

勉強会資料

三木洋平(筑波大 D3)

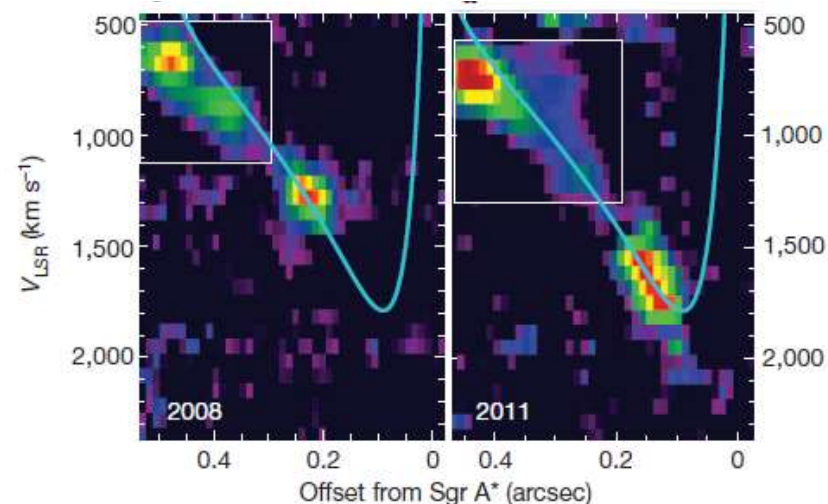
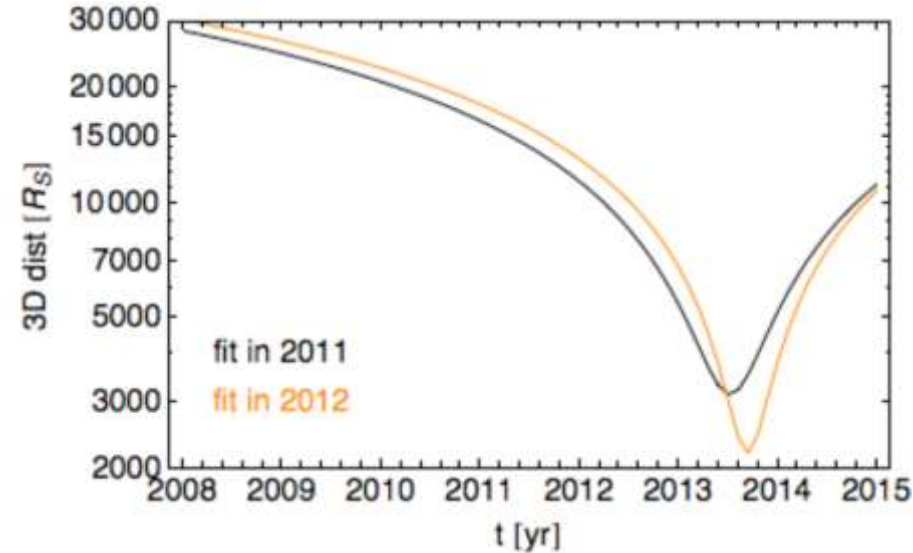
2013/4/6

Contents

- 先行研究
- ガス密度に関する話

G2 の物理量 (Gillessen+12)

- 質量: $\sim 3 M_{\oplus}$
 - from Br γ luminosity
- ガス温度: $\sim 10^4$ K
- サイズ:
 $15 \text{ mas} = 1.4 \times 10^3 R_{\text{Sch}}$
- 近BH点の距離は
 $2.2 \times 10^3 R_{\text{Sch}}$ in 2013 秋
(Gillessen et al. 2013)



G2 が Sgr A* に与える影響

- 知りたいこと
 - Sgr A* へのガス降着率の時間変化
 - 降着円盤が受ける影響は？
- 関連研究
 - Gillessen et al. (2012, 2013)
 - Burkert et al. (2012); Schartmann et al. (2012)
 - Anninos et al. (2012)
 - Saitoh et al.

先行(グローバル)流体計算

- 2Dメッシュ流体
 - Burkert et al. 2012, ApJ, 750, 58
 - Schartmann et al. 2012, ApJ, 755, 155
- 3Dメッシュ流体
 - Anninos et al. 2012, ApJ, 759, 132
- SPH
 - Saitoh et al., arXiv: 1212.0349

2D-simulations の概要

- $[-1.7 \times 10^{17} \text{ cm}, 1.2 \times 10^{16} \text{ cm}], \Delta x = 7 \times 10^{13} \text{ cm}$
- $[-6.2 \times 10^{16} \text{ cm}, 2.5 \times 10^{16} \text{ cm}], \Delta y = 7 \times 10^{13} \text{ cm}$
 - explicit には書いてないが, 2048×1024 の計算
- 問題は, background hot gas の取り扱い

$$\rho_{\text{hot}}(r) = \rho_0 \frac{r_0}{r} = \eta_{\text{hot}} \times 1.7 \times 10^{-21} \left(\frac{10^{16} \text{ cm}}{r} \right) \text{ g cm}^{-3}, \quad (2)$$

$$T_{\text{hot}}(r) = T_0 \frac{r_0}{r} = \mu \frac{GM_{\text{BH}}}{2R_g r_0} \frac{r_0}{r} = 2.1 \times 10^8 \left(\frac{10^{16} \text{ cm}}{r} \right) \text{ K} \quad (3)$$

– 流体計算ごとに, background をリセット (!!)

