

かなた望遠鏡可視偏光サーベイ： 若い星団NGC 6910内の磁場構造とダストサイズ

丸田 哲温 (広島大学)

川端 弘治, 堀 友哉, 中村 謙吾 (広島大), 城 壮一郎, 土井 靖生 (東京大),
松村 雅文 (香川大), 秋田谷 洋 (千葉工大), 笹田 真人 (東工大)

1. Introduction
2. Target Selection & Observations
3. Results & Discussion
4. Summary & Future Work

1. Introduction

2. Target Selection & Observations

3. Results & Discussion

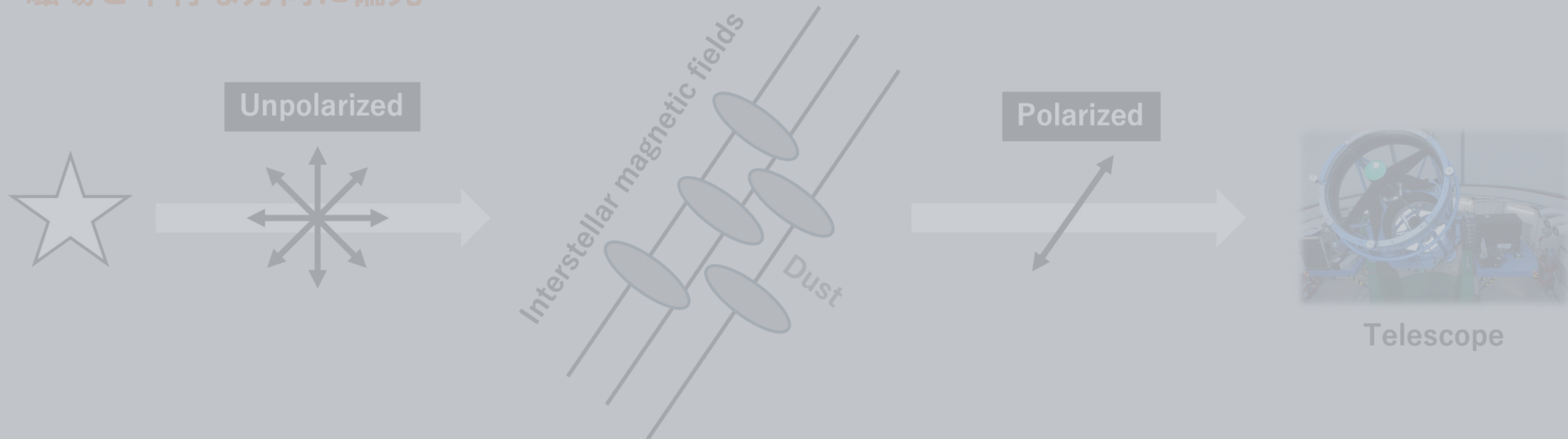
4. Summary & Future Work

● 星間磁場

- 星間磁場は星間ガスの運動を制限
 - 磁場構造は**星形成に大きな影響**を与えている
- 磁場構造の理解には偏光を観測

● 星間偏光

- 星間磁場によって整列した非球状ダストにより、遠くの星の光が偏光選択的な吸収を受ける
 - **磁場と平行な方向に偏光**

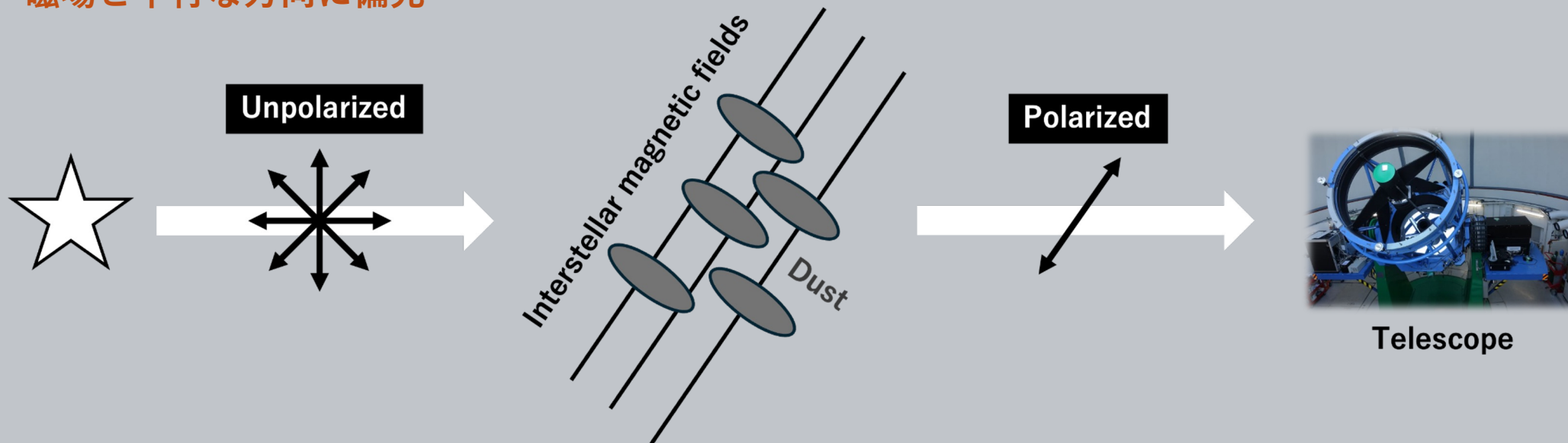


● 星間磁場

- ・ 星間磁場は星間ガスの運動を制限
 - 磁場構造は**星形成に大きな影響**を与えている
- ・ 磁場構造の理解には偏光を観測

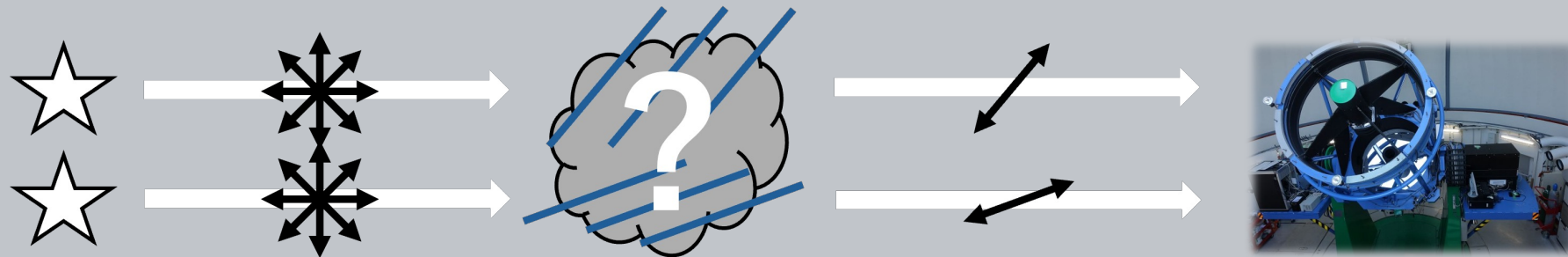
● 星間偏光

- ・ 星間磁場によって整列した非球状ダストにより、遠くの星の光が偏光選択的な吸収を受ける
 - **磁場と平行な方向に偏光**



● 磁場構造の導出

- ・ 今までは視線方向に積分された磁場構造しか得られなかった



・ 位置天文衛星Gaia

- 星までの距離を高精度に測定
- 3次元的な磁場構造を導出可能



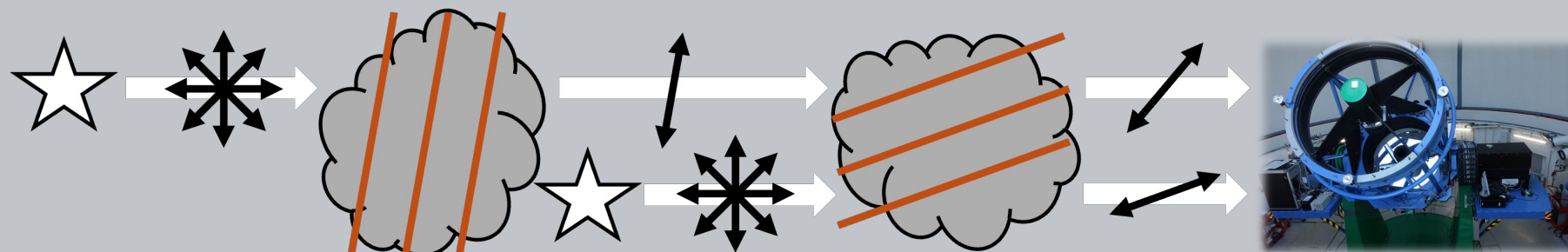
● 磁場構造の導出

- ・ 今までは視線方向に積分された磁場構造しか得られなかった



・ 位置天文衛星Gaia

- 星までの距離を高精度に測定
- **3次元的な磁場構造を導出可能**



● 星間偏光の波長依存性 (Serkowski law)

$$P(\lambda) = P_{\max} \exp \left[-K \ln^2 \frac{\lambda_{\max}}{\lambda} \right]$$

P_{\max} : 最大偏光度 (●)

λ_{\max} : 偏光度が最大となるときの波長 (●)

$K = 0.01 + 1.66 \lambda_{\max} (\mu\text{m})$; Whittet et al 1992

● λ_{\max} とダストサイズの関係

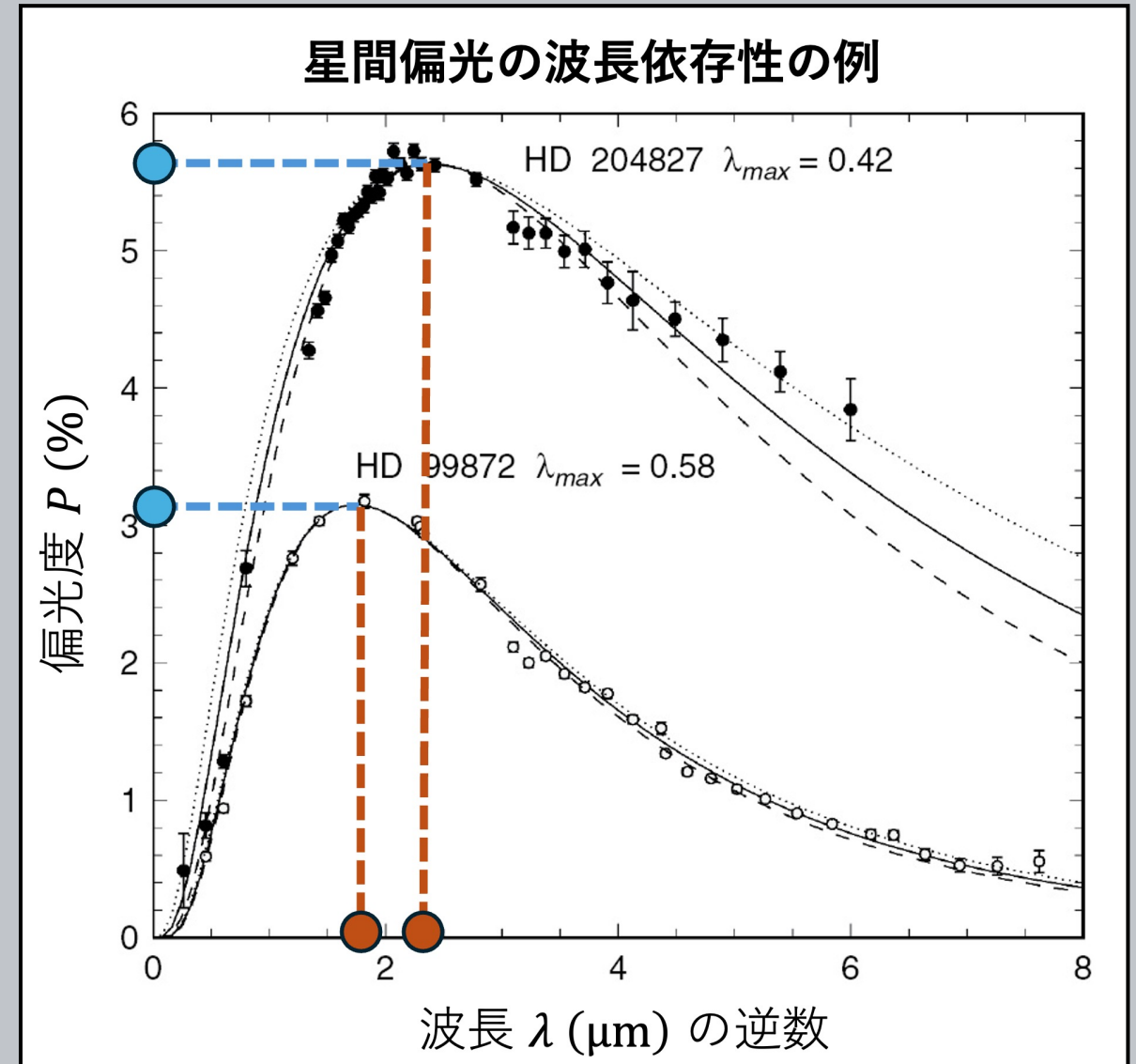
$$\lambda_{\max} \sim 2\pi a(n-1)$$

a : dielectric cylinders of radius

n : real part of dust refractive index

- λ_{\max} が大きい → ダストサイズが大きい

// が小さい → // が小さい



● 星間偏光の波長依存性 (Serkowski law)

$$P(\lambda) = P_{\max} \exp \left[-K \ln^2 \frac{\lambda_{\max}}{\lambda} \right]$$

