

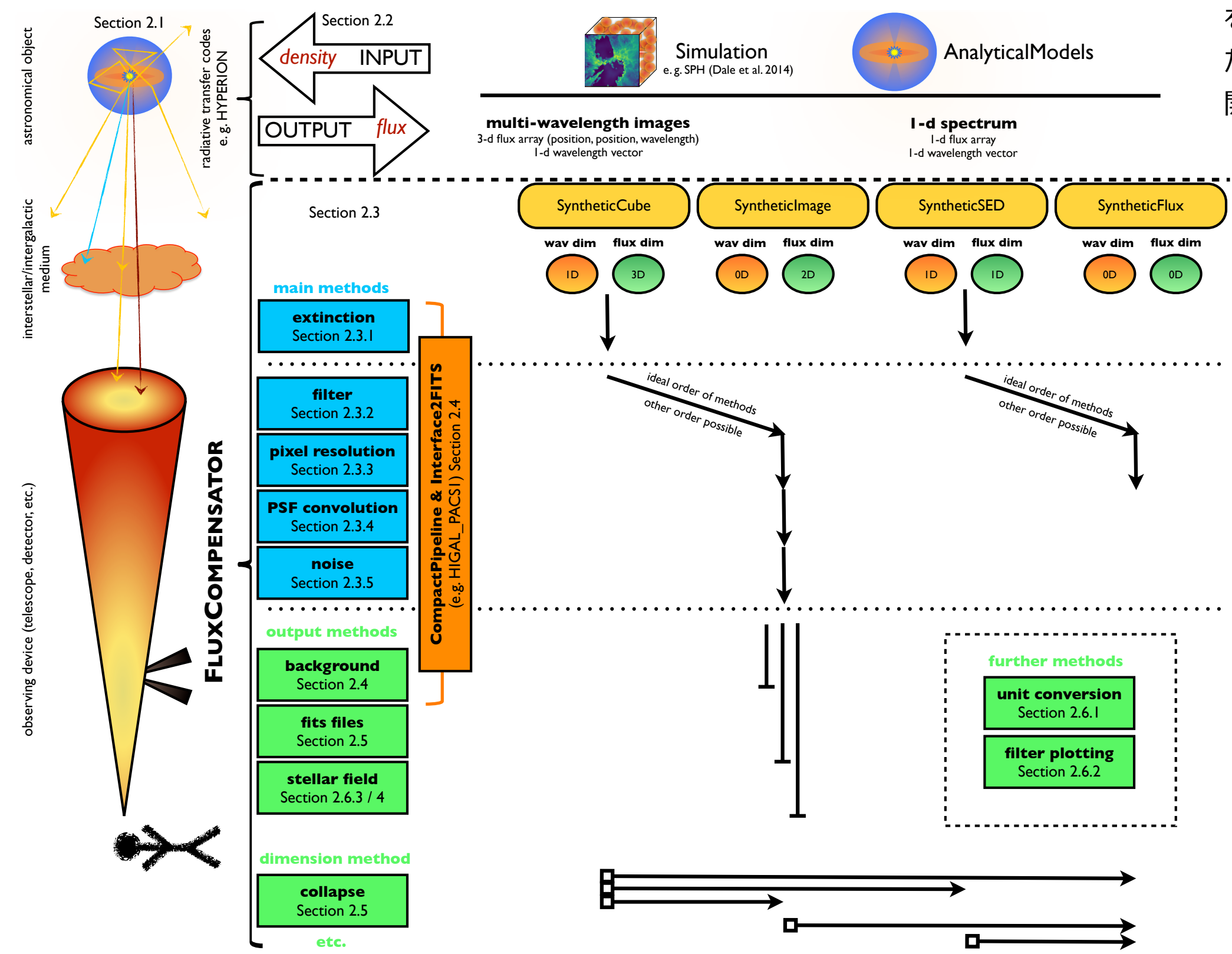
星形成ゼミ資料

Dec.8, 2017 古屋玲（徳島大学・教養教育院）

# THE FLUXCOMPENSATOR: MAKING RADIATIVE TRANSFER MODELS OF HYDRODYNAMICAL SIMULATIONS DIRECTLY COMPARABLE TO REAL OBSERVATIONS