G2に関する二つのモデルと軌道

- Compact Cloud scenario
- Spherical Shell scenario

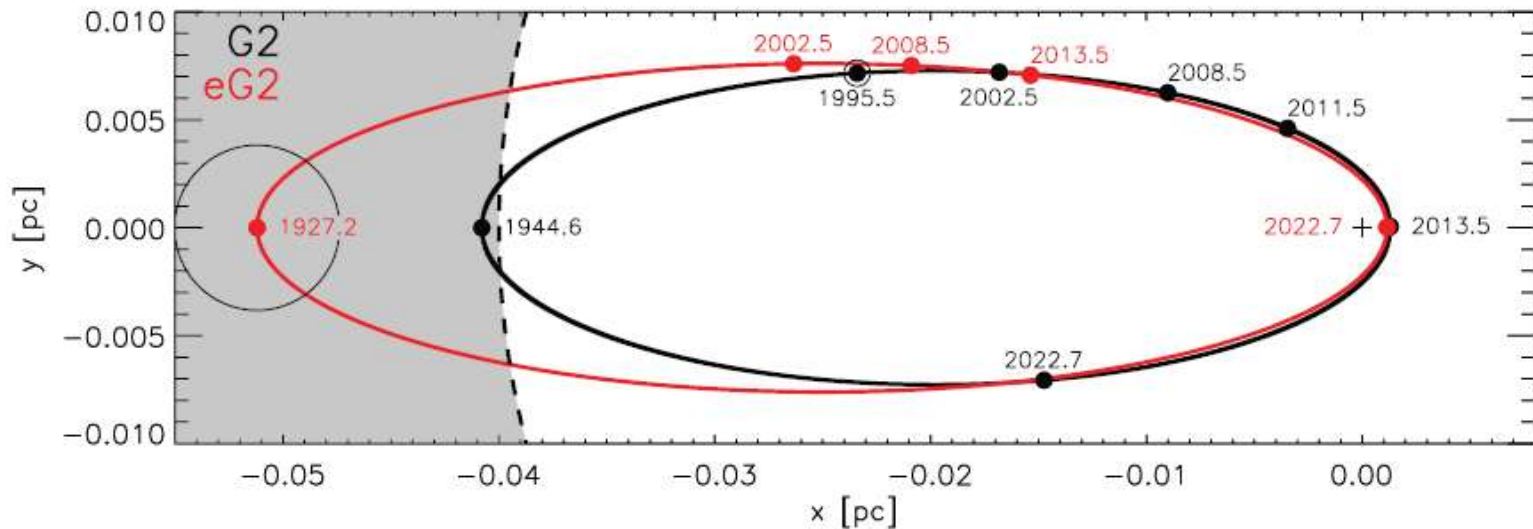


Figure 1. Orbits of our two scenarios: the black line represents the orbit of G2, as determined in Gillessen et al. (2012), representative for the *Compact Cloud Scenario* and the red line denotes the orbit of eG2 as determined in this work, representative for the *Spherical Shell Scenario*. The location of the central black hole is denoted by the plus sign and the dashed line denotes the inner rim of the disk(s) of young stars. The sizes of the shell and the cloud are shown by the thin black lines.

