

サマースクール 発表会 自由課題班 発表

千葉大学 M2 五十嵐 太一

九州大学 D1 大村 匠

青山学院大学 D2 富田 沙羅

サマースクール 発表会

千葉大学 M2
五十嵐 太一

輻射流体コードCANS+R (Takahashi & Ohsuga 2013 Kobayashi et al. 2018)

- CANS+にM1-closureに基づき輻射輸送方程式を解くモジュールを追加
- BH降着円盤のハード・ソフト遷移中の円盤

輻射(Radiation)

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{F}_r}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbb{P}_r = \mathcal{S}(\mathbb{P}_r)$$

$$\frac{\partial E_r}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{F}_r = c\mathcal{S}(E_r)$$

磁気流体(MHD)

$$\frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} \mathbf{v} - \mathbf{B} \mathbf{B} + P\mathbf{I}) = -\rho \nabla \phi_{PN} - \mathcal{S}(\mathbb{P}_r)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} + \nabla \cdot [(E + P\mathbf{I})\mathbf{v} - \mathbf{B}(\mathbf{B} \cdot \mathbf{v})] \\ = -\nabla \cdot (\eta \mathbf{j} \times \mathbf{B}) + \rho \mathbf{v} \cdot \nabla \phi_{PN} - c\mathcal{S}(E_r) \end{aligned}$$

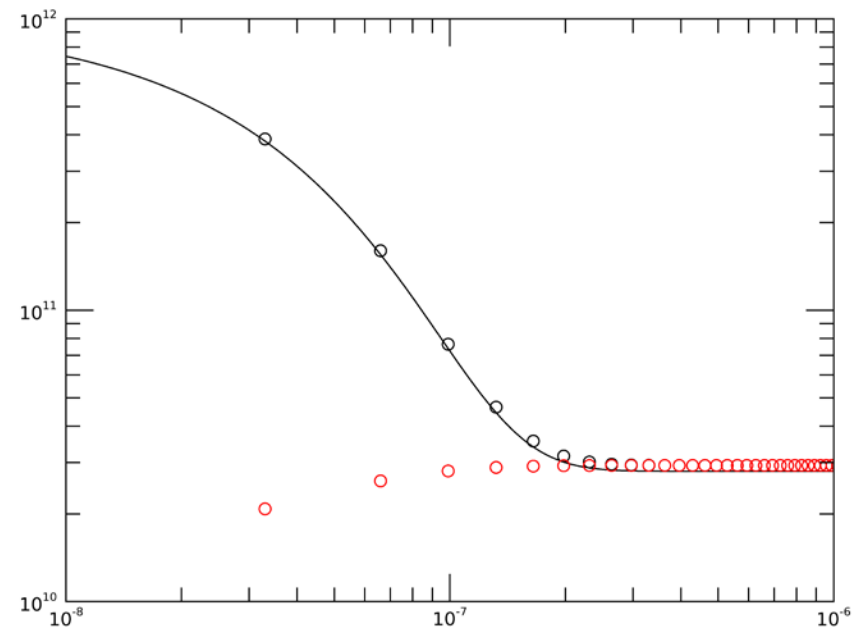
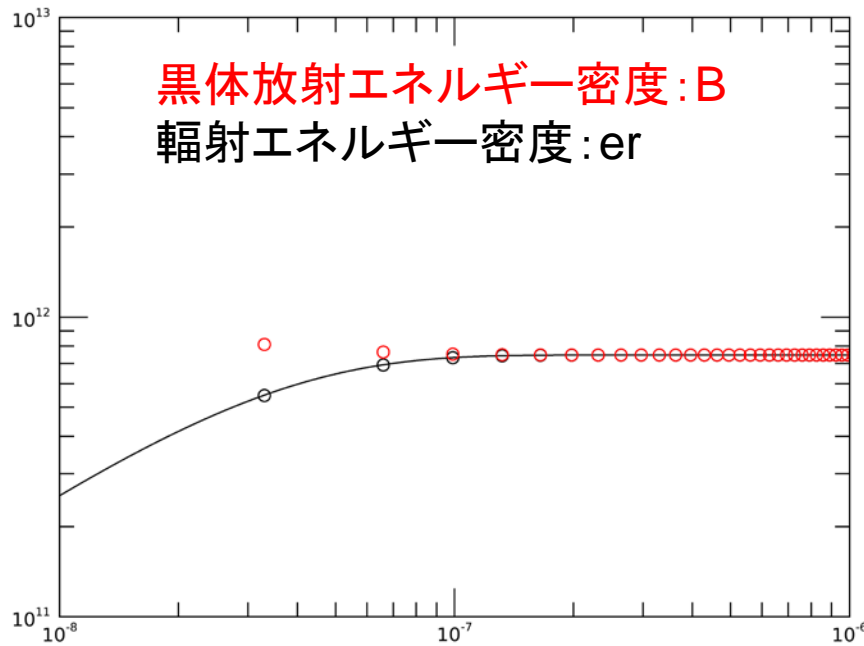
ソース項

