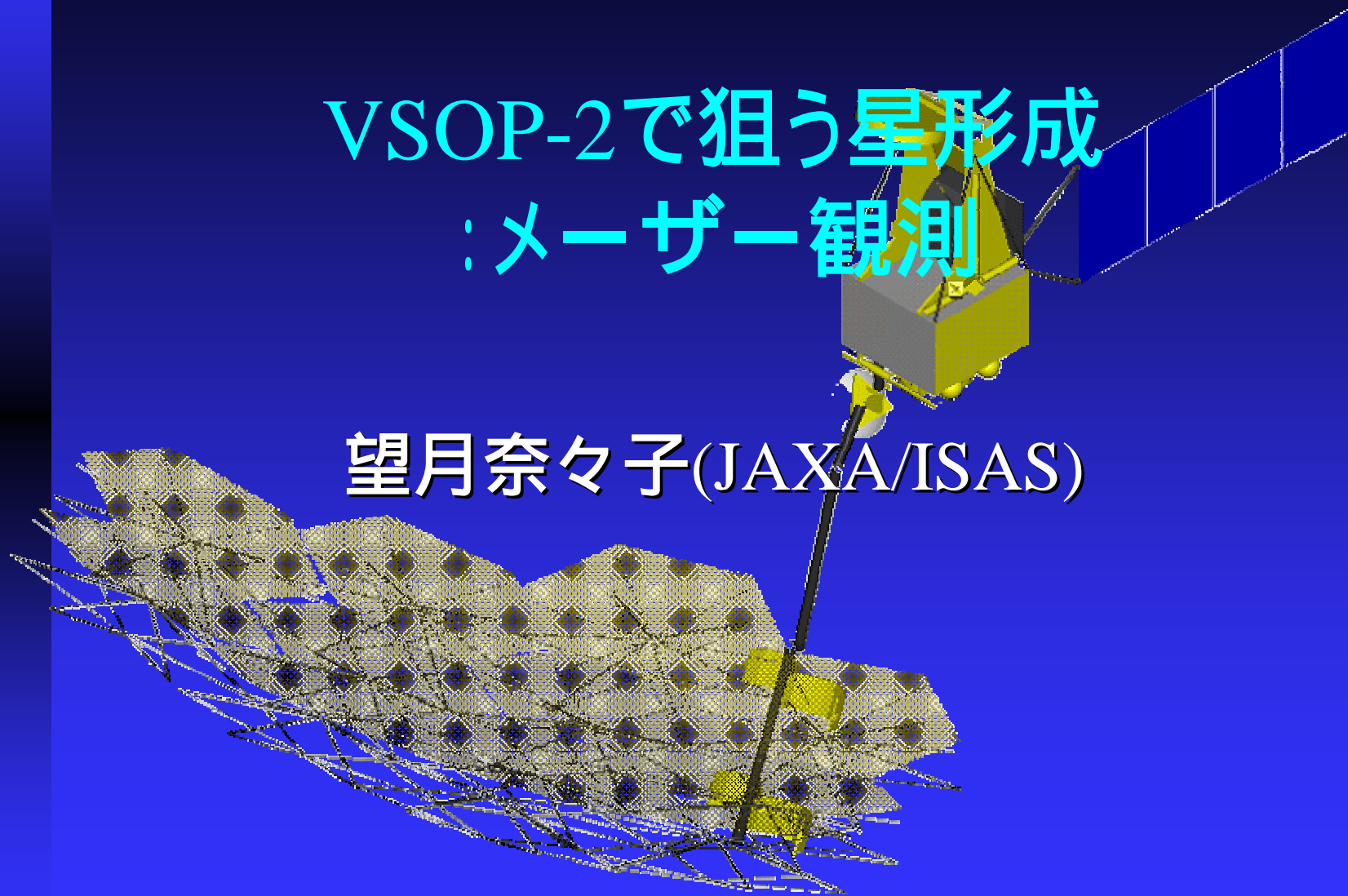
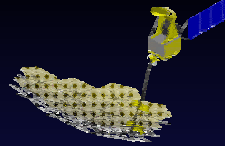


VSOP-2で狙う星形成 :メーザー観測

望月奈々子(JAXA/ISAS)

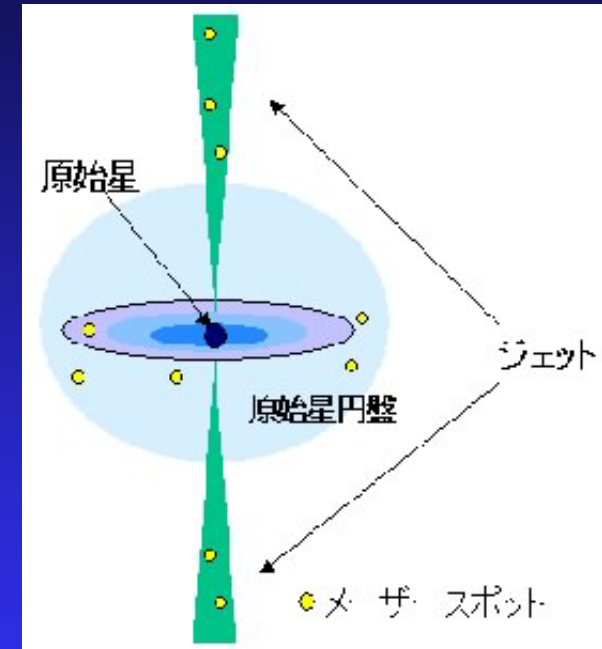


H₂O Masers in SFR



■ VLBIによる星形成領域水メーザー

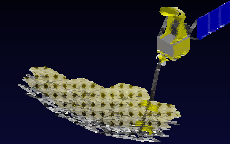
- ◆ $T \sim 400\text{K}$, $n \sim 10^9\text{cm}^{-3}$, $\sim 1\text{AU}$
- ◆ 視線速度と固有運動による3次元ダイナミクス
 - ◆ YSOからの outflow/jet
 - ◆ 原始星円盤



