

H2O ice吸収を用いて探るULIRG星形成領域の環境

道井 亮介^{1,2}, 中川 貴雄², 磯部 直樹³,
馬場 俊介^{1,2}, 矢野 健一^{1,2}

(1: 東京大学 2:JAXA宇宙科学研究所 3:東京工業大学)

ULIRG

✓ Ultra Luminous InfraRed Galaxy (ULIRG)

- $L_{\text{IR}} > 10^{12} L_{\odot}$
 - 銀河のmergerにより誕生とされ、ダストに富む
 - ➔放射エネルギーの多くがダストに吸収、IRで再放射
- $\text{SFR} > 10^2 M_{\odot}/\text{yr}$ (MW: a few M_{\odot}/yr)
 - ➔激しい星形成



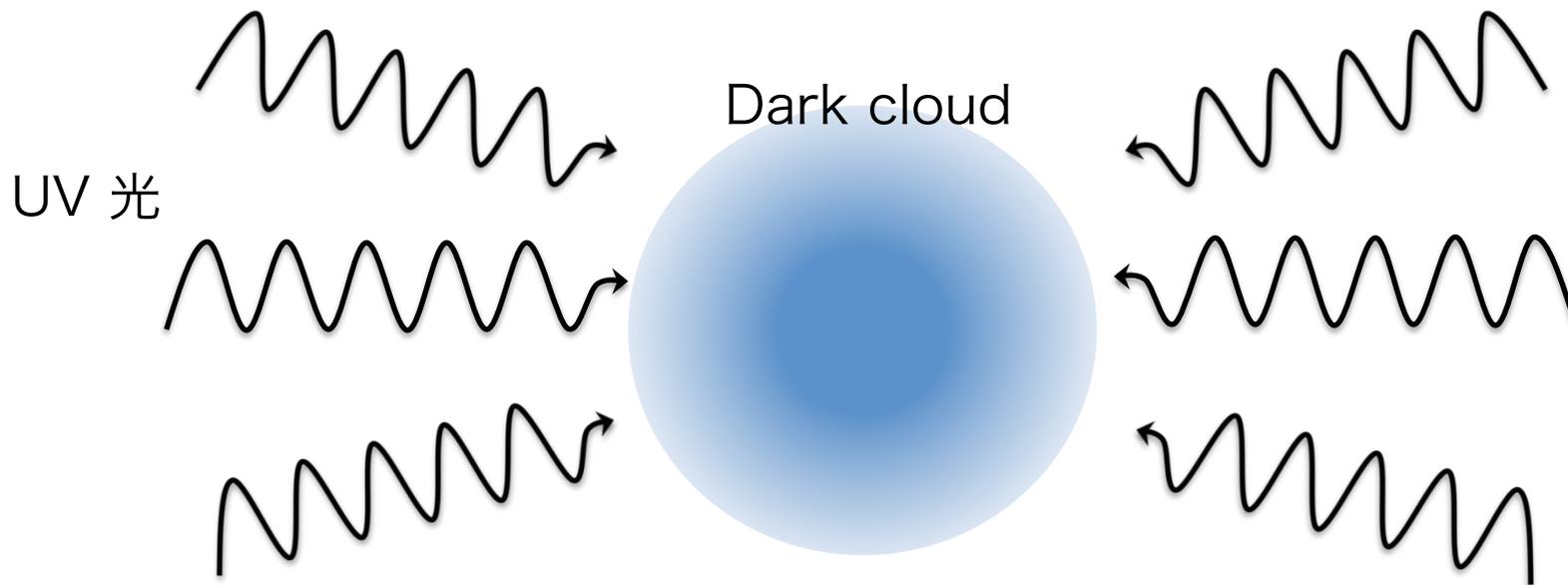
Dark Cloud

星形成の素となる分子雲

- $\sim 10^1$ K
- $A_V \gtrsim$ a few mag



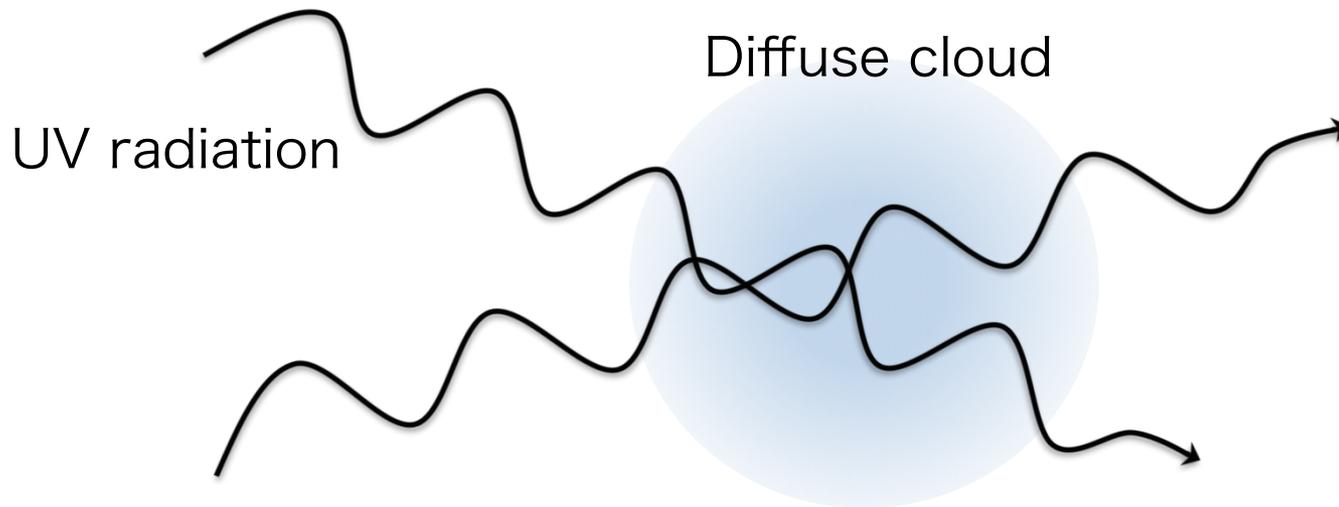