CHRISTINE M. KOEPFERL<sup>1,2</sup> AND THOMAS P. ROBITAILLE<sup>1,3</sup>

現実的なシミュレーション  
をさらに現実的なものにする  
ためのPythonパッケージを  
開発した. 今回の実装は,



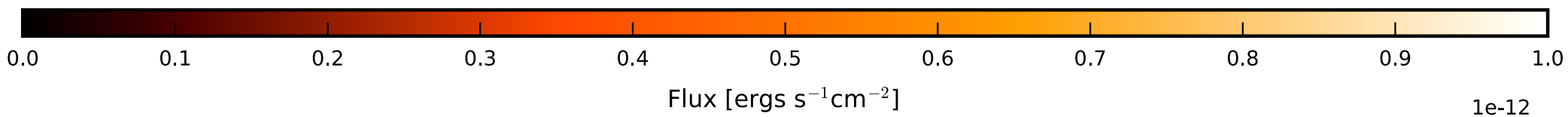
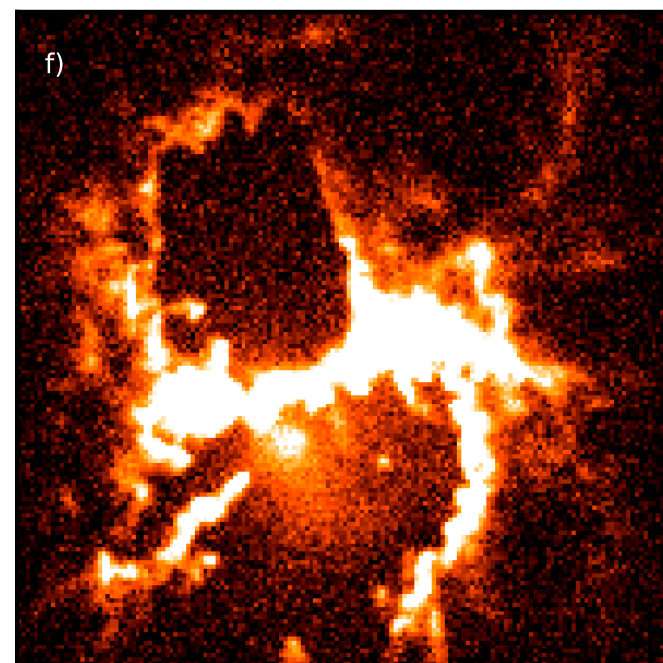
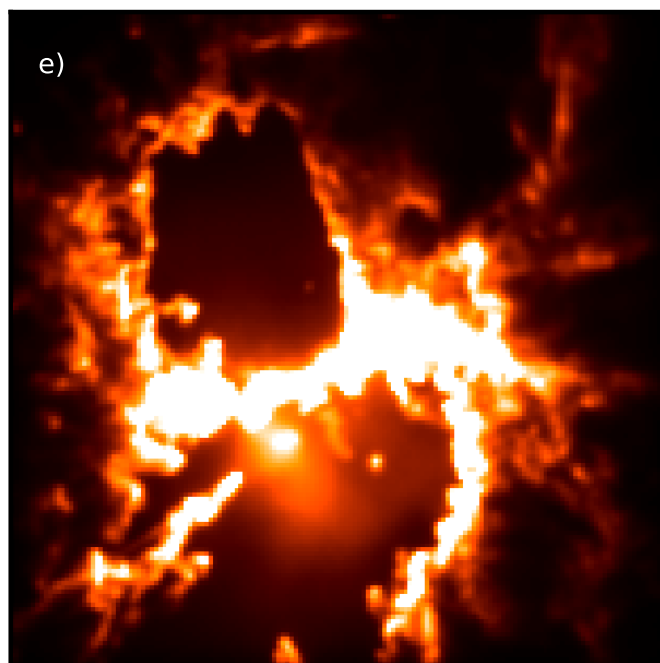
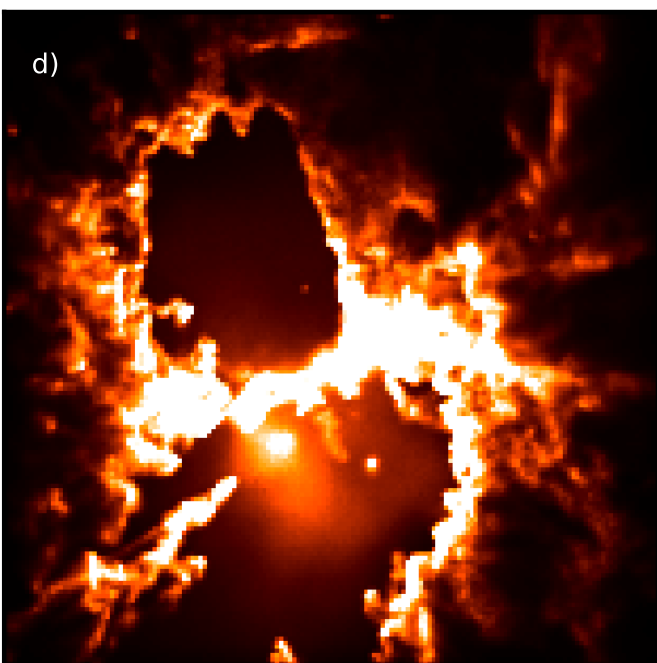
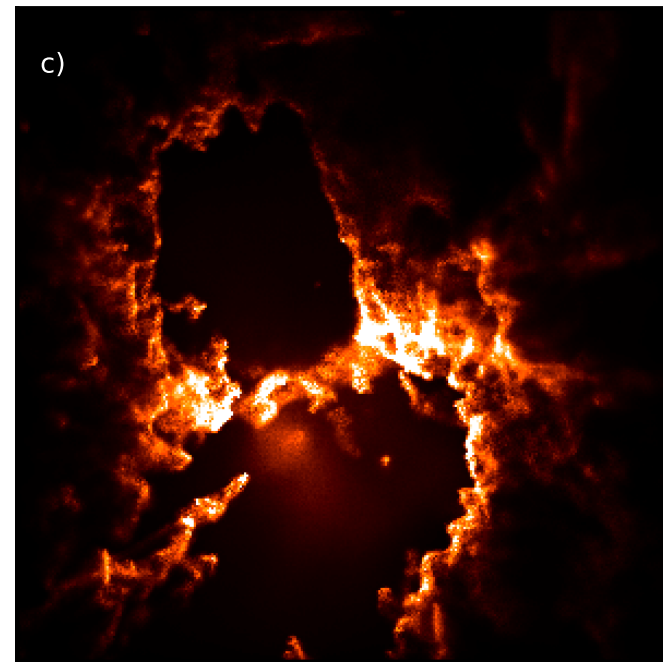
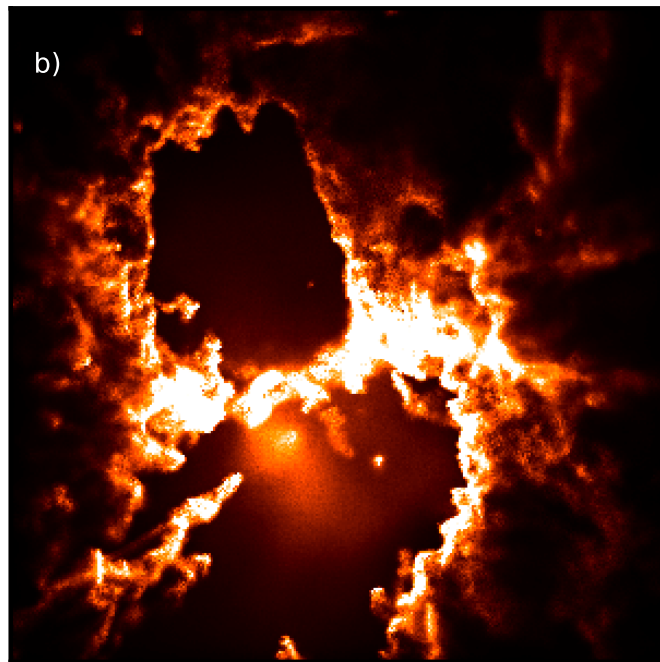
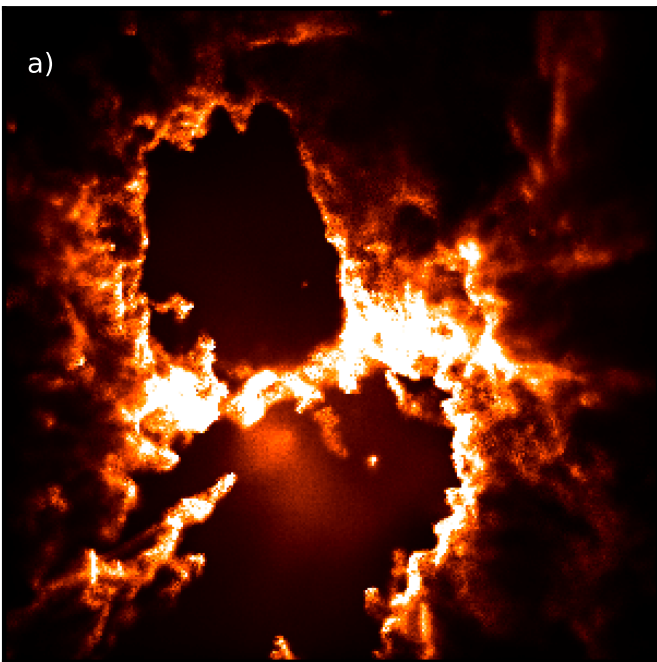
- 任意のビーム(PSF)を畳み込み積分
- 主な観測装置の透過曲線も畳み込める
- 大気の透過曲線を畳み込み積分
- 有限サイズのピクセルサイズでなまされた画像を出力
- ガウシアンノイズやランダムノイズ付加機能も追加
- 星間赤化補正も
- GitHubで公開

FIG. 1.— Flow scheme of the relevant HYPERION and FLUXCOMPENSATOR input/output structure and the analogy in reality. The relevant sections are highlighted within the scheme.

シミュレーション出力

PACS 70mic透過曲線を畳み込み

赤化補正



PACS 70mic PSFを畳み込み

PACS 70 mic のpixel sizeでなまして、ノイズ付加

今後の開発計画は、

- PSFの波長依存性も実装したい。
- ユーザーが指定した装置でのノイズレベル評価機能など(ソースとの分離工程も含めるの意味か?)
- 検出器がサチッたバンドにも対応させる。
- Gas-radiative transfer post-processing (何のこともよくわからなかった)
- 干渉計の空間フィルター機能をCASAとの連携で実装
- astropyのaffiliated package群に加えたい。

# INSIGHTS FROM SYNTHETIC STAR-FORMING REGIONS: I. RELIABLE MOCK OBSERVATIONS FROM SPH SIMULATIONS

CHRISTINE M. KOEPFERL<sup>1,2</sup>, THOMAS P. ROBITAILLE<sup>1,3</sup>, JAMES E. DALE<sup>4</sup>, AND FRANCESCO BISCANI<sup>1</sup>