$$\mathcal{S}(\mathbb{P}_r) = \rho \kappa_{ff} \frac{\mathbf{v}}{c} (a_r T^4 - E_r) - \rho (\kappa_{ff} - \kappa_{es}) \frac{1}{c} [\mathbf{F}_r - (\mathbf{v} \mathbf{E}_r + \mathbf{v} \cdot \mathbb{P}_r)]$$

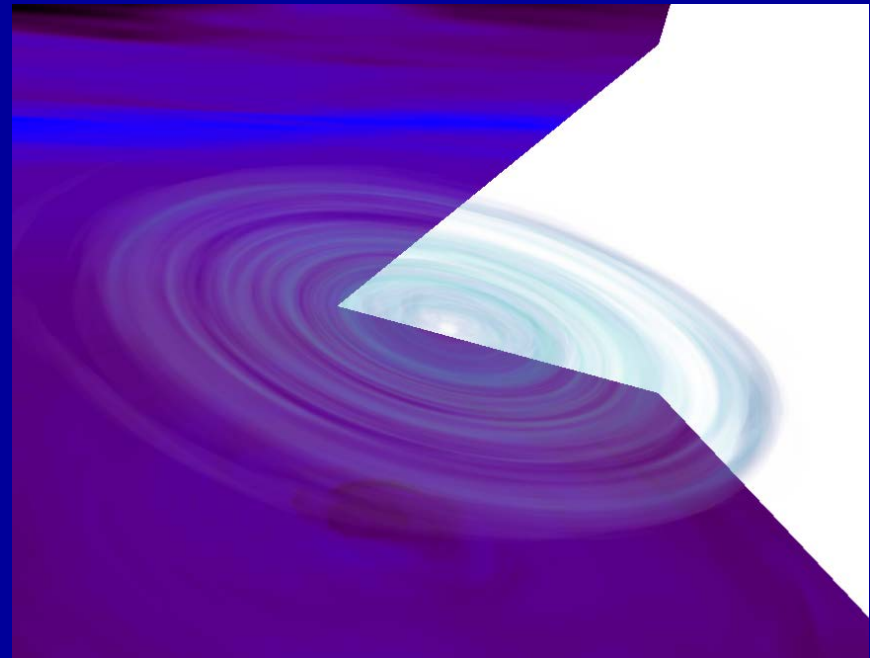
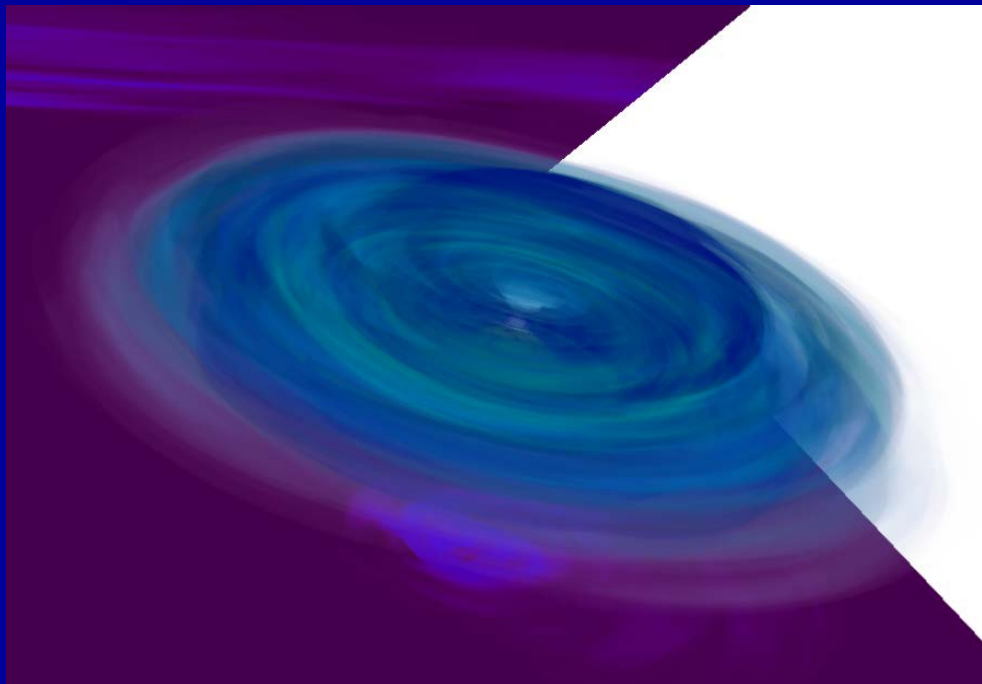
$$\mathcal{S}(E_r) = \rho \kappa_{ff} (a_r T^4 - E_r) + \rho (\kappa_{ff} - \kappa_{es}) \frac{\mathbf{v}}{c} \cdot [\mathbf{F}_r - (\mathbf{v} \mathbf{E}_r + \mathbf{v} \cdot \mathbb{P}_r)]$$