星光・星間輻射場からシールドされている領域



Diffuse Cloud

Dark cloudと対になる希薄分子雲

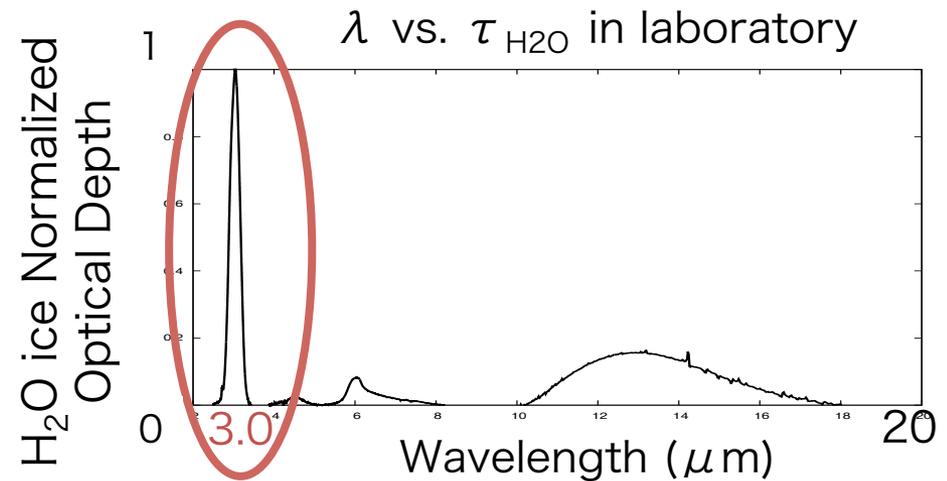
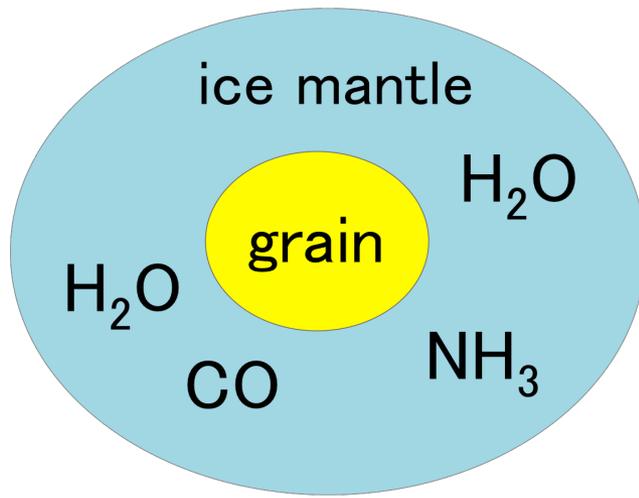
・ $A_V \lesssim 1 \text{ mag}$



ULIRGにおけるdark cloudとdiffuse cloudの割合？

a Tracer of Dark Clouds: H₂O Ice

- 低温環境下でダスト粒子に凝縮
…昇華温度 $\lesssim 10^2$ K
(cf. Silicate: $\sim 10^3$ K)
- ~ 3.0 μm に強い吸収



Ehrenfreund et al. 1996

a Tracer of Dark Clouds: H₂O Ice

✓ H₂O ice in MW

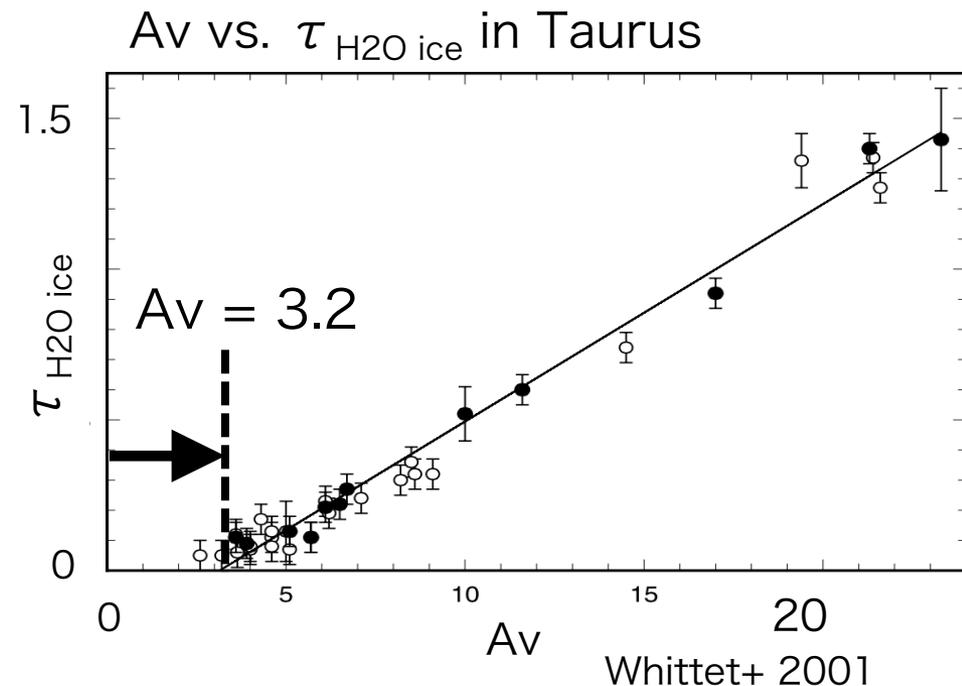
銀河系ではUVが十分減光された領域 ($A_V \gtrsim 3.2$ mag) でのみ, 検出