星形成領域の流体力学シュミレーションの結果を「観測」(synthetic observations)して、星形成現象をトレースする探査針の選択次第では、観測から導かれる物理量に大きな差が生じうることを調べた。観測方法だけでなく、そこから導かれる物理量の較正を行うためには、できるかぎり現実的なシュミレーションとの比較も欠かせないことを示す。本論文(Paper I)では、“particle-based simulations onto a Voronoi mesh”で求められた温度および密度分布が、輻射輸送の問題を解くにあたって、いかにふさわしいものであるかを述べたのち、その精度についても報告する。我々は、さらにより現実的なsynthetic observationsを行うために、輻射輸送を解く際の問題設定の最適化も研究したので、手法の詳細と我々が推奨する方法についても述べる。ダストの輻射輸送計算において、流体力学的に推定される温度を盲目的に適用してしまうと、波長20 micron付近の輻射流束はかなり課題評価してしまうこともわかった。そうではなく、背景光に等温ダストを仮定し、輻射加熱を解いたとき、synthetic observationsから再現されたフラックスは現実的な値を示すことがわかった。本論文では、SpitzerやHerschel衛星の観測波長帯に焦点を当て、5800件に近い、「現実的なsynthetic observations」の結果を示す。引き続き、Paper II, III, and IVでは、これらのシュミレーションにもとづき、星形成率(SFR)、ガス質量および星形成効率(SFE)について論じる計画である。

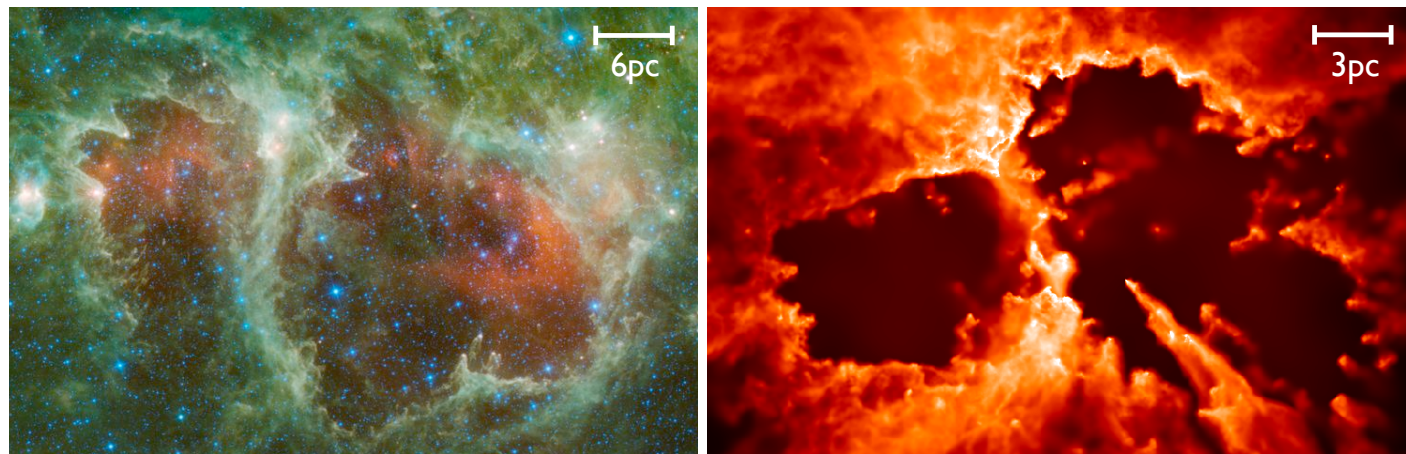


FIG. 1.— (Left) MIR Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE) observation<sup>a</sup> of the Soul Nebula star-forming region (blue: 3.4  $\mu\text{m}$ , cyan: 4.6  $\mu\text{m}$ , green: 12  $\mu\text{m}$ , red: 22  $\mu\text{m}$ ), (right) column density structure of a simulated star-forming region from the D14 smoothed particle hydrodynamics (SPH) simulations<sup>b</sup> with high-mass stellar feedback (ionization-only).

【左】 WISE衛星による中間赤外線画像  
(Blue=3.4mic, Cyan 4.6 mic; Green 12 mic, R=22 mic)  
【右】 SPHシュミレーションによる柱密度分布;  
(電離のみを考慮したフィードバック入り)

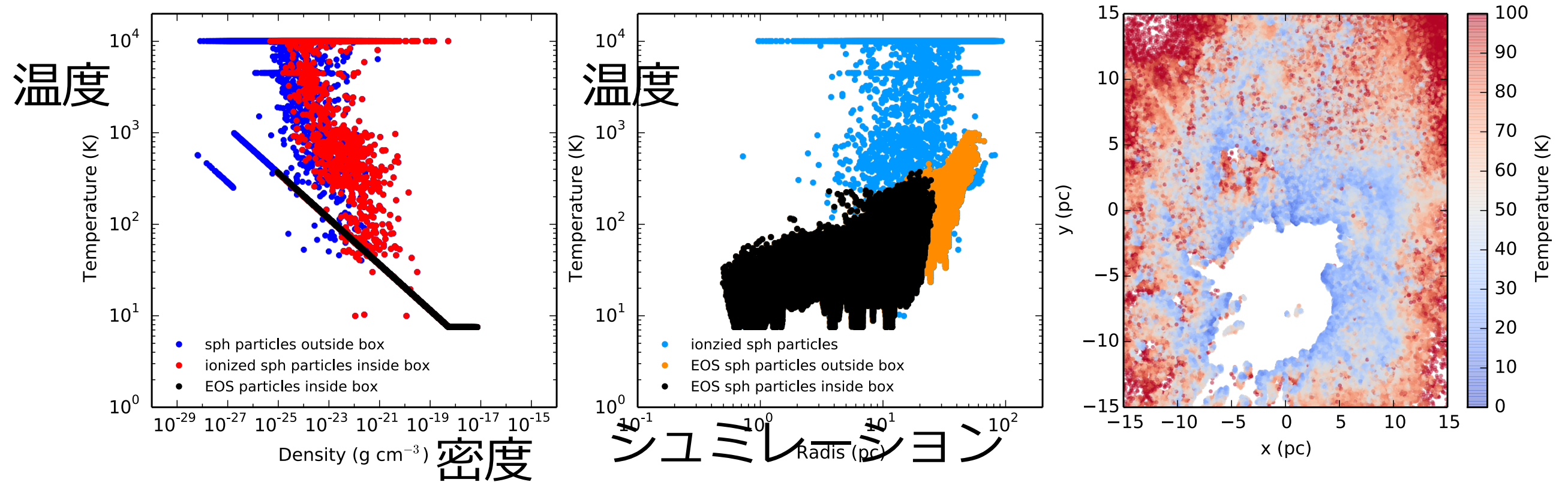
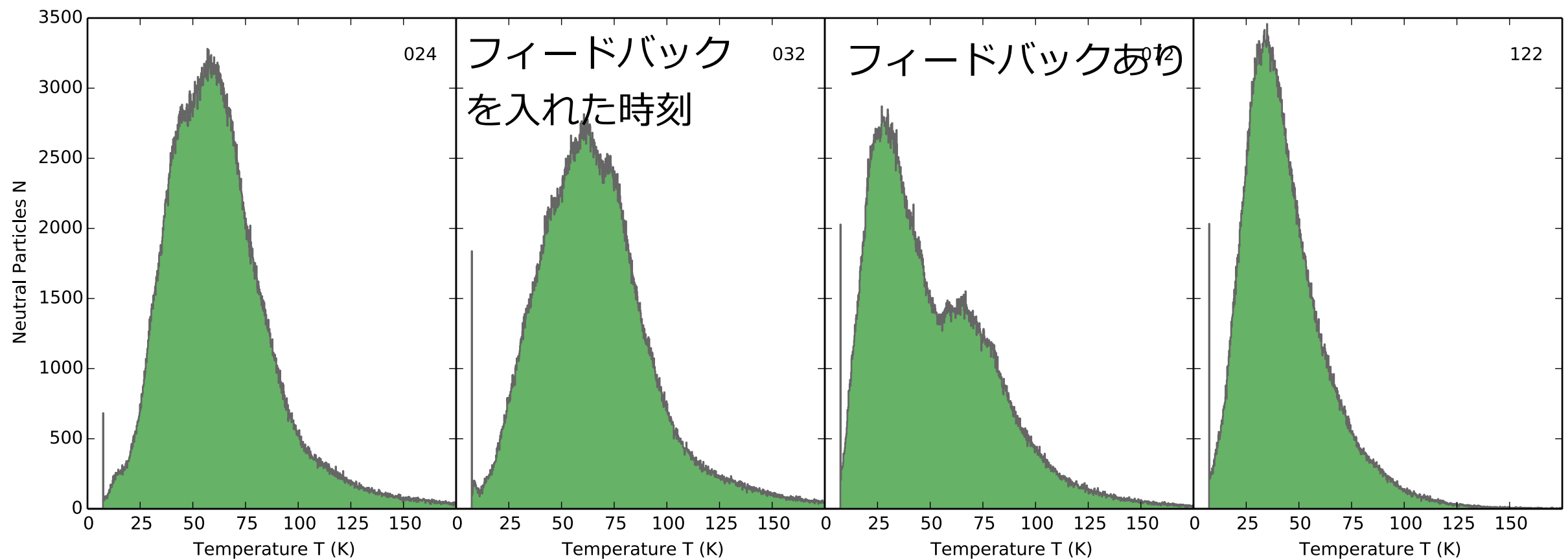


