

玄人にもわかる説明を

- 長さの絶対長を測る、ということは難しい。
- これだけデカイ測定器で50ミクロン精度ができれば、とんでもない高性能。
- なのに技術的な詳細(測定原理・測定精度立証データ)が見えない。
- 技術報告ない(ex.野辺山技術レポートのようなもの)。技術系学会での発表や論文は？
- 本当にできているならば技術的成果として多いに自慢すべきこと。是非玄人にもわかる説明を！

2000年3月の資料です

機械位相エラー50ミクロン以内 は達成できるか？ が10万分の1秒角測定の鍵。

そのため、受信器、IF系をふくめ2ビーム間の位相差を校正する方法について「VERAシステム位相校正検討会」にて検討をすすめてきた。

(1) 人工雑音電波源のなぞ (1998年秋からずっと謎)

- これでなぜ光路長が精度よく測定できるのか？
- センチオーダなら計測できるような感じはする。
- しかし50マイクロン(精度としては10マイクロン)が波長1.3センチ(もしくは7ミリ)の電波の位相で計測できるのか？
- (某研究所の先生に聞くと、この形状・大きさ・環境下でモノの長さの測定でそんな精度がでたら、**学会から賞がでるとのこと。)

2000年3月の資料です

ほぼ同じ大気を通ってくる
2天体の電波を同時に受信

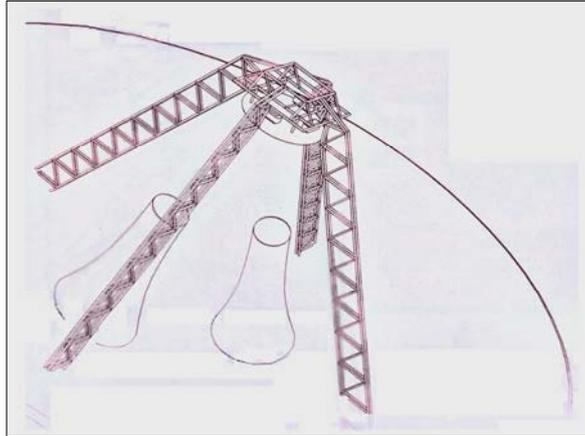
VERAでは2ビームアンテナを用い、同時に2天体からの電波を受信し、
最大限の大気位相補償を行える



2000年3月の資料です

2つビームがある、ということは受信信号は異なる伝送系で処理していることを意味する

アンテナ、受信器など機器で発生する2ビーム間の位相差に関しては微妙な調整、校正が必要となる。



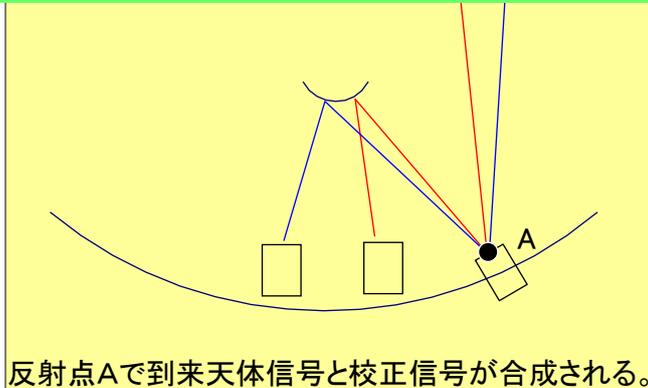
人工雑音電波源: 2000年3月の資料です

一つのホーンから人工連続波を放射、両ビームへ入れる。遅延差を相互相関から測る。

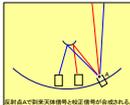
うまくゆけば、全系通しての位相校正が可能。

現在、VERA全観測局についての位相校正はこの方法を採用している。

2000年3月の資料です。
当初の説明では、「光路が天体からの電波と同じであるから。。。光路長を計ることができる」であった。



人工雑音と天体からの電波は、ほぼ同じ経路を通る。アンテナ変形（主に副鏡位置）に対応する変化をとらえることができる。理論値との併用で50ミクロン以内で機器位相を押しさえることができると思われる。