→ ○ dark cloud

× diffuse cloud



dark cloudの良い指標



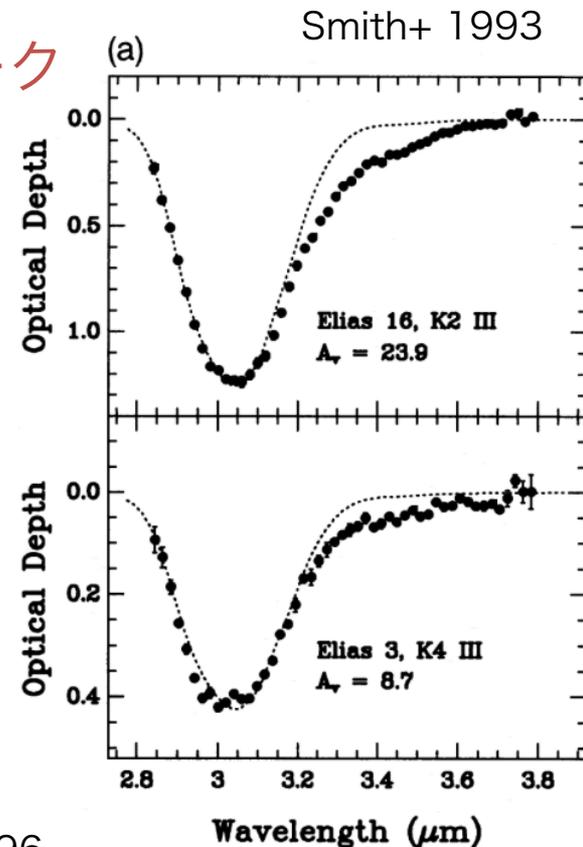
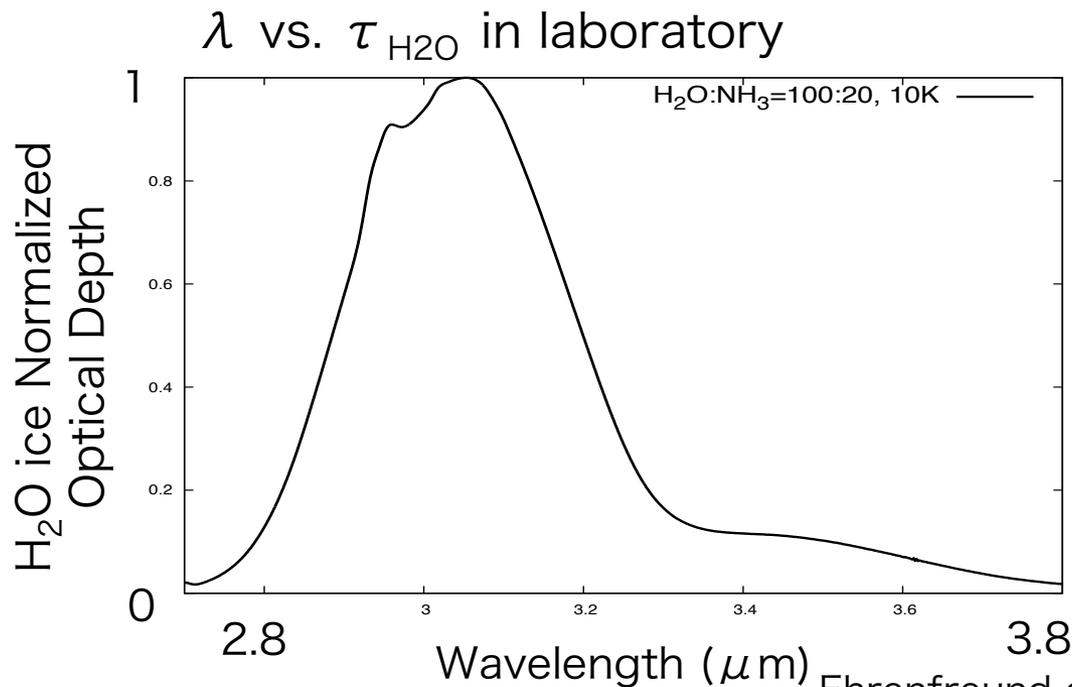
a Tracer of Dark Clouds: H₂O Ice

✓ H₂O ice 吸収@3.0 μm

…broad featureのため、吸収短波長側はLバンドが切れる位置

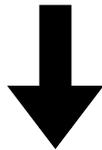


短波長側のcontinuumは「あかり」にユニーク

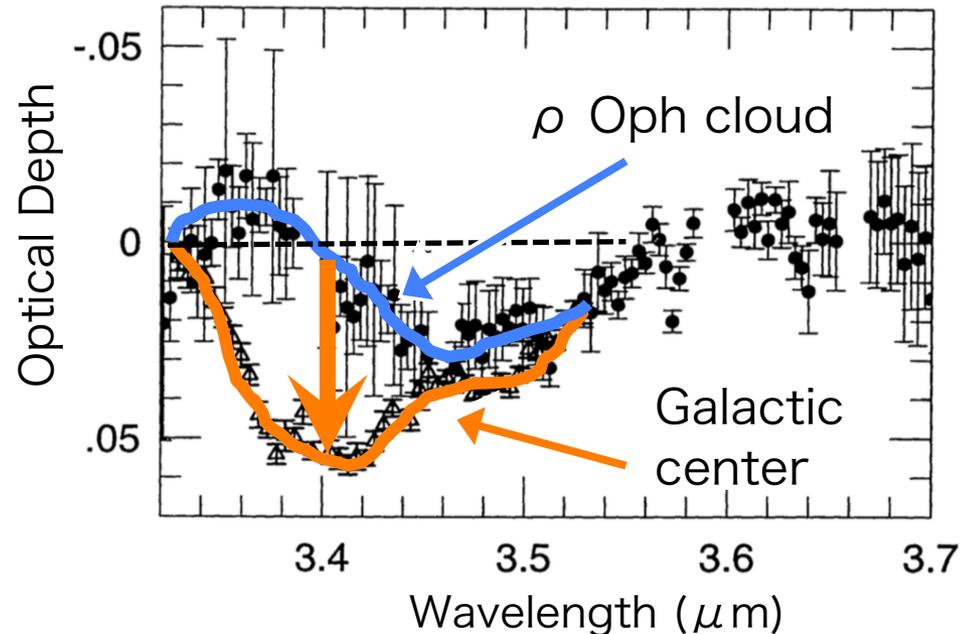


a Tracer of Diffuse Clouds: 3.4 μm Abs.

