

A new galaxy spectral energy distribution model consistent with the evolution of dust

Kazuki Y. Nishida,¹★ Tsutomu T. Takeuchi,^{1,2} Takuma Nagata,¹ and Ryosuke S. Asano¹

¹*Division of Particle and Astrophysical Science, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8602, Japan*

²The Research Center for Statistical Machine Learning, The Institute of Statistical Mathematics, 10-3 Midori-cho, Tachikawa, Tokyo 190-8562, Japan

ABSTRACT

The spectral energy distribution (SED) of galaxies provides fundamental information on the related physical processes. However, the SED is significantly affected by dust in its interstellar medium. Dust is mainly produced by asymptotic giant branch stars and Type II supernovae. In addition, the dust mass increases through the metal accretion, and the grain size changes by the collisions between the grains. The contribution of each process and the extinction depend on the size distribution. Therefore, the SED model should treat the evolution of the dust mass and size distribution. In spite of the importance of dust evolution, many previous SED models have not considered the evolution of the total mass and size distribution in a physically consistent manner. In this work, we constructed a new radiative transfer SED model, based on our dust evolution model consistent with the chemical evolution. To reduce the computational cost, we adopted the mega-grain and the one-dimensional plane parallel galaxy approximation. As a fiducial case, we calculated Milky Way-like galaxy SEDs at various ages under the closed-box model. We found that a galaxy at the age of 100 Myr does not produce small grains such as polycyclic aromatic hydrocarbons. After 1 Gyr, we observed a drastic increase of infrared emission and attenuation caused by a rapid increase of dust mass. This phenomenon can be treated appropriately for the first time by our new model. This model can be used for the SED fitting to a galaxy at any stage of evolution.

Key words: dust, extinction – galaxies: evolution – ISM: evolution – radiative transfer – galaxies: ISM – galaxies: disc

Point

銀河のダスト量とサイズ頻度分布を説明するために星間空間でのダスト進化が重要.

ダスト進化モデル (Asano model) に忠実な銀河の SED モデルを作成した。

MWを模した例で日 ~ 100 Myr で日MIRで暗く、 ~ 1 Gyrでダストが急増するといふ特徴を示す

Model Description

銀河の進化(星形成)は 3相 closed box モデルで記述する

$$\frac{dM_*(t)}{dt} = \text{SFR}(t) - R(t), \quad (1)$$

$$\frac{dM_{\text{ISM}}(t)}{dt} = -\text{SFR}(t) + R(t) + \frac{dM_{\text{infall}}(t)}{dt}, \quad (2)$$

$$\frac{dM_Z(t)}{dt} = -Z(t)\text{SFR}(t) + R_Z(t) + Y_Z(t), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{dM_d(t)}{dt} = & -D(t)\text{SFR}(t) + Y_d(t) \\ & - \left(\frac{dM_d(t)}{dt} \right)_{\text{SN}} + \left(\frac{dM_d(t)}{dt} \right)_{\text{acc}}, \end{aligned} \quad (4)$$

この項を carbon/silicate 別、かつサイズ頻度分布進化をよつ解く

ダストに働く機構は以下の通り.

- **astration** (星へのとり込み): ダスト量減 ~0.1 μm for AGB
- **production** (SN II & AGB): 比較的サイズの揃った大きいダストの供給
- **destruction** (SN shock): ダスト量減, sputtering で削られていく (サイズ減)
- **metal accretion** (within MC): 気相のメタンなどに込んで成長する, 小さいダストほど高効率
- **shattering** (dust collision): ダストの衝突破壊によるサイズ頻度分布の変化, 総量は変わらない
- **coagulation** (sticking): ダスト同士がくっついて成長する, 総量は変わらない

