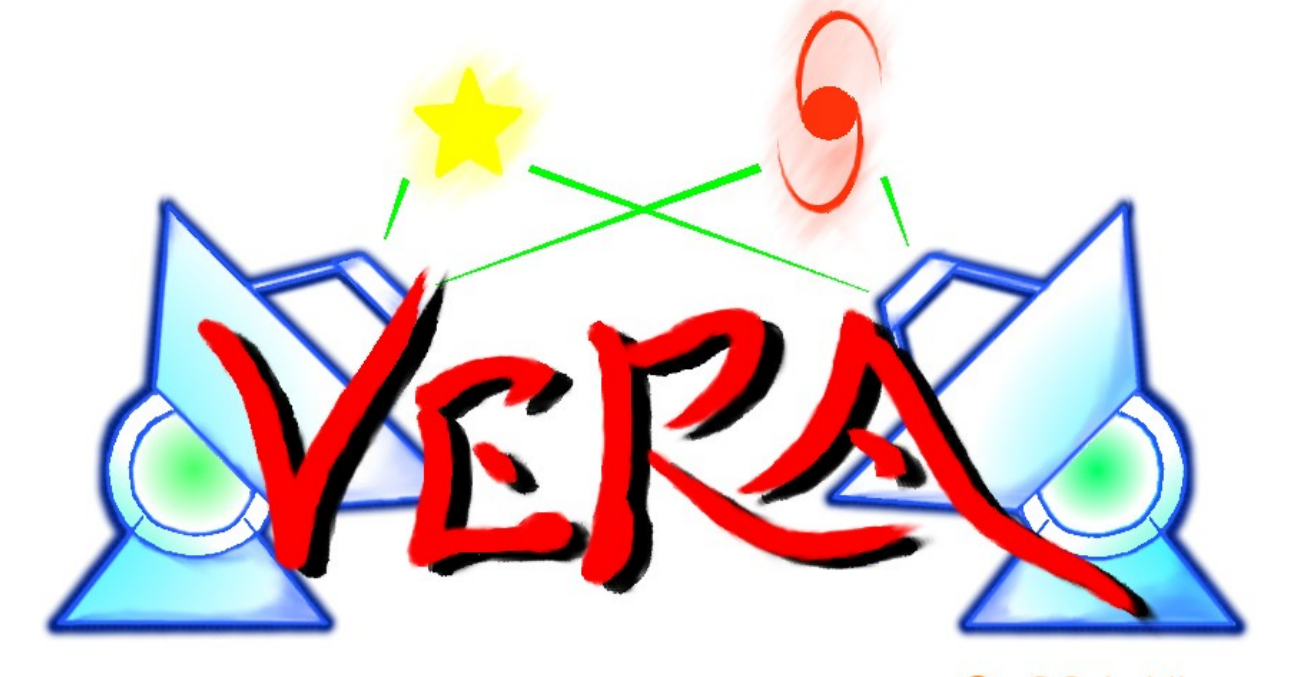


# 大質量星形成領域W31Aに付随する水蒸気メーザーの三次元的速度構造の解明



## Abstract

総合研究大学院大学 天文科学専攻 博士課程後期3年 山下一芳  
国立天文台 水沢VERA観測所 柴田 克典

W31Aは大質量の星形成が起こっている領域と考えられており、これまで多くの分子の輝線やfree-free radiationによる連続波が検出されている。その観測の中でもNH<sub>3</sub>・H66α・CSなど分子輝線の観測結果では、回転しながら中心星方向に落ち込む円盤のガス降着流の様子が捉えられている。円盤はほぼedge-onであり、北西から南東にのびている。さらに水蒸気メーザーも検出されており、VLAの観測から円盤の北西に付随している事が分かっている。この水蒸気メーザー源の固有運動を計測し、この系のガスの力学的速度構造を解明することを目的として、日本国内のVLBIネットワークであるVERAで2005年10月から2006年3月にかけて計5回の観測を行った。この観測の結果、水蒸気メーザーはNH<sub>3</sub>などで見られるガスの降着流に乗っているわけではなく、2つの星の系の双曲流に付随するものであることが示唆された。さらにVLA6cm連続波観測のアーカイブデータを解析し起源となる原始星が存在しているか調べた結果、この水蒸気メーザーが付随すると予測される付近には連続波のピークが数個あることがわかり、水蒸気メーザーで求められた2つの系の相対位置とほぼ一致するピークも確認できた。VLAのマップと水蒸気メーザーの重ねあわせを精度よく行うためには位相補償VLBI観測が必要である。

