

6.7 GHzメタノールメーザー源のアstrometry観測で探る銀河系棒状構造

松本尚子(国立天文台), 本間希樹, 廣田朋也, 柴田克典(国立天文台/総研大),
小山友明(国立天文台), 水野翔太(AES), 他VERAプロジェクトメンバー

1.概要

本研究の目的は、銀河系バー構造周辺天体の絶対固有運動/年周視差の計測を行い、銀河系バー構造の存在を3次元的な運動から確かめることである。

2009年より6.7GHz帯メタノールメーザー源の位相補償観測をVERAで行っている。2012年2月に9天体の観測を終了し、年周視差検出の可能性がある1天体は継続、そして新規に3天体観測を開始した。2010年までの観測データから得られた予備的な結果は天体の絶対固有運動が平坦な回転曲線による円運動では説明できないことを示している。

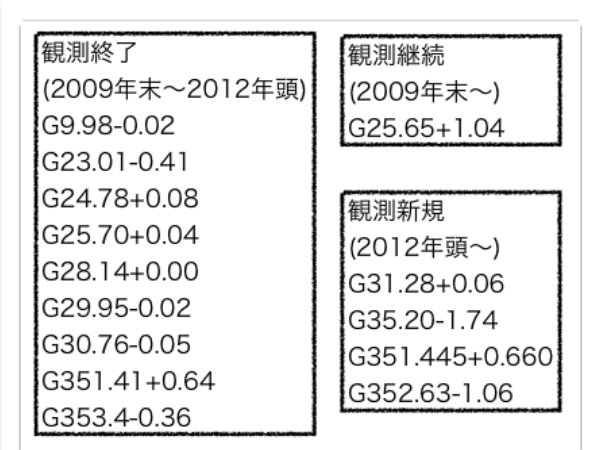
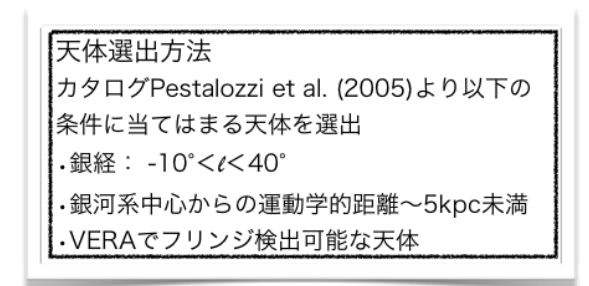
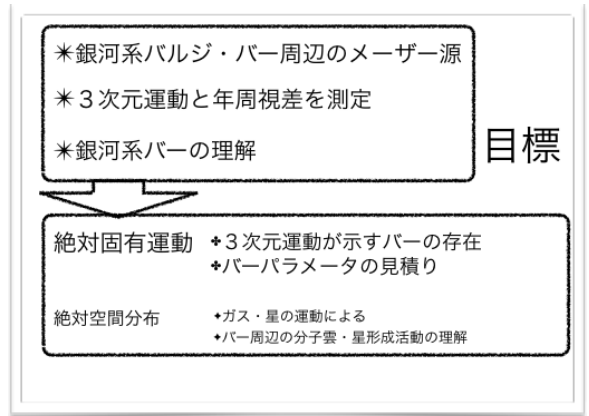
今後、最新のデータを加えた結果をまとめる予定である。しかし、視差が得られそうな1天体、G25.65+1.04の位相補償解析が2011年末の観測データから成功しておらず、天体固有の問題なのか、太陽活動の活発化による電離層の影響なのか等を切り分け、解決する必要がある。

また、本研究でバー構造の全容をつかむ為には、現状の十数天体では十分とは言えない。よって、将来的には、空間的な分解がより大きく、より暗い天体も観測できるように、高感度・短基線アレイが必要である。

一方で、観測当初から懸案であった、速度分解能の不足の問題については、現在試験運用段階のソフトウェア相關器により、大幅な改善が見られ、位相補償解析による結果比較も、ビームサイズよりも十分小さい1 masの範囲で一致していることを確認した。今後、試験観測を継続し、従来データと同じ運動傾向を示すかどうか、検証していく。

