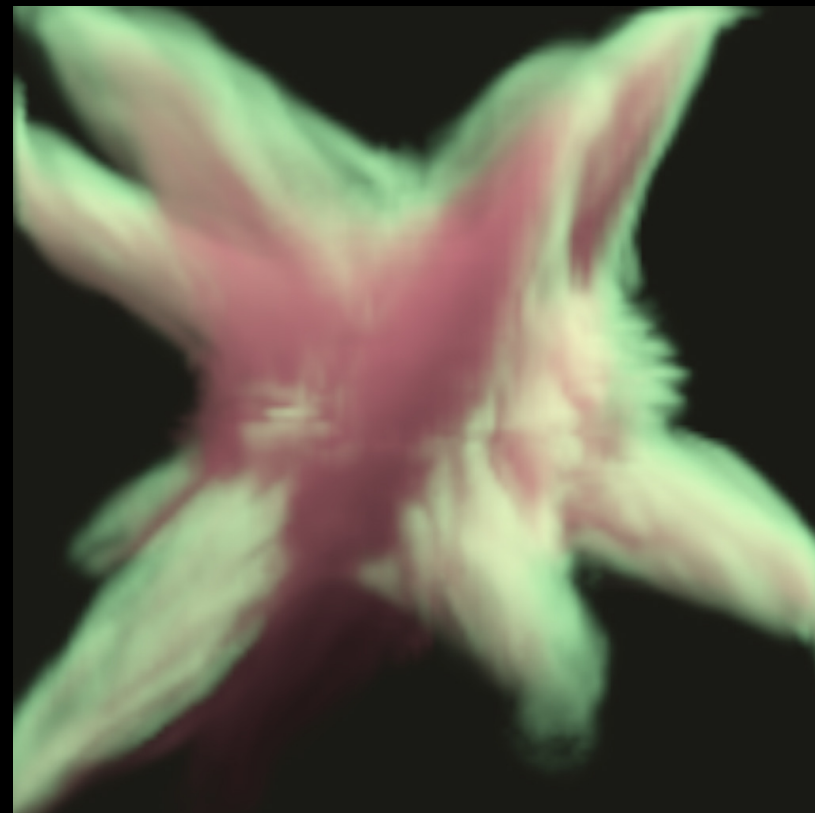
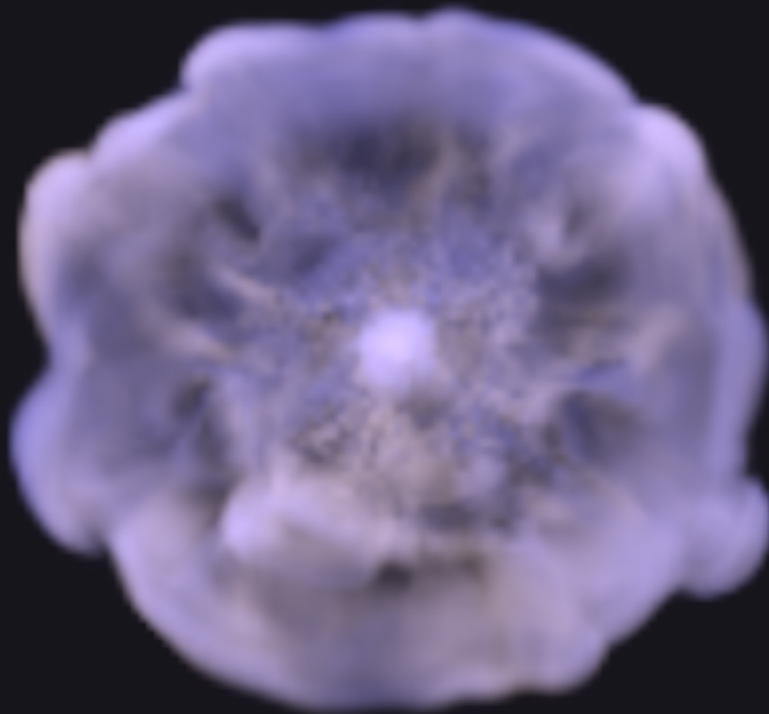


