

2012年日本天文学会春季年会記者発表

形成されつつある惑星の兆候を捉えた

～すばる望遠鏡による新たな発見～

発表者

森田彩佳・百瀬宗武（茨城大大学院・理工学研究科）

橋本淳（自然科学研究機構国立天文台・光赤外研究部）

共同研究者

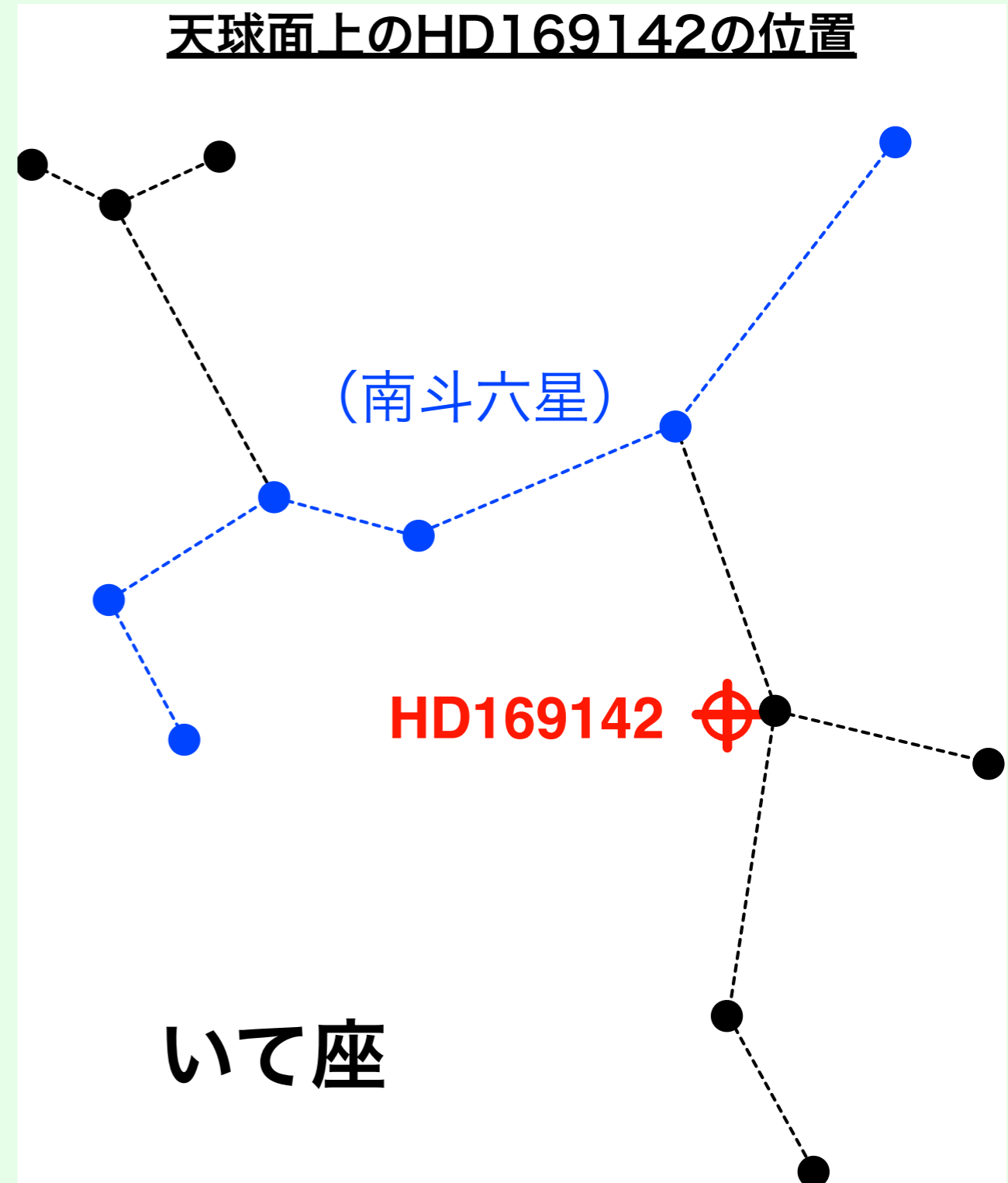
岡本美子（茨城大学理学部）， 深川美里（大阪大学大学院理学研究科），

本田充彦（神奈川大学理学部）， 田村元秀（国立天文台光赤外研究部）

SEEDS/HiCIAO/AO188チーム

HD169142の紹介

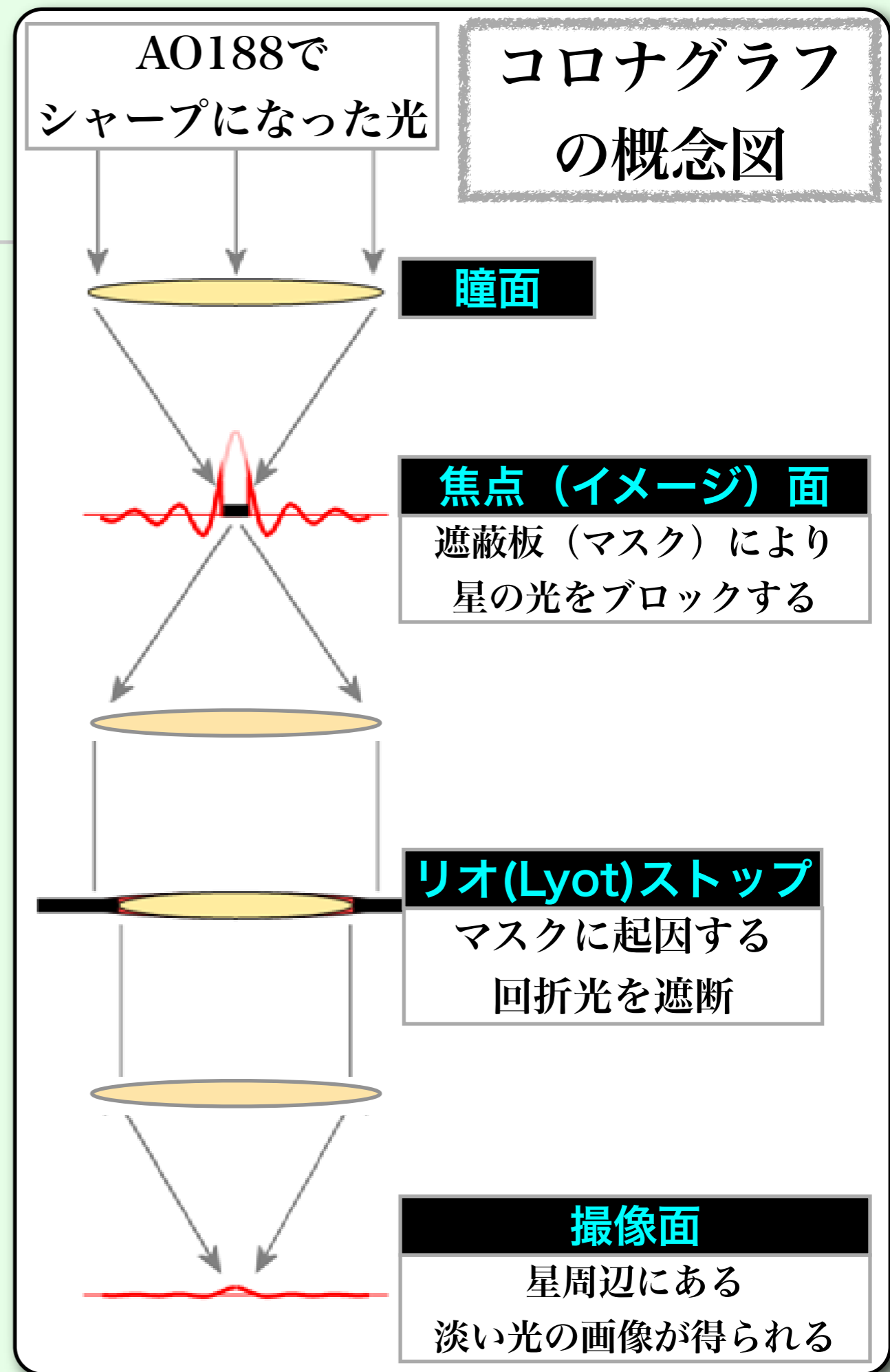
- 質量：太陽の2倍
- 年齢：600万年程度
 - やや年齢が古い，水素核融合を起こす前段階にある星（前主系列星）
- 地球からの距離：470光年
- 過去の観測
 - 回転するガス円盤の存在
 - 星近傍に半径約20天文単位（20AU）の“穴”がある間接証拠



HiCIAOの特徴(1)

