

かなた望遠鏡可視偏光サーベイ：MBM 37の星無しコア周縁部の磁場構造(II)

堀友哉, 川端弘治, 丸田哲温(広島大), 土井靖生, 城壮一郎(東京大), 松村雅文(香川大), 秋田谷洋(千葉工大), 笹田真人(東京科学大)

概要

星形成は星間分子雲が重力収縮し、分子雲コアが生成され、さらに原始星が誕生するといった過程で進むと考えられている。その過程には様々な要因が関連していると指摘されているが、詳細は不明である。星形成の兆候を示さない”星無しコア”では、乱流や磁場によって重力収縮が阻害されている可能性も指摘されている。星間磁場を直接捉えることは難しいが、背景星の星間偏光の観測によって磁場構造を知ることができる。このため偏光観測により、星形成における磁場の役割や寄与に迫ることが期待される。

我々は、星無しコア LDN 183 を伴う高銀緯分子雲 MBM 37 について広島大学かなた 1.5m 望遠鏡を用いて可視光・近赤外バンドの偏光観測に基づいた研究を進めている。今回、観測領域を増やして周辺磁場の曲がり具合をより広く捉え、周縁部の磁場強度を見積もった。また、コアの諸量を用いてビリアル解析を行った。解析から周縁部は磁場や乱流では支えられていない環境であり、これは当該コア内において磁場がやや優勢という先行研究の結果とは異なっており、周縁部とコア部の環境の違いを示す結果となった。