akarig

hole@RayTracingCamp9

レイトレ  
合宿



アニメーションだし  
シミュレーションしよう

# レンダリング設定

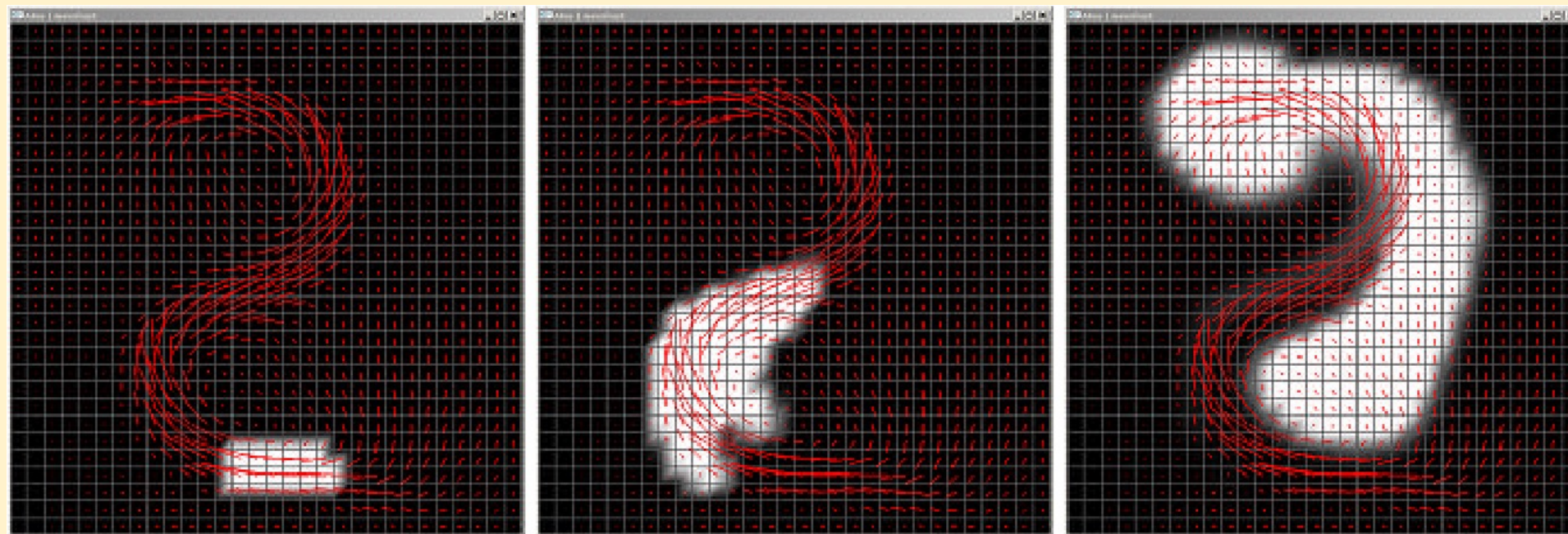
- CPUレンダリング、2ノード
- 解像度
  - 1024 x 1024
- フレームレート
  - 30 FPS
- 動画時間
  - 10 秒
- レンダリング枚数
  - 300 枚

# 特徴

- 流体シミュレーションとレンダリングを同時に行う
  - 事前計算なし
- レンダリングは全て決定的なアルゴリズムを用いている
  - ノイズなし
- OpenMPで並列化しまくり
  - うまく適用すればCPUをたくさん使ってくれる
- 開発期間
  - 18時間