P_{\max} : 最大偏光度 (○)

λ_{\max} : 偏光度が最大となるときの波長 (●)

$K = 0.01 + 1.66 \lambda_{\max} (\mu\text{m})$; Whittet et al 1992

● λ_{\max} とダストサイズの関係

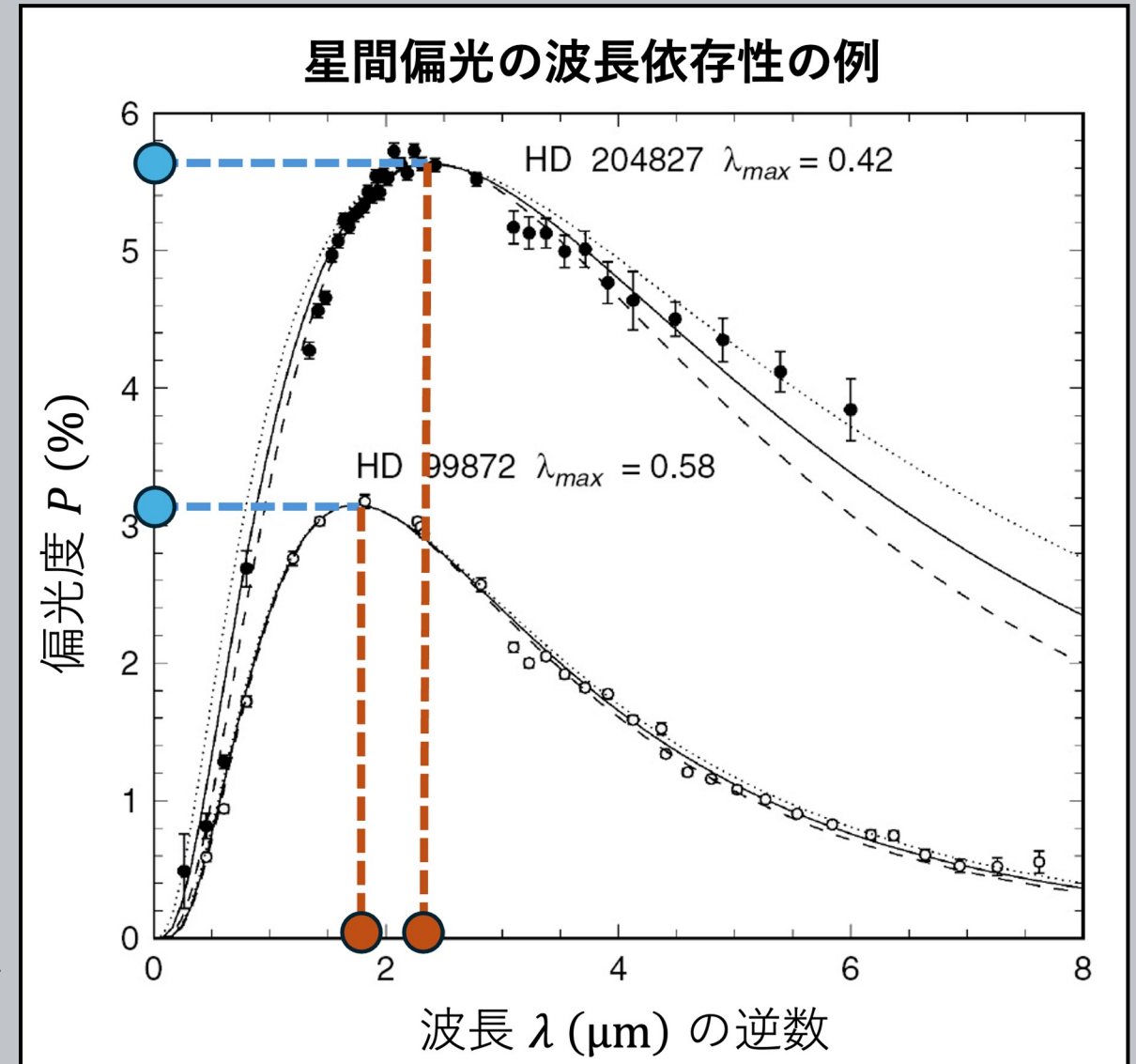
$$\lambda_{\max} \sim 2\pi a(n - 1)$$

a : dielectric cylinders of radius

n : real part of dust refractive index

- λ_{\max} が **大きい** → ダストサイズが **大きい**

// が **小さい** → // が **小さい**



1. Introduction

2. Target Selection & Observations

3. Results & Discussion

4. Summary & Future Work

● Target Selection

1. Cyg OB9 アソシエーション付近の λ_{\max} の分布に興味

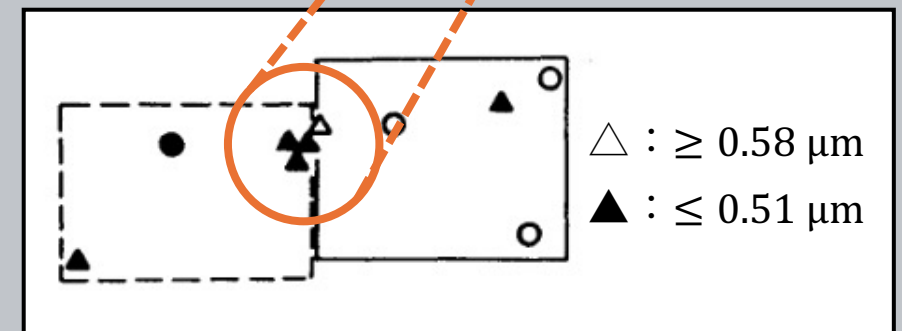
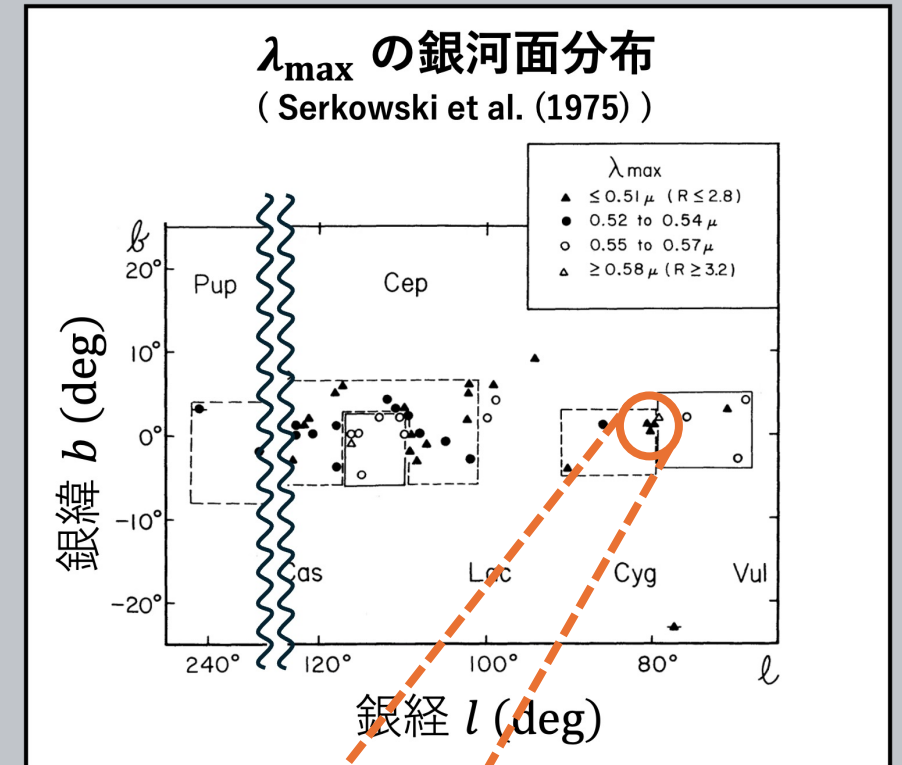
- λ_{\max} が大きいもの(\triangle) と小さいもの(\blacktriangle) が狭い範囲で混在
 - より詳細に見る必要があるのではないか？

2. 大質量星が周囲の環境(e.g., 磁場, ダスト)に与える影響に興味

- 磁場は複雑に曲げられる？
- ダストは紫外線放射によって破壊される？

▶ NGC 6910

- Cyg OB9 アソシエーションに属する
- 大質量星をいくつか含む
- 偏光サーベイは行われていない



● Target Selection

1. Cyg OB9 アソシエーション付近の λ_{\max} の分布に興味

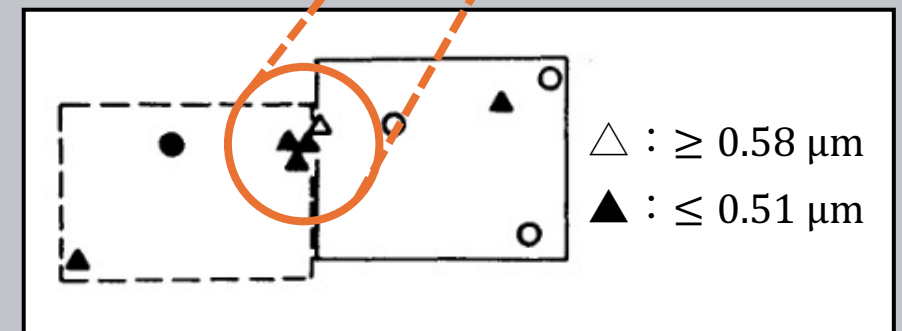
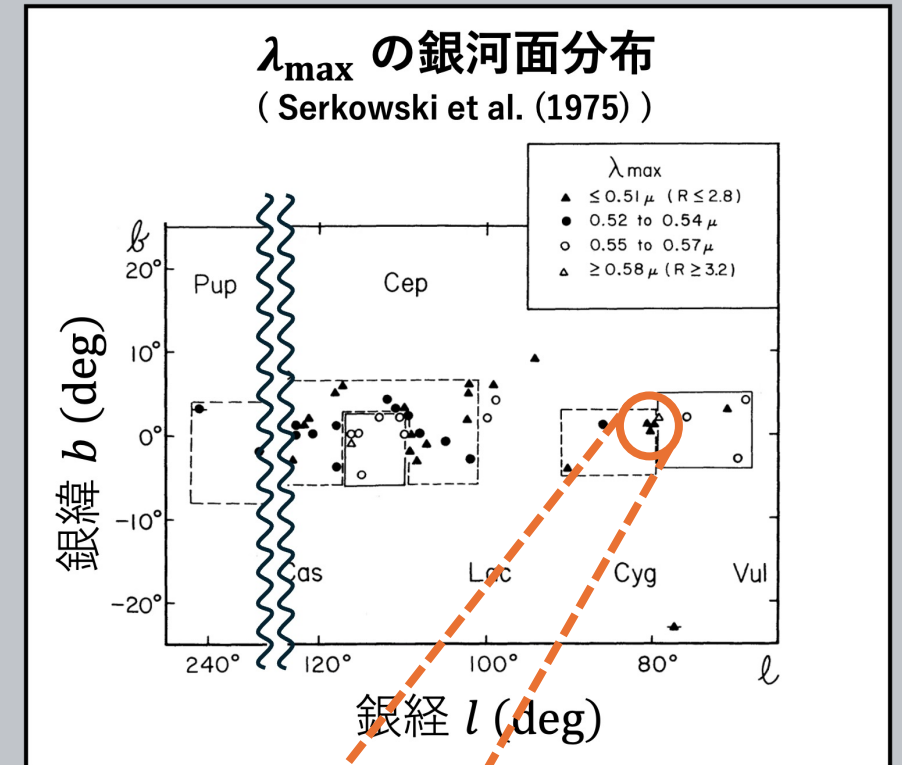
- λ_{\max} が大きいもの(\triangle) と小さいもの(\blacktriangle) が狭い範囲で混在
 - より詳細に見る必要があるのではないか？