2000年3月の資料です
当時から納得できなかった疑問点

人工雑音電波源法の課題

- 0) 相互相関は10ミクロンレベルの変動に反応するか？
(位相遅延は応答することをすでに確認)
- 1) 雑音電波は1つの経路ではなく複数の経路を伝って受信機にはいる。このマルチパスから本来のパスを分離できるか？
- 2) マルチパスを分離し、さらに本来のパスを正確に(10ミクロン)計測できるか？
- 3) 「天体からの電波」と「人工雑音電波の経路」の違いは理論を信じて補正するが、理論計算は信用できるか？
- 4) 受信機など温度による位相変動とアンテナ変形による位相変化は分離せずに、アンテナ分の補正ができるか？

だいたい、鏡面と同じパラボラ面上に精度よく(10ミクロン)電波源を設置できるのか？理解できなかった。。。。。

ところがいまや雑音電波源は鏡面 から1メートルは浮き上がって いる！

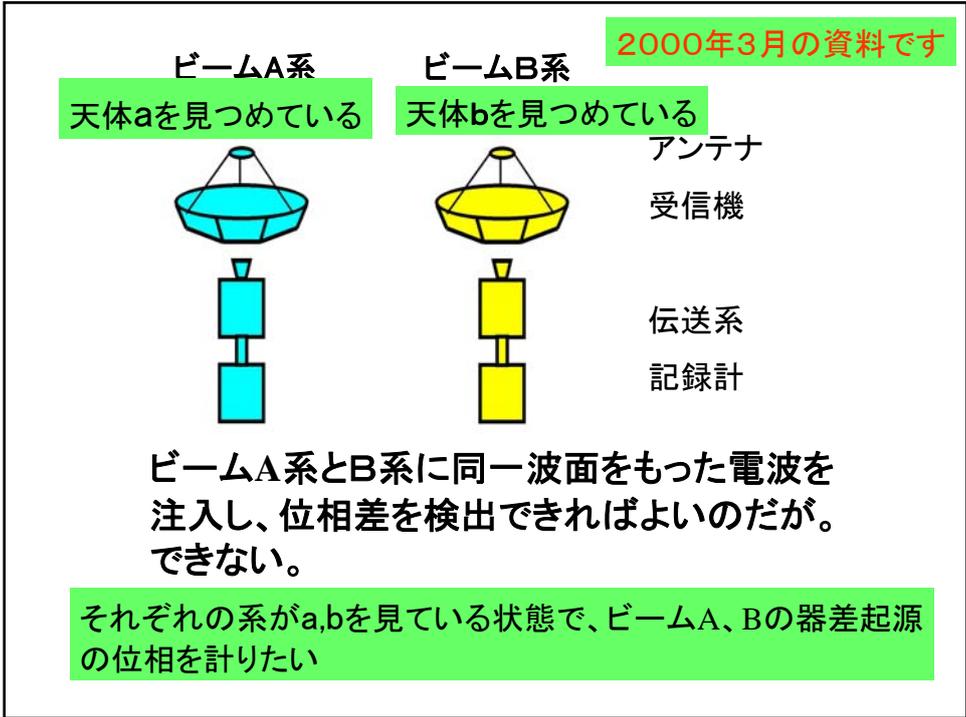
- 光路長自体を測定していないのは明らか
- 別の量を計って、何らかのモデルで、モデル計算から計算値として光路長を算出しているのは明らか。
- するとそのモデルの妥当性とモデル計算値の精度が問題になる。
- そのモデル計算値と実際値を比較検証する必要もあり。
- 原理と精度を明確に示して、**学会で是非、発表講演、精度を立証し、賞をねらおう！

(2) 10m実験、やりかたおかしい

(きのう質問しても良かったんですが)

- 10mアンテナの観測天体固定で、20mのビームふってその天体へ、切り替えてはいかん。
- なぜなら、A,Bの受信位置が異なるので、干渉計としての基線ベクトルが変動しているはず。
- 機械起源の位相差と基線変動起源の位相差との区別ができない。