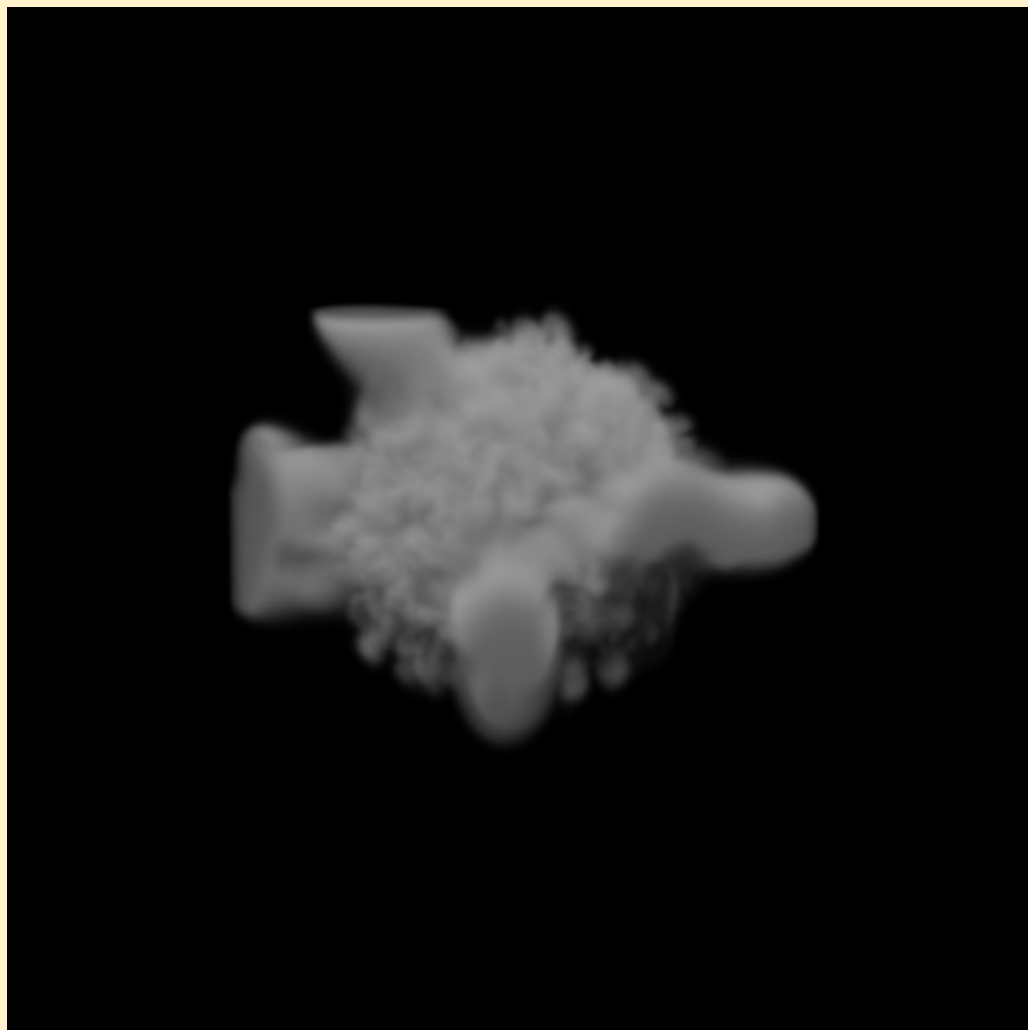
# 流体シミュレーション

- まず典型的な手法を実装
  - Stam, J. (2003). Real-Time Fluid Dynamics for Games.
  - いわゆるStable Fluids (セミラグランジアン法による移流)