2. 大質量星が周囲の環境(e.g., 磁場, ダスト)に与える影響に興味

- 磁場は複雑に曲げられる？
- ダストは紫外線放射によって破壊される？

▶ NGC 6910

- Cyg OB9 アソシエーションに属する
- 大質量星をいくつか含む
- 偏光サーベイは行われていない



● Target Selection

1. Cyg OB9 アソシエーション付近の λ_{\max} の分布に興味

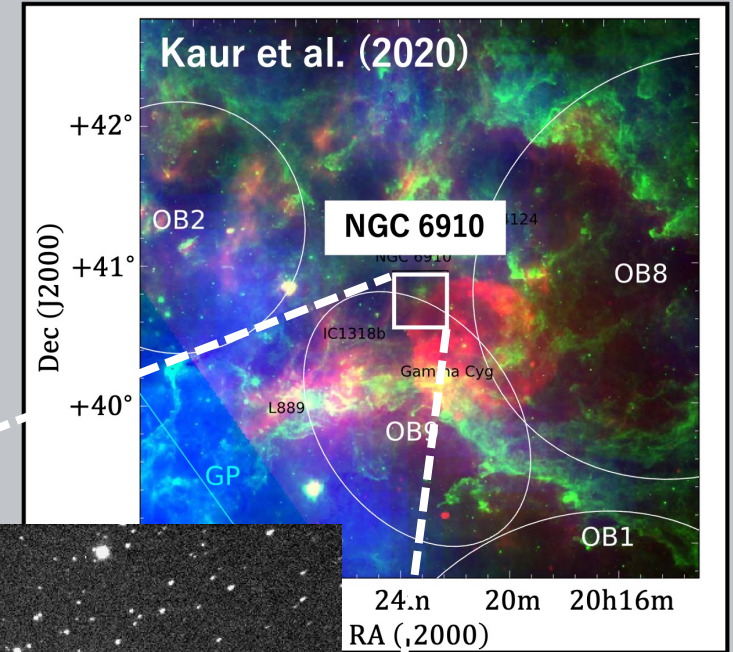
- λ_{\max} が大きいもの(\triangle) と小さいもの(\blacktriangle) が狭い範囲で混在
 - より詳細に見る必要があるのではないか？

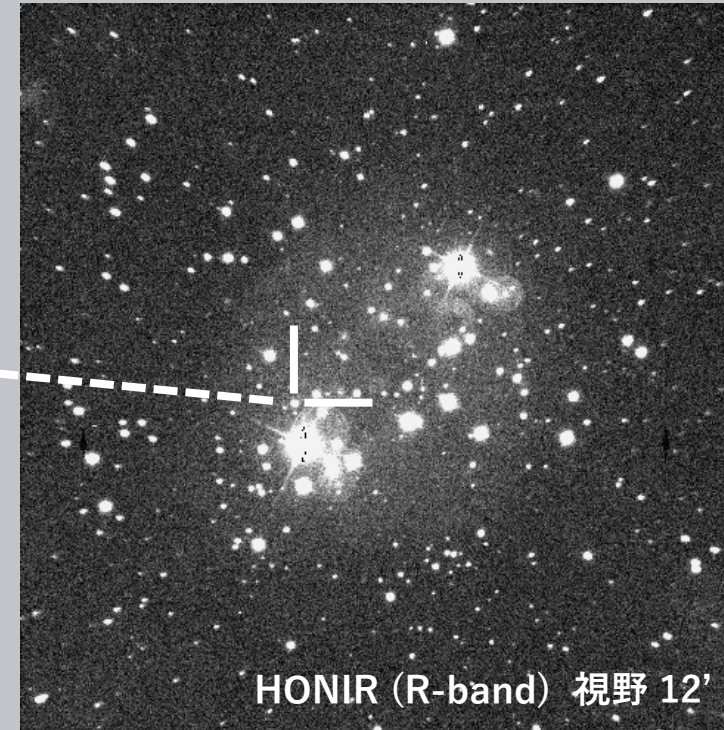
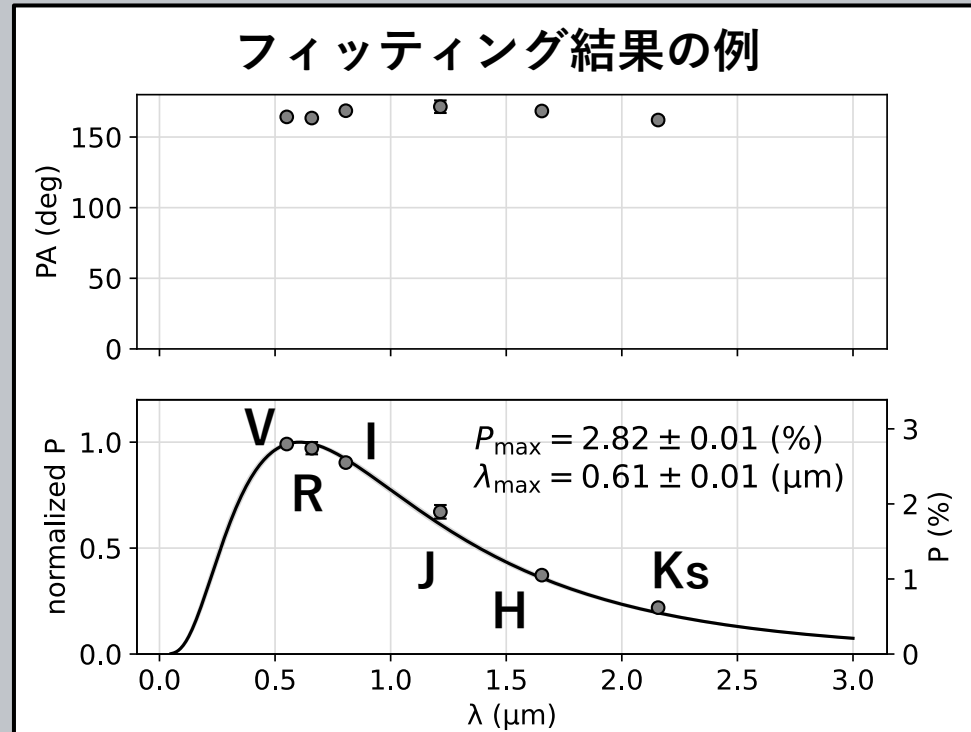
2. 大質量星が周囲の環境(e.g., 磁場, ダスト)に与える影響に興味

- 磁場は複雑に曲げられる？
- ダストは紫外線放射によって破壊される？

▶ NGC 6910

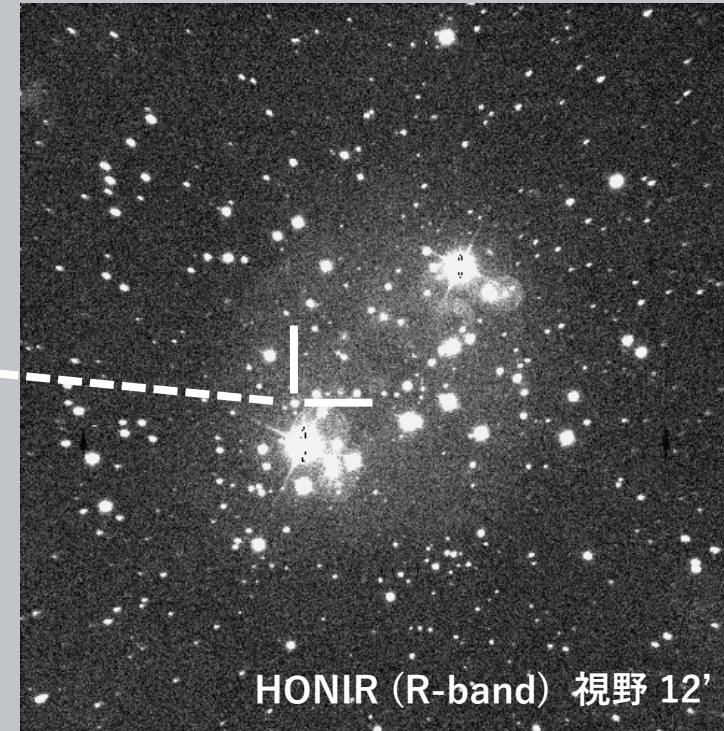
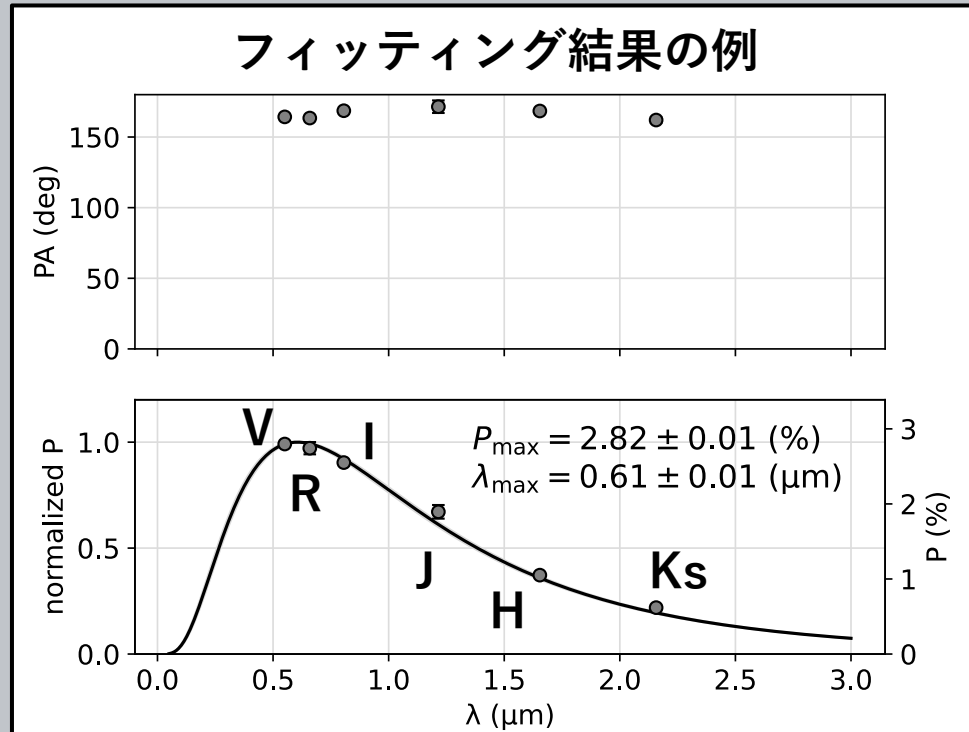
- Cyg OB9 アソシエーションに属する
- 大質量星をいくつか含む
- 偏光サーベイは行われていない