熱平衡

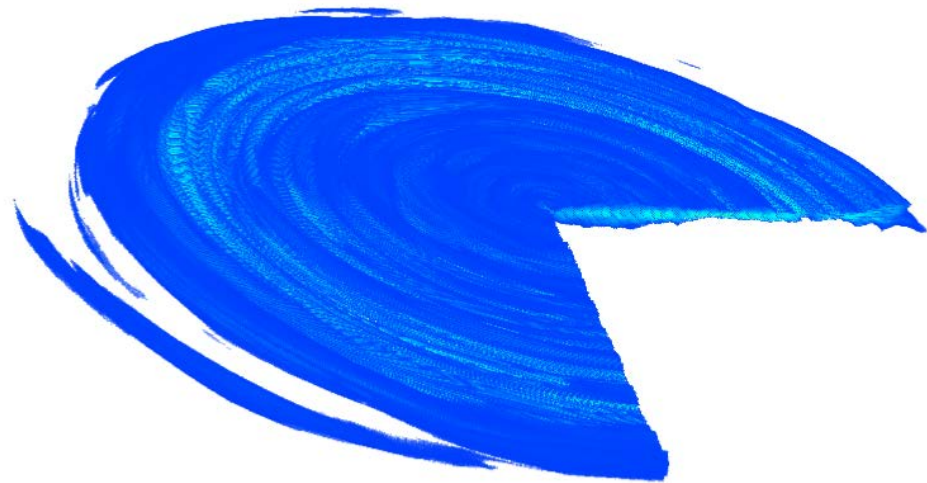
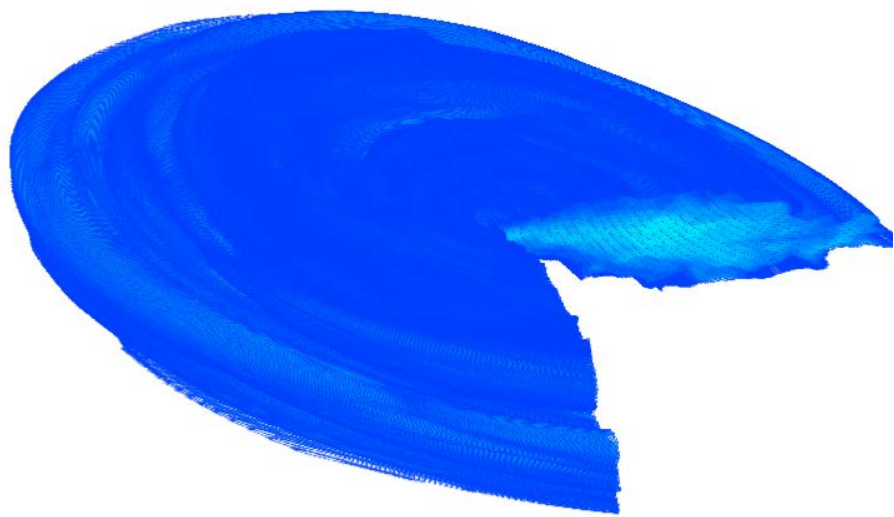
- $\frac{\partial E_r}{\partial t} = \rho \kappa_{ff} (a_r T^4 - E_r)$
- $E_r + E_g = \text{cons}$



