

相互作用銀河の初期遭遇時 における スターバーストと星団形成

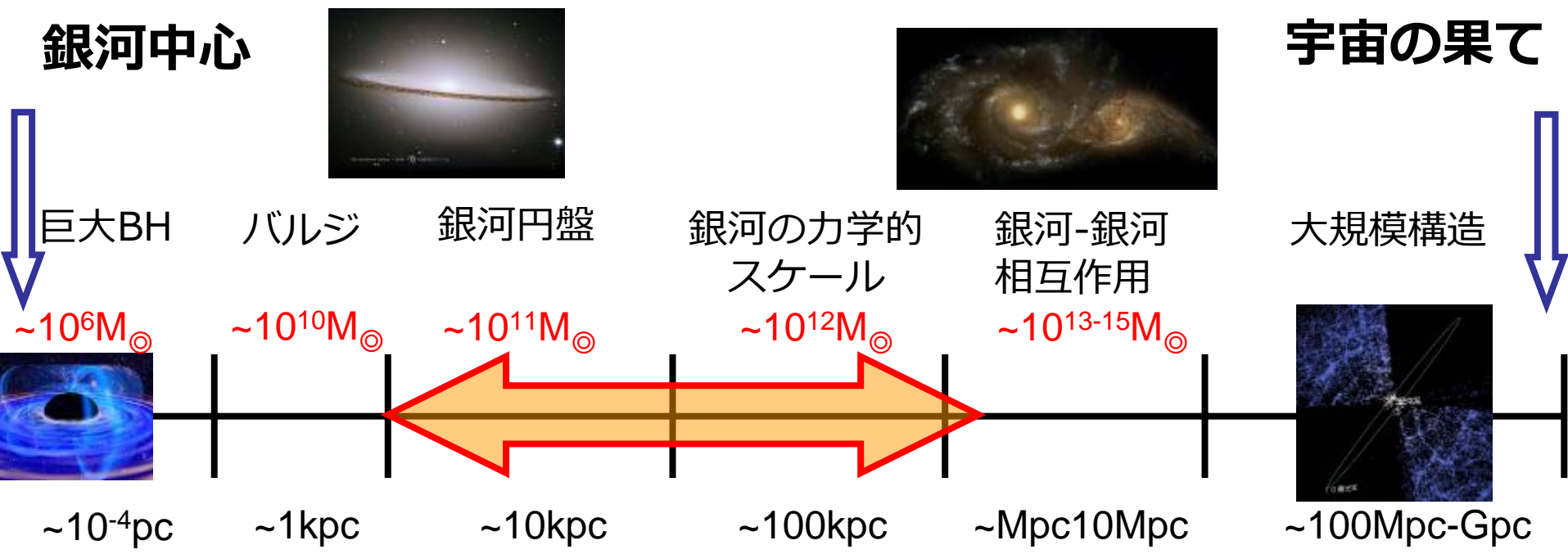
齋藤貴之

Center for Computational Astrophysics
National Astronomical Observatory of Japan

共同研究者(天の川創成プロジェクト)：
小久保英一郎、和田桂一、富阪幸治、牧野淳一郎(NAOJ)、
台坂博(一橋)、吉田直紀(東大)、岡本崇(ダラム大)

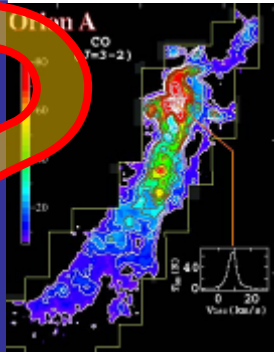


銀河形成に関連するスケール



星形成のスケール

分子雲のサイズ $\sim 10 \text{pc}$
 分子雲の質量 $\sim 10^6 M_{\odot}$
 星形成領域のサイズ $\sim 1 \text{pc}$
 恒星質量 $\sim 0.1 - 10^2 M_{\odot}$

