

サブミリ波偏波観測と 高解像度観測との関係

—NGC7538の話題(ApJ 555, 855)を中心に—

百瀬 宗武 (茨城大理)

(内容)

NGC7538 SCUBA観測を題材に・・・

- 磁場構造と収縮・分裂との関係
- アウトフローとの関係
- 高解像度観測の必要性

星形成領域における磁場観測

● ゼーマン効果 (HI, OH, CCS)

- ★ 磁場の視線方向成分の強度
- ★ (問題) 高密度領域を対象にした観測が困難

● ダスト偏光 (偏波) 観測

- ★ ダスト粒子の整列 (ダスト長軸 \perp 磁場)
- ★ 可視・近赤外: A_V の比較的小さいところ
- ★ サブミリ波: 高密度領域の放射を直接観測

NGC7538のSCUBA偏波観測

- SCUBA偏波計

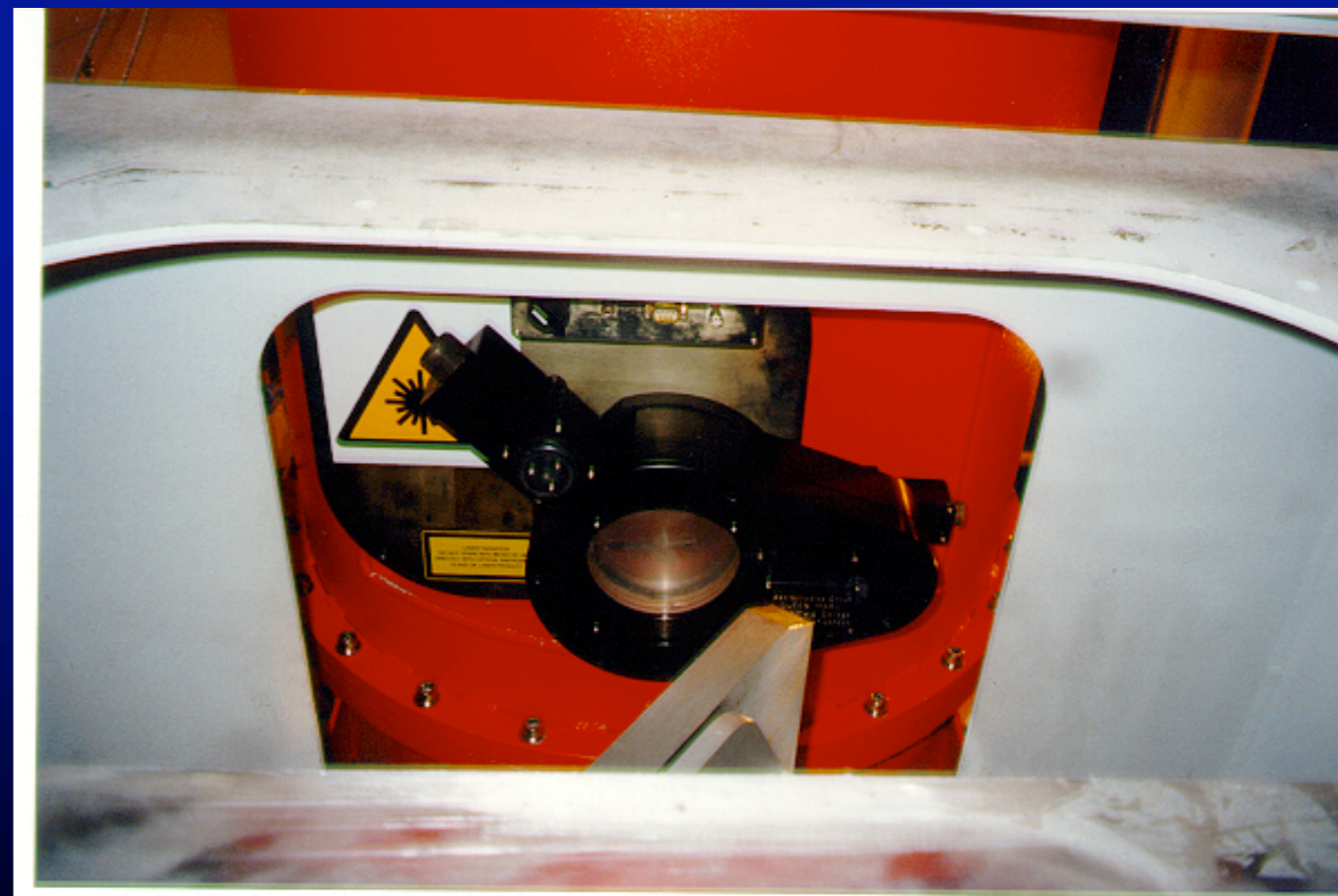
- ★ SCUBA + (半波長板 + 固定ワイヤーグリッド)