■ メーザーとサブミリ秒角

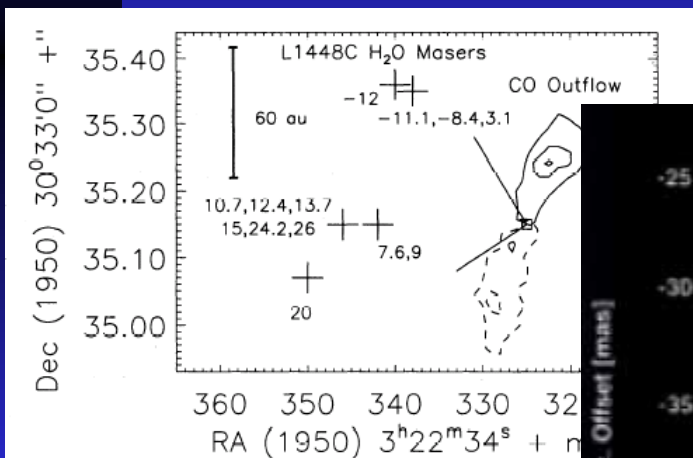
- ◆ 比較可能な質量分布の取得
 - ◆ ダスト観測によるYSOの検出
 - ◆ メーザー領域のcloudの分布

Outflow/Jet

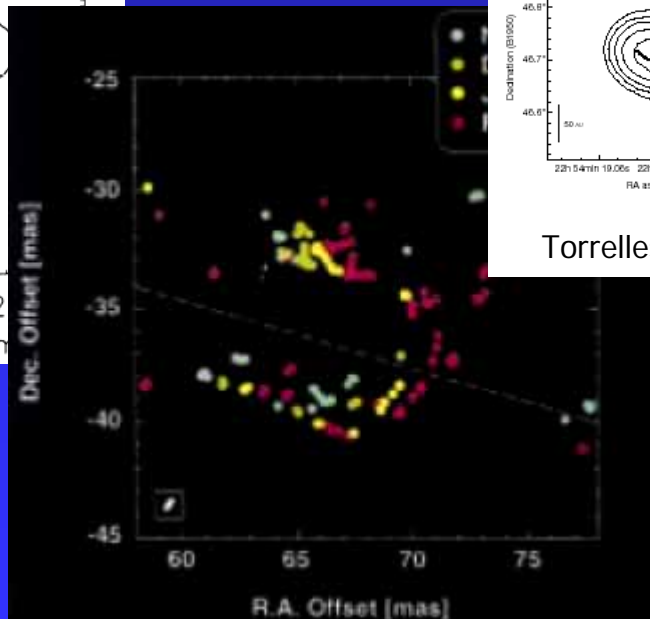


■ メーザーはフローをトレースする

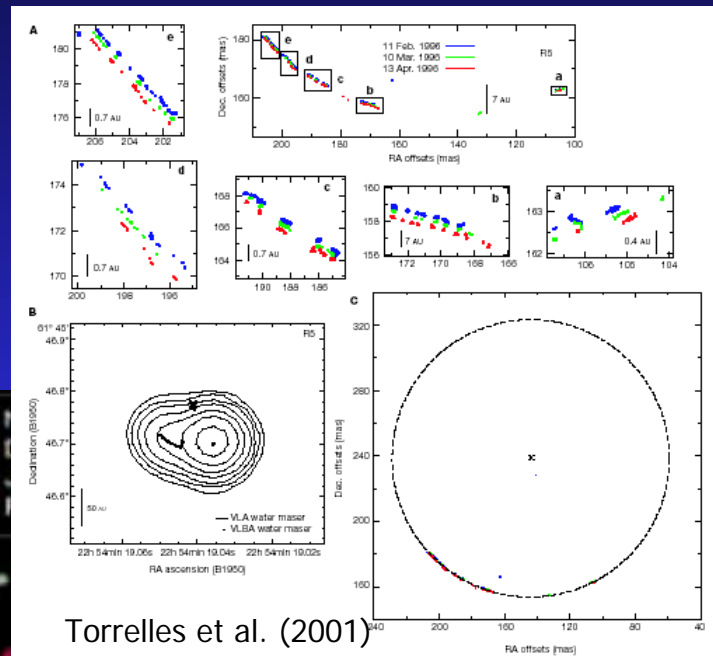
- ◆ jet
- ◆ bowshock
- ◆ bubble



Chernin 1995



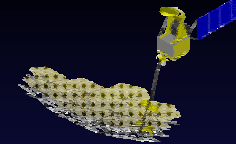
Furuya et al. 2000



Torrelles et al. (2001)

