

# 大学連携VLBIによる IRAS 06061+2151の H<sub>2</sub>Oメーザーマッピング観測

北海道大学修士1年  
元木業人

渡邊祥正、徂徠和夫、羽部朝男、南谷哲宏(北海道大理)、  
本間希樹、小林秀行、柴田克典(国立天文台)、  
藤澤健太(山口大理)、面高俊宏、今井裕(鹿児島大理)、  
若松謙一、高羽浩、須藤広志(岐阜大工)、  
村田泰宏(JAXA)、川合栄治、久保木裕充(情報通信研究機構)

# 目的：大質量星形成のメカニズム解明

## 大質量星形成領域の描像

- 恒星風、輻射による正味のフィードバック効果
- 原始星、星周円盤、星間空間の各磁場の効果



個々の星形成メカニズムを知るには  
局所的なダイナミクスを無視できない。

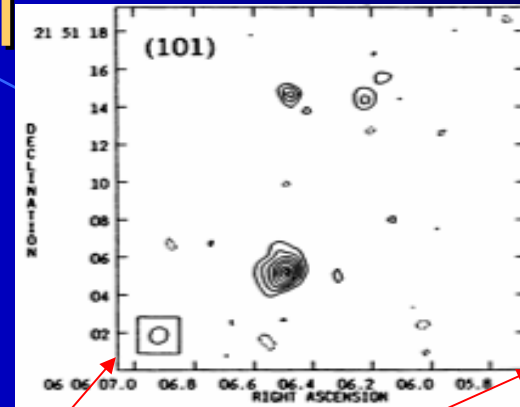


高分解能のVLBI観測で  
局所的でタイムスケールの短い現象を見る。

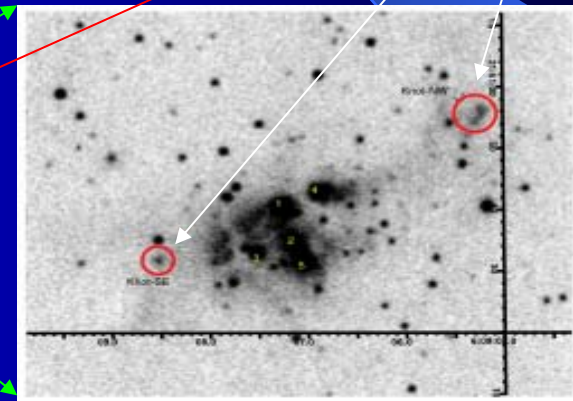
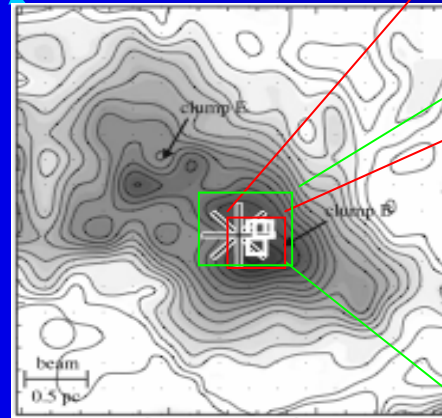
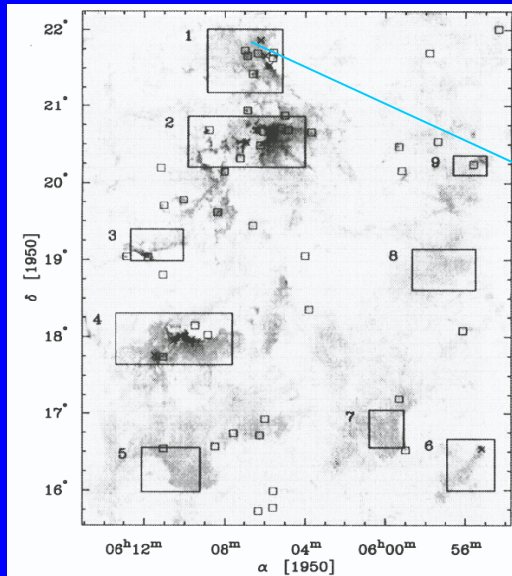
# 大質量星形成領域

