

メーザー源単一鏡サーベイで探る 天の川銀河構造とVERA

蜂須賀一也
(山口大学)

金澤翔 (B4)、藤沢健太 (山口大学)
沖本有 (M1)、米倉覚則 (茨城大学)

Galactic maser source survey towards
the most distant spiral arm in the Milky Way

Hachisuka, K. (Yamaguchi University)

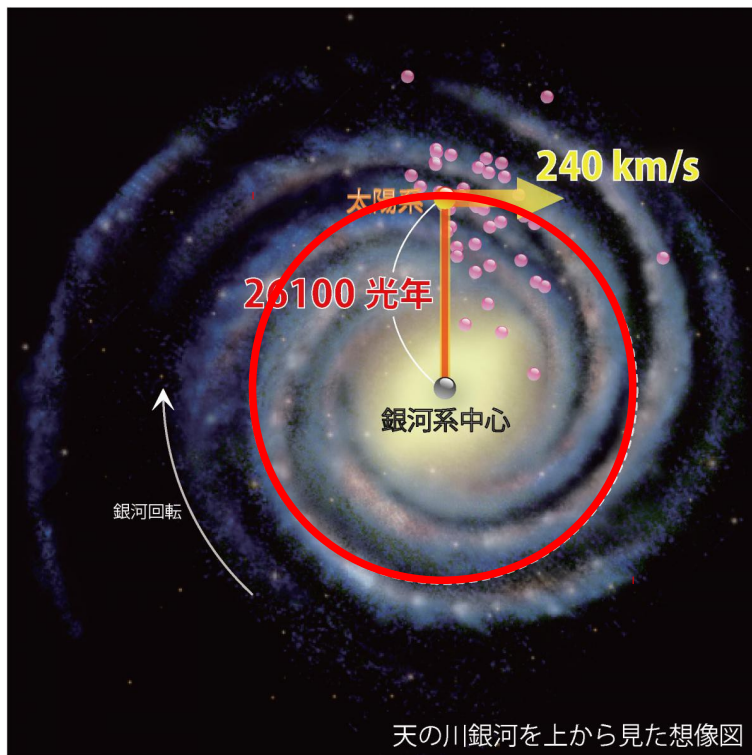
We searched Galactic maser source in the Outer Scutum-Centaurus arm which is the most distant spiral arm in the Milky Way. We performed high sensitivity survey using Yamaguchi 32m, Ibaraki 32m and Bonn 100m radio telescope, however NO new maser source was found. We never give up to find new maser sources at there.

概要

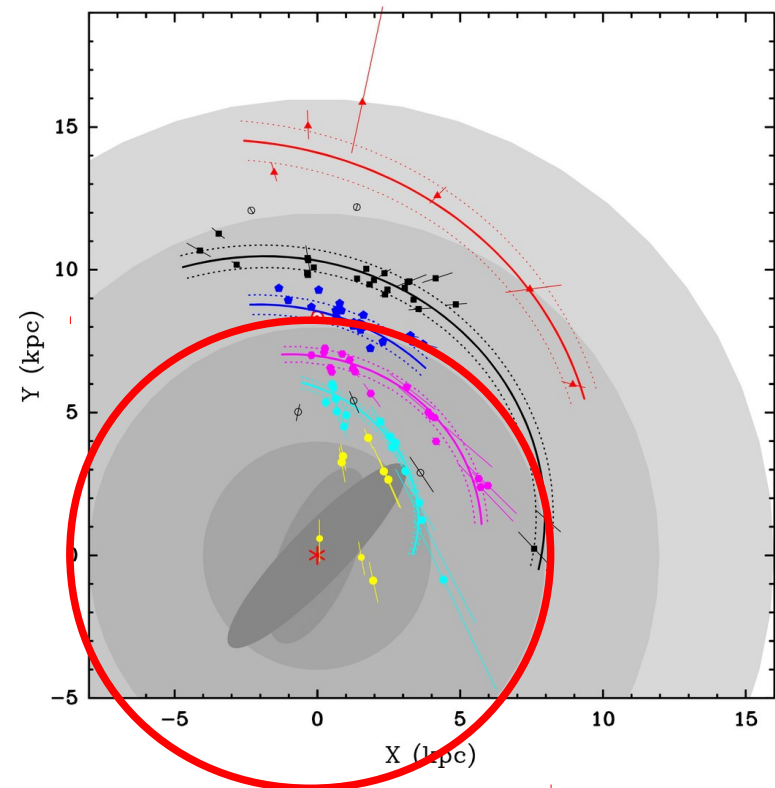
- 背景：VERAやBeSSeLのようなVLBI メーザーアストロメトリ観測が進行中。しかし発表された論文を見ると銀河系全体を網羅していない。現状は近傍のみ(<10 kpc)。銀河系は少なくとも倍広いはず…。
- 目的：メーザー分布を銀河系全体で描きたい！
- 手段：VLBI アストロメトリ観測天体とベースとなっている単一鏡データの見直しを行う（力学的距離を使って銀河系メーザー分布を作成する）。メーザー源の少ない領域に対して単一鏡によるサーベイを実行。
- 結果：遠方の腕にある天体に対してサーベイを実行したが、検出率は想定より非常に悪かった。原因は感度不足。十分な天体数を遠方で検出するためには0.01 Jy(rms)が必要。このような弱い天体はVLBIで観測不可能。
- 今後：それでもサーベイを続ける。その理由はVERAの結果と単一鏡データ（つまり力学的距離）を合わせて銀河系全体のメーザー分布を描きたい。

VERAとBeSSeLの途中結果

- 左: VERA (2012, 52天体)
- 右: BeSSeL (2014, 103天体)
 - 両論文は自身のプロジェクト以外のデータも使用



(本間 2012 記者会見資料)