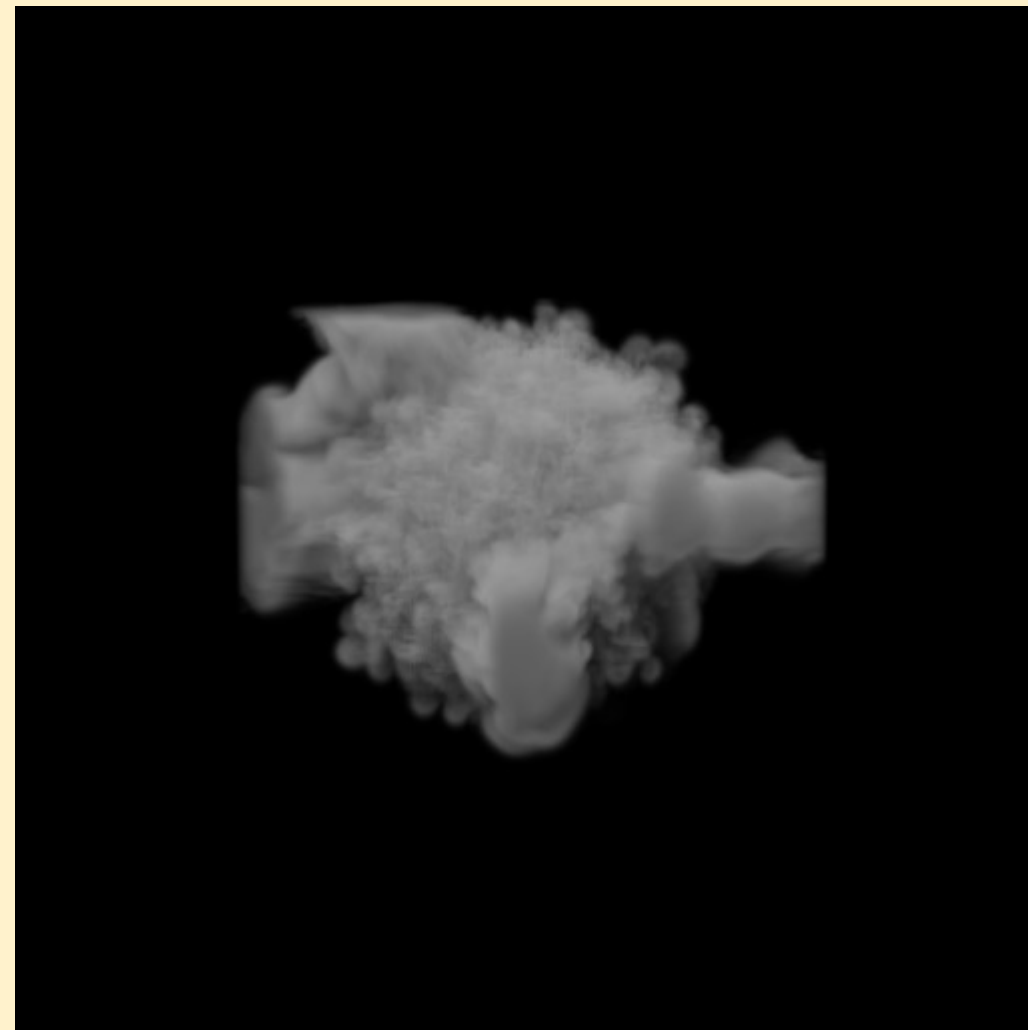


# 流体シミュレーション

- Stable Fluidsは移流時の数値拡散が問題になるので改善
  - MacCormackとBFEC (Back and Forth Error Compensation and Correction)を実装、最終的に前者を採用
  - いずれも、基本的な移流メソッド (セミラグランジアン法) を流用して実現できるので便利
- ディテールが保存され、見た目が良くなった



Stable Fluids  
(セミラグランジアン)