## IRAS 06061+2151

Kurtz et al. 1994



ノット状構造



Carpenter et al. 1995

Saito et al. 2007

Anandarao et al. 2004

- GeM OB1 分子雲複合体の最北端、天体までの距離は1.5 kpc
- 活発な星形成; CS、C<sup>18</sup>O、NH<sub>3</sub>、Kバンド、サブミリ、3.6cm連続波
- メーザー源はUCHII領域の中心付近に位置。

# 観測

観測期間	2005年5月-2007年10月
観測周波数	22.23508 GHz (H <sub>2</sub> O 回転遷移 6 <sub>16</sub> → 5 <sub>23</sub> )
波長	1.35 cm
観測帯域	16 MHz
分光点数	1024
角度分解能	1.0 – 1.5 ミリ秒角 (1.5–2.3AU)
速度分解能	0.21 km s <sup>-1</sup>

## 大学連携VLBI網(JVN)

VERA (水沢、入来、小笠原、石垣) : 20 m

鹿島 : 34 m

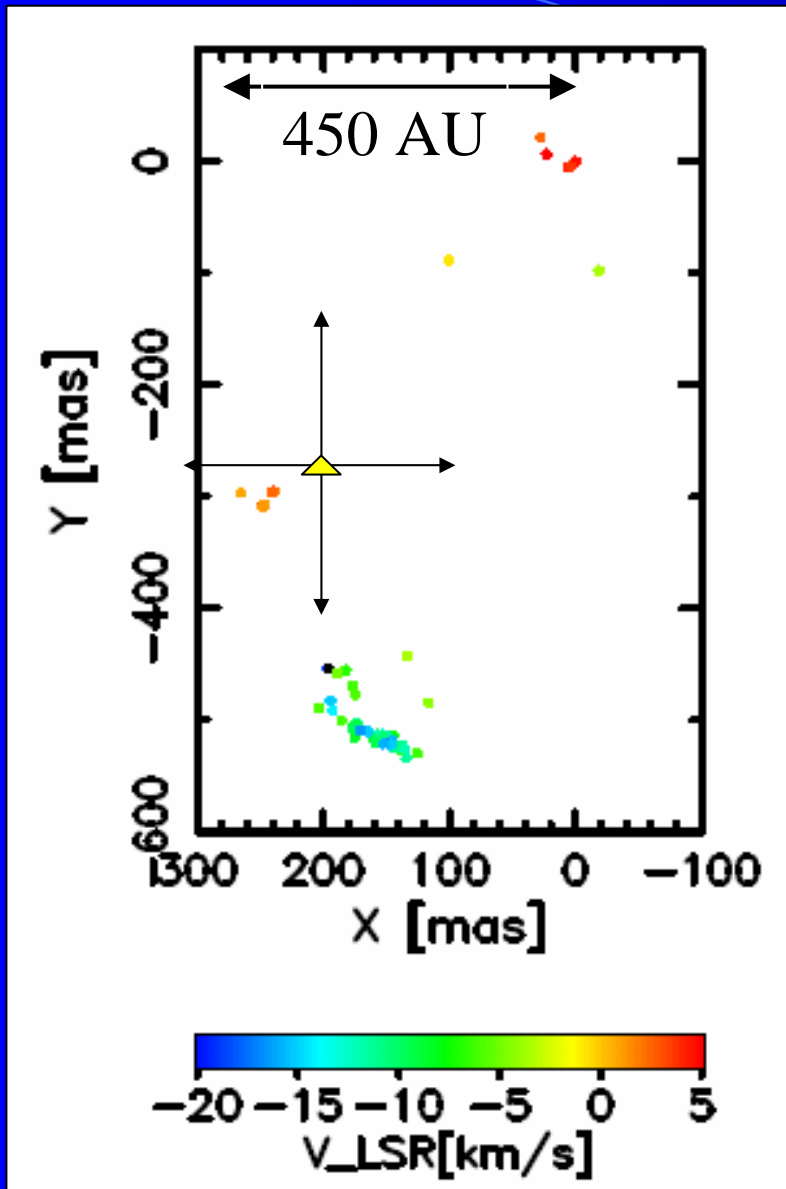
苫小牧 : 11 m

岐阜 : 11 m

## データ解析 AIPS (Astronomical Image Processing System)

観測日程	観測時間(hr)	参加局	参照速度(km/s)	分解能(mas × mas)
2005/5/13	9	VERA4 局	-8.50	1.5 × 1.4
2006/1/30	9	全局	-7.77	1.1 × 0.9
2006/4/17	9	全局	-7.87	1.1 × 1.1
2007/1/29	8	小笠原、苫小牧除く	-8.08	1.5 × 1.4
2007/5/1	8	全局(岐阜含む)	-7.45	1.1 × 1.1
2007/10/21	10	苫小牧除く		データ待ち

# マッピング結果



点の色は視線速度 (LSR) に対応  
△: UCH II 領域の中心

## •空間分布

メーザー分布 → 400 × 600 ミリ秒角  
UCH II 領域の広がり → 2秒角以下 (VLA)