## Introduction

**W31A 大質量星形成領域**  
座標 R.A. 18h10m28.6s DEC. -19d55'49" J2000  
距離 4.8~6 kpc from HI absorption etc. (Fish et al.2003 etc.)  
質量 1330太陽質量 @ 0.2 pc from 350μm Continuum Map (Kaisa E.M, et.al. 2002)  
3230太陽質量 @ 1.1 pc from C<sup>18</sup>O & C<sup>17</sup>O (P.Hofner et.al. 2000)  
1.3cm Continuumでのサイズ ... about 0.06 pc

- NH<sub>3</sub>やHα, CSでガスの回転降着の様子が見られる (参考1 参照)
- 円盤は北西から南東にほぼedge-on(P.K.Sollins et. al. 2005)
- 円盤の赤方偏移方向 (北西) に直線状の水蒸気メーザー分布 (参考2 参照)

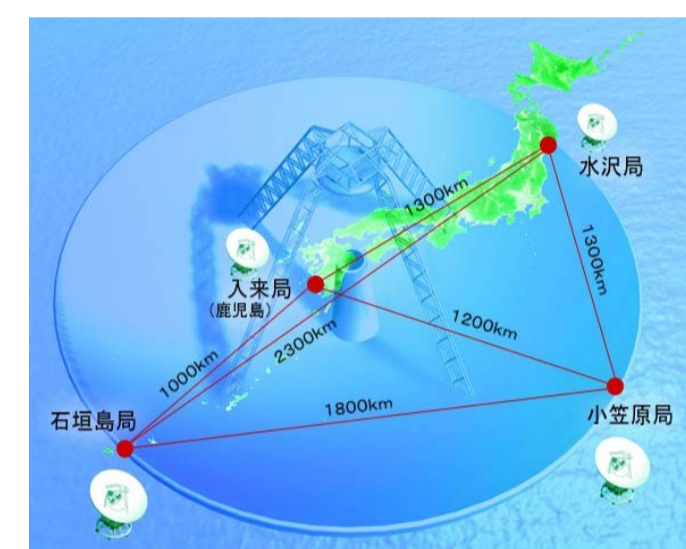
水蒸気メーザーの固有運動を計測することで、この他の輝線観測よりもUC-HII region 内の星により近い領域で、3次元的回転降着流の様子がとらえられると期待される。

## Observations

### 22GHz Water Maser

観測装置 : VERA  
観測周波数 : K-Band  
帯域分解能 : 0.2 km/s (15.625 kHz)  
チャンネル数 : 512 ch

	観測コード	観測日	平均システム雑音温度 (K)
1 EPOCH	R05301A	2005/10/28	533.0
2 EPOCH	R05326A	2005/11/22	346.1
3 EPOCH	R05357A	2005/12/23	225.0
4 EPOCH	R06036A	2006/2/5	454.0
5 EPOCH	R06065B	2006/3/6	308.8



### 6cm Continuum

NRAO アーカイブデータ  
観測装置 : VLA  
観測コード : AF0413  
観測年月日 : 2004/10/10  
Configuration : A  
観測周波数 : C-Band (6cm=4.8GHz)  
帯域幅 : 50MHz