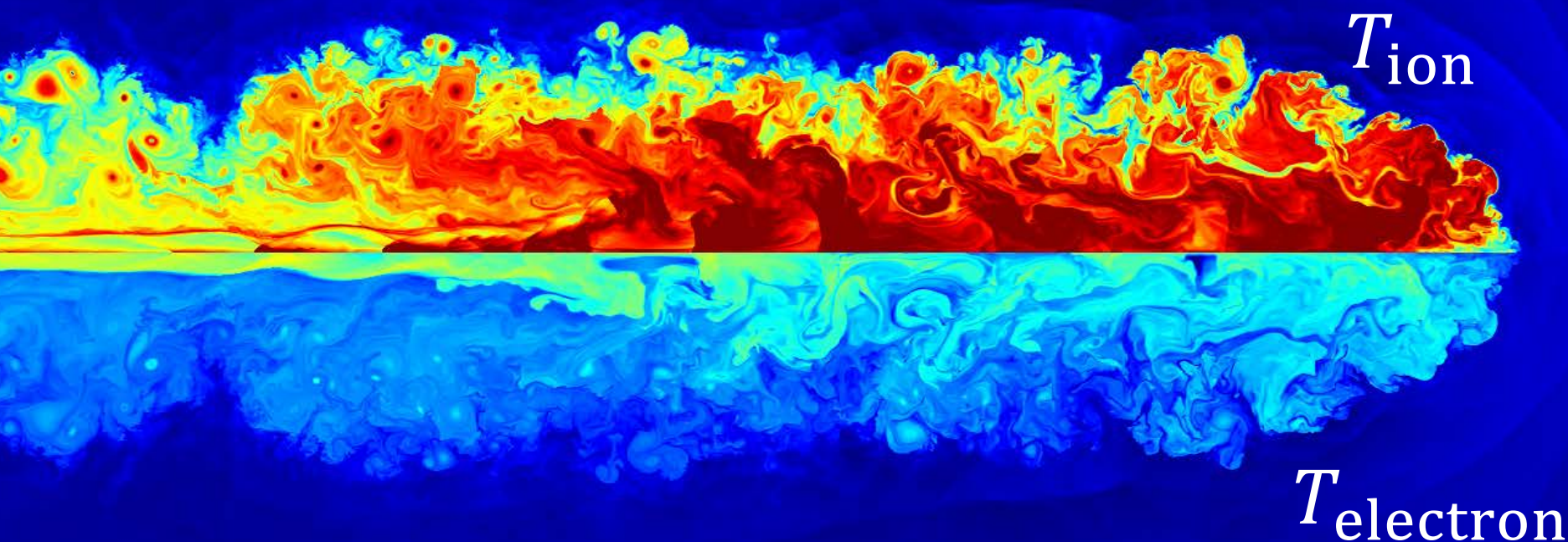
3D 可視化



3D 可視化



プラズマトレーサを組み合わせた 宇宙ジェット伝搬MHD数値実験



九州大学 D1 大村 匠

SS18 2018/08/24

1.自己紹介

名前：大村匠(D1) 所属：九州大学 CANS+歴：2年

研究内容：2温度MHD計算による宇宙ジェット伝搬計算

ジェットに巻き付くような
ヘリカル磁場構造
(sakemi et al. 2018)

