

主要な T Tauri 型星方向の 前方星間偏光の推定

秋田谷 洋（あきたや ひろし；国立天文台・E L Tプロジェクト室）

磯貝瑞希(国立天文台)、岡崎彰（群馬大）、松村雅文（香川大）、
川端弘治(広島大)、関宗蔵（東北大）、椎名理恵、亀浦陽子

1. 本研究の目的

『主要なT Tauri 型星方向の前方星間偏光を、年周視差測定のあるfield星の星間偏光から推定する。』

研究の背景

- 高分散偏光分光観測の発展により、**輝線の偏光スペクトル**を用いて**T Tauri型星直近の星周構造、質量降着・放出の機構**を明らかにする試みが始まり、成果が得られている（Vink+03, 05, Akitaya+09; 図1）。
- 天体固有の偏光度・偏光方位角**を得て、**定量的な星周構造の議論**を行うには、**前方星間偏光**(**磁場によって整列した塵粒子のdichroism**に起因)の正しい推定・差し引きが**必須**（図2）。
- 前方星間偏光は、既存の偏光カタログ(Heiles+00など)に基づく周囲の星間偏光情報から推定されることが多い。しかし、目的天体に近く十分な数の天体数が得られることが稀であり、高い信頼性が得られない。

研究の目的

明るく代表的な**近傍の T Tauri型星 5天体 RY Tau, T Tau, RW Aur, SU Aur, GW Ori**（古くからよく観測されており、**今後も高分散偏光分光観測などで主要な観測対象となりうる天体**）の前方星間偏光について、信頼性の高い推定値を得て、今後の偏光観測研究に適用したい。

- そこで、次の手法にて前方星間偏光の推定を行うこととした。
- 次の2点に着目して**目的天体周囲のfield星**を選定。
 - (1) 目的天体からの**離角が十分小さい**。
 - (2) **実距離が明確**である(**Hipparcos衛星による年周視差測定あり**)。
 - 各field星の可視偏光スペクトルを測定（=様々な波長の輝線偏光への適用を想定。星間偏光の波長依存性も重視）。
 - 目的天体周囲の狭い視野について、**奥行き方向の分布が明確・空間的に密な星間偏光の立体分布**を明らかにする。そして、同じく実距離が明確な**目的天体方向の前方星間偏光について、信頼性の高い推定値**を得る（図3）。

この手法では、field星の分布より細かな星間偏光分布は得られないため、T Tauri型星ごく直近に局在する前方星間偏光成分については、別途考慮する必要がある。しかし、大局的な星間偏光分布を明らかにする上では、従来よりも飛躍的に信頼性の高い手法である。

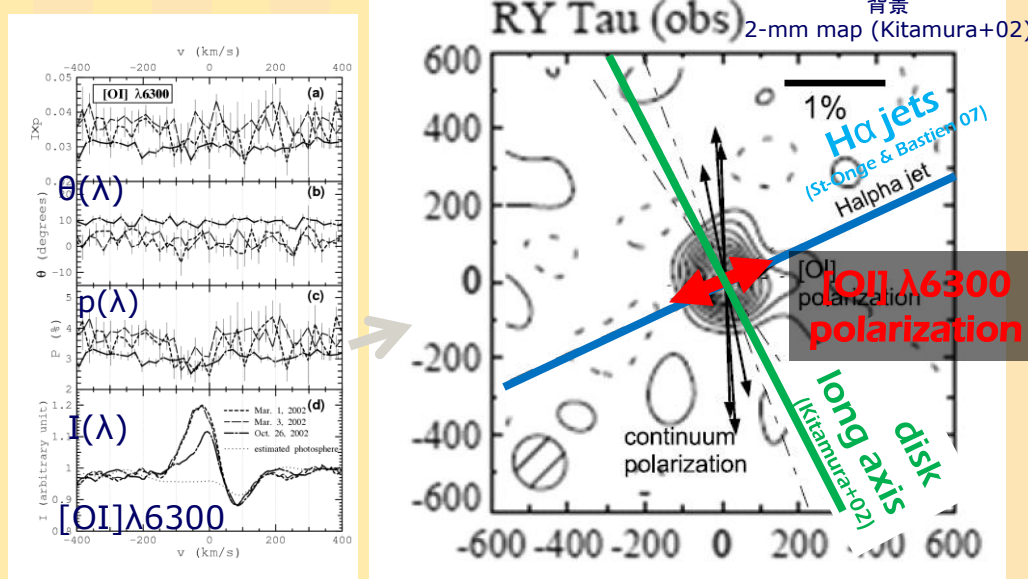


図1：T Tauri型星RY Tau[OI]輝線偏光測定例。前方星間偏光推定後、[OI]固有偏光を導出。偏光を星周構造と比較し、ジェット構造について議論。（Akitaya+09）