## Results & Consideration

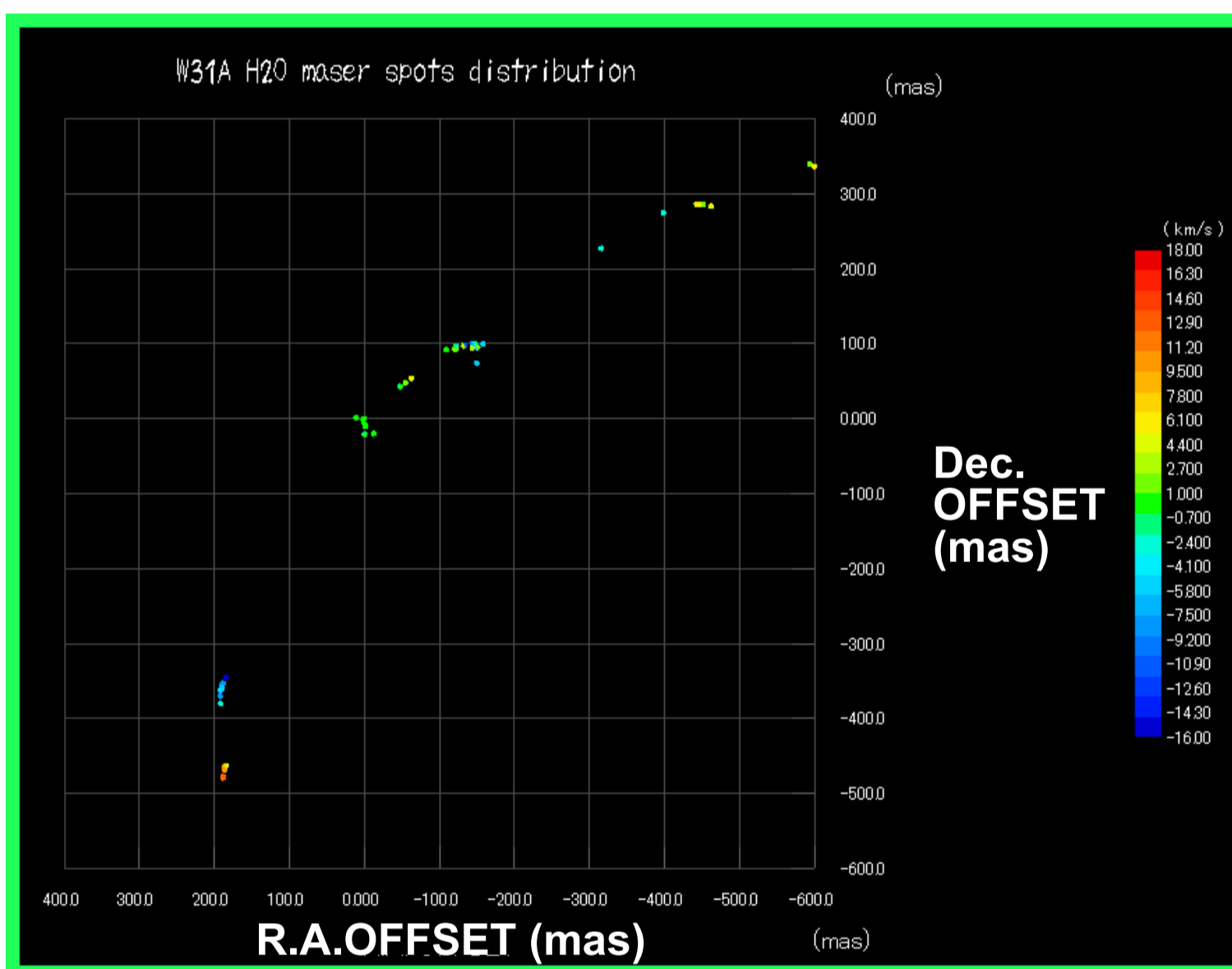


図1: VERAの全VLBI観測を重ね合わせて得られたマップ。色は視線速度を表している。全観測で約6000AU @6kpcにわたって広く弧状に分布していた。この弧状に分布した形状は前述したVLA観測と一致するが、同じ視線速度間隔で分布スケールを比べると、1991年のVLA観測の方が約2倍になっている。これは水蒸気メーザーが時間変化しただけと考えられる。