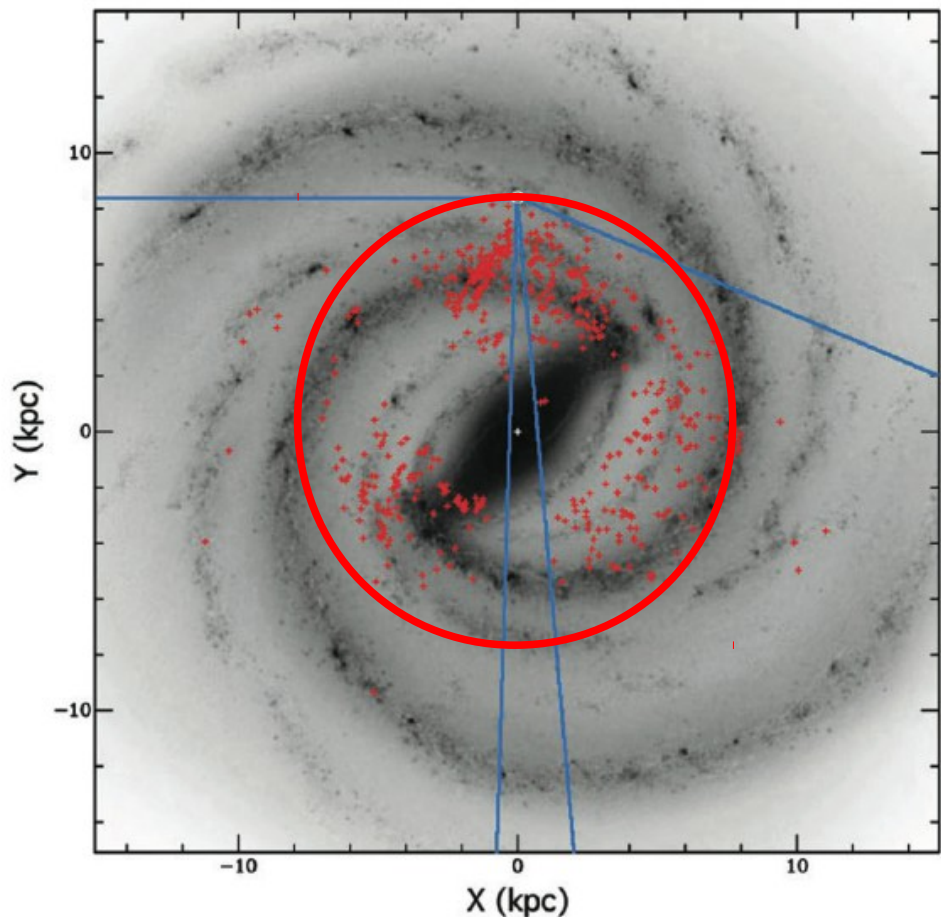


赤丸は太陽円

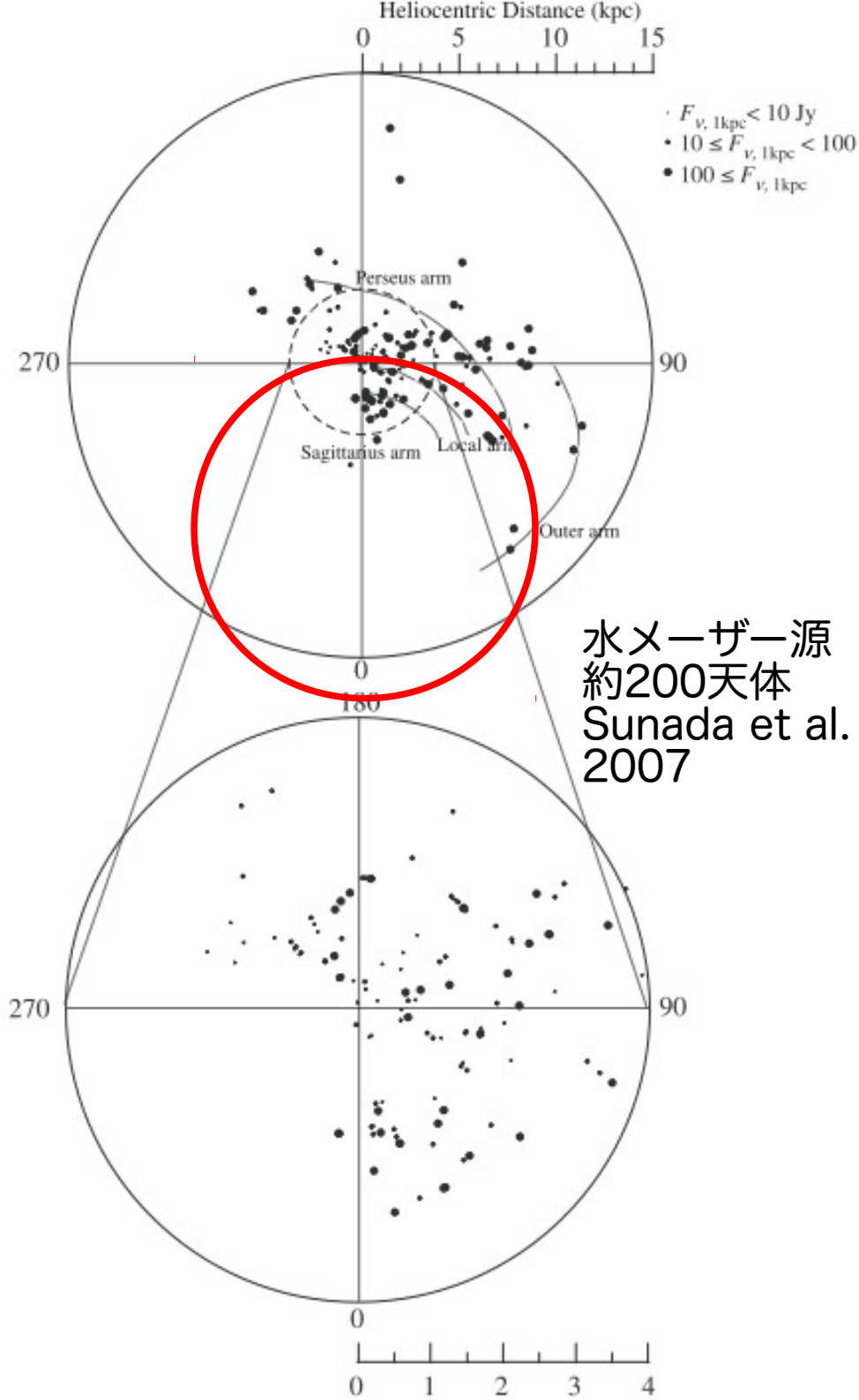
(Reid et al. 2014)