- ✓ 3.4 μm での吸収
 - … 脂肪族炭化水素に起因と考えられている
 - … × dark cloud
 - diffuse cloud



diffuse cloudの良い指標

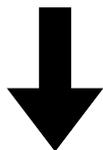


Pendleton & Chiar 1997

H₂O Ice & 3.4 μm Absorption Feature

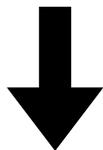
- ✓ H₂O ice @ 3.0 μm
- … ○ dark cloud
- × diffuse cloud

- ✓ 3.4 μm での吸収
- … × dark cloud
- diffuse cloud



dark cloudとdiffuse cloudの比較が可能

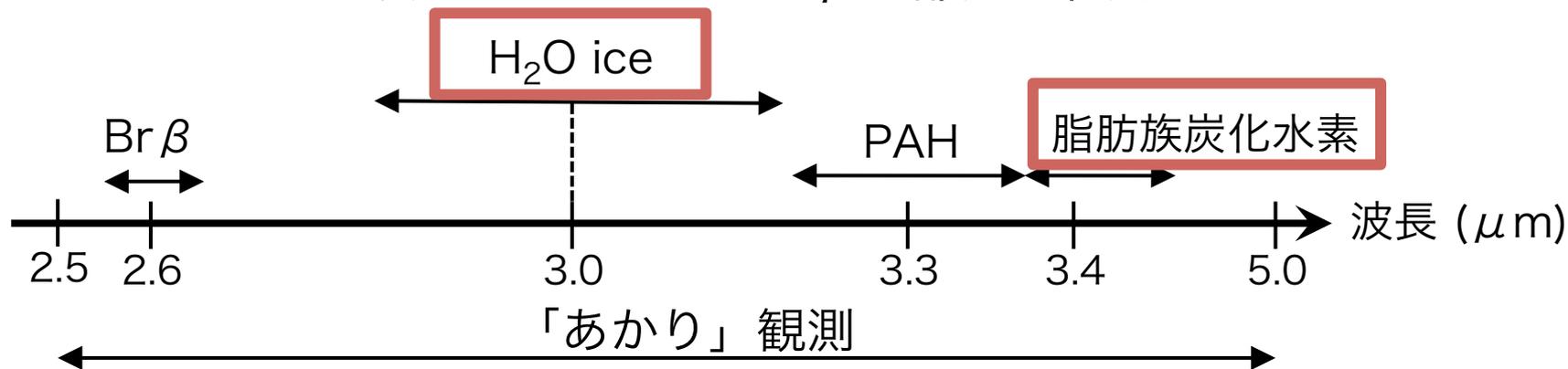
- ✓ 吸収feature
- …背景光を透かして観測
- 特に強光源前景の様子を反映