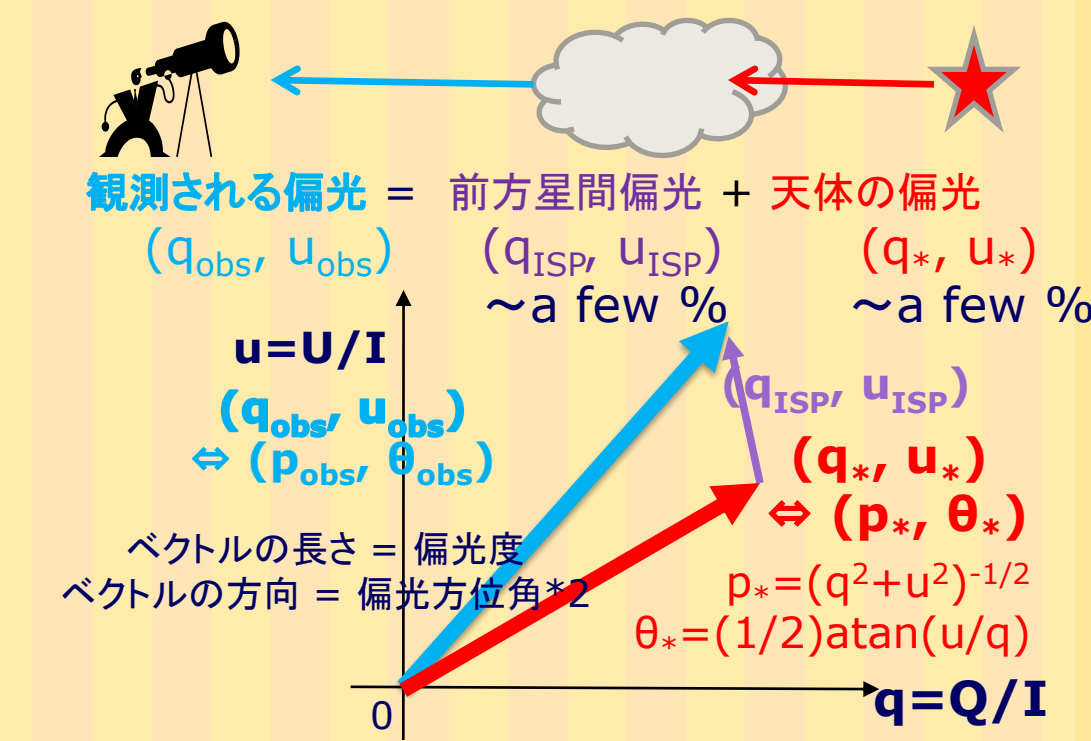


図2：前方星間偏光推定の重要性

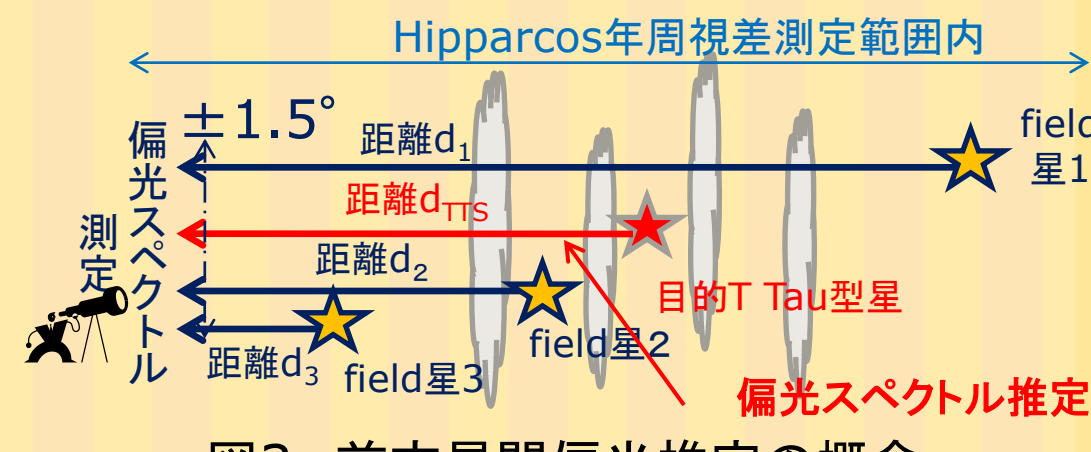


図3：前方星間偏光推定の概念

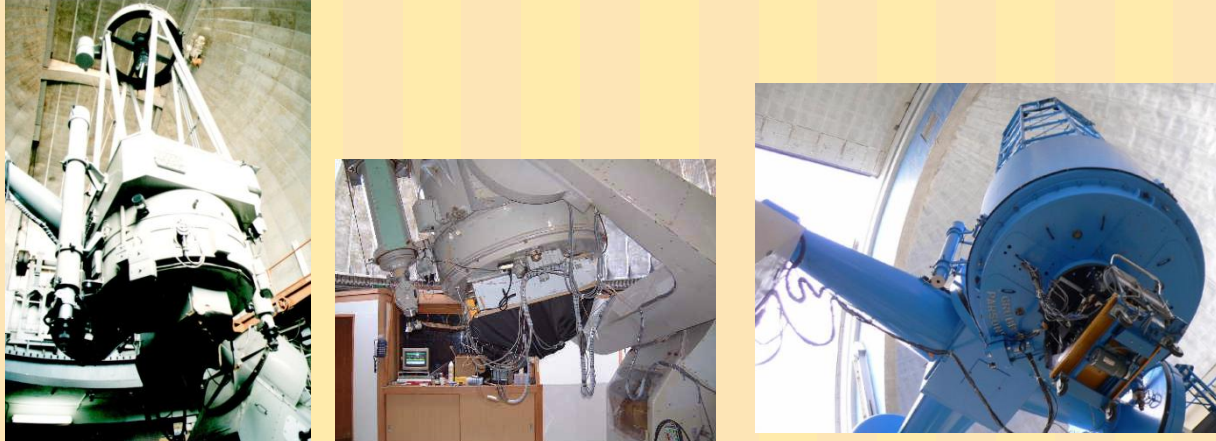
2. 観測

観測対象

- T Tauri型星 5天体(RY Tau, T Tau, RW Aur, SU Aur, GW Ori)周囲のfield星を次の基準で選定。
 - 離角約**1.5deg**以内。
 - Hipparcos衛星による**年周視差測定**があるもの。
 - 計65天体(各**T Tauri型星ごとに10-15天体**; V~ 5 - 11 mag)
 - 可視波長域全体(**3600-9000 Å**)の直線偏光スペクトルを測定。

観測諸元

- 低分散偏光分光装置 **HBS** (Kawabata+99)
- 観測波長域：3600-9000 Å
- 波長分解能：60~100 Å
- 望遠鏡：
 - 国立天文台堂平観測所91cm鏡/岡山天体物理観測所91cm鏡（1999-2001年）
 - 岡山天体物理観測所 188cm鏡（2007年11-12月）
- 偏光測定精度： $\Delta p < 0.1\% / 100 \text{ Å}$ (for 4000-9000 Å)
- 積分時間：8~75 min / object



5. まとめと今後の展開

- 主要な明るい T Tauri型星 5天体(RY Tau, T Tau, SU Aur, GW Ori, RW Aur)の前方星間偏光を推定した。**
 - 偏光方位角：比較的視野内でよく揃っており、信頼性の高い推定値を得た。
 - 偏光度：RY Tau については比較的限定された推定値を得た。他の天体については、視野内、奥行き方向それぞれの偏光度分布のばらつきが大きいが、前方偏光の上限値または、範囲制限を得た。
- 空間的に密で、かつ、Hipparcos衛星の年周視差測定に基づく、実距離を考慮した偏光データを取得し、**前方星間偏光を推定した**。これにより、**field星の星間偏光を用いる手法としては、従来手法よりも信頼性が高く、現在可能な範囲で最良の推定値**を得た。
- 今後は、この推定値を、各T Tauri型星の輝線直線偏光スペクトル(RW Aur以外の4天体について、エシェール偏光分光装置**LIPS**(Ikeda+03)により観測済み)に適用し、**輝線偏光をもとにした、星周構造の定量的な議論に発展**させる。

references

- Akitaya et al. 2009, A&A, 499, 163
- Bertout et al. 1999, A&A, 352, 574
- Heiles 2000, AJ, 119, 923
- Ikeda et al. 2003, Proc. SPIE, 4843, 437
- Kawabata et al. 1999, PASP, 111, 898
- Serkowski et al. 1975, ApJ, 196, 261
- Vink et al. 2003, A&A, 406, 703
- Vink et al. 2005, MNRAS, 359, 1049
- Whittet et al. 1992, ApJ, 386, 562