UCH II 領域と中性ガスの境界に存在

## •視線速度分布

系の系統運動

-1.0 km/s

北側: Red Shift 成分 5.5 ~ -3.0 km/s

南側: Blue Shift 成分 -5.0 ~ -20.0 km/s



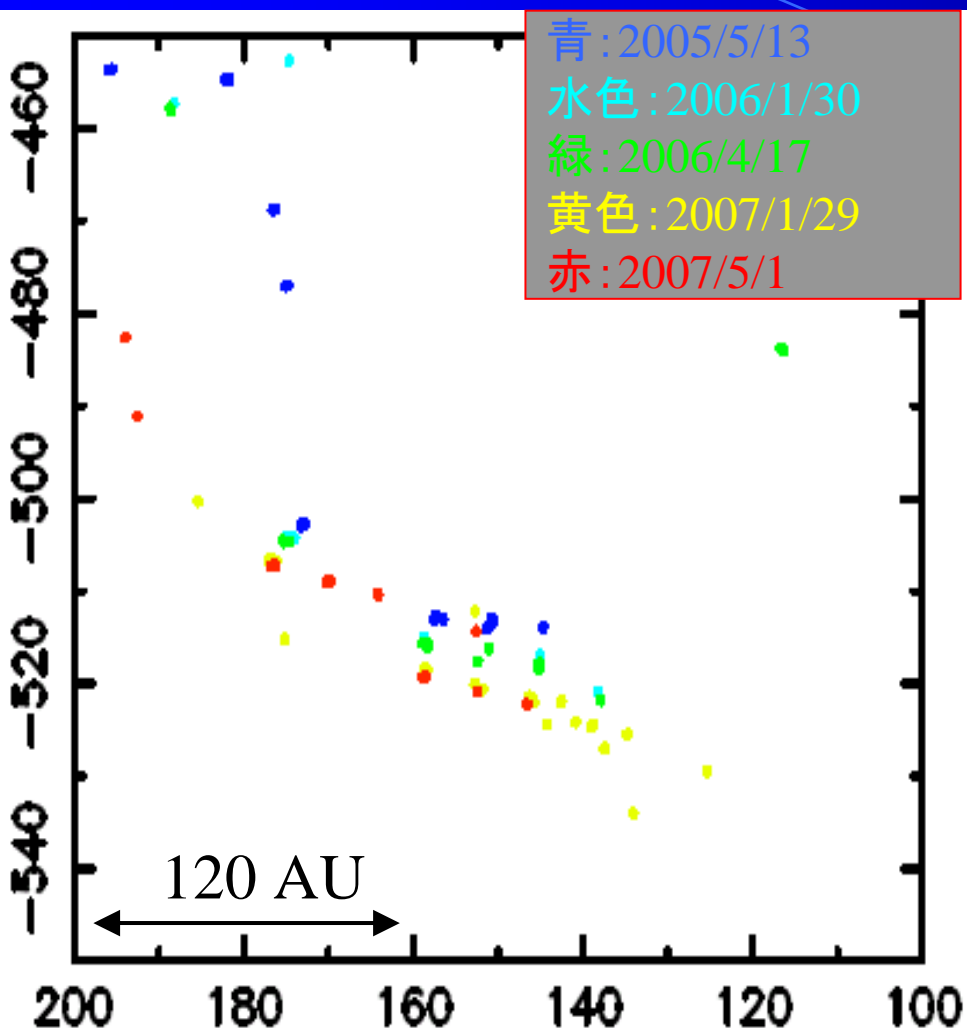
双極流または球対称流

## •強度分布

北側: 0.3 - 15.0 Jy

南側: 0.7 - 439 Jy

# 南側拡大図

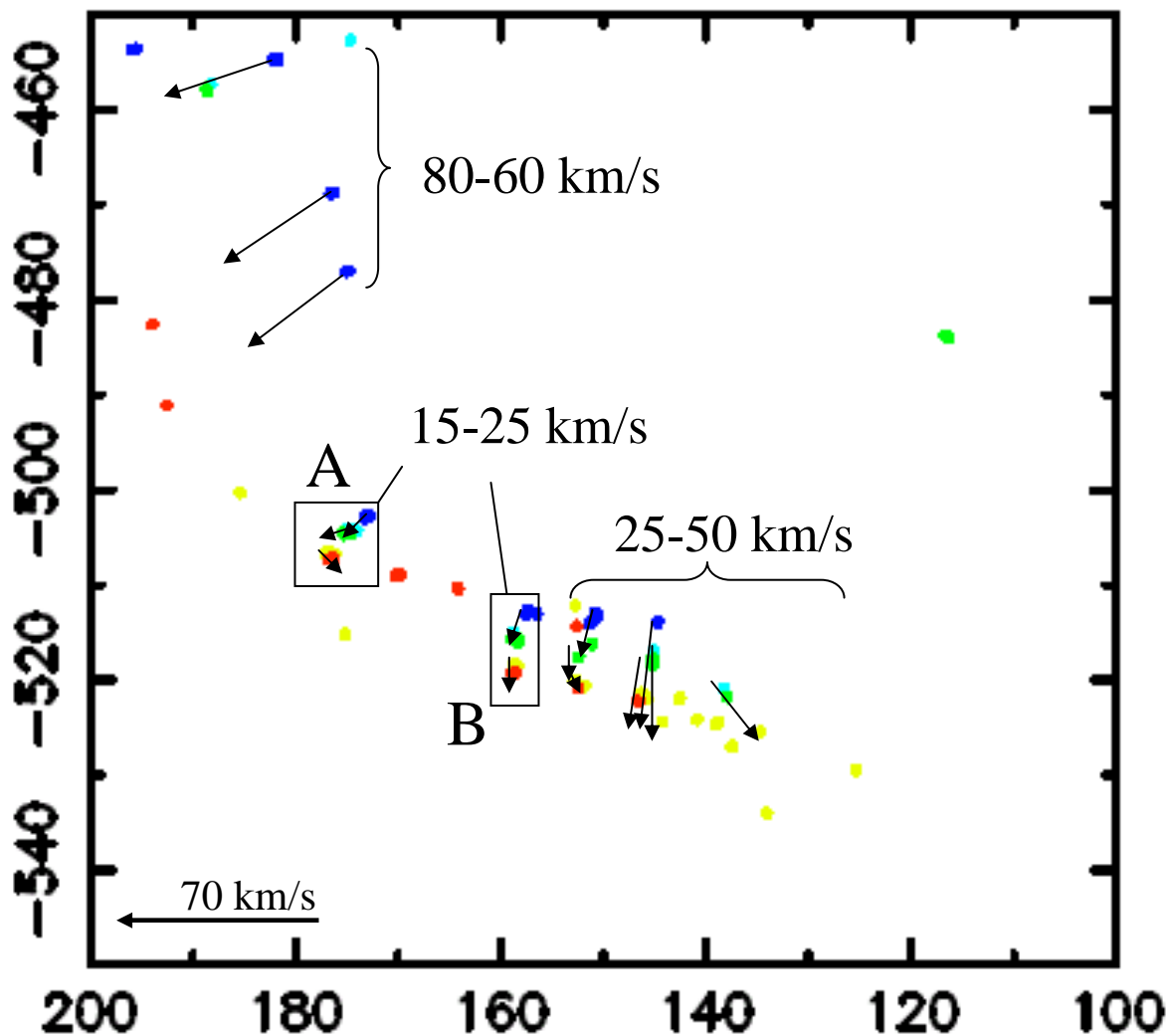


南側100×100ミリ秒角の範囲を拡大  
各点の色はエポックに対応