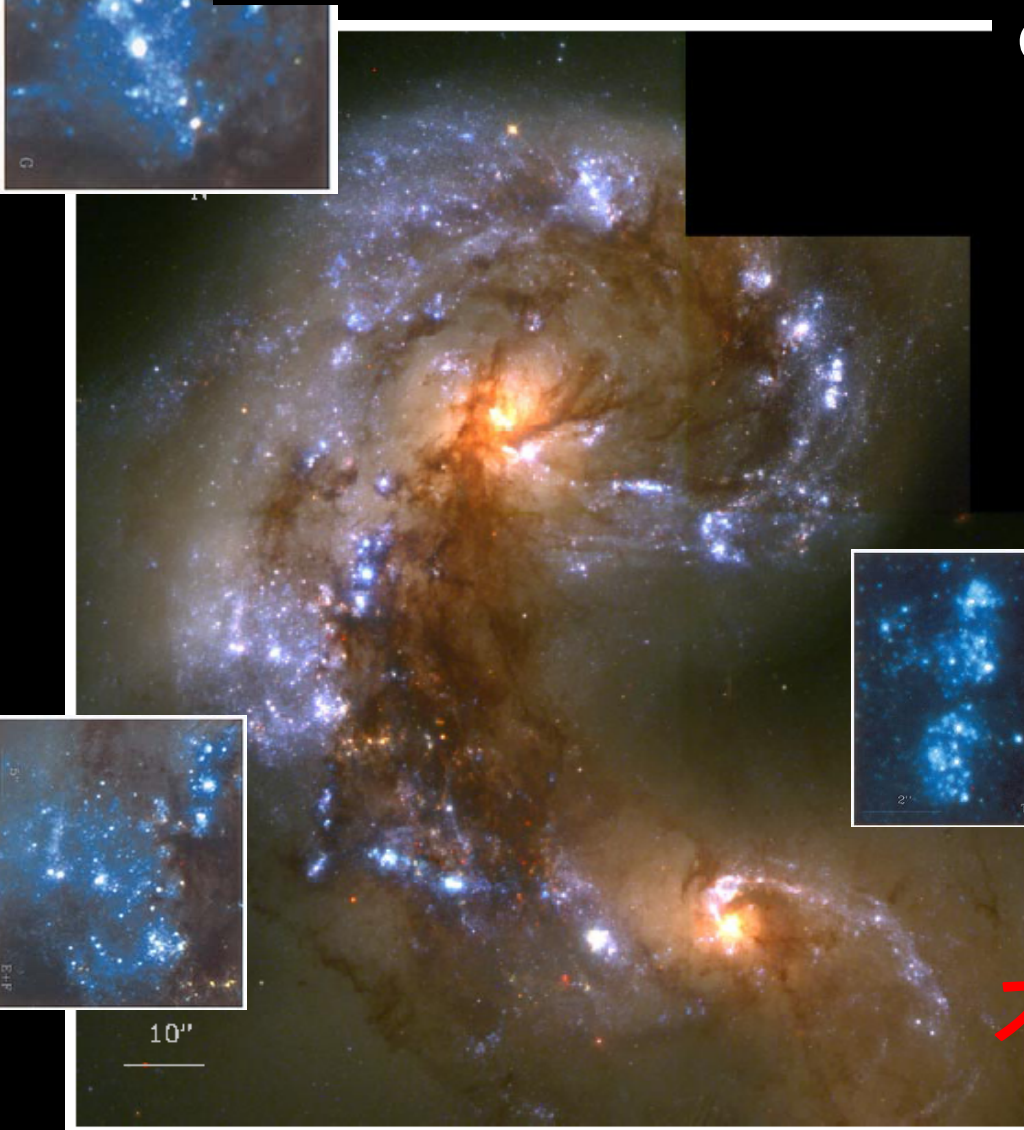


超新星爆発のスケール

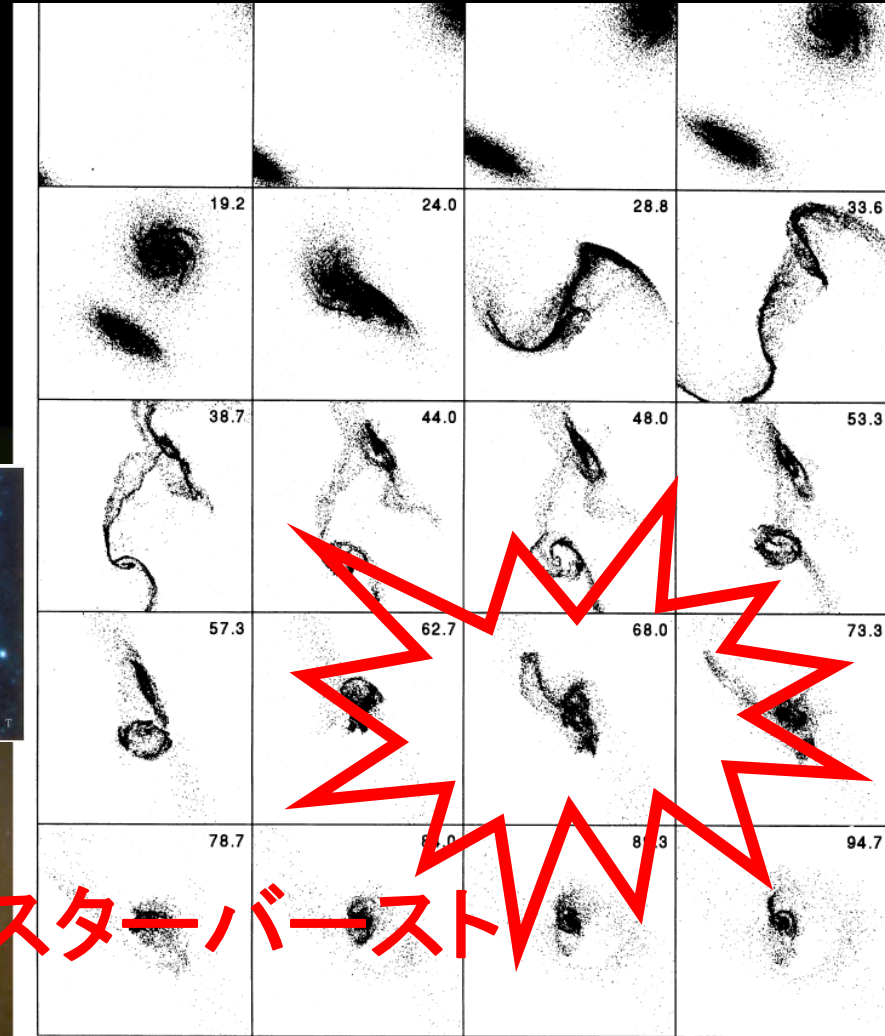
超新星爆発のサイズ $\sim 10 \text{pc}$
 はき出される金属量 $\sim 1 M_{\odot}$