- $\lambda = 850 \mu\text{m}$

- ビームサイズ $\sim 16''$

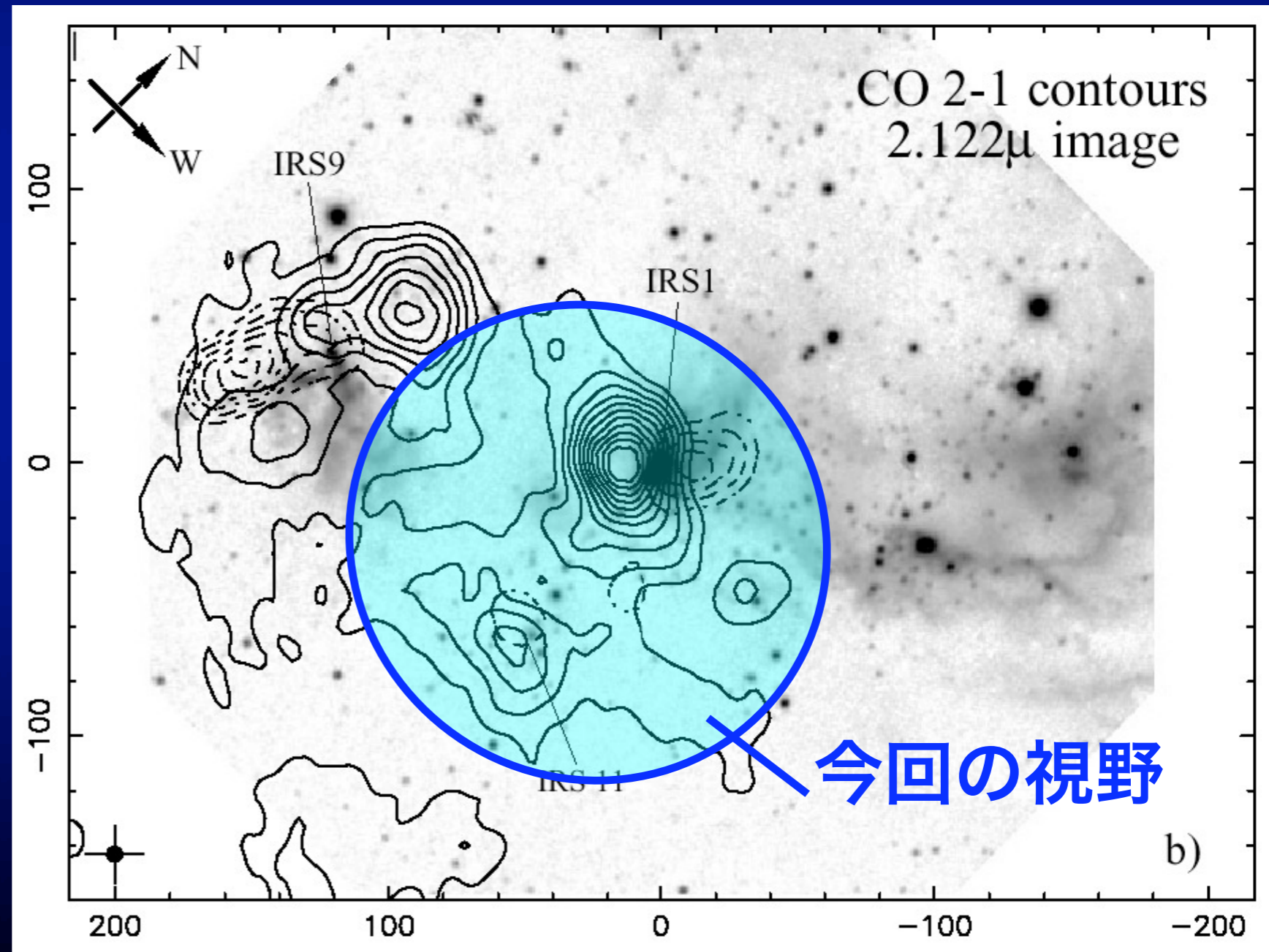
- 視野 $\sim 2'$

- ($\sim 1.6 \text{ pc}$)



NGC7538 領域

- $d=2.7\text{kpc}$
- IR Luminosity
 - $10^5 L_{\odot}$ (IRS1)
 - a few $\times 10^4 L_{\odot}$ (IRS 9, 11)
- 顕著な分子流
- UC HII領域 & 水メーザー
- 北西側：
顕著なHII領域



得られた輝度分布

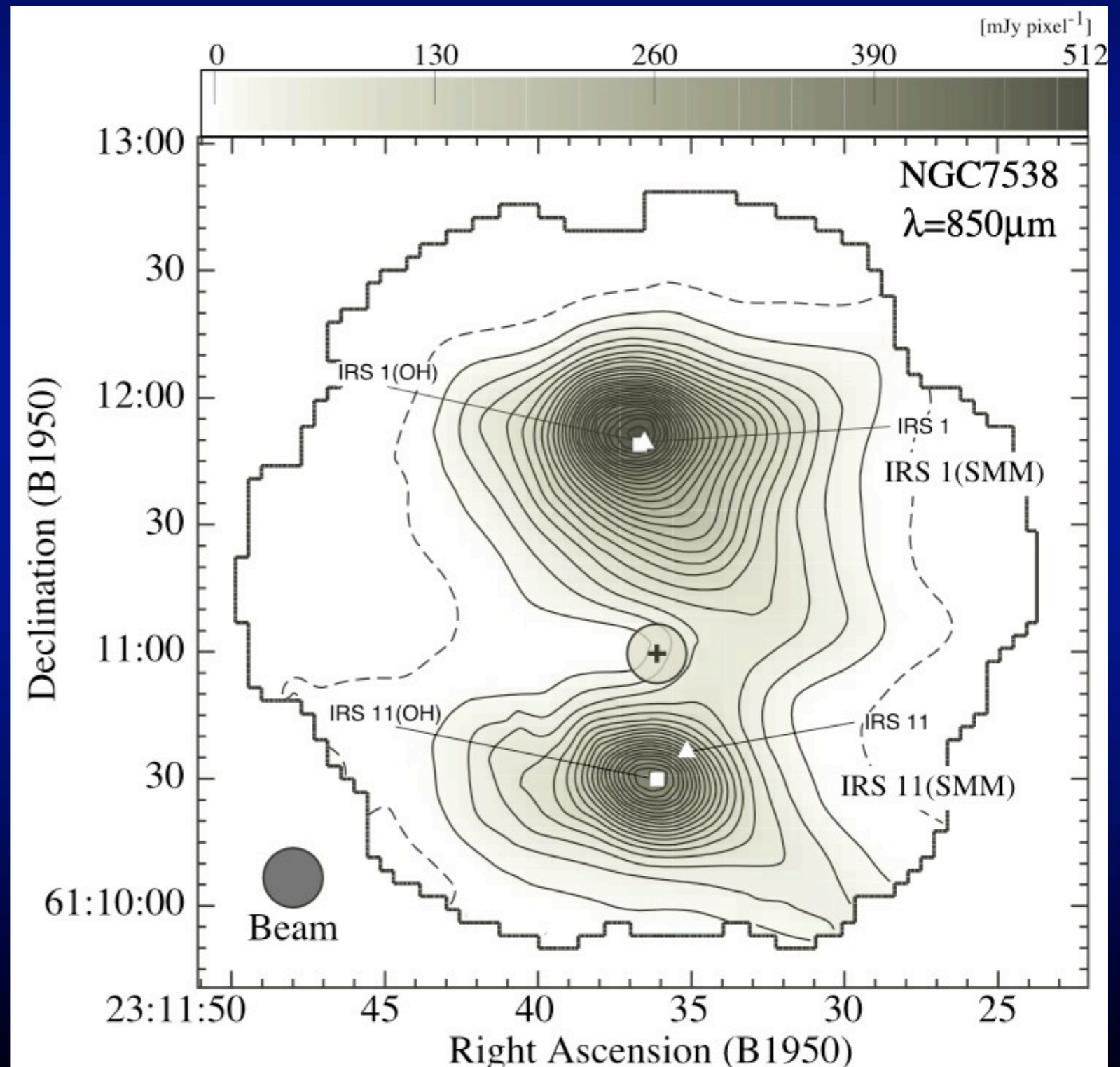
・二つの『コア』

IRS1 : 3900M \odot

IRS11 : 1800M \odot

($T_d=25\text{K}$: CO観測から,
 $\kappa=8.65\times 10^{-3}\text{ cm}^{-2}\text{ g}^{-1}$)