エポック1  
Bow shock状構造  
↓  
UCHII領域由来の  
衝撃波面でメーザー励起

エポック5(717日後)  
Bow状構造が直線状に変化  
↓  
固有運動に速度勾配が存在

# 相対固有運動



- 強度ピークA, Bで相対固有運動速度が最も小さい。

- Aより北側  
一律に80 - 60 km/s 程度の大きな速度。

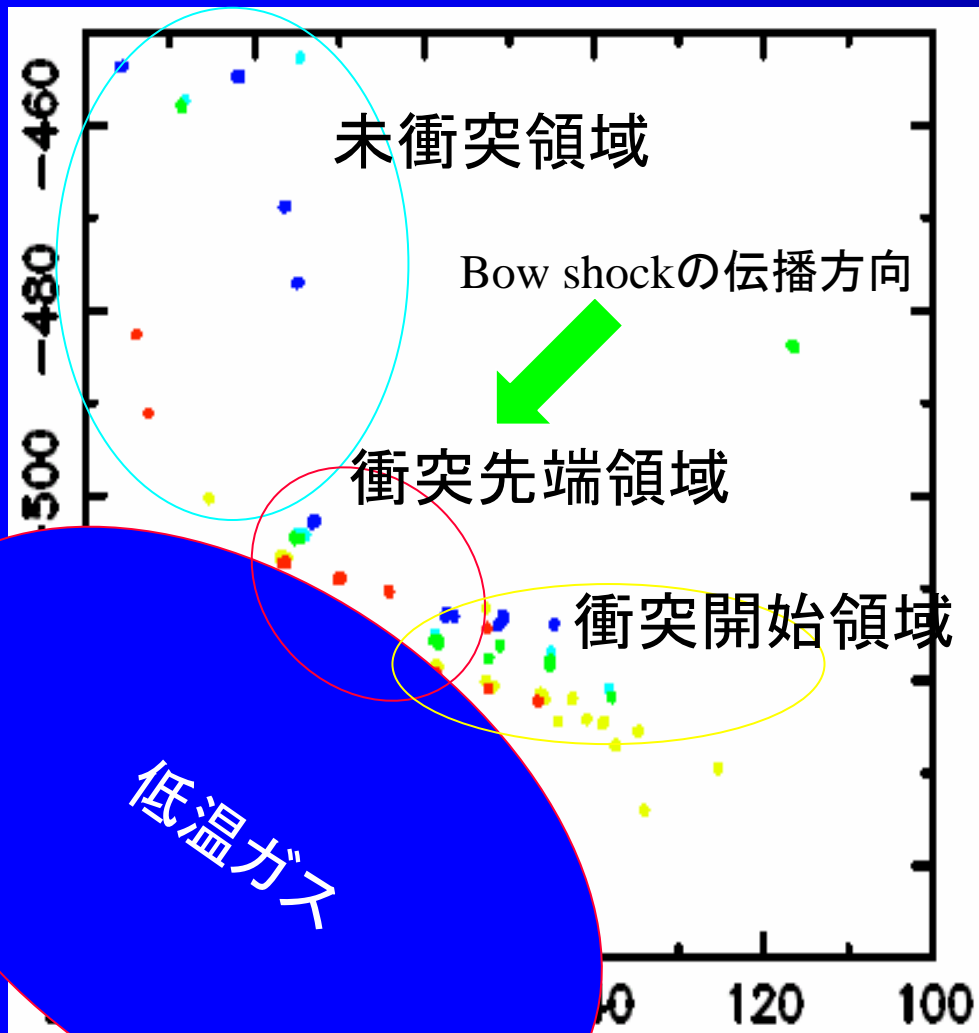
- Aより南側  
B点から西に遠ざかる程速度が大。

矢印: 相対固有運動速度の大きさと向きを表す  
A: エポック2,3,5の強度ピーク  
B: エポック1,4の強度ピーク