Compact Cloud scenario

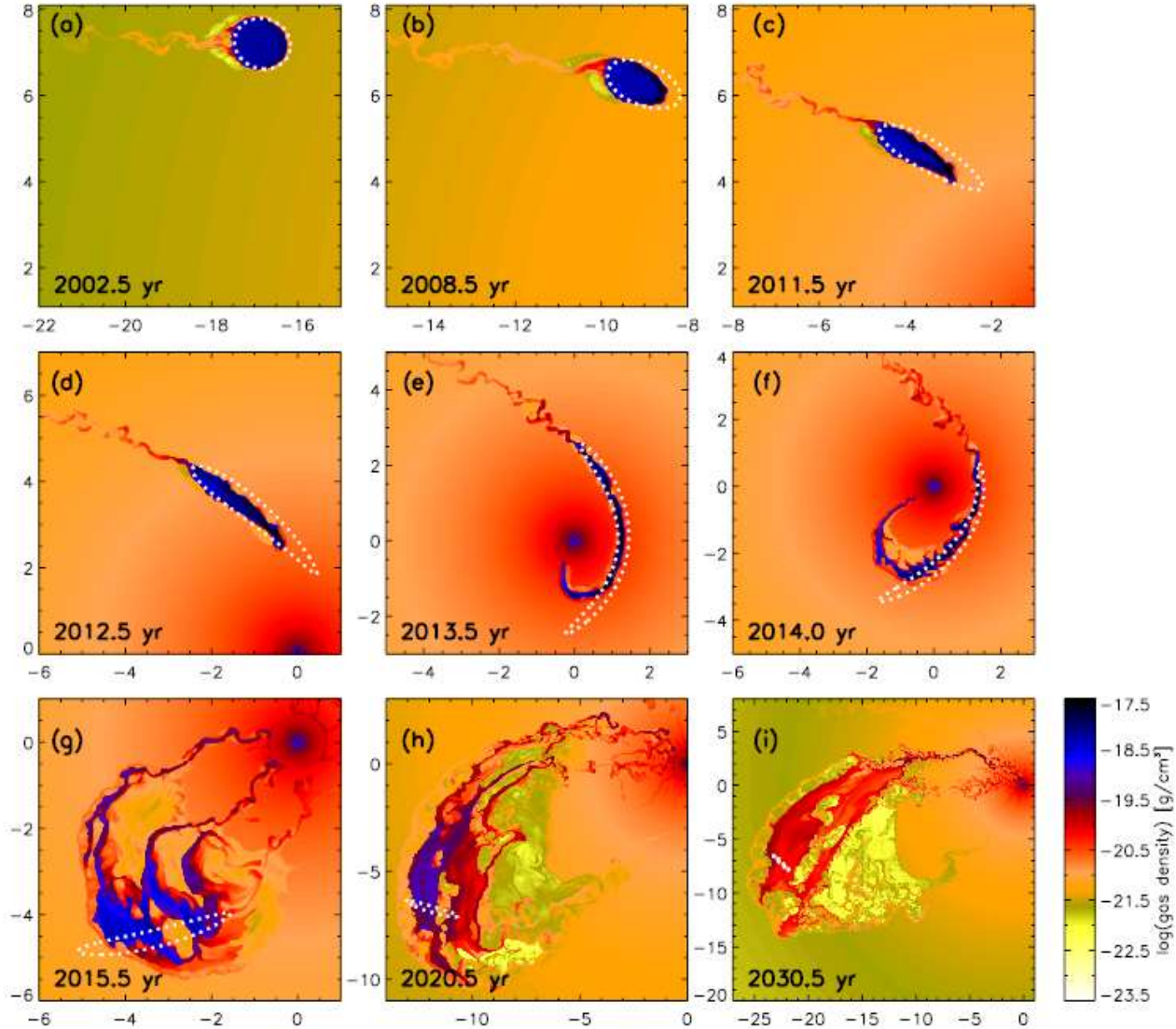


Figure 4. Density evolution of the Compact Cloud model CC01. Overlaid as dotted white lines are the positions of test particles initially located at the cloud boundary. The axis labels are given in mpc (milli-parsec). Note the different scalings of the panels.

Spherical Shell scenario

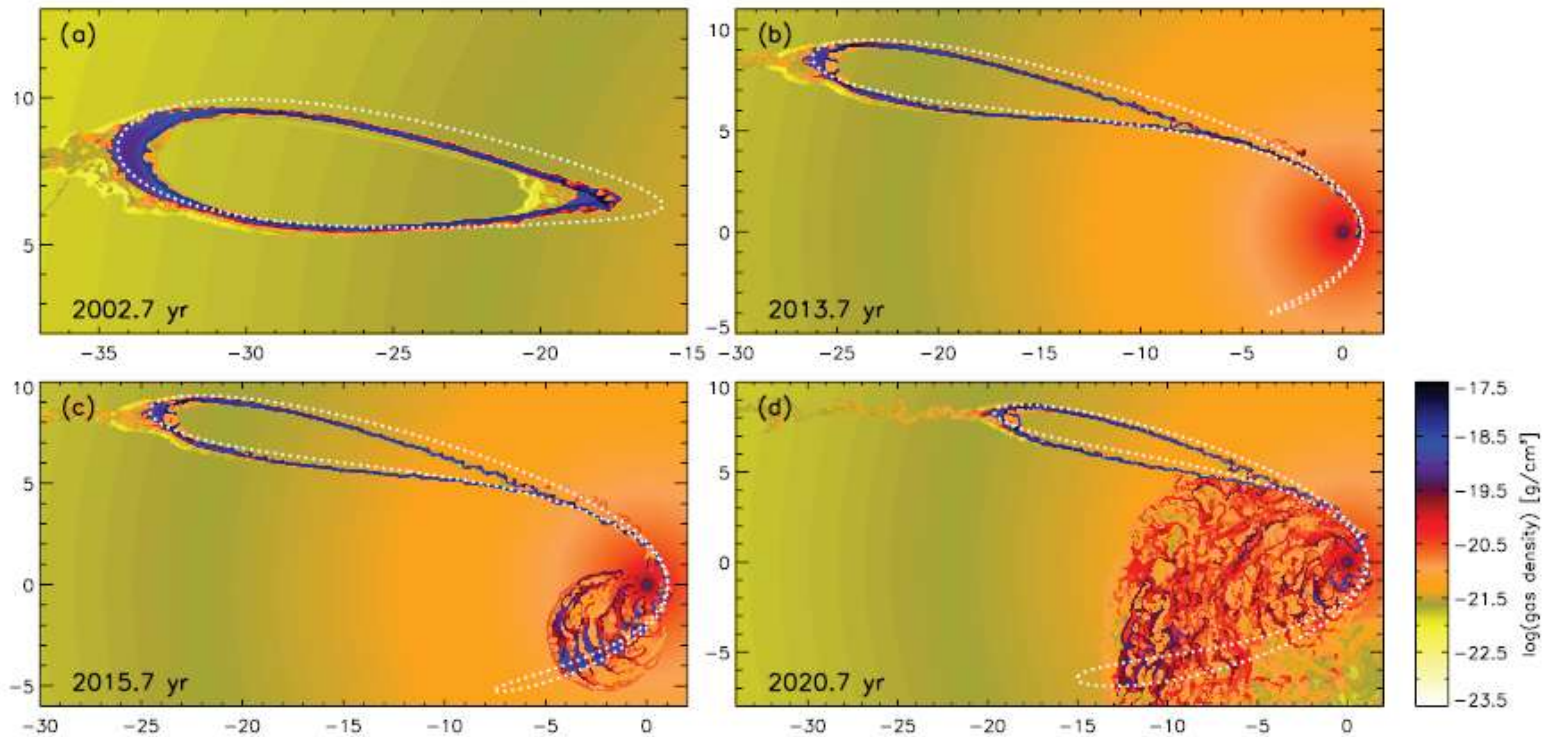


Figure 5. Density evolution of the Spherical Shell model SS01. Overlaid as dotted white lines are the positions of test particles initially located at the outer ring boundary. The axis labels are given in mpc (milli-parsec). Note the different scalings of the panels.