(a) 偏光マップ

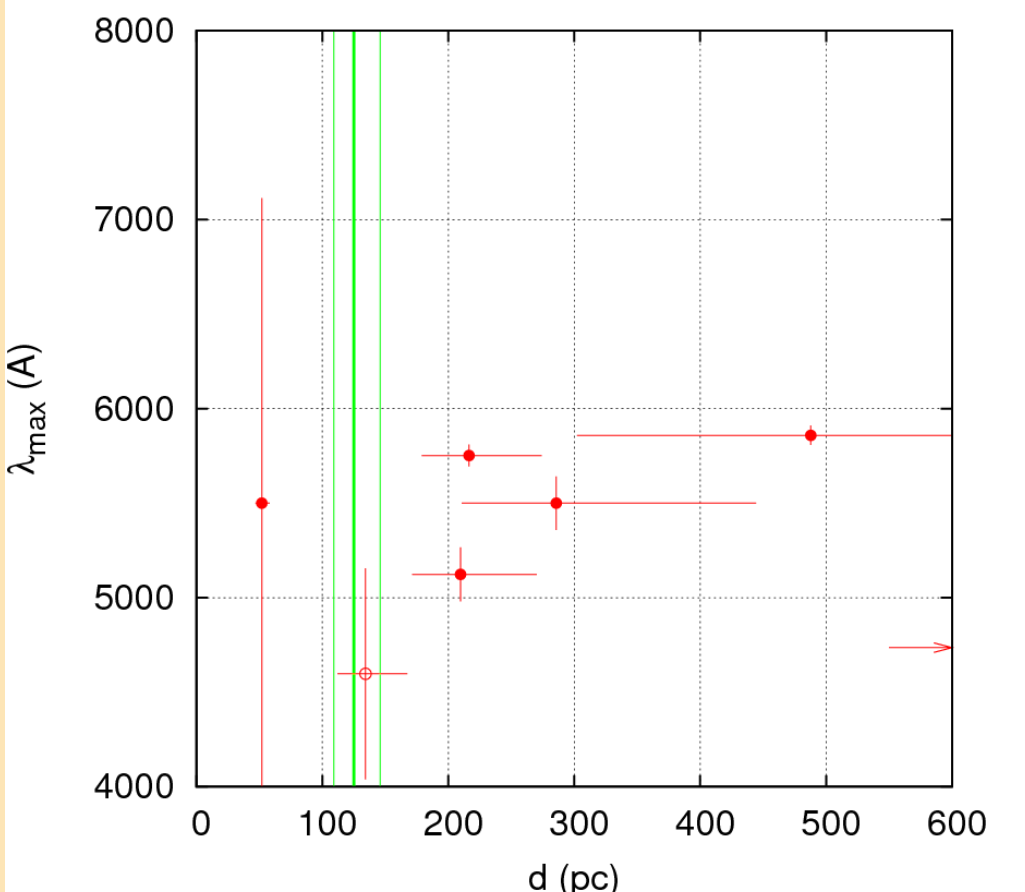
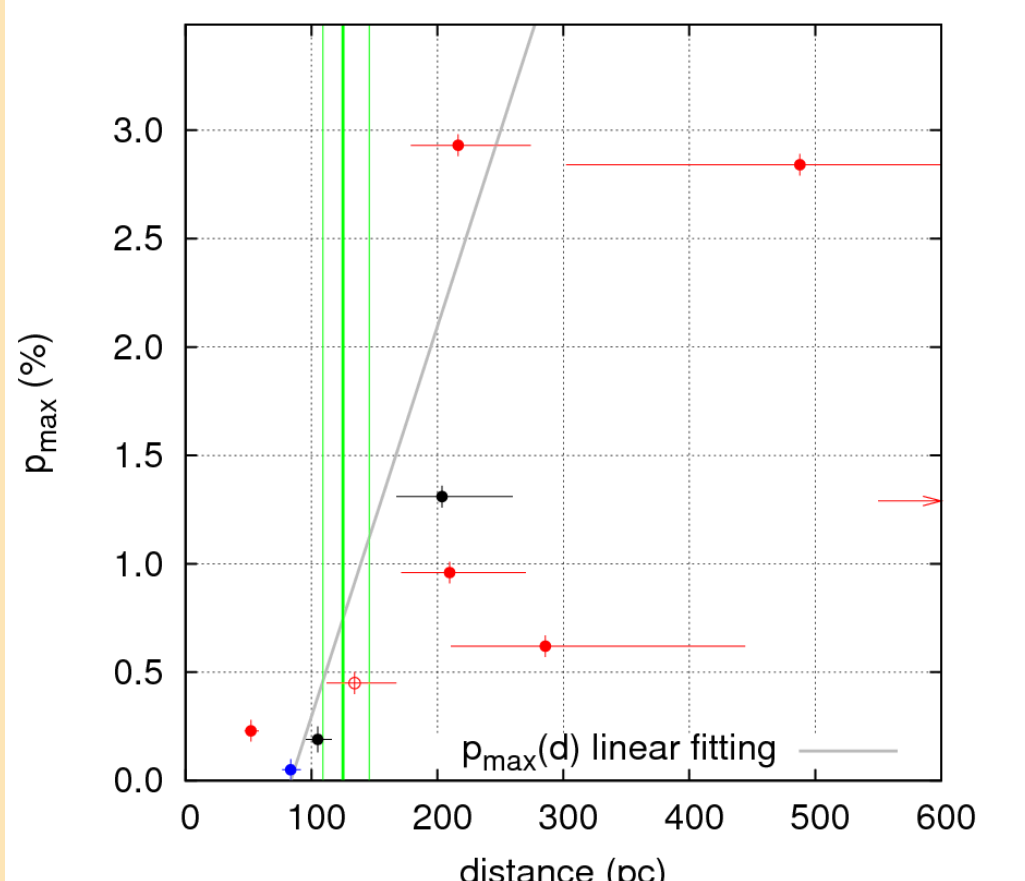
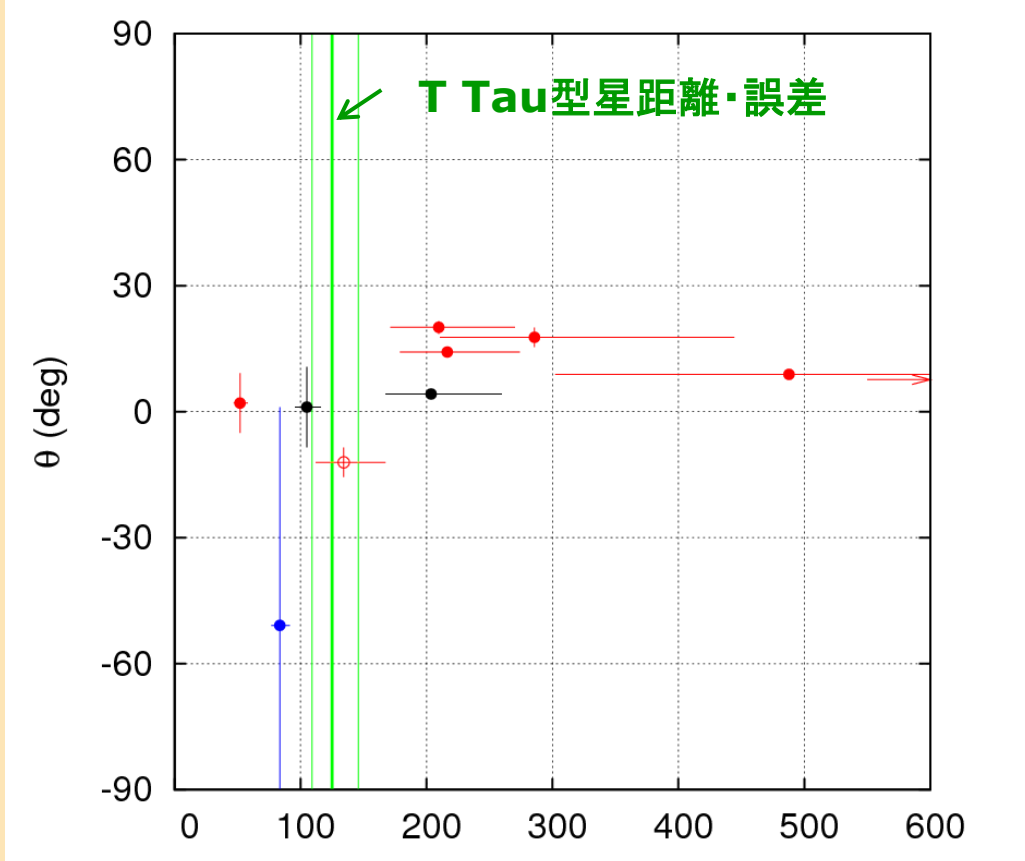
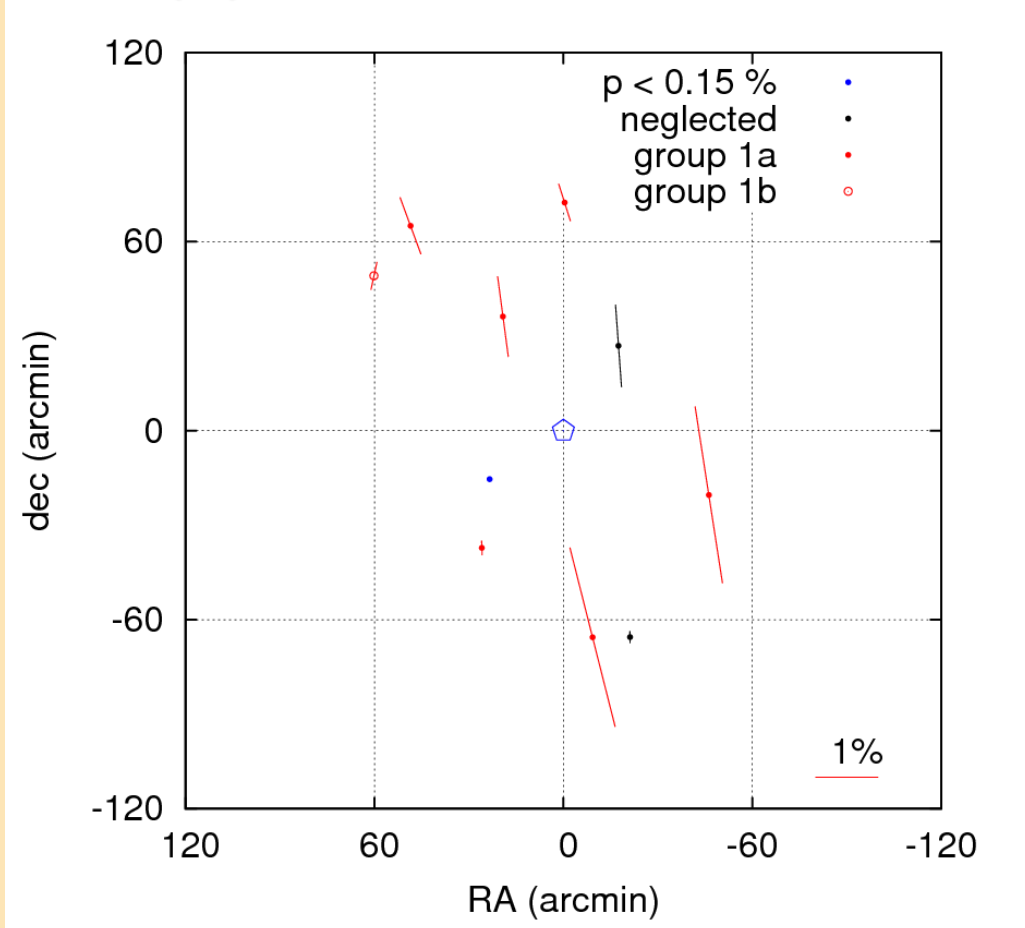
(b) 距離-偏光方位角