FIG. 2.— Temperature relation in density and radius of SPH particles and a 2d projection showing the temperature increase at the edges of the simulation at time-step 122 (6.109 Myr).



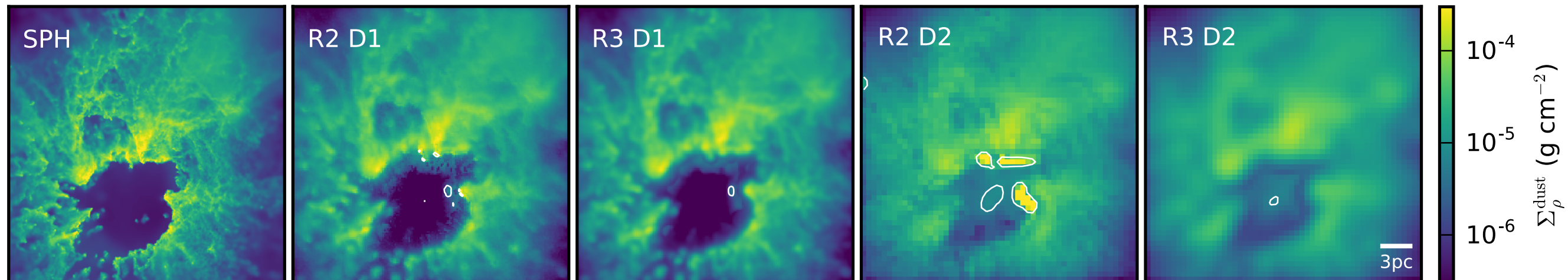
neutral SPHの時間進化(右パネルへ) ごとのTの頻度分布

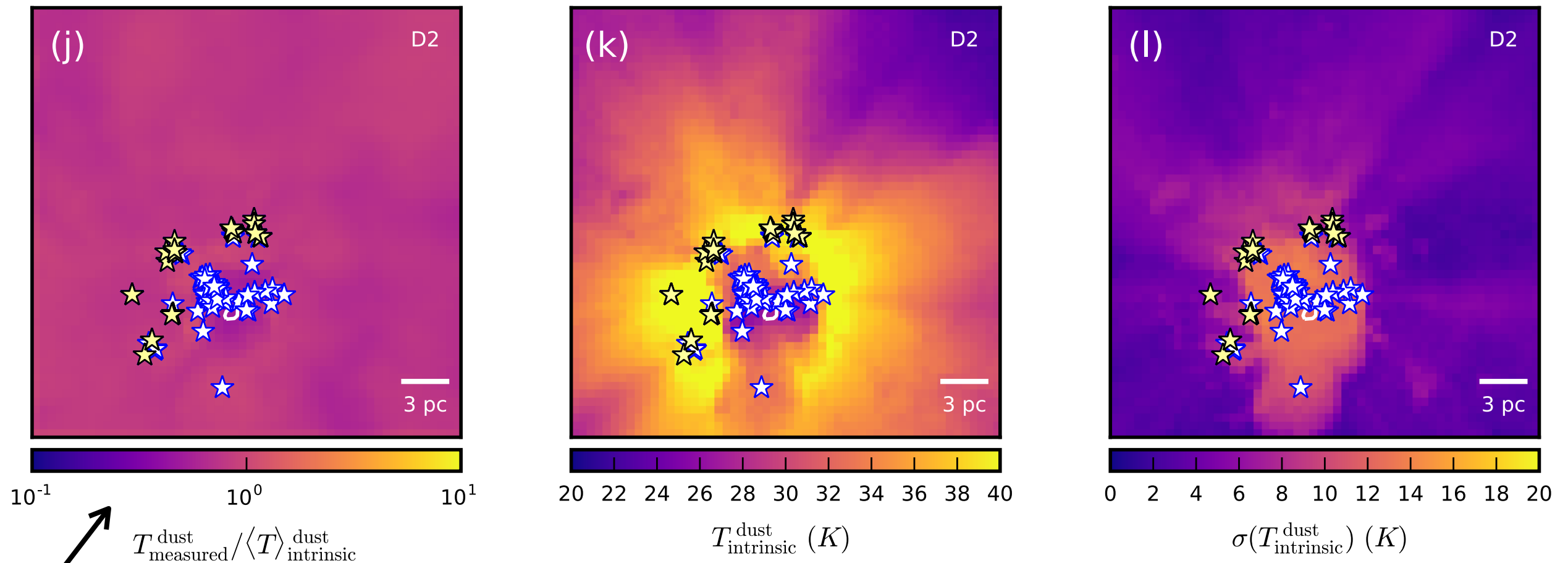
# INSIGHTS FROM SYNTHETIC STAR-FORMING REGIONS: II. VERIFYING DUST SURFACE DENSITY, DUST TEMPERATURE & GAS MASS MEASUREMENTS WITH MODIFIED BLACKBODY FITTING

CHRISTINE M. KOEPFERL<sup>1,2</sup>, THOMAS P. ROBITAILLE<sup>1,3</sup>, AND JAMES E. DALE<sup>4</sup>

Paper Iで報告した, SPH計算による膨大なデータの「観測」(synthetic observations)を行い、実際の天体から導かれる物理量が如何に観測手法に依存するかを評価した。本論文(Paper II)では、ハーシェル衛星による多波長データを画像ピクセルごとにSED fittingする解析から得られる、ガスの全質量、ダスト熱輻射の面密度およびダスト温度の信頼性を論じる。我々の解析によると、画像ピクセルごとのSED解析から得られる、ダストの面密度およびダスト温度には、worrisomeな誤差が避けられない。この問題は、とりわけ、星形成領域に隣接する程密度領域で顕著であり、このような領域では最大で3桁も過小もしくは課題評価する恐れがある。したがって、星形成が特に盛んな領域に対する、画像ピクセルごとのSED解析は慎重に行うべきである。銀河面によく見られる柱密度の高い領域、とくに低質量星形成領域については、遠赤外線背景光をほとんど評価できないので、信頼できる柱密度推定は不可能であると結論せざるをえない。moderate背景放射の場合、距離10 kpcほどまでの領域ならば、10%ほどの精度で柱密度推定が可能である。通常なされる多くの多波長データ解析では、もっとも空間分解能の悪い観測のビームサイズにすべてのデータセットをそろえることが多いが、この処理によって、空間分解能の良い観測データはピクセル内で情報が空間平均されてしまうので、この解析によってな発生する誤差を見積もることは、そもそも大きな困難がある。そこで、大質量星からのフィードバック機構が効くような領域について、適当なコントロールサンプルをつくり、適当な誤差を与え、天体観測と汎用解析が、理論計算をどれほど再現できるかを「観測」(synthetic observations)した。