Antenna galaxies



Conventional simulations of galaxy-galaxy merging



- スターバースト
- 星団形成(10^6-7M_{\odot})
- 低分解能計算(一粒子: 10^6M_{\odot})
- 合体の最後にスターバースト

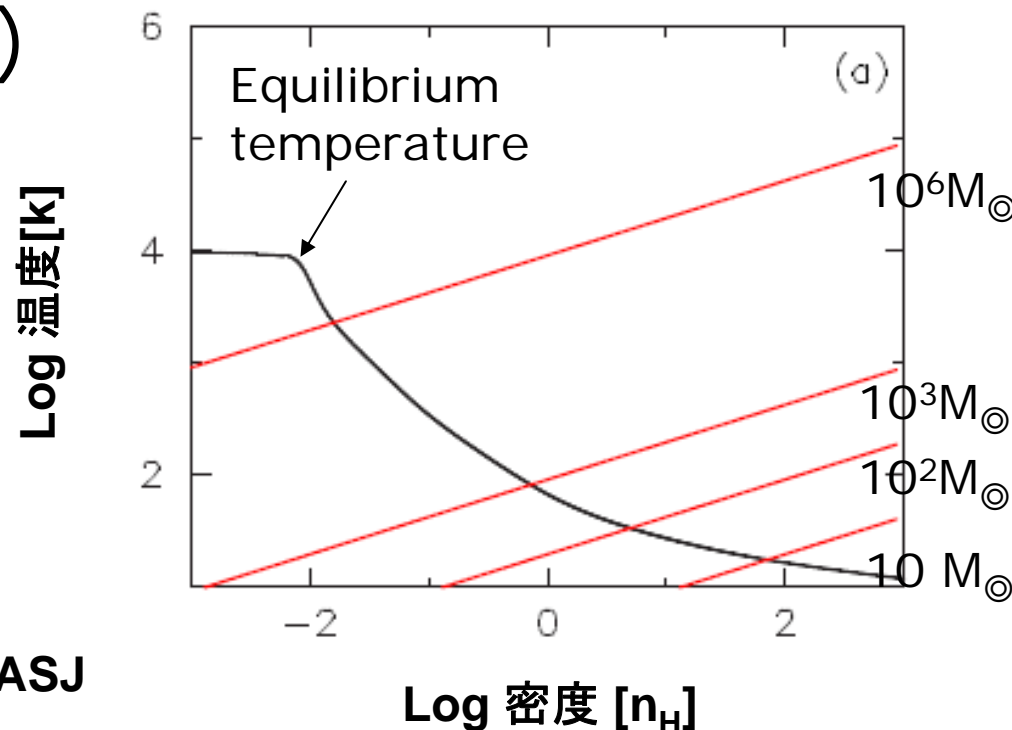
Higher resolution than $10^6 M_{\odot}$!

- 重力収縮に伴う分裂を扱うためには、Jeans 質量を分解する必要がある:

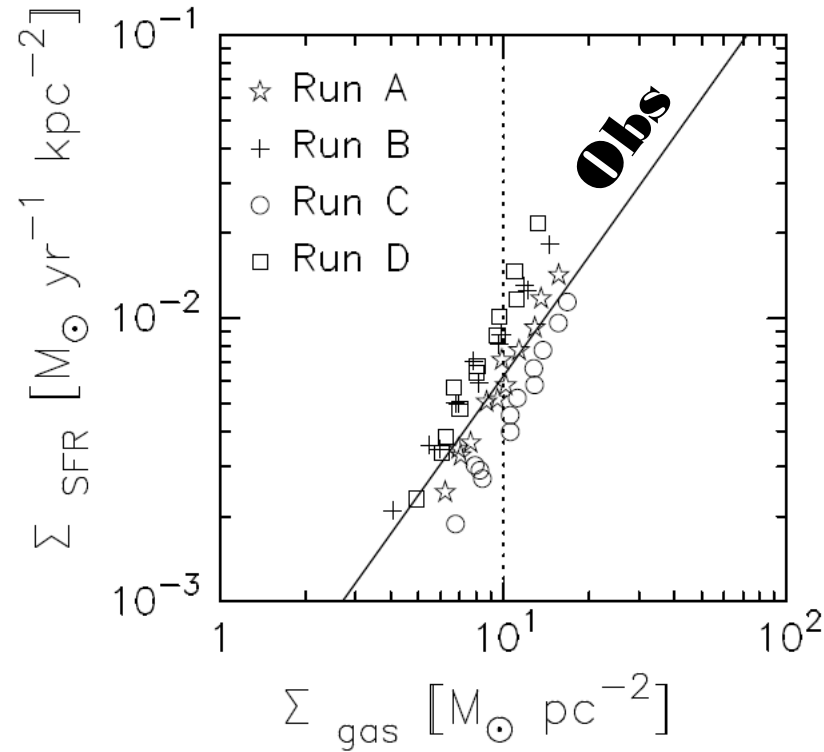
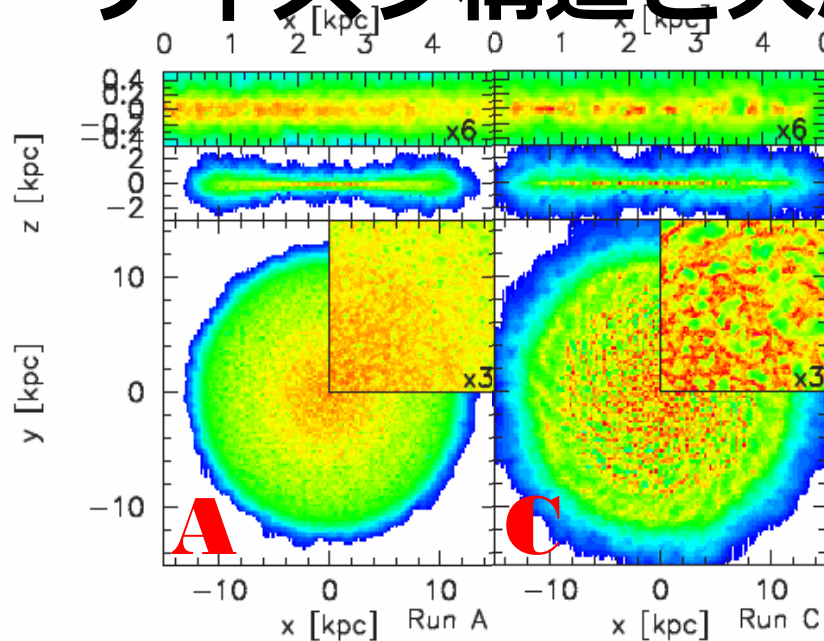
$$N_{\text{ngb}} \times M_{\text{SPH}} < M_{\text{Jeans}}(r, T)$$