星間偏光観測による銀河磁場構造の推定

星形成過程

分子雲→分子雲コア→原始星

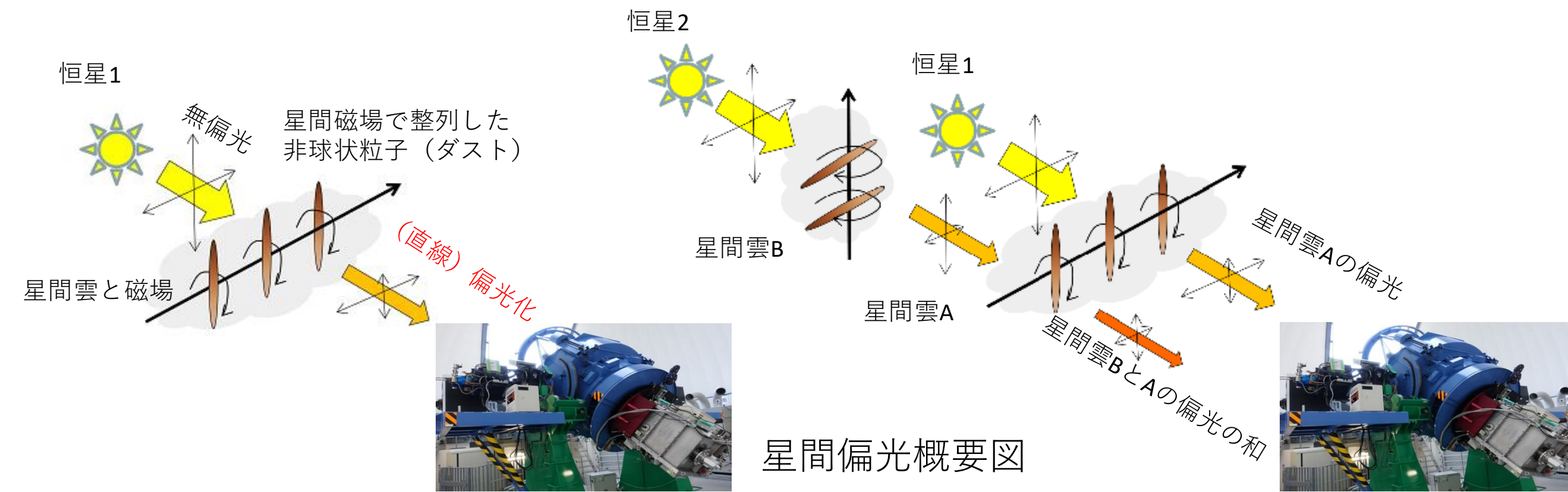
重力の他に乱流や磁場などの要素が影響を与える

星無しコア

星形成を伴わない分子雲コア、星形成直前もしくは乱流や磁場によって重力収縮が進んでいない可能性あり

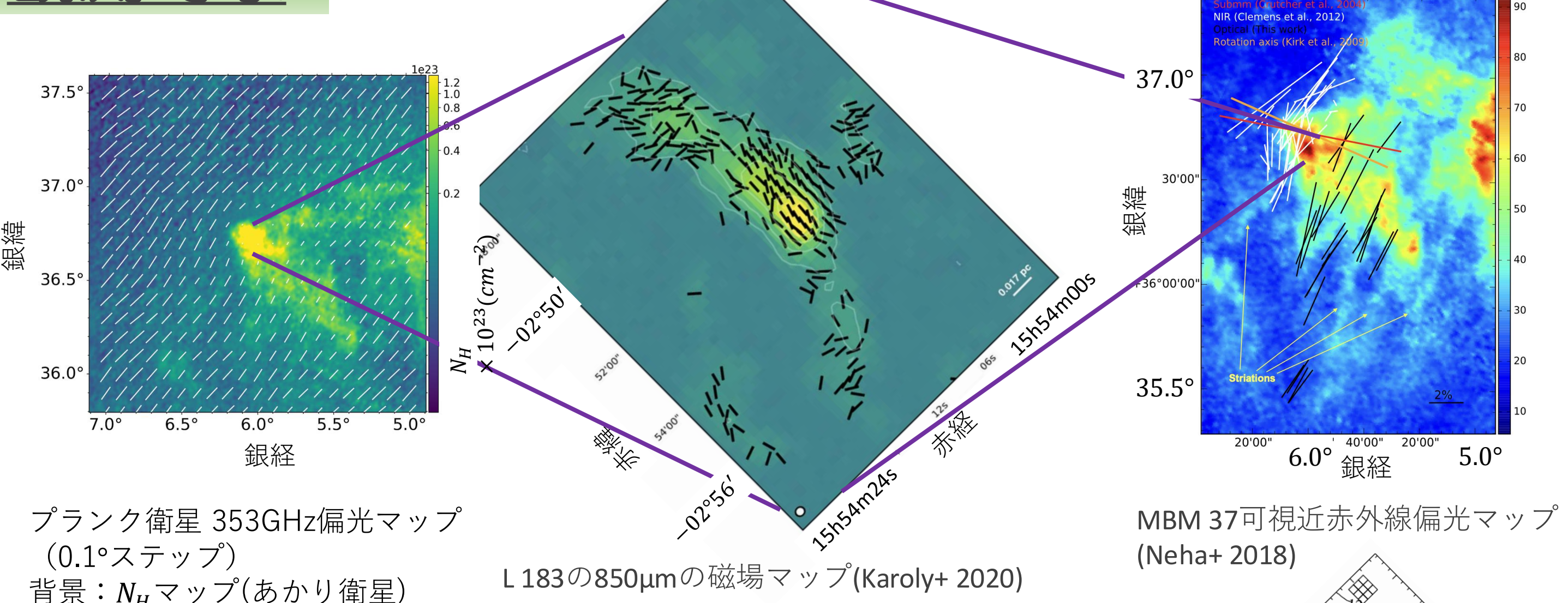
星形成環境を調査するという面において星形成過程のプロブを担う

星間偏光のメカニズム



1. 星間ダストは~0.1ミクロンほどのサイズで非球状
2. 周囲のガス粒子との衝突、ないし輻射トルクによりダスト粒子が高速回転
3. バーネット効果で磁場の向きと回転角運動量ベクトルが揃う
4. 遠方の恒星が選択的な吸収を受け、磁場の向きの直線偏光が生じる
5. 星間偏光を観測することで磁場構造を知ることができる