比熱的電子からの
シンクロトン放射

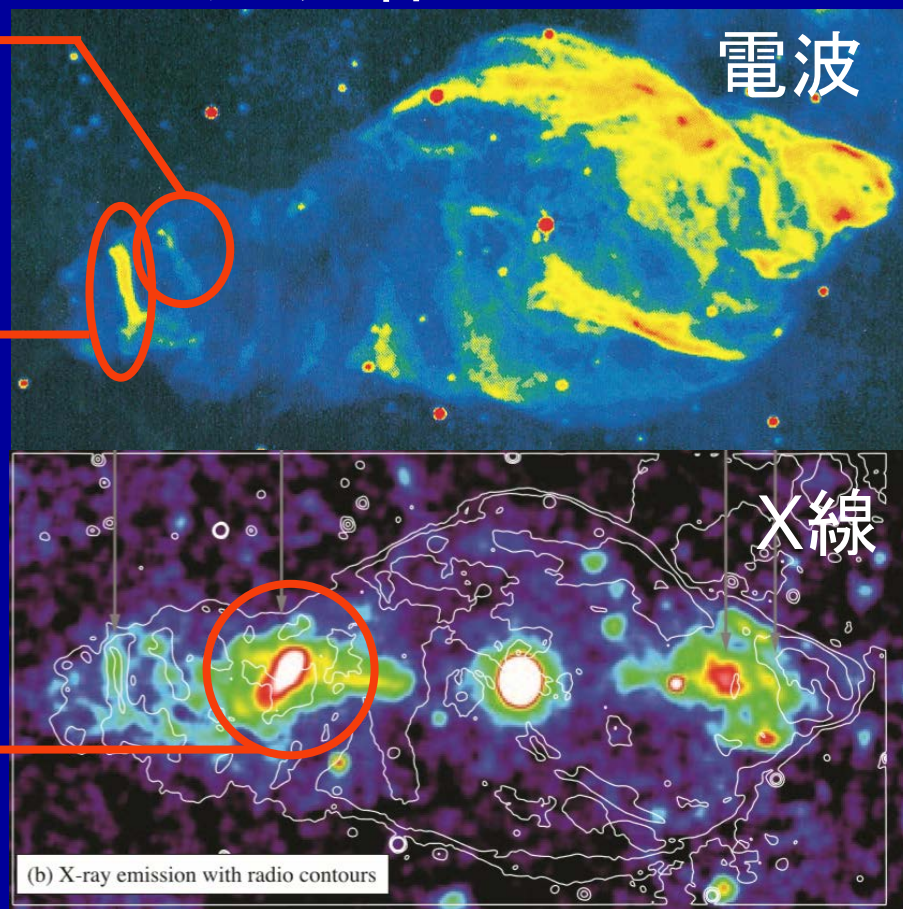
→MHDでは、取り扱えない

熱的電子からの制動放射

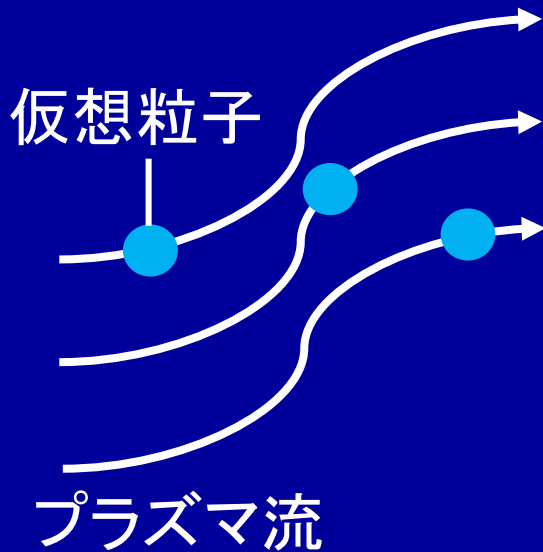
→2温度MHDによって

電子温度を扱うことで計算可能

ジェット天体 W50/SS433



2. プラズマトレーサ



プラズマ流中の仮想粒子の軌跡を追う

$$\mathbf{r}^{n+1} = \mathbf{r}^n + \mathbf{v}^n \Delta t$$

アルゴリズム

仮想粒子がMPI担当する領域か否か



粒子の座標からMHDセルの座標を探索し
プラズマの速度を取得
(二分法による探索)

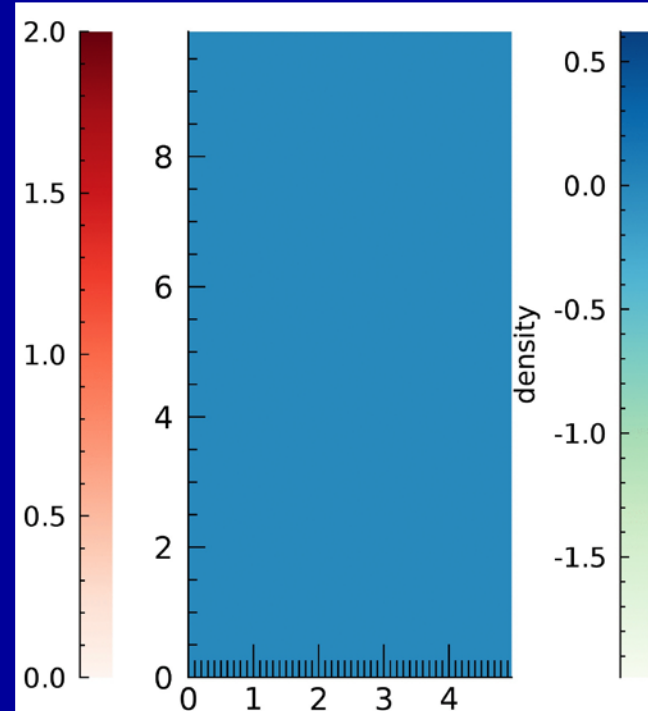


得られた速度を使って粒子を動かす



全MPIで動かした粒子情報を共有

粒子注入時刻



3. プラズマレーザによる比熱的電子時間進化

熱的進化モデル

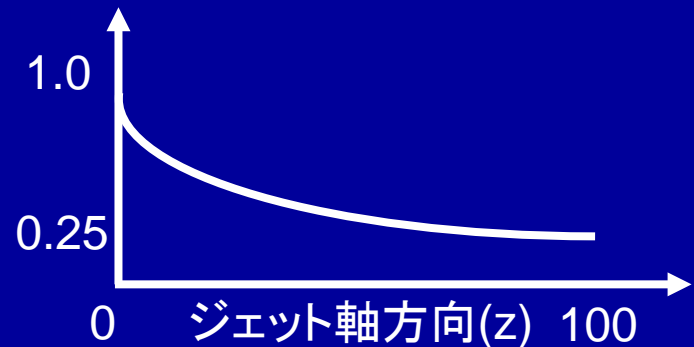
- ジェットのターミナルショック下流に仮想粒子を注入する。
- ある時間間隔刻みで粒子を計2950個注入
- 比熱的電子は、シンクロトン放射によってエネルギーを失う。