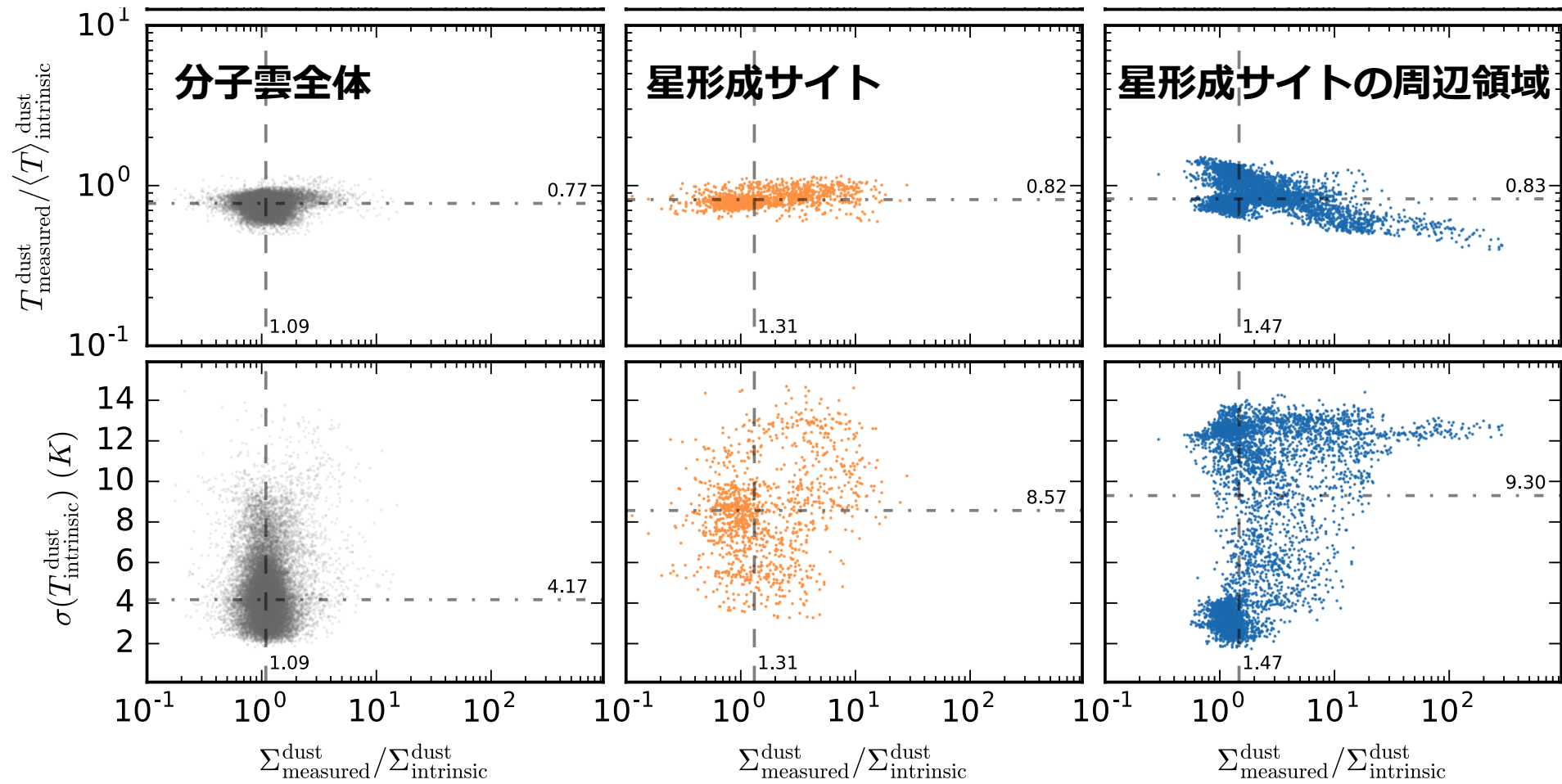
**ダスト面密度 : SPH計算結果(左) D 1の2枚は距離3 kpc, 右の2枚は距離10 kpc**





黄色の星：降着中の原始星, 青で白抜きの星：電離ガスのバブル内の星; 白コントア： $\chi^2 > 5$

対応



# INSIGHTS FROM SYNTHETIC STAR-FORMING REGIONS: III. CALIBRATION OF MEASUREMENT TECHNIQUES OF STAR-FORMATION RATES

CHRISTINE M. KOEPFERL<sup>1,2</sup>, THOMAS P. ROBITAILLE<sup>1,3</sup>, AND JAMES E. DALE<sup>4</sup>

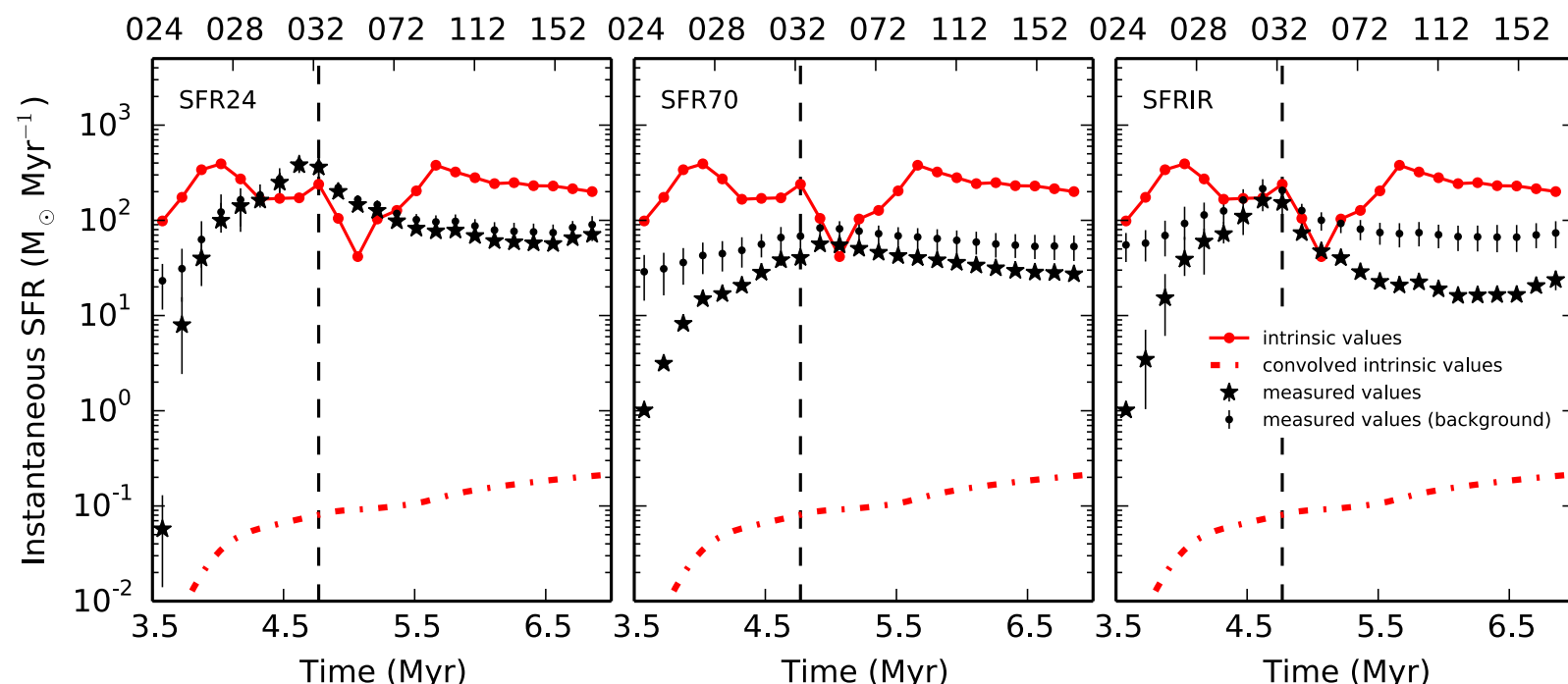
## 銀河研究で用いられているSFR

$$\text{SFR}(t) = \frac{M_*(t) - M_*(t_0)}{t - t_0} = \frac{M_*(t) - M_*(t_0)}{\delta t_*},$$