• 20m鏡の観測時の姿勢・状態
そのまましておく。

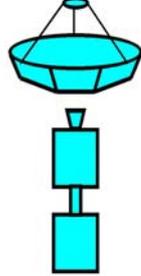


2000年3月の資料です

ビームA系 と 10m鏡

天体aを見つめている

こっちも天体aを見つめる



アンテナ

受信機

伝送系

記録計

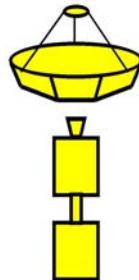
同じ天体からの電波を同時に受信できる。
ビームA系と10mで干渉計として位相 Φ_{10-A}

2000年3月の資料です

10m鏡 と ビームB系

こっちも天体bを見つめる

天体bを見つめている



アンテナ

受信機

伝送系

記録計

同じ天体からの電波を同時に受信できる。
ビームB系と10mで干渉計として位相 Φ_{10-B}

基線25mだと、大気位相擾乱の影響は2ビーム間でのそれと同程度。
•110マイクロンというRMSは大きすぎる。

- 1) 同じ天体からの電波を同時に受信できる。
ビームA系と10mで干渉計として位相 Φ_{10-A}
- 2) 同じ天体からの電波を同時に受信できる。
ビームB系と10mで干渉計として位相 Φ_{10-B}

引き算をすると

$$\Phi_{10-A} - \Phi_{10-B} = \Phi_{A-B}$$

2ビーム間の機器位相がもとまる。
非常に短い基線25mで干渉計観測するところがミソ。
大気の位相変動は小さい。短い基線なので天体から
強い電波が受かる(VLBIのように分解されない) = SN
がいい、天体構造が位相を乱さない。

2000年3月の資料です

3)「2ビーム」からくる観測への 制限「2度問題」

やはり2度以内に参照源はあまりない！

— 実用的な意味では存在しない —

メーザ源の2度以内に参照源が存在する確率

1998年当時も少数だったが2004年3月現在の統計では:

- 水メーザ(1013天体)に対して46.7%
 - SiOメーザ(1237天体)に対して28.7%
- 参照電波源強度は8GHzで100mJy以上あれば
22, 43GHzでも使えると甘く楽観的に、仮定の上

98年秋に2度視野では参照源がないから
2ビームではダメといったのになあ！

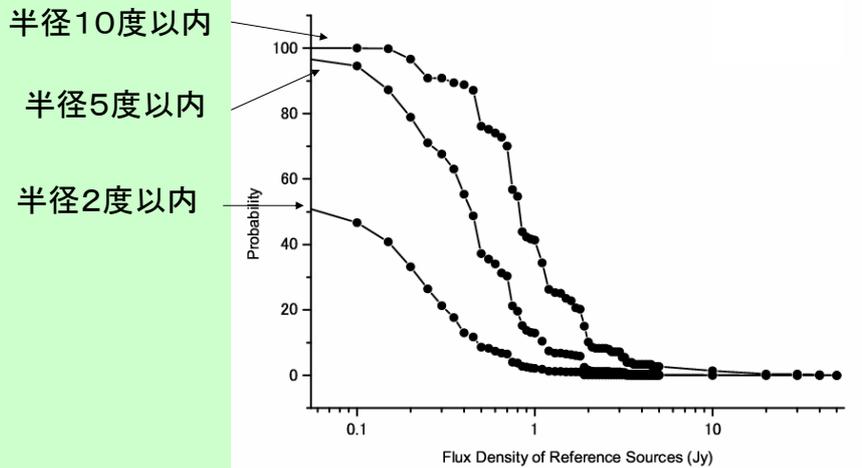
2000年3月の資料です

VERA2ビームアンテナの課題

- 2度以内の視野しかとれない
参照電波源は、観測天体のそばに見つかるか？
- 2ビーム受信システム間の機器位相の較正は十分おこなえるか？
- 追尾オフセットに起因する位相エラーは？
- 高速サンプラーにサンプリング揺らぎの問題
- 干渉計基線精度(1ミリ@千km基線)は実現できるか？