銀河系内メーザー源の 力学的距離分布

- 太陽近傍と太陽円内に多い理由：銀河系構造とサーベイ感度



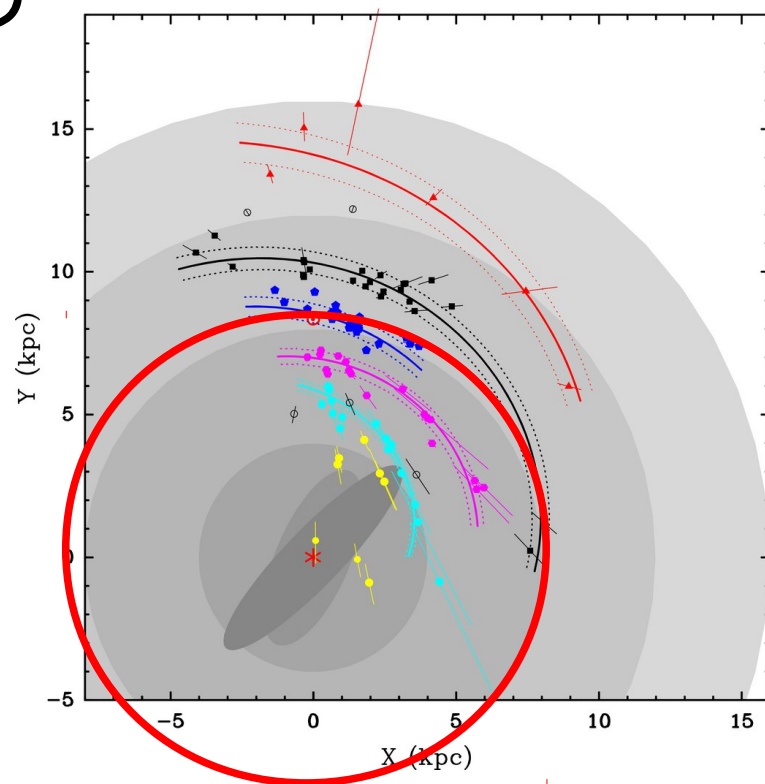
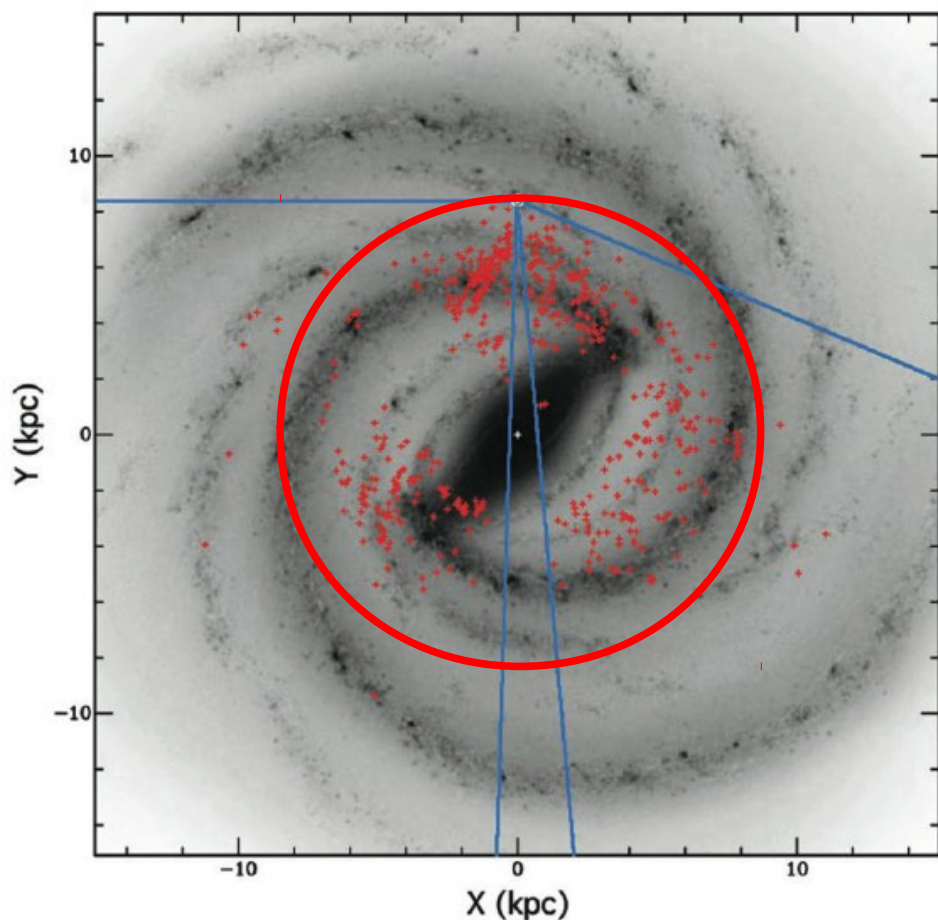
6.7 GHz メタノールメーザー源
約400天体
Green et al. 2011