には、特徴的な時間尺度があり、これは通常、 $\delta t_* = 100 \text{ Myr}$ が仮定される。一方、銀河スケールのSFRの計算にはlocalな星形成が考慮されることはほとんどない。なので、あいだをつなぐ研究が必要。

観測的銀河研究で、SFRを推定するとき、代表的な方法として、24mic, 70mic, and total IR光度から求められることが多い。例えば、24mic光度とのスケール則は、

$$\frac{\text{SFR}_{24\mu\text{m}}(\delta t_* = 100 \text{ Myr})}{M_\odot \text{ yr}^{-1}} = 2.03 \times 10^{-43} \times \frac{\nu L_\nu(24 \mu\text{m})}{\text{ergs s}^{-1}},$$



### 【上の図】

赤は「 $\delta t_* = 100 \text{ Myr}$ の瞬間」ごとのintrinsicなSFR(計算値)、星印は背景光なしの場合、下部の赤い点線が銀河全体での換算値：通常観測されるSFRに相当

縦の点線はmassive starのfeedbackを入れた時刻

### 【結果】

「 $\delta t_*$  ごとの瞬間SFR」値と「通常観測されるSFR」の3桁のギャップ：「They should match if the technique worked accurately.」としか説明ない。

3つのSFR推定法に顕著な差なし。

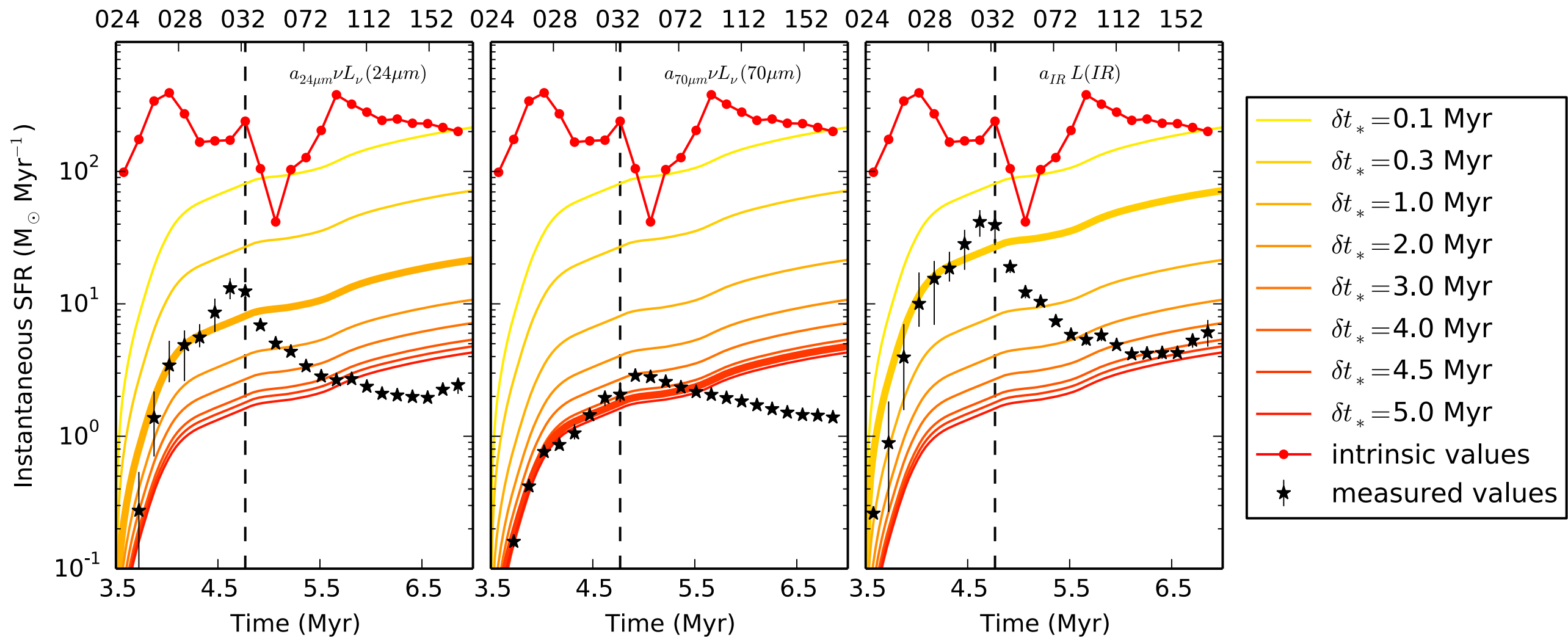


FIG. 2.— Instantaneous rate  $\text{SFR}_{\text{sim}}(\delta t_* = \Delta t)$  from the simulation (red dots), rate convolved with different characteristic timescales  $\delta t_*$  (yellow to red) and the scaled measured emission (black stars). Numbers on top represent the time-step IDs and vertical lines highlight the time-step of the simulations when feedback was switched on.

### 【上の図から銀河研究へのレッスン】

1. (この程度の時間刻みでは) フィードバックは入れたら「すぐに効く」.
2. フィードバック効果は、24 mic (or total IR)で顕著に見える。24micが有利なのは星形成をそこそこ良くトレースしつつ、円盤部のISMにはあまり感度がないから(70 micは主にdisk ISM).