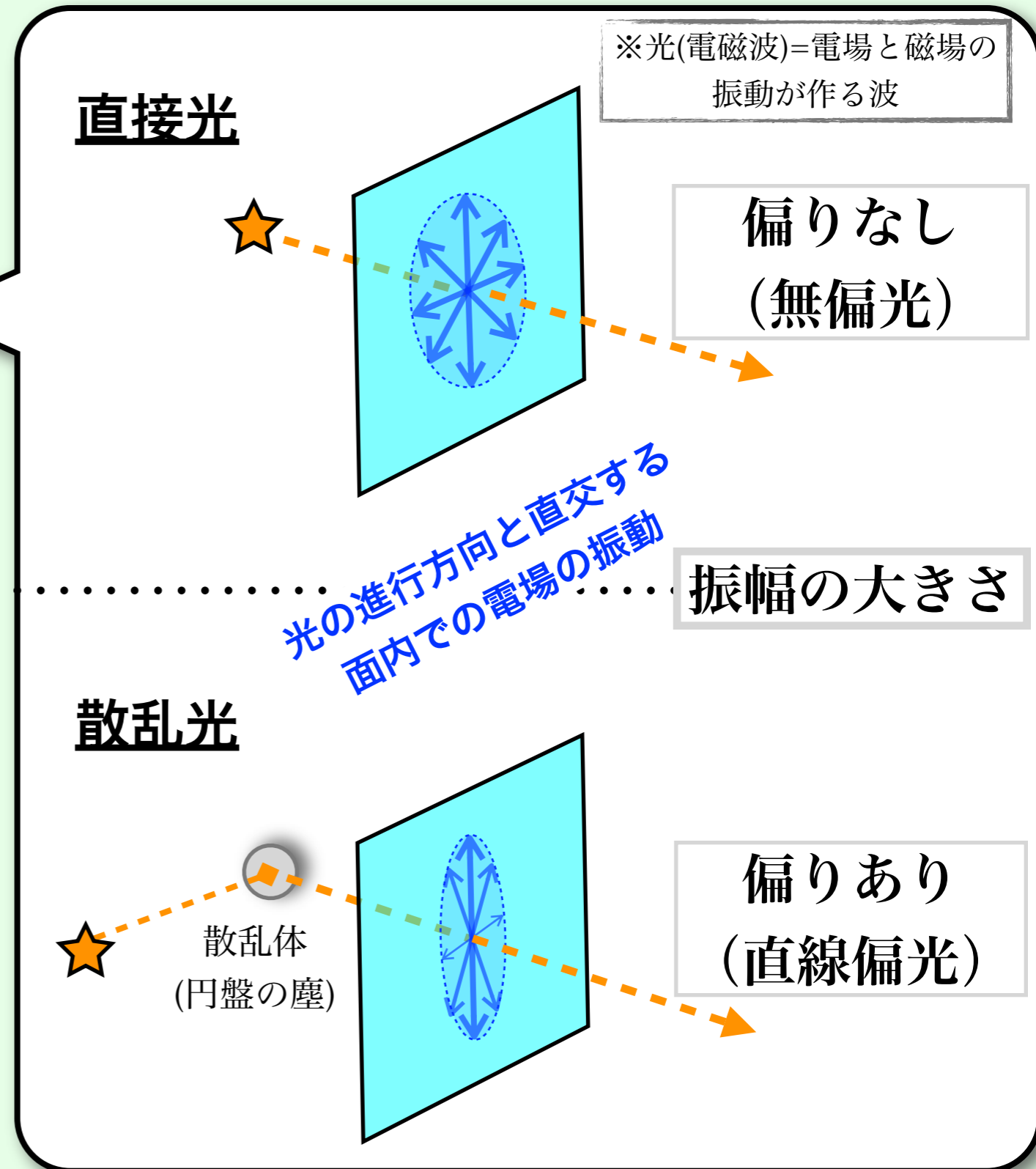
コロナグラフ

- 地球大気による像の揺らめきを高い精度・実時間で補正できる新型の補償光学システム(AO188)と連動
- 差分光学系（光を途中で2成分に分け、両者の共通成分や差を取得する光学系）を採り入れ、装置起源の画像の劣化を最小化
- かつてない小型なマスクにより星のごく近傍(内域)領域まで、円盤撮像や惑星探査が可能に