水メーザー源
約200天体
Sunada et al.
2007

VLBIは銀河系の一部のみをマッピング中

- 左: 単一鏡によるメーザー源分布 (力学的距離)
 - near/far distanceは解決済み(HI self-absorption)
- 右: VLBIアストロメトリ

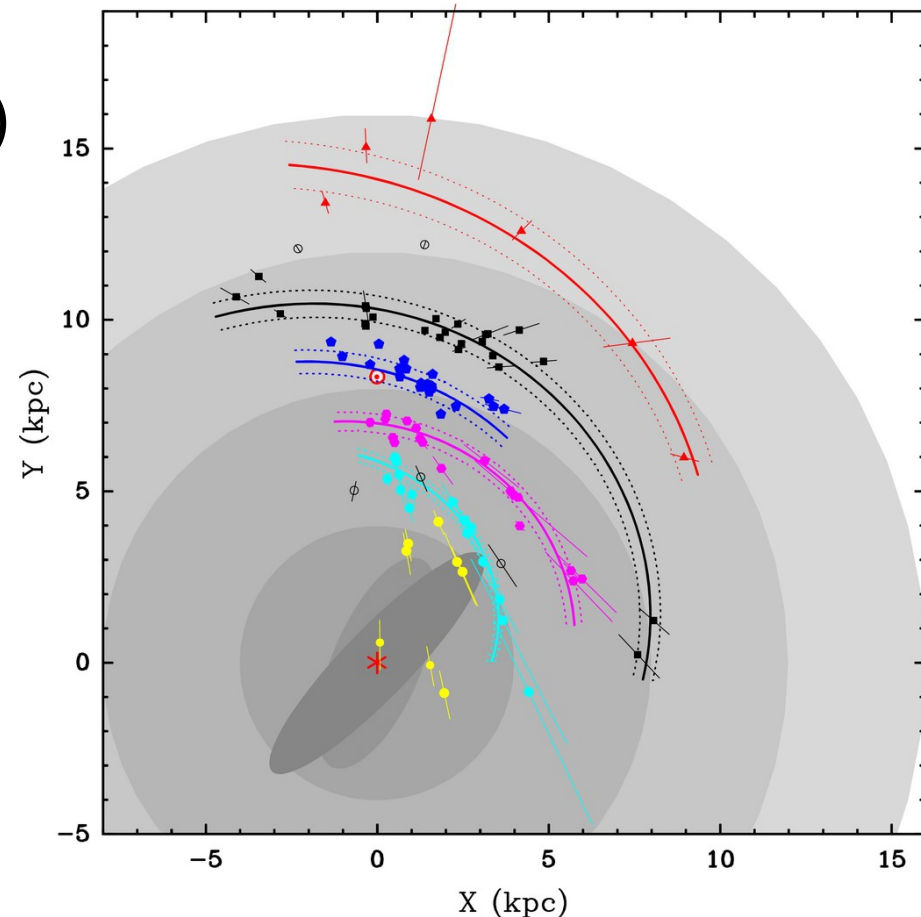


その理由のひとつは、強度の強い天体ばかり観測しているから。メーザー源も遠ければ暗くなる。 5

系内メーザー源のVLBIマッピングが されていない主な領域 (2013年まで)

(*) は銀河系中心を超えた領域を含む

- ペルセウス腕
 - $45^\circ < \text{銀経} < 90^\circ$ (狙い目?)
 - $-20^\circ < \text{銀径} < 40^\circ$ (*)
- **いて座腕**
 - $-10^\circ < \text{銀径} < 30^\circ$ (*)
- **Scutum腕**
 - $-30^\circ < \text{銀径} < 60^\circ$ (*)
- **Outer腕**
 - $-20^\circ < \text{銀径} < 70^\circ$ (*)