質量降着量

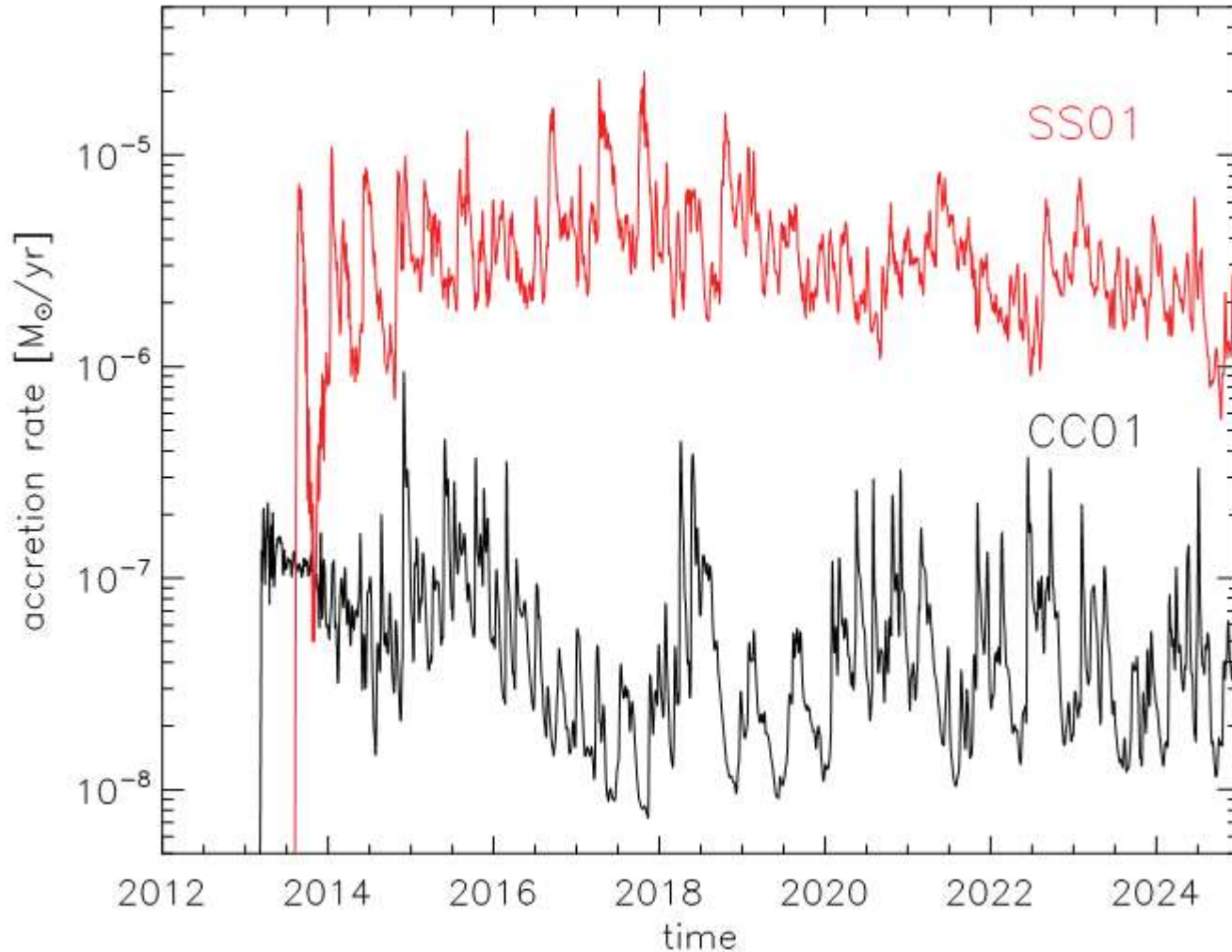


Figure 8. Measured mass accretion rate through the inner boundary of our standard model CC01 (black line) and the spherical ring model SS01 (red line).

彼らの計算で何が問題か？

- background の判定条件を変えると，計算結果が大きく変わる
 - background をリセットすることが，結果に大きい影響を与えている
 - KH, RTが効いている，ram pressureが効いている以上，hot gasとの相互作用はきちんと取り扱う必要あり