### 【テキストのみでなされている議論】

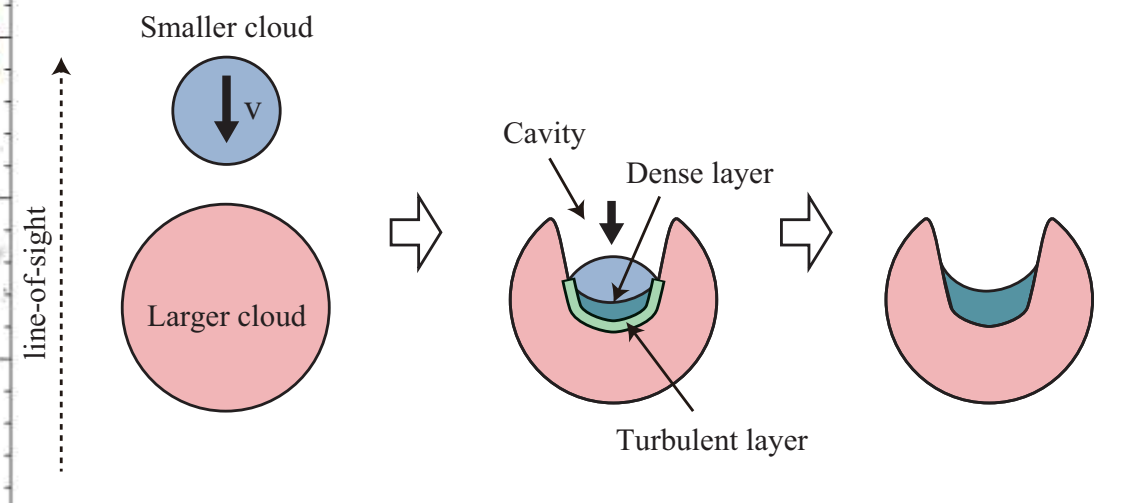
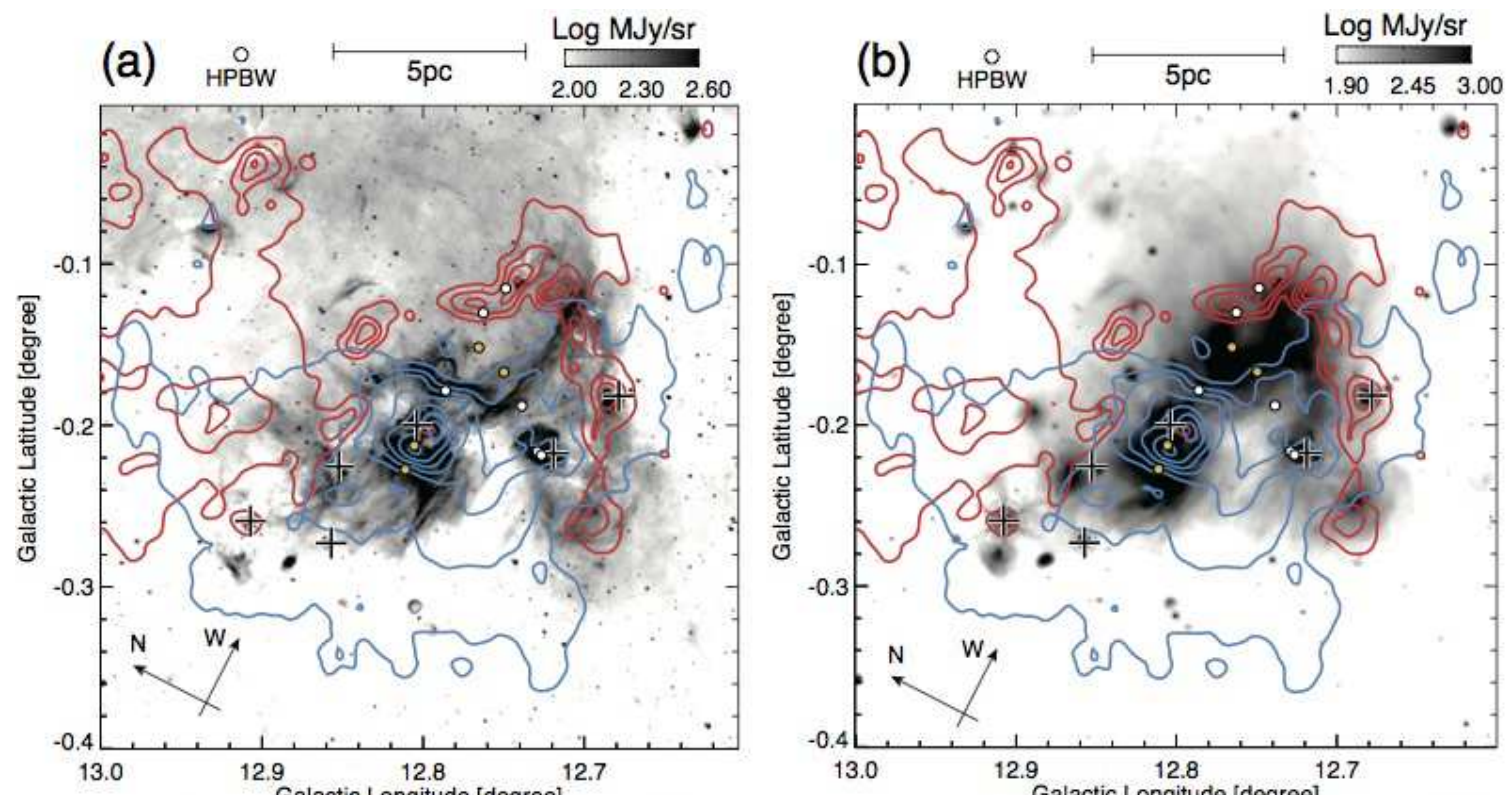
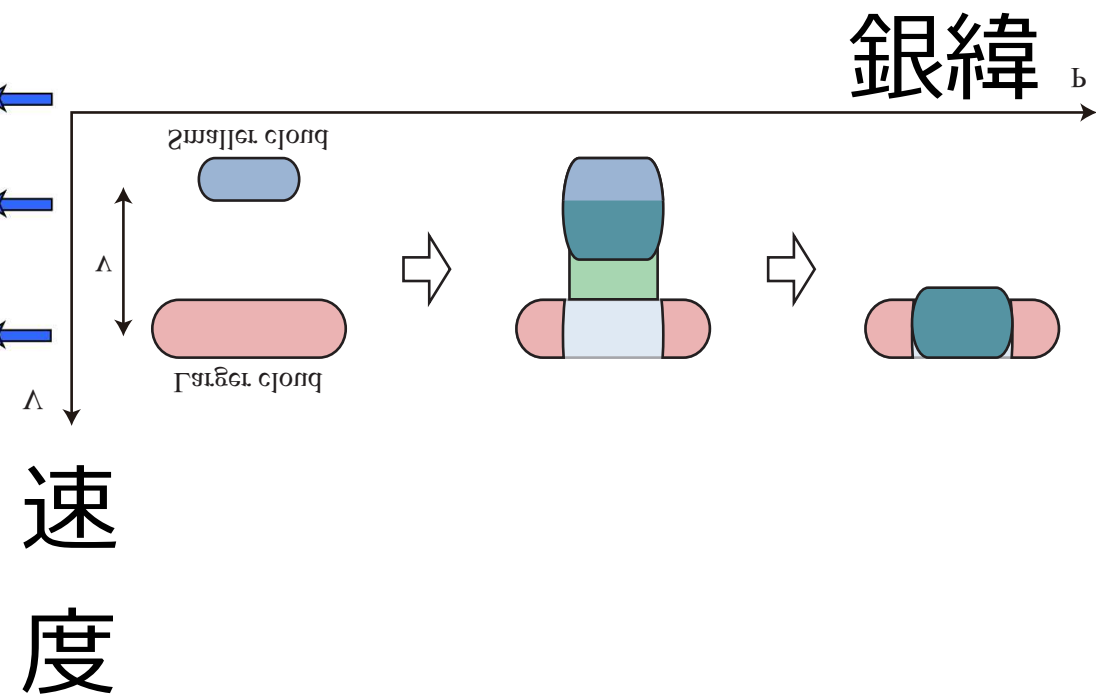
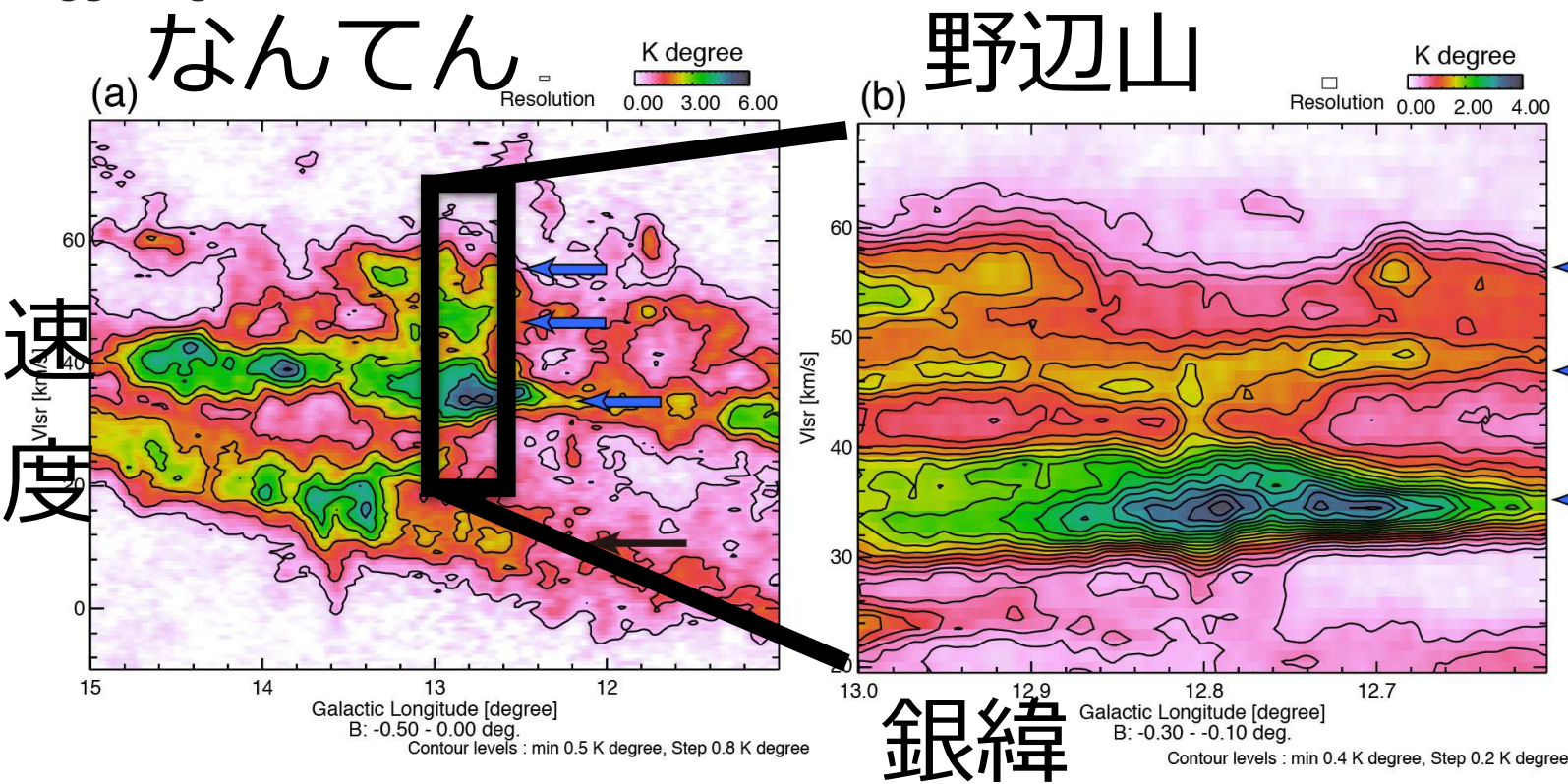
分子雲コア-->原始星への進化でよくなされるシュミレーションの単純なアンサブルでは、銀河全体のSFRを再現できない。逆に銀河研究でなされるセットアップでcloud程度のローカルSFを再現しようとそても失敗する。なので、銀河スケールのSFとローカルSFは別スケールの現象。

