

## 強輻射場における星間偏光特性： 塵粒子整列機構の観測的検証

松村雅文(香川大教育)

亀浦陽子(香川大学大学院、現・兵庫県川西市)

共同研究者：関 宗蔵、川端弘治、秋田谷洋、HBSグループ

## 謝辞

- 本研究は、学位論文支援プログラムの援助を受けました： Nos. 08A-S01, 08B-S01, & 09S-S01
- HBSグループの全面的な支援をいただきました。
- ありがとうございました。

## はじめに

- 星間偏光 → 星間塵粒子は整列
  - Hileter (1949), Hall(1949)
- 常磁性緩和による整列機構
  - Davis & Greenstein (1951)
  - 常磁性体の磁化：時間的な遅れ → 磁場に垂直な回転成分の減少 → 整列
- 定量的な問題： 星間磁場の強さが一桁足りない
- → 整列機構の改良
  - Barnett効果 Dolginov & Mytrophaov 1976
  - “超常磁性”物質 Jones & Spitzer 1967
  - 塵表面でのH<sub>2</sub>合成 → 高速回転 Purcell 1979

## 輻射トルクによる整列機構

- 輻射トルク Radiative Toqrues (RT)
  - Dolginov & Mystrophanov 1976
  - 不規則形状(←helicityをもつ)の塵粒子
    - 輻射を受けて、角運動量を得る。 Cf. かざぐるま
  - RTの定量的な研究： Draine & Weigartner (1997)
    - RT: “長寿命スピニアップ”が可能
    - Purcell 機構の弱点(スピニアップの時間が短い)がない。
  - RT: 輻射密度、SEDに依存する Lazarian & Hoang 2007
- 暗黒雲の偏光観測：
  - 偏光度が最大の波長  $\lambda$  maxは、“赤い”輻射場ほど大きい Whittet et al. 2001, Andersson & Potter 2007

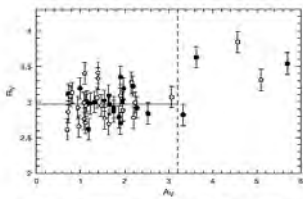


FIG. 8.—Plot of  $R_p$  vs.  $A_v$ . Symbols have the same meaning as in Fig. 4. The vertical dashed line represents the ice threshold extinction,  $A_{v,ice} = 3.2$ . The horizontal line represents the mean value  $\langle R_p \rangle = 2.97$  for  $A_v < A_{v,ice}$  deduced from Fig. 7.

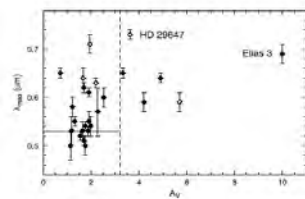


FIG. 9.—Plot of  $\lambda_{max}$  vs.  $A_v$ . Symbols have the same meaning as in Fig. 9. The dashed vertical line represents the ice threshold extinction,  $A_{v,ice} = 3.2$ . The horizontal line represents the value of  $\lambda_{max}$  equivalent to the mean value of  $R_p$  using equation (10), i.e.,  $\langle \lambda_{max} \rangle = 2.97/5.6 = 0.53 \mu m$ .

- Taurus 暗黒雲 Whittet et al. 2001

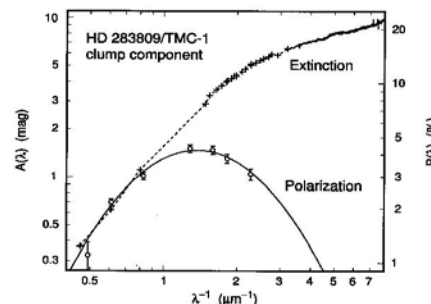


Figure 2. Interstellar polarization and extinction compared for the TMC-1 clump toward HD 283809 (Messinger et al. 1997; Whittet et al. 2004). The polarization data (open circles with error bars, right-hand scale) are overlaid with the best fitting Serkowski curve, as in Figure 1. The extinction data (left-hand scale) include ground-based photometry (crosses joined by dashed curve) and ultraviolet (IUE) spectrophotometry (jagged curve). Divergence of the curves toward larger wavenumber is indicative of lower polarization efficiency for smaller grains.