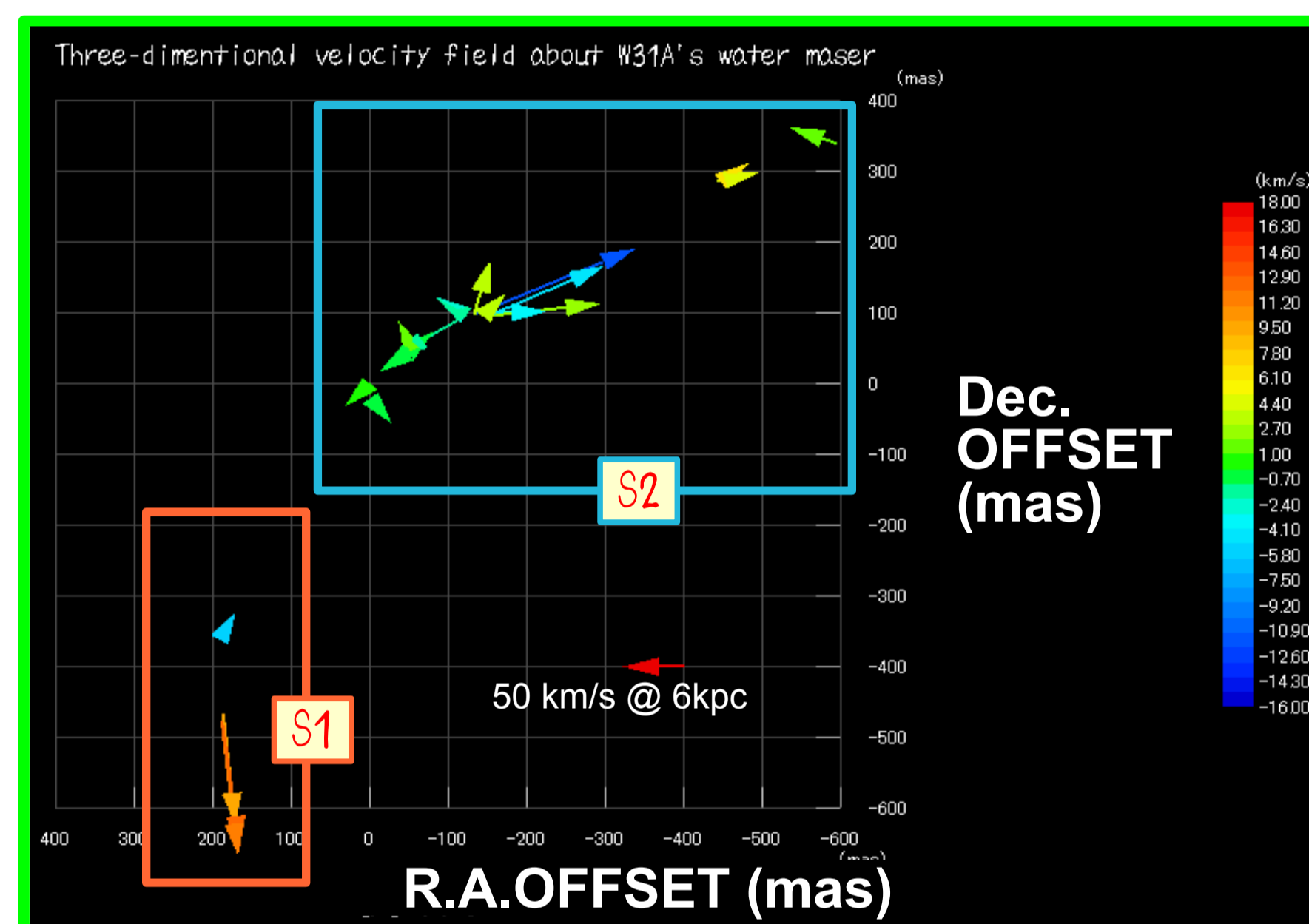


図2: VLBIモニター観測から得られた天球面上の固有運動の様子。色は視線速度を表している。固有運動は原点のmaser spotを基準に重ね合わせて導出している。この固有運動から水蒸気メーザーは2つの星の双極流 or stellar wind に付随していることが推察される。図中ではそれぞれの系を便宜的にS1,S2とした。