- $n_{\text{H}} \sim 10^2/\text{cc}$ (分子雲) を分解するためには $M_{\text{SPH}} \sim < 10 M_{\odot}$

- 従来にない高分解能シミュレーションが必要**



星形成条件と ディスク構造と大局的な星形成の性質



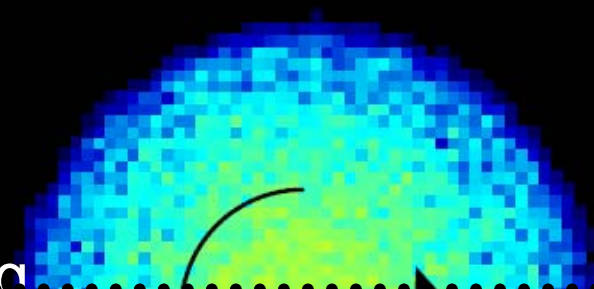
Low- n_{th} run
 $n_{th} = 0.1 n_H / \text{cc}$
 $T_{cut} = 10^4 \text{K}$

High- n_{th} run
 $n_{th} = 100 n_H / \text{cc}$
 $T_{cut} = 10 \text{K}$

1. 星形成の密度閾値は銀河構造に大きな影響を与える
2. SFR, $\Sigma_{\text{gas}} - \Sigma_{\text{sfr}}$ -relation はその影響を受けない
3. High- n_{th} run では、 C_* 依存が弱い

Merger simulations

- Two equal mass galaxies ($10^{11}M_{\odot}$)
 - Parabolic orbit
- Gravity. Hydrodynamics. Radiative cooling.....



- **SF model: Schmidt law @ $n_H > n_{th}$ & $T > T_{th}$**
 - $\rho_* = C_* \rho_{gas} / t_{dyn} \propto \rho_{gas}^{1.5}$

model	T_{cut}	n_{th}	T_{th}	C_*
従来のモデル	10^4 K	$0.1 n_H \text{ cm}^{-3}$	15000 K	0.033
我々のモデル	10 K	$100 n_H \text{ cm}^{-3}$	100 K	0.033