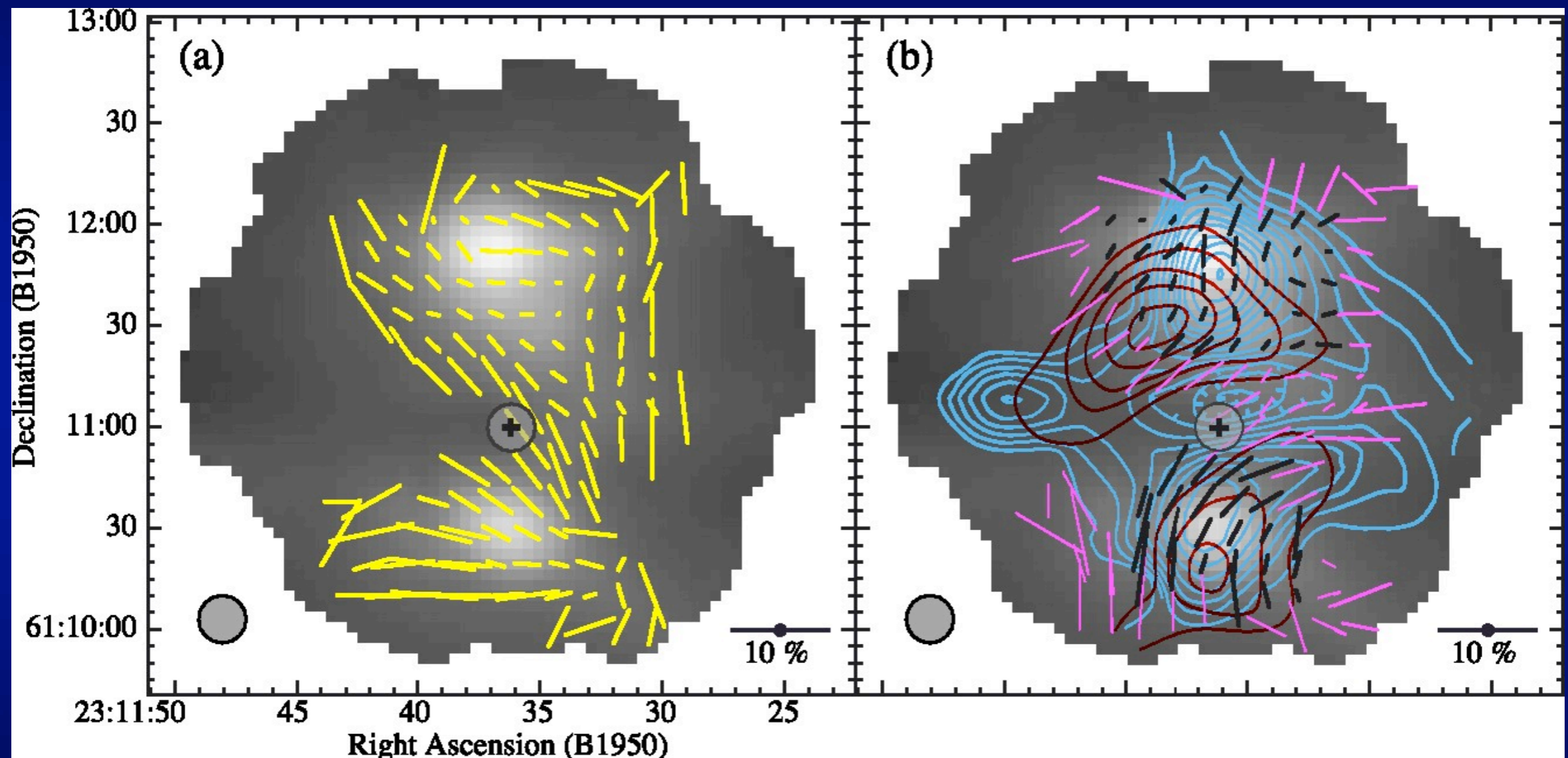
※1分角=0.78pc



検出された Eベクトル

磁場 + CO Outflows (Kameya et al. 1990)