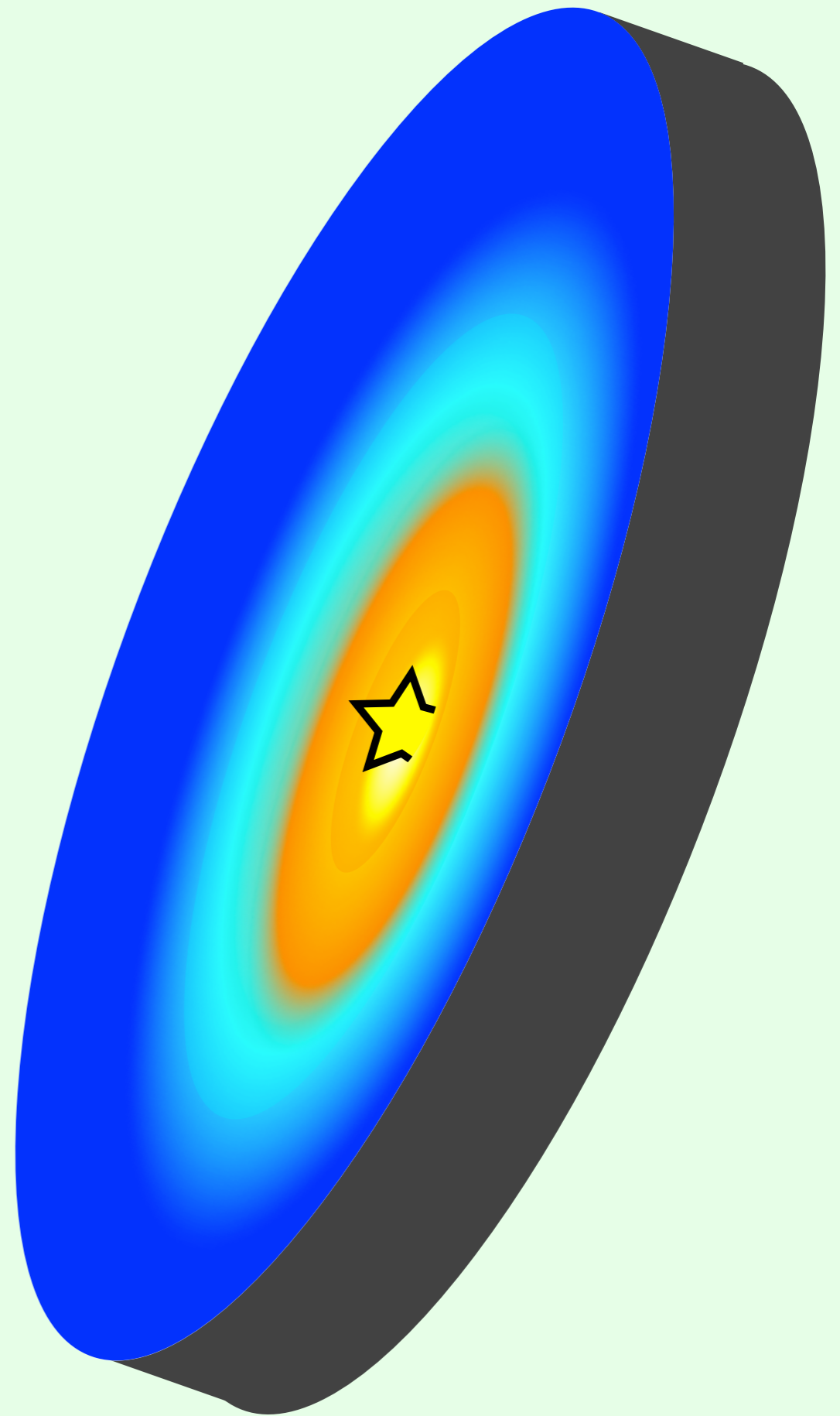


HiCIAOの特徴(2) 偏光の検出

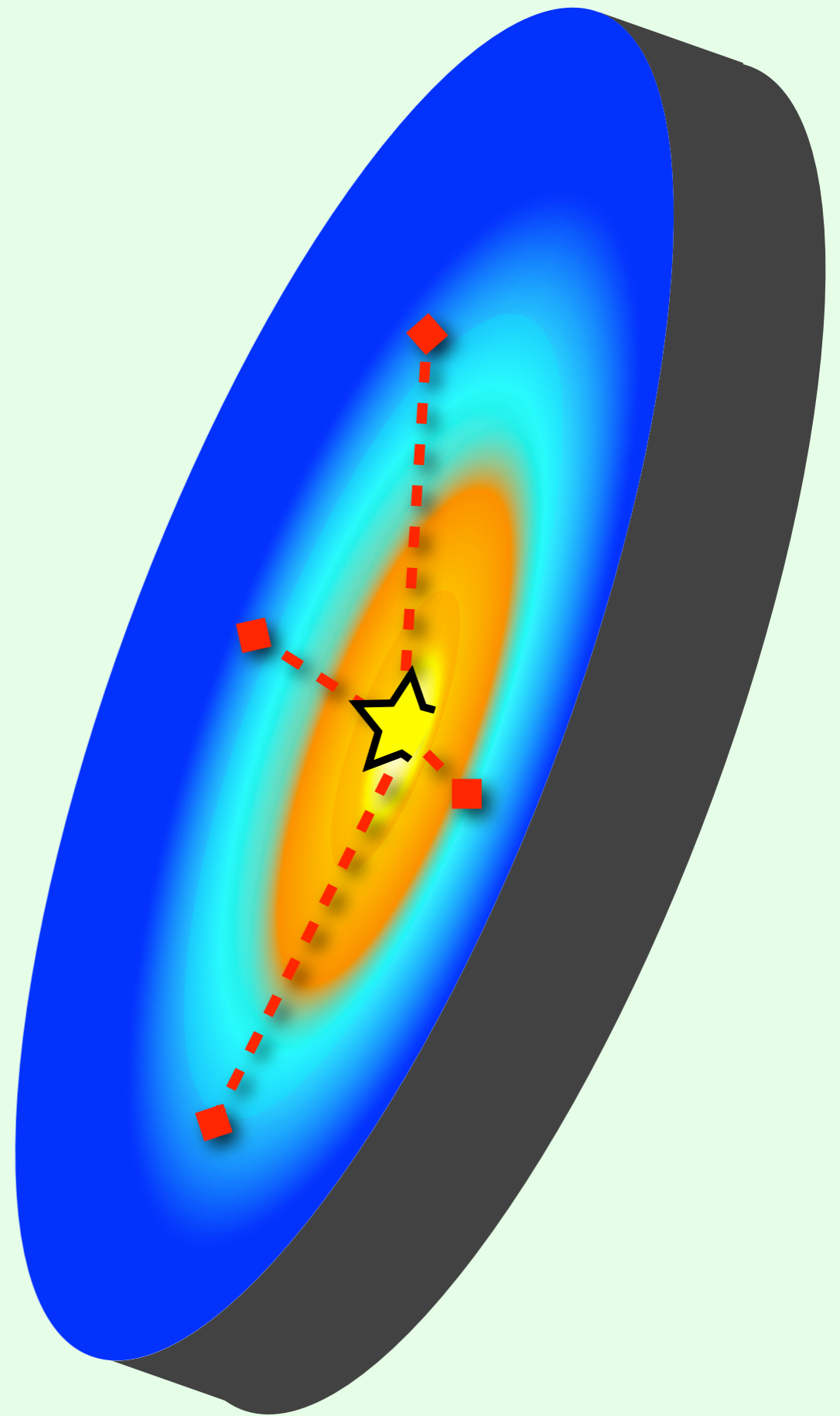
- 円盤起源の波長が短い赤外線
= 星の光を散乱したもの
- 散乱光は「偏光」している
- 今回のHiCIAOによる観測
差分光学を活用した偏光検出
 - 円盤散乱光を効率良く撮像
- 以下, 本発表で示す結果は,
偏光成分強度(PI)である



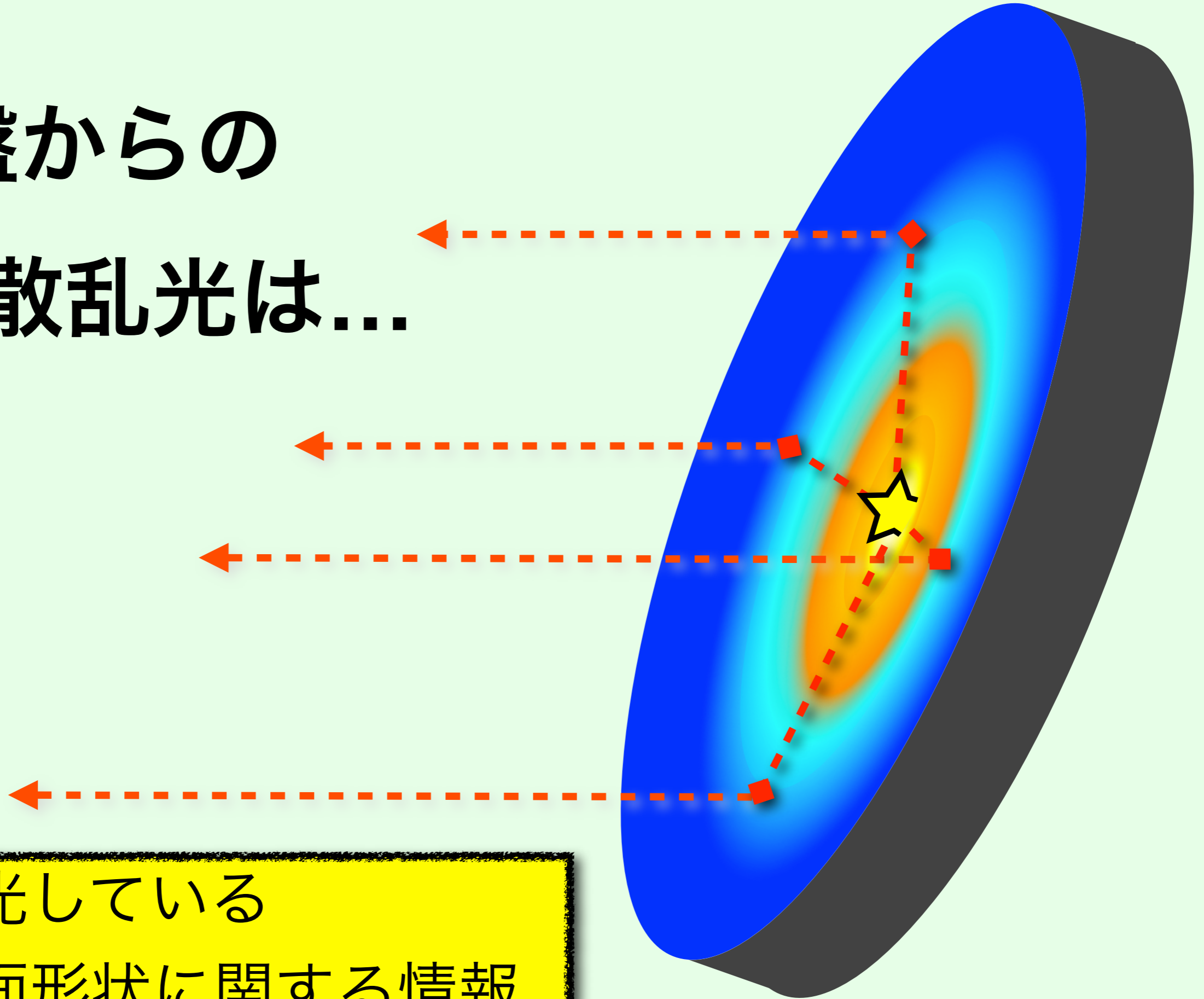
円盤からの 赤外散乱光は...



円盤からの 赤外散乱光は...