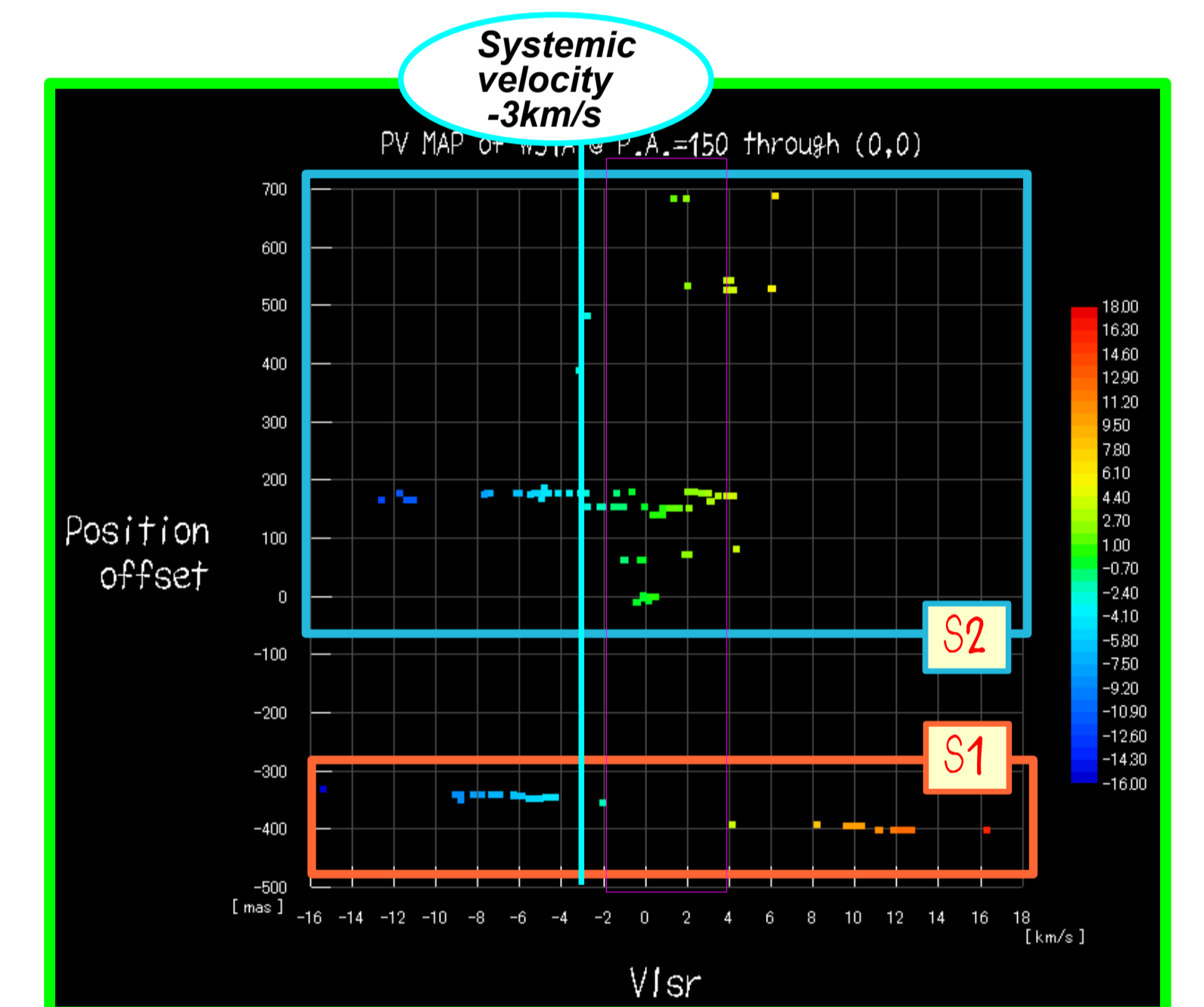


図3: 図1の原点を通るP.A.=120°の軸で切り出したPV図。水蒸気メーザーが回転降着流の赤方偏移(円盤の北西)に付随していると仮定すると図中の桃色の四角の範囲に分布すると推測出来る。S1,S2の速度重心はそれぞれ1.1km/s,-0.7km/sで推測範囲内にあるが、標準偏差が各々8.9km/s,3.8km/sと大きいので、S1,S2が円盤回転に付随していると断言できない。