(c) 距離-偏光度

(d) 距離-λ_max

議論・前方星間偏光パラメータ推定値

(1) RY Tau方向



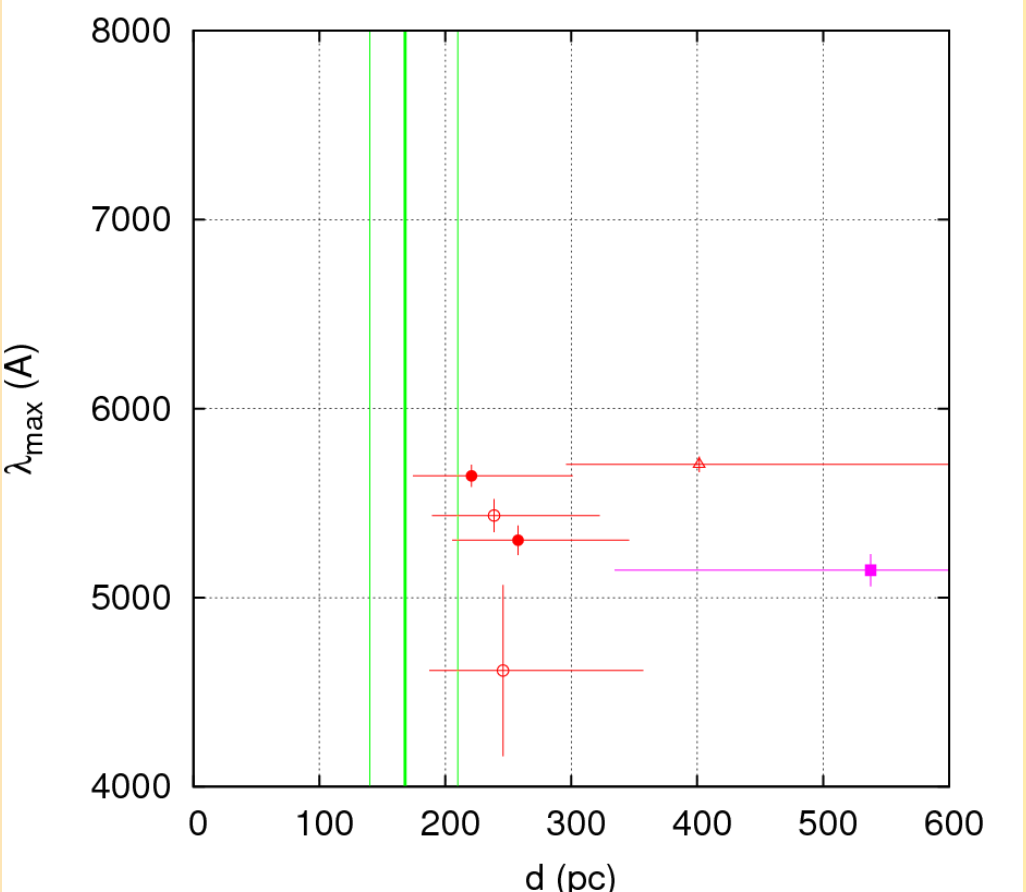
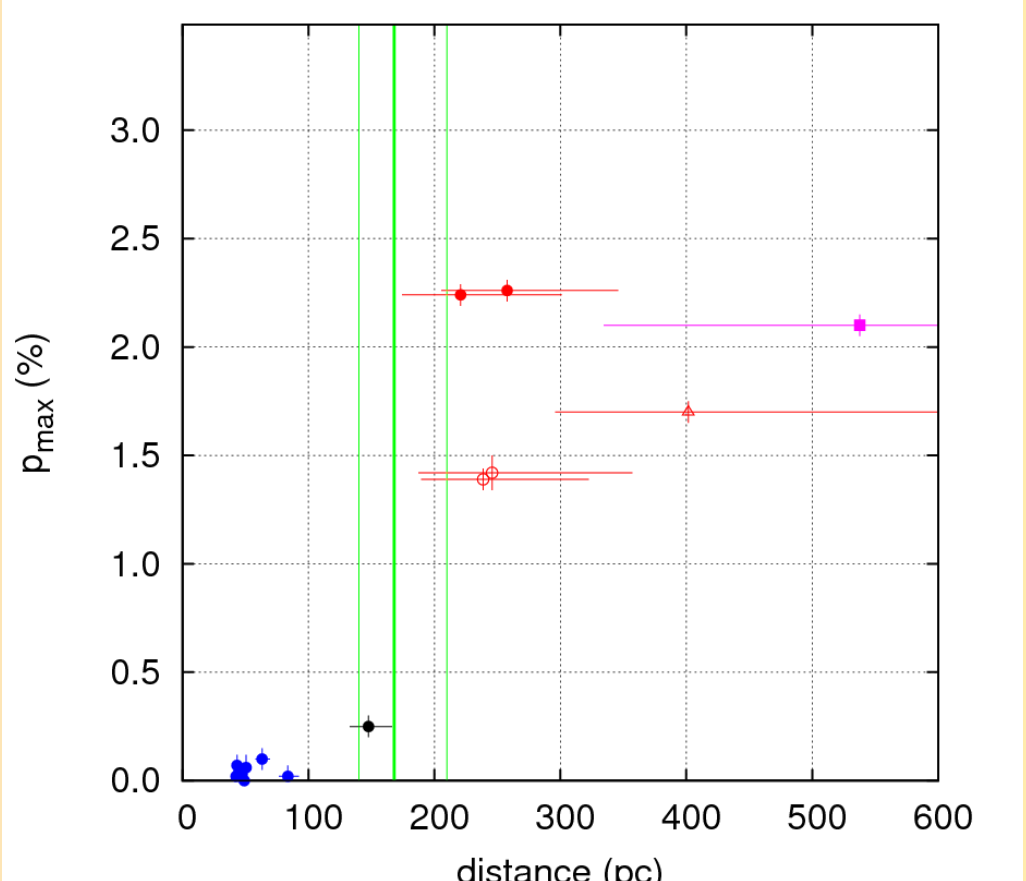
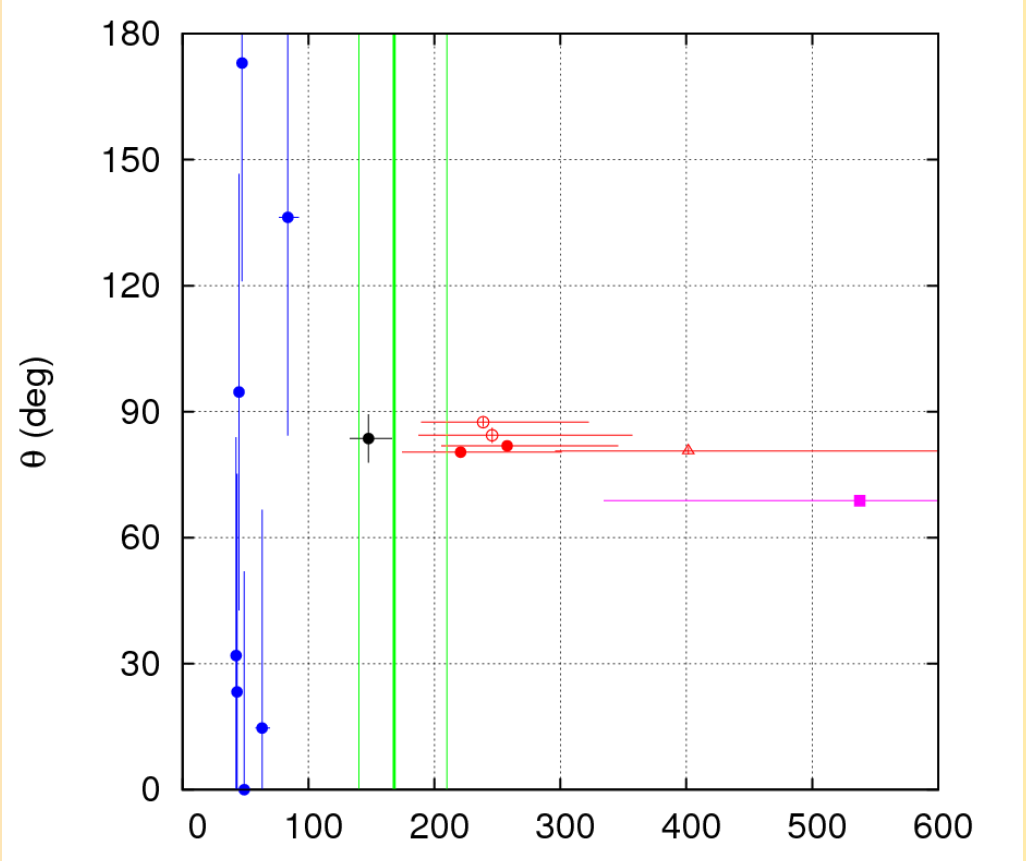
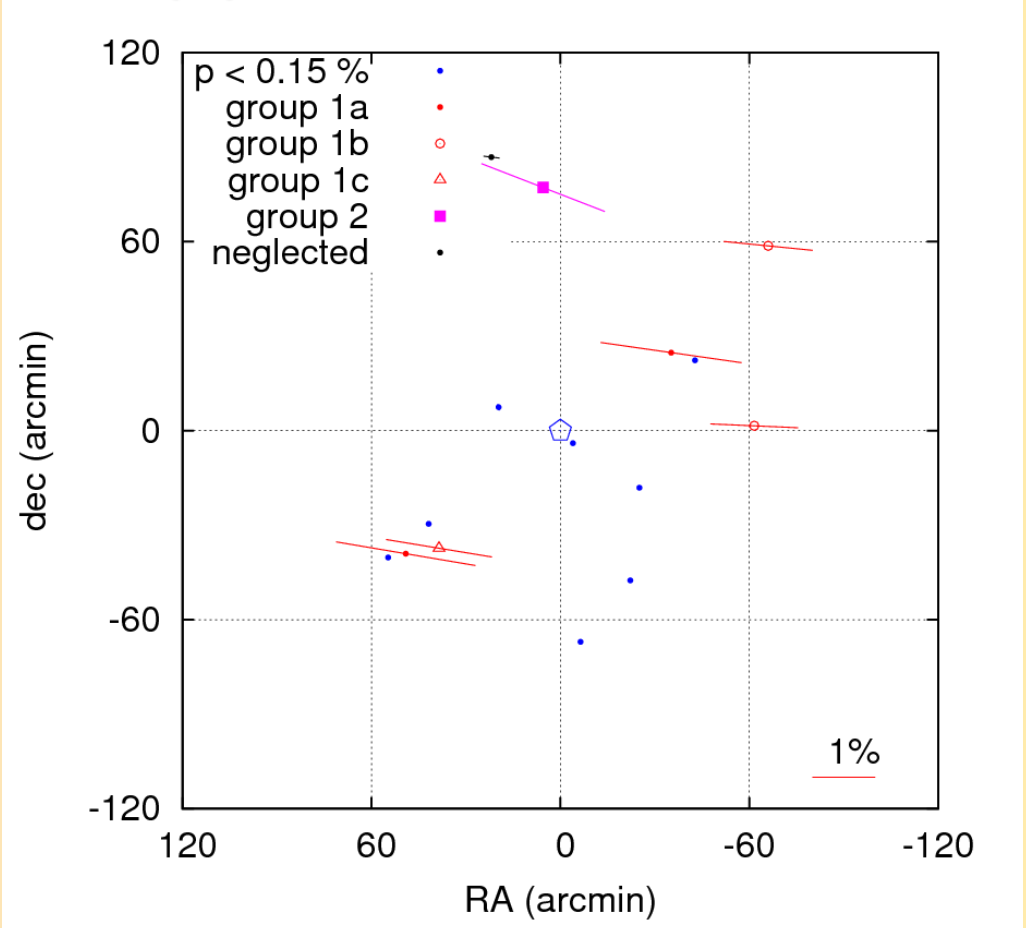
RY Tau 距離：
125⁺²¹₋₁₆ pc (L1495領域)
偏光方位角：
天体周囲のgroup(grp.) 1a で 0-20° 。よく揃っている。
→ **θ₅₅₀₀=12±7°** (grp. 1a より)

偏光度：
0-80 pc の範囲で ~0 %
その後天体位置をはさんで上昇。
距離-偏光度に、一次関数 $p_{\text{max}} = a \times (d - d_0)$ を仮定。80-220 pc 範囲でフィッティング。これに、天体距離を適用
→ **p_{max} = 0.74^{+0.51}_{-0.45} %**