2.観測

対象の6.7GHz帯Class Iメタノールメーザー源について、2-3ヶ月に一度の頻度でVERAを用いて4分サイクルの1ビームスイッチング観測を行っている。記録はDIR2000Kで、16MHz帯域×16IF分のデータを取得している。1ch当たりの速度分解能は0.7km/s。ビームサイズは天体によるが、3 mas × 4 masから6 mas × 9 mas程度である。



3.結果と考察

2010年までのデータから得られた結果。ビームサイズの制限でG25.65+1.04以外は年周視差の検出ができないため、運動学的距離を使って得られた特異運動をプロットした(左)。我々の結果はG25.65+1.04をのぞく5天体全てが220km/sを仮定した銀河回転よりもゆっくりとした運動をしていることが分かる。これを以下3つのモデルと比較した。Rによらず回転速度一定の円運動モデル(flat circular rotation model)とCO/HIの観測から得られた回転曲線を持つ円運動モデル(non-flat circular rotation model)、そして、平坦な回転曲線を持つバーポテンシャル込みの摂動モデル(Dynamical model)。その結果、観測データを再現するモデルとして、flat circular rotation modelは棄却された。また、バーモデルとVERAの結果から太陽系に対するバーの傾きが $\sim 35^\circ$ という、これまでのバーの傾きに関する研究結果と矛盾しない結果も得られた。

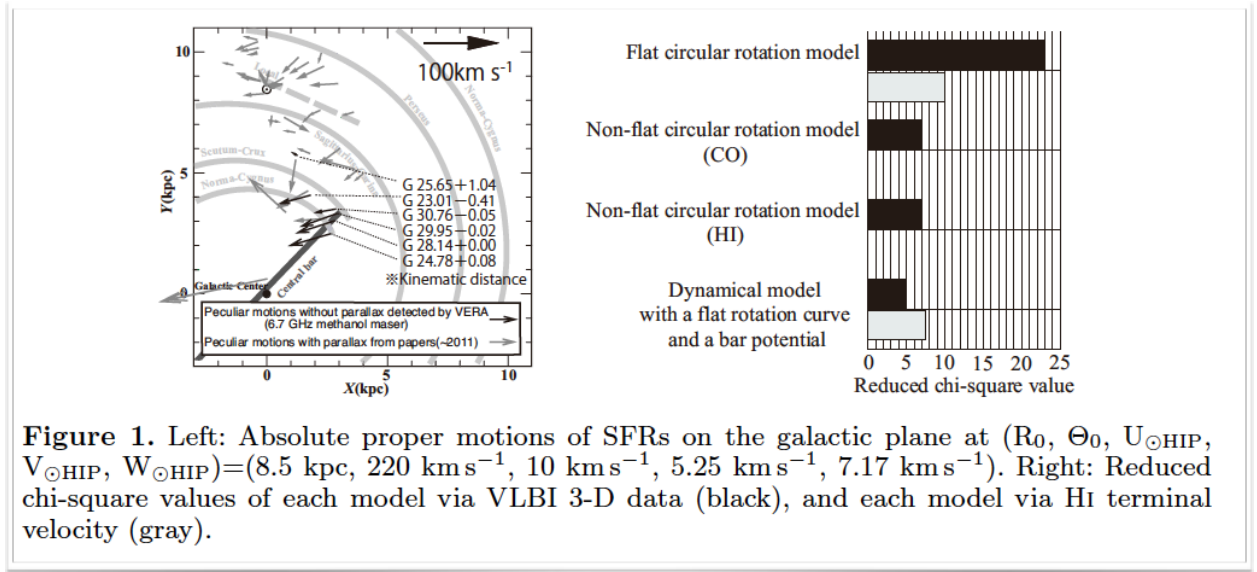
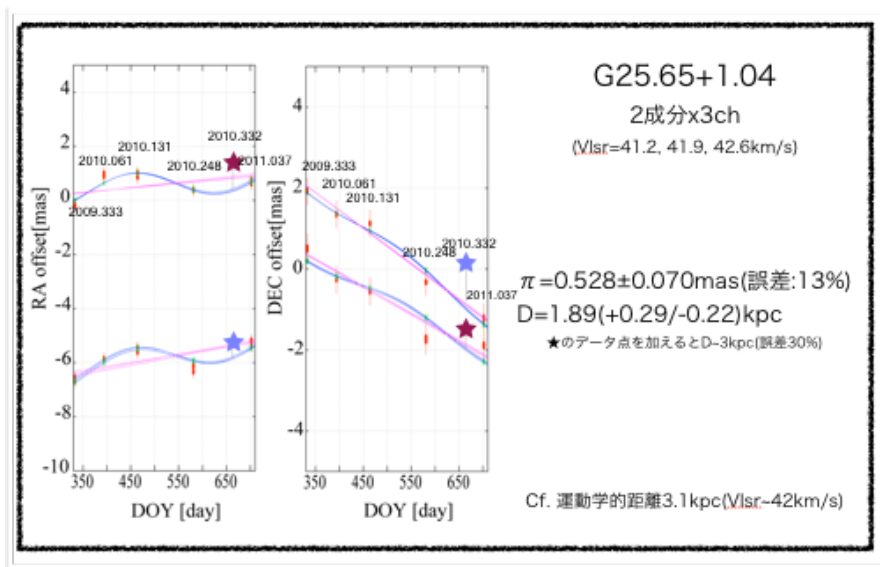