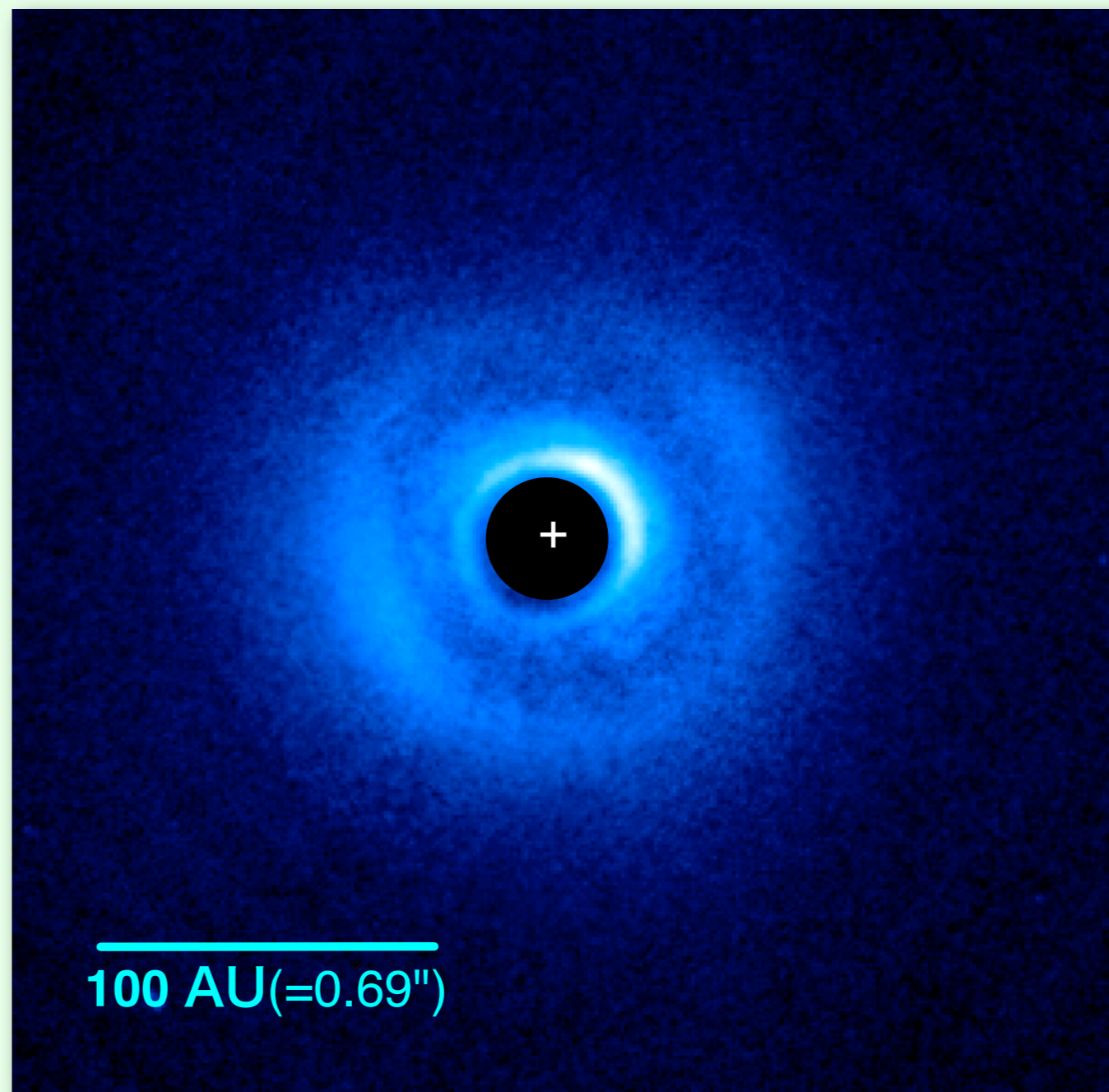
円盤からの 赤外散乱光は...



- ・ 偏光している
- ・ 表面形状に関する情報

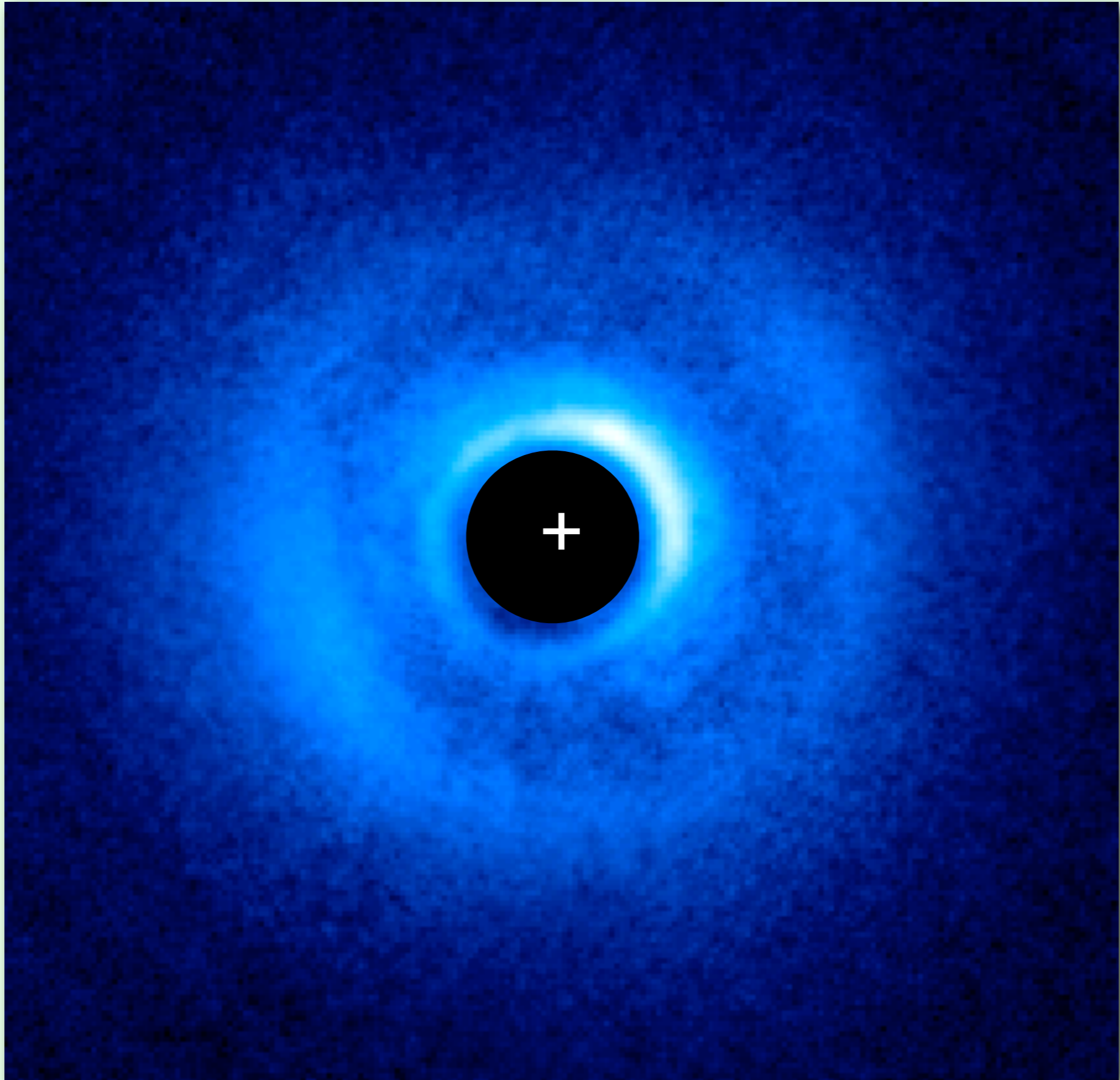
すばるで得た偏光イメージ (波長 $1.6\mu\text{m}$)

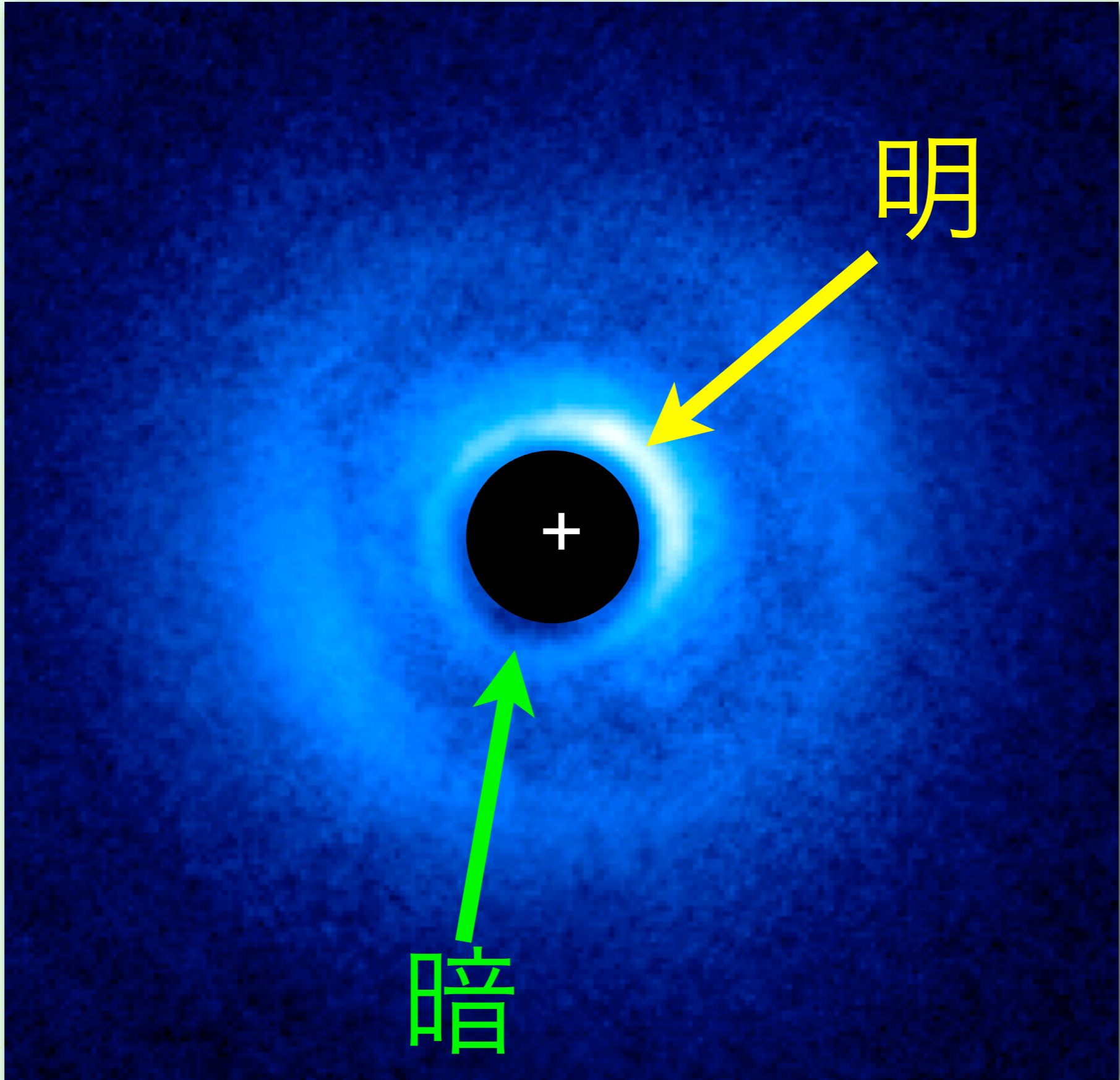
- 有効観測範囲 : $r > 0.2''$
 - 半径29AU以遠に対応
- 溝状構造 : $r = (0.35-0.6)''$
 - 半径 (51- 87) AUに対応
- リング(内側と外側にあり)
- 回転対称から外れた構造
 - 溝の中に明るい領域
 - リングの明るさに濃淡あり