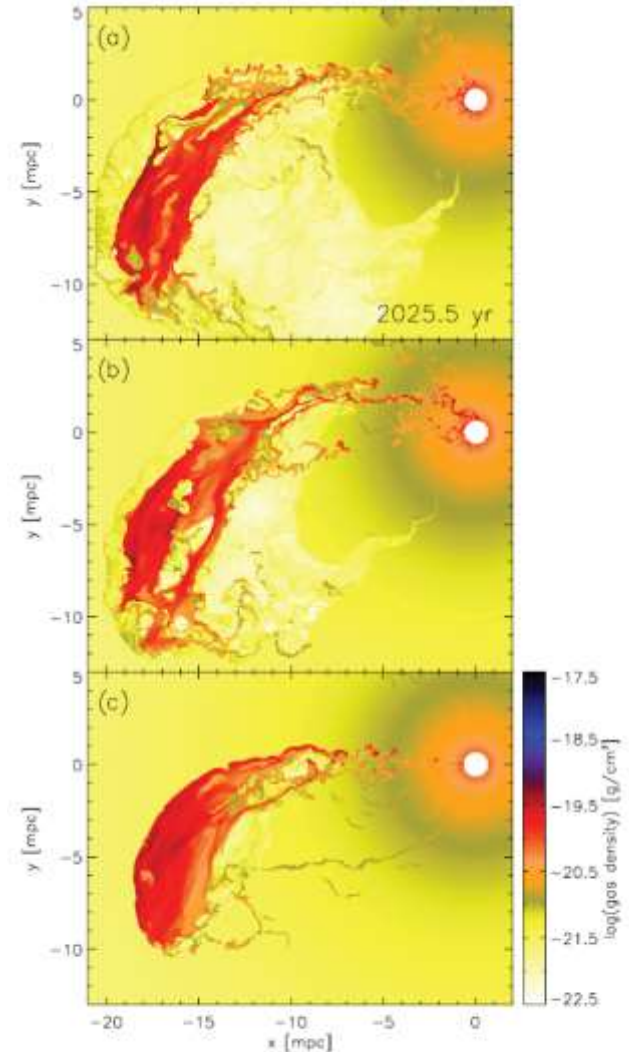


Figure 16. Studying the influence of the threshold value of the tracer field for artificially stabilizing the atmosphere. Displayed is a value of 10^{-6} (a), 10^{-4} (b, our standard model), and 10^{-2} (c).

Anninos et al. の概要

- (一言で言うと,)2Dの計算を3Dにした
- moving mesh code Cosmos++
 - arepo ではない. 計算ボックスが動くイメージ
 - 付録に計量テンソルを使った定式化が書いてあるのは, ケプラー速度で動かすため(?)
 - 256^3 格子点
- 重力場はSgr A* のみを pseudo Newtonian で
- Compact Cloud scenario のみ