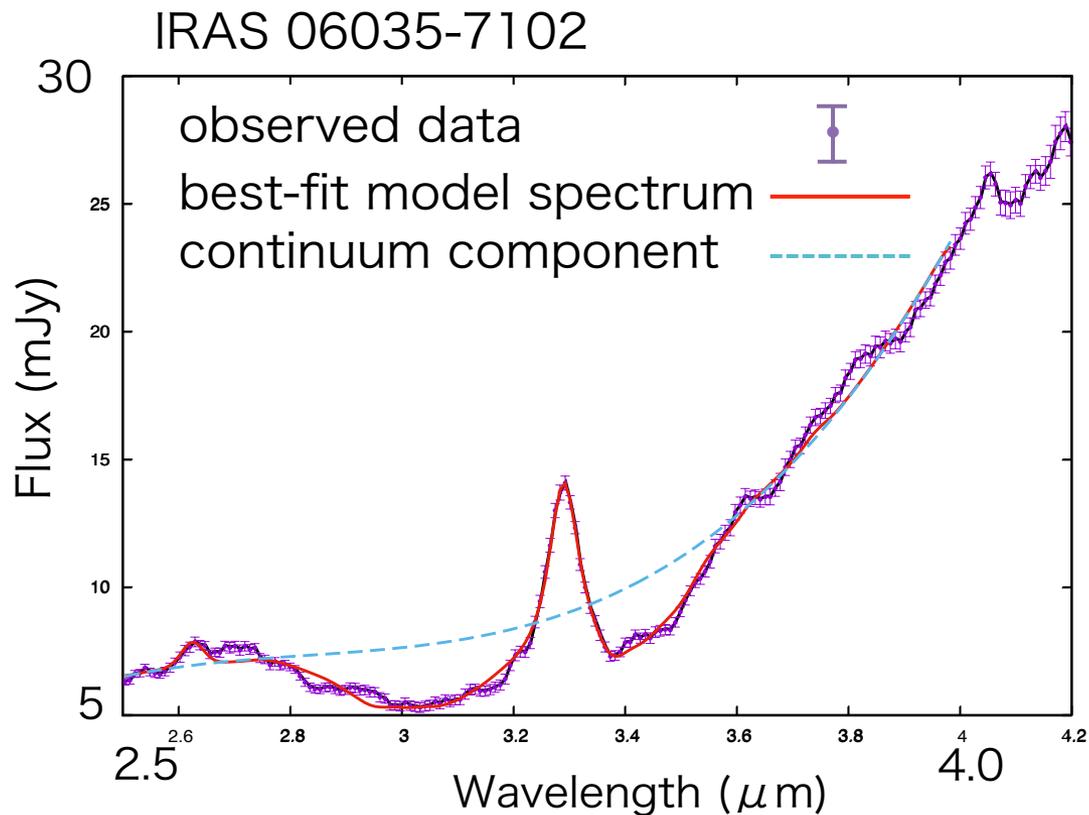
H₂O iceと3.4 μm吸収…共通の視線方向を見ている

Observation

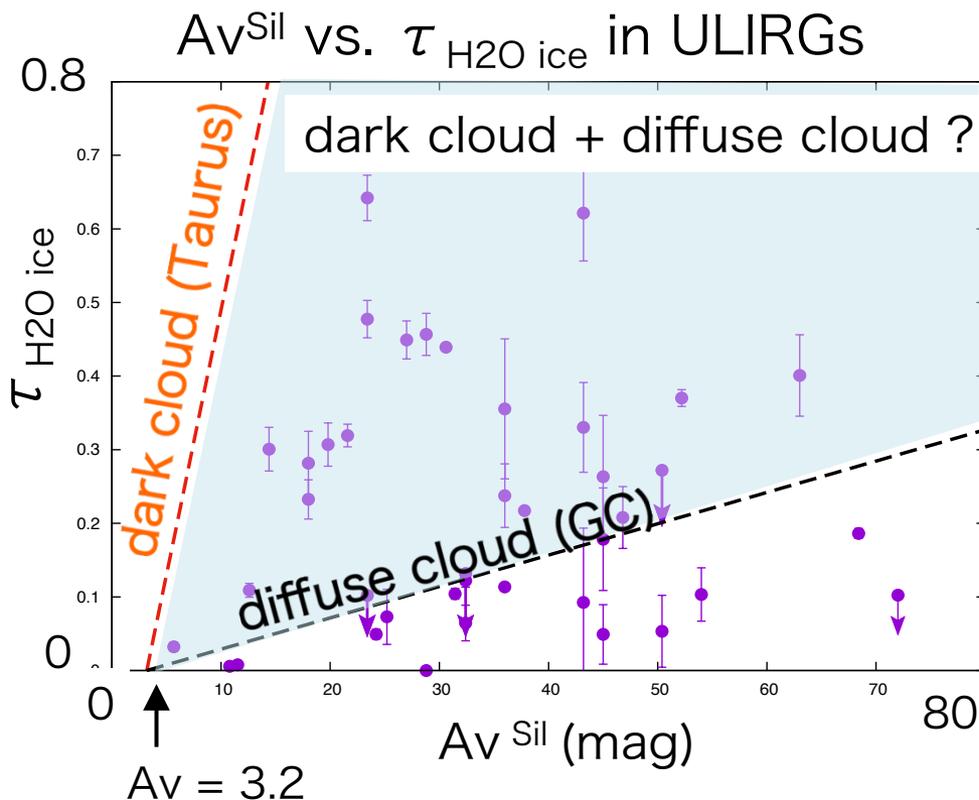
- ✓ 「あかり」 IRC NIR グリズム分光観測を利用
 - 2.5 – 5.0 μm
 - $\lambda / \Delta \lambda = 120 @ 3.6 \mu\text{m}$
- ✓ AGNUL
 - 近傍のULIRGを対象に50天体(Phase1,2)を指向観測
 - $z = 0.038 - 0.33$
- ✓ 3.0 μm H₂O iceの吸収…他のfeatureと波長が被っている
➔ continuum の決定には 2.5 – 4.0 μm 部分を利用



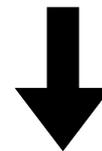
Result: fit example



Result: Evidence for Strong UV in Clouds

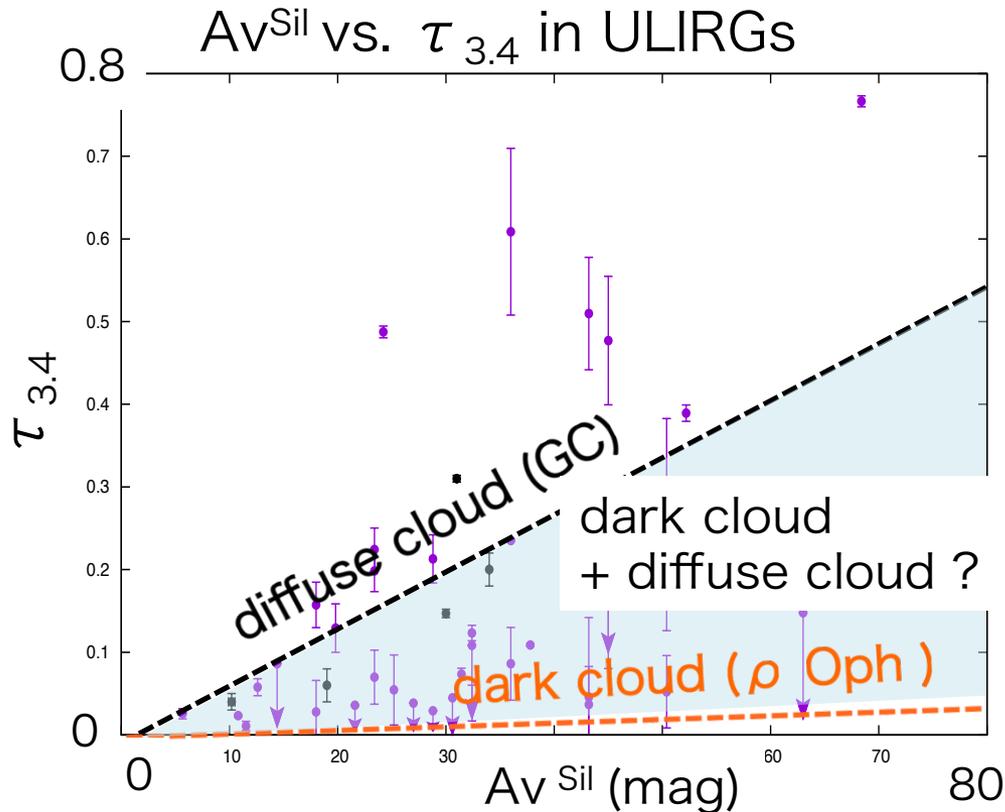


- Silicateの光学厚み \rightarrow Avへ換算 ($A_v / \tau_{9.7} = 18.0$ を仮定)
- 銀河系でのdark cloud(Taurus) に比べ, ULIRGではSilicateに比してH₂O iceが少ない