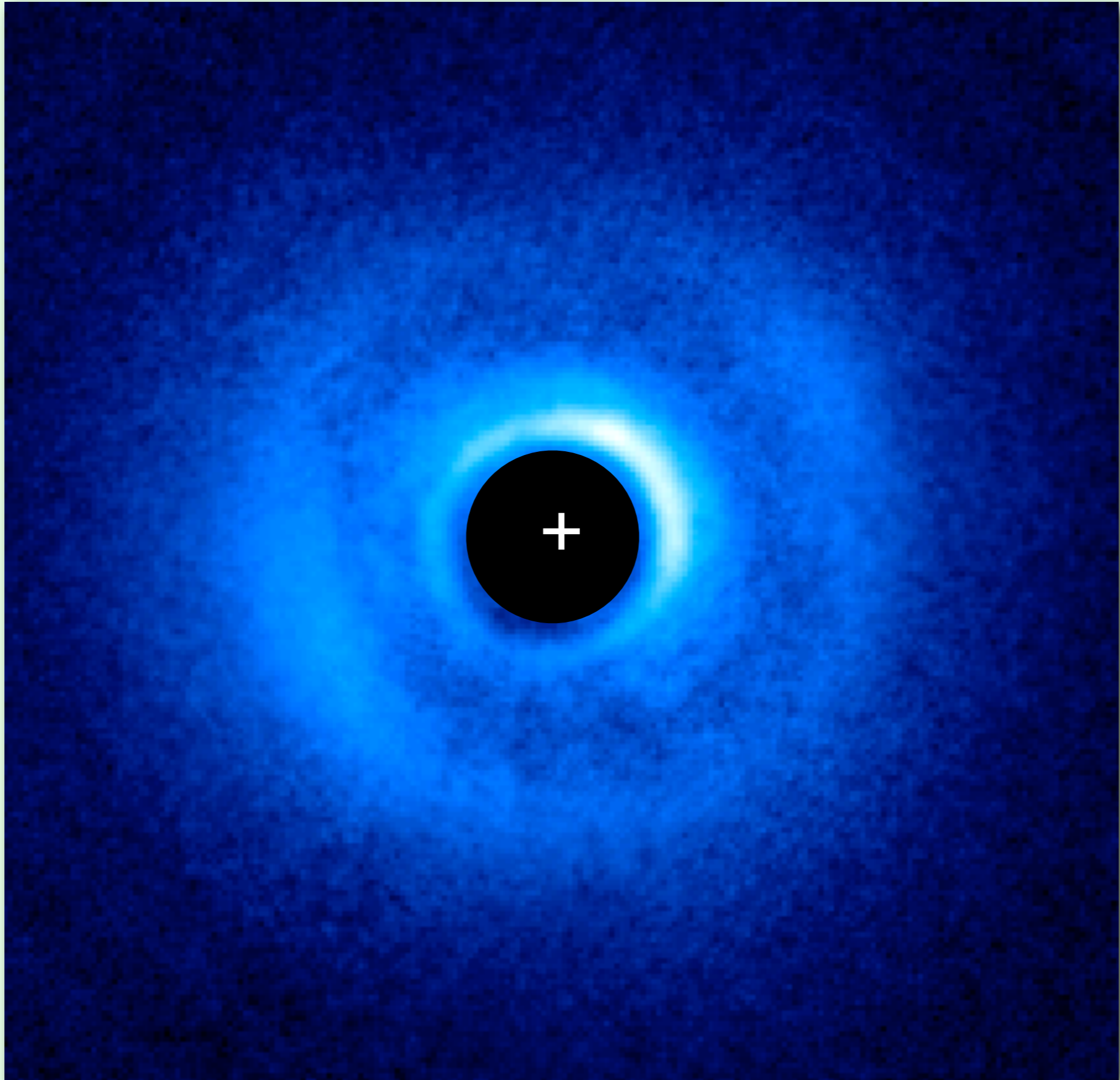


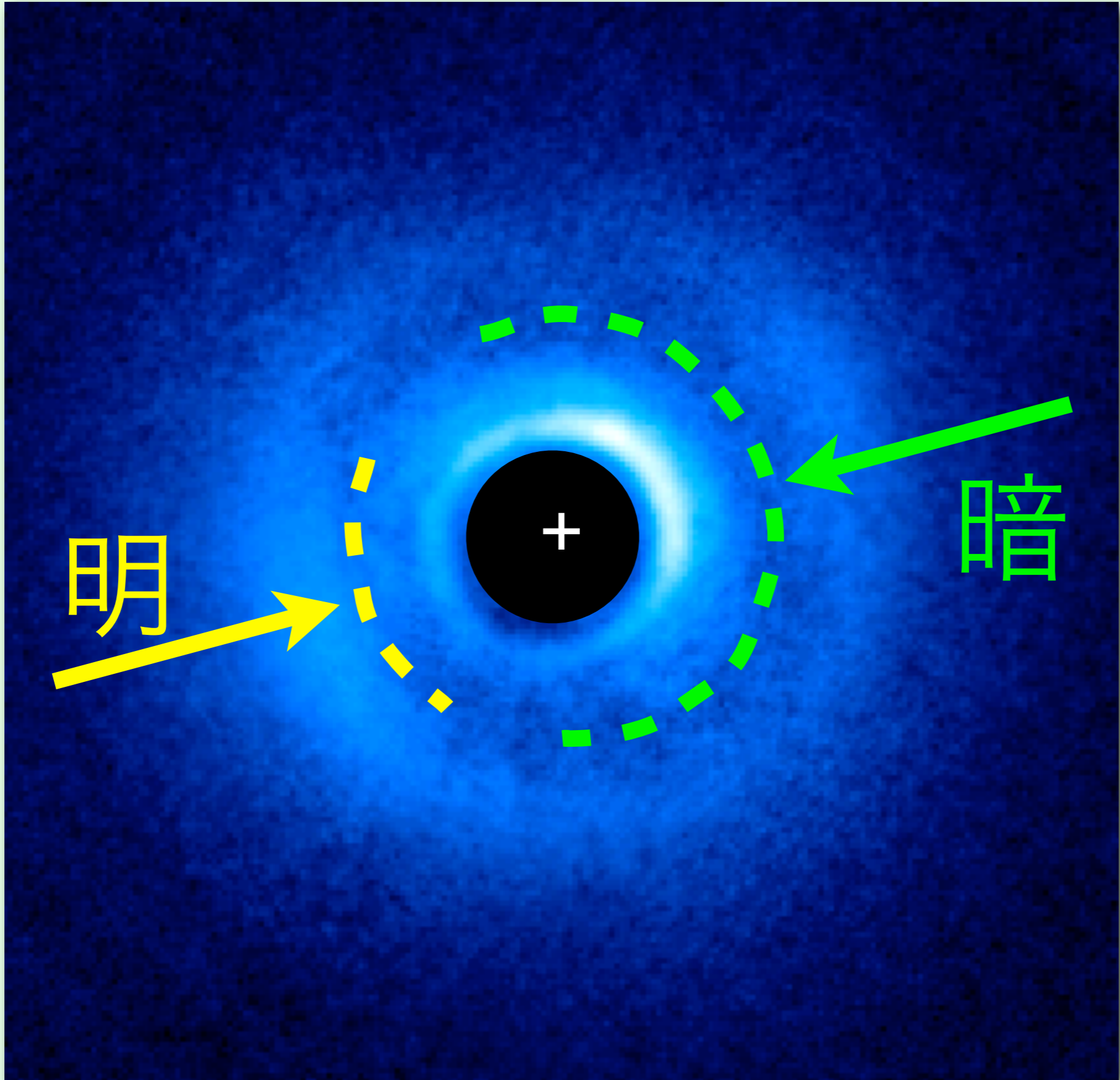
※註) 「+印」が星の位置,
黒丸がマスクに隠された部分。

“AU”は「天文単位」, ”は「秒角」の意。









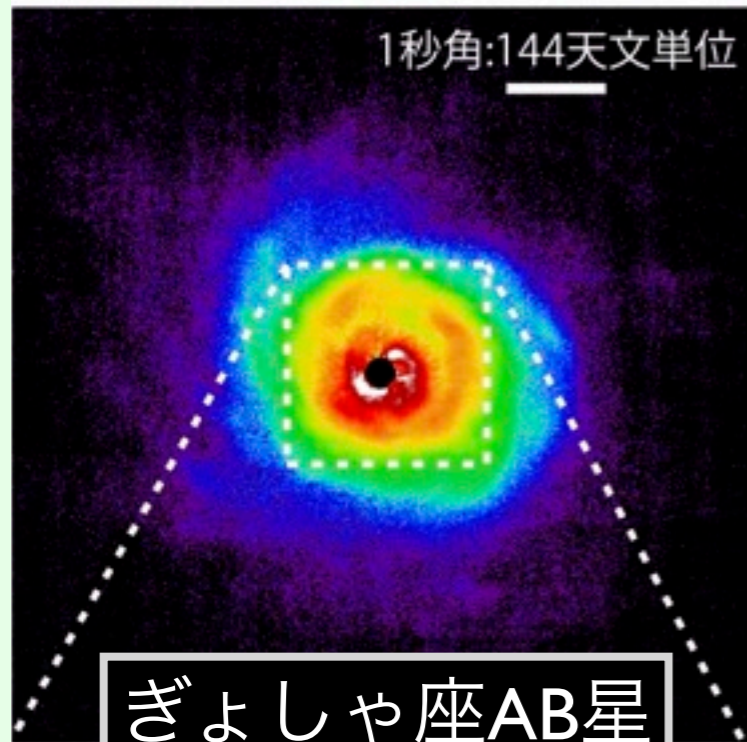
解釈：星周構造の起源

- **これまで：星周円盤の存在，半径20AU程度の穴**
- **考えられていた二つの可能性**
 - 中心星からの紫外線やX線により，円盤ガスが光蒸発によって散逸し，内側に穴が生じている