スナップショット

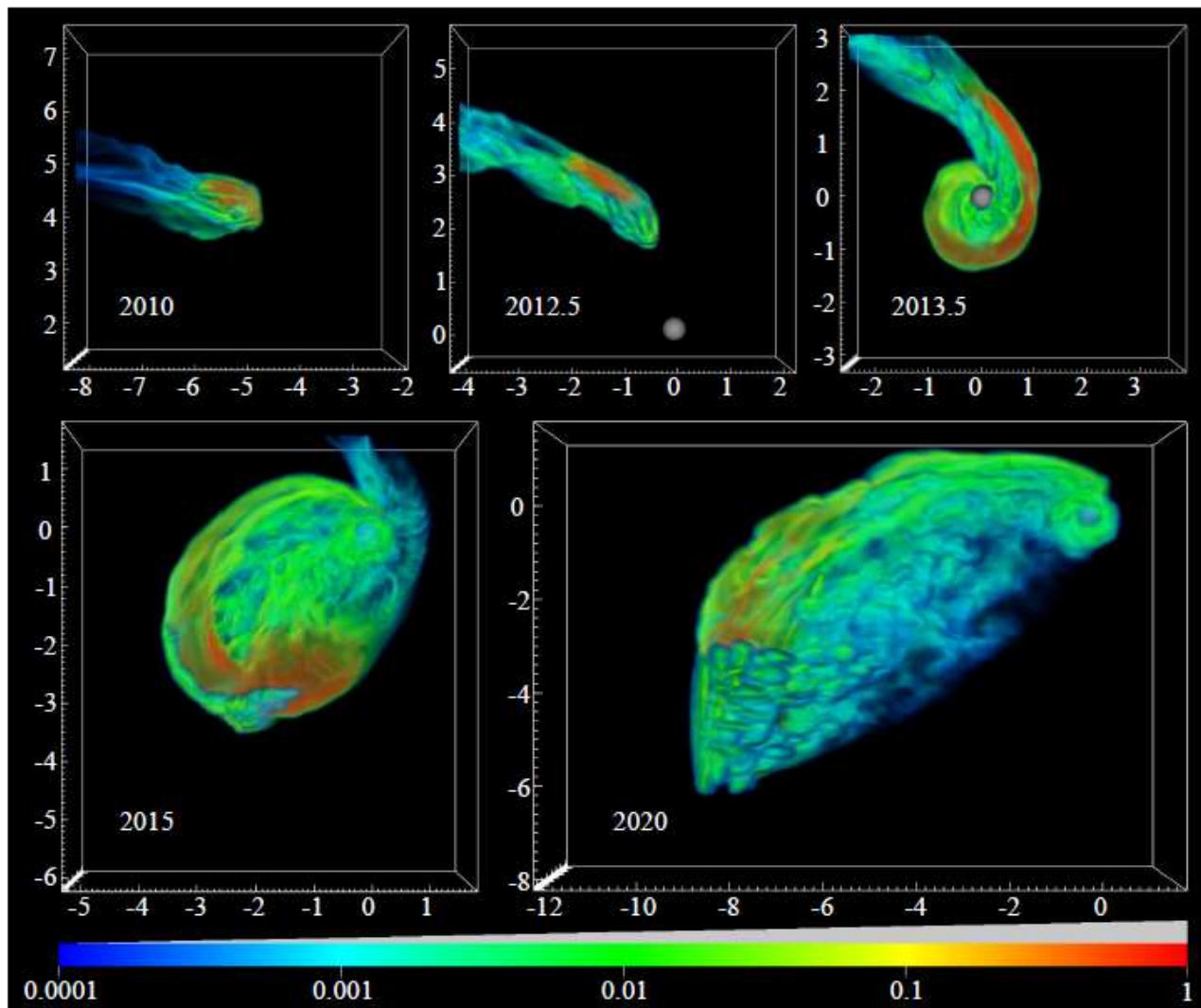
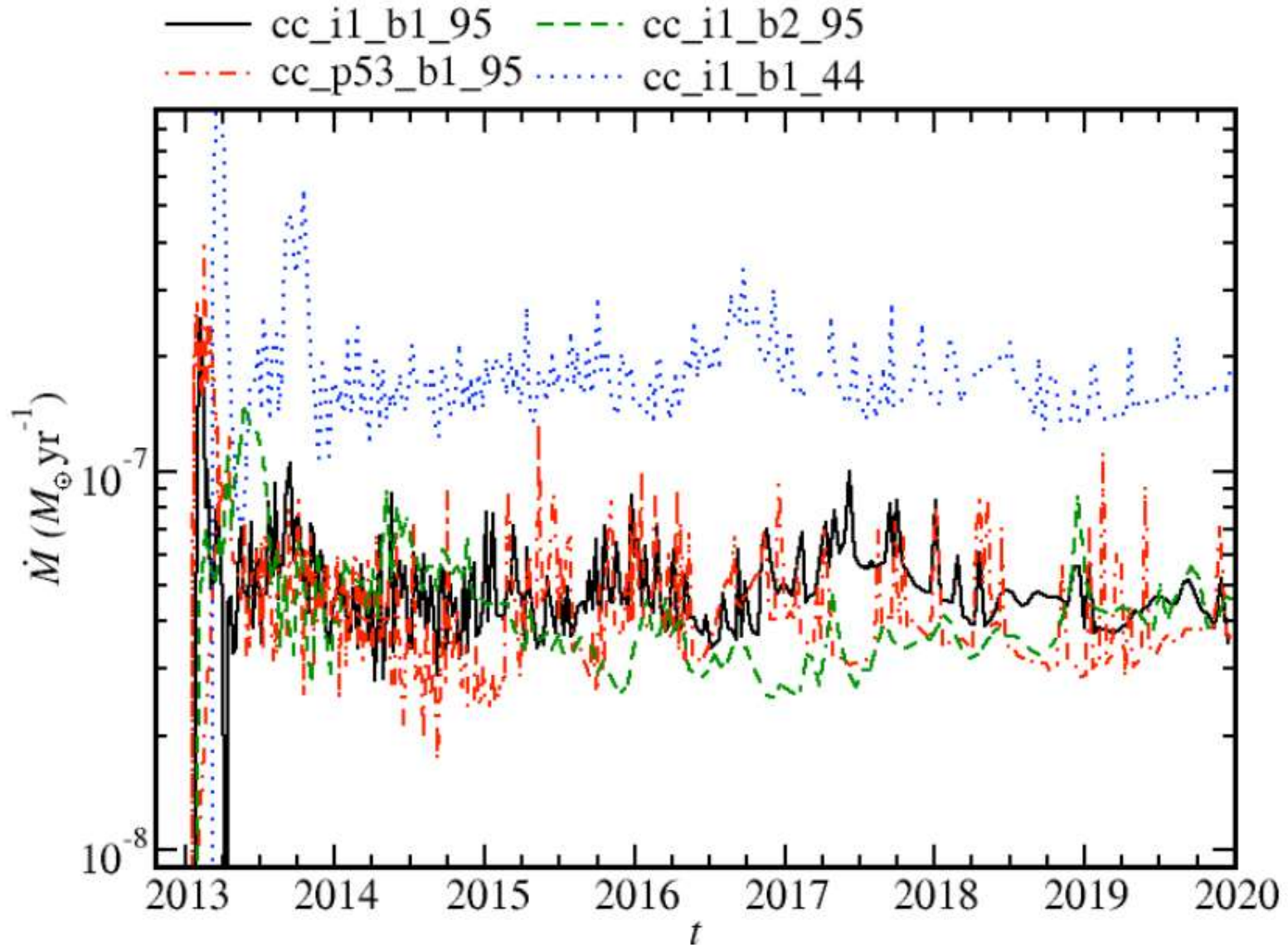