### 【古屋メモ&感想】

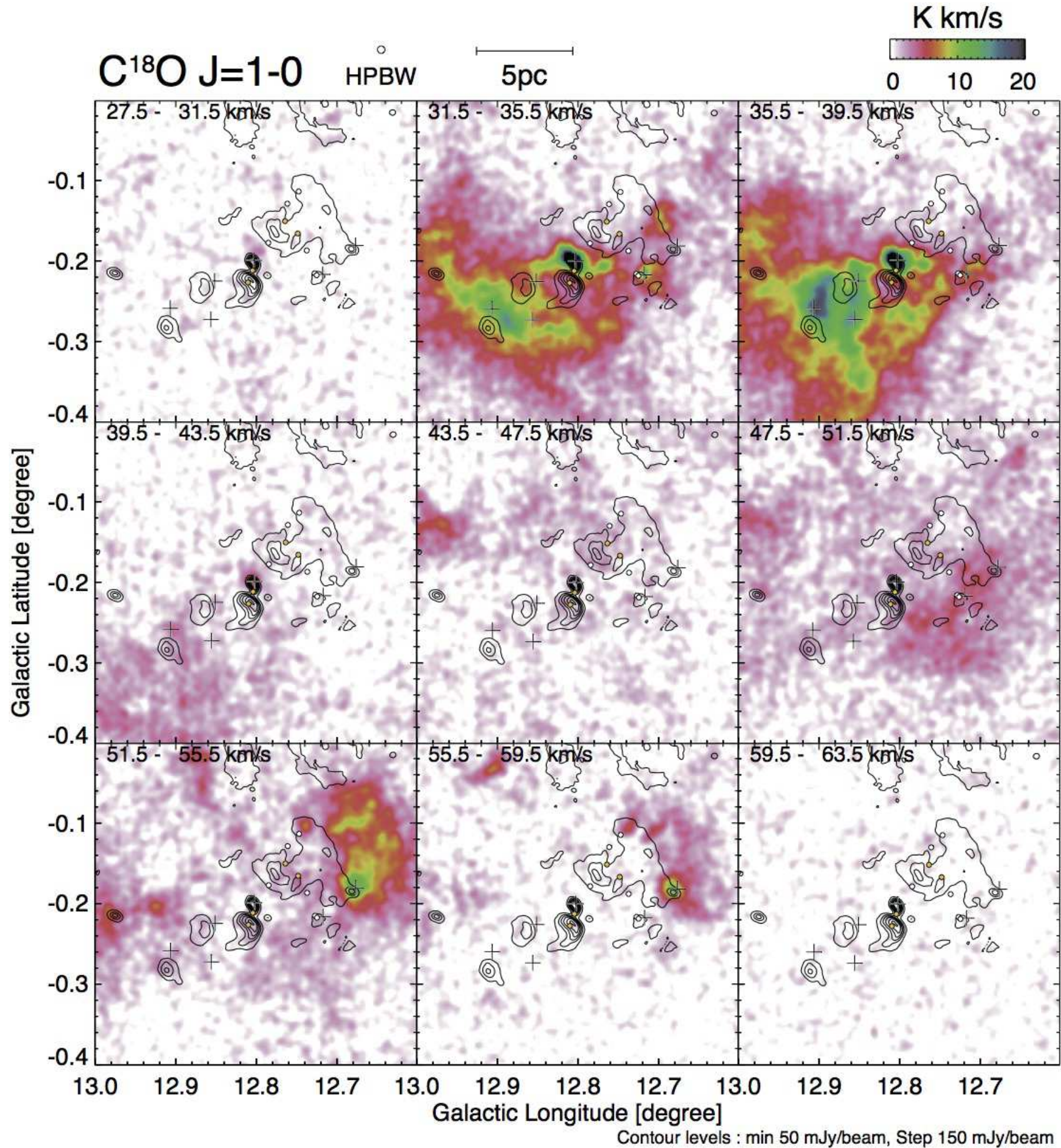
とは言うもの、ローカルでおこるmassive SFのアンサブルである、フィードバック機構は明らかに銀河スケールの星形成を制御する要因のひとつになっている。磁場とcosmic rayは？

FOREST Unbiased Galactic plane Imaging survey with the Nobeyama 45-m telescope (FUGIN) : Molecular clouds toward W33 ; possible evidence for a cloud-cloud collision triggering O star formation

Mikito KOHNO<sup>1\*</sup>, Kazufumi TORII<sup>2</sup>, Kengo TACHIHARA<sup>1</sup>, Tomofumi UMEMOTO<sup>2,3</sup>, Tetsuhiro MINAMIDANI<sup>2,3</sup>, Atsushi NISHIMURA<sup>1</sup>, Shinji FUJITA<sup>1</sup>, Mitsuhiro MATSUI<sup>2</sup>, Mitsuyoshi YAMAGISHI<sup>4</sup>, Yuya TSUDA<sup>5</sup>, Mika KURIKI<sup>6</sup>, Nario KUNO<sup>6</sup>, Akio OHAMA<sup>1</sup>, Yusuke HATTORI<sup>1</sup>, Hidetoshi SANO<sup>1,7</sup>, Hiroaki YAMAMOTO<sup>1</sup> and Yasuo FUKUI<sup>1,7</sup>



青は35km/s雲(大きい雲)、赤は58km/s(小さい雲) : グレイは右パネルが24ミクロン ; ポンチ絵と色が逆なので注意



コントアは  
野辺山で取得  
C18O(1-0)

Fig. 16. Velocity channel map of the  $\text{C}^{18}\text{O } J = 1-0$  emission with a velocity step of  $4.0 \text{ km s}^{-1}$  with Nobeyama. Contours show the VLA 90 cm radio continuum image. Plots are same as Figure 1.