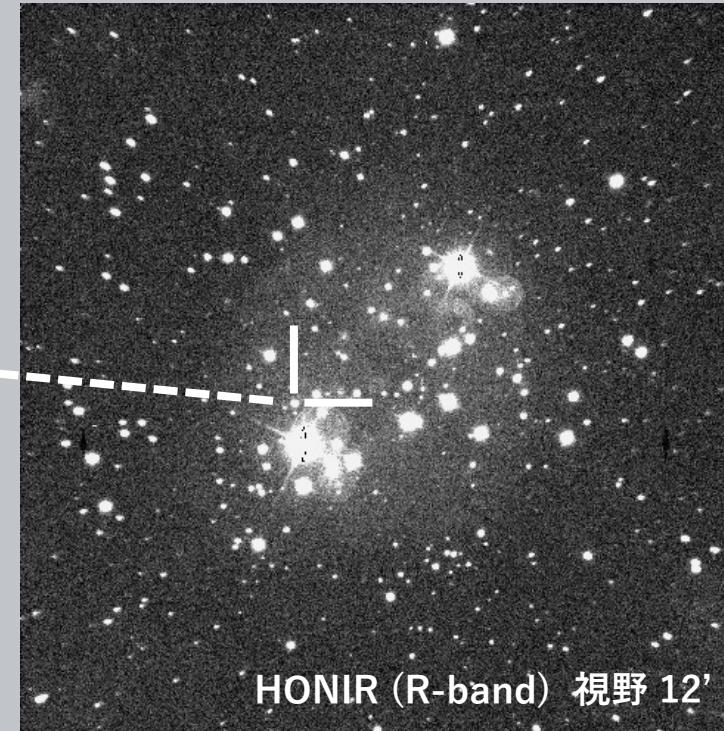
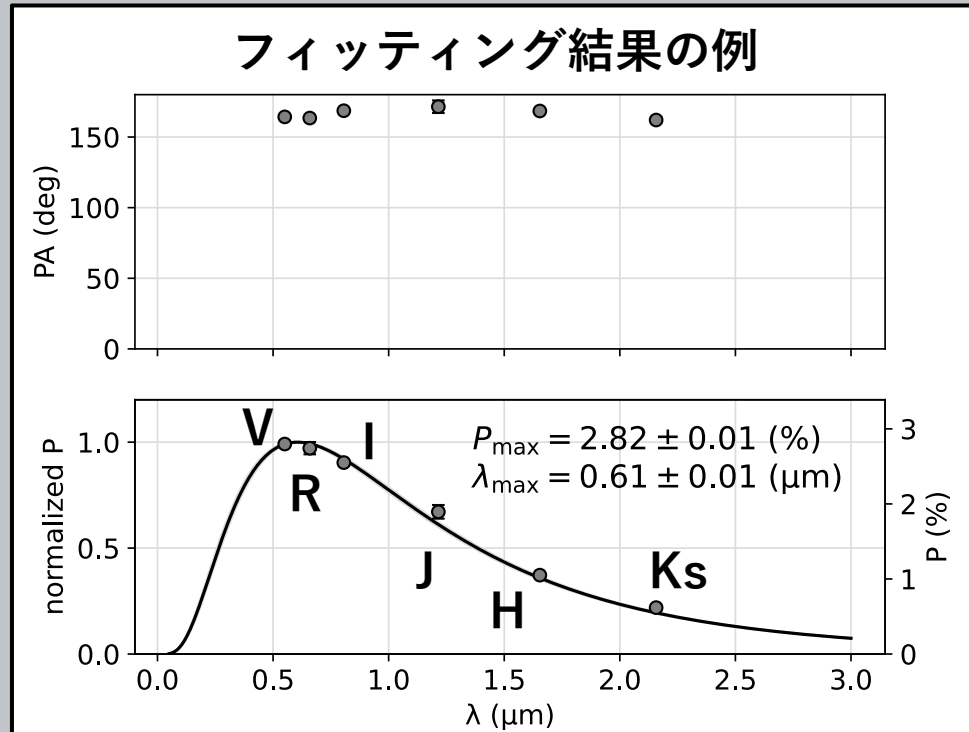
● Observations

- **多バンドでの観測** (6バンド + Bバンド(今回の結果には含まない))
- **豊富なサンプル** (1バンドあたり200~400個)
- **Gaia Data Release 3** (DR3; Gaia Collaboration et al. 2023)
 - 奥行き情報の付与



● Observations

- **多バンドでの観測** (6バンド + Bバンド(今回の結果には含まない))
- **豊富なサンプル** (1バンドあたり200~400個)
- **Gaia Data Release 3** (DR3; Gaia Collaboration et al. 2023)
 - 奥行き情報の付与



● Observations

- **多バンドでの観測** (6バンド + Bバンド(今回の結果には含まない))
- **豊富なサンプル** (1バンドあたり200~300個)
- **Gaia Data Release 3** (DR3; Gaia Collaboration et al. 2023)
 - 奥行き情報の付与

1. Introduction

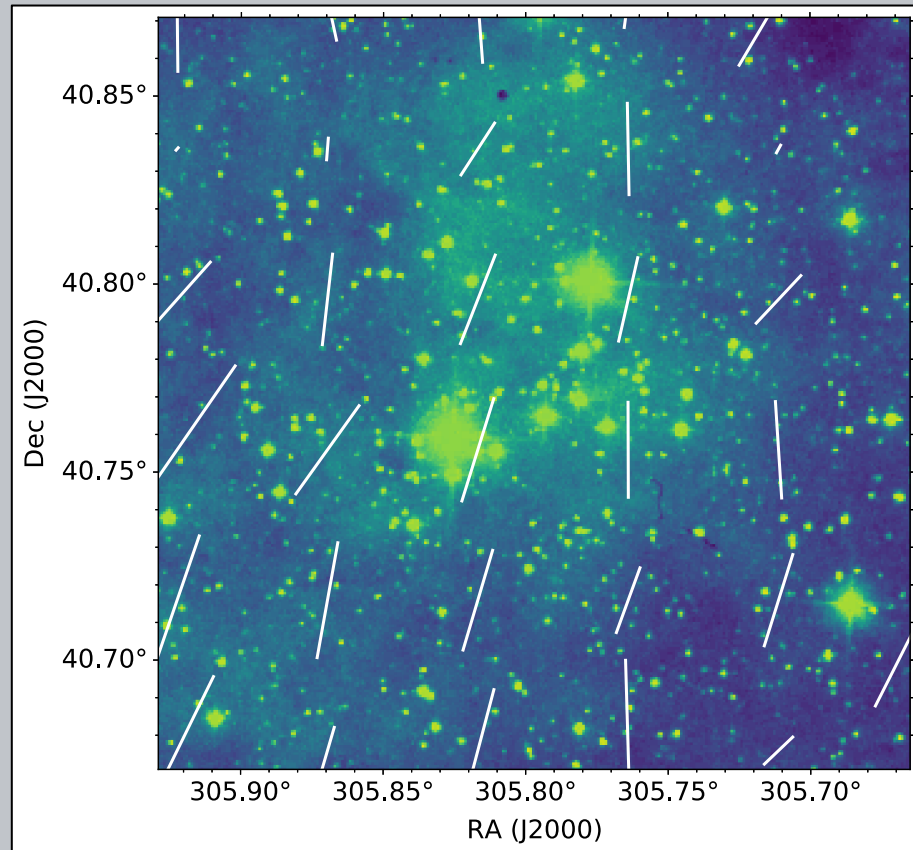
2. Target Selection & Observations

3. Results & Discussion

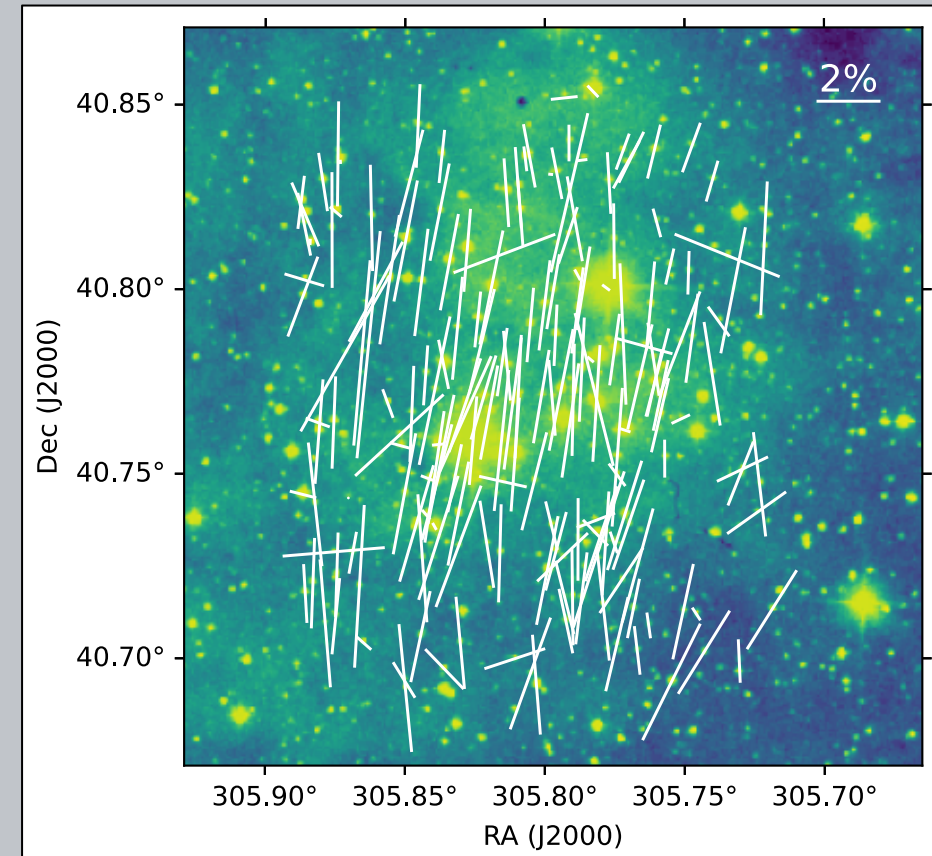
4. Summary & Future Work

● 磁場構造

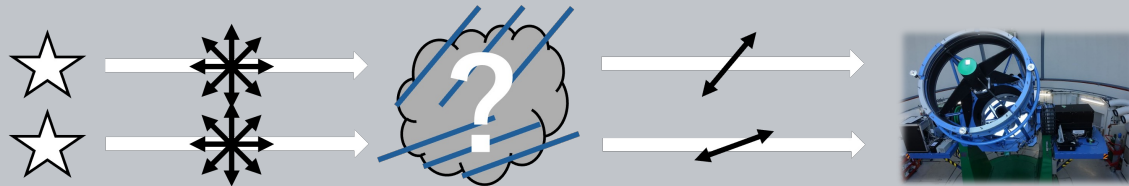
- Planck衛星
 - traced by submillimeter polarimetry (@ 353 GHz)