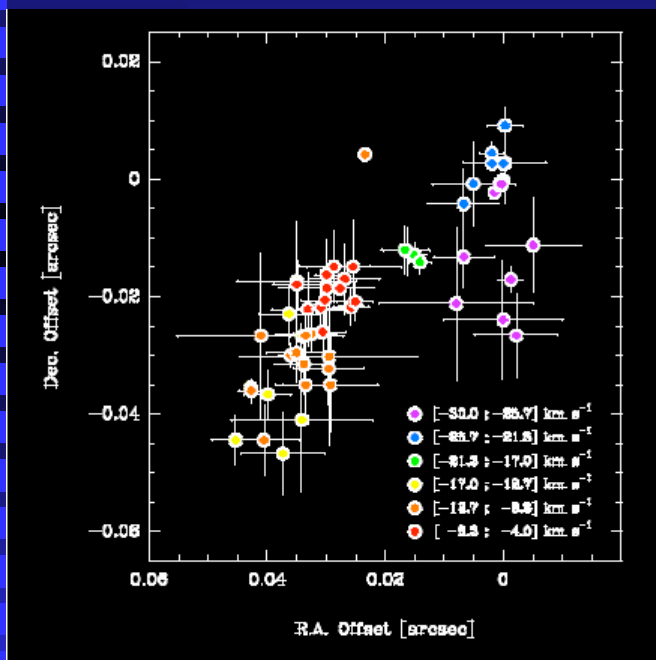


Disk

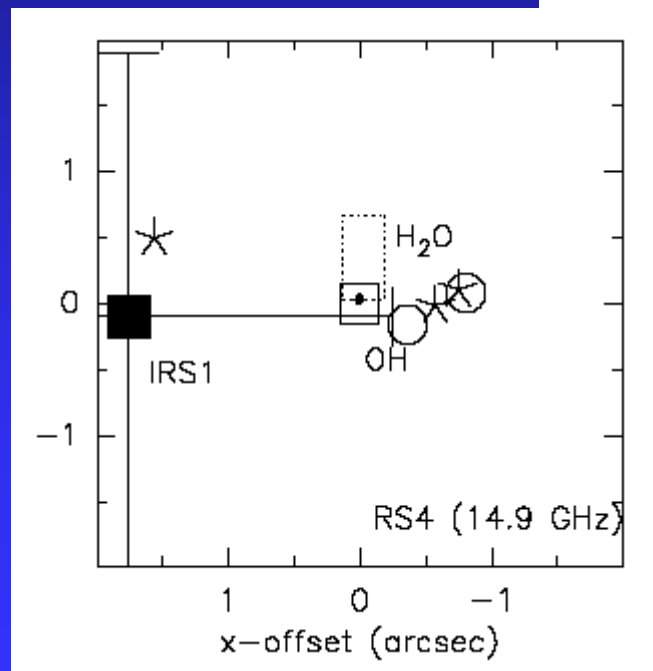


■ ディスク付随のメーザー

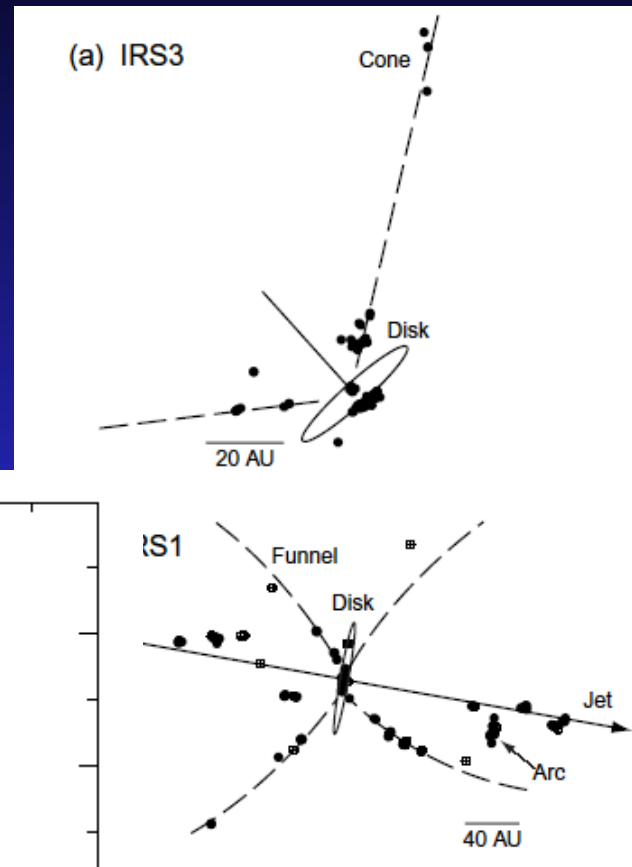
◆ 収縮



L1287 (Fiebig et al. 1996)



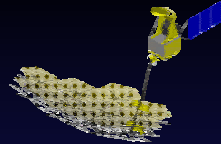
CRL2136 (Menten & van der Tak 2004)



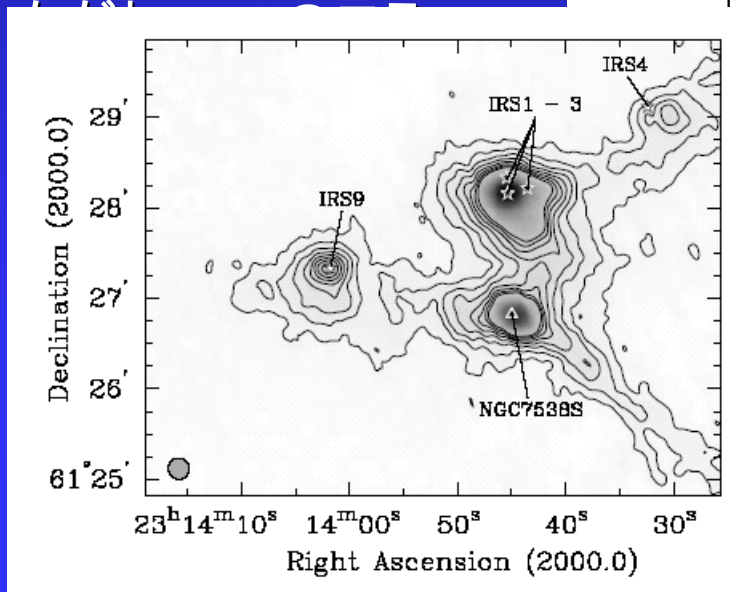
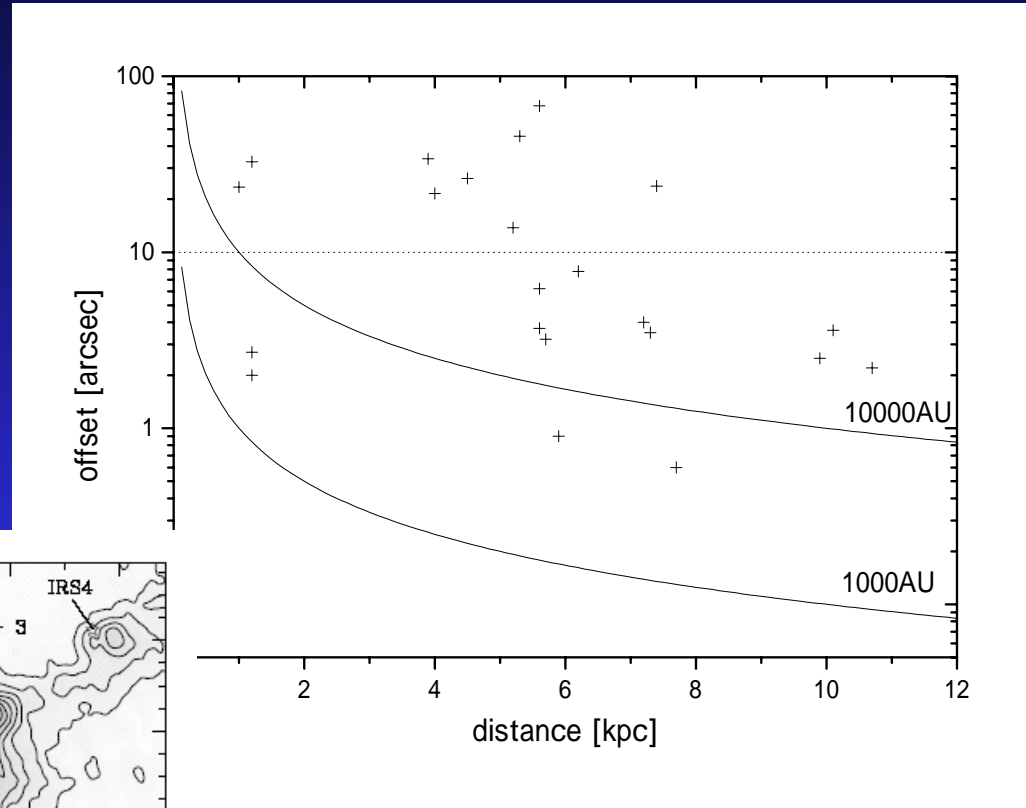
NGC2071 (Seth et al. 2002)