銀河系メーザ源に対する参照電波源存在確率			
water maser に対して参照源が存在する確率		2004年の統計↓	
参照源強度100mJy以上とした場合	離角10度以内	100.00%	1998.8
	離角5度以内	94.57%	87.30%
	離角2度以内	46.69%	64.40%
参照源強度300mJy以上とした場合	離角10度以内	90.82%	20.20%
	離角5度以内	67.62%	84.30%
	離角2度以内	21.32%	41.20%
SiO maser に対して参照源が存在する確率		↑ 1998年の統計	
参照源強度100mJy以上とした場合	離角10度以内	98.24%	69.60%
	離角5度以内	71.94%	39.90%
	離角2度以内	28.73%	12.30%
参照源強度300mJy以上とした場合	離角10度以内	79.90%	66.20%
	離角5度以内	45.39%	28.70%
	離角2度以内	13.32%	7.10%
1) water maser はValdettaro et al. 2001のカタログから(1013天体) 2) SiO maser は野辺山カタログ(出口氏まとめ)から(1237天体) 3) 参照源となる系外連続波電波源はVLBA較正電波源カタログ (Formalont et al. 2003, Beasley et al. 2002)の2004年3月におけるリスト (3208 sources)を採用。電波強度は8GHzでの値をそのまま採用。			

水メーザに対する参照源：強度と存在確率の関係

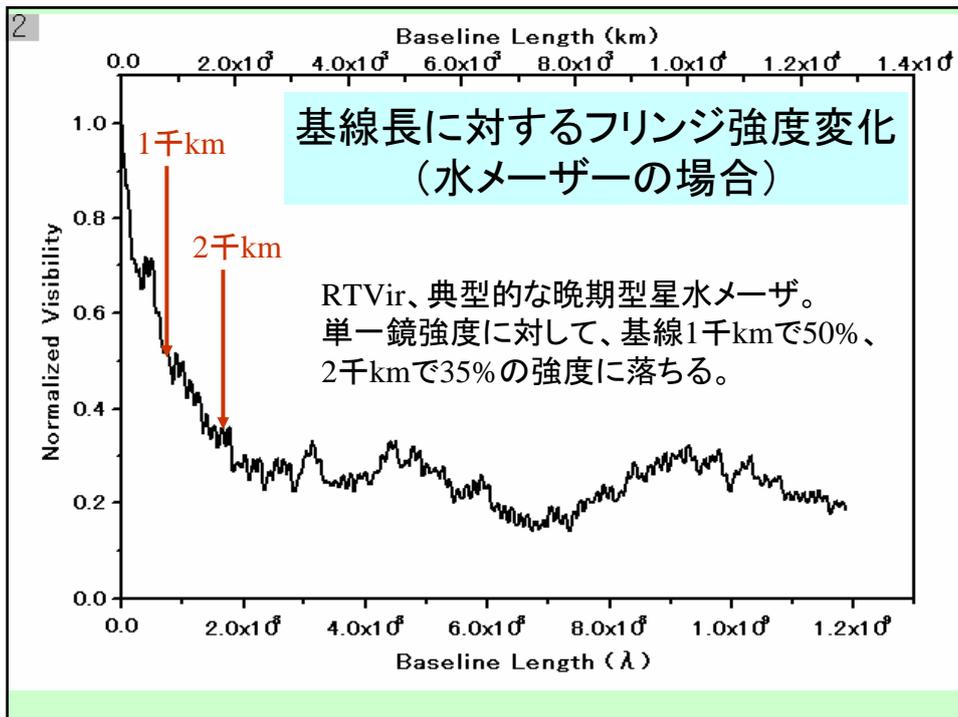


「2度以内」では微弱な参照源まで許して、やっとその存在確率は50%に。

関連して) 一観測可能天体数が減る、という
意味で2度に参照源あるかと同じ問題—

**銀河内メーザは大きく分解
され、2千kmアレイはむか
ない！**

1995年から短基線が重要といってきたんで
すけど。



4) 2ビーム間の振幅誤差の違い どうする？(ポスター)