- 本研究の観測結果
 - traced by R-band polarimetry
 - 詳細な磁場構造が得られた

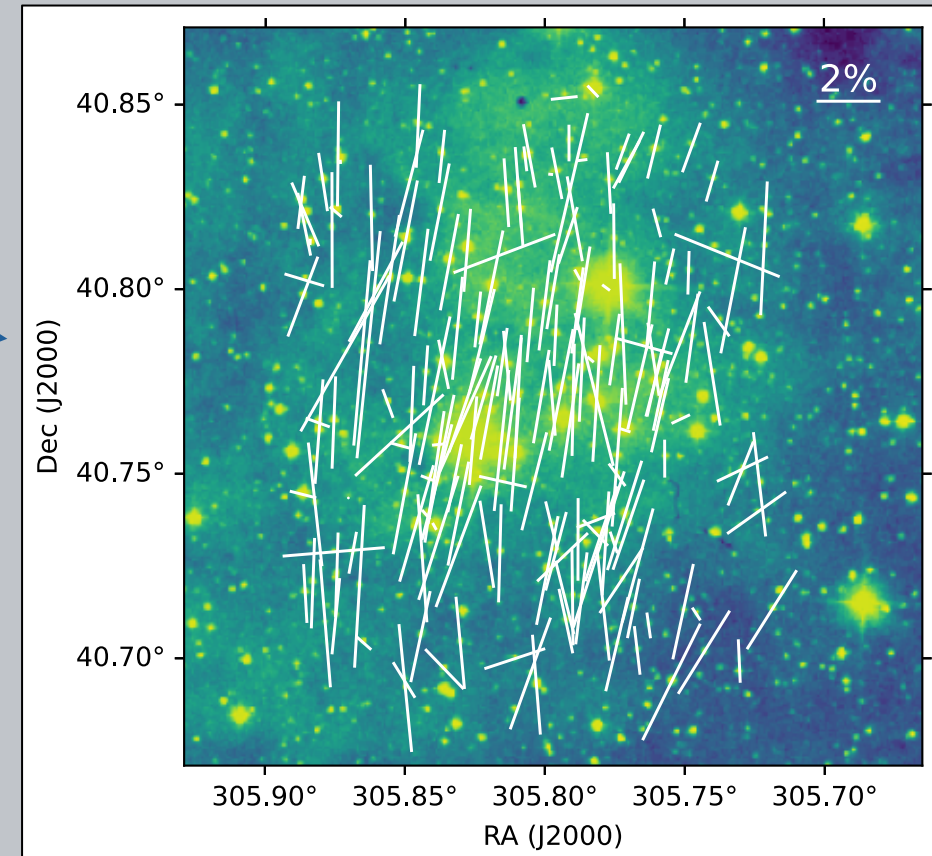


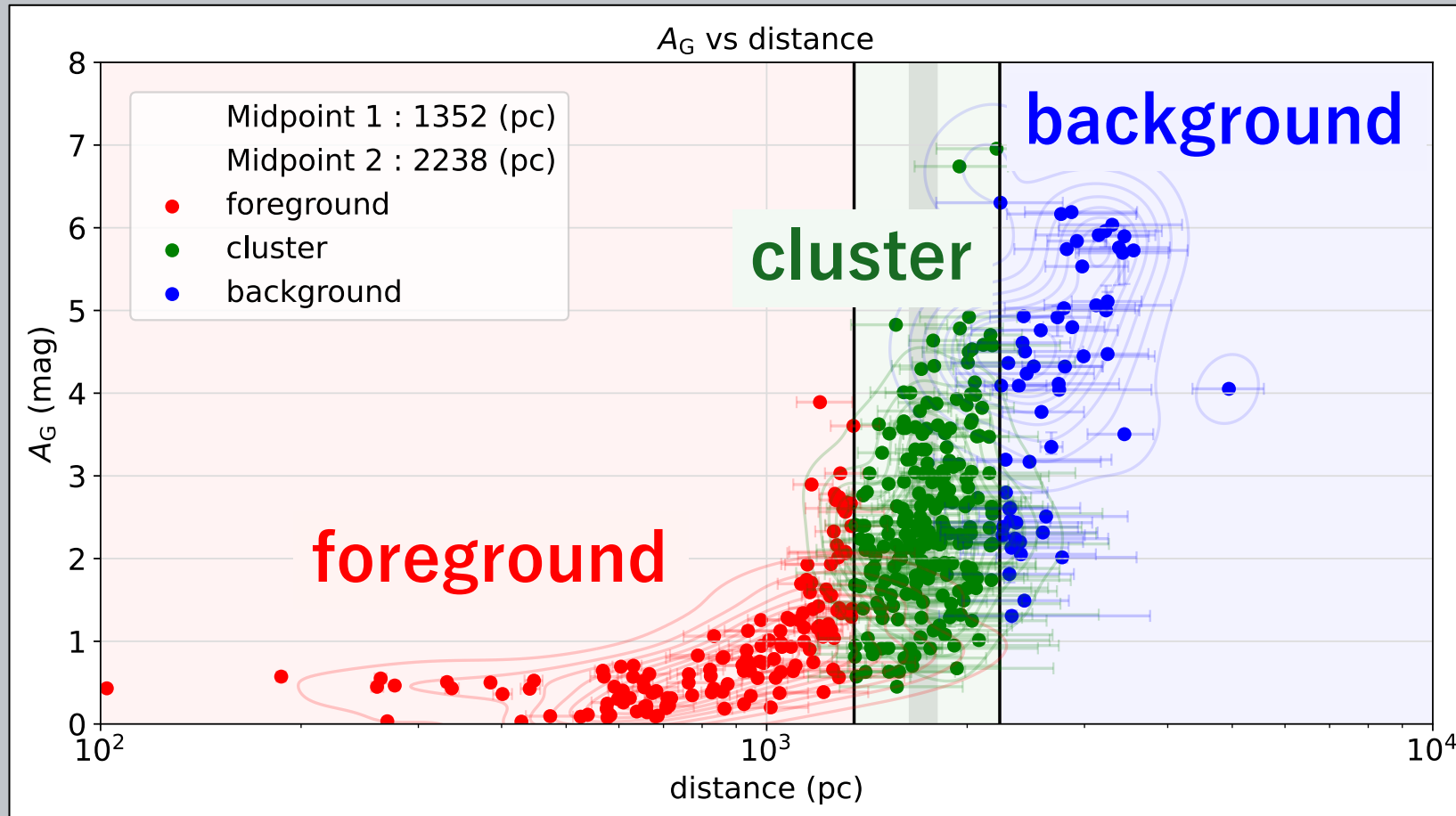
● 磁場構造



- 視線方向に積分された磁場構造
 - 距離ごとに異なる磁場構造をもつ?
- 距離範囲別でグループ化する

- 本研究の観測結果
 - traced by R-band polarimetry



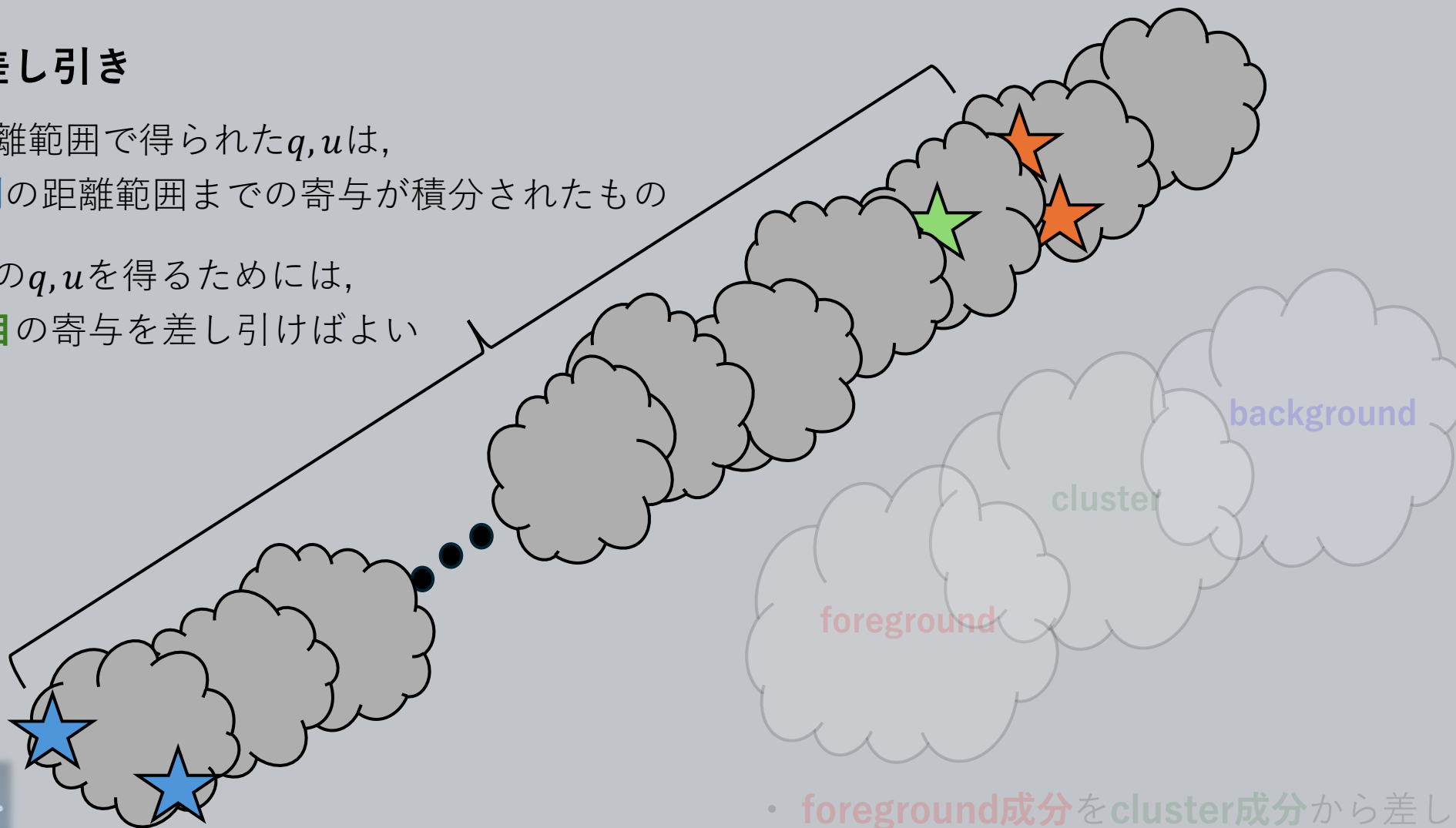


● A_G の距離依存性

- Gaiaから得られる観測領域内の(A_G を持つ)416個の星
 - 3つにクラスタリングし, 各クラスタの重心点間の中点を境界として分ける

● 前景成分の差し引き

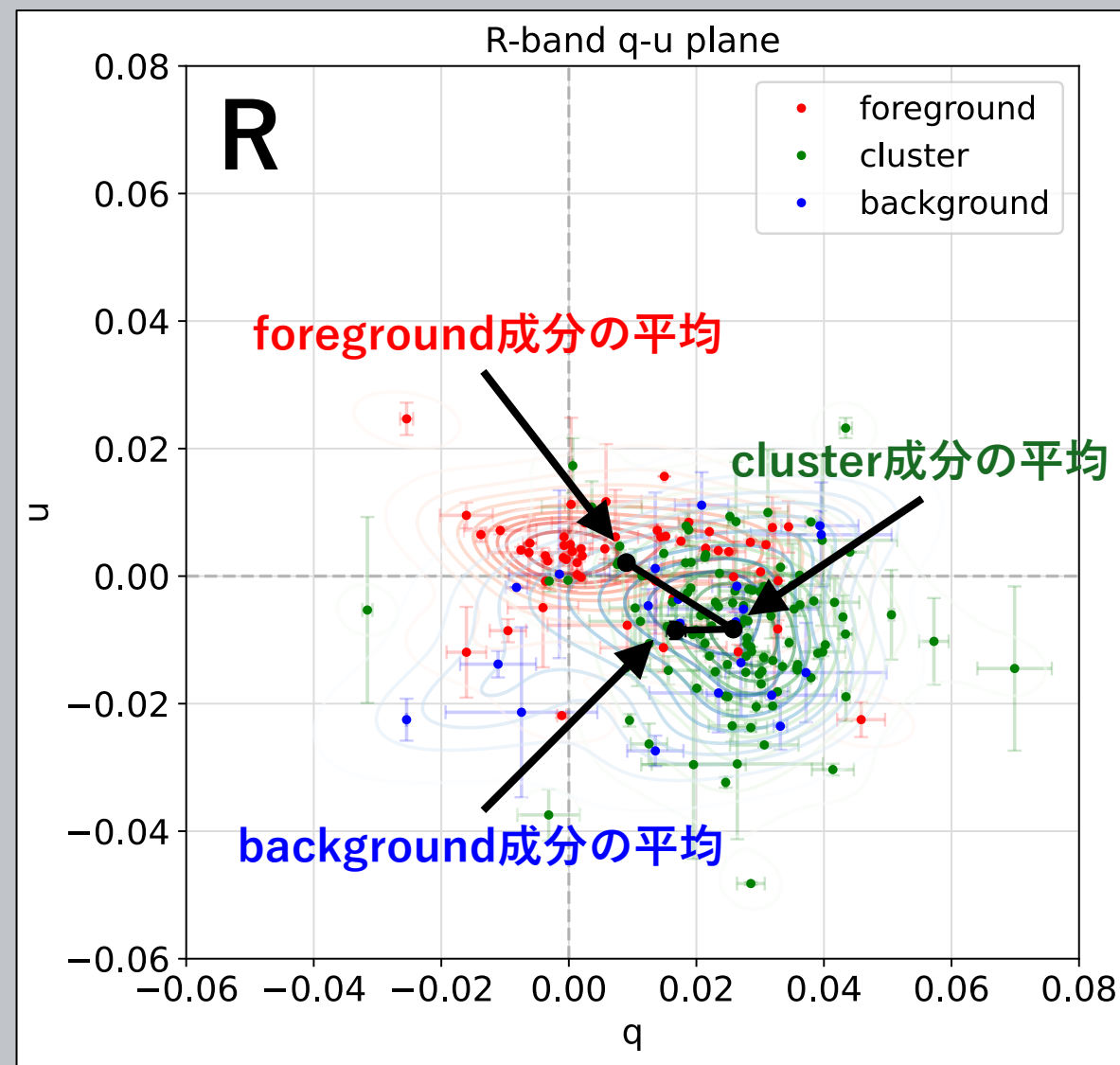
- n 番目の距離範囲で得られた q, u は,
最も手前側の距離範囲までの寄与が積分されたもの
- n 番目固有の q, u を得るためには,
 $(n - 1)$ 番目の寄与を差し引けばよい