観測対象

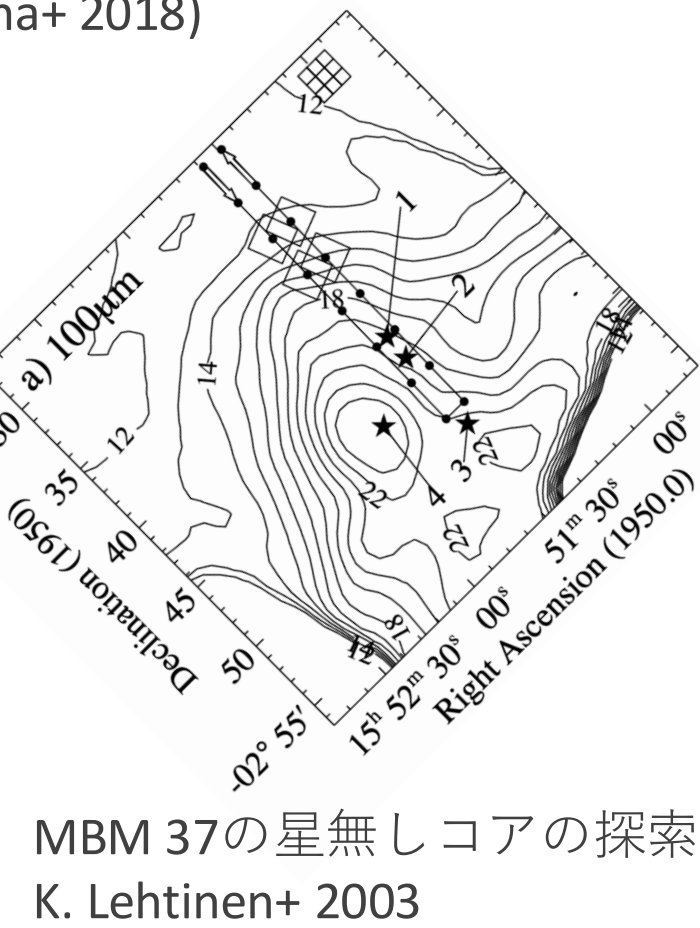


星無しコアLDN 183(L183)を含む高銀緯分子雲 MBM 37 (Magnani, Blitz & Mundy. 1985)

$M_{cloud} = 766M_{sol}$, $R_{cloud} = 1.3pc$

$M_{core} = 13M_{sol}$, $R_{core} = 0.08pc$ (Zhou+ 2001)

$D = 121pc$ (Schlafly+ 2014)

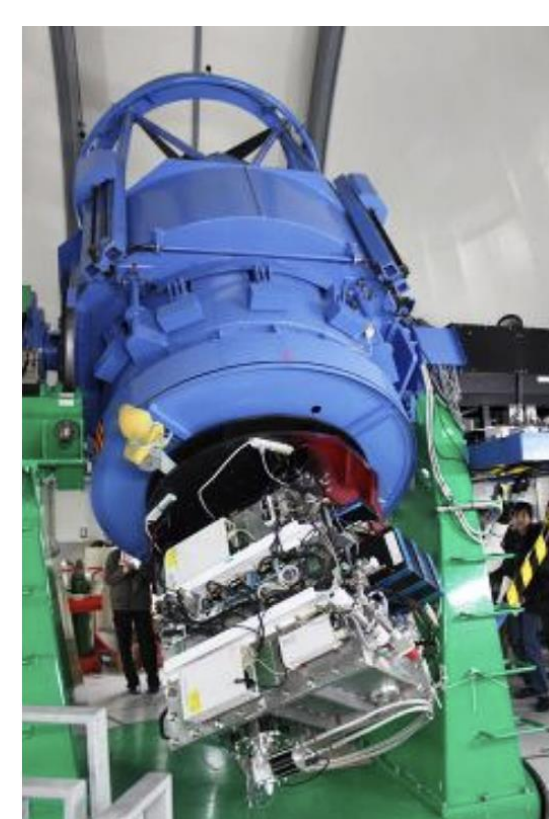


コア部分の遠赤外での密な観測(Karoly+2020)と、周縁部の可視近赤外の観測(Clemens+ 2012, Neha+2018)

