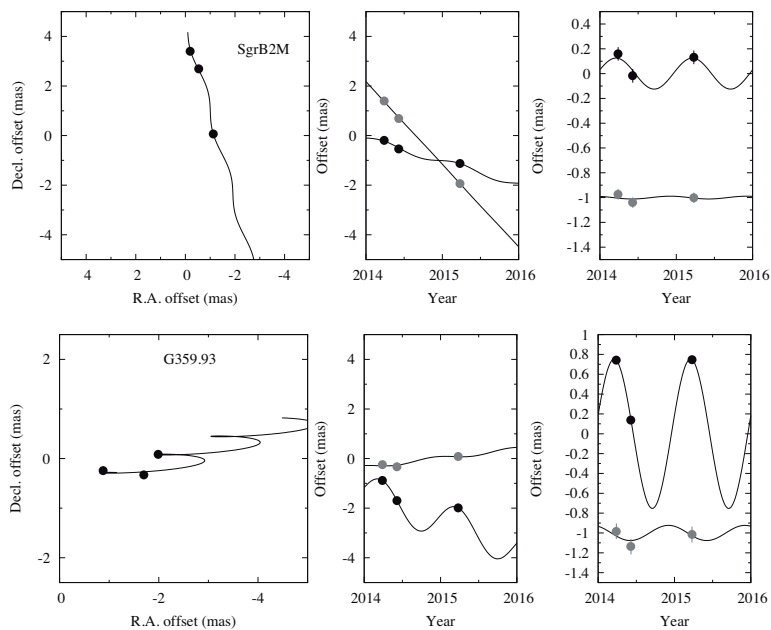


図3 位相補償で得られた(上段)SgrB2Mと(下段)G359.93の絶対位置測定結果。それぞれ、(左)は天球面上でのメーザースポットの運動、(中)は時間に対するメーザ位置の赤経・赤緯方向の運動、(右)はそれから直線運動を差し引いた結果

## 結果

図2はSgrB2Mのメーザースポットを用いて位相補償したJ1745-2820とG359.93のイメージを示している。マップの中心にピークが来るように各天体の座標中心位置を調整している。ピーク位置を用いて前述の方法でJ1745-2820(QSO)に対するG359.93(Target maser)の相対位置オフセットを測定可能である。

図3は位相補償結果をもとにして3度の観測による絶対位置測定結果を示している。上段は、SgrB2Mに対するJ1745-2820の位相補償によって得られたSgrB2Mに付随するメーザースポットの絶対位置、下段はそれとSgrB2Mに対するG359.93の位相補償の結果を加えて得られたG359.93の絶対位置測定の結果をそれぞれ示している。左図は天球面上でのメーザースポットの運動、中図は時間に対するメーザ位置の赤経・赤緯方向の運動、右図はそれから直線運動を差し引いた結果を示している。ここで、上段のSgrB2Mの固有運動Fittingについては過去の研究(Reid et al. 2009)で得られた距離8 kpcを用いてFittingを行った。

表 1 異なる SgrB2M メーザースポットを用いて求めた J1745-2820 に対する G359.93 の絶対位置オフセット

Spot velocity	R.A. position	Dec. position
104.52 km s <sup>-1</sup>	-2.003 mas	0.095 mas
82.68 km s <sup>-1</sup>	-2.053 mas	0.063 mas
54.96 km s <sup>-1</sup>	-1.086 mas	-0.053 mas

Fitting の結果、得られた SgrB2M の絶対固有運動は  $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (-0.91 \pm 0.08, -3.33 \pm 0.06) \text{ mas yr}^{-1}$  であり、Reid et al. (2009) で得られた値と矛盾しない。一方、G359.93 の絶対位置測定結果については G359.93 の距離は未知であるため、年周視差と固有運動の両方に対して Fitting を行った。得られた年周視差は  $\pi = 0.753 \pm 0.009 \text{ mas}$  で、距離  $D = 1.328 \pm 0.016 \text{ kpc}$  に対応する。ただし、ここで得られた年周視差は 3 epoch の観測の結果から得られたものであり、今後観測点数を増やす事により検証する必要がある。絶対固有運動は  $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (-1.12 \pm 0.01, 0.37 \pm 0.14) \text{ mas yr}^{-1}$  であった。これは、運動方向が銀河面方向とほぼ直交していることを示している。天体が基本的に銀河面に沿って運動していると仮定すると、この結果はこの天体の距離が近いことを示唆し、年周視差で得られた結果とも一致する。

## 精度に関する考察

観測・解析の節で述べたように、SgrB2M の異なるメーザースポットを用いて解析を行った結果の J1745-2820 に対する G359.93 の位置オフセットがどの程度一致するかを調べる事で、本観測手法の精度の検証を行った。用いたメーザースポットは視線速度 104.52 km s<sup>-1</sup>, 82.68 km s<sup>-1</sup>, 54.96 km s<sup>-1</sup> のスポットであり、これらのスポットはお互いに約 100 mas 位置が離れている。表 1 に、これらのスポットを用いて得られた G359.93 の絶対位置の結果をまとめている。表 1 中の座標値は、(SgrB2M から G359.93 の位相補償位置) - (SgrB2M から J1745-2820 の位相補償位置) を計算する事で得られたものである。ここで得られた結果から、異なるメーザースポットを用いて解析を行った結果は、0.1 mas 程度の精度で一致していることが分かった。これは、固有運動の測定が十分可能な精度であり、数 kpc 程度の近傍天体であれば年周視差の測定が可能な精度である。

## 将来展望

十分明るいターゲットメーザー源を用いることで、QSO, Target maser, Reference maser の 3 つのお互いで測定した相対位置が閉じるかどうか検証を行う。G359.93 については、あと数 epoch 観測を行い、固有運動と年周視差の測定を行う。また、精度を定量的に見積もり、この方法で絶対位置測定が可能な天体について順次観測を実行する。

## 参考文献

- [1] Reid, M. J., Menten, K. M., Zheng, X. W., Brunthaler, A., & Xu, Y. 2009, ApJ, 705, 1548