

円盤の近赤外偏光観測と偏光計算 ～偏光観測のサイエンス～

光天連シンポジウム『地上大型望遠鏡計画：2020年のための決心』

TMTセッション其の二：TMT時代のサイエンス

2008年8月21日 国立天文台

集録用ファイル(一部割愛)

○福江翼^{1,5}

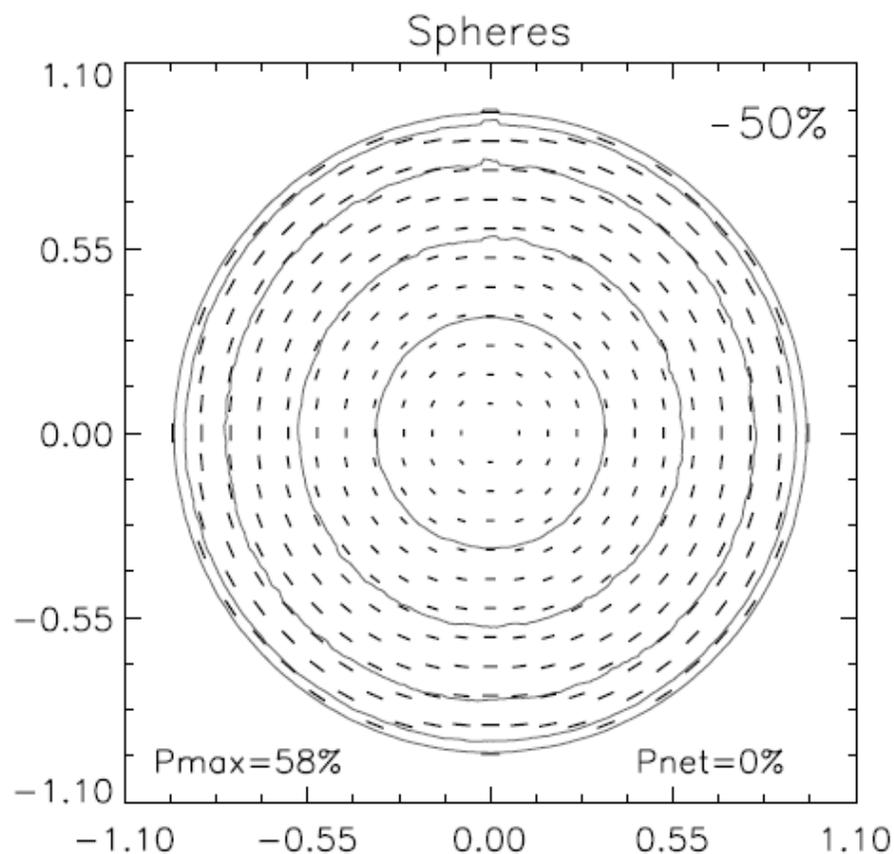
山本哲生³、木村宏³、小林浩³、Evgenij Zubko⁴、
田村元秀²、神鳥亮²、日下部展彦²、工藤智幸²、
中島康²、長田哲也¹、SIRPOL/HiCIAOチーム

1 京都大学大学院理学研究科, 2 国立天文台, 3 北海道大学低温科学研究所
4 東北大学大学院理学研究科, 5 学術振興会特別研究員 DC1

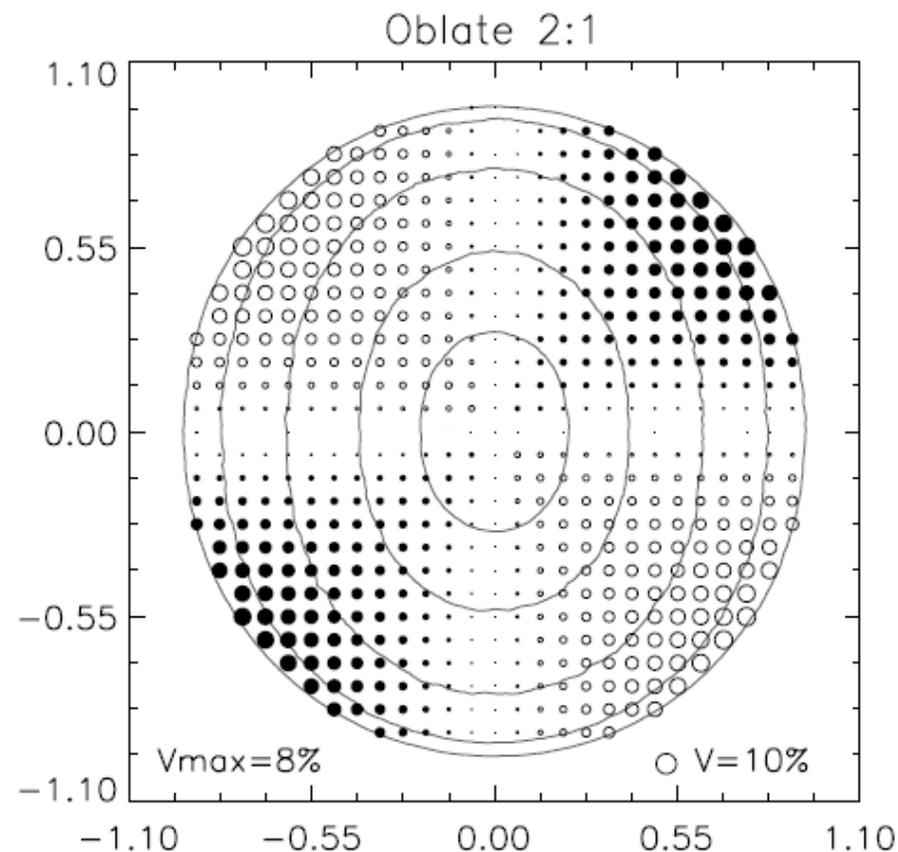
高空間分解撮像により 明らかにになる偏光

直線偏光(球粒子)

円偏光(整列非球粒子)