λ_{max}：
ほぼ、星間の標準値 5500 Å 周辺に分布。
→ **λ_{max} = 5500 Å**

θ'： ほとんどの天体で偏光方位角の波長依存性 θ' ~ 0 であった。よって、全 T Tauri 型星方向で θ' = 0 と見なす。

(2) T Tau方向

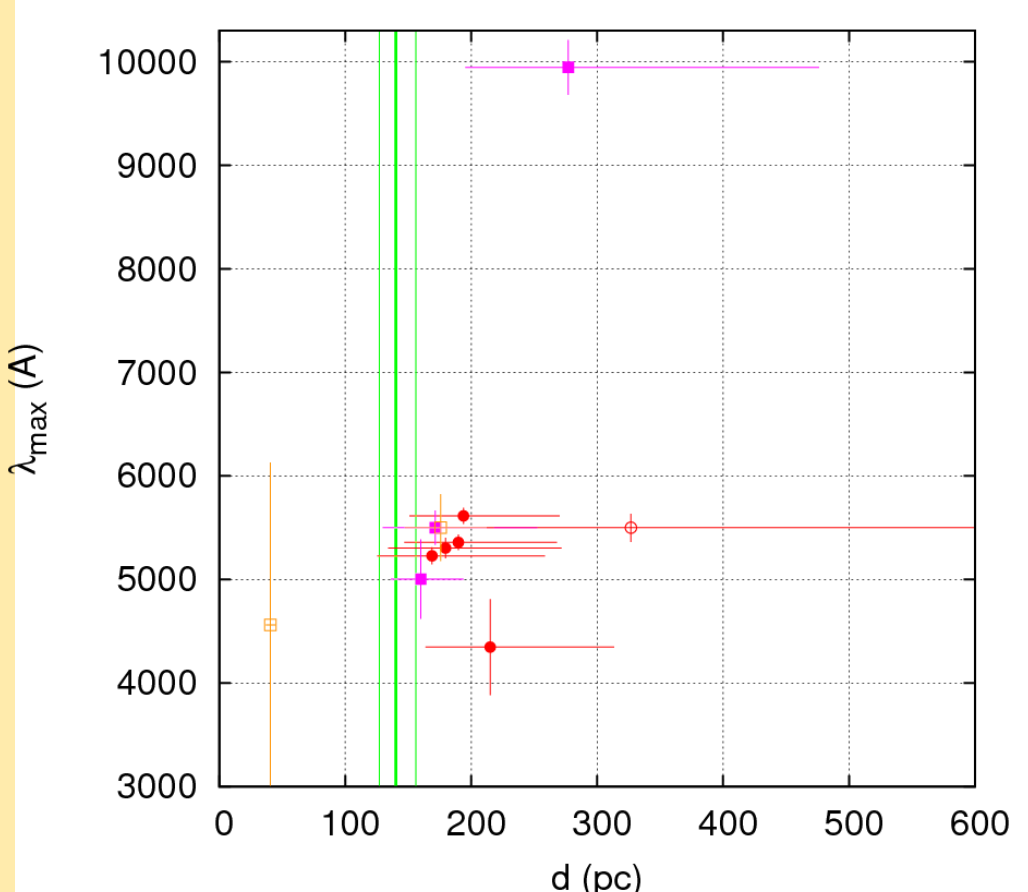
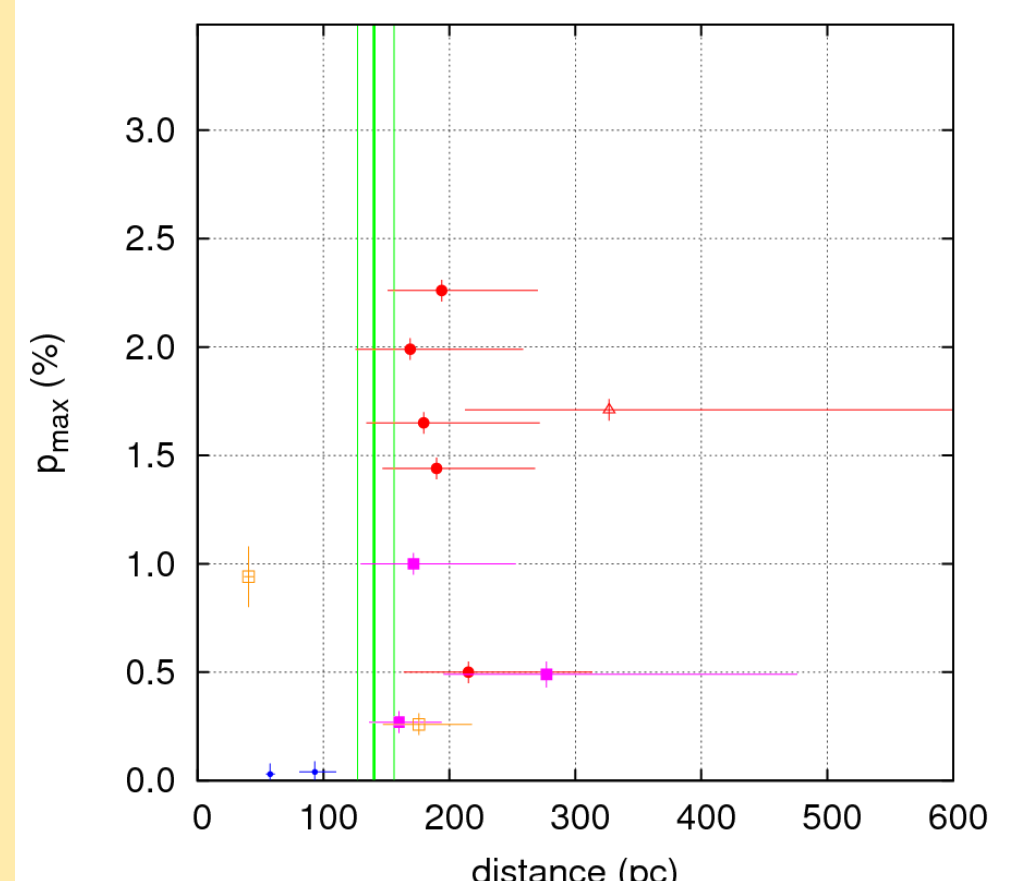
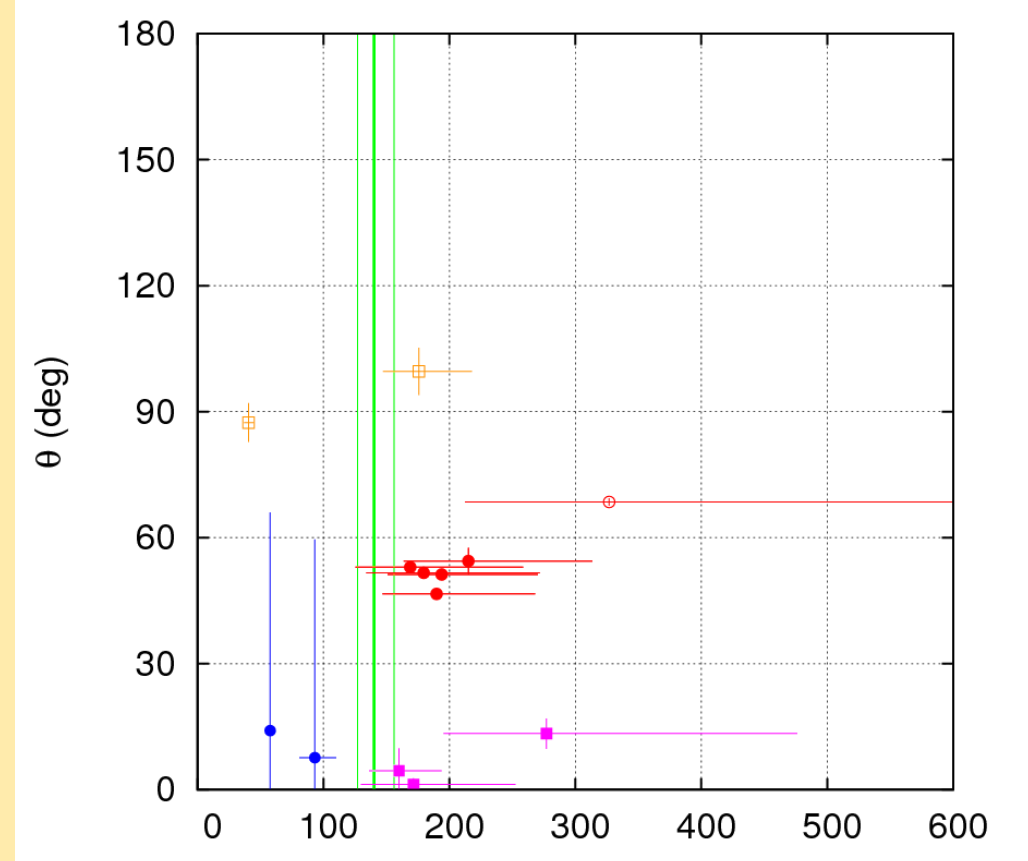
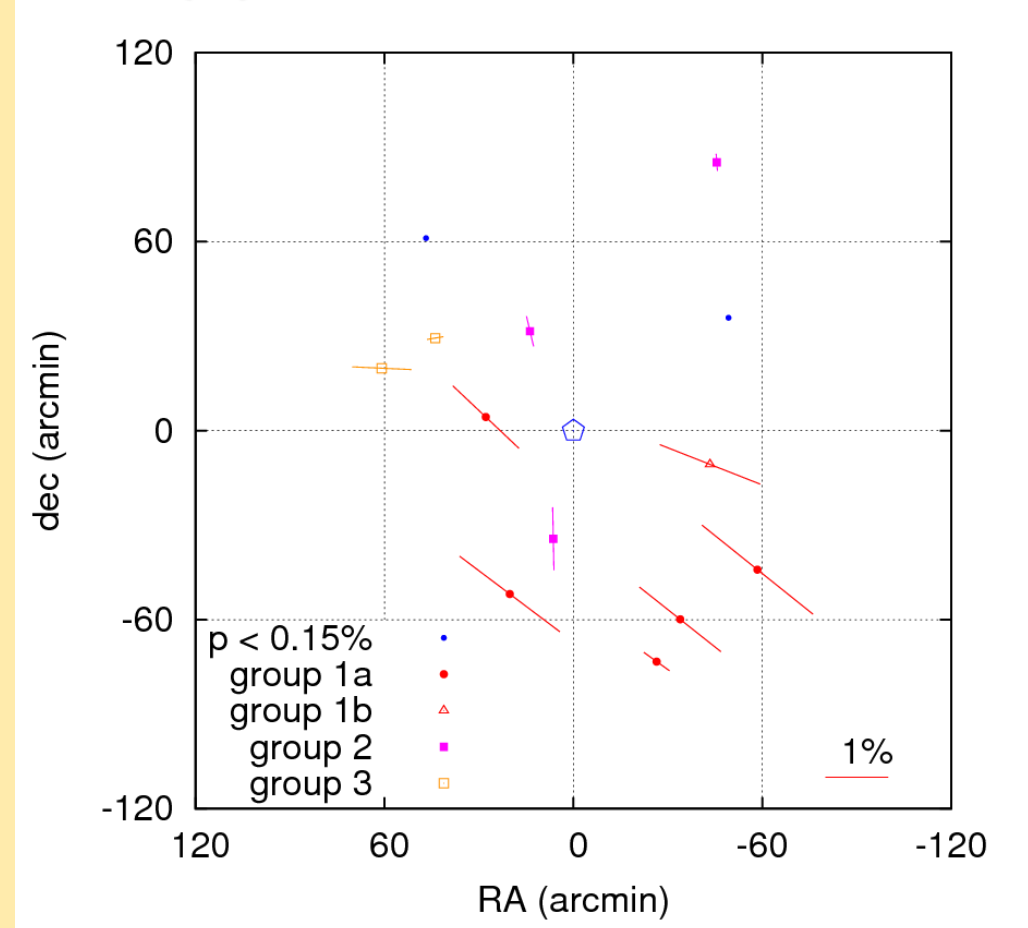