- どちらのモデルも孤立銀河でSK関係を再現できる

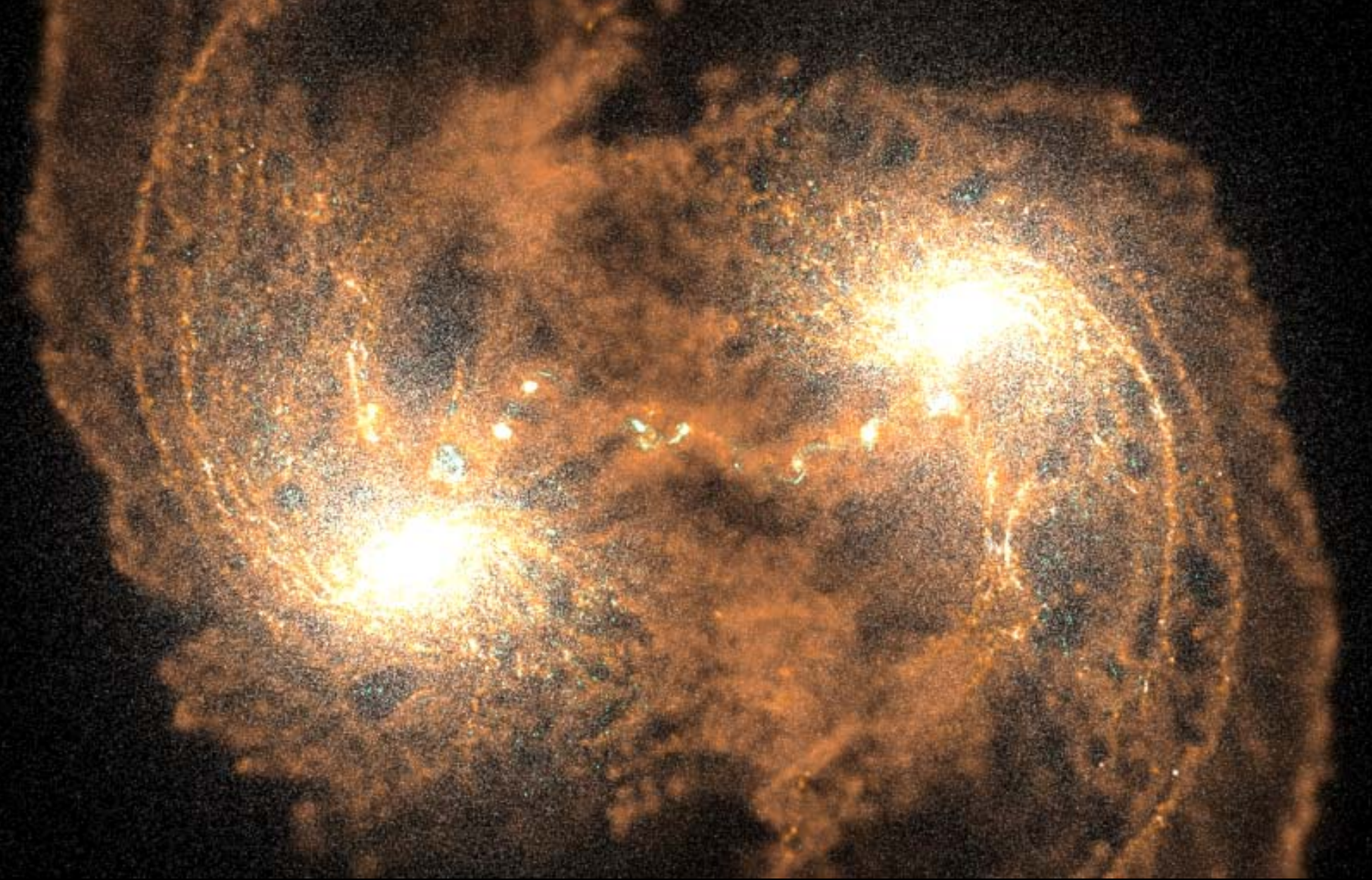


Run	N_{DM}^a	N_{Disk}^b	N_{Gas}^c	m^d
M1	6 930 000	341 896	148 104	$3 \times 10^4 M_{\odot}$
M2	13 860 000	683 678	296 322	$1.5 \times 10^4 M_{\odot}$
M3	27 720 000	1 361 012	598 988	$7.6 \times 10^3 M_{\odot}$