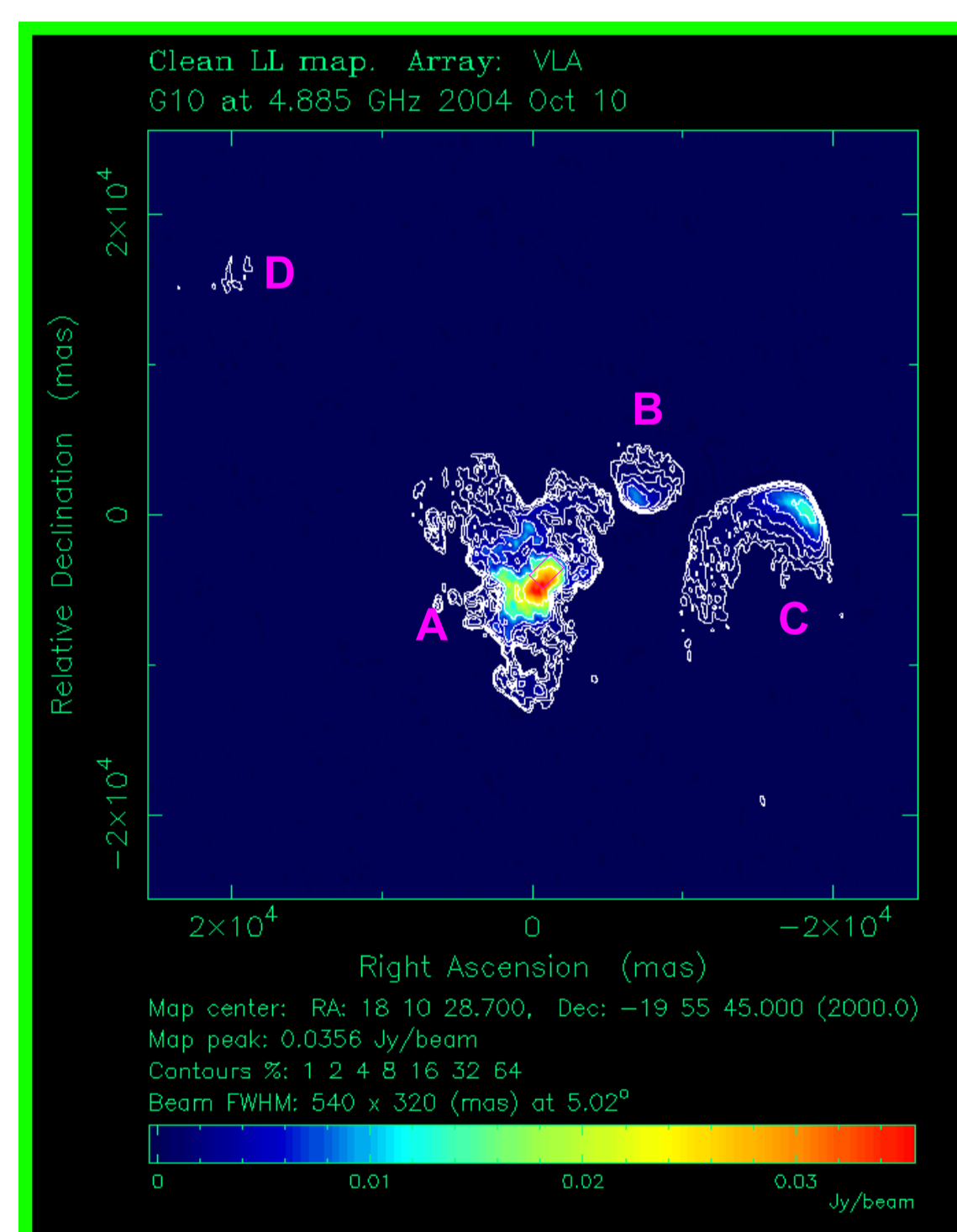


図4: VLAのアーカイブデータより得られた波長6cm帯のマップ。色は強度を表している。図中のAが水蒸気メーザーの付随する UC-HII region で、1991年のVLA観測から四角で囲ったあたりに水蒸気メーザーが付随することが推測される。図中BとCはCometaryな構造を持つHII regionで、その内部の若い星と周りのガスとの相互作用でchampagne flow or bow shockを形成していると推察される。Hαの輝線でAの北東方向にはoutflowの赤方偏移成分が確認されているため、Dはそのoutflowによるものと推察される。