**Netの偏光度は0
最大偏光度は58%**

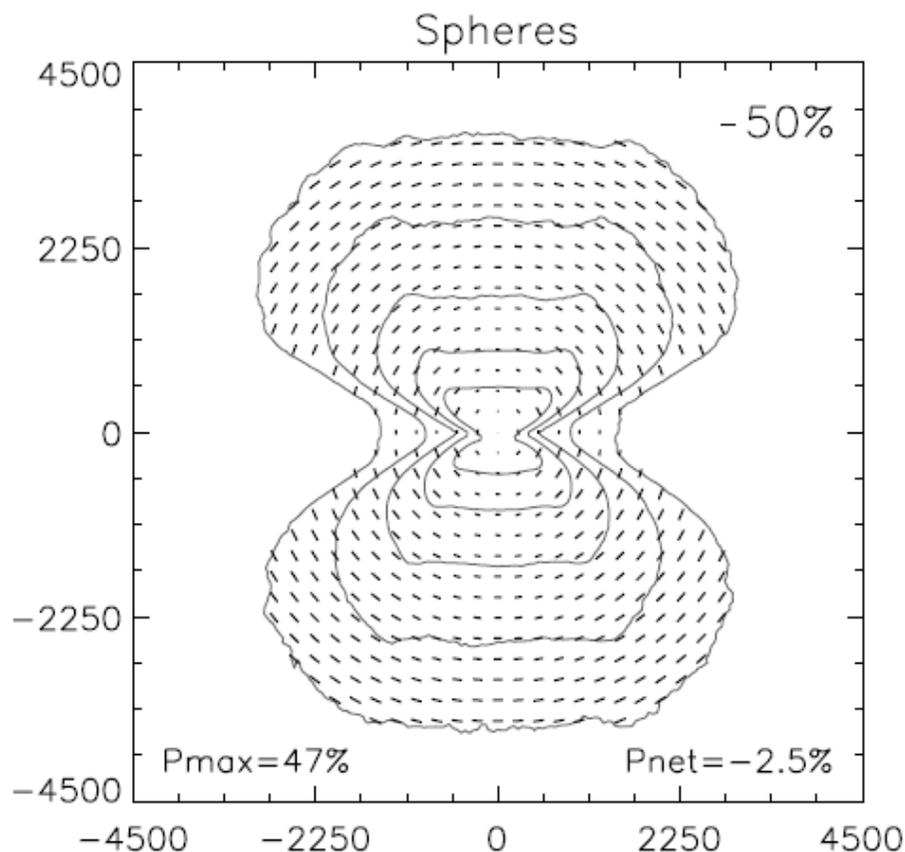


**Netの偏光度は0
最大偏光度は8%**

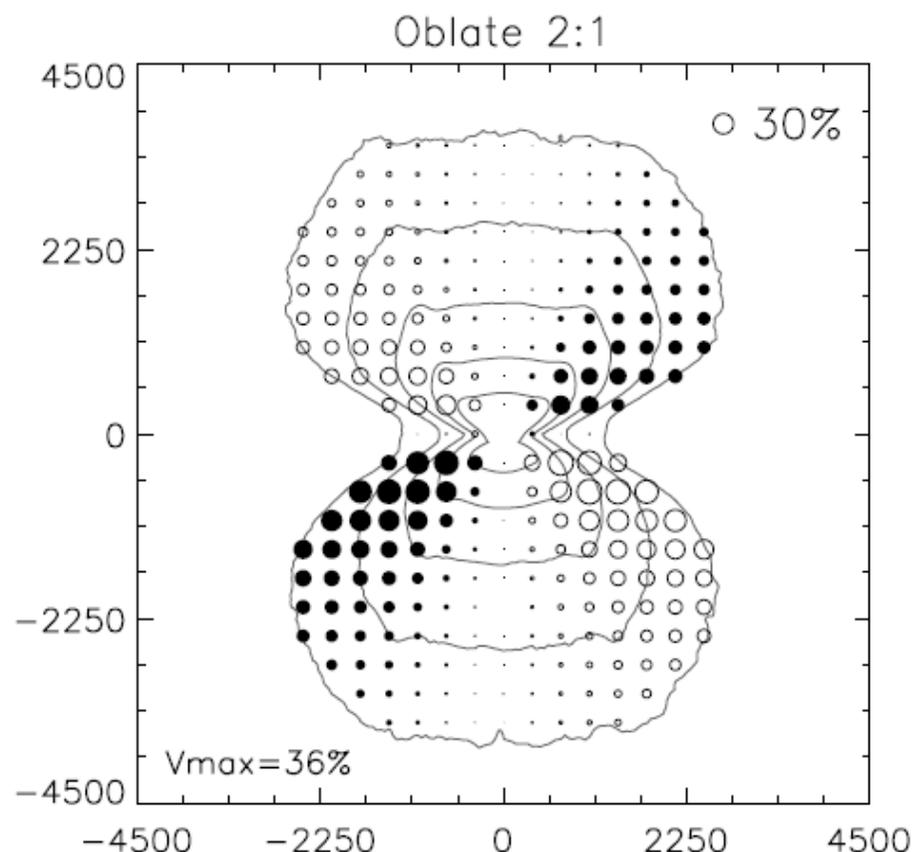
円偏光の方が弱まりやすい(例: YSO) (右回転か左回転かの二択)

直線偏光(球粒子)

円偏光(整列非球粒子)



Netの偏光度は2.5%
最大偏光度は47%



Netの偏光度は0
最大偏光度は36%

Table of Contents

- 動機
- 本日例示する偏光のサイエンス
 - 照射源の周囲の構造
 - 星惑星形成領域、YSO(outflow cavity、照射源)
 - ダストの物性や構造、星惑星形成論
 - デブリ円盤
 - 無偏光な照射源下の、周囲の暗い構造(コントラスト改善)
 - 星周円盤
 - 系外惑星
 - 偏光と磁場構造、磁場のねじれ、jetの起源
- まとめ

Motivation

偏光の理論計算とその応用

- 光散乱においては、多かれ少なかれ偏光を受ける
→光源に照らされた周囲の構造の理解の手がかり
(例: 星周円盤、outflow、惑星、etc)

➤ 偏光 ← 散乱体・吸収体(ダスト等)の光学的特性を反映
– サイズ、組成、形状・構造、空間分布・ダスト整列等

- 散乱光は、入射角と散乱角、そして入射光の偏光状態に依存
- 偏光観測のみならず通常観測でも偏光の理解が必要になる可能性(特に空間分解と感度の向上: SPICA、TMT等?)

- 偏光とダストモデルの理論計算の重要性
- 偏光を計算できる、散乱・吸収体(ダスト・分子等)の光学的特性に基づいたモンテカルロ法による汎用3次元輻射輸送計算の開発
(通常の輻射輸送を内包)