far distanceにあるメーザー源の VLBI距離測定結果が少ない

- 何故？

1. VLBI観測天体として選択していない

- 明るい天体を観測してきた（遠いと暗い？） or たまたま

2. 観測しても”遠すぎて”視差が検出できていない

- 観測・解析途中で論文となっていない

3. 現在観測中・解析中

4. そもそも単一鏡データベースの中にfar distanceにあるメーザー源が少ない（サーベイ感度などが原因）

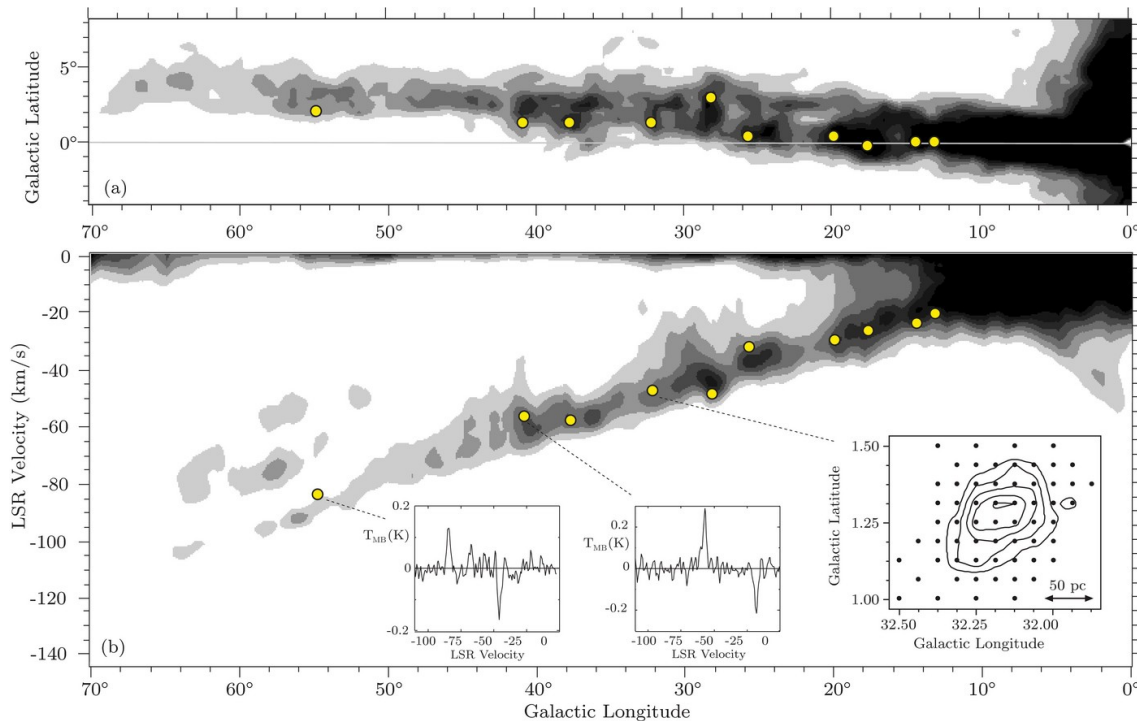
- さらにouter Galaxyにあるメーザー源はもっと少ない？

5. 銀河系構造を反映？（個人的な妄想）

- Far distance領域の星形成率が低い？（腕の規模が小？）
 - とにかくFar distanceの腕や天体情報はnearと比べてかなり乏しい

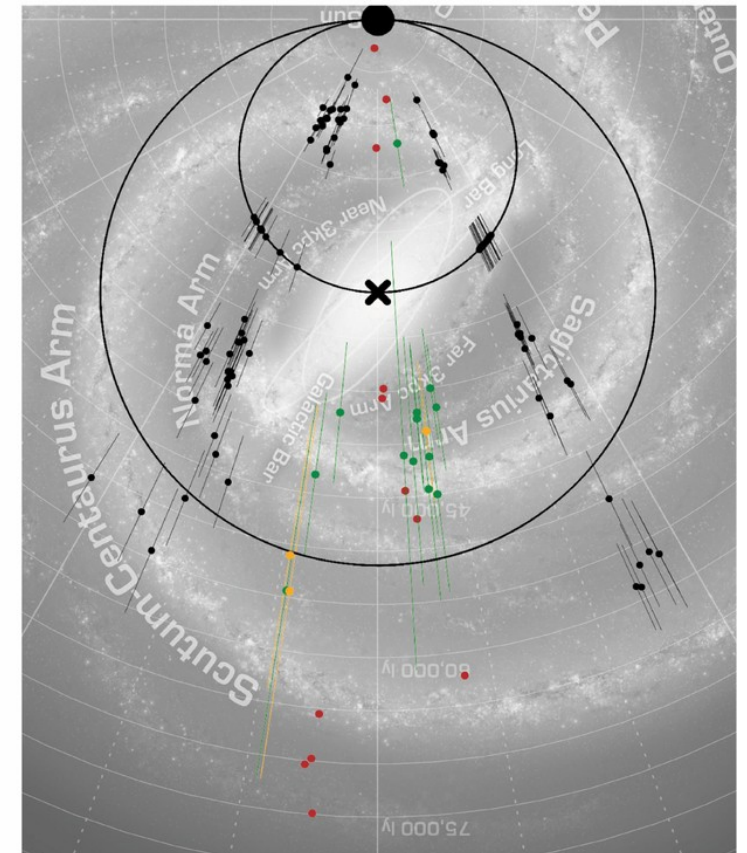
単一鏡データベースのメーザー源の大部分は 近傍($D_{\text{sun}} < 10 \text{ kpc}$)なのかも…と思い、 遠方メーザー源のサーベイを実行

- 力学的距離から十分に遠方($>15 \text{ kpc}$)にあると考えられる分子雲とHI領域がターゲット
- 約60天体観測



CO cloud (yellow dots) and HI gas (gray scale)