→周縁部の密な観測を行い、分子雲内の場所ごとに調査

観測

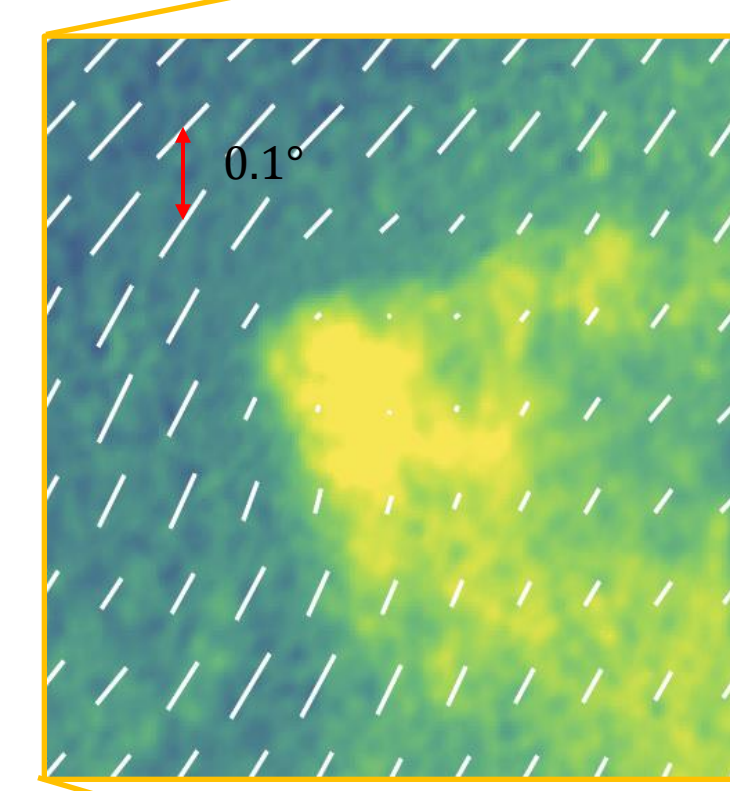
- 広島大学かなた1.5m望遠鏡 (東広島天文台)
- 可視赤外線同時カメラHONIR (視野10分角) カセグレン焦点に常設・常時観測スタンバイ
- RバンドとHバンドでの同時偏光撮像