Offset from IRAS position



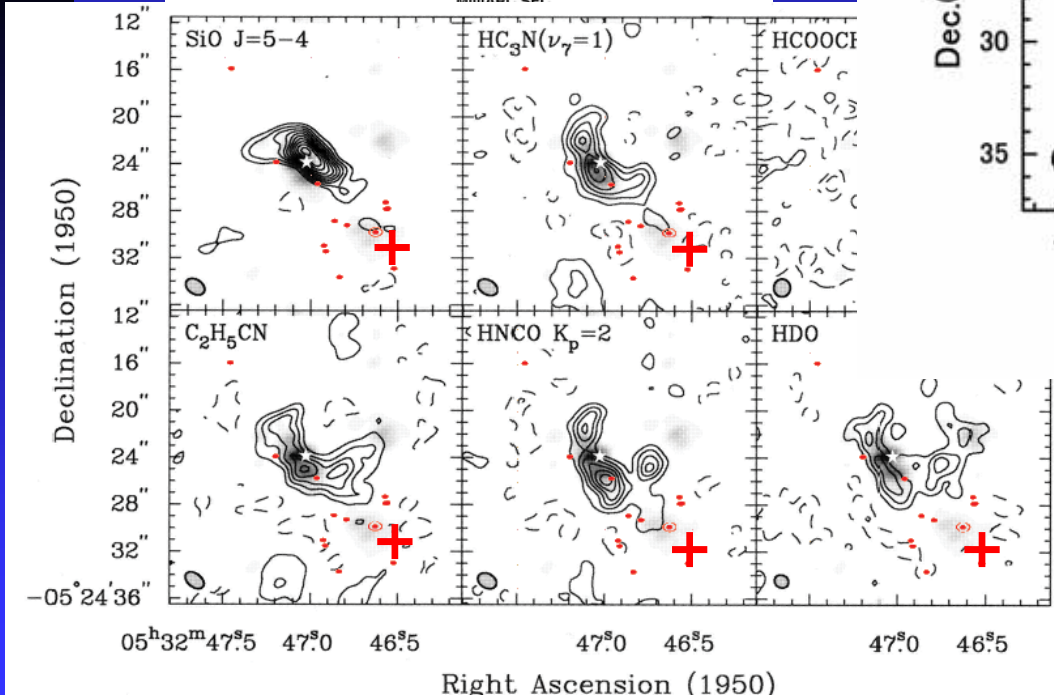
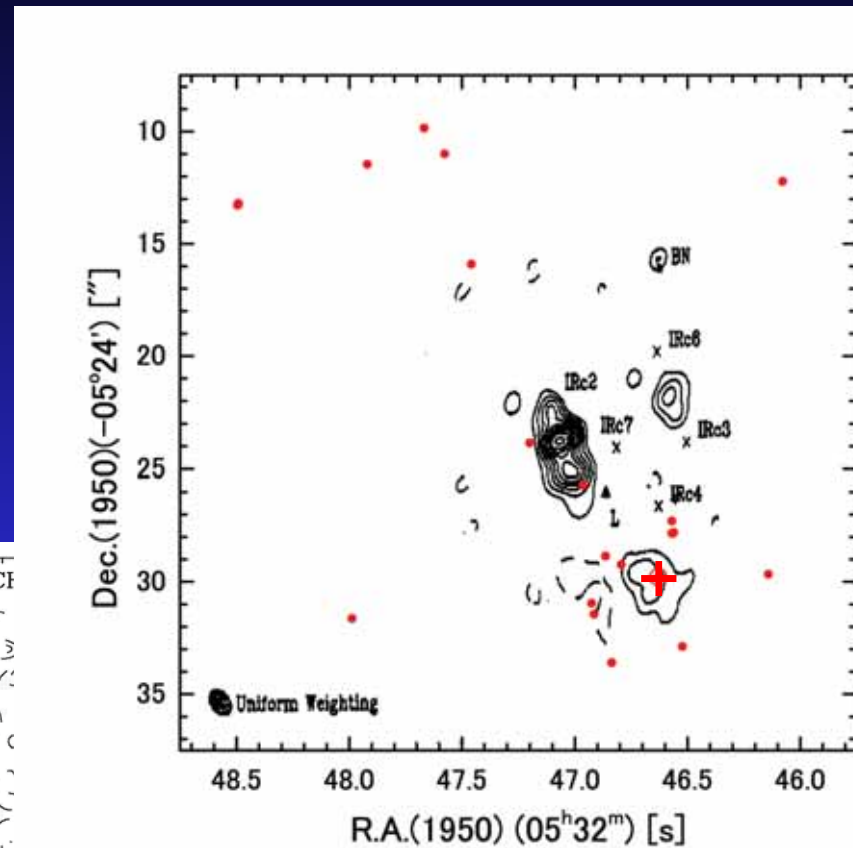
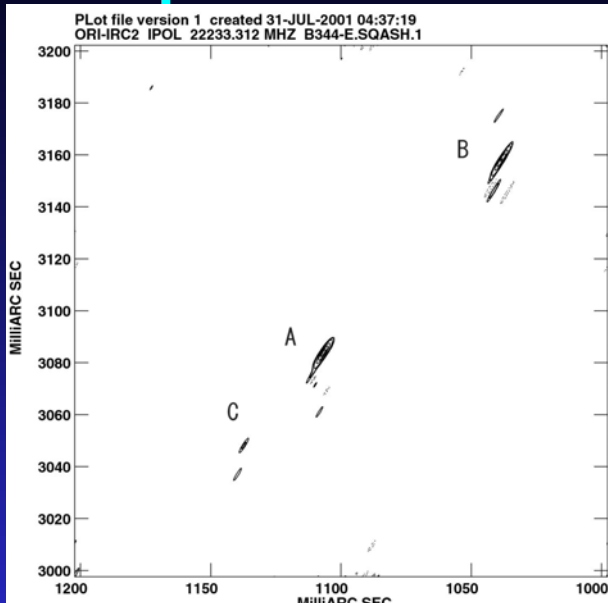
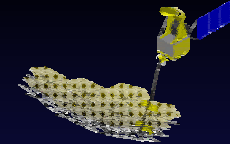
- メーザー源約20天体のIRAS位置からのオフセット
(メーザーの位置はVLA位相補償で求めたもの)
- アウトフローありと思われる天体