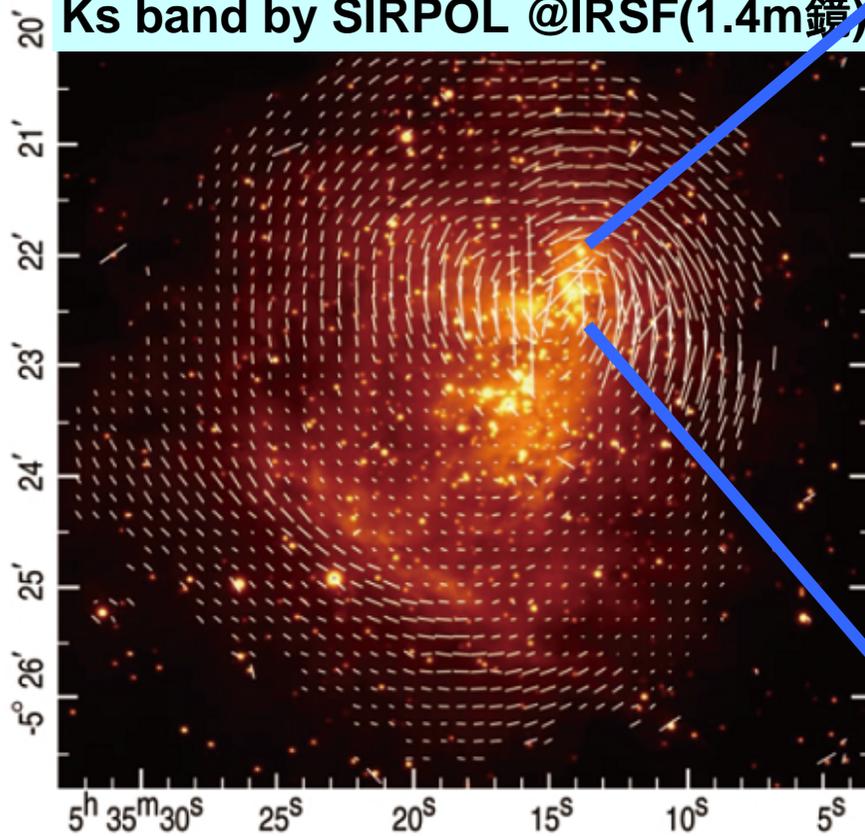
赤外撮像/赤外偏光撮像 IRSF(1.4m鏡) & Subaru

広視野同時色サーベイ

高感度・高解像度

M42 偏光度ベクトル & Intensity

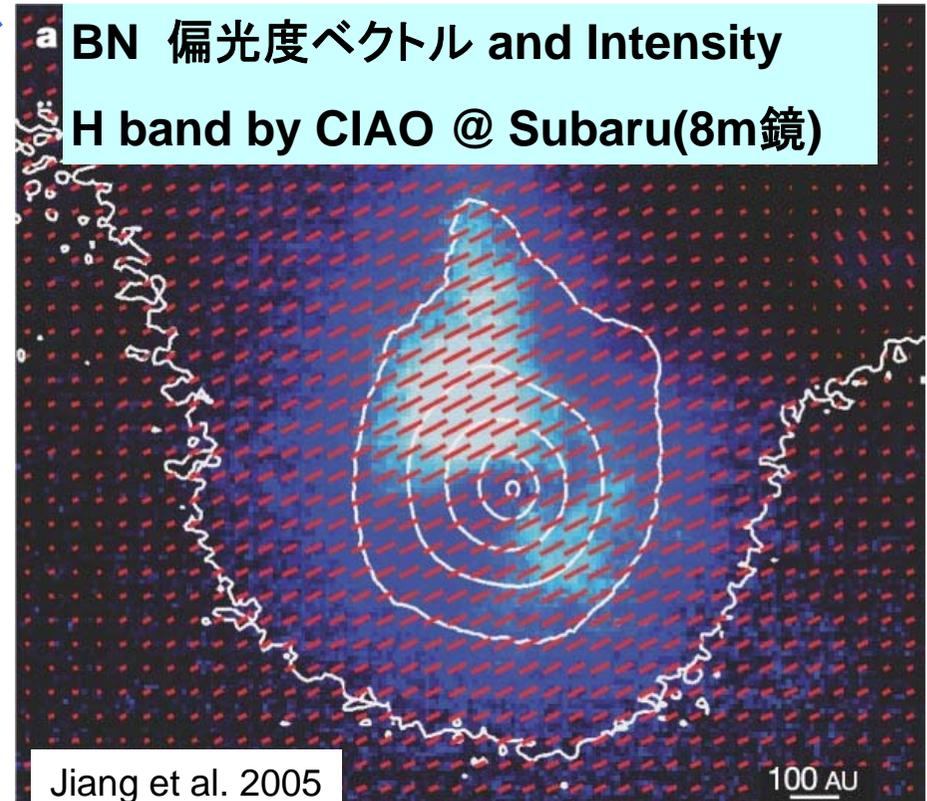
Ks band by SIRPOL @IRSF(1.4m鏡)



Tamura et al. 2006

BN 偏光度ベクトル and Intensity

H band by CIAO @ Subaru(8m鏡)

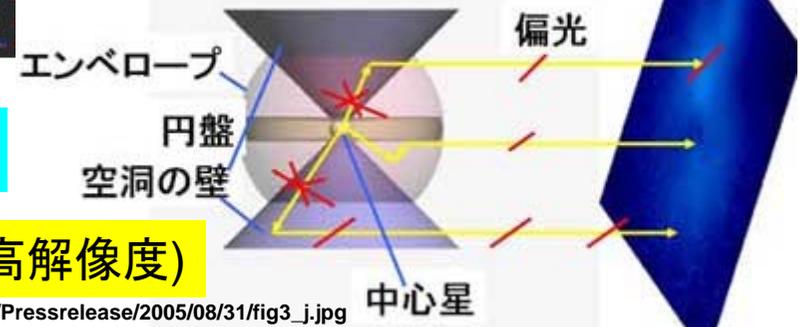


Jiang et al. 2005

100 AU

波長依存性を含む

赤外域での、偏光撮像観測の本格的な始まり(広域 & 高解像度)



小まとめ

- HiCIAO(Subaru望遠鏡), SIRPOL(南ア1.4m望遠鏡)
→ 直線偏光と円偏光の両方獲得へ (I,Q,U,V + 波長依存性)
(星惑星形成領域、円盤等)
- 局所高解像度的にも広域的にも詳細なモデリングと観測の比較ができるようになる
- 偏光観測は星周環境におけるコントラスト問題の改善等、観測上有利な可能性(母星の無偏光星)