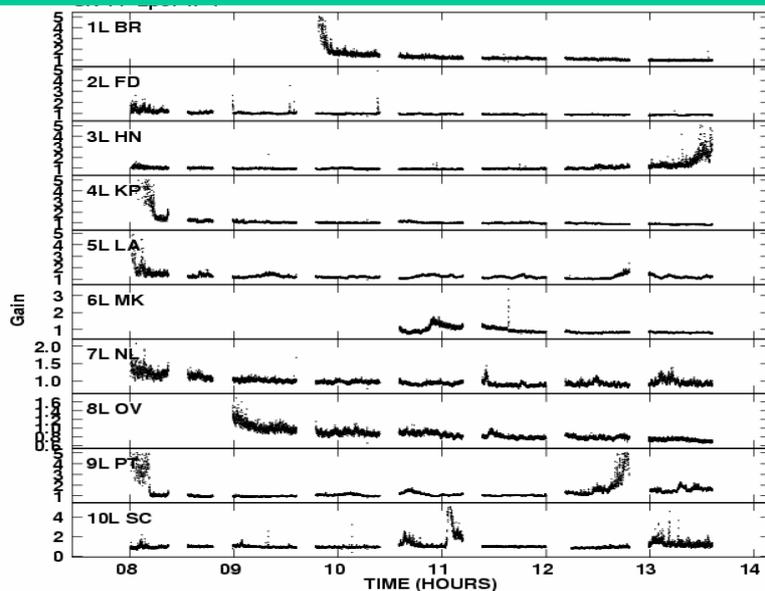
- 天体の高精度位置測定的前提として、正確な画像を得る必要がある。
- 位相誤差も影響するが振幅誤差も結構やばい。
(100mas四方のマップの中でスポットが0.3mas移動する。相当大的いエラーをつくる例あり。)
- セルフキャリブレーションを信じる限り、システム温度測定値、アンテナ効率高度角依存変動を修正しても、まだ、なにか大きな振幅誤差がある。
- CBR並みの精度で2ビーム個々のシステム温度測定をすればいい？できるか？わからん。)

3) 振幅の較正がきちんできないと正確なマップが描けず、結果弱いメーザスポットを見落としたり、位置をあやまる。

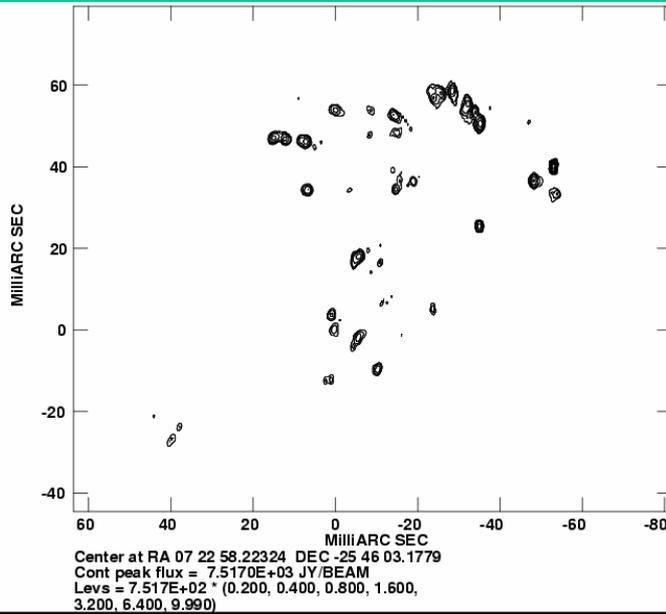
最近、振幅補正の重要性に気がついた。位置の誤差にきく。
(器差較正のやりぬくい装置では高精度位置天文はむつかしい。)