Dame & Thaddeus 2011



Distant HI regions
Jones et al. 2013

天の川銀河内の遠方メーザー源探査



ボン 100m

2010年10月： Outer arm (HII region),
CH₃OH and H₂O maser

2014年3月： Outer Scutum-Centaurus arm
(CO cloud), CH₃OH maser

茨城 32m

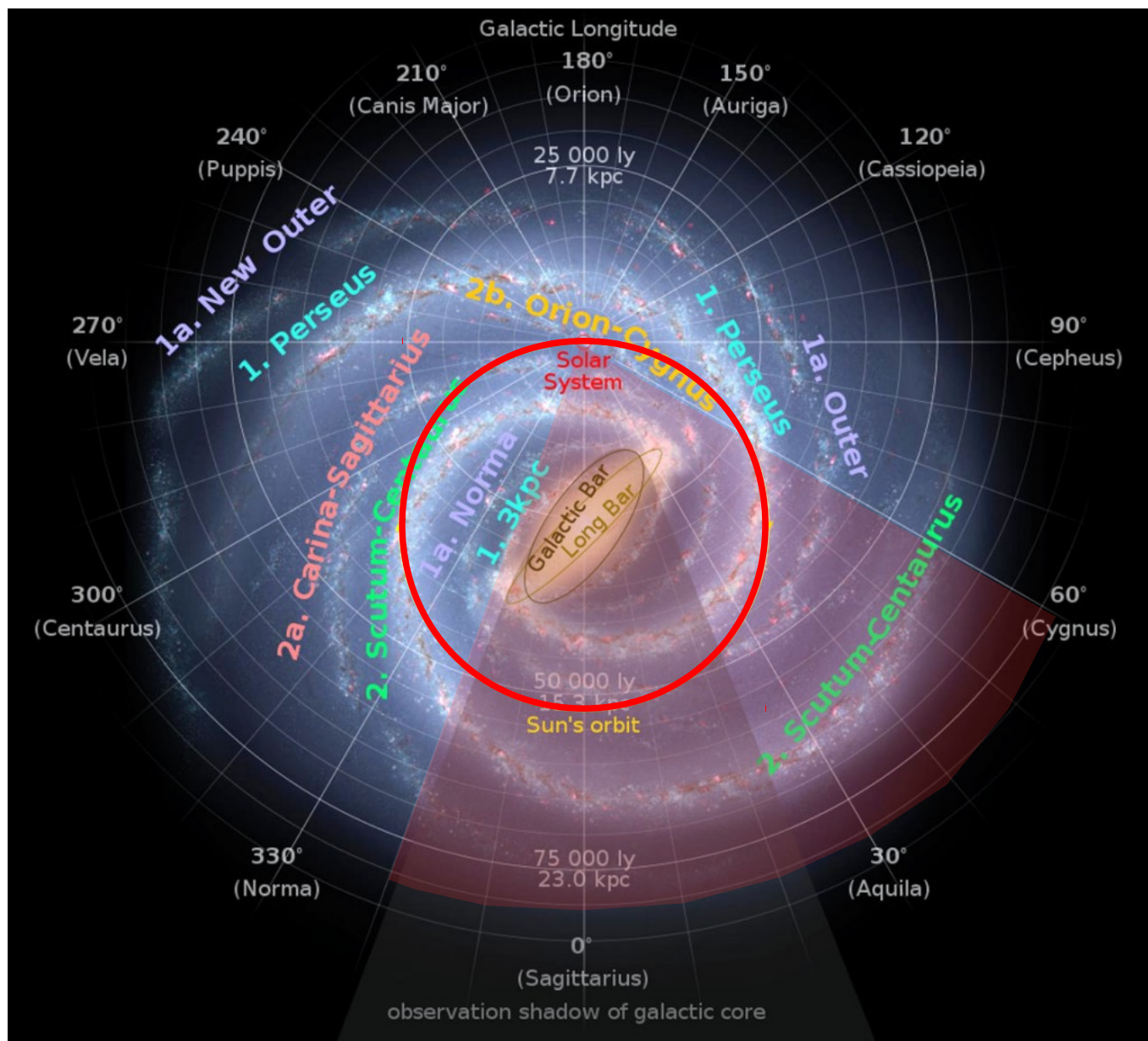
2013年夏、秋： Outer Scutum-Centaurus arm
(CO cloud), H₂O maser

山口 32m

2014年春： Outer Scutum-Centaurus arm
(HII region), CH₃OH maser

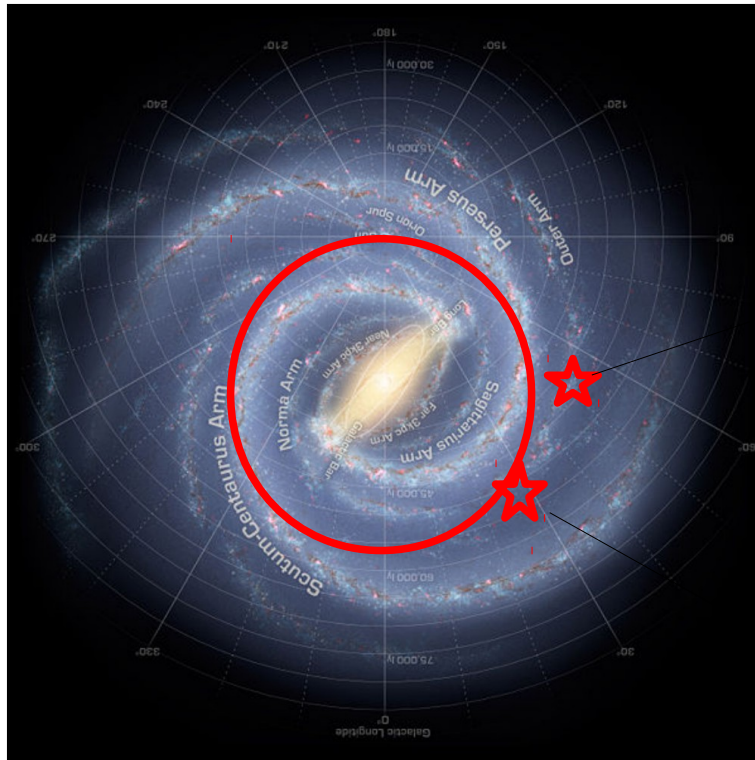


観測領域：Outer armとOuter Scutum-Centaurus arm
観測天体：距離が推定できる天体（例えば力学的距離）
高感度観測(例えば山口32mは1時間積分で約 0.1 Jy)



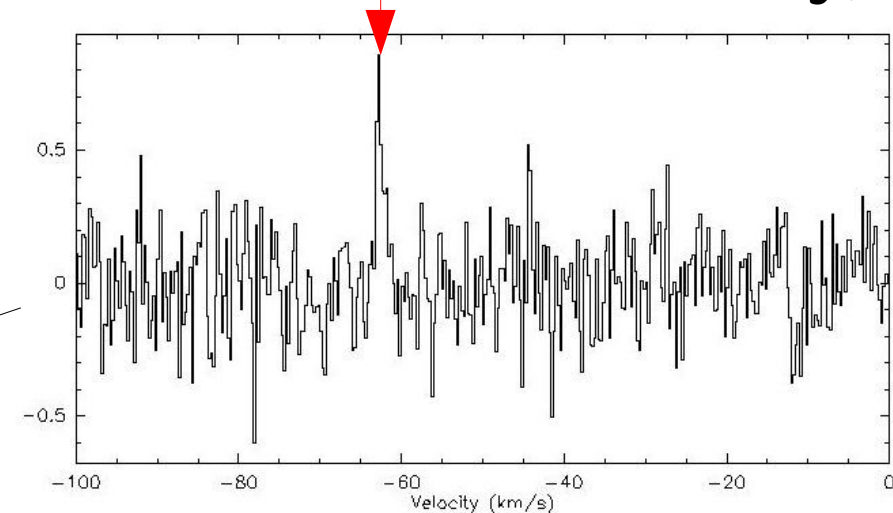
H₂O masers in Outer arm

(detected by Bonn 100m、初検出、強度はどちらも~2 Jy)