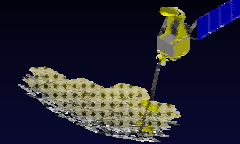
メーザー源はdustに付随



Comparison with ...



VSOP-2



■ 観測周波数: 8/22/43GHz

- ◆ H₂O, SiOメーザー

■ 遠地点25000km

- ◆ 75 μ asec@22GHz

- ◆ 38 μ asec@43GHz

■ 位相補償機能

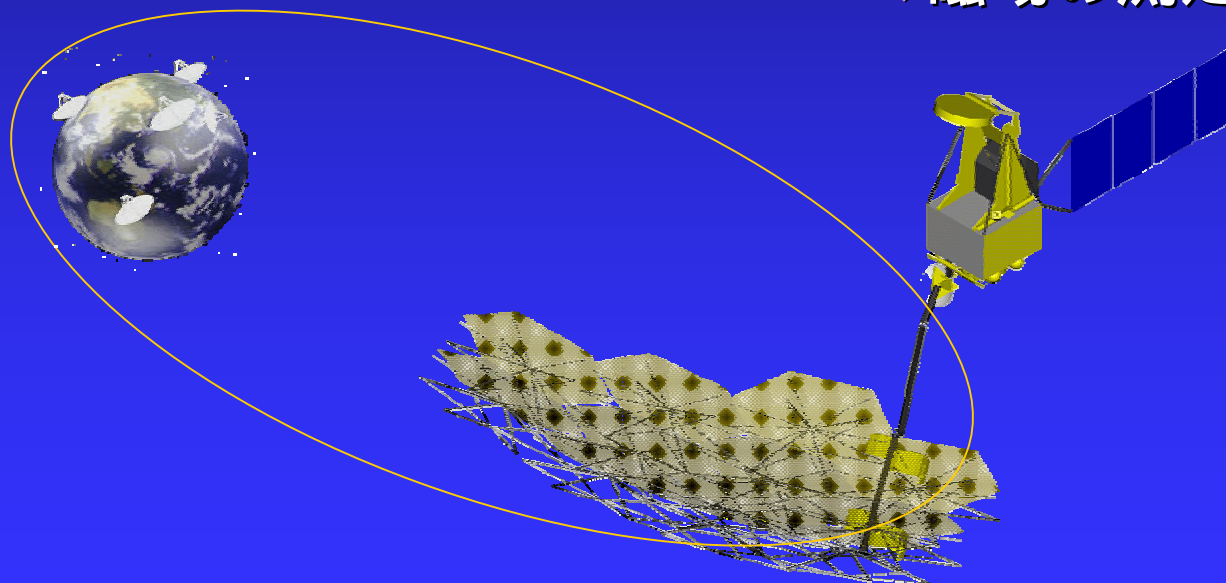
(高速スイッチング)