セルフキャリブレーションから得た振幅補正量

システム温度やアンテナのゲインカーブ等の補正は済ませた後、これだけ起源不明の修正量が残っている。(もちろん通常のデータフラグもやったあと)

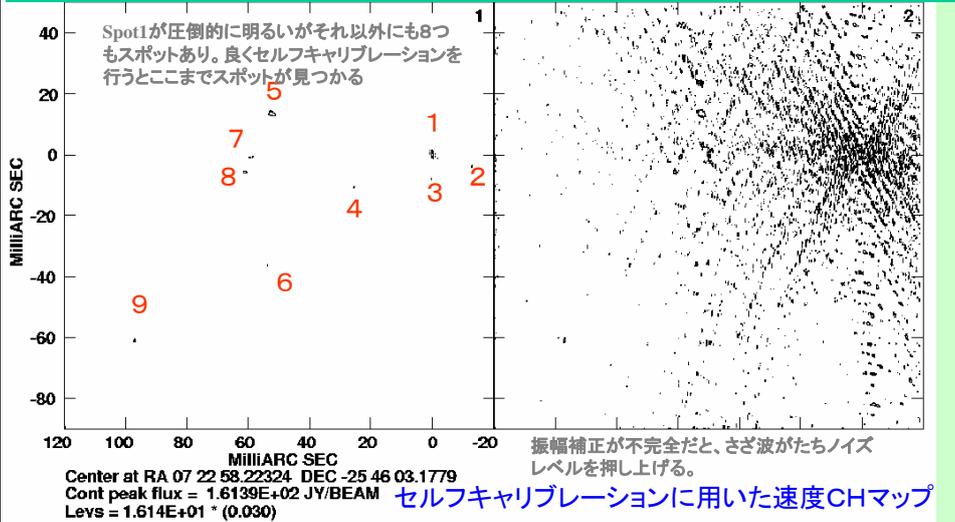


VLBA43GHzによるVYCMaのSiOメーザーマップ (1998. 10)



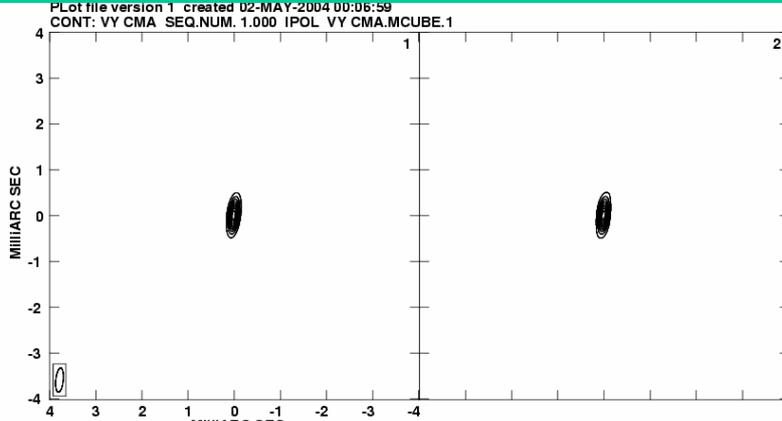
振幅の較正が不正確だとマップ、spot位置の精度は著しく落ちる。セルフキャリブレーションによる振幅補正の有無でこんなに違う！

左) 振幅・位相補正した場合 右) 振幅補正なし(位相補正はする)



SPOT 1 --The strongest maser spot in the map--

Left) amplitude calibration done Right) no amplitude calibration



Center at RA 07 22 58.22324 DEC -25 46 03.1779
Cont peak flux = 1.6113E+02 JY/BEAM
Levs = 1.611E+01 * (-10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