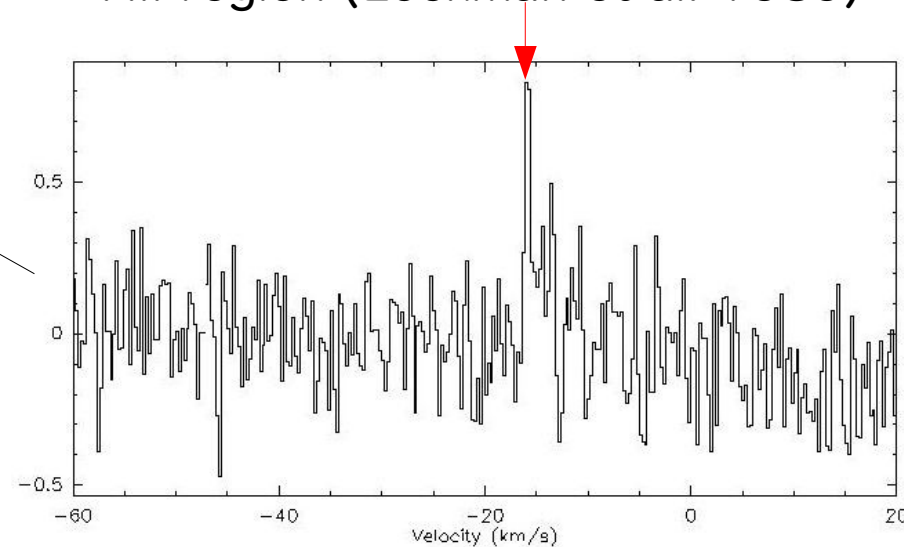


(Hachisuka et al. In prep.)

ただし弱すぎてVLBI観測は困難。
G55の0.5度隣には2 Jyの参照
電波源があるが…。



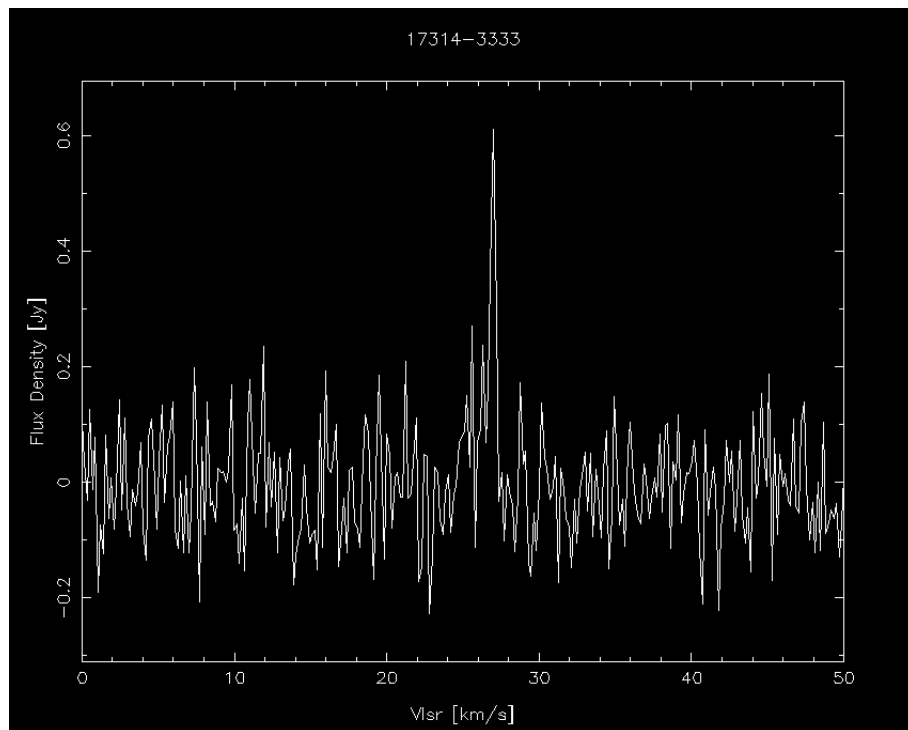
G55.12+2.42 2.4 Jy, -62.7 km/s
HII region (Lockman et al. 1989)



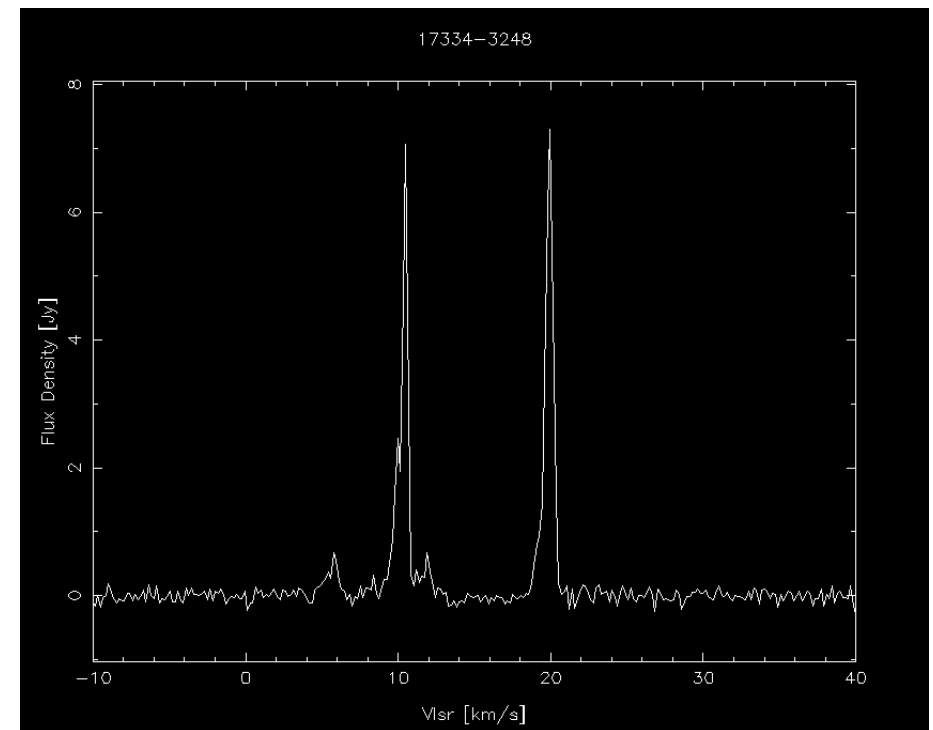
G25.40+0.03, 2.4 Jy, -15.8 km/s
HII region (Lockman et al. 1989)