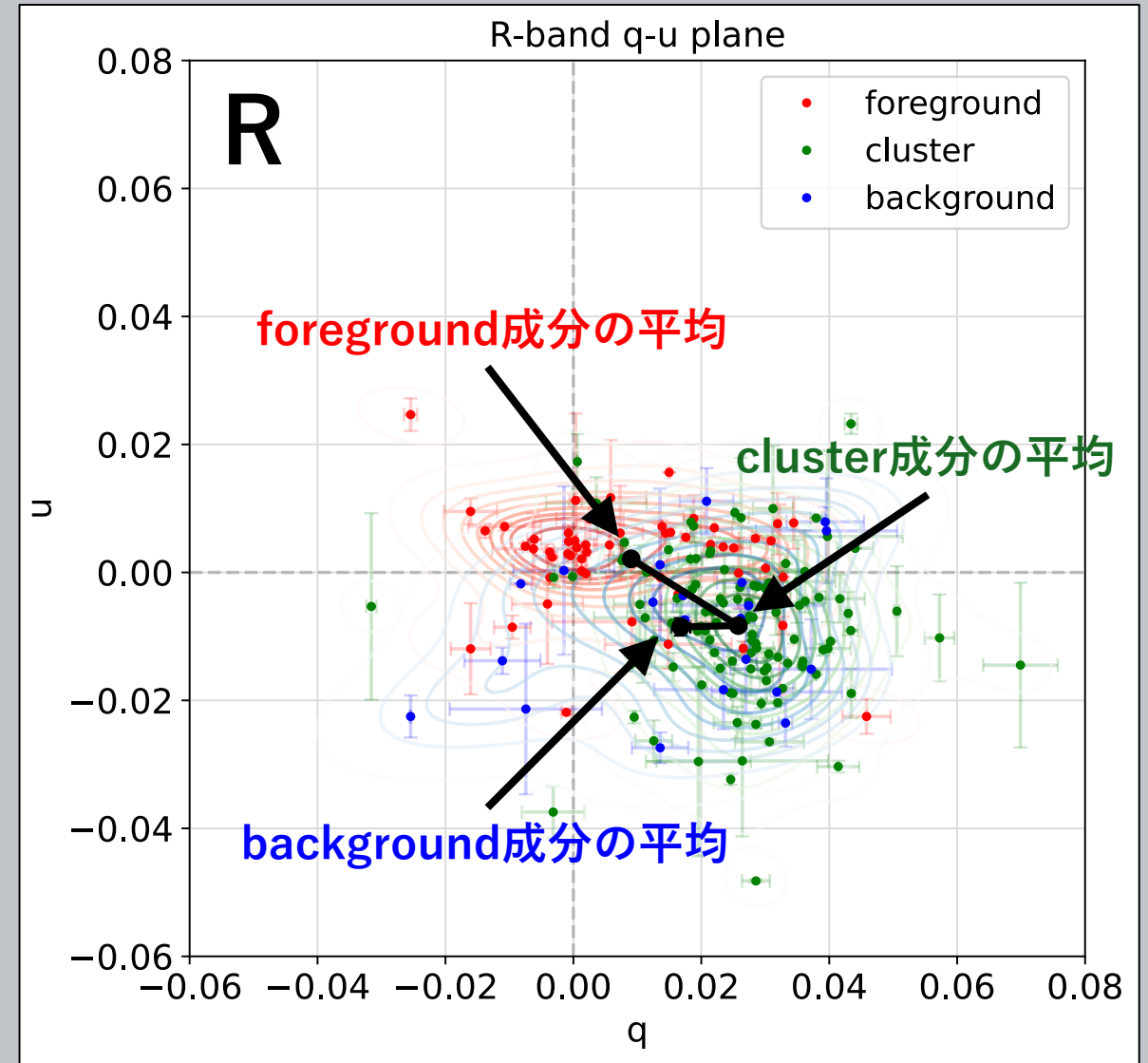
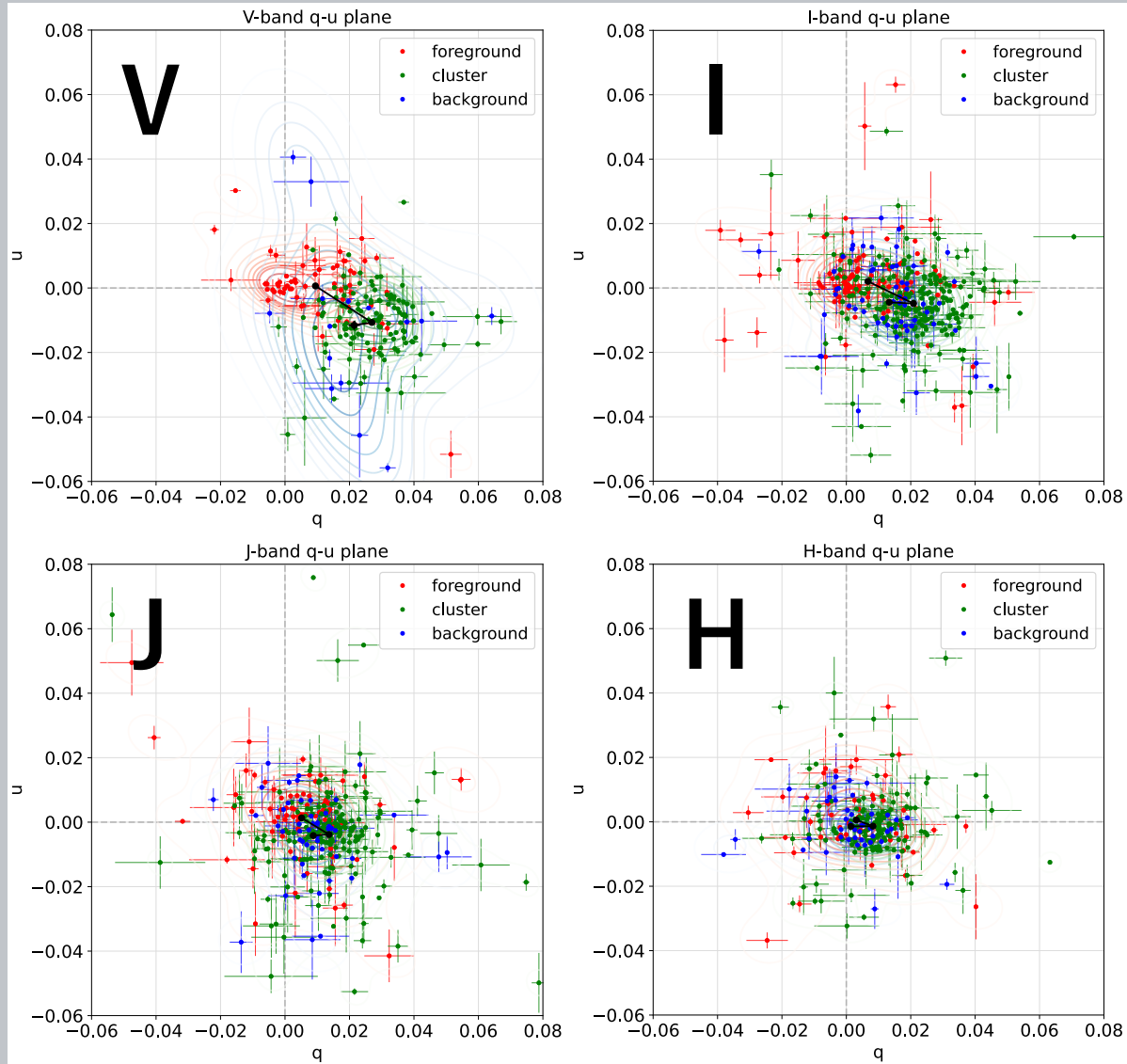


- foreground成分をcluster成分から差し引き,
- cluster成分をbackground成分を差し引く

● q - u 平面上での分布(R-band)

- **foreground**, **cluster**, **background** それぞれの q, u の平均値(右図の ●)を求める
 - 平均値を使って, 前景成分の差し引きを行う

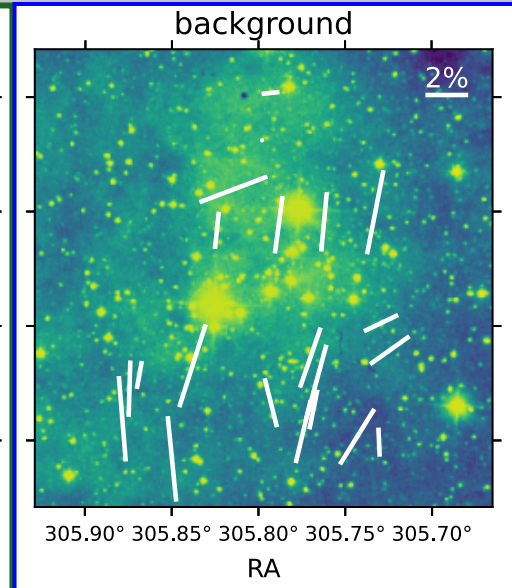
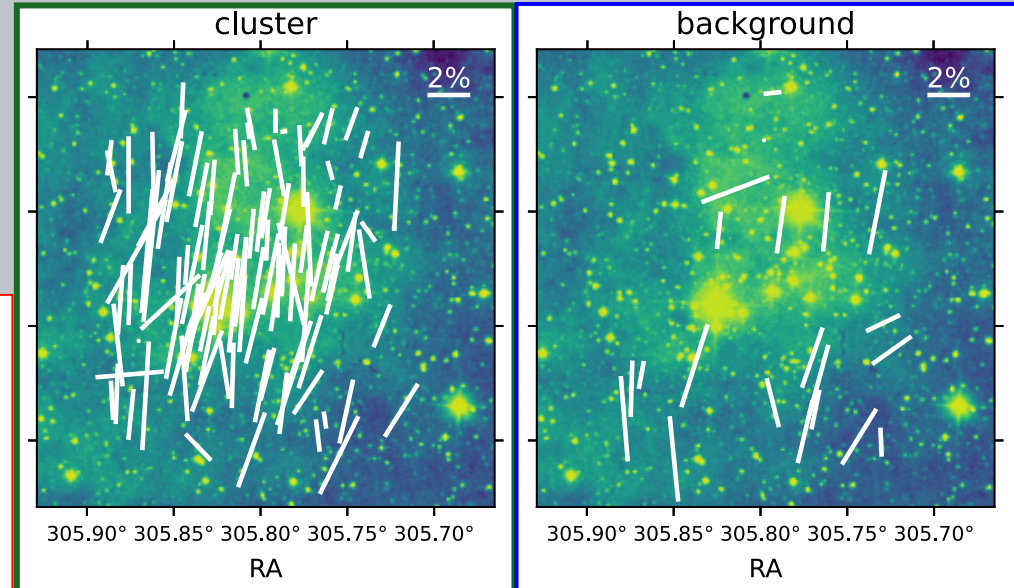
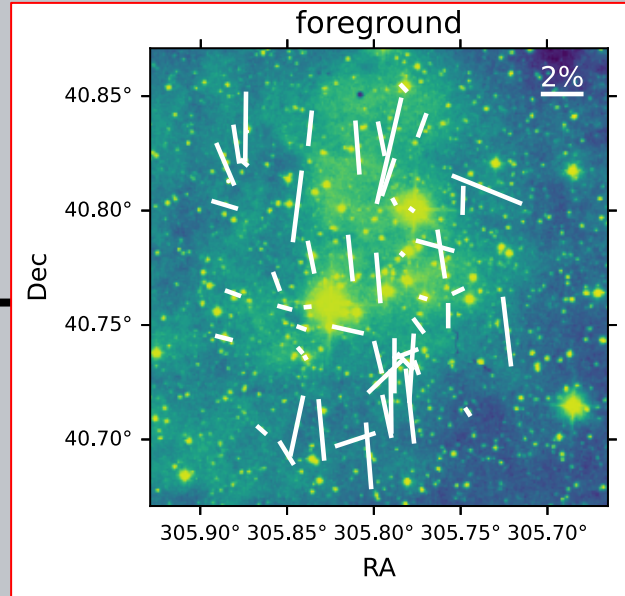