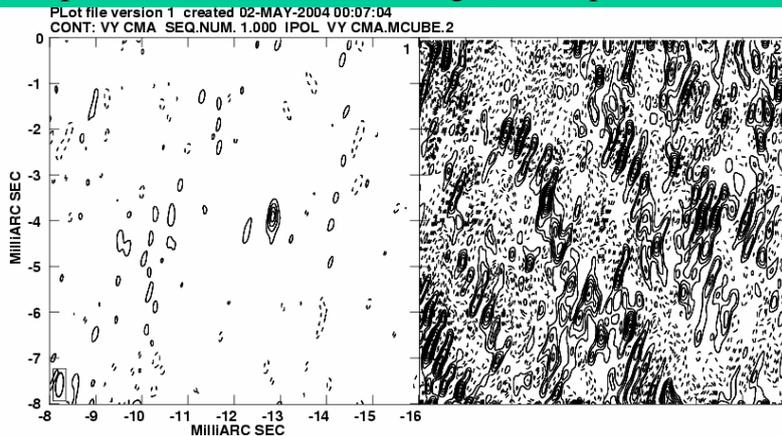
一番明るいスポットは大差無く見えるが、SNRは5倍違う

Peak; SNR=1092

Peak; SNR=182

SPOT 2

Left) amplitude calibration done Right) no amplitude calibration



Center at RA 07 22 58.22324 DEC -25 46 03.1779
Cont peak flux = 1.8838E+00 JY/BEAM
Levs = 1.884E-01 * (-10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

Peak; SNR=10.7

Peak; SNR=5.8

振幅補正がいい加減だと、SNRも違うが、位置も異なってしまふ。位置不定つまり、見えなくなるスポットもある。

maser features	position grids	peak flux (SNR) mJy/beam	position grids	peak flux (SNR) mJy/beam	offset grids(musec)
Spot 1 a	255,257	1.6113E05(1091.66)	255,257	1.5909E05(182.065)	0,0(00)
Spot 2 a	309,263	866.12(10.70)	176,286	1.8838E03(5.77)	-
Spot 3 a	237,219	766.18(7.87)	497,253	2484.2(5.33)	-
Spot 3 b	340,249	498.44(5.12)			-
Spot 4 a	258,221	694.79(9.28)	266, 1	1120.4mJy(4.53)	-
Spot 5 a	254,329	2682.9(26.22)	252,330	2809.9(12.50)	-2, 1(34.94)
Spot 5 b	279,315	1946.3(19.02)	279,316	2672.1(11.88)	0, 1(15.63)
Spot 5 c	296,309	1717.7(16.78)	300,305	1781.9(7.92)	4,-1(88.39)
Spot 5 d	316,309	1371.9(13.40)	324,310	1713.1(7.62)	8, 1(125.97)
Spot 6 a	265,265	602.25(13.86)	512,338	785.76(4.88)	-
Spot e 7 a	197,212	664(8.96)	206,230	977(4.98)	9,18(314.48)
Spot 7 b	246,228	649(8.76)	253,234	851(4.34)	7, 6(144.06)
Spot 7 c	300,226	372(5.02)			-
Spot 7 d	362,251	306(4.13)			-
Spot 7 e	264,327	370(4.99)			-
Spot e 8 a	226,286	760(8.54)			-
Spot 8 b	238,289	821(9.22)	233,290	754(4.36)	-5, 1(79.67)
Spot 8 c	254,289	888(9.98)	253,290	958(5.54)	-1,-1(22.10)
Spot 8 d	267,289	976(10.97)	271,290	1307(7.55)	4, 1(64.42)
Spot e 9 a	143,280	345(5.62)	141,274,	368(2.44)	-2 -6(98.82)
Spot 9 b	241,246	1445(23.53)	242,245,	1492(9.88)	1 -1(22.10)
Spot 9 c	323,169	312(5.08)	326,160,	395(2.62)	3 -9(148.23)

←検出できない

←0.3masのずれ

おすすめ

- 2ビーム系から派生してきたいくつかの技術的問題点、きちんと説明を。本当にできているなら大いに自慢を！（それぞれの検討測定は各専門の学会で発表、論文に。）
- 「銀河の位置天文」として、（測定精度を無視しても）観測可能天体が少なすぎ。無理。科学プロジェクトとして最大の成果を出すべく、適切な軌道修正、位置天文に関してはタイムスケールの見直しを。当面メーザからの物理が中心だろう。