- ◆ アstrometri

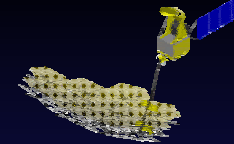
- ◆ 感度向上

■ 円偏波観測

- ◆ 磁場の測定



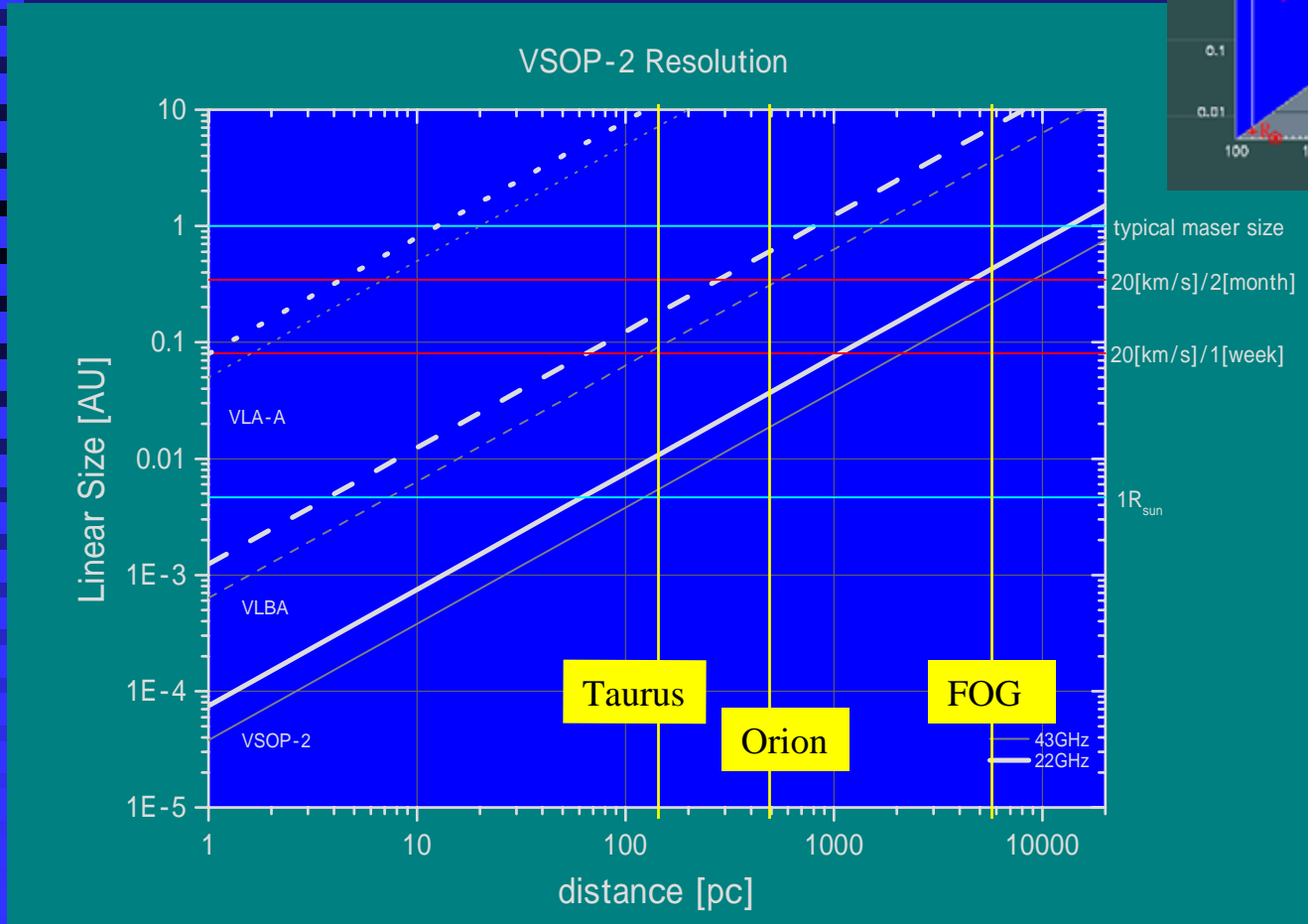
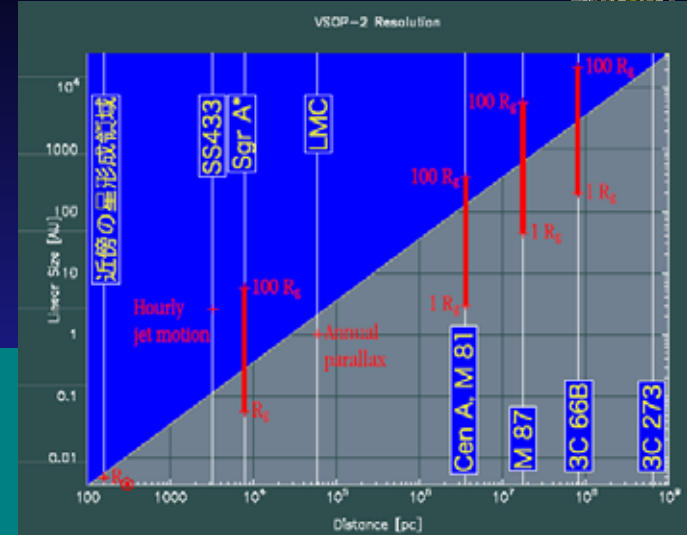
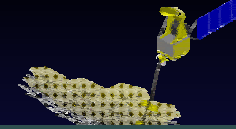
VSOP-2 : Maser observation



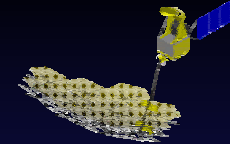
- 22GHz水メーザー
 - ◆ 75 μ asecの高分解能
 - ◆ 位相補償によるアストロメトリ

- メーザーの時間変化と固有運動
 - ◆ 短時間で固有運動を検出
 - ◆ 高分解能で固有運動を検出
 - ◆ メーザーの構造

Resolution of VSOP-2

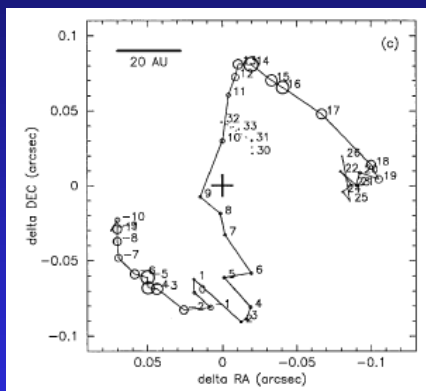


High resolution

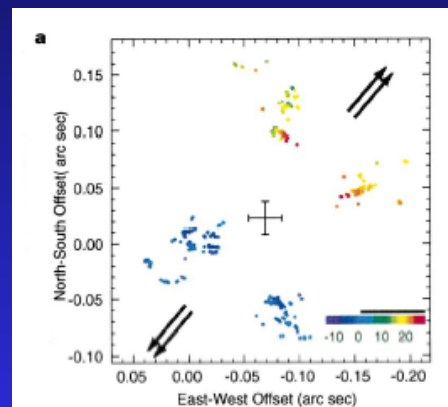
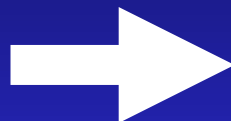


■ Orion-KL SiOメーザー

- ◆ 干渉計でビーム内のピークをおさえることによりある程度はわかったが...



Wright et al. 1995



Greenhill et al. 1998

- ◆ メーザーフィーチャーを分離することにより明らかに
- ◆ 特にコンパクトな領域 (jet/outflowのスタートなど)