T Tau 距離：
168⁺⁴²₋₂₈ pc (South Taurus領域)
偏光方位角：
天体周囲、grp. 1a,b,c で 80-90°、よく揃っている。
→ **θ₅₅₀₀=83±3°** (grp 1a より)

偏光度：
0-80 pc の範囲で ~0 %
その後天体位置をはさんで上昇。
天体のすぐ背景の grp. 1a, 1b のうち、視野内の天体方向は、grp. 1a の2天体に挟まれている。grp. 1a を上限値として採用。
→ **p_{max} < 2.25±0.04 %** (上限値)

λ_{max}：
星間偏光標準値 5500 Å 周辺に分布。
→ **λ_{max} = 5500 Å**

(3) SU Aur方向

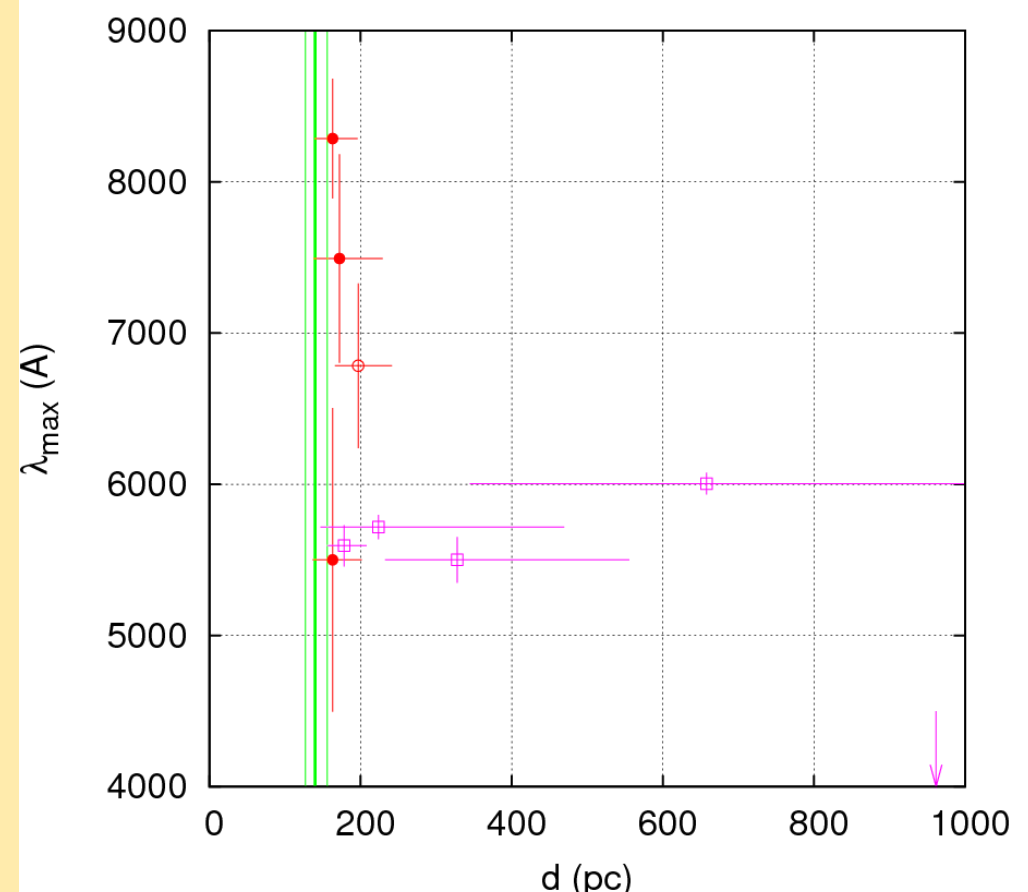
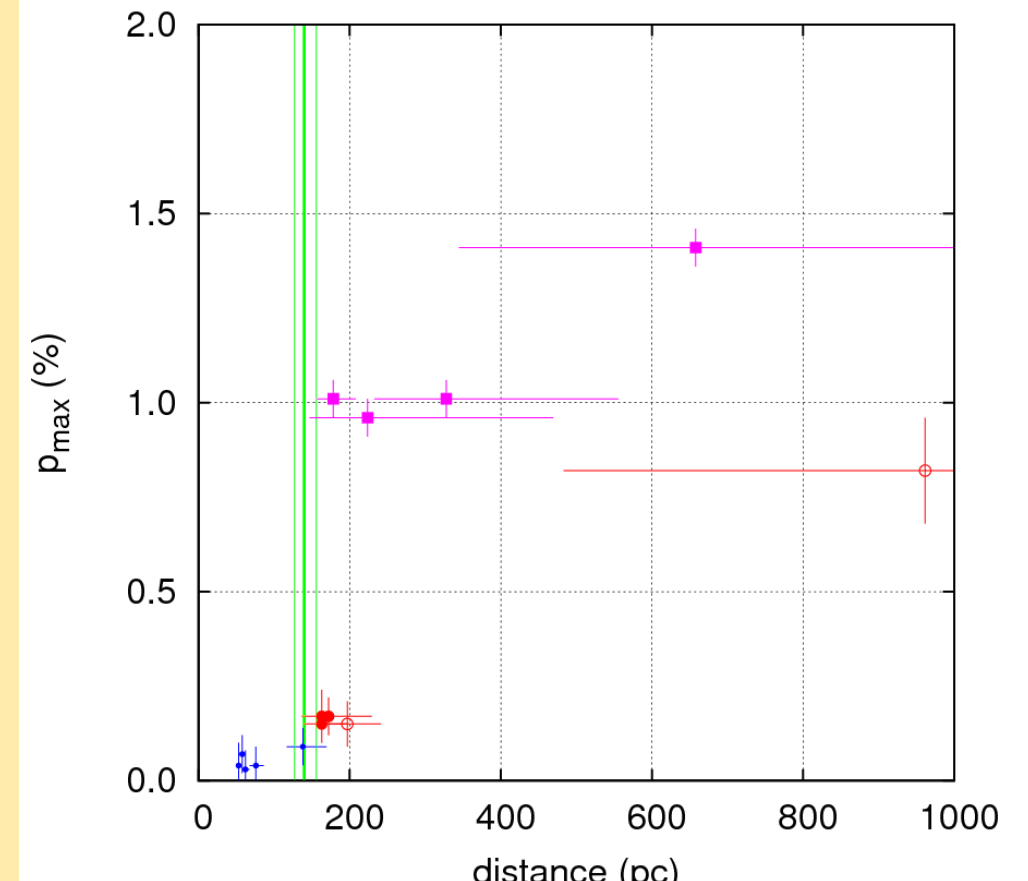
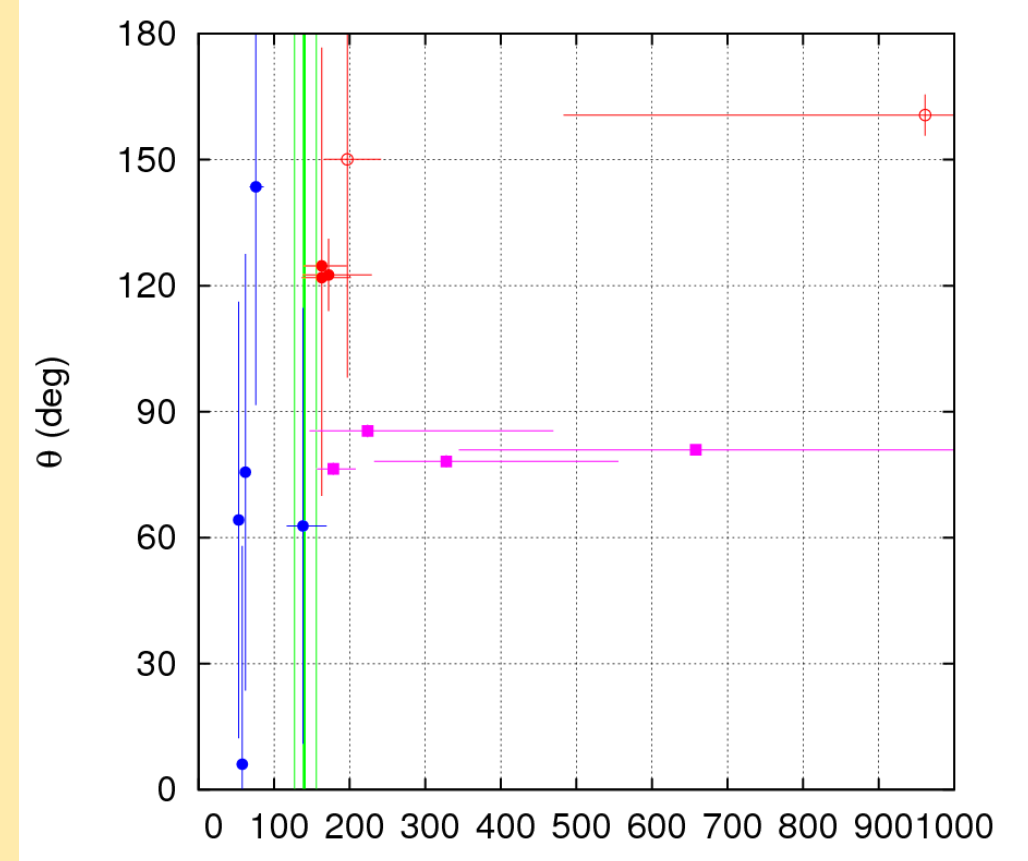
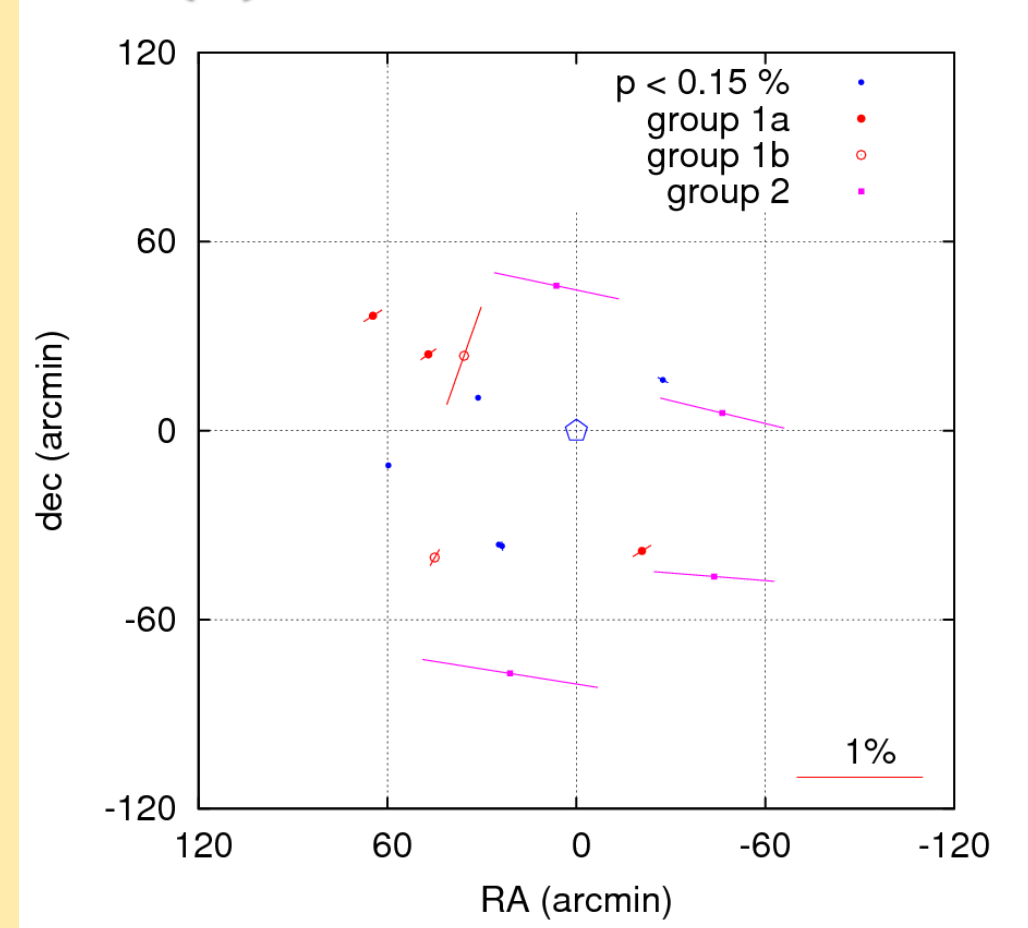