Figure 1. Left: Absolute proper motions of SFRs on the galactic plane at $(R_0, \Theta_0, U_{\odot\text{HIP}}, V_{\odot\text{HIP}}, W_{\odot\text{HIP}}) = (8.5 \text{ kpc}, 220 \text{ km s}^{-1}, 10 \text{ km s}^{-1}, 5.25 \text{ km s}^{-1}, 7.17 \text{ km s}^{-1})$. Right: Reduced chi-square values of each model via VLBI 3-D data (black), and each model via HI terminal velocity (gray).

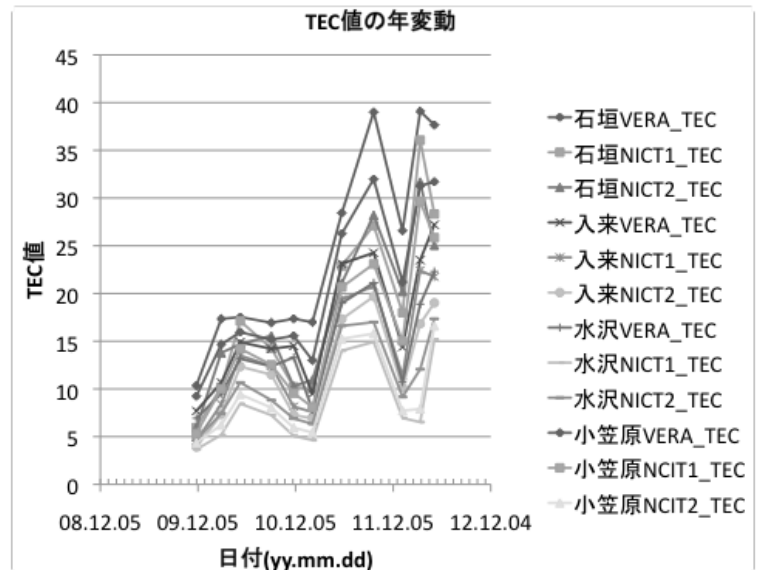
G25.65+1.04については、年周視差が見えてきたため予備的に距離の見積りを行った(下図)。その結果、ジャンプが見られる2010年332日目のデータを除くと $1.89(+0.29/-0.22)\text{kpc}$ という結果が得られた。ジャンプが見られるデータも入れた場合の距離は3kpc程度になった。いずれの場合も、運動学的距離から大きく外れた値にはならなかった。この天体は2011年2月以降も観測継続し、より高精度な距離測定を行う必要がある。



4.課題 電離層補正

G25.65+1.04の2011年12月頃のデータから位相補償解析による像を上手く描けていない。考える要因として右のグラフのように、最近活発になってきた太陽活動に伴う電離層での遅延の影響が考えられる。

VERAにおける電離層遅延の補正はJPL提供のグローバルなTEC値(=全電子数)を採用しているが、各局のGPSを用いた大気遅延量の測定をもとにした局所的かつ高頻度のTEC値が必要である可能性がある。今後、2011年秋以降に観測されている他の天体についても位相補償解析を進め、同様な現象が起きているか調べる。