 - 観測的に直接確認できない程度の小天体（原始惑星）によって円盤物質が攪拌→掃き寄せ→星へ落ち込み
- **今回の新発見：半径29AU以遠に回転対称/180°対称から著しくずれた構造**
 - 光蒸発では作り難く，惑星の存在を強く示唆
 - 半径20AU以内(マスク背後)，および溝の間(51-87 AU)？

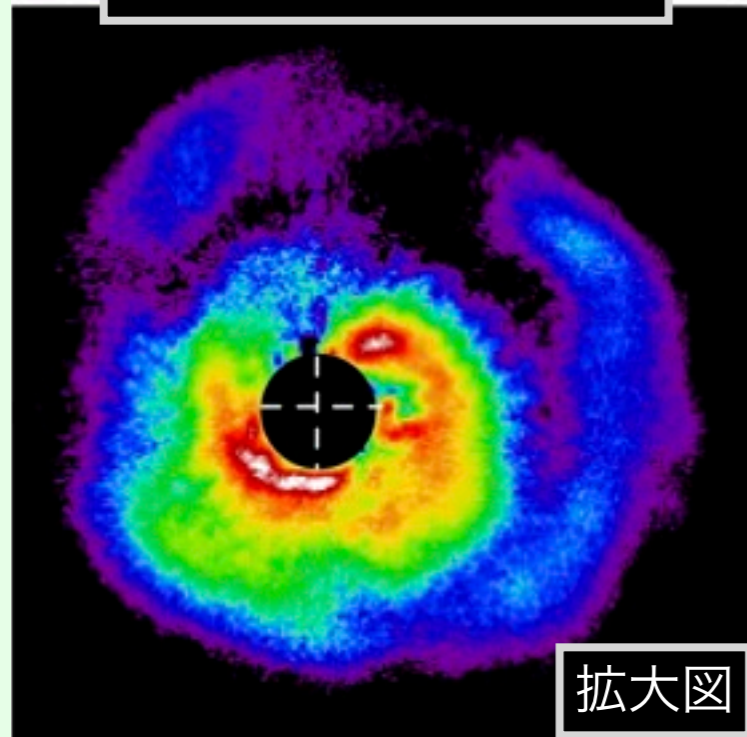
HD169142の位置づけ

若い前主系列星

“活動的”原始惑星系円盤



ぎよしゃ座AB星



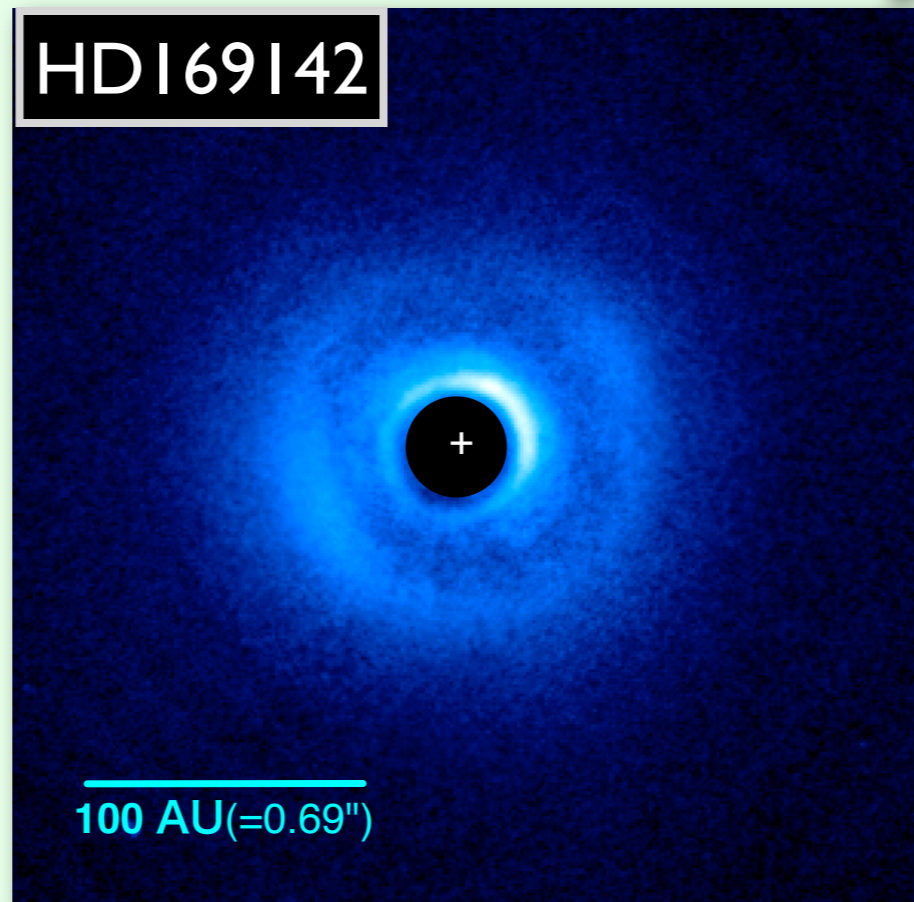
拡大図

© Hashimoto, J./国立天文台 (2011)