仮想粒子の持つ初期エネルギー : $E = 100$

シンクロトン放射による冷却時間 : $t_{sync} \propto EB^2$

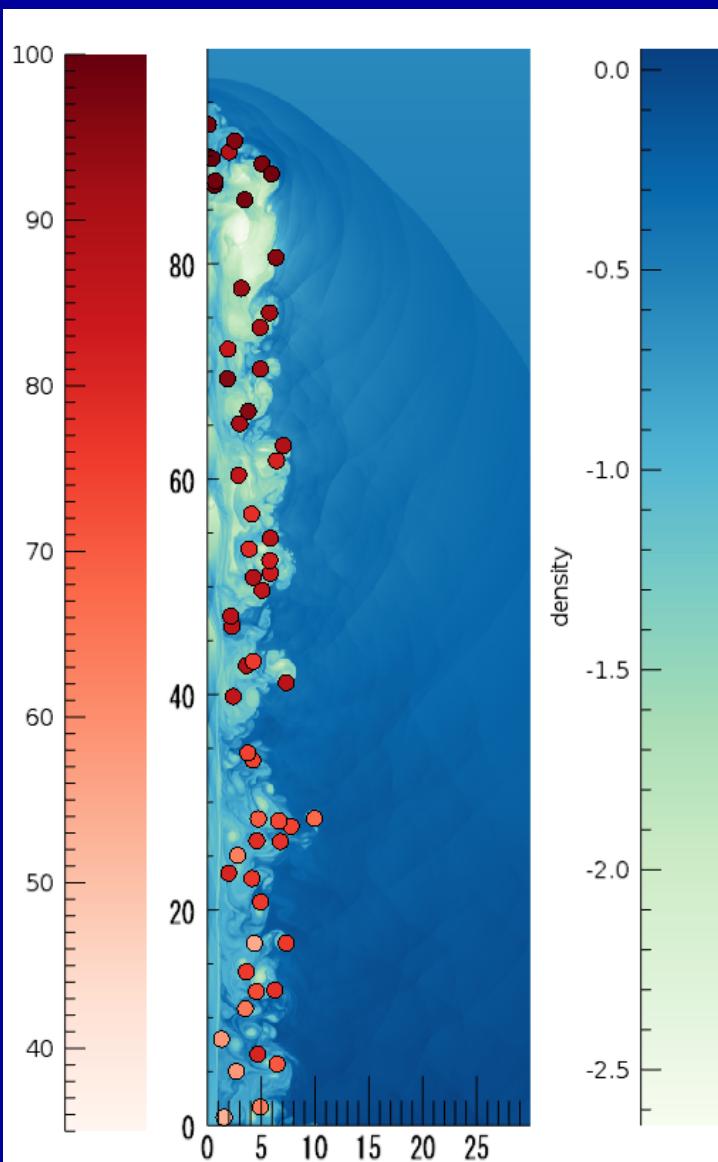
ジェットモデル

- CANS+基本的に初期設定と同じ。
- 並列数 : $16 \times 32 = 512$ メッシュ数 : $(N_x, N_z) = (512, 1024)$
- 変更点 プラズマ β 100 \rightarrow 10 背景ガス密度 \rightarrow 指数関数的
計算領域 $(x, z) = (30, 100)$