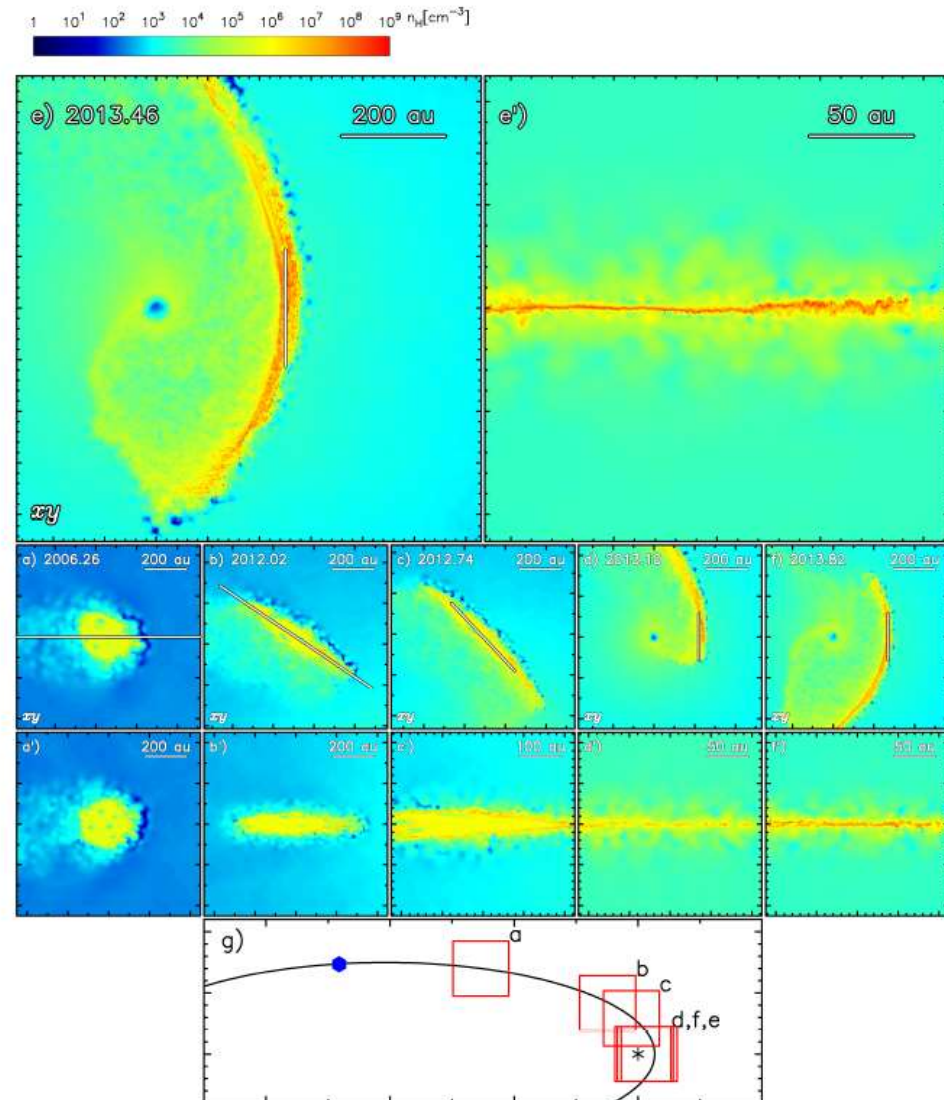
Figure 1. Three-dimensional, volume visualization of cloud tracer material \mathcal{T} for model cc_i1_b1_95, spanning the period 2010 to 2020. The small gray sphere appearing in each panel beginning in 2012.5 indicates the accretion volume, $r < r_{\text{acc}} = 750 R_S$. The color represents the amount of tracer (value of \mathcal{T}) in a particular region, with the transparency also dependent upon the value of \mathcal{T} (as indicated by the slanted gray bar above the color bar). The cloud material initially has a uniform value of $\mathcal{T}_0 = 2.36$.

質量降着量 ($r < 750 R_{\text{Sch}}$)