- 偏光とダストモデルの理論計算の重要性
- 偏光を計算できる、散乱・吸収体(ダスト・分子等)の光学的特性に基づいたモンテカルロ法による3次元輻射輸送計算

星惑星形成領域/円盤、残骸円盤

領域の照射源

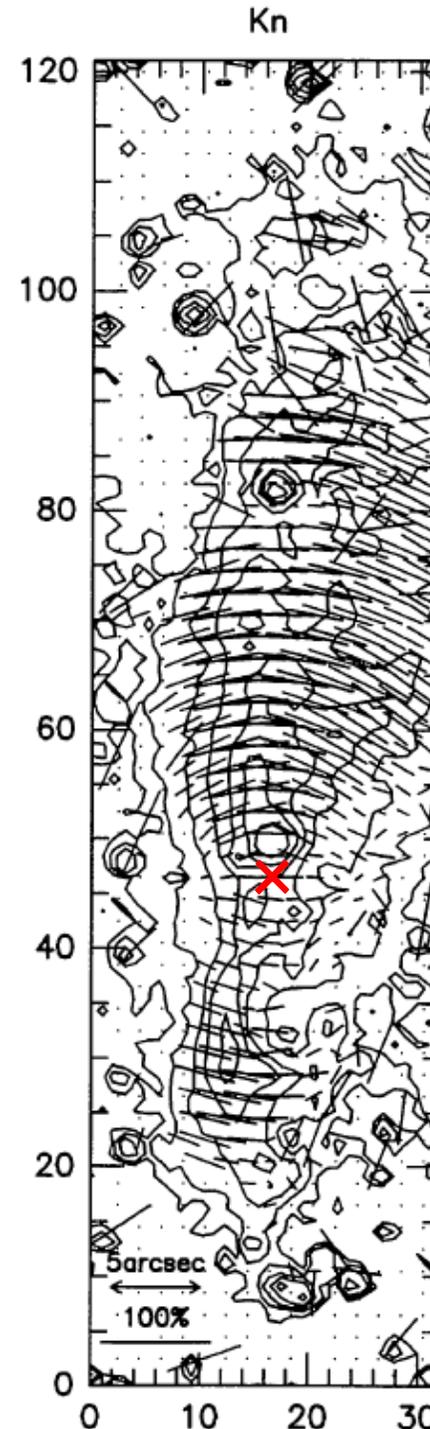
直線偏光観測@Kn

Centrosymmetric

×印がIRAS

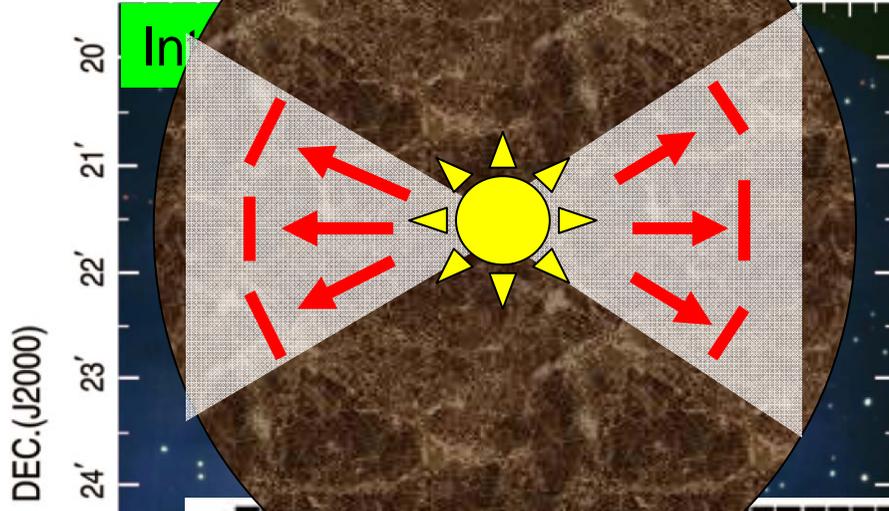
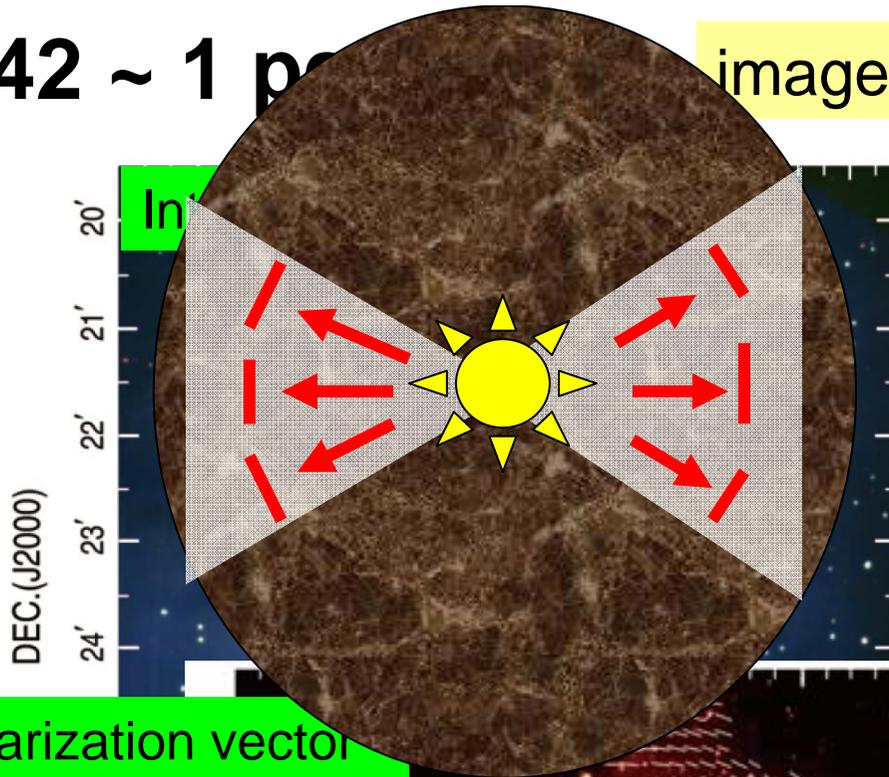
HH135-136 outflow
an intermediate-mass Herbig Ae-Be star