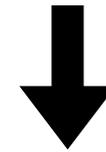


ULIRGでの $\tau_{\text{H}_2\text{O}}$, $\tau_{9.7}$
…ULIRG内部の構成要素はdark cloud
だけではない

Result: Evidence for Diffuse Clouds



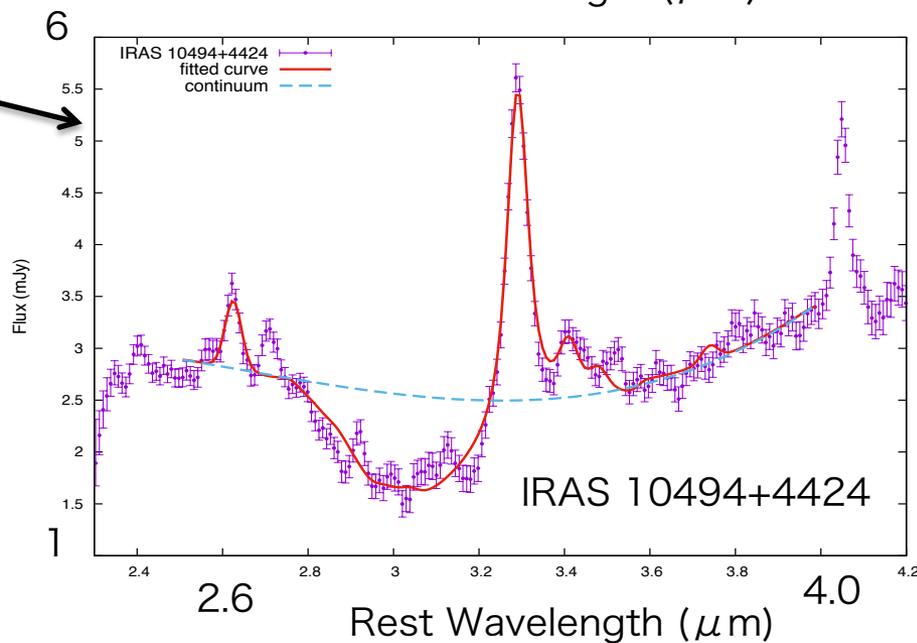
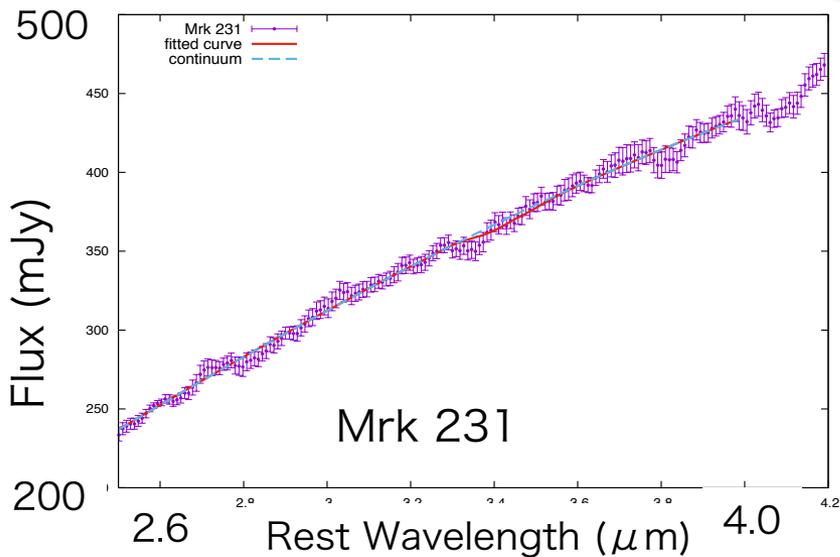
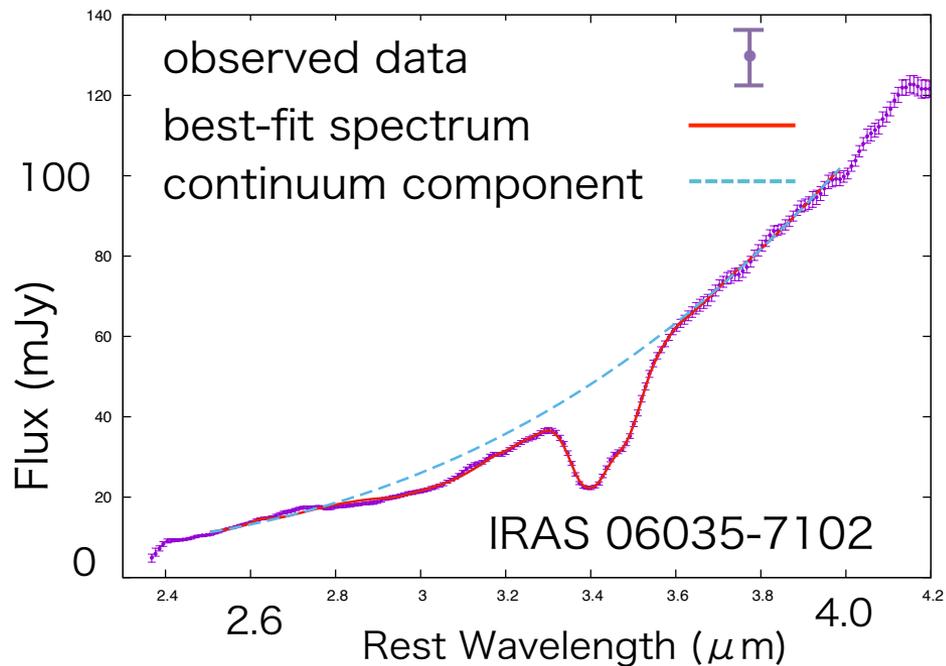
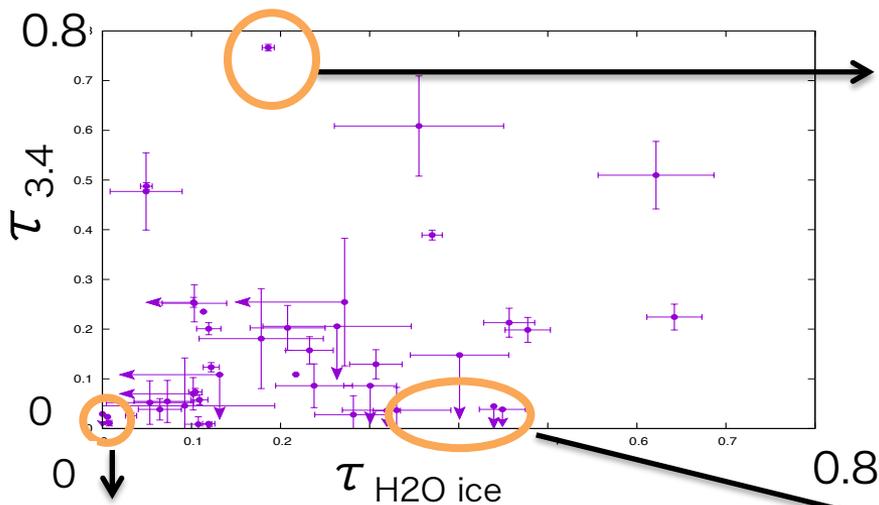
- 3.4 μ m吸収…ULIRGに広く存在



