

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H₂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

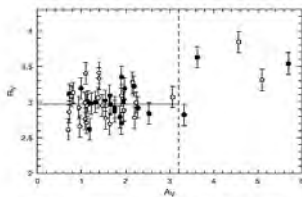


FIG. 8.—Plot of R_V vs. A_V . Symbols have the same meaning as in Fig. 4. The vertical dashed line represents the ice threshold extinction, $A_{V, \text{ice}} = 3.2$. The horizontal line represents the mean value $\langle R_V \rangle = 2.97$ for $A_V < A_{V, \text{ice}}$ deduced from Fig. 7.

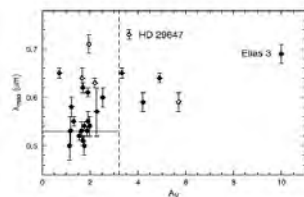


FIG. 11.—Plot of $\lambda_{\max}$ vs. A_V . Symbols have the same meaning as in Fig. 9. The dashed vertical line represents the ice threshold extinction, $A_{V, \text{ice}} = 3.2$. The horizontal line represents the value of $\lambda_{\max}$ equivalent to the mean value of R_V using equation (10), i.e., $\langle \lambda_{\max} \rangle = 2.97/5.6 = 0.53 \mu\text{m}$.

- Taurus 暗黒雲 Whittet et al. 2001

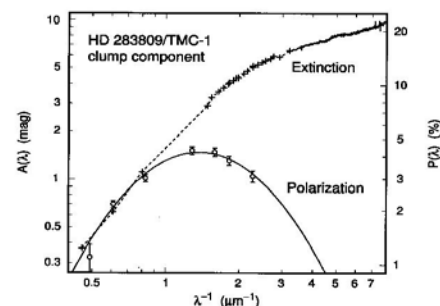


Figure 2. Interstellar polarization and extinction compared for the TMC-1 clump toward HD 283809 (Messinger et al. 1997; Whittet et al. 2004). The polarization data (open circles with error bars, right-hand scale) are overlaid with the best fitting Serkowski curve, as in Figure 1. The extinction data (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

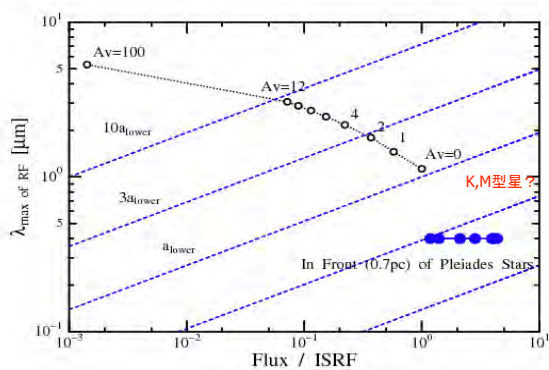
- 輻射トルク(RT)が、暗黒雲よりも、明るい環境(微散な雲)でも、機能しているかどうかを検証したい。
- 観測対象
 - 視線上に星雲を持つ(と思われる)晩期型の巨星 cf. Cohen 1975
 - プレアデス星団の星々
 - Gibson & Nordsieck 2003 によると、雲は手前 0.7pc
 - プレアデスの星々の偏光の波長依存性 Markkanen 1977
 - Be型星もあるが、観測されるかなりの偏光は星間と思われる
- 星雲の影響
 - 8等の星 → 星像の半径が0.6" = 約1平方秒 → 8等/平方秒。 一方、星雲 ~ 15等/平方秒

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_{lower} がある:

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

- 但し、 λ : 強度が最大の波長、 u_{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

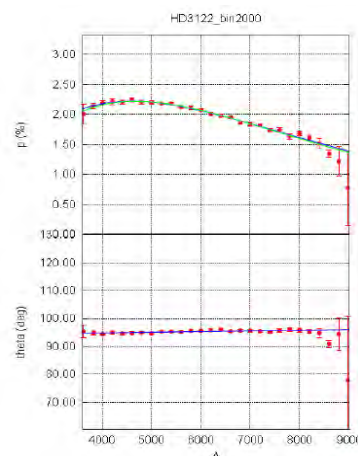
- 雲を伴う星(7星): HD34454(M5III), HD206509(K0III), HD37387(K1Ib), HD3037(K0III), HD21110(K4III-IV), HD196819(K2.5Ib), HD34033(G8II)
- 伴わない星(10星): HD34547(B9V), HD206823(K2), HD206348(K0), HD245547(M0), HD37769(K0), HD39498(K5), HD3122(B9), HD20844(M3III), BD +41_3833(B8), HD34316(K0)
- プレアデス星団の9星: HD23850(B8III), 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、7h/80h = 17% 1
- 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



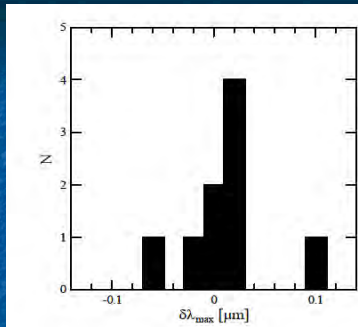


図 59 : それぞれの星の最大偏光波長 $\lambda_{\max}$ の差 ($\Delta\lambda_{\max}(Z)$)

- 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

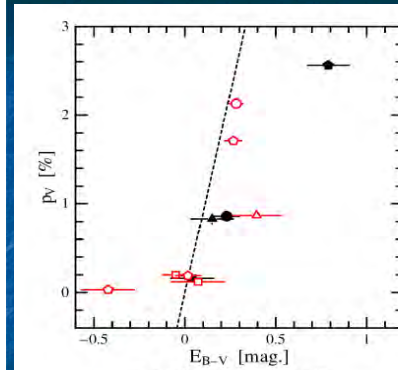
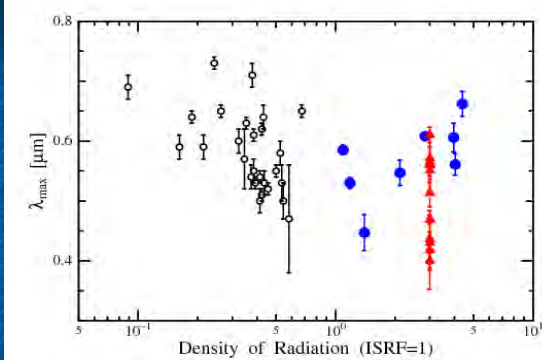
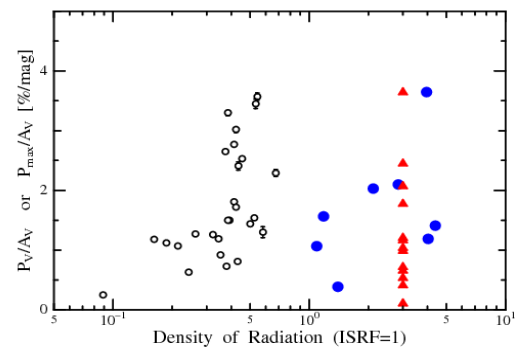


図 60 : 赤色巨星の偏光度と色超過の比較
同じ形のマークは近くの星を示し、黒は星雲を伴う星、赤はその近くの星雲を伴わない星を示している。

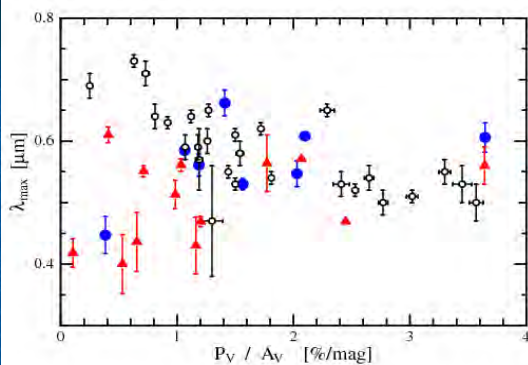
- 黒: 星雲を伴う星
- 赤: 伴わない星
- 有意な違いはない



- 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