# 考察1: 衝突モデル

A、B点を中心とした相対固有運動速度の分布

→衝撃波面と密度の異なる低温ガスの衝突の結果ではないかと考えられる。



- 衝突先端であるA、B点は真っ先にガスに衝突、密度差による減速をうける。

- 衝突開始領域では先端に近い順にガスに衝突し、順次減速されていく。

- 未衝突領域は減速を受けないため衝突領域に追いつく

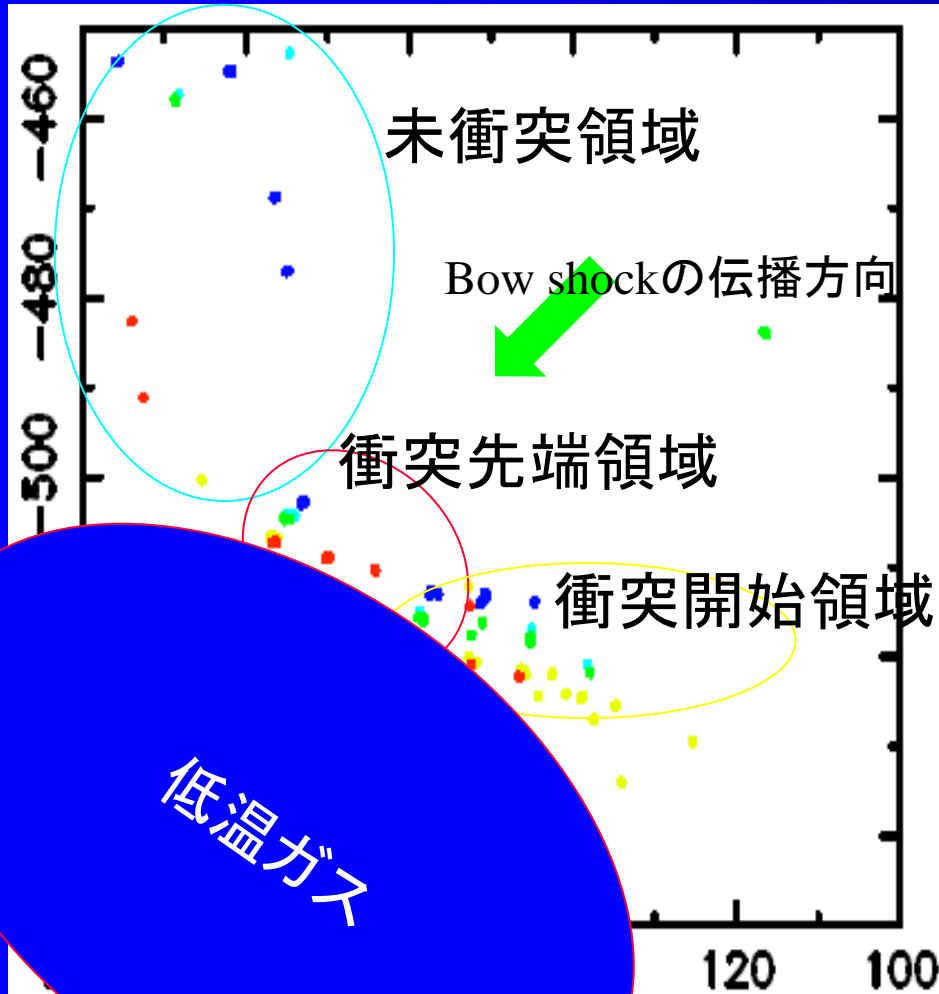
↓  
結果的に全体は弓形から直線形へと変形していく。



## 考察2:レーザーの強度変動

- ポンピングされるH<sub>2</sub>O分子の量の変化。