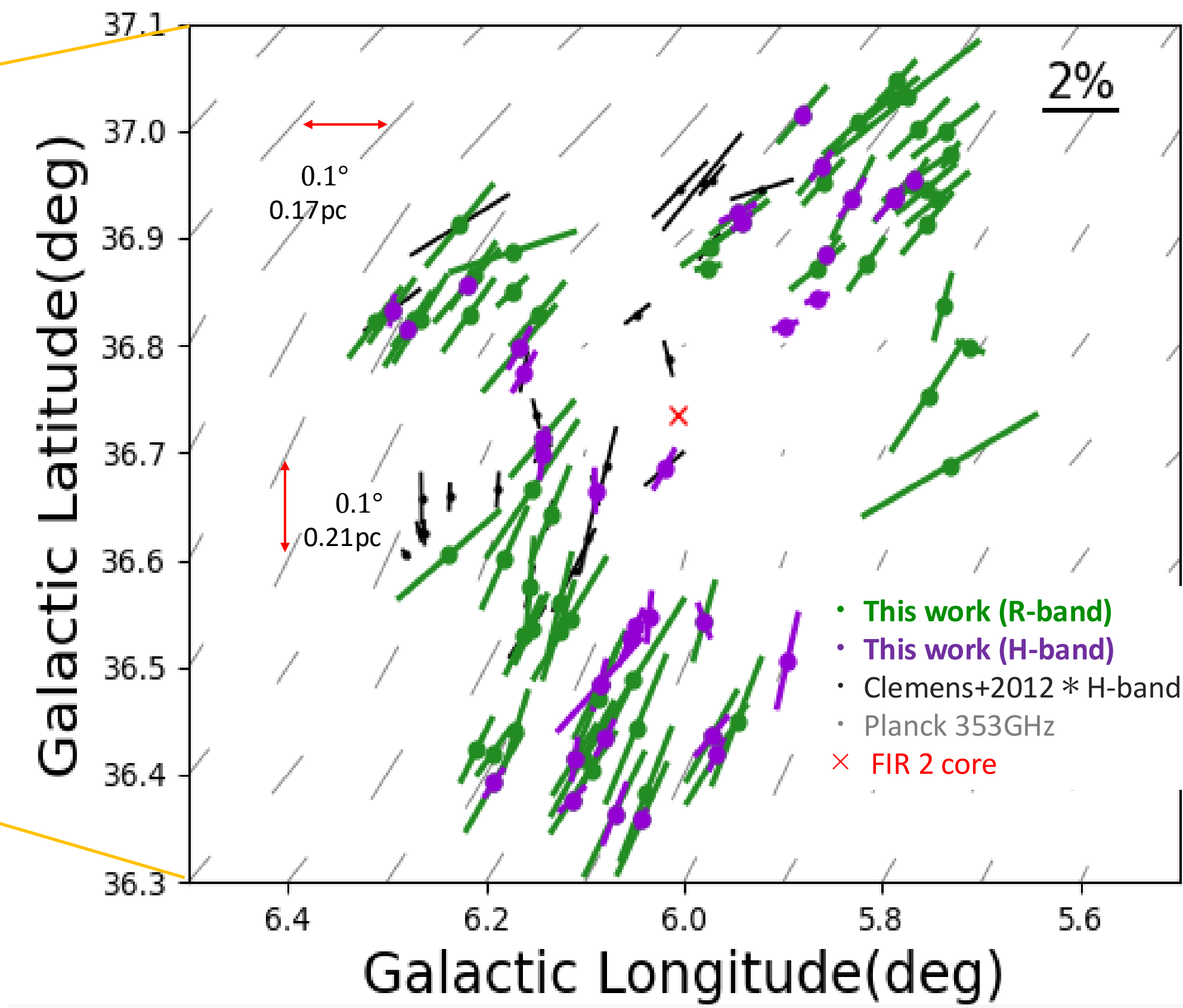
かなた望遠鏡とHONIR

結果

偏光ベクトルマップ