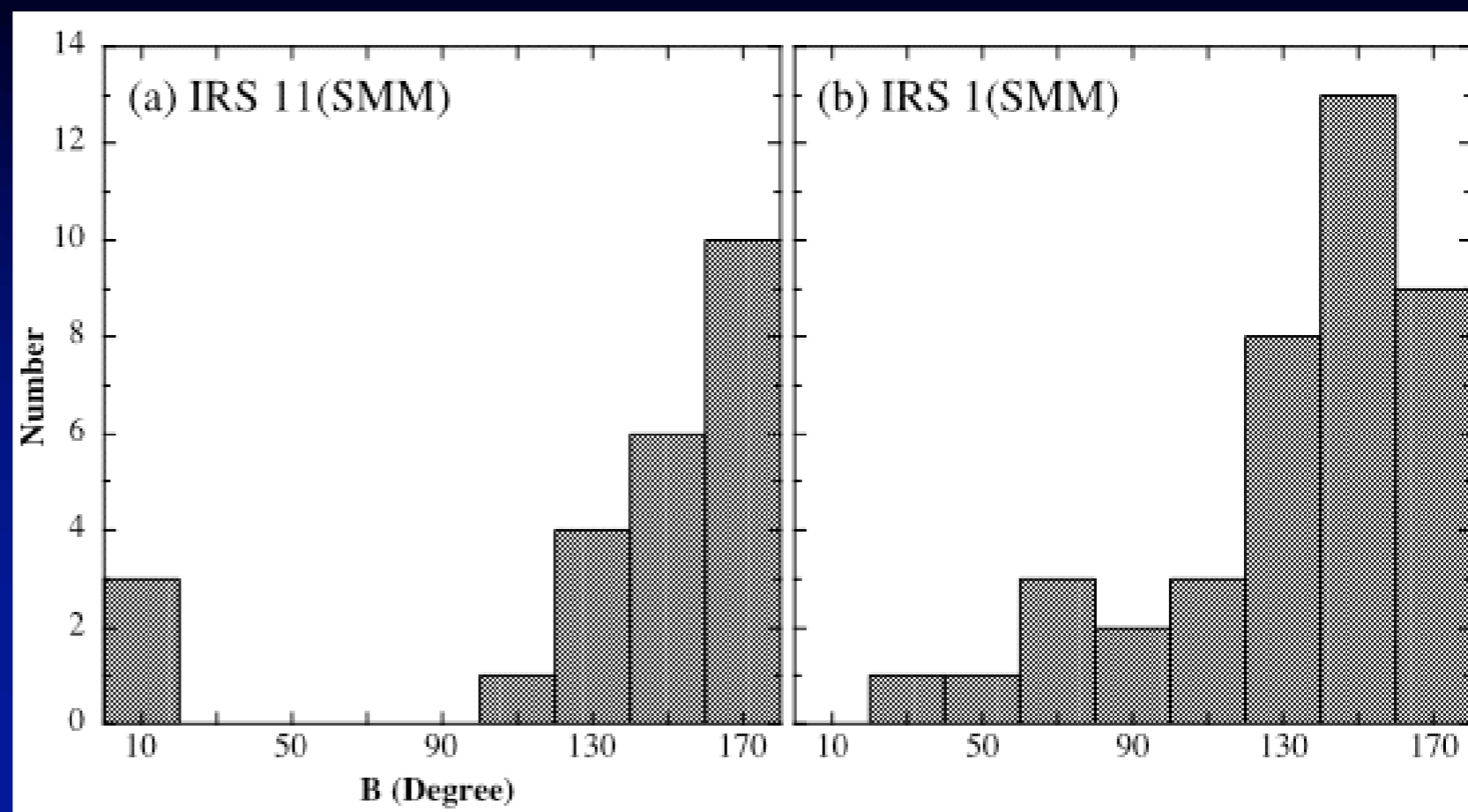
※輝度ピークの10%以上を黒で



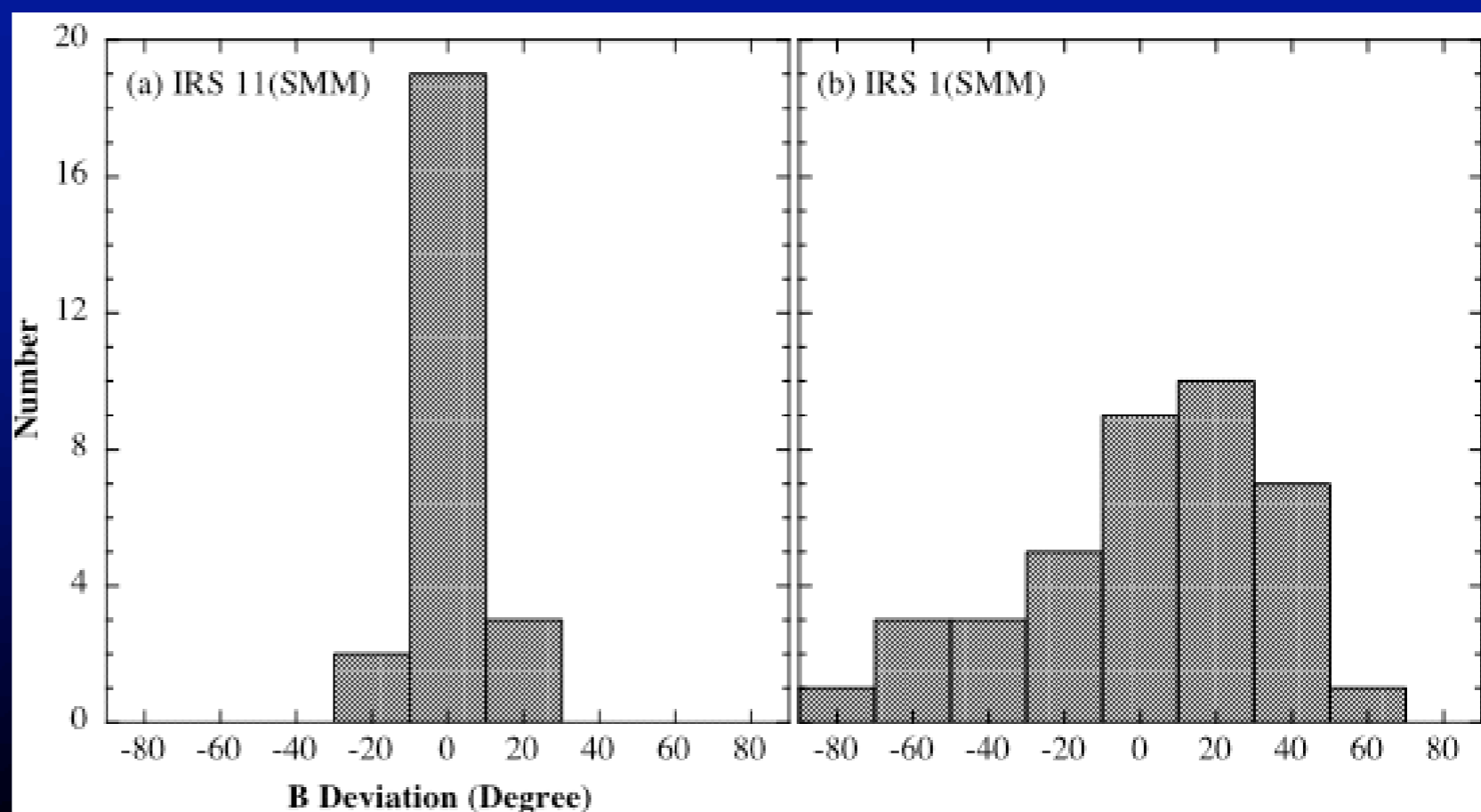
- (i) IRS 1のコア：向きのバラツキ大，偏波率小。
- (ii) Outflowと良い相関（特にIRS 1：後で詳述）

偏波方向 の一様性

生データ→
(大局的变化込み)