- コヒーレント長の変化。
- ビーミング方向と視線方向の重なり方。

→衝突モデルで説明可能



•衝突個所ではショックによってポンピングが増加。

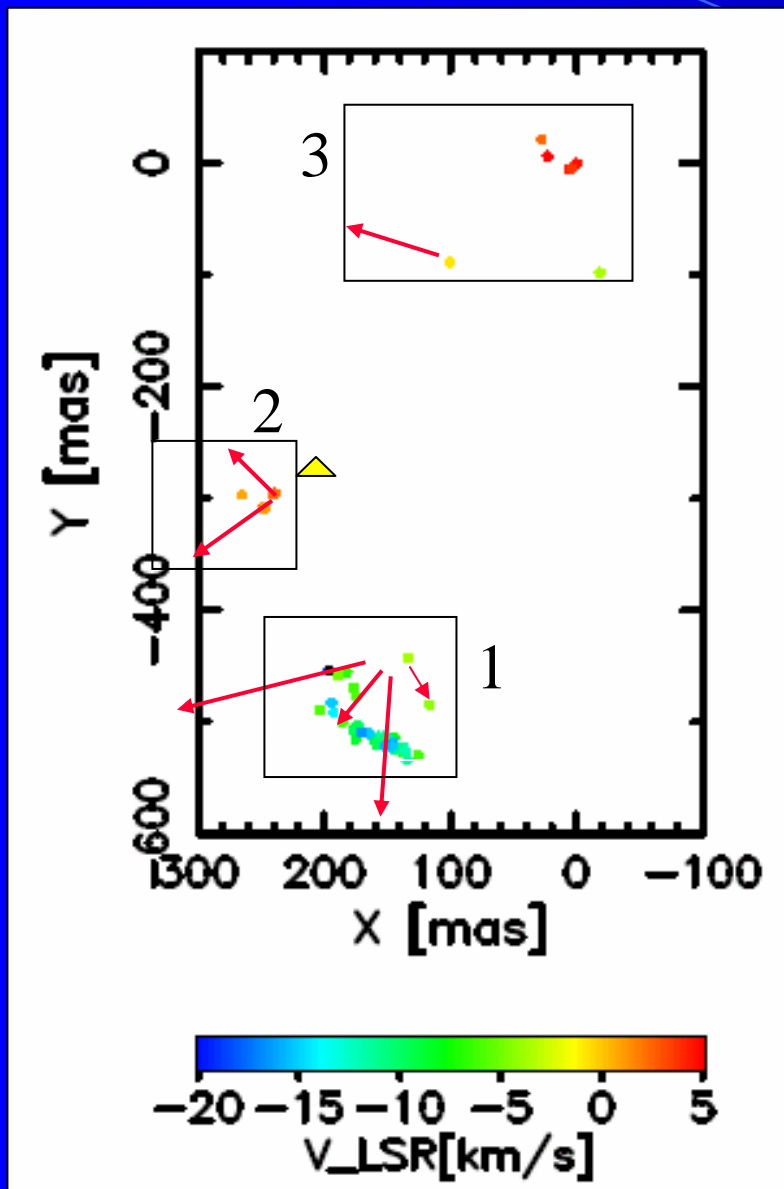
•減速によってレーザーが重なり、コヒーレント長が増加。

•ガス入射に対するショック面の角度によってはビーミング方向が変動。

↓  
波面が周期的に到達している場合。

衝突、緩和、次の衝突の繰り返しで周期性が説明できる。

### 考察3: 固有運動の収束点



- 1群の収束点はかなり近傍
- 2群の収束点はUCHII領域中心付近
- 双方が別のdriving sourceに由来している可能性あり。
- 3群は固有運動の数が足りないため言及できない。  
↓  
原点の運動の推定が必要

矢印: 平均のベクトルの向き

## まとめ

- 観測された固有運動の速度勾配はUCHII領域由来のBow Shockと密度の異なるガスの衝突による減速の結果と推定される。
- 衝突時の強度増加と、衝突後の緩和、次の衝突による強度増加の組み合わせによってメーザー強度変動の周期性が説明できる可能性がある。
- 衝突先端で強度が増加する場合、強度ピークは時間と共に現在の衝突先端から衝突開始領域へ移ると予想される。
- 固有運動ベクトルの収束点から二つ以上のDriving sourceの存在が示唆される。