SU Aur 距離：
140⁺¹⁶₋₁₃ pc (Auriga領域)
偏光方位角：
天体方向はgrp. 2が尤もらしい。grp. 1aの影響もあるかもしれない。
→ **θ₅₅₀₀=6±6°** (grp. 2より; 第1推定値、**51±3°** (grp. 1aより; 第2推定値)、もしくはその中間)

偏光度：
天体前景(<100pc)で~0%。
天体背景(150-220pc)で、大きくばらつく。星間偏光の空間変化が激しい領域とみられる。範囲で制限する
→ **p_{max} = 0.3-1.0 %** (第1推定値; grp. 2より)、**0.5-2.3 %** (第2推定値; grp. 1aより、もしくはその中間)

λ_{max}：
星間偏光標準値 5500 Å 周辺に分布。
→ **λ_{max} = 5500 Å**

(4) RW Aur方向

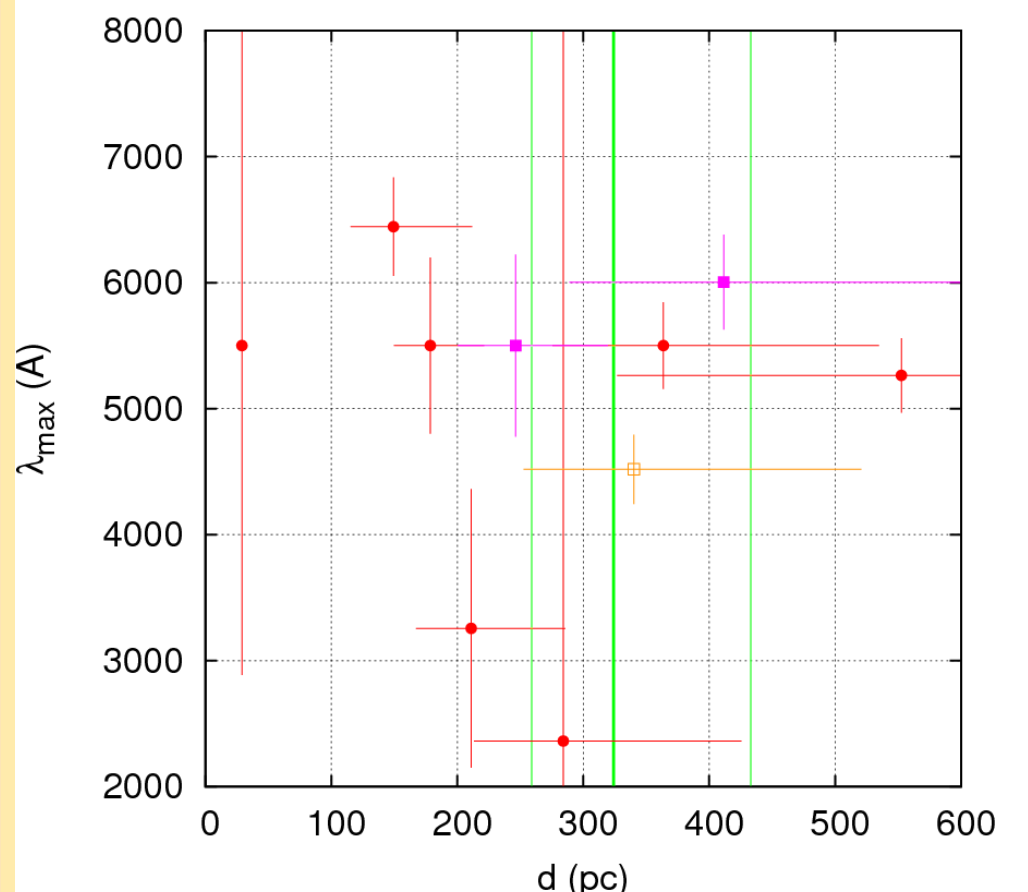
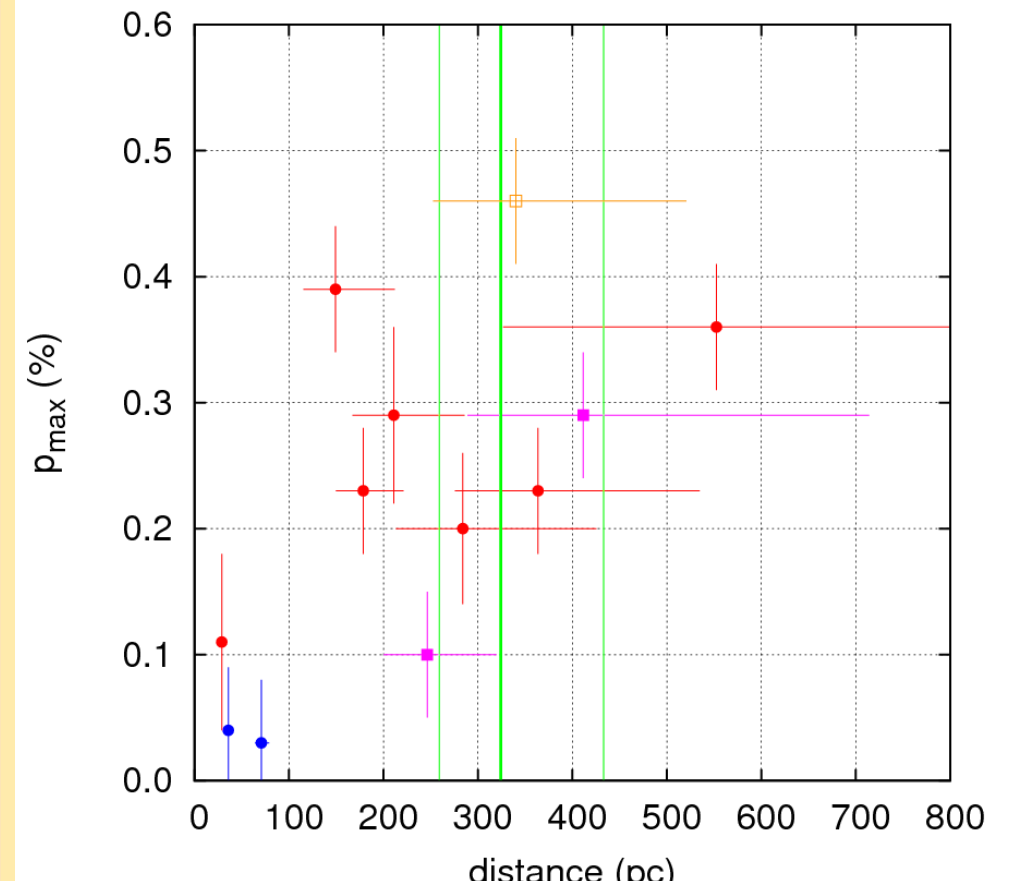
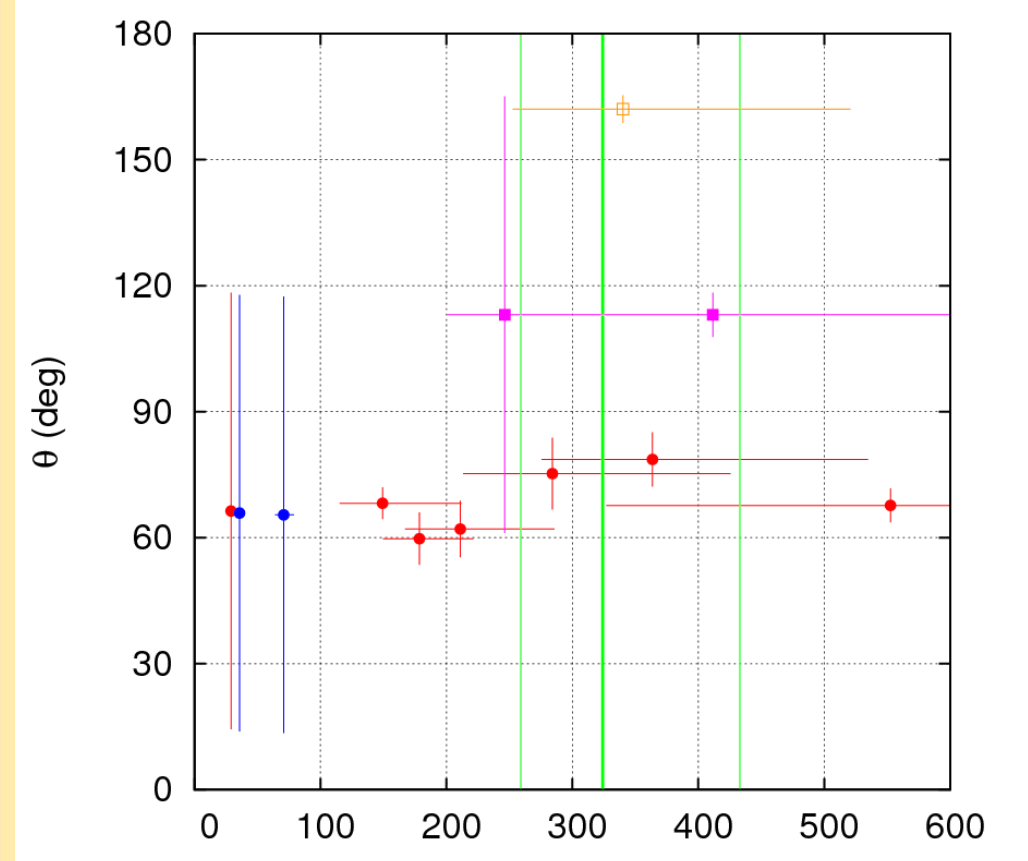
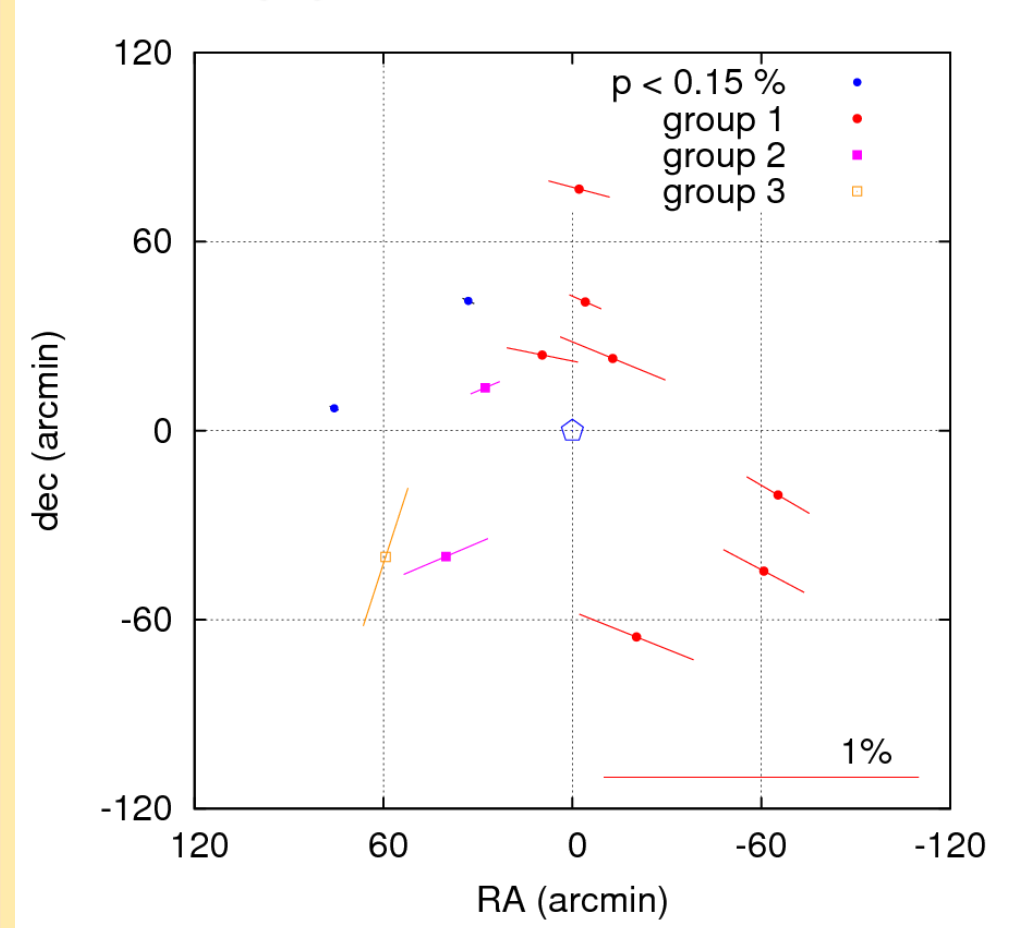


RW Aur 距離：
140⁺¹⁶₋₁₃ pc (Auriga領域)
偏光方位角：
天体方向はgrp. 1aが尤もらしい。しかし、その外側 grp. 2の影響もあるかもしれない。