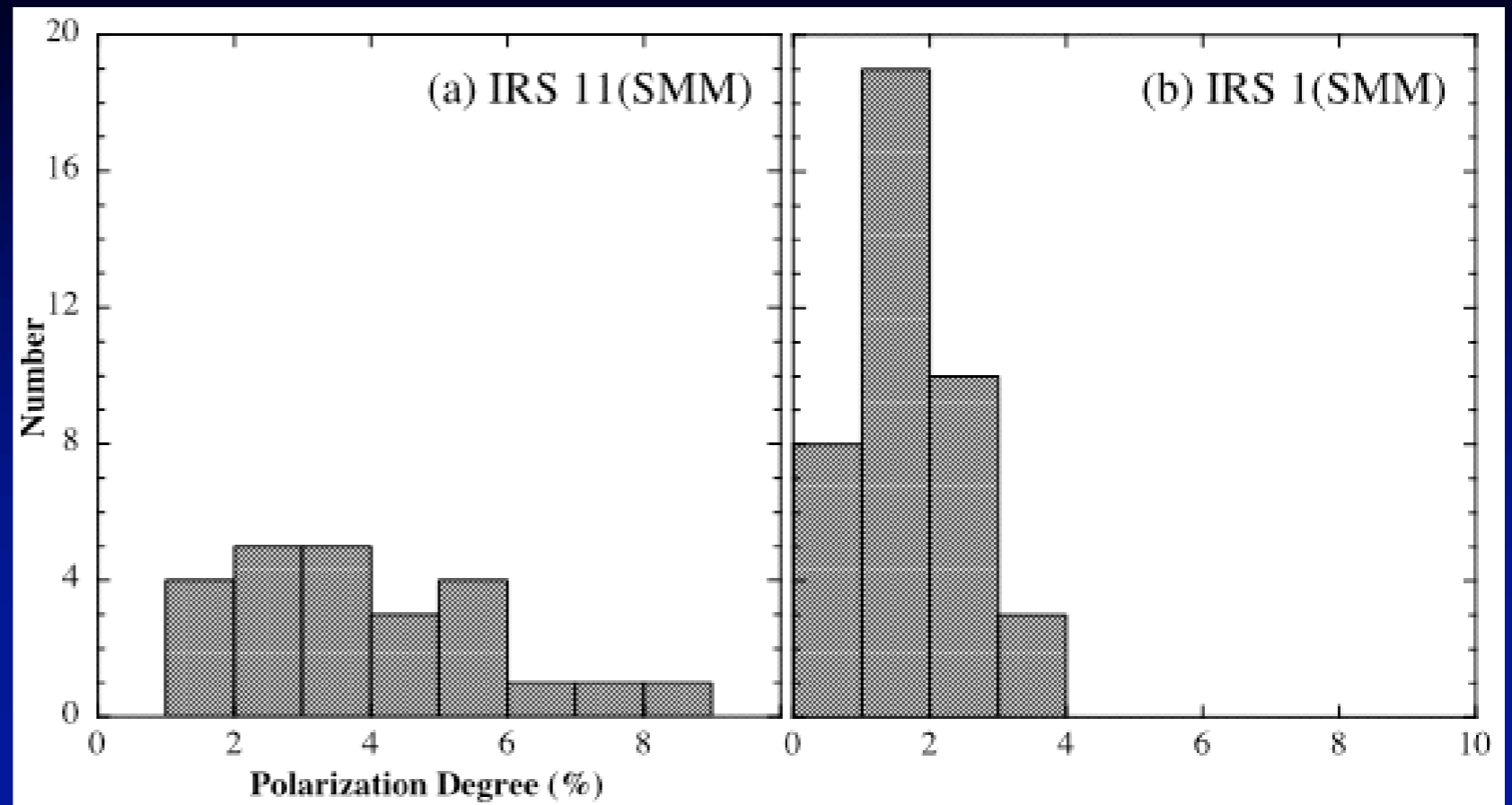


各Dec.での
平均からのズレ→



偏波率の 分布

IRS 11 (左)
の方が大



両者の違い：進化段階の違いを反映？

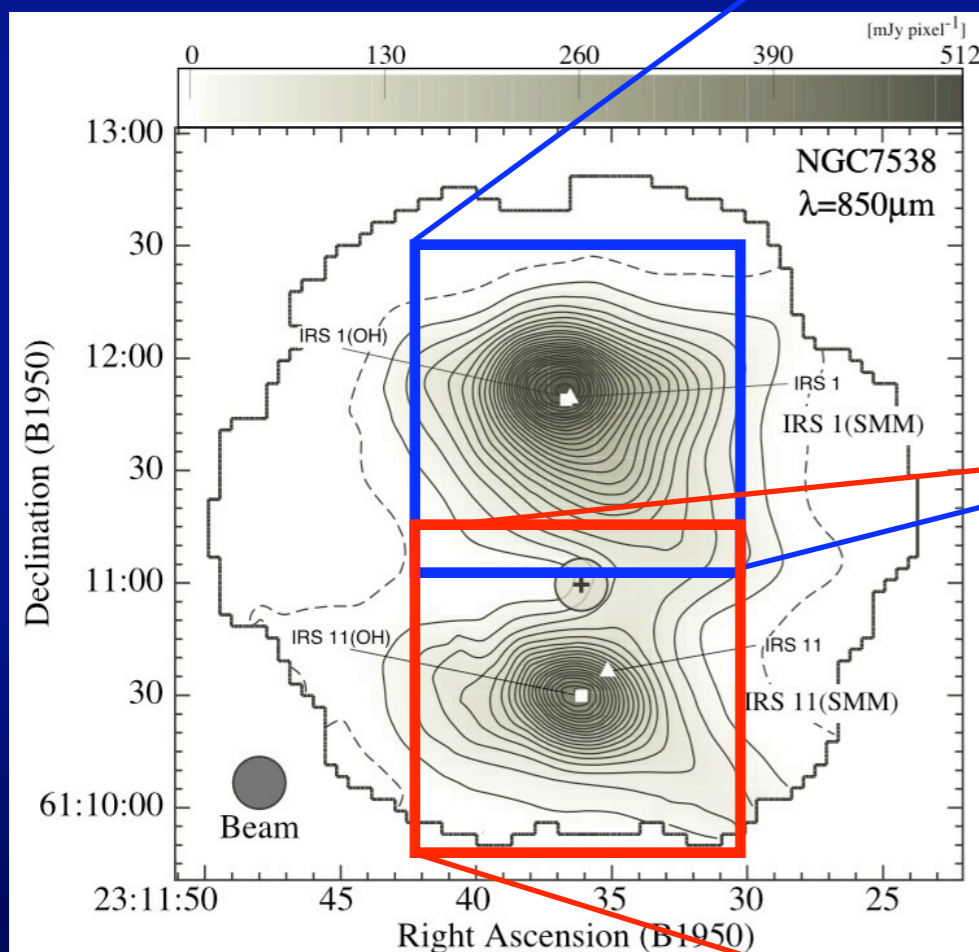
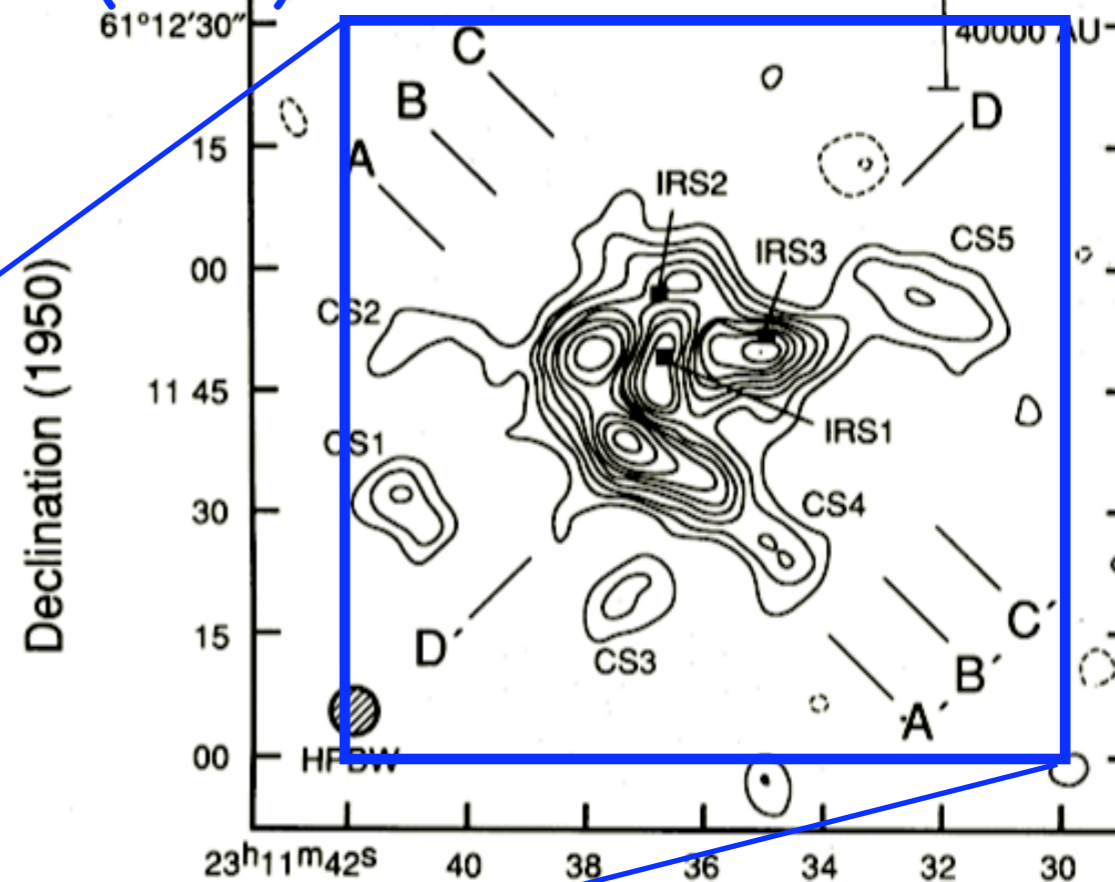
- SupercriticalなMassive Coreの収縮：
円盤を形成→さらに分裂？(Scott & Black 1980)
 - 磁場と星間物質は($n(H) \approx 10^{11} \text{cc}^{-1}$ まで)良くカップル
(e.g., Nakano & Umebayashi 1986)
- 👉 進化が進み分裂が進むとBも小スケールで擾乱？

IRS1コアとIRS11コアの比較

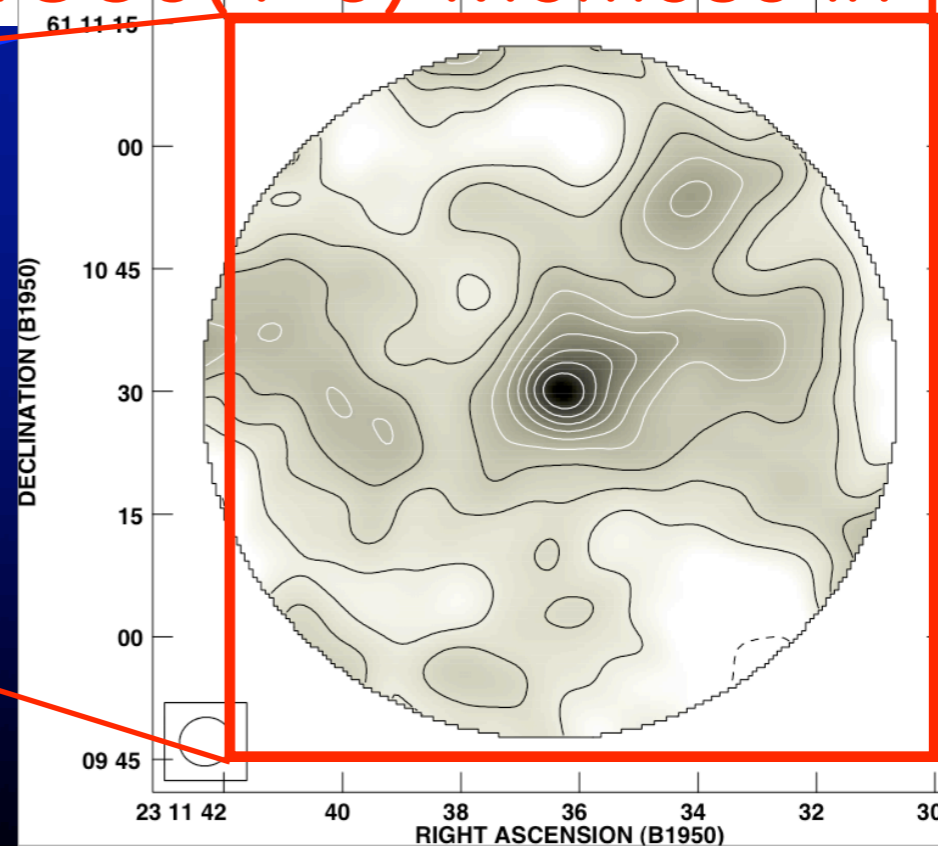
- 質量・遠赤外Luminosityは大差なし
 - 赤外線での観測：顕著な違いあり
 - ★ IRS1コア： $2.2\mu\text{m}$ で複数のコア同定
 - ★ IRS11コア： $(10-20)\mu\text{m}$ でも顕著な点源なし
 - IRS 11の方が早期段階？
 - (i) 偏波方向の一様性, (ii) 高い偏波率
- 統一的に説明可能。