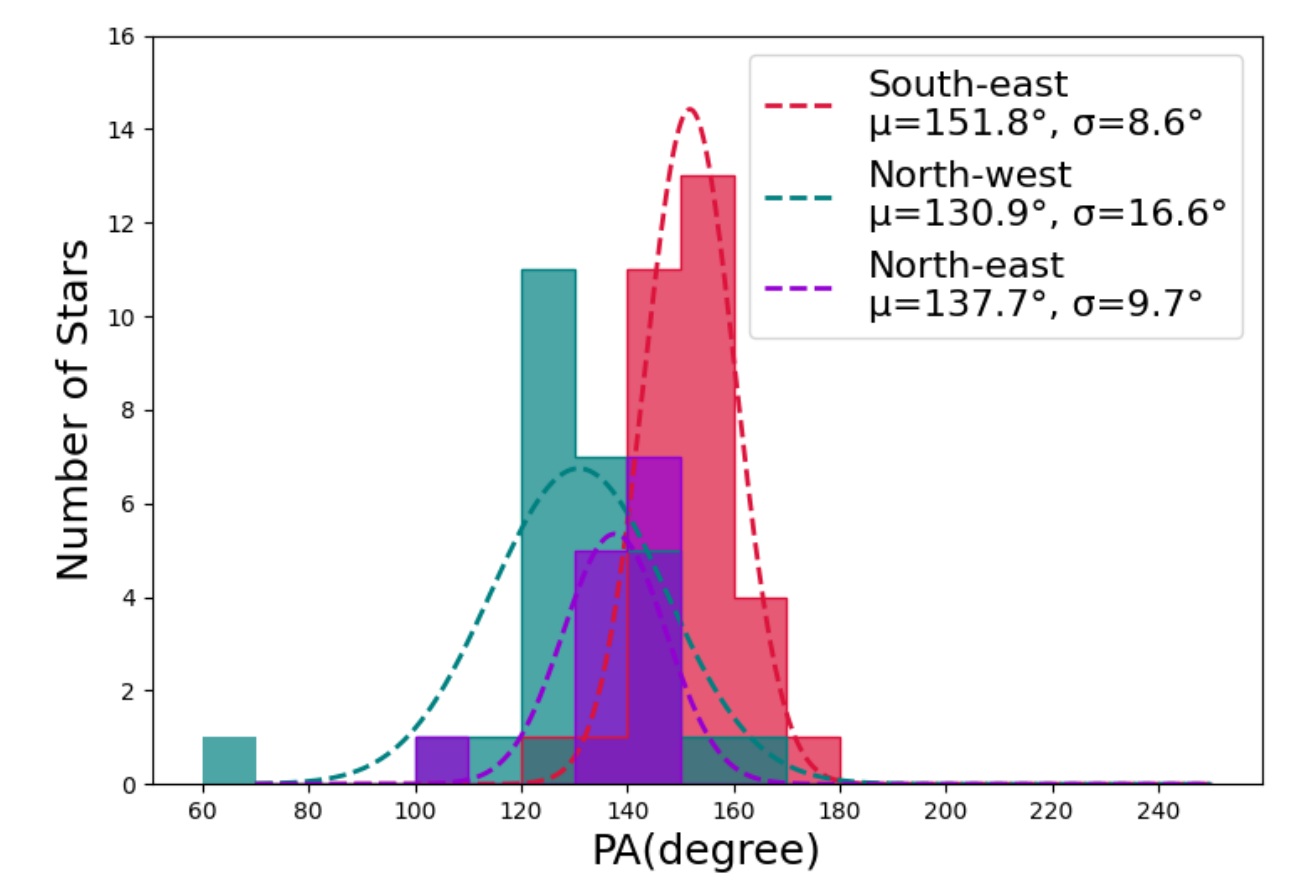
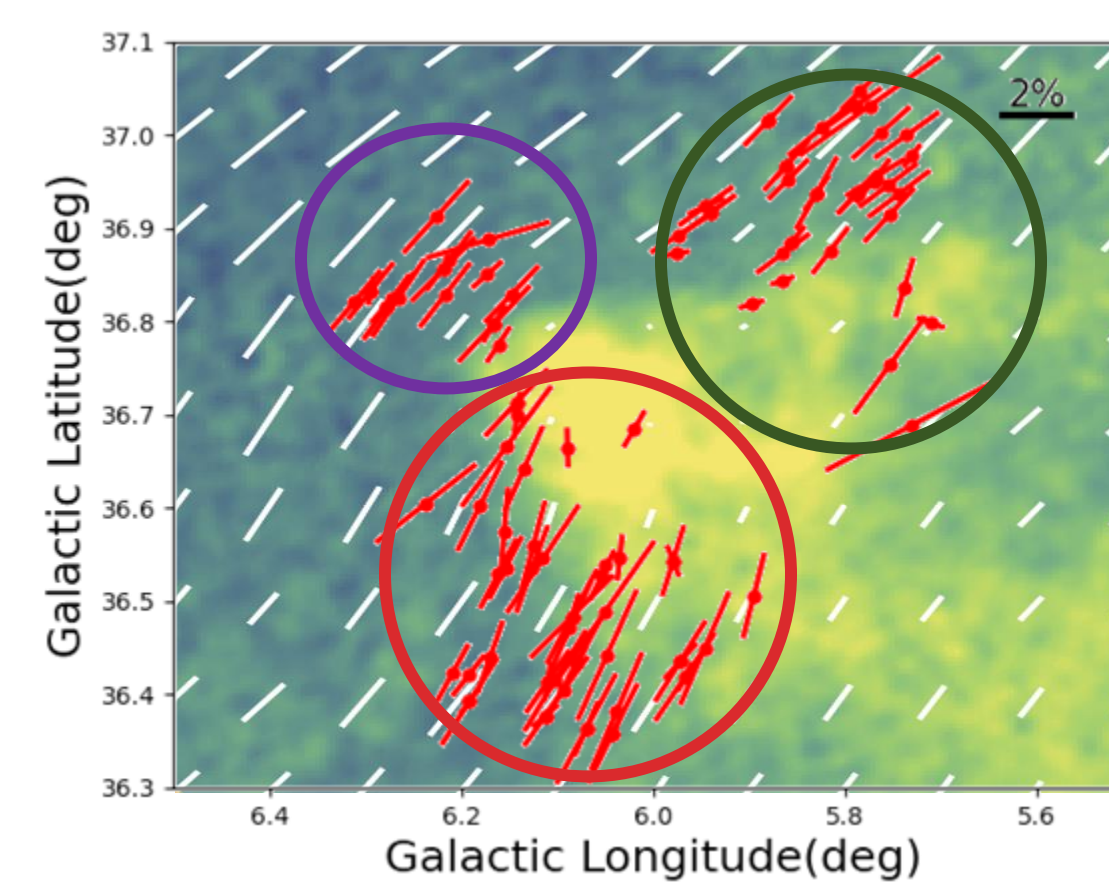