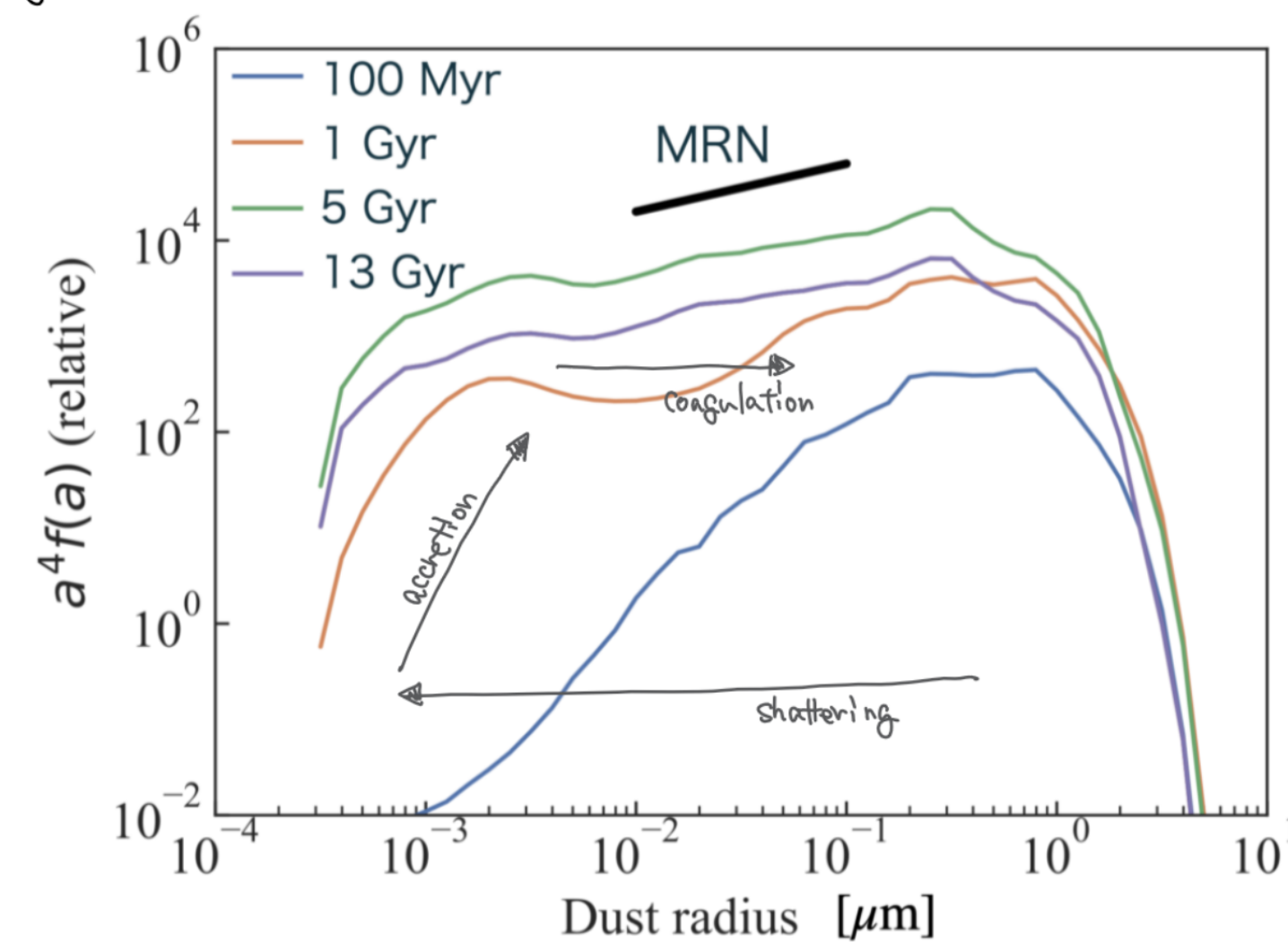
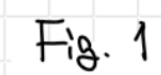