高解像度 観測との比較

CS(2-1) Kawabe et al. 1992



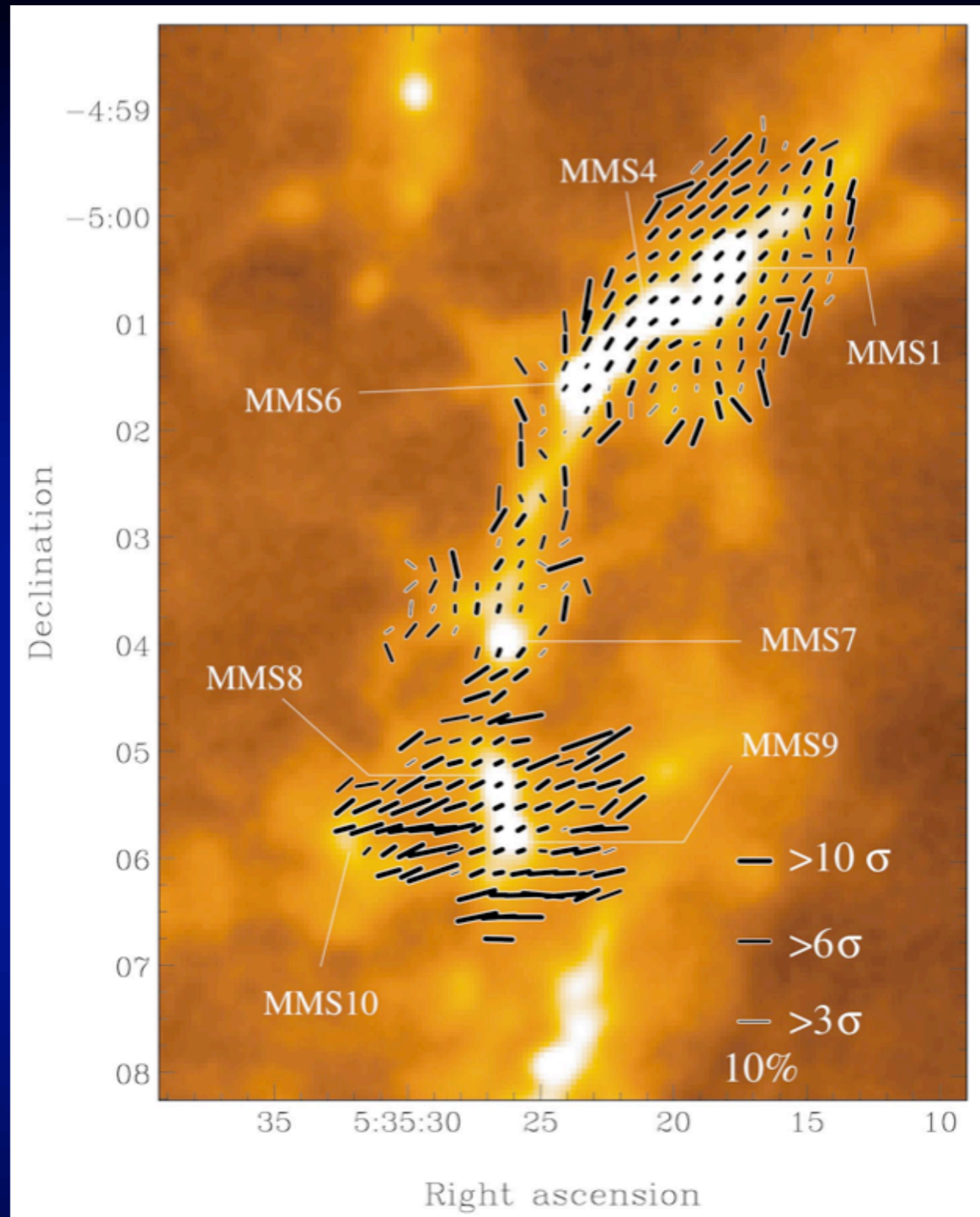
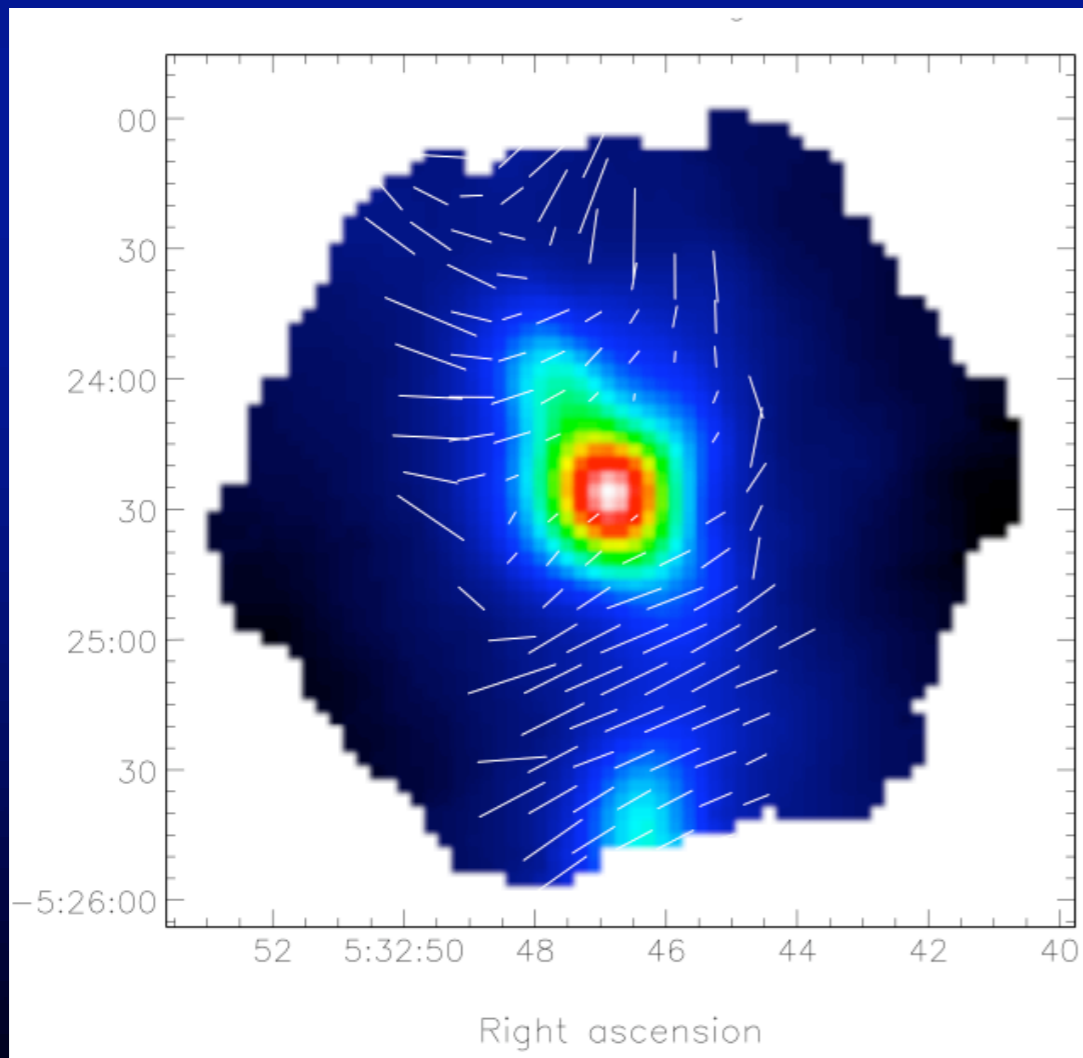
13C0(1-0) Momose in prep.