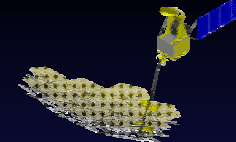
UCHII REGION EVOLUTION

(1)	(2)	(3)	(4)
MASER: YES	MASER: YES	MASER: NO	MASER: NO
OUTFLOW: NOT DETECTED	OUTFLOW: YES	OUTFLOW: YES	OUTFLOW: NO



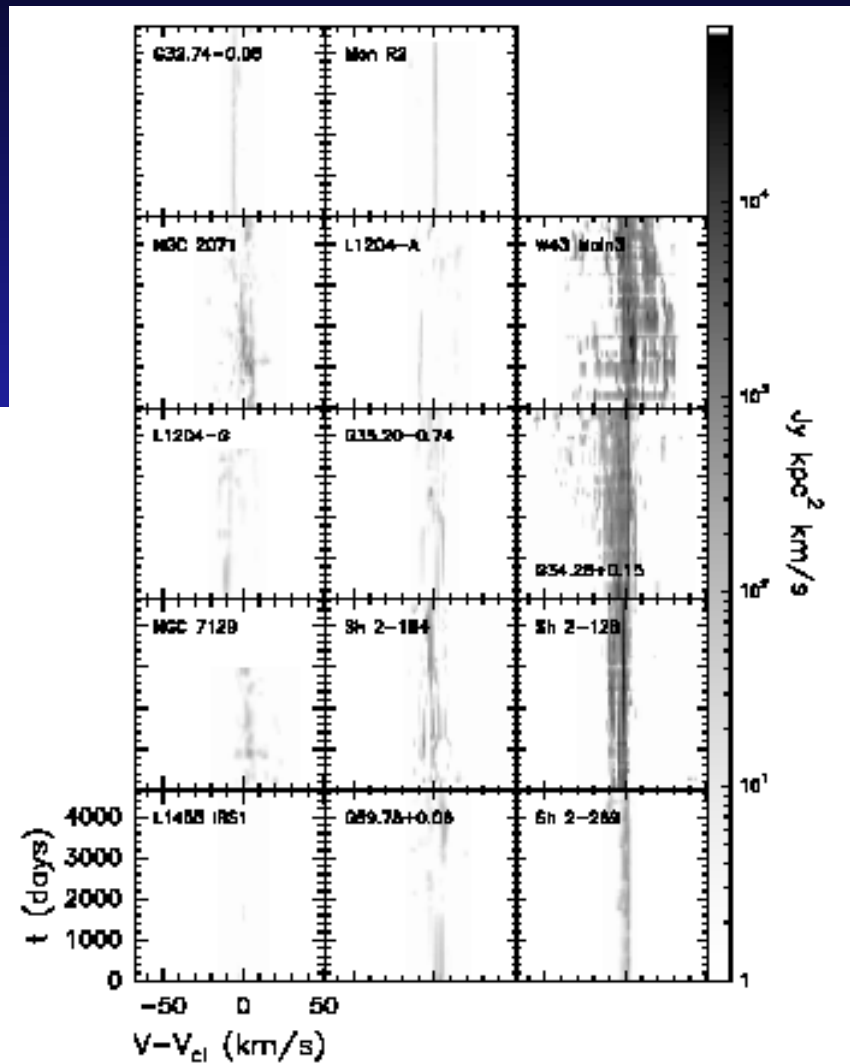
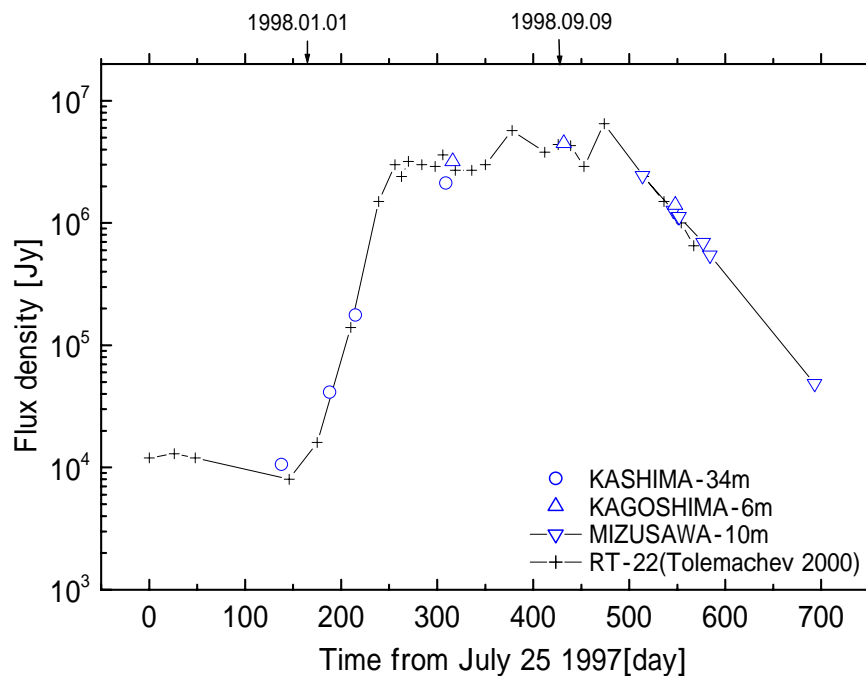
TIME

Time variation of masers



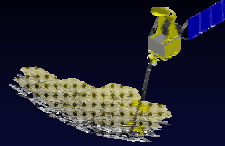
■ 時間変化

◆ 数週間 ~ 数年



Brand et al. 2003

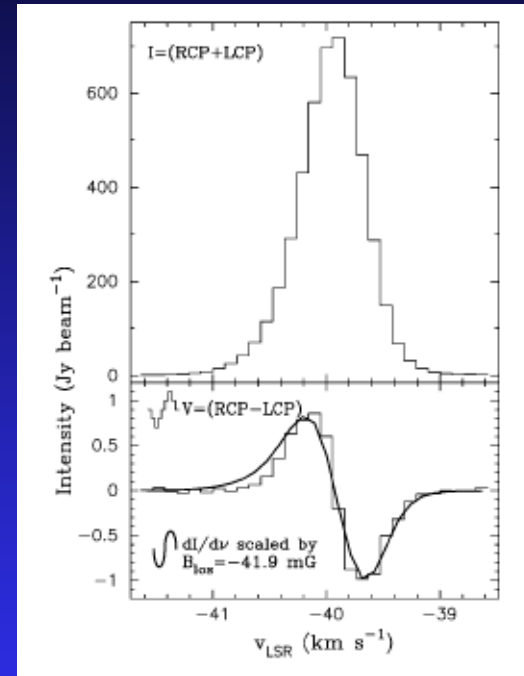
SFR in FOG



- 銀河系遠方外縁部の星形成領域
 - ◆ 銀河半径~13.5kpcまでは分子ガスが存在し星形成活動あり (e.g. Heyer et al. 1998)
 - ◆ 内縁部星形成領域との差
 - ◆ ガス密度は外縁部に行くほど低くなる
 - ◆ あまり差は見られない? (Snell et al. 2002)
 - ◆ 距離を確定することによりより正確な物理量