CRAY XT4 @ CfCA



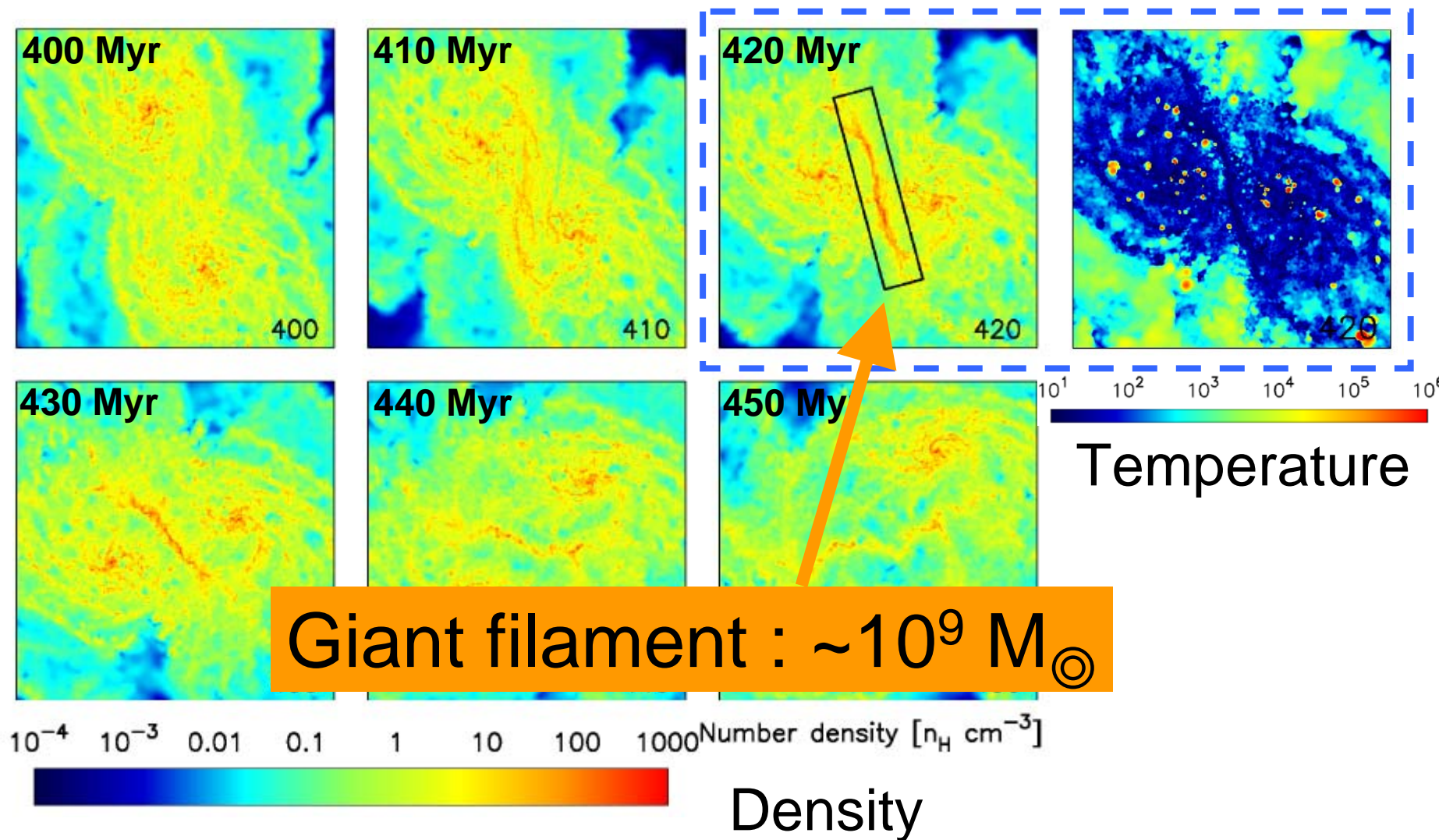
Simulation of galaxy-galaxy merging



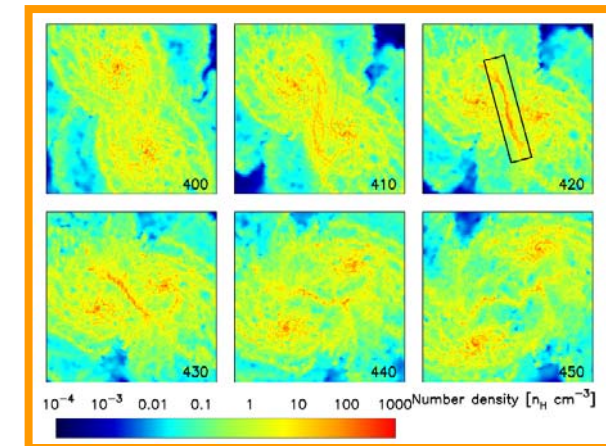
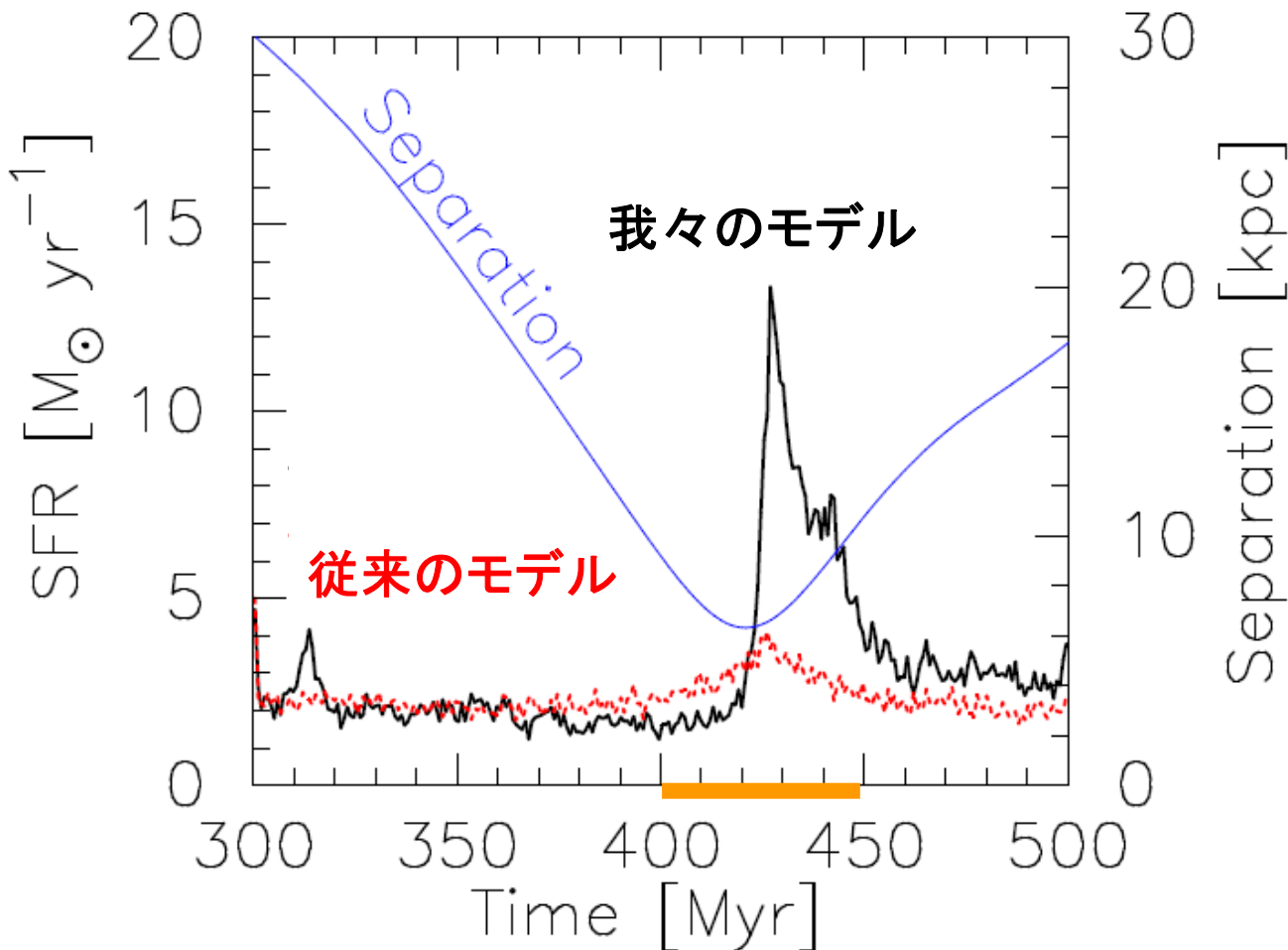
Brown: gas, light green points: young stars, white points: old stars