～他の天体との比較～

進化の流れ

HD169142



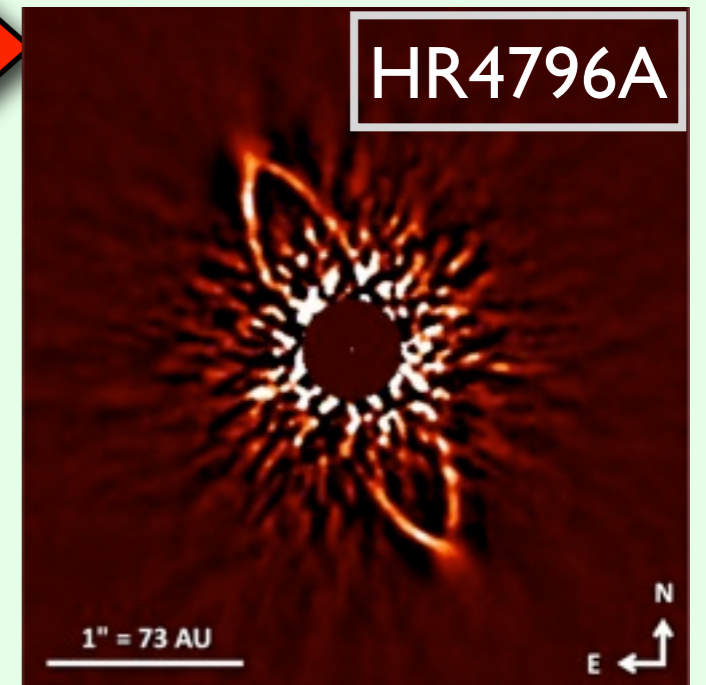
古い前主系列星

“受動的”原始惑星系円盤
残骸円盤への遷移段階？

主系列星

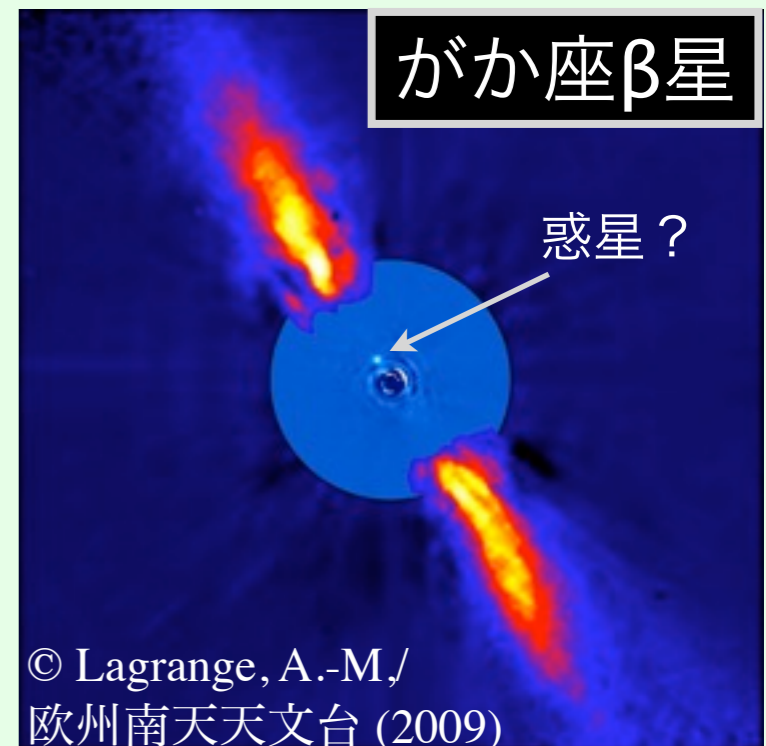
残骸円盤

HR4796A



© Thalmann C./国立天文台 (2011)

がが座β星



© Lagrange, A.-M./
欧州南天天文台 (2009)

将来への波及効果：アルマ望遠鏡

● ガスと塵粒子の分布をより直接的に捉える

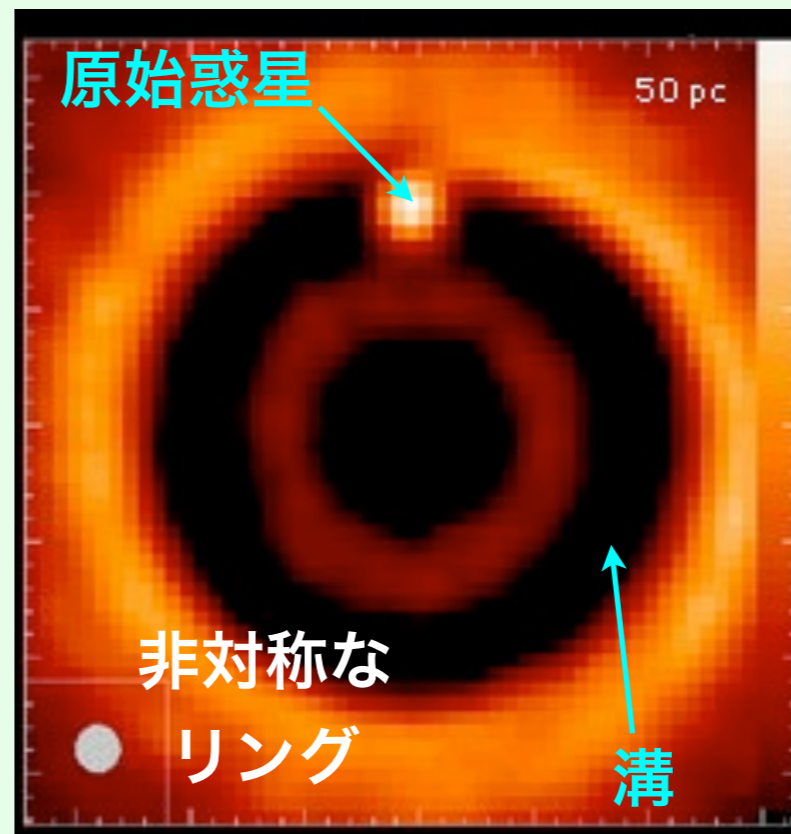
- アルマが捉えるミリ波・サブミリ波は円盤物質自身の放射が見える
- 最近傍の原始惑星系円盤に対し、 $\sim 1\text{AU}$ の解像度

👉 惑星存在の直接検証、その形成過程の解明へ

ALMA近影



© ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/ J. Guarda (ALMA)



原始惑星がある
円盤を観測したときの
シミュレーション

© Wolf & D'Angelo
(2005), ALMA Web
Pageより

まとめ

- **Subaru/HiCIAOによる新たな結果**
 - 円盤内域の様子を明瞭に捉えた
- **半径 29AU 以遠に、非対称な溝やリングを発見**
 - 惑星存在の可能性を強く示唆
 - 疑わしい領域：半径 20AU 以内（マスクの背後）、
および 半径 51AU-87AU（溝）の間
- **アルマ望遠鏡による今後の観測**
 - 形成途上の惑星系を直接捉える時代へ

以下， 參考資料

リンク



この観測研究は、すばる望遠鏡とHiCIAO/AO188を用いた
太陽系外惑星と円盤を探索する国際共同プロジェクト(SEEDS Project)
の一環として実施されました。

- SEEDS Project (すばる望遠鏡に搭載した惑星探索カメラHiCIAOを用いた、太陽系外惑星と円盤を探索する国際共同プロジェクト)
 - 概要: http://seeds.mtk.nao.ac.jp/seeds/SEEDS_Project/TOP.html
 - 関連する過去の記者発表
 - (HR4796A) http://subarutelescope.org/Pressrelease/2011/12/29/j_index.html
 - (ぎょしゃ座AB星) http://subarutelescope.org/Pressrelease/2011/02/17/j_index.html
 - (GJ 758) http://subarutelescope.org/Pressrelease/2009/12/03/j_index.html
- ALMA プロジェクト
 - ALMA Japan <http://alma.mtk.nao.ac.jp/j/>
- 関連する科学研究費：新学術領域研究「太陽系外惑星の新機軸：地球型惑星へ」
<http://exoplanets.astron.s.u-tokyo.ac.jp/>