参考

オリオン領域

OMC-1: Coppin et al.
(2000)

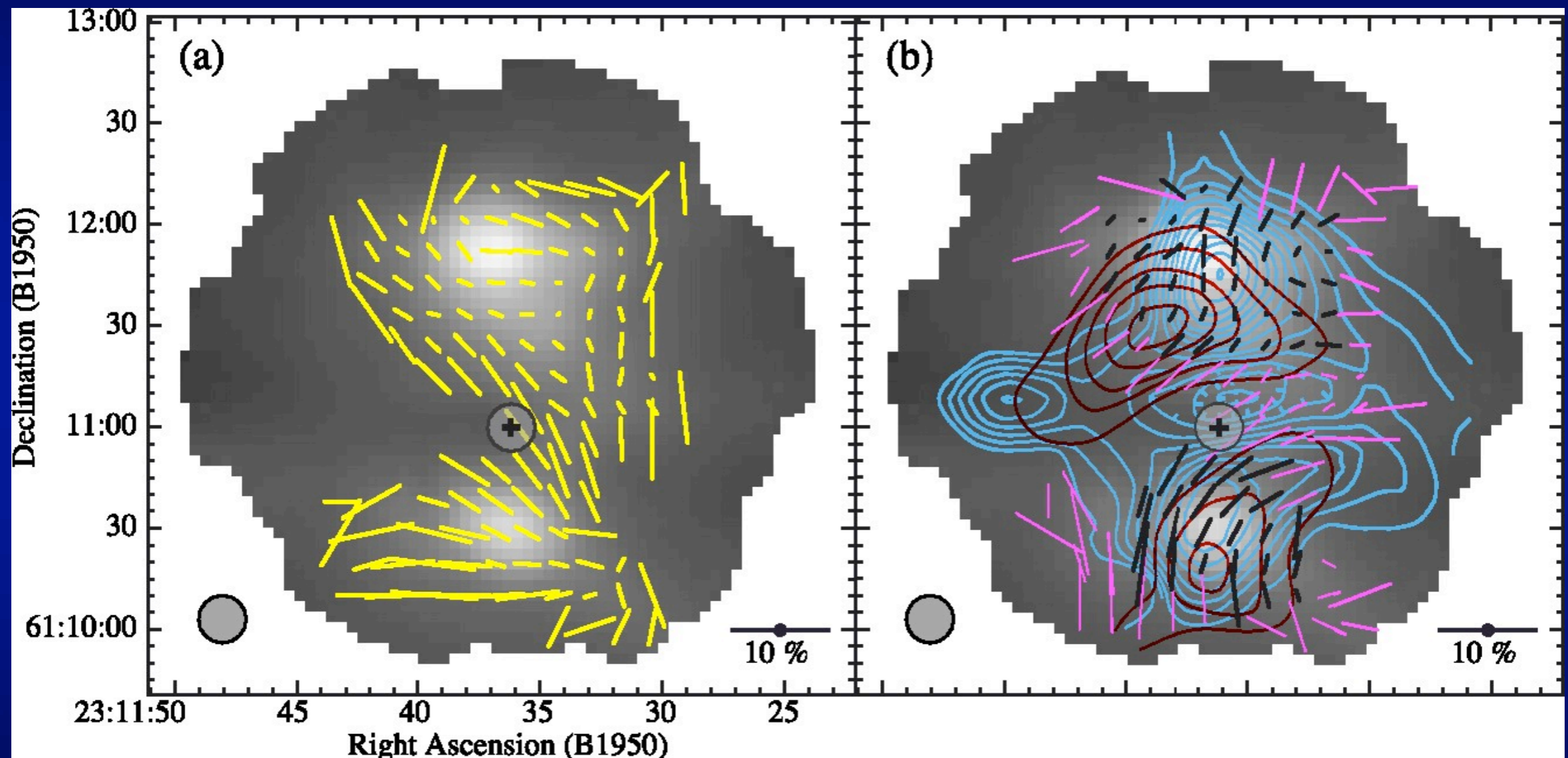


OMC2/3: Matthews et al.
(2001)

検出された Eベクトル

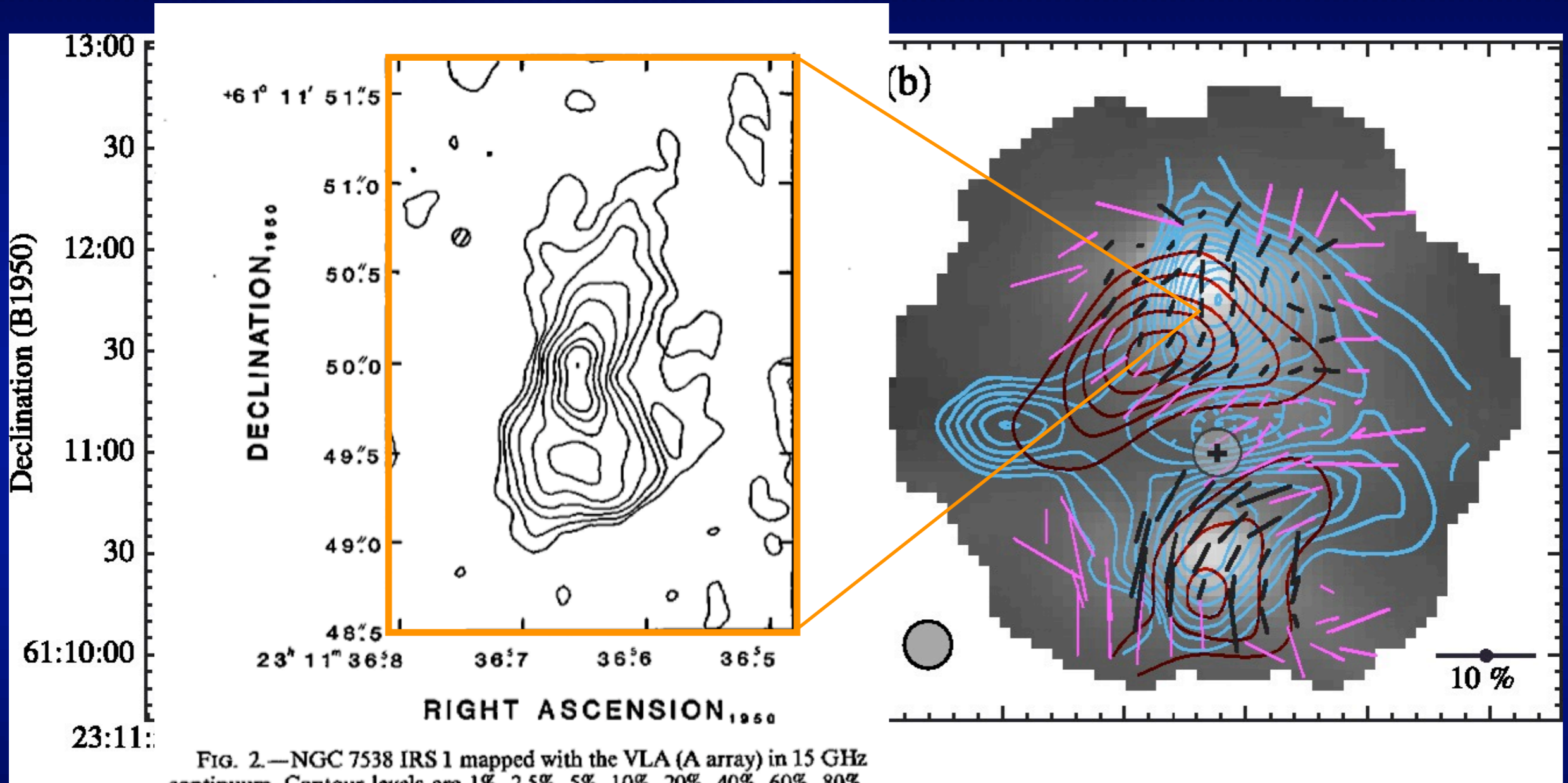
磁場 + CO Outflows (Kameya et al. 1990)