上：Planck衛星 353GHz偏光マップ (0.1°ステップ) と N_H マップ(あかり衛星)
右：MBM 37の偏光ベクトルマップ



Planck衛星によって推定された背景の星間磁場と概ね傾向は一致一方で、北東領域はズれているものが比較的多い
また、コアを中心に曲がっているような磁場構造

分子雲内の場所ごとの評価



3つの領域に分け、磁場のバラつきから磁場強度の導出
→SE領域が最も強く、NW領域が最も弱い

$$\frac{B_{pos}}{\mu G} = 9.3 \times \sqrt{\frac{n_{H_2}}{cm^{-3}}} \times \frac{\Delta v}{kms^{-1}} \times \left(\frac{\delta\theta}{1^\circ}\right)^{-1}$$

n_{H_2} : 水素個数密度、 Δv : 乱流速度、 $\delta\theta$: 磁場のバラつき

	NW	SE	NE
$B_{pos}(\mu G)$	7.7 ± 1.4	42 ± 6	20 ± 2

重力、乱流、磁場をエネルギー密度で比較 ($\alpha_{vir tot} = \frac{2u_{kin} + u_{mag}}{u_{grav}}$)

$$u_{grav} = \frac{GM\rho}{r} \text{ (erg/cm}^3\text{)} \quad u_{kin} = \frac{3}{2}\rho\sigma_v^2 \text{ (erg/cm}^3\text{)} \quad u_{mag} = \frac{B_{tot}^2}{8\pi}\rho \text{ (erg/cm}^3\text{)}$$

n_{H_2}, ρ, M はあかり衛星 N_H マップより導出、 $\Delta v, \sigma_v$ はBerdikhan+2024より引用

	NW	SE	NE
$\alpha_{vir tot}$	0.053 ± 0.011	0.47 ± 0.17	0.39 ± 0.11
$u_{grav}(\text{erg/cm}^3)$	$(1.6 \pm 0.2) \times 10^{-10}$	$(3.1 \pm 0.8) \times 10^{-10}$	$(9.1 \pm 1.7) \times 10^{-11}$
$u_{kin}(\text{erg/cm}^3)$	$(2.3 \pm 0.7) \times 10^{-12}$	$(1.8 \pm 0.5) \times 10^{-11}$	$(5.3 \pm 1.2) \times 10^{-12}$
$u_{mag}(\text{erg/cm}^3)$	$(3.8 \pm 1.4) \times 10^{-12}$	$(1.1 \pm 0.3) \times 10^{-10}$	$(2.5 \pm 0.6) \times 10^{-11}$

観測した場所はどの領域も $\alpha_{vir tot} < 2$ より、乱流や磁場では支えられていない環境

→コア部では重力より磁場がやや優勢(~200 μG , Karoly+ 2020)

→周縁部とコア部では環境が異なる

まとめ

- MBM 37分子雲内の星無しコアの周縁部の磁場構造はほとんど背景の星間磁場と一致
→しかし北東領域ではその傾向から外れているものが多い
- 場所ごとに重力、乱流、磁場の大きさを比較すると、どの領域でも乱流や磁場では支えられていない
→一方で、先行研究によると中心部は磁場がやや支配的
→周縁部とコア部では環境が異なると推定