- 偏光が最大の波長  $\lambda$  max: サイズと、整列の効率のパラメータ

- 図: Whittet 2005

## 我々の観測

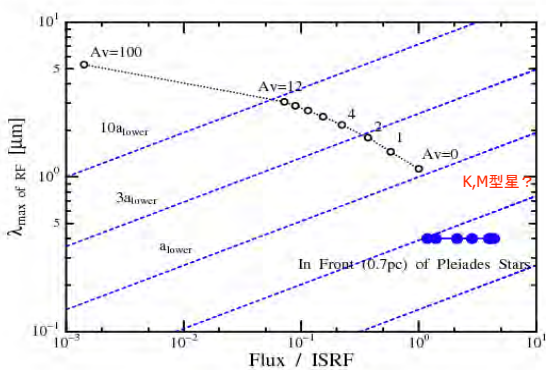
- 輻射トルク(RT)が、暗黒雲よりも、明るい環境(微散な雲)でも、機能しているかどうかを検証したい。
- 観測対象
  - 視線上に星雲を持つ(と思われる)晩期型の巨星 cf. Cohen 1975
  - プレアデス星団の星々
    - Gibson & Nordsieck 2003 によると、雲は手前 0.7pc
    - プレアデスの星々の偏光の波長依存性 Markkanen 1977
    - Be型星もあるが、観測されるかなりの偏光は星間と思われる
- 星雲の影響
  - 8等の星 → 星像の半径が0.6" = 約1平方秒 → 8  
等/平方秒。 一方、星雲 ~ 15等/平方秒

## RTの理論的な予測

- RT: 大きい塵粒子には効率的に作用。
- 整列する塵粒子のサイズには下限 $a_{\text{lower}}$ がある:

$$a_{\text{lower}} \sim \lambda^{7/6} u_{\text{rad}}^{-1/3}$$

- 但し、 $\lambda$ : 強度が最大の波長、 $u_{\text{rad}}$ : 輻射密度
- Cho & Lazarian 2007



輻射密度 と 輻射の最大波長

## 観測した天体: 26星

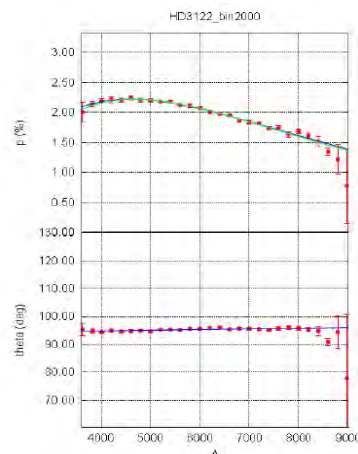
- 雲を伴う星(7星): HD34454(M5III), HD206509(K0III), HD37387(K1Ib), HD3037(K0III), HD21110(K4III-IV), HD196819(K2.5Ib), HD34033(G8II)
- 伴わない星(10星): HD34547(B9V), HD206823(K2), HD206348(K0), HD245547(M0), HD37769(K0), HD39498(K5), HD3122(B9), HD20844(M3III), BD +41\_3833(B8), HD34316(K0)
- プレアデス星団の9星: HD23850(B8III), HD23338(B6IV), HD23480(B6IVe), HD23753(B8V), HD24118(A2), HD24368(A2V), HD24178(A0), HD23512(A0V), HD23985(A2V)

## 観測状況

- 2008A期: 2008年1月、7(+1)晩、1  
7h/80h = 17%
- 2008B期: 2008年10~11月、11+(1)  
晩、66.5h/138h = 48%
- 2009A期: 2009年1月、6(+1)晩、  
50h/84h = 60%
- 2008年5月、波長板回転機構の整備 →  
観測効率アップ