Visualization: Takaaki Takeda

Formation of the giant filament

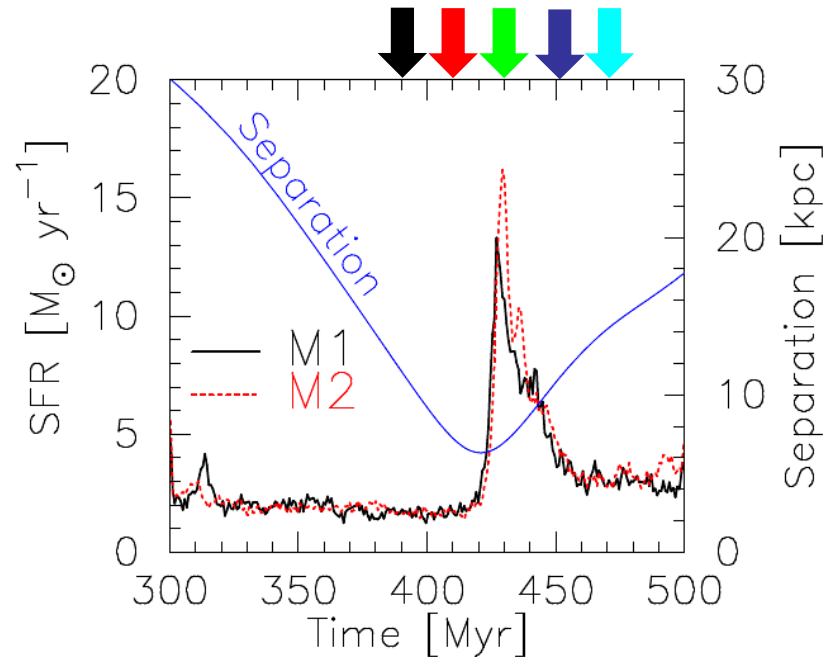
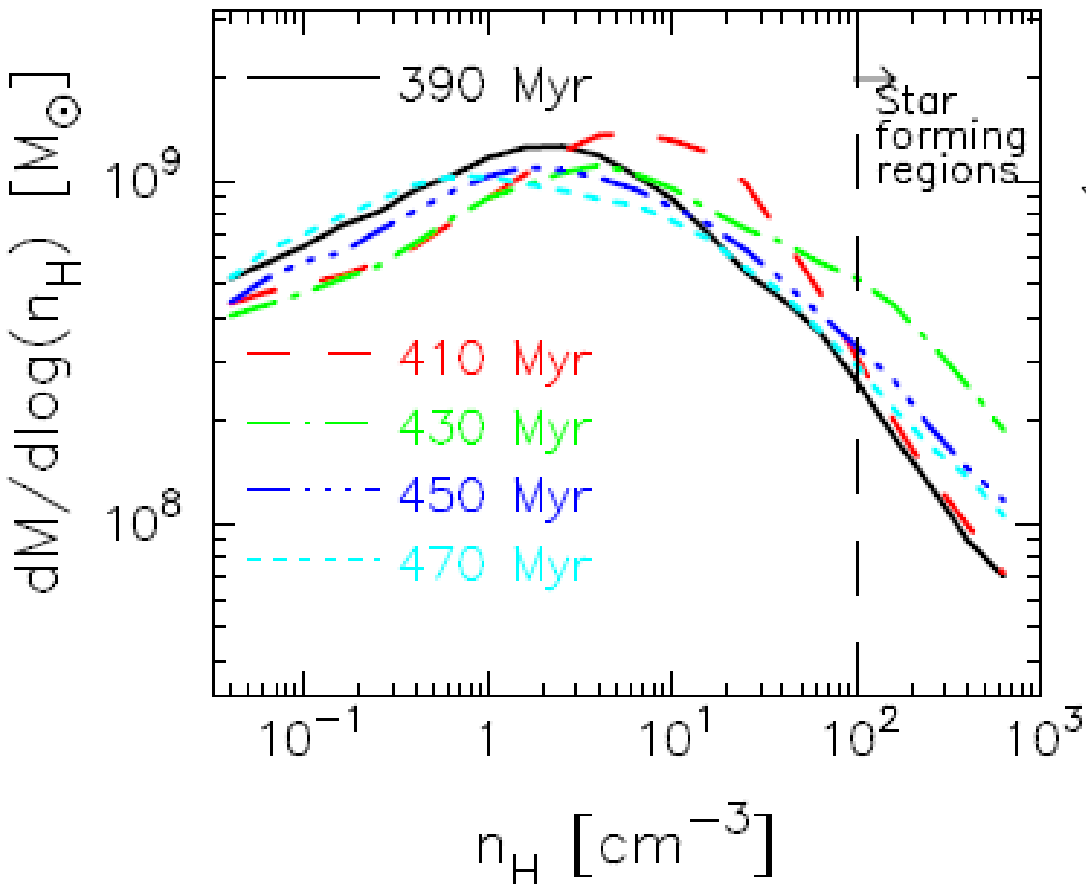