Tamura et al. 1997

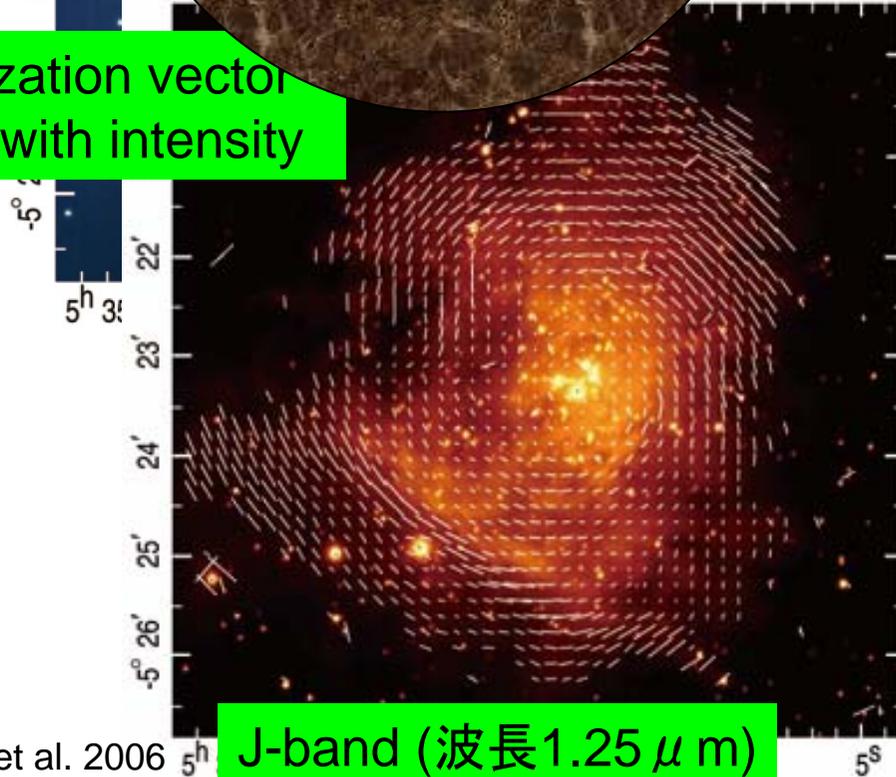


M42 ~ 1 pc

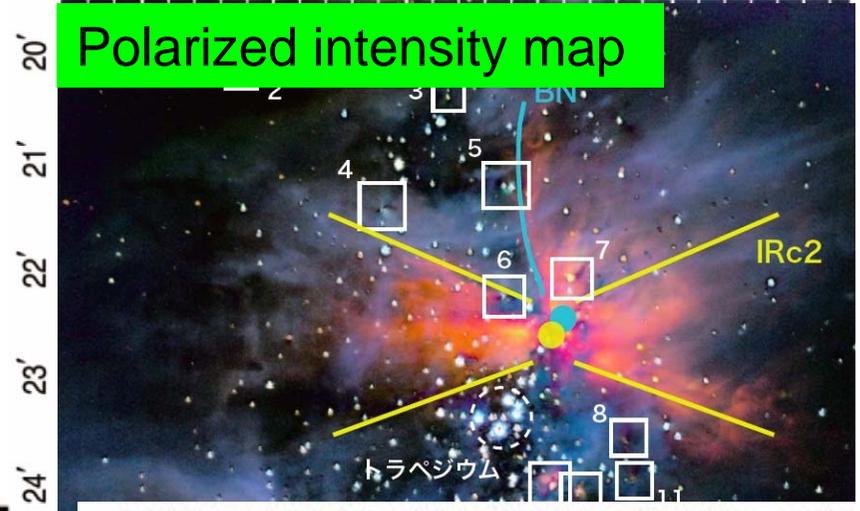
image composit: 1.25, 1.63, 2.14 μ m



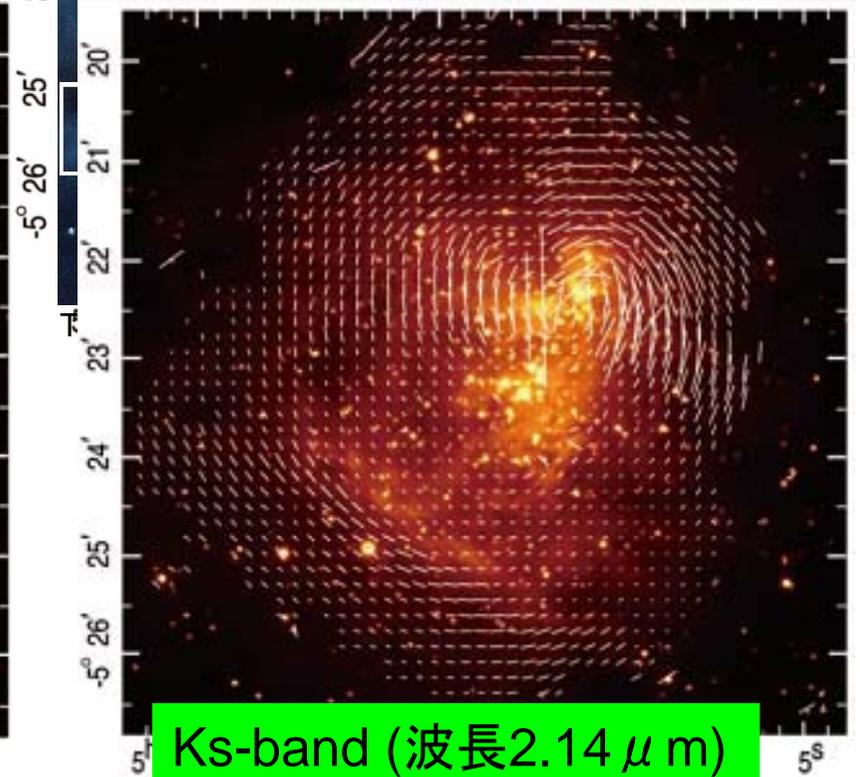
Polarization vector maps with intensity



J-band (波長1.25 μ m)



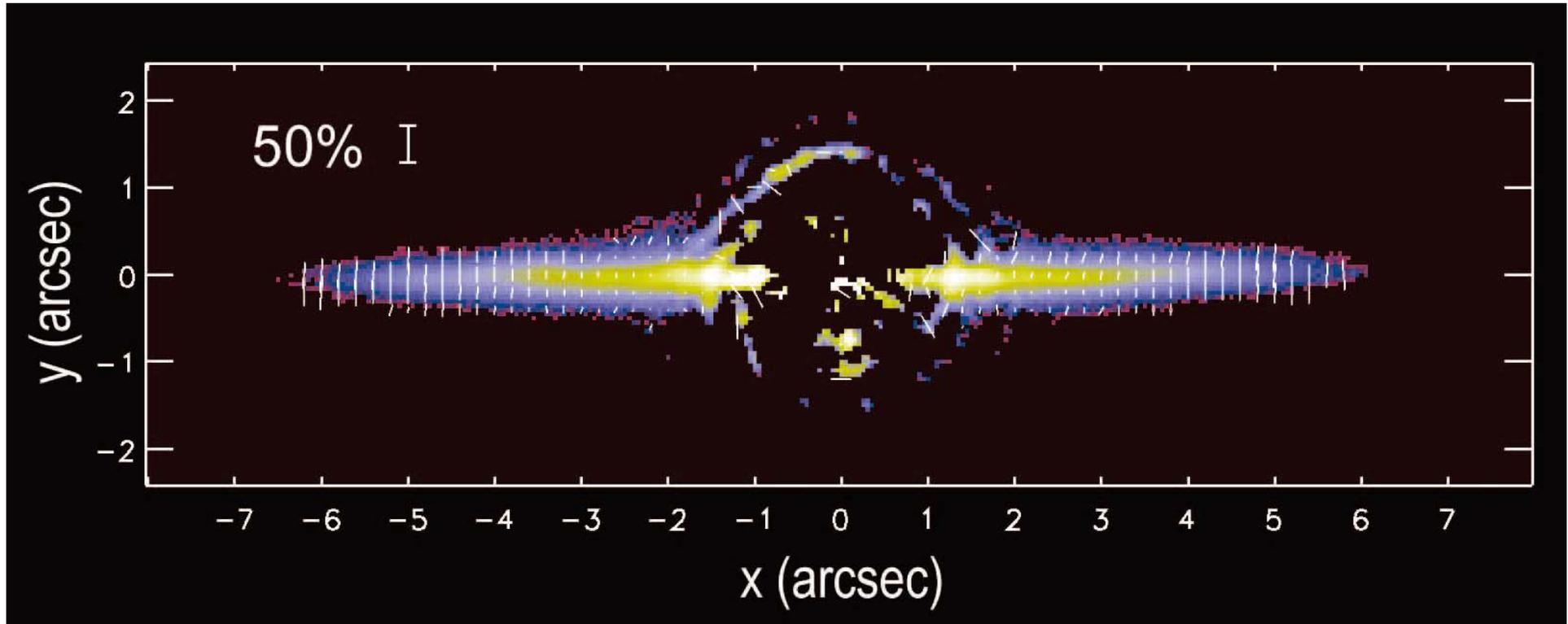
Polarized intensity map



Ks-band (波長2.14 μ m)

debris disk (AU Mic)