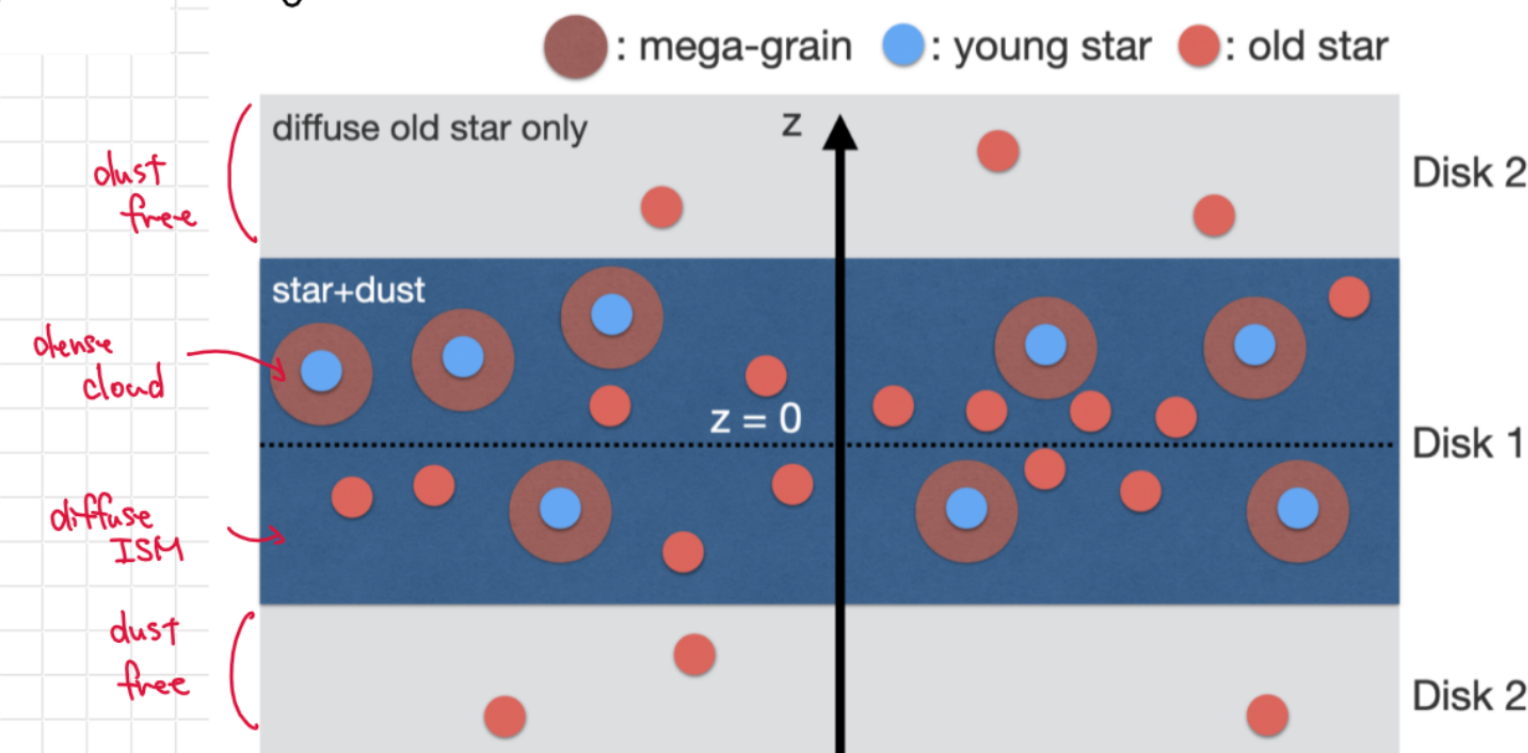