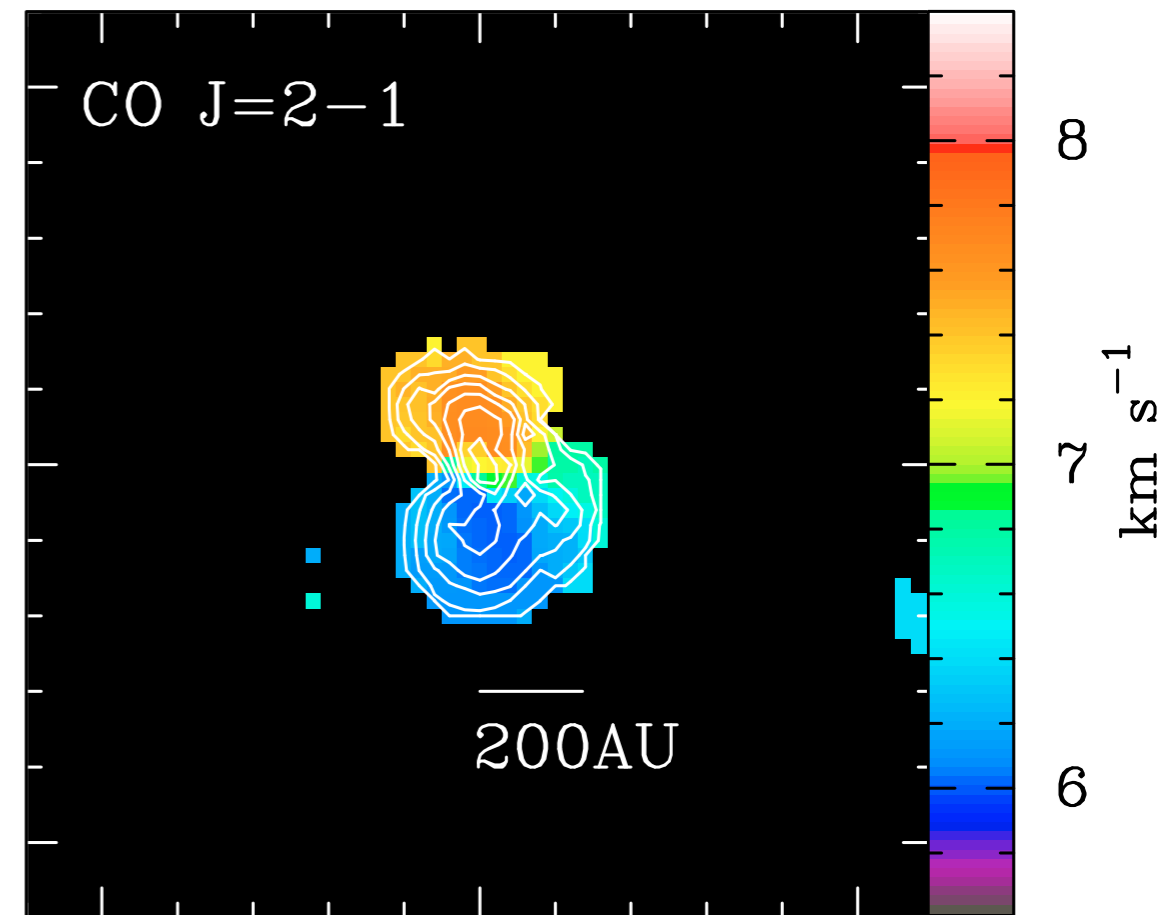
(参考) 電波によるガスの観測

- 一酸化炭素分子(CO)が出す
波長1.3mm電波輝線の観測

- SMA (サブミリ波干渉計)
による

- ガス円盤中の視線速度分布
(右図)

- 赤：星を基準に遠ざかる運動
→ 青：星を基準に近づく運動
- 星周囲の公転運動（回転）で
良く説明される



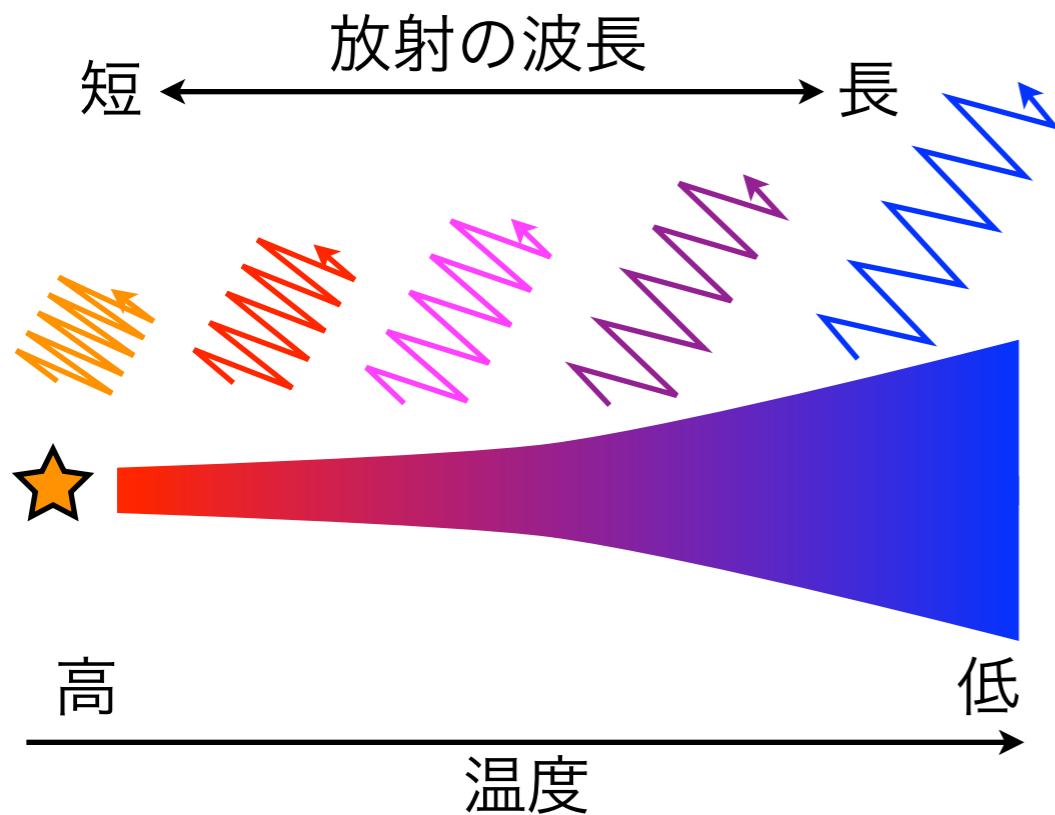
※ 1AU (=1天文単位) は
太陽と地球の平均距離

(Panić 他 2008)

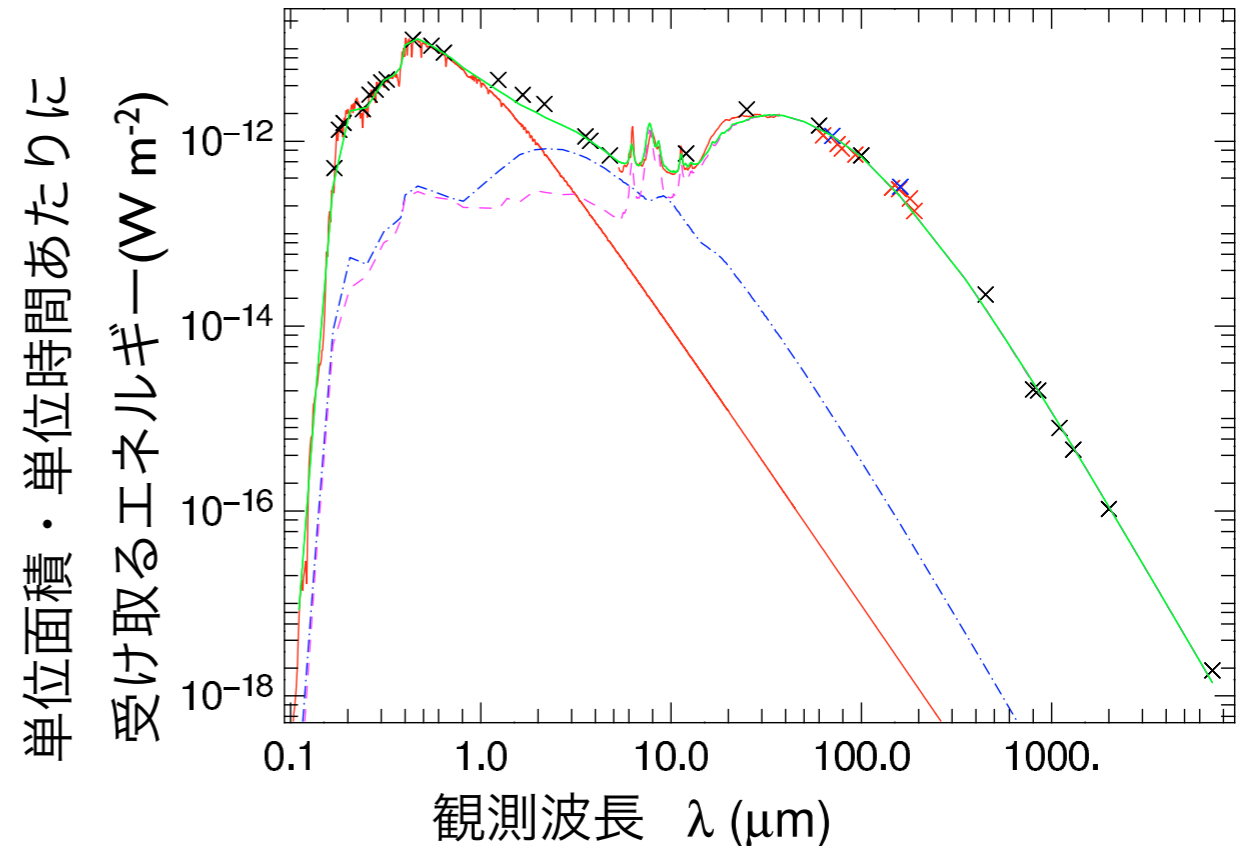
Astronomy & Astrophysics を改変)

(参考) HD169142が放射する電磁波エネルギーの波長依存性 (エネルギースペクトル分布) から推定されていた円盤の構造

円盤構造とエネルギースペクトルの関係



HD169142の場合



×印：観測で得られたデータ
(以下、理論モデル計算)

- 中間赤外線(10 μ m付近)で放射の凹みがあり
← 半径20AU程度の穴の間接証拠 (その中に半径5AU程度の希薄な円盤が存在)
- 今回：穴の外側 (> 29AU) の領域に対し、その詳細構造を初めて明らかにした。

- 赤：星本体からの放射成分
- 青：内側円盤 (半径 0.1-5 AU, 地球質量の7%程度)
- 桃色：外側円盤 (半径20-235 AU, 太陽質量の約2%)
(Meus 他 2010 Astronomy & Astrophysics を改変)