→ **θ₅₅₀₀=123±1°** (grp. 1aより; 第1推定値)、**80±4°** (第2推定値)、もしくはその中間

偏光度：
天体前景(<100pc)で~0%。
天体背景(150-220pc)で、~0.16% (group 1a)、~1.14% (group 2)。
→ **p_{max} < 0.16±0.03 %** (第1推定値; 上限値; group 1aより)、**<1.14±0.23 %** (第2推定値; 上限値; group 2より)、もしくはその中間

λ_{max}：
grp. 1は5500-8500 Å に幅広く分布
→ **λ_{max} = 5500-8500 Å**

(5) GW Ori方向



GW Ori 距離：
324⁺¹⁰⁹₋₆₅ pc (λ Ori領域)
偏光方位角：
天体方向はgrp. 1 から grp. 2 に遷移。
→ **θ₅₅₀₀=68±7°** (grp. 1より) ~ **113±0°** (grp. 3より)の範囲

偏光度：
天体前景(<100pc)で<0.1 %。
天体前後、0.1-0.4%で広く分布。
天体前後の明確な増加傾向は判別できない。grp1, 2のうち、100-600 pc の範囲の天体の平均値、標準偏差を推定値とする。
→ **p_{max} = 0.26±0.09 %**

λ_{max}：
ほぼ、星間の標準値 5500 Å 周辺に分布。
→ **λ_{max} = 5500 Å**