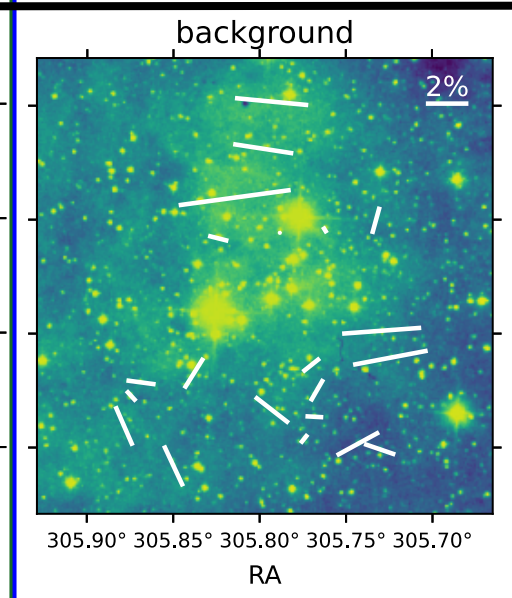
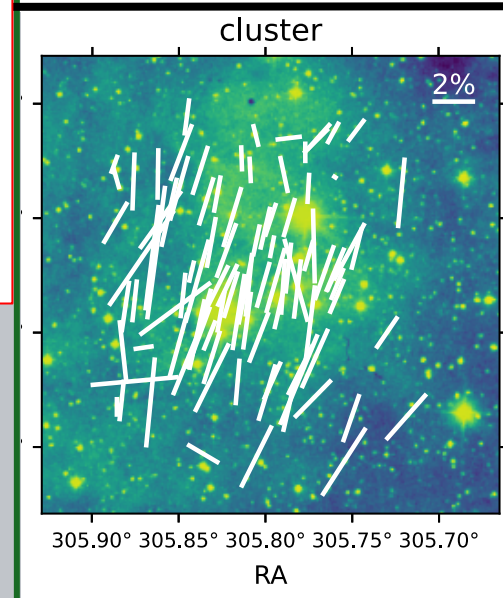
● 各距離範囲固有の磁場構造

差し引き

前



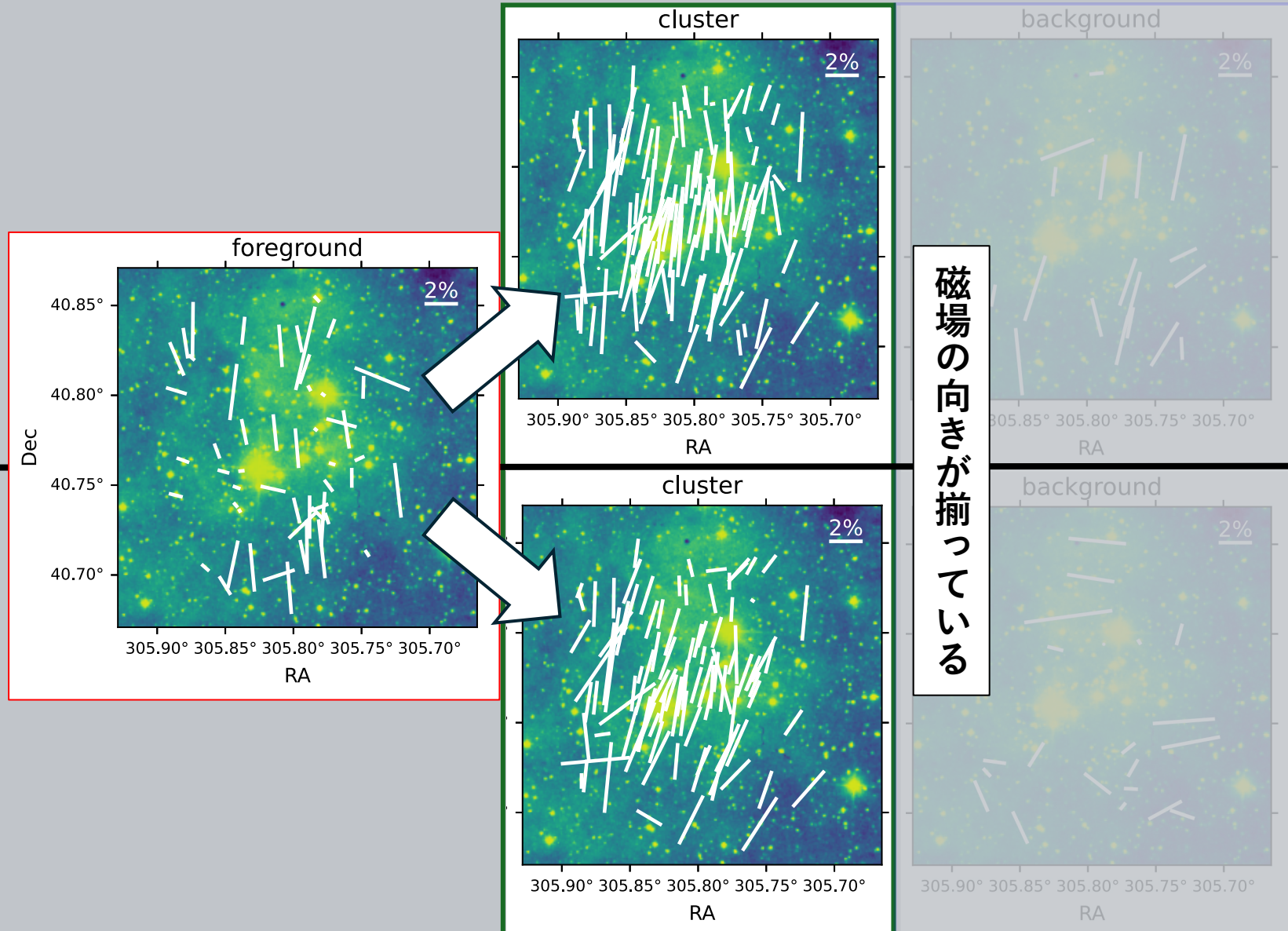
後



● 各距離範囲固有の磁場構造

差し引き

前



後

磁場の向きが揃っている

● 各距離範囲固有の磁場構造

差し引き

前



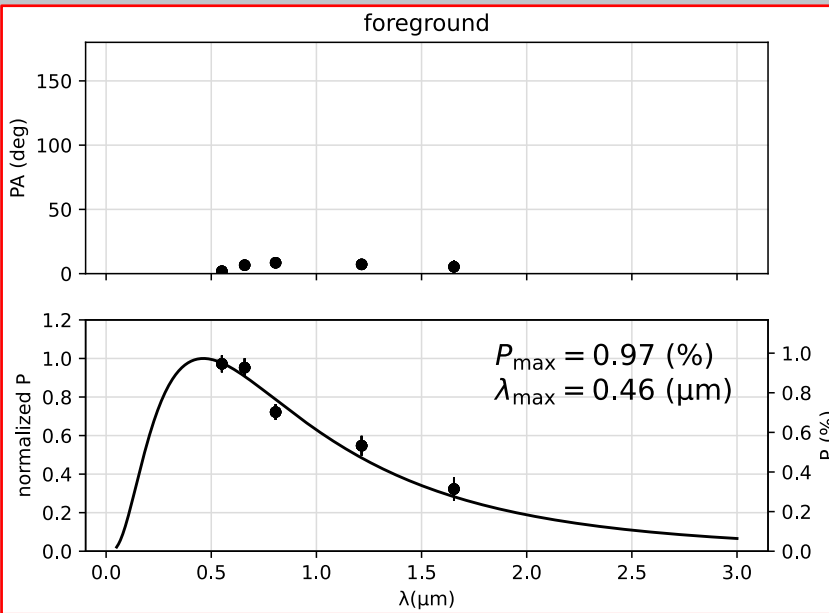
横向き成分がより顕著に

縦向き成分は差し引きにより小さく

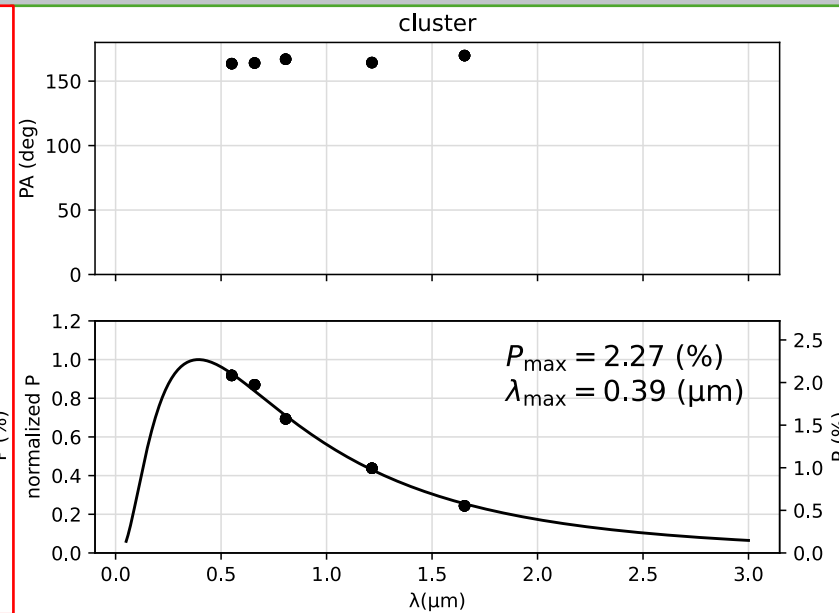
後



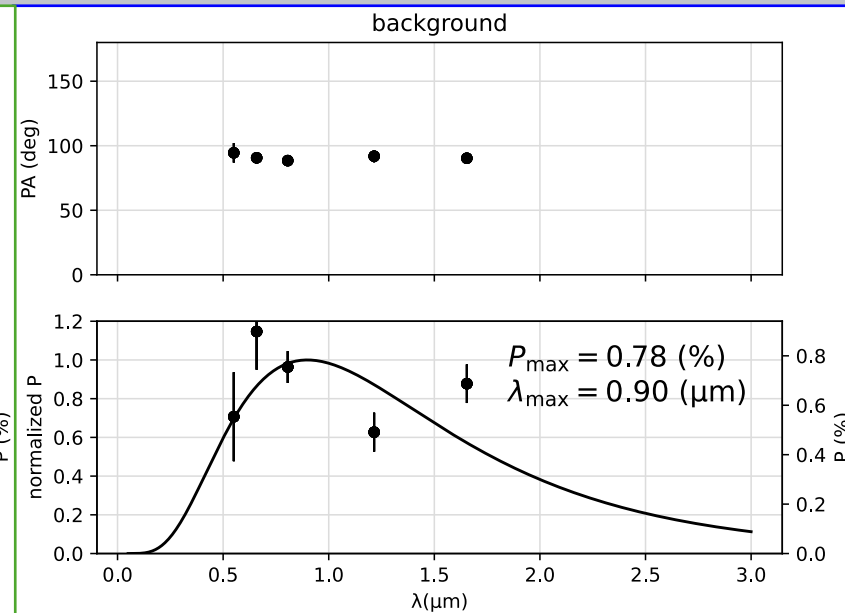
● 偏光度の波長依存性 (各距離範囲の平均)