## 観測例

- HD3122





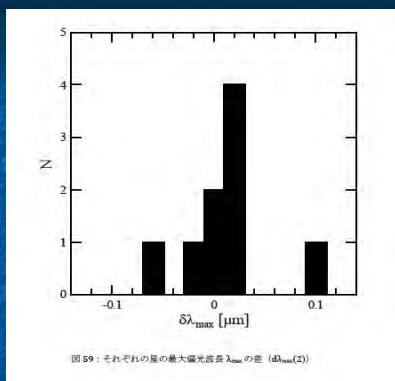


図 59: それぞれの星の最大偏光度  $\lambda_{\max}$  の差 ( $\Delta\lambda_{\max}(2)$ )

- 晩期型: 星雲を伴う星 と 伴わない星:  
 $\lambda_{\max}$  の差 → 有意な差はない

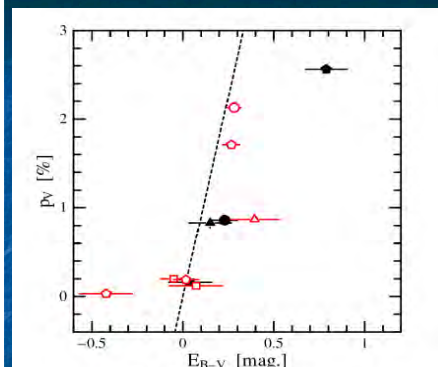
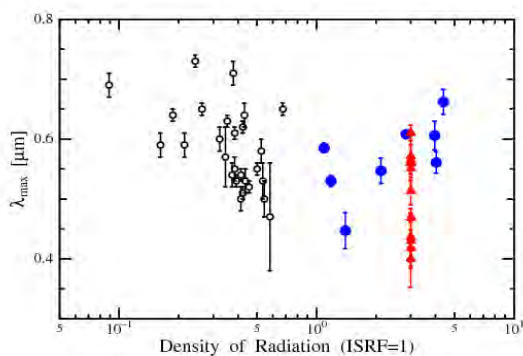
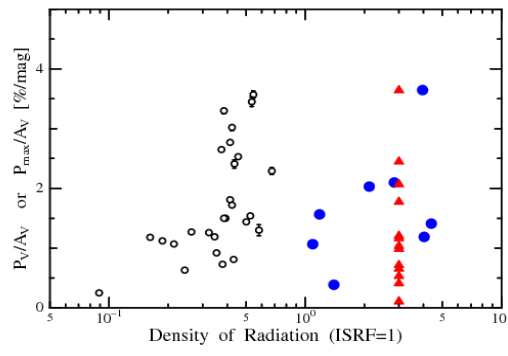


図 60: 赤色巨星の偏光度と色超過の比較  
同じ形のマークは近くの星を示し、黒は星雲を伴う星、赤は近くの星雲を伴わない星を示している。

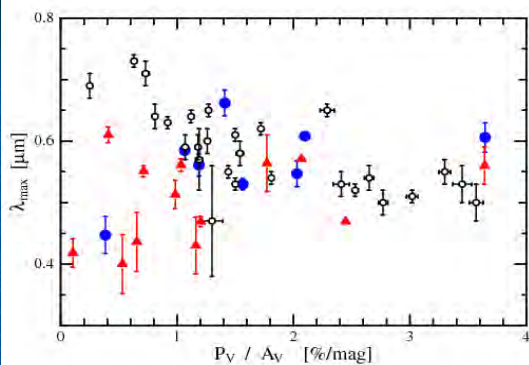
- 黒: 星雲を伴う星
- 赤: 伴わない星
- 有意な違いはない



- Taurus Cloud (Whittet et al 2001) との比較



- Whittet et al 2001 との比較(2)



- 偏光効率  $P_V/A_V$  vs. 最大偏光の波長  $\lambda_{\max}$

## まとめ

- 晩期型の19星、プレアデス星団の7星についての星間偏光のデータを得た。
- 星雲を伴う晩期型星と、伴わない晩期型星では、偏光特性は違いは見出せなかった。
  - 星雲を伴っていても、視線上の塵の量は、多くなるわけではない。
- 暗黒星雲で見られる 輻射密度と  $\lambda_{\max}$  の関係は、強輻射環境でも成り立ちそう。
  - RTによる整列機構の予測と、矛盾はしない。
  - 輻射密度と  $P_V/A_V$  の関係: まだ要検討