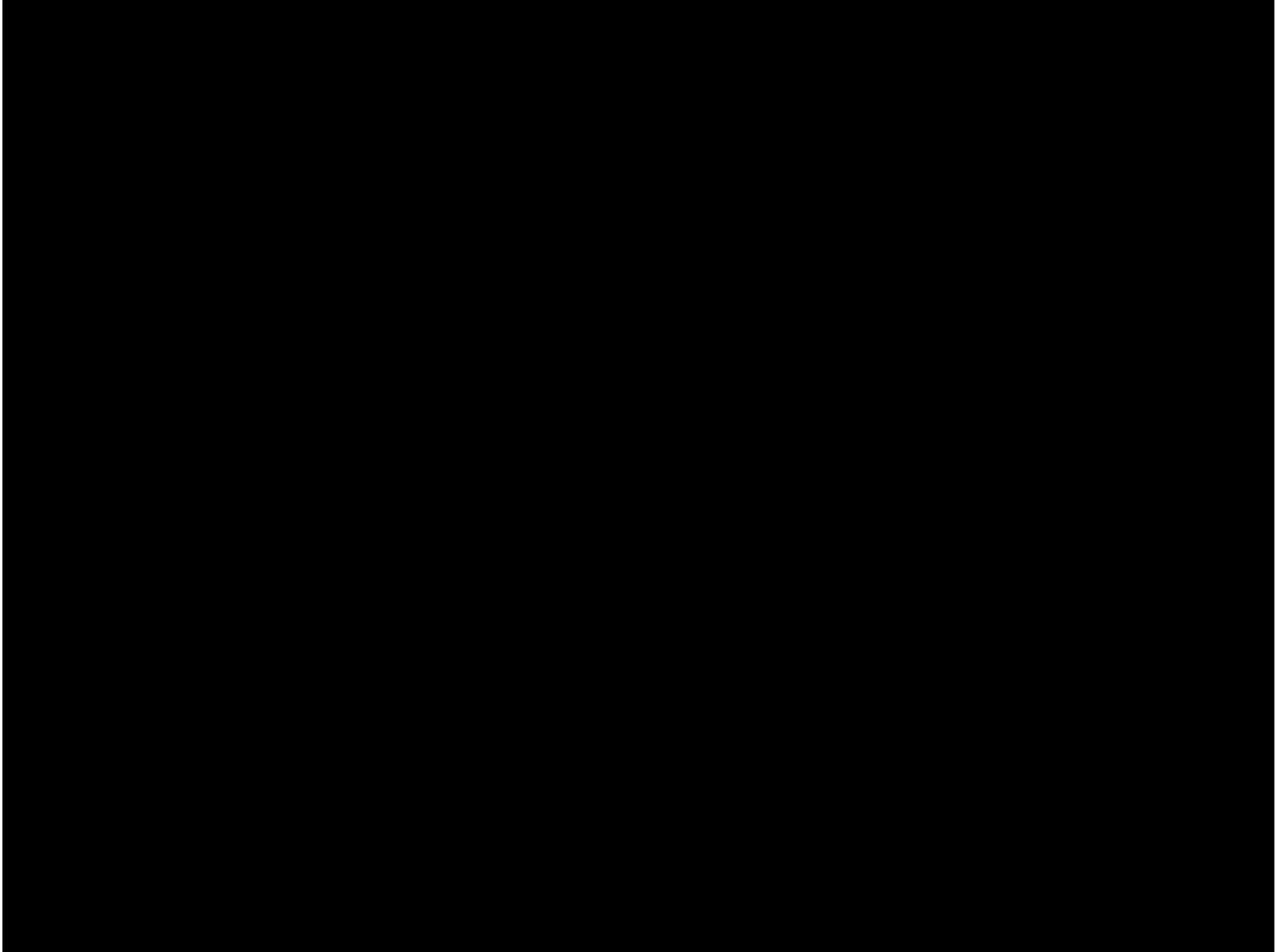


Saitoh et al. の結果 (1/3)

- 10^7 体のSPHの計算
 - 放射冷却込み
- background gas の dynamics も解く
- 潮汐力によりG2 は 薄く引き伸ばされる
 - $100 L_{\odot}$ 程度で光る

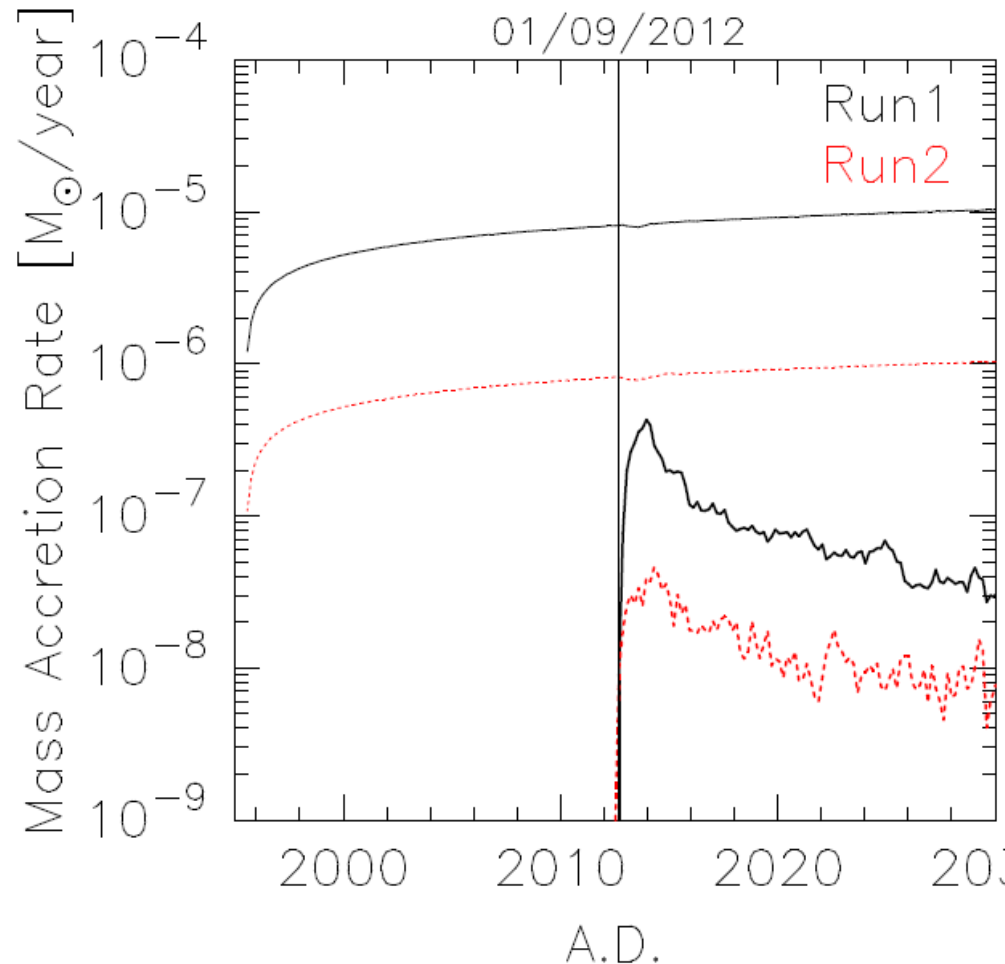


Saitoh et al. の結果 (2/3)



Saitoh et al. の結果 (3/3)

- $r < 400 R_{\text{Sch}}$
- background gas の降着が支配的
 - background gas なしでは, G2からの降着も無し
- G2 origin の降着量も, Anninos+12 より多い



先行研究で分かったこと

1. 流体不安定で G2 からガスをはがし,
 2. ラム圧で角運動量を引き抜いて
 3. Sgr A* に降着させる
- 1, 2 では background gas の密度が重要
 - 常に Yuan et al. (2003) のモデルを仮定

$$\rho(r) = \rho_0 \frac{r_0}{r} = \eta_{\text{hot}} \times 1.31 \times 10^{-20} \left(\frac{1000 R_{\text{Sch}}}{r} \right) \text{ g cm}^{-3}$$

$$T(r) = 1.62 \times 10^9 \left(\frac{1000 R_{\text{Sch}}}{r} \right) \text{ K}$$

(個人的な) 疑問・感想

- background gas density に対する依存性を調べる必要はないのか?
 - Saitoh et al. で着手している
- background gas からの降着量が大きい状況で, G2 からのガス降着量を議論する意味は?
 - 知りたいのは, Sgr A* がどの程度光るか, では?
- 今回のイベントでは, background gas に関する情報が得られるのではないかと思っている