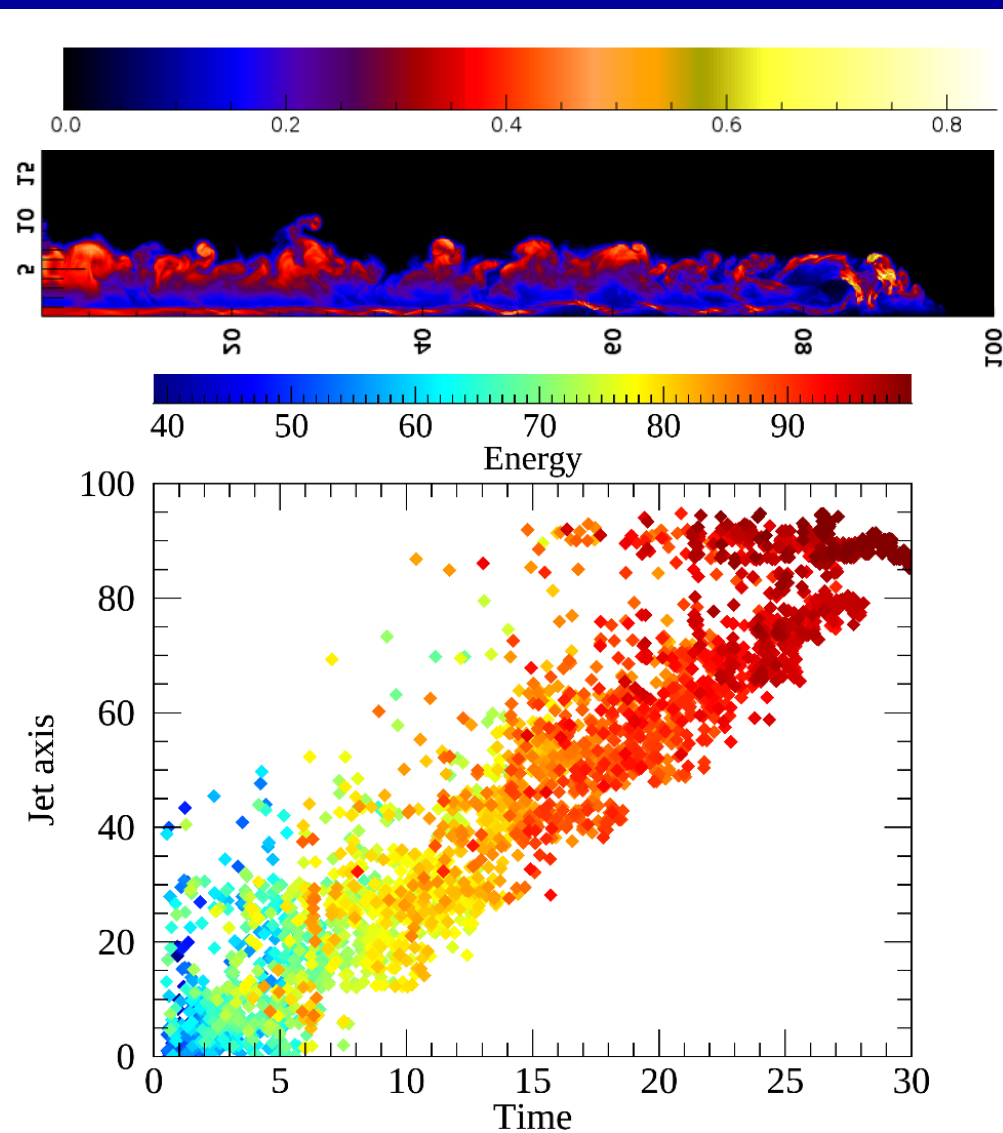


4.計算結果

密度コントア



トロイダル方向磁場



粒子の持つエネルギー

5日間ありがとうございました。
来年もよろしくお願ひします。

**相対論的衝撃波の
Particle-in-Cell シミュレーション
-大規模計算に向けて-**

青山学院大学 富田 沙羅

Gamma-Ray Bursts (GRBs)

- Most luminous explosive phenomena in the universe

- Very far away (~ giga-light year) from

$$\text{Luminosity} = 10^{52} \text{ erg/s}$$

$$L_{\text{solar}} = 10^{33} \text{ erg/s}$$

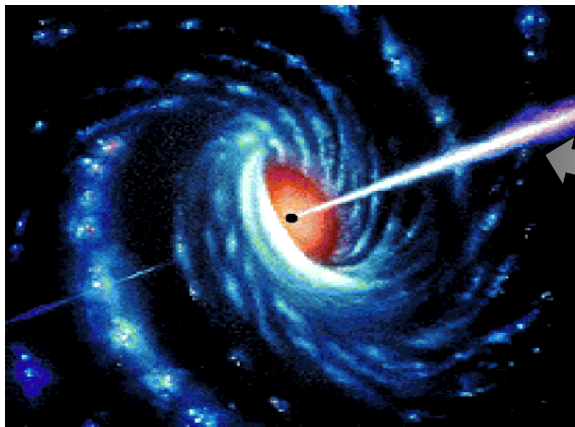
- Two phases of the GRB emission

- (1) Prompt GRB emission :