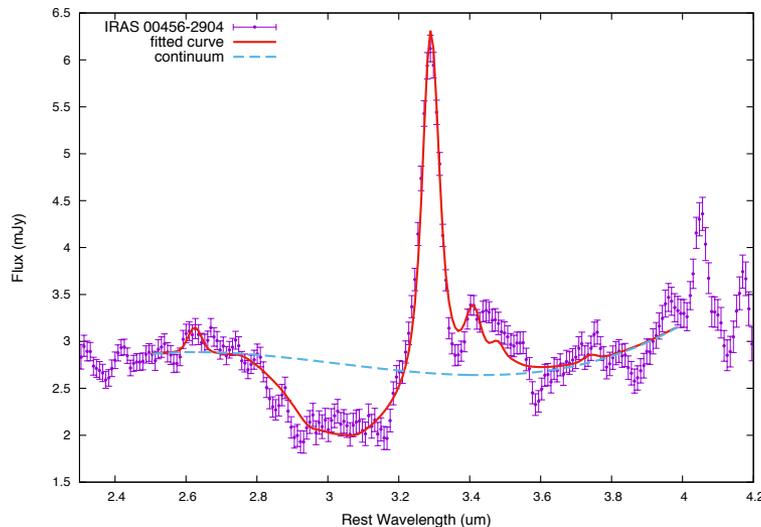
ULIRG内部の構成要素は
dark cloudだけではない

dark cloudとdiffuse cloudの混合が必要

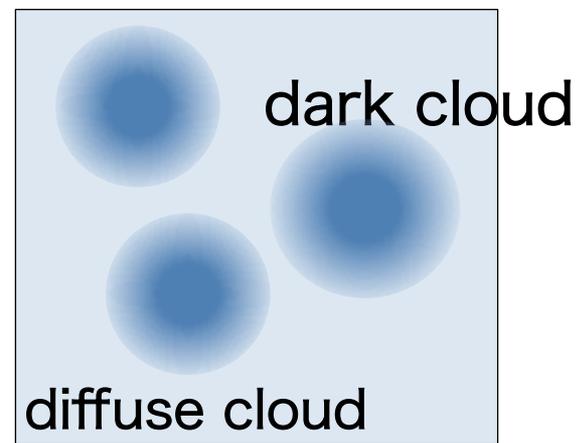
$$\tau_{\text{H}_2\text{O ice}} - \tau_{3.4}$$