※輝度ピークの10%以上を黒で




- (i) IRS 1のコア：向きのバラツキ大，偏波率小。
- (ii) Outflowと良い相関（特にIRS 1：後で詳述）

アウトフローの高解像度観測



VLA 15GHz (Campbell et al. 1984)
0.03pcスケールでは南北

分子流と磁場との関係

- 磁場の向きと分子流の向きに良い相関
 - ★ 磁場がアウトフローの向きをコントロール
 - ★ アウトフローの力学的作用による磁場構造変化
- どちら？：エネルギー比較 (Hurka et al. 1999)
 - ★ 分子流の運動エネルギーを磁場換算
 - ★
$$B_{\text{flow}} = \left(\frac{8\pi E_{\text{flow}}}{V_{\text{flow}}} \right)^{1/2}$$
 - ★ 
 - ★ コア中の磁場強度：柱密度から見積もり

柱密度と磁場強度の関係

$N(\text{H}_2)$ と B_{los} (Zeeman 効果)

よく相関 ($\rho=0.85$)
(Crutcher 1999)

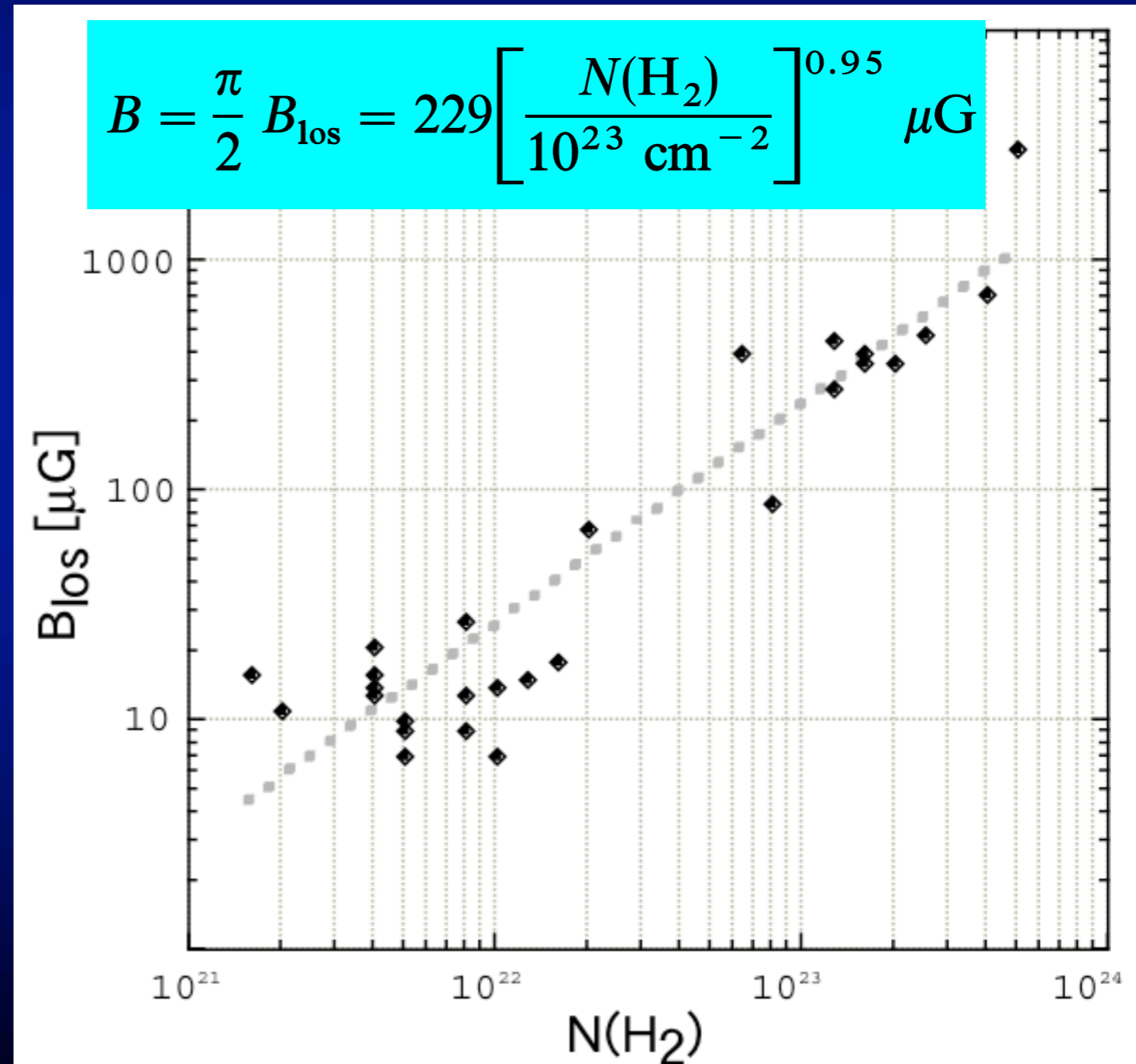
コア

$N(\text{H}_2) \approx 3.5 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$

☞ $B \approx 750 \mu\text{G}$

$> B_{\text{flow}} (\approx 250 \mu\text{G})$

磁場によるコントロール?



Parameter	IRS 1(SMM)	IRS 11(SMM)
(1) Spatial extent (pc^2) ^a	0.657	0.358
(2) Mass (M_{\odot}) ^a	3.9×10^3	1.8×10^3
(3) Mean column density (g cm^{-2})	1.24	1.05
(4) Mean column density [$N(\text{H}_2)$ in cm^{-2}].....	3.7×10^{23}	3.2×10^{23}
(5) Outflow energy (ergs) ^b	6×10^{46}	4×10^{46}
(6) Spatial extent of outflow (pc^2) ^b	0.90	0.64
(7) Expected volume of outflow (pc^3) ^c	0.85	0.51
(8) B_{flow} (μG) ^d	250	260
(9) B_{grav} (μG) ^e	2.0×10^3	1.7×10^3

^a Derived from our observations. see § 3.1.

^b From Kameya et al. 1989.

^c Estimated by (spatial extent)^{1.5}.

^d The critical field strength at which the field has the same energy density as the outflows, derived from eq. (2).

^e The critical field strength of the cloud at which the magnetic force is comparable to the gravitational force, derived from $B_{\text{grav}} = 2\pi\sqrt{G\Sigma}$, where G is the gravitational constant and Σ is the column density of a cloud; see Nakano & Nakamura 1978.

まとめ：高解像度の必要性

- **小スケールの構造と偏波（磁場）構造の対応**
 - ★ 分裂による擾乱（ビーム内変動の克服）
 - ★ アウトフローとの詳細な対応（平均量ではない
議論：磁場強度の見積もりはどのようにする？）
- **ALMA：< 0.1"での高解像度マッピング**
 - ★ 上の問題に対する答え
 - ★ 波長依存性は？（整列のサイズ依存性？）