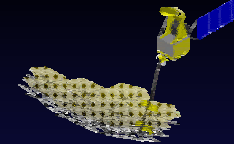
Polarization

- Zeeman 効果による磁場の測定
- Linear polarization による磁場方向の測定



W3IRS5 Sarma et al.
2001

Maser structure



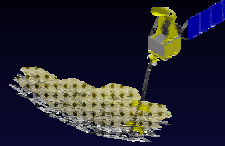
■ メーザーの分解

- ◆ 典型的なメーザースポットのサイズ
 - ◆ $\sim 1\text{AU}$ (e.g. Elitzur)
- ◆ 低質量星ではより大きい可能性
(VSOP pre-launch survey)
 - ◆ 時間変化の可能性もあり

■ メーザーのまわりのHalo

- ◆ W49N $\sim 3000\text{AU}$ のHalo (Gwinn 1994 ApJ 431 L123)
 - ◆ 一部のメーザーについて
- ◆ Ori-KL IRc2の周りの水メーザー
 - ◆ 大陸間基線では分解 $>$ 数 10AU

Maser size



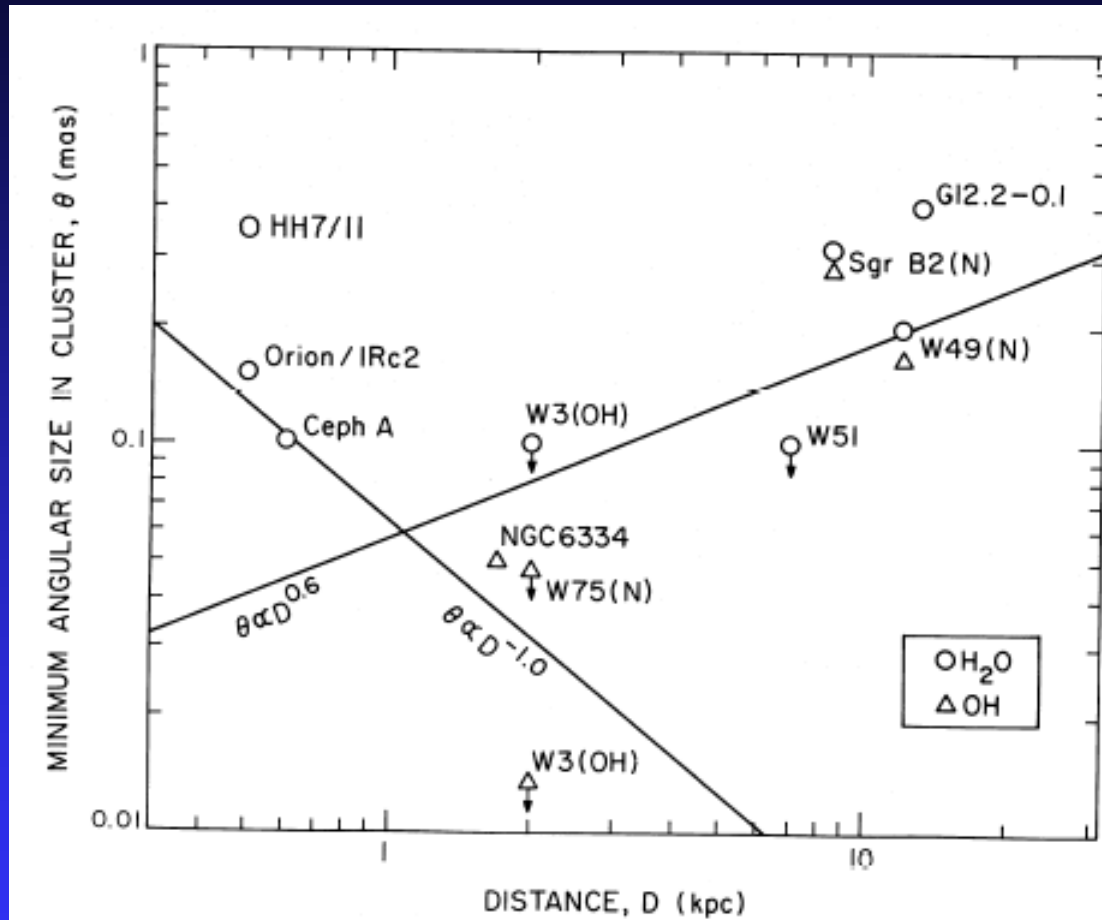
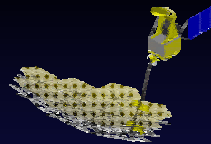
■ 星間散乱によるサイズの拡大

- ◆ SgrB2 水メーザー
 - ◆ Gwinn et al. 1988 ApJ 330 817
- ◆ HALCAによるOH メーザー(1.6GHz)観測
 - ◆ Scattering material は一様ではない
 - ◆ (e.g. Slysh et al. 2001 MNRA 320 217)

■ メーザーのサイズ

- ◆ すべての天体、すべてのメーザーで分解されることはない
- ◆ メーザーのまわりのクラスターにより散乱されるもの
 - ◆ 近傍のメーザー源では分解されるが遠方であればサイズは小さくなるので分解されない
- ◆ メーザーフィーチャー内の構造・時間変化を明らかにできる

Angular size of maser

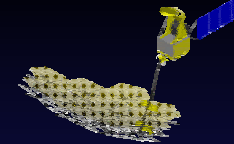


Gwinn et al. 1988

実際にはメーザーのサイズは領域内でも異なる



Summary



■ Outflowの起源

- ◆ Jet/Outflow のスタートをとらえる($<10^5$ yr)
- ◆ Jet/Outflow のまわりのcloudとの相互作用領域をとらえる
- ◆ ショック領域の詳細な質量分布はALMAで

■ accretion disk

- ◆ YSOにcontractする様子をとらえる($<10^4$ yr)
- ◆ ディスクの質量分布はALMAで

■ FOGの星形成領域

- ◆ 銀河系遠方の大質量星形成領域を、近傍の領域と同じように観測できる
- ◆ 大質量星のサンプルが増え、統計的な議論が可能に
- ◆ 大質量星形成機構の解明へ