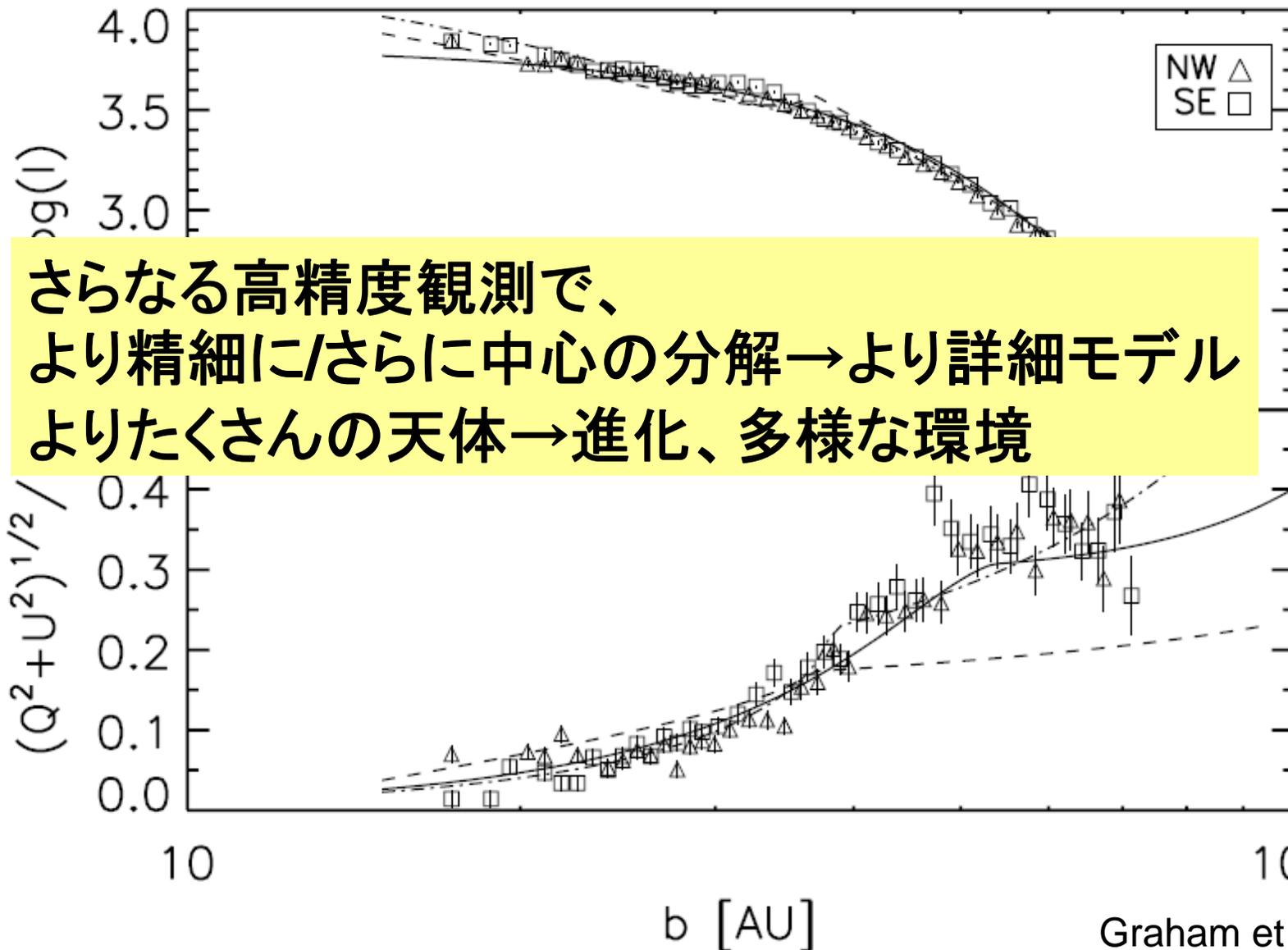
590 nm



Graham et al. 2007

- HST偏光観測 with coronagraph
- Micron-sized grains
- Optically thin disk

Radial profile of AU Mic disk: intensity だけでは区別できない例

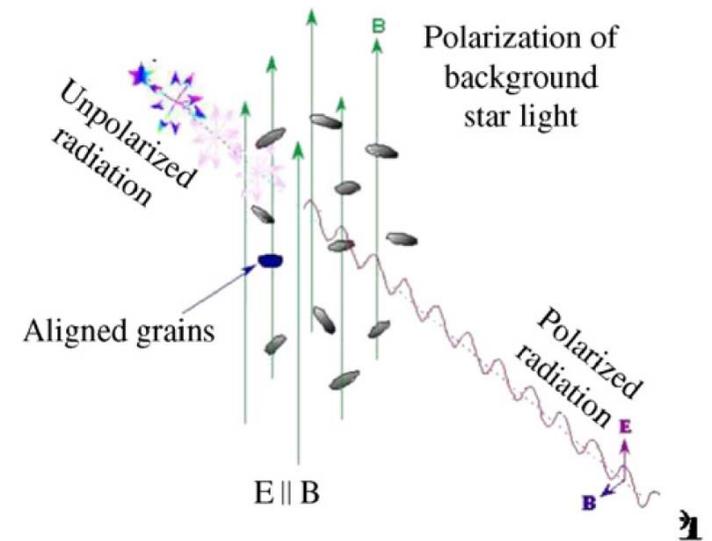
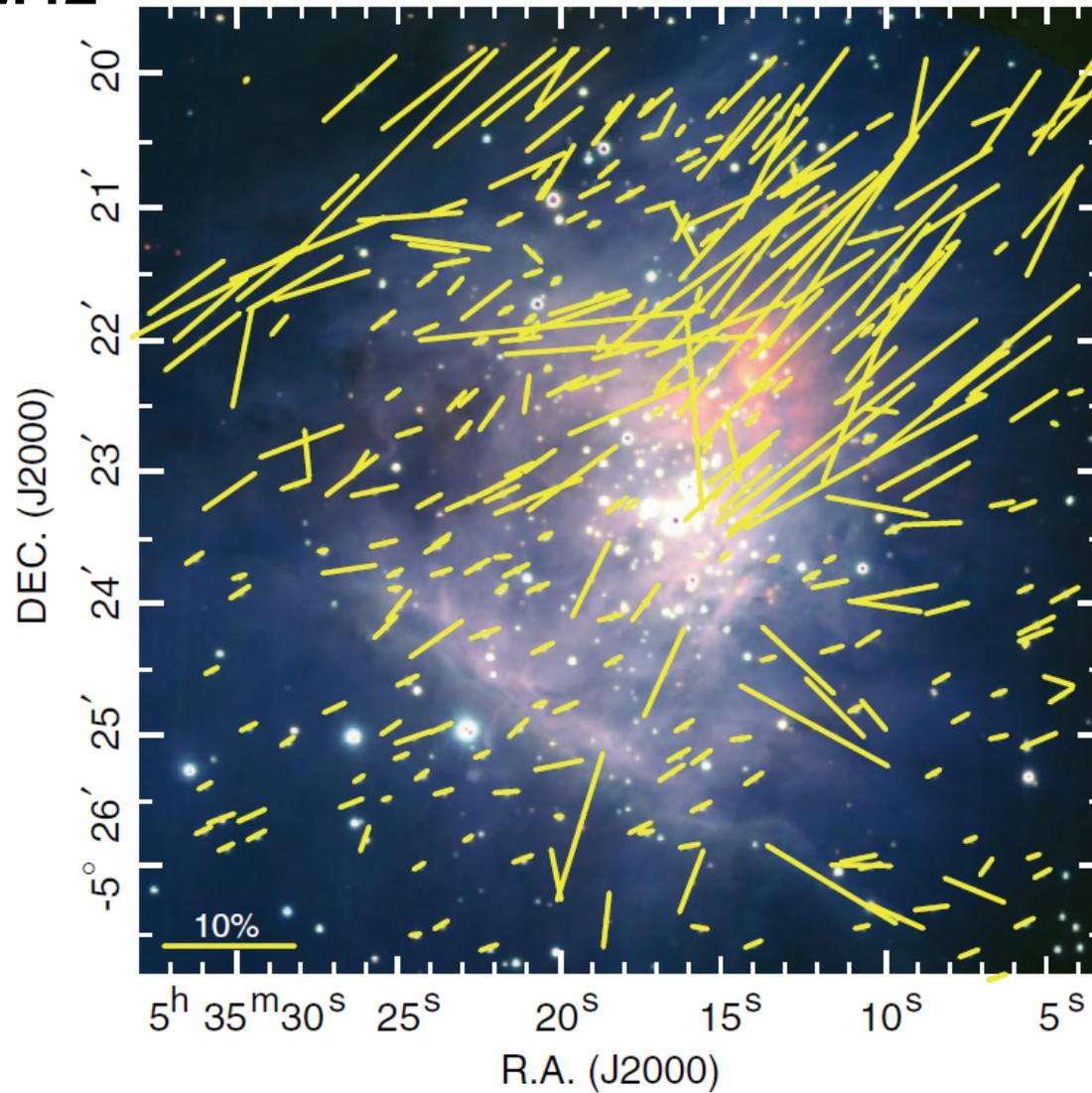