"Starburst" at the first encounter

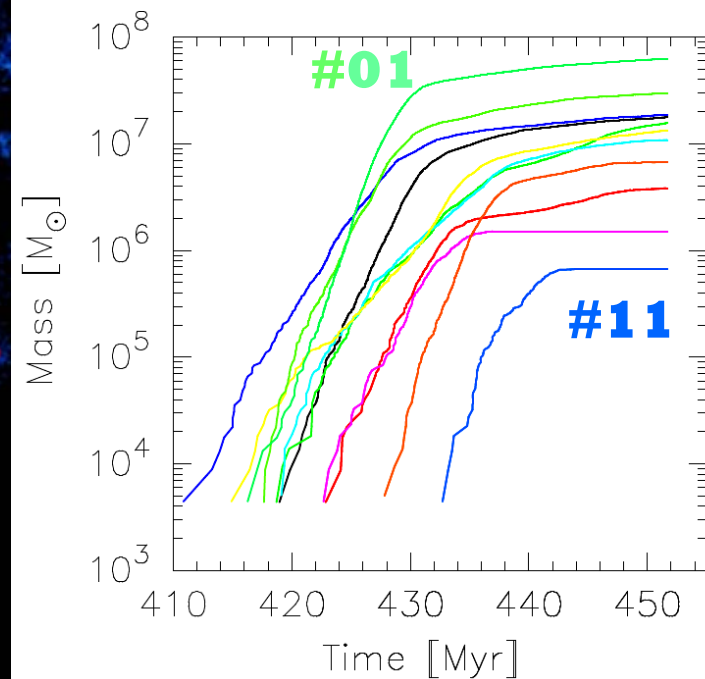
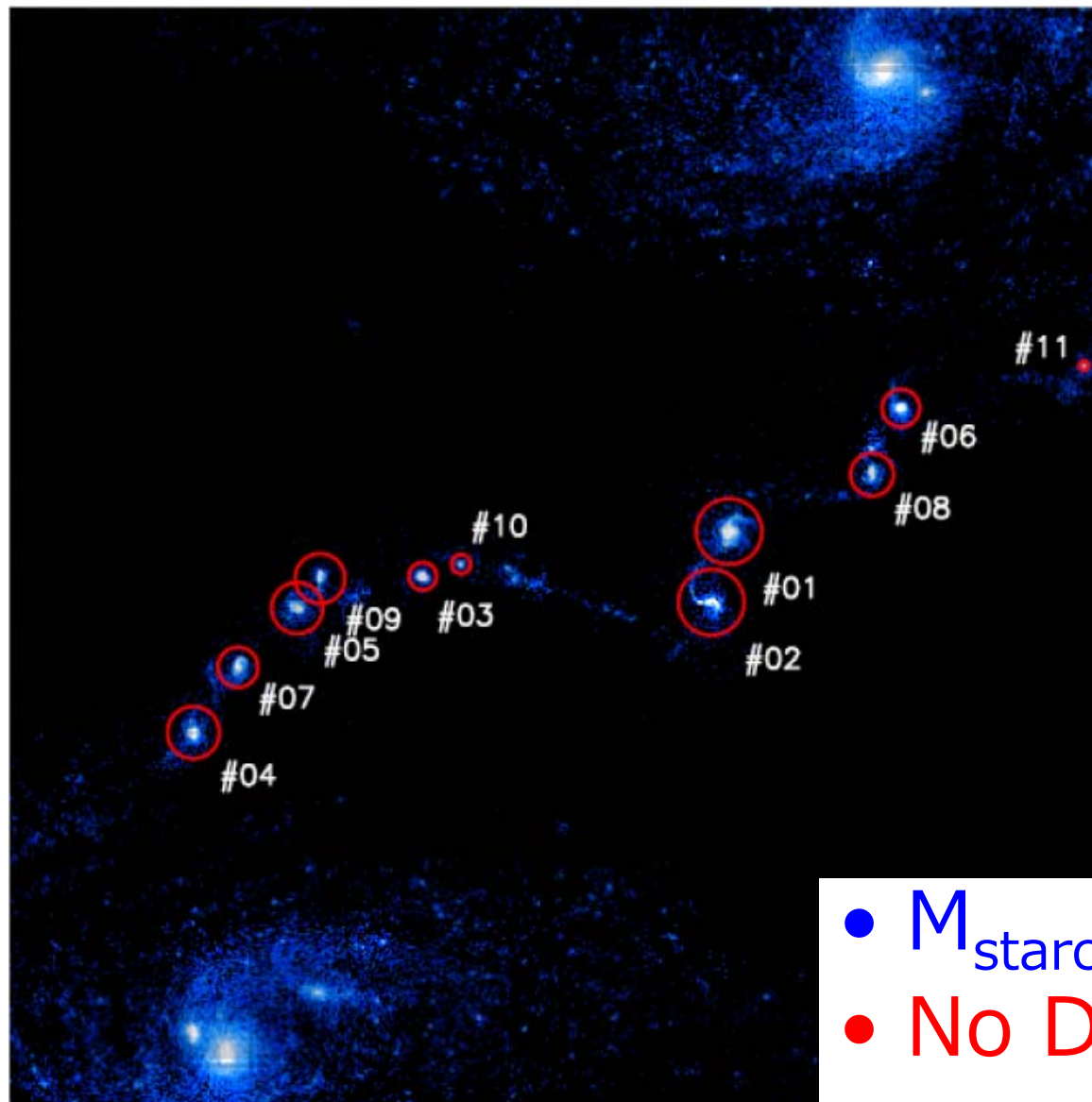


- 初期遭遇直後にスターバースト
- 従来のシミュレーション ($T_{\text{cut}} = 10^4\text{K}$)では現れない

"Starburst" at the first encounter



- 定常状態の質量分布に“**超過**”が発現
 - 短時間で星形成領域に流れ込み スターバースト



• $T_{\text{form}} \sim 10^7 \text{ yr}$

• $M_{\text{starcluster}} \sim 10^{6-7} M_{\odot}$

• No Dark matter

0.1 1 10 100

Surface density [$M_{\odot} \text{ kpc}^{-2}$]



相互作用銀河の初期遭遇時における スターバーストと星団形成

- 相互作用銀河で、ショックによってガスが圧縮されできたフィラメントが分裂して星団が形成されるのを初めてシミュレーションで示した
- 従来の低分解能な計算とは異なり、最初の遭遇で強い星形成(スターバースト)が始まる
- 相互作用銀河におけるスターバーストの新たな描像は、銀河形成の根源に係わる重要な結果