Fig. 4



ガス生成化の流れとSEFへの影響は以下の通り

- ▶ 星形成が始まり SN からのダスト供給, PAH のような小さいダストはない
 ほぼ extinction free で MIR がほとんど出ない SED になる
- ▶ Shattering によって小さいダストが生まれる
 gas metallicity の増加で accretion の速くようになる $\Rightarrow$ ダスト総量の急増
 PAH emission が見えてようになる。
 stellar emission に減光の影響が顕れてくる。
- ▶ gas density の低下によって accretion によるダスト増加が抑制。
 shattering & coagulation のバランスでサイゼ分布は MRN ($\propto a^{3.5}$) に落ちつく
 星形成が落ちついて星の SED の contributor が変わってくる
 ダストからの放射は依然として強い。
- ▶ ダスト破壊が優勢になり総量は減少する。
 astration が始まっているのでサイゼ分布への影響は小さい(?)
 ダスト放射が減って相対的に星からの放射が大きくなる。

MWと似たモデルはH₂ closed box の
ため $\sim 1.3 Gyr$ $z \sim 1.6$ になるとい
dustの主成分が carbon になるとい
現実と合っていない旨もするが...?

Fig. 3

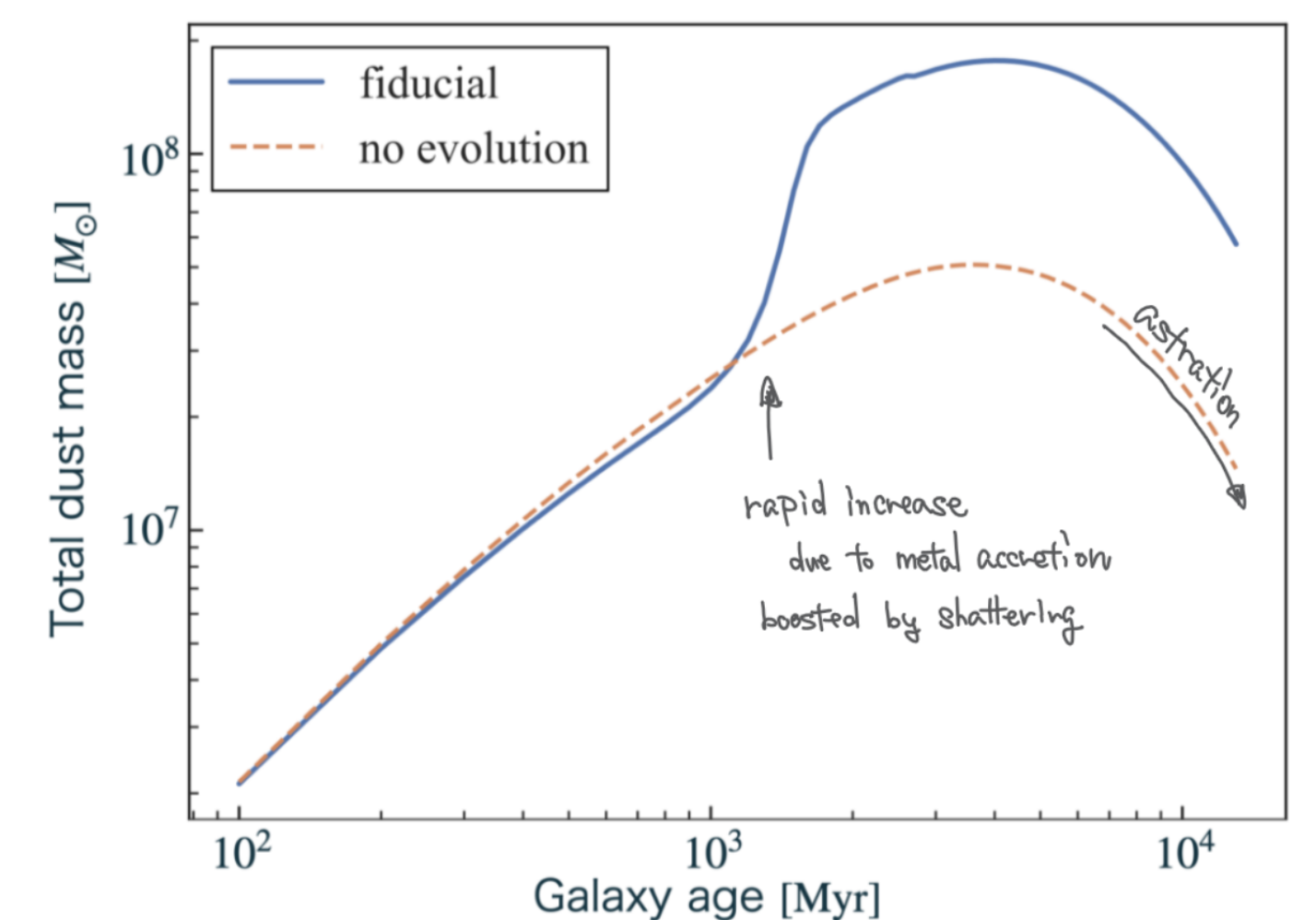


Fig. 9

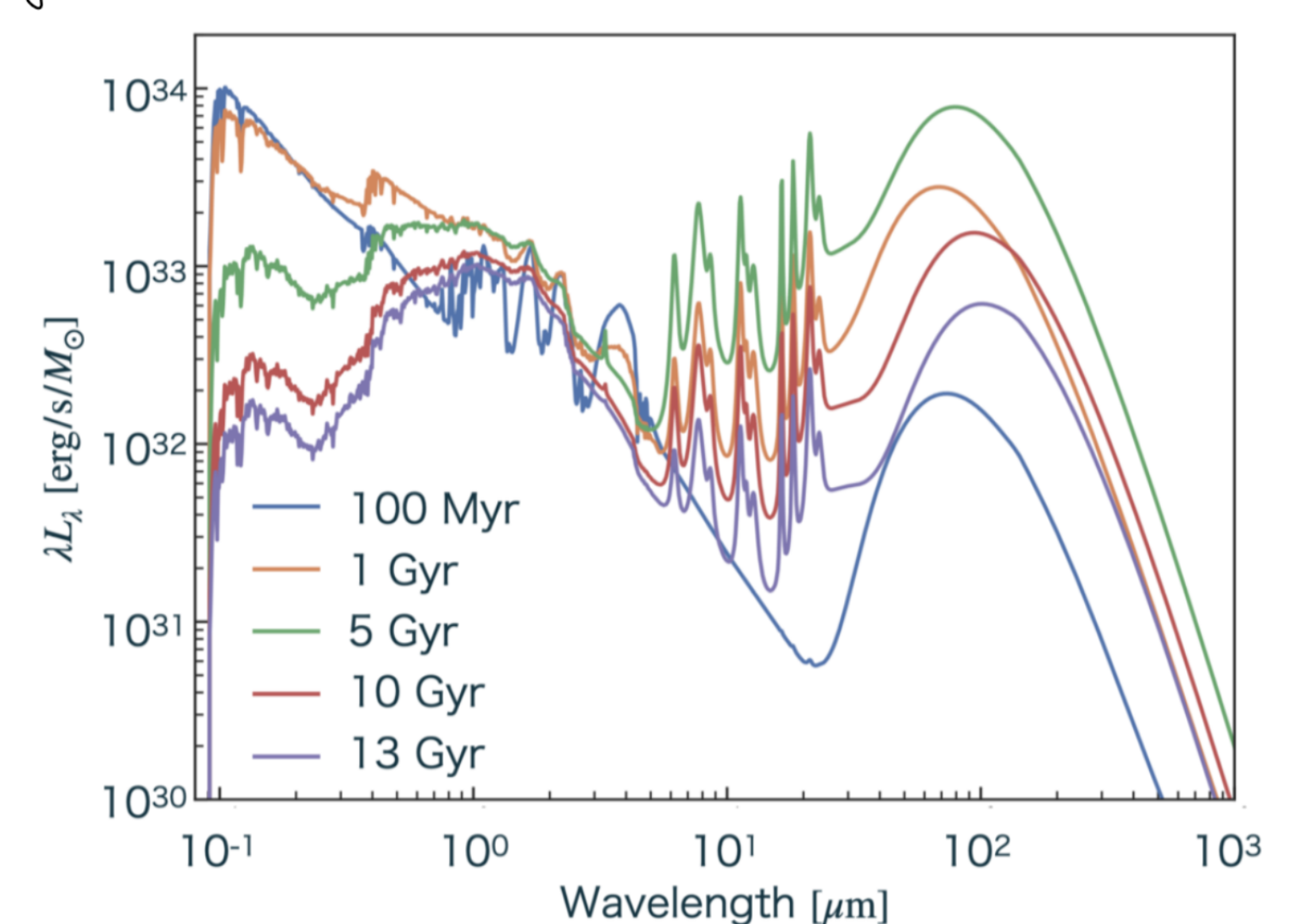


Fig. 10