foreground

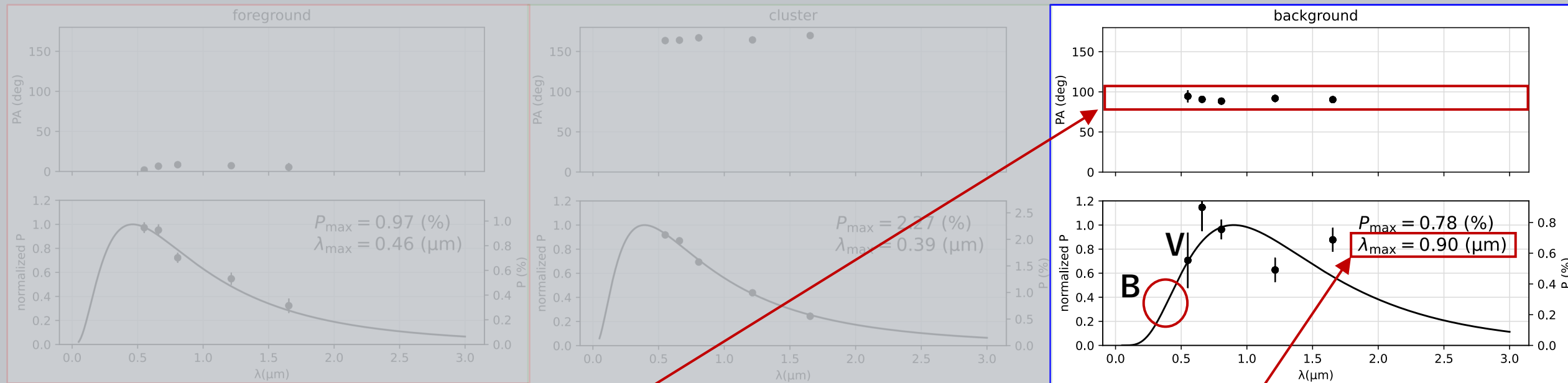


cluster



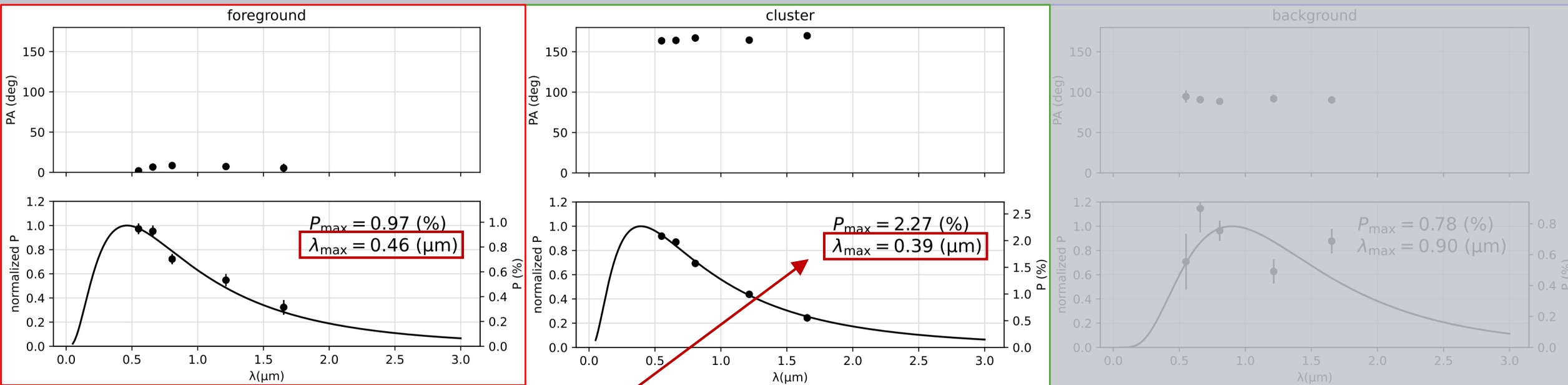
background

● 偏光度の波長依存性 (各距離範囲の平均)



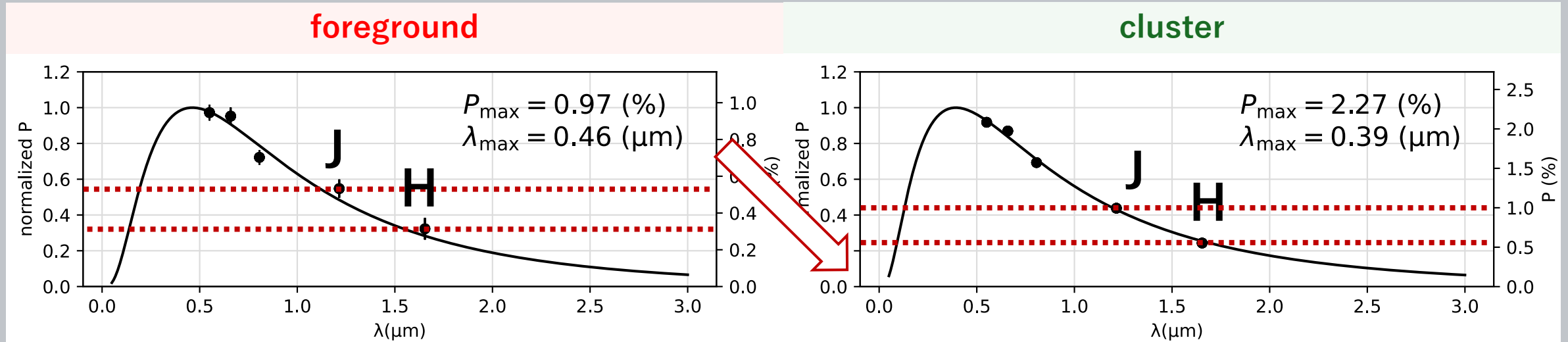
- 各バンドで偏光方位角が90度で揃っている
 - **background**では横向きの磁場構造
- λ_{\max} が大きい(ダストサイズが大きい)と言える？
 - V-bandの P が落ちているから
 - B-bandがどの位置にくるかで決まる

● 偏光度の波長依存性 (各距離範囲の平均)



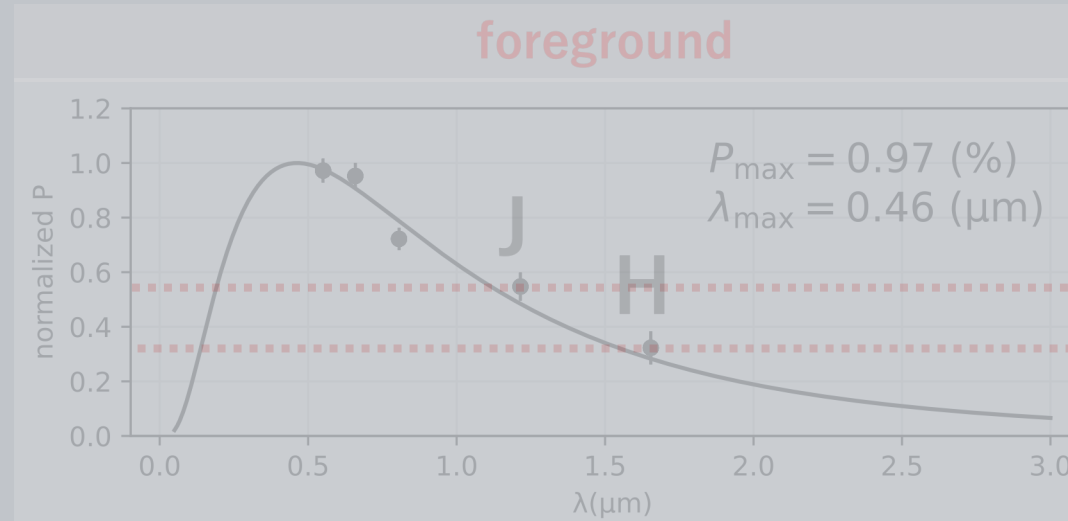
- clusterのほうが λ_{\max} が小さい
 - ただ形としての違いは微妙

● foregroundとclusterの違いについて



- J-bandとH-bandを比べると, clusterのほうが P が小さい
- 各バンド間の P の比をとる
 - 右上がりの傾向
 - 長波長側(カーブの裾)が落ちる \rightarrow カーブ全体が左へシフト
 - clusterでは λ_{max} が小さくなる

● foregroundとclusterの違いについて



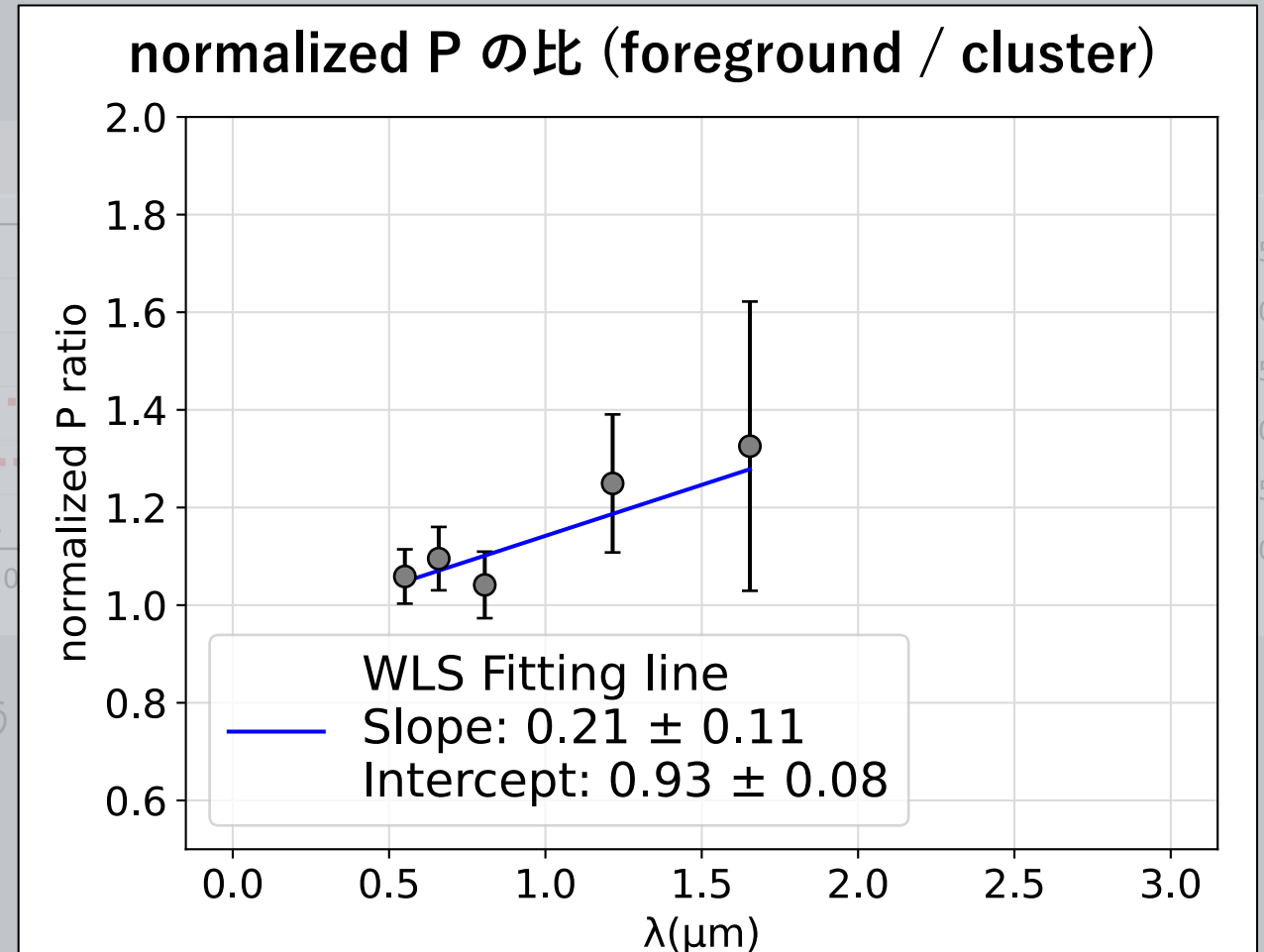
• J-bandとH-bandを比べると, clusterのほうが

• 各バンド間の P の比をとる

- 右上がりの傾向

- 長波長側(カーブの裾)が落ちる → カーブ全体が左へシフト

- **clusterでは λ_{\max} が小さくなる**



1. Introduction
2. Target Selection & Observations
3. Results & Discussion
4. Summary & Future Work

● Summary

- NGC 6910の奥行きを含めた詳細な磁場構造が明らかとなった
 - backgroundでは他の領域と異なる磁場構造であった
 - cluster領域ではほぼ一方向に揃っていた
- 偏光度の波長依存性から, clusterのダストサイズが小さいことが明らかとなった

● Future Work

- 磁場構造について
 - なぜclusterでは磁場が揃うのか, backgroundとの違いは
- ダストサイズについて
 - なぜclusterでは小さいのか
- 星団の中心に位置するO型星との関わりから要因を探る
 - 磁場構造はO型星によるガスの掃き出しに関係?
 - 紫外線放射でダストが破壊?