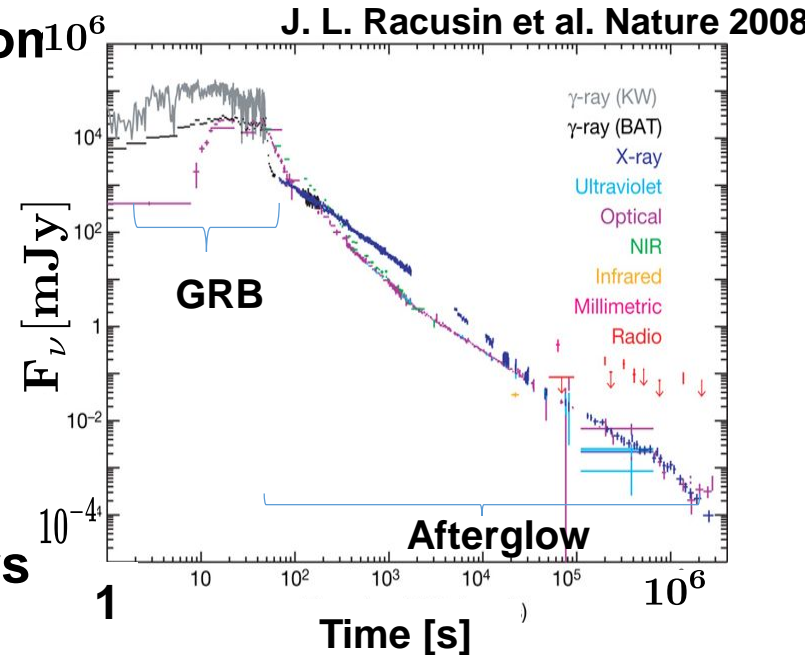
$$\Delta t \sim \text{few} \times 100 \text{ sec}$$

- (2) **Afterglows** (X rays/optical/radio) :

$$\Delta t \sim \text{days, month, or even years}$$



ジェット



GRB 080319B

相対論的衝撃波の Particle-in-Cellシミュレーション

衝撃波によるエネルギー散逸

Jetの運動エネルギー \dashrightarrow 熱エネルギー(U)

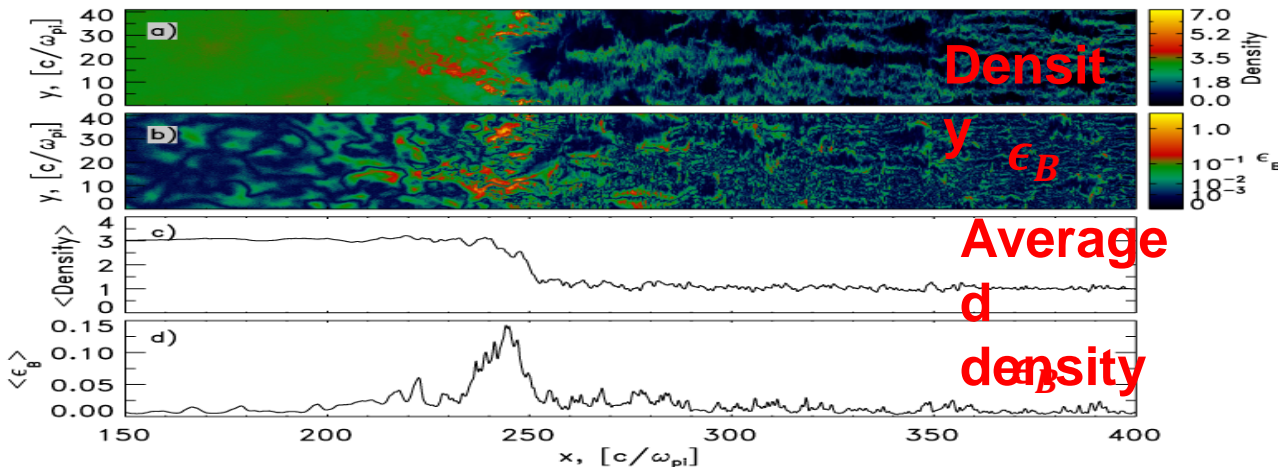
プラズマ不安定性
乱流ダイナモ

粒子加速

磁場($\epsilon_B = U_B / U$)

高エネルギー粒子($\epsilon_e = U_e / U$)

シンクロトロン放射



問題点

- GRB残光の観測時間を十分に追えない。

$$t_{sim} \sim 10^4 \omega_p^{-1} \ll t_{obs} \sim 10^7 - 10^8 \omega_p^{-1}$$

- 現実の衝撃波は、密度揺らぎのあるプラズマ中を伝播している。
- 非一様計算をした場合のみに、現在の計算コードでは、長時間計算すると、成長率の小さい数値不安定が、境界壁から見られる。

大規模計算に向けて (松本洋介さんの計算コードを使用)

- コードの並列化: MPI → Open MP+ MPI
- 粒子、電磁場の境界条件の改善化
- 解析手法の効率化:
電磁場やmoment等欲しい物理量の計算を、
シミュレーション計算中にするように変更。
計算結果ファイルをhdf5ファイルにした。

結果

- 計算効率: Originalコード:
改善化されたコード:
- 境界条件: まだ確認中。
- 解析: Pythonでhdf5ファイルを読み込み、解析した結果、
gnuplotより解析しやすいと感じた。

松本洋介さんの計算コードに、
非一様な密度揺らぎを
入れることができた。