さらなる高精度観測で、
より精細に/さらに中心の分解→より詳細モデル
よりたくさんの天体→進化、多様な環境

偏光と磁場

偏光と磁場構造

M42



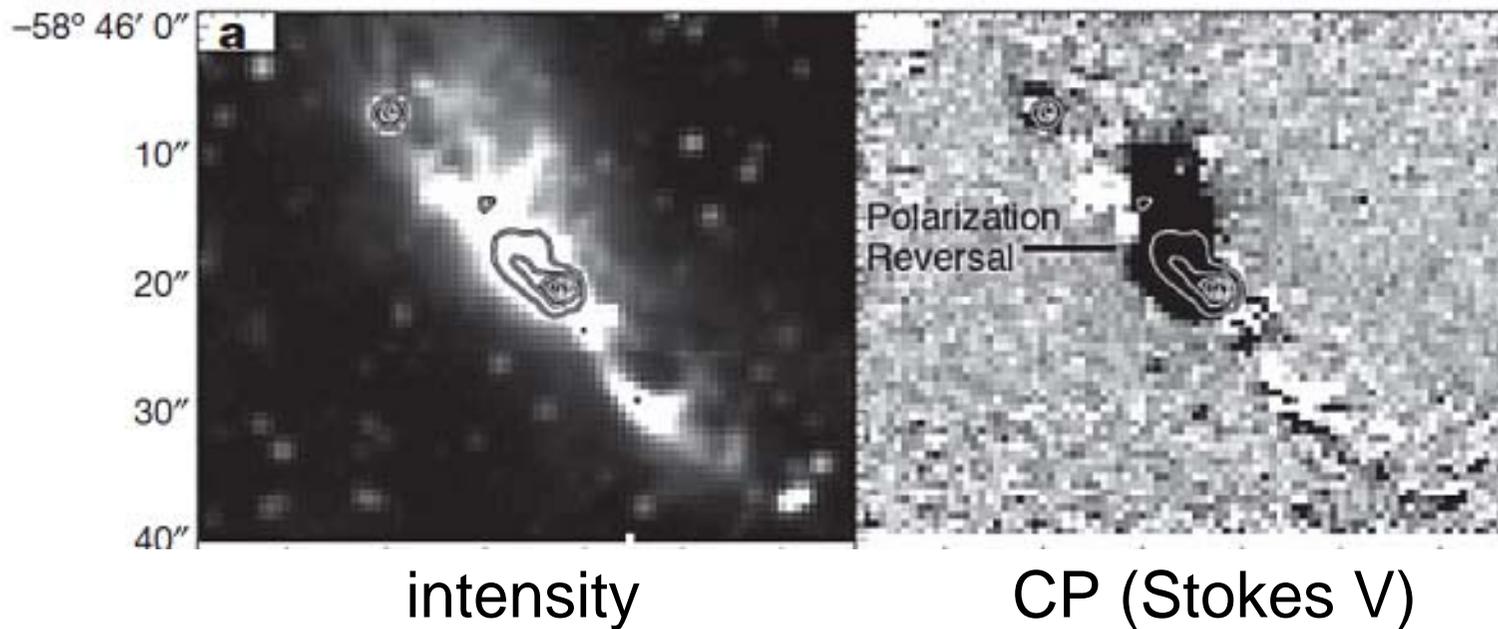
Kusakabe et al. 2008

Figure 2. *H*-band polarization vectors for 314 sources, overlaid on a *JHKs* composite color image. 10% vector is shown at the bottom left.

円偏光と磁場のねじれ (磁場の立体構造の理解)

中質量YSOの観測例(Kn-band)

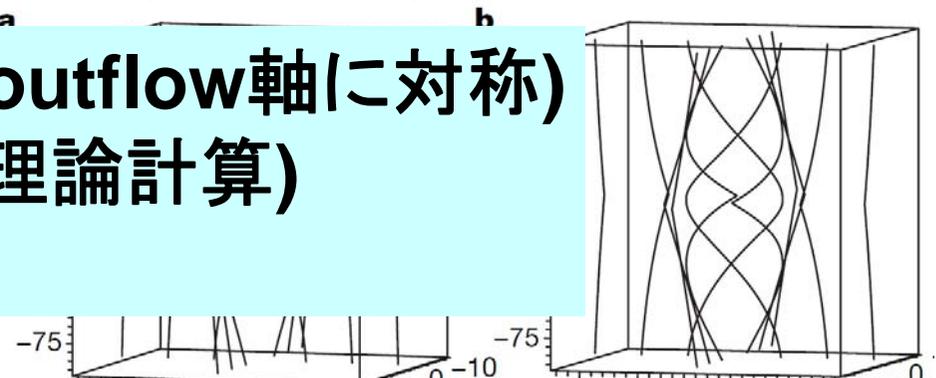
黒: negative CP
(CPは半時計回り)



~ - 8 %

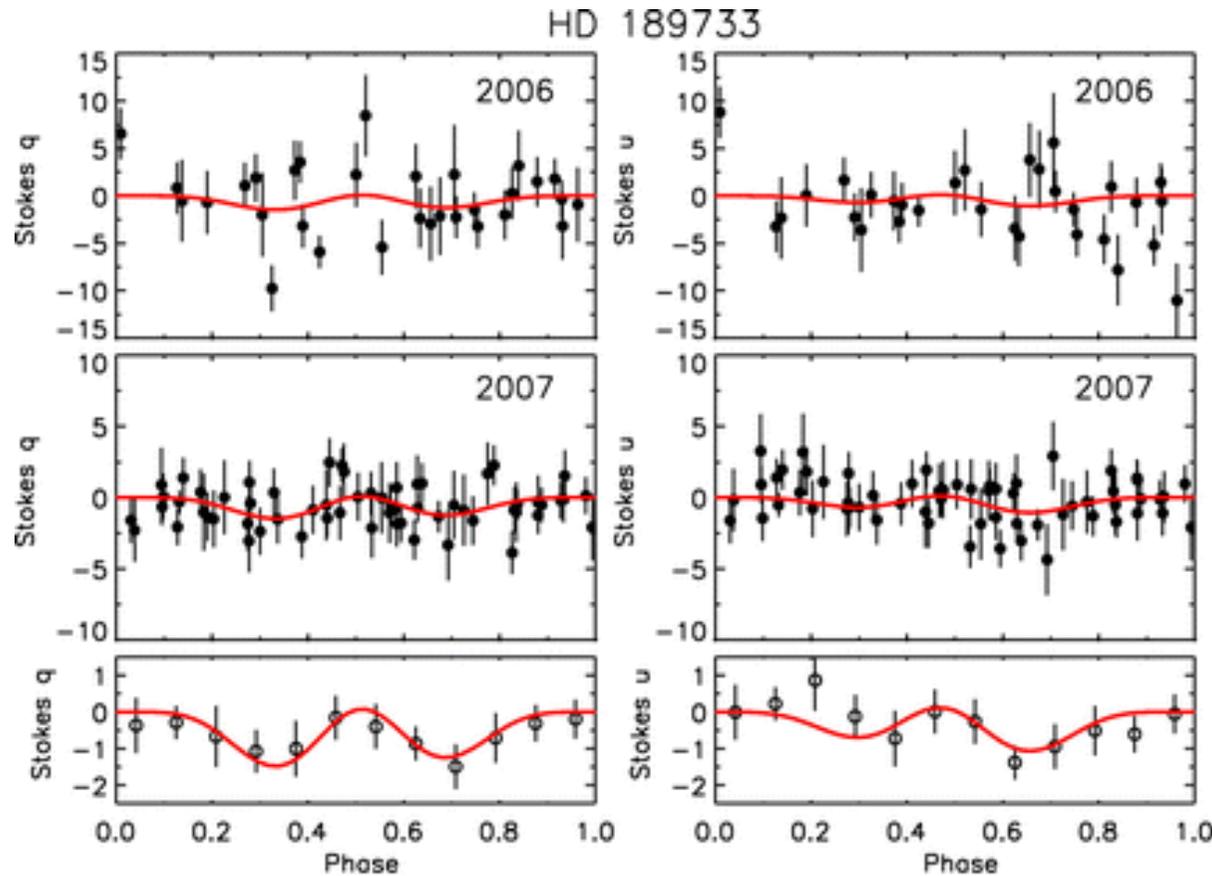
Chrysostomou et al. 2007

磁場が対称であれば四重極(outflow軸に対称)
上の観測は磁場のねじれか(理論計算)
Jetの起源は磁場?