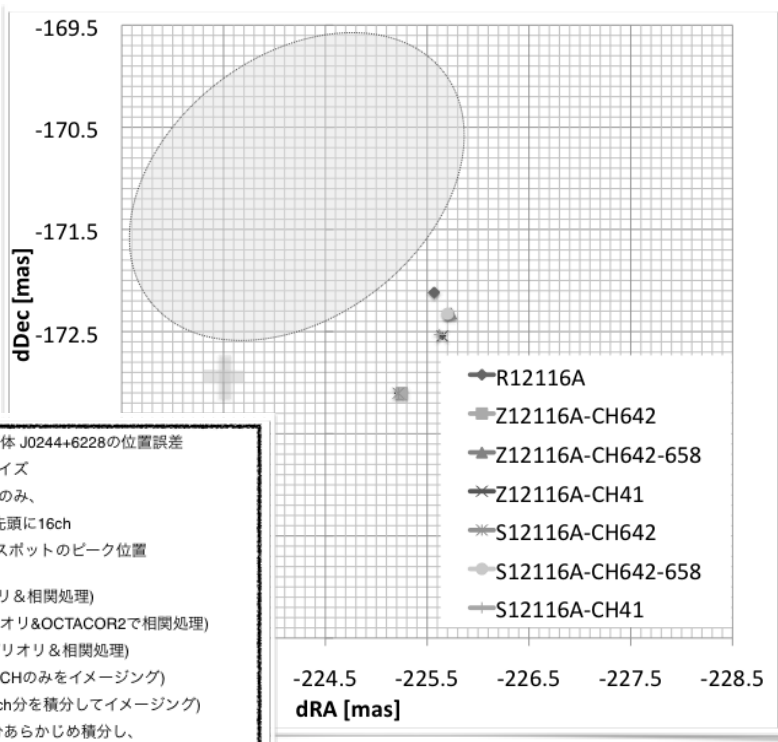


5.展望 速度分解能の大幅な向上

既存のハードウェア相関器(Mitaka FX)における6.7GHz帯の最大の速度分解能は、DIR1000系記録で0.175km/s、DIR2000系でその4倍の0.7km/sである。そのため、レーザーのラインが1ch内に収まってしまう事が多く、ライン強度の低下・本物のレーザー成分の特定の難しさ・絶対固有運動計測におけるデータ点数の少なさを招いている。これらの点は、現在試験段階のソフトウェア相関器(仮称：OCTACOR2)を用いて速度分解能の高いデータ(任意の帯域で最大16384chまでが目安)を得ることで解消可能である。

今回は、DIR2000系記録のW3OHに付随するメタノールレーザー源観測のデータを用いてOCTACOR2で処理されたデータ(0.04km/s/ch)とMitaka FXのデータ(0.7km/s/ch)について位相補償解析を行い、位置の再現性を検証した。

その結果、周波数切り出し処理の際に生じるCH毎の周波数の差異によると思われる位置ずれが見られるが、一貫した相関処理を踏めば、ソフトウェア相関処理も位相補償観測データの生成に耐えうる精度を持っている可能性が高いと考えられる。今後は位置の違いに関する詳細な検討や複数エポックによる検証が必要である。



•薄い灰色の十字:リファレンス天体 J0244+6228の位置誤差
 •薄い楕円:観測データのビームサイズ
 •プロット点:Vlsr=-45.4km/sのchのみ、もしくはVlsr=-45.4km/sのchを先頭に16ch積分したイメージから得られたスポットのピーク位置

•R12116A(Mitaka FXのアプリオリ&相関処理)
 •Z12116A-*(Mitaka FXのアプリオリ&OCTACOR2で相関処理)
 •S12116A-*(OCTACOR2のアプリオリ&相関処理)
 •*-CH642(Vlsr=-45.4km/sの642CHのみをイメージング)
 •*-CH642-648(解析の最後に16ch分を積分してイメージング)
 •*-CH41(データ解析の際16ch分あらかじめ積分し、最終的にVlsr=-45.4km/sの41chをイメージング)