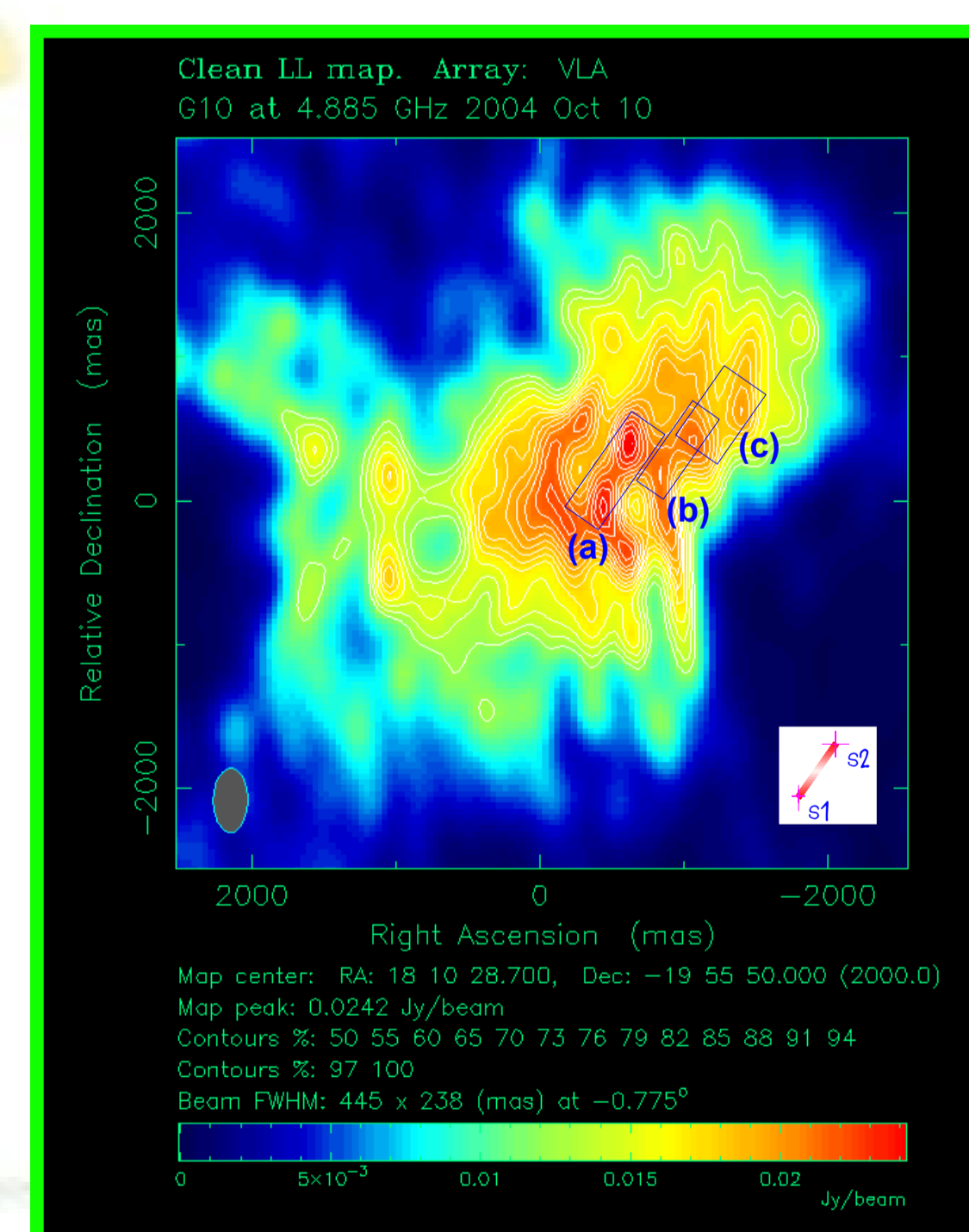


図5: 図4のAを拡大したマップ。色は強度を表している。形状は波長1.3cm帯の連続波と類似している。しかしながら、1.3cm帯で見られなかったいくつかの連続波のpeakを確認することが出来る。これらのpeakが原始星によるものだと仮定し、図中に2つの水蒸気メーザー源の候補を示した。また、比較のために右下にVERAの観測から見積もられる2つの水蒸気メーザーの系の相対位置関係を表す線を示す。+はおおよそのエラーバーである。値としては離角が~440 mas, P.A.が~125°である。以下は図中の候補の位置関係。

Peakの相対離角	P.A.
(a)	~480 mas ~115°
(b)	~400 mas ~145°
(c)	~330 mas ~140°

## Conclusions

- 視線速度の分布と他分子で見られる降着回転流を比較したところ、見積もられた水蒸気メーザーの各々の系の速度重心は予測される赤方偏移成分内に分布しているが、速度の分散が大きいため赤方偏移に付随すると断定はできない。
- 水蒸気メーザーの固有運動から、今回観測した水蒸気メーザーは2つの星の系を起源とすることが予測される。これらは距離6kpcを仮定したとき約50km/sの高速となり、原始星を起源とする双極流 or stellar wind に付随しているものと考えられる。もし2つの星の系があることが真ならば、W31Aは回転降着するガス雲とその2つ (or 2つ以上) の星の系で構成されていると言える。
- 2つの水蒸気メーザーの起源となる原始星の存在を確認するため、VLAのアーカイブデータでfree-free radiationによる連続波を解析した。その結果、水蒸気メーザーの付随する UC-HII region にいくつかのピークを確認した。これらピークの相対位置関係のいくつかは、水蒸気メーザーの起源となる原始星があると予測されるそれぞれの位置の相対関係とおおよそ一致している。
- VLAのデータから、図4のB・CコンポーネントのようなcometaryなHII regionの存在を確認した。これはW31Aの既出論文には記述がないため、初検出と考えられる。また、Hα輝線で確かめられているoutflowの方向に、Dのようなコンポーネントを確認できた。

## Future

- 通常のVLBIのマップは、解析の特性上その絶対位置情報を失っている。そのため、今回は絶対値情報を用いたVLAのマップとの重ねあわせを行うことが出来なかった。しかしながら2008年春に行った観測で、この天体の2度離角内に位置参照源となるクエーサーを確認した。今後VERAを用いてこのクエーサーとの2-beam 位相補償観測を行い、絶対位置を導出し、VLAマップとの重ねあわせをして水蒸気メーザーの起源を特定する必要がある。

\* 単位 mas は m arcsec の略  
1mas = 1/3600000 °