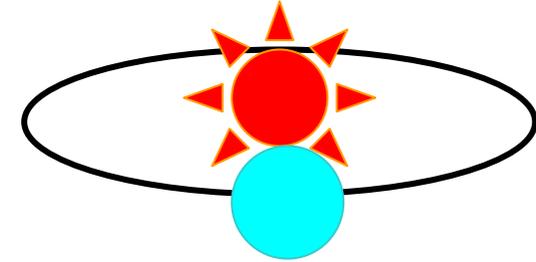


偏光と系外惑星

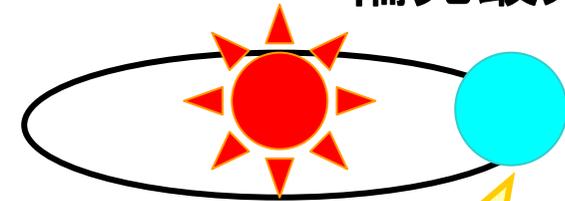
系外惑星の偏光観測例(母星との空間分離はまだ)



偏光最低



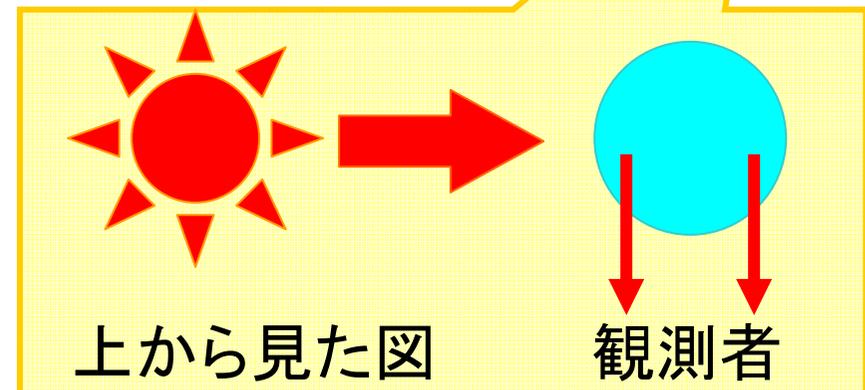
偏光最大



縦軸 q,u: 10^{-4} のオーダー

Berdyugina et al. 2008

惑星の公転に伴う
偏光度の周期変化

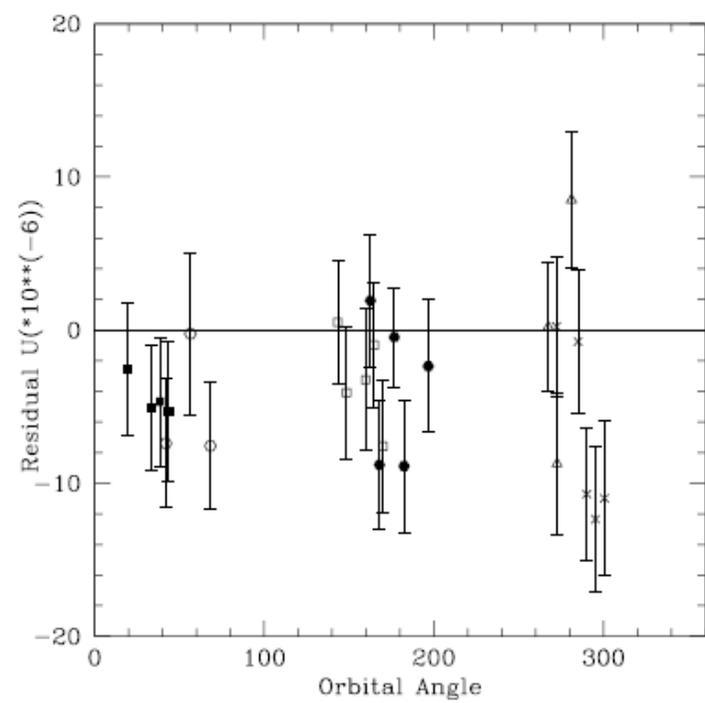
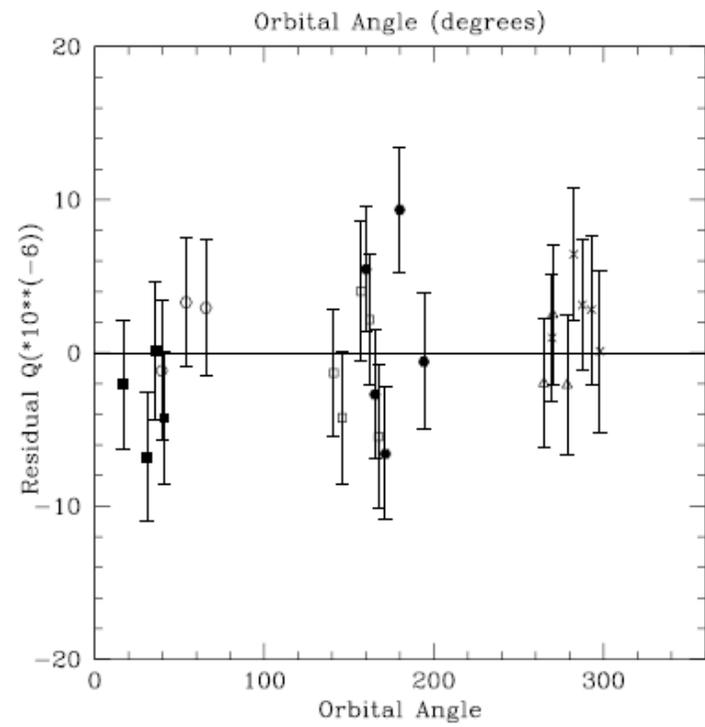


PLANETPOL

- 55 Cnc
- τ Boo

縦軸 q,u: 10^{-6} のオーダー

arXiv:0807.2568v1
P. W. Lucas, J. H. Hough, J. A. Bailey,
M. Tamura, E. Hirst, D. Harrison



まとめ

- 偏光←散乱体・吸収体(ダスト等)の光学的特性を反映
 - サイズ
 - 組成
 - 形状・構造
 - 空間分布・ダスト整列等
- 偏光を計算できる、散乱・吸収体(ダスト・分子等)の光学的特性に基づいたモンテカルロ法による3次元輻射輸送計算の開発および拡張
 - ダストの光学的特性の計算
- 近赤外偏光撮像観測の本格的な始まり(HiCIAO, SIRPOL等)
 - 直線偏光、円偏光、波長依存性
- 星周構造に関わるサイエンスの例
 - 星周円盤(星惑星形成領域/円盤、残骸円盤...)
 - 磁場構造、jetの起源
 - 系外惑星

(質疑応答 — Q:質問, A:回答, C:コメント — 氏名無しは発表者の発言, 敬称略)

(Q) 講演で話された研究には、高感度と高空間分解能とどちらがクリティカルに効くのか？ (柏川)

(A) 両方。