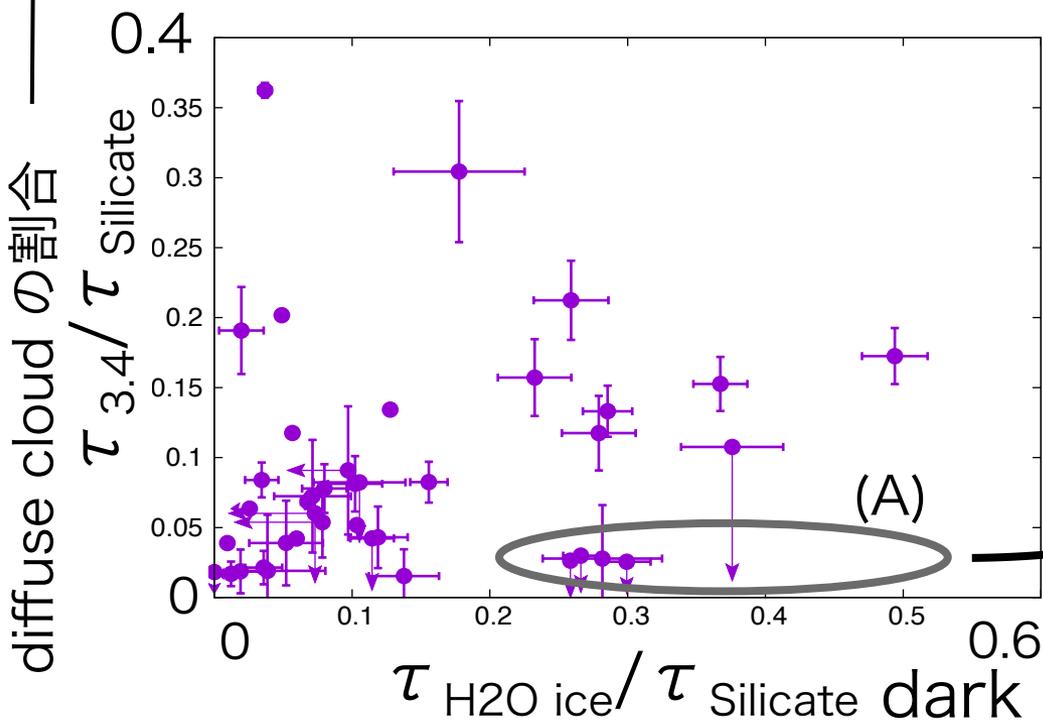
Inferred Structure



(A) dark cloudが比較的
多く含まれるULIRG



多
↑

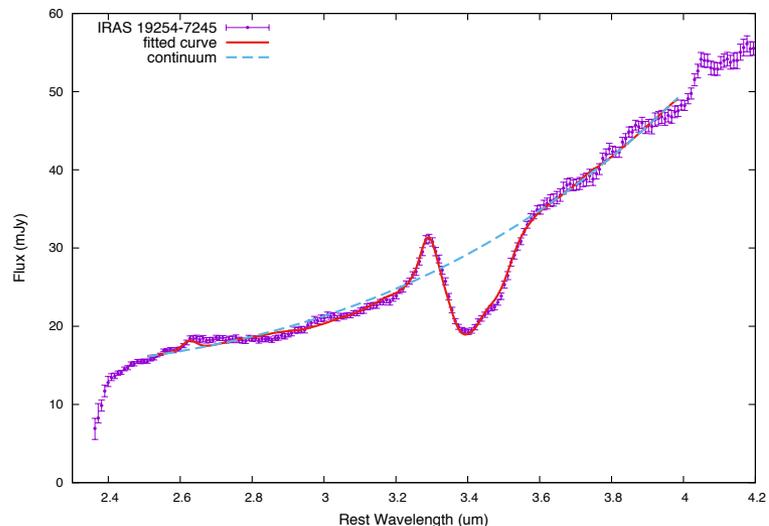


多
→

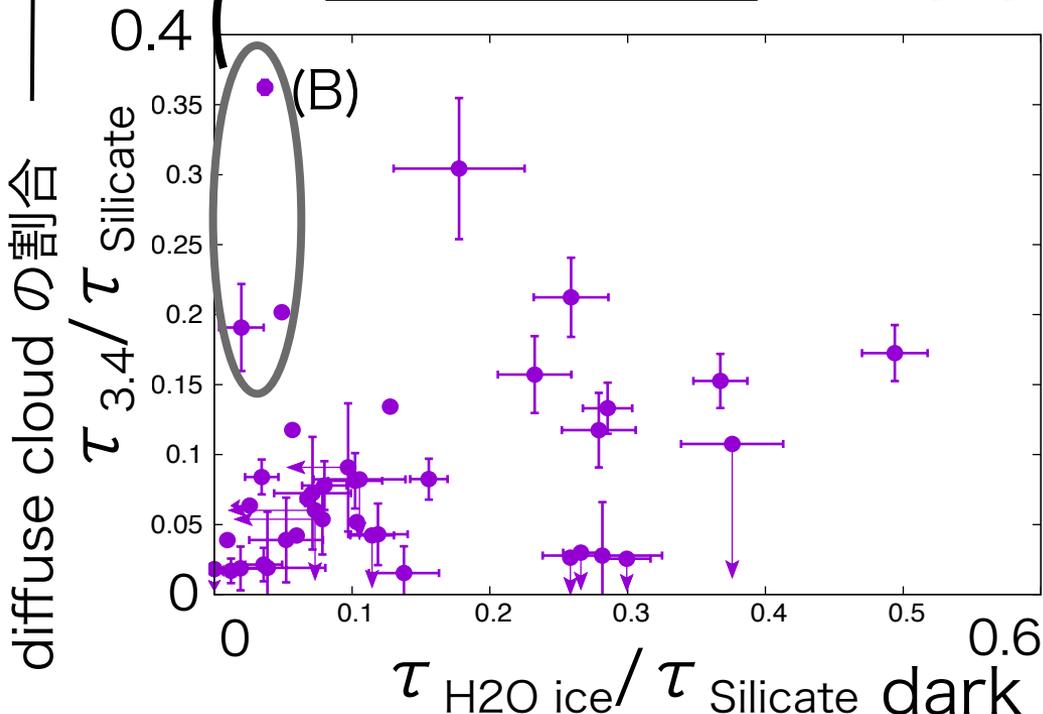
Inferred Structure

(B) diffuse cloudが
支配的なULIRG

diffuse cloud



多
↑

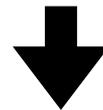


dark/diffuse cloudの比率は
ULIRGごとに様々

Summary

- ✓ 「あかり」によるULIRGにおけるH₂O iceと3.4 μm吸収の観測
 - H₂O ice: 低温ガス/ダストを反映, dark cloudの指標
 - 3.4 μm 吸収: diffuse cloudの指標

- ✓ 銀河系でのdark cloudと比較してULIRGでは、Silicate量に比べてH₂O iceが少ない.
- ✓ 多くのULIRGで, diffuse cloudの指標である3.4 μm 吸収が存在
- ✓ $\tau_{3.0}/\tau_{9.7}$, $\tau_{3.4}/\tau_{9.7}$ の分布はULIRGにより様々



- ULIRGはダストに富むが、内部はdark cloudに加えUV光が侵入したdiffuse cloud成分が混合
- 混合の比率はULIRGにより様々