Outer Scutum-Centaurus armにあると考えられるメーザー源の例

- 既知天体。強度は弱い。VLBI観測は厳しい。
 - 下図はメタノールメーザー源（山口32mデータ）
- 遠方メーザー源の新検出は無かった。



G354.486+00.085



G355.344+00.145

遠方メーザー源をどう扱う？ どうするVERA?

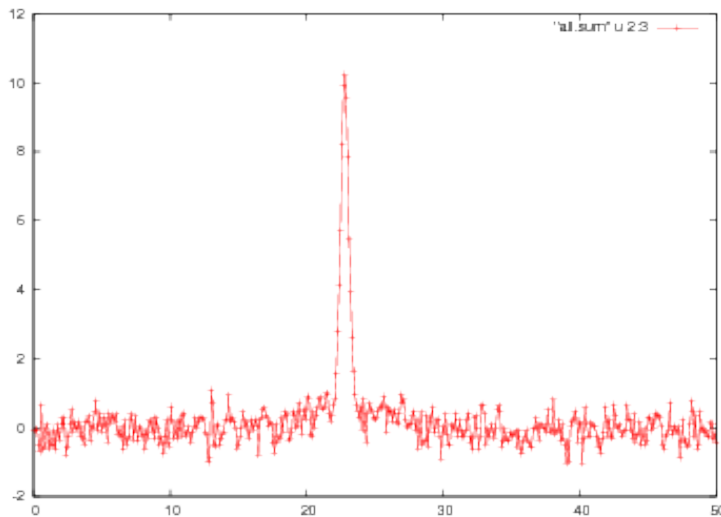
- 提案1：扱わない
 - 近傍(< 10 kpc)メーザー源のみにVERA観測を集中
 - 最終的なVERAマップは近傍のみ
- 提案2：VLBI観測をする
 - VLBI観測可能な強いメーザー源の探査が必要
 - 遠方メーザー源の年周視差検出はほぼ無理なので、絶対固有運動から距離を推定（VLBI力学的距離）
 - 最終的なVERAマップはVLBI観測した近傍遠方天体のみ
- 提案3：VLBI観測は行わないが、視線速度から力学的距離で遠方メーザー源のマッピング
 - 最終的なVERAマップは、アストロメトリ（近傍）と力学的距離（遠方）の両方をプロット
 - VERAデータで銀河系回転モデルを確立させる

我々は今後もサーベイを続行予定

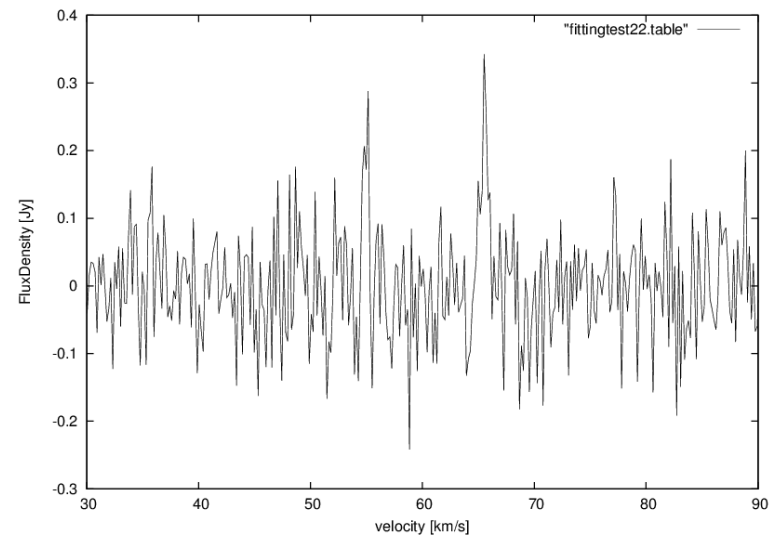
- 山口32m、茨城32mによるサーベイ
 - より高感度、より広い領域
 - 上海65mなどの大口径望遠鏡も使いたい
- 分子雲、HII領域などのアーカイブデータを調査
 - 新しいターゲット天体を探す
- 遠方候補天体のフリンジチェック観測
 - 6.7 GHzメタノールメーザー源は山口-茨城の1基線VLBI観測
 - 水メーザー源はVERAを使用
 - プロポーザル提出予定
- 大学とVERAとの共同研究の一つとしたい

今サーベイで新検出がありました 茨城大、山口大の学生がそれぞれ発見

- 新発見のメーザーはどちらもinner Galaxyに位置すると考えられる。
 - 水メーザーはHOPSカタログに記載されていない
 - メタノールメーザーはMMB（公開データ分）の範囲外
- 学生の卒業研究へ



茨城大が発見した水メーザー



山口大が発見したメタノールメーザー