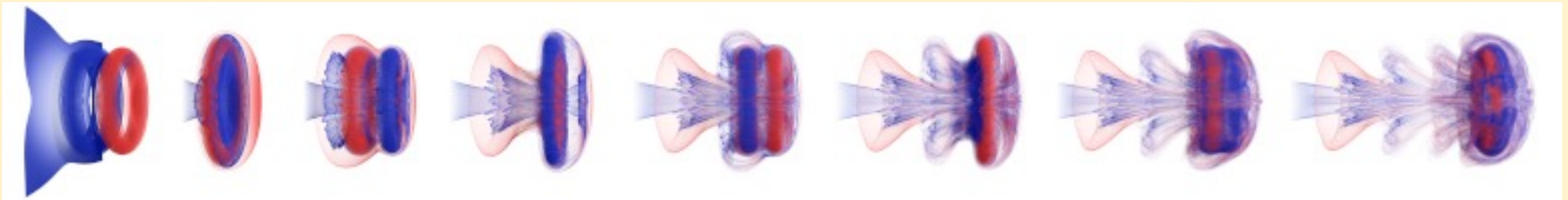


MacCormack



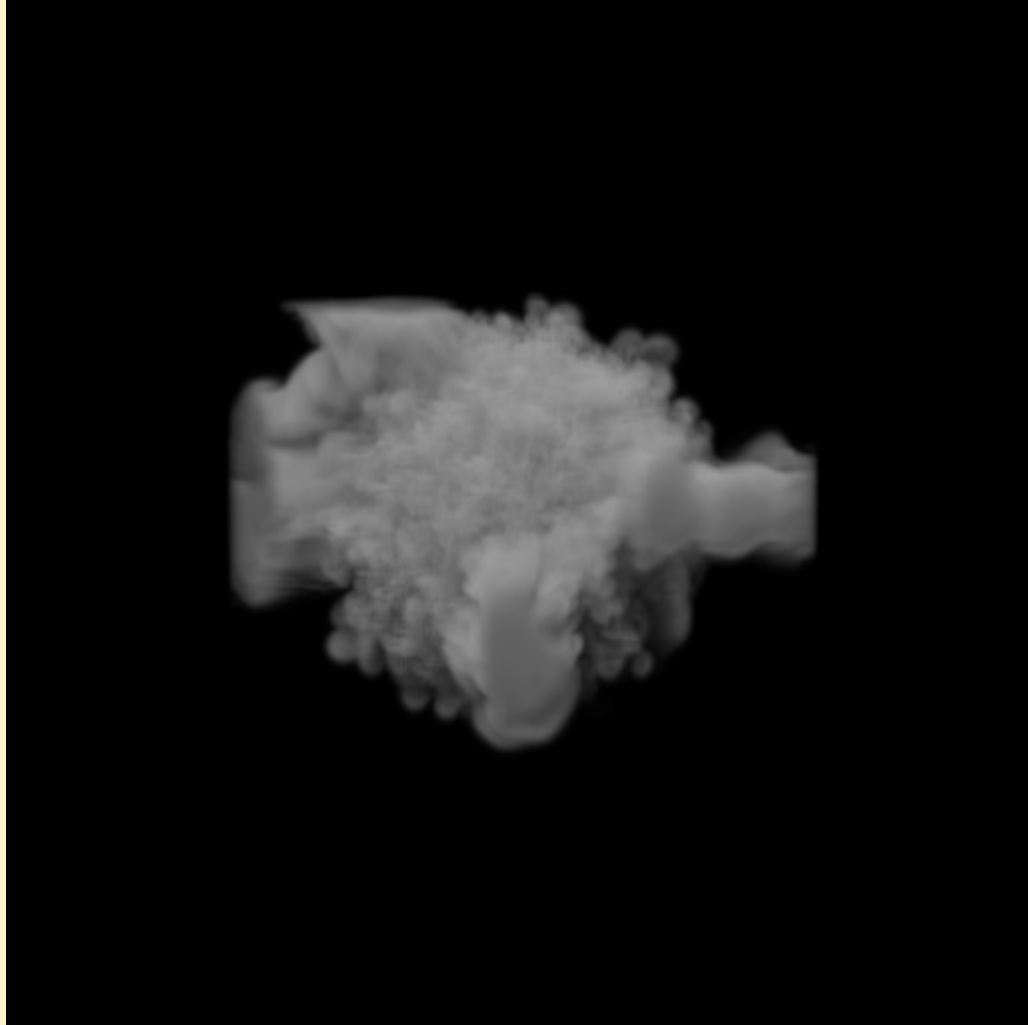
# 流体シミュレーション

- さらに、Reflection法を実装
  - Zehnder, J., Narain, R., & Thomaszewski, B. (2018). An Advection-Reflection Solver for Detail-Preserving Fluid Simulation.
  - これも、基本的な部分はセミラグランジアン法を流用して簡単に実装できる
- MacCormackのような高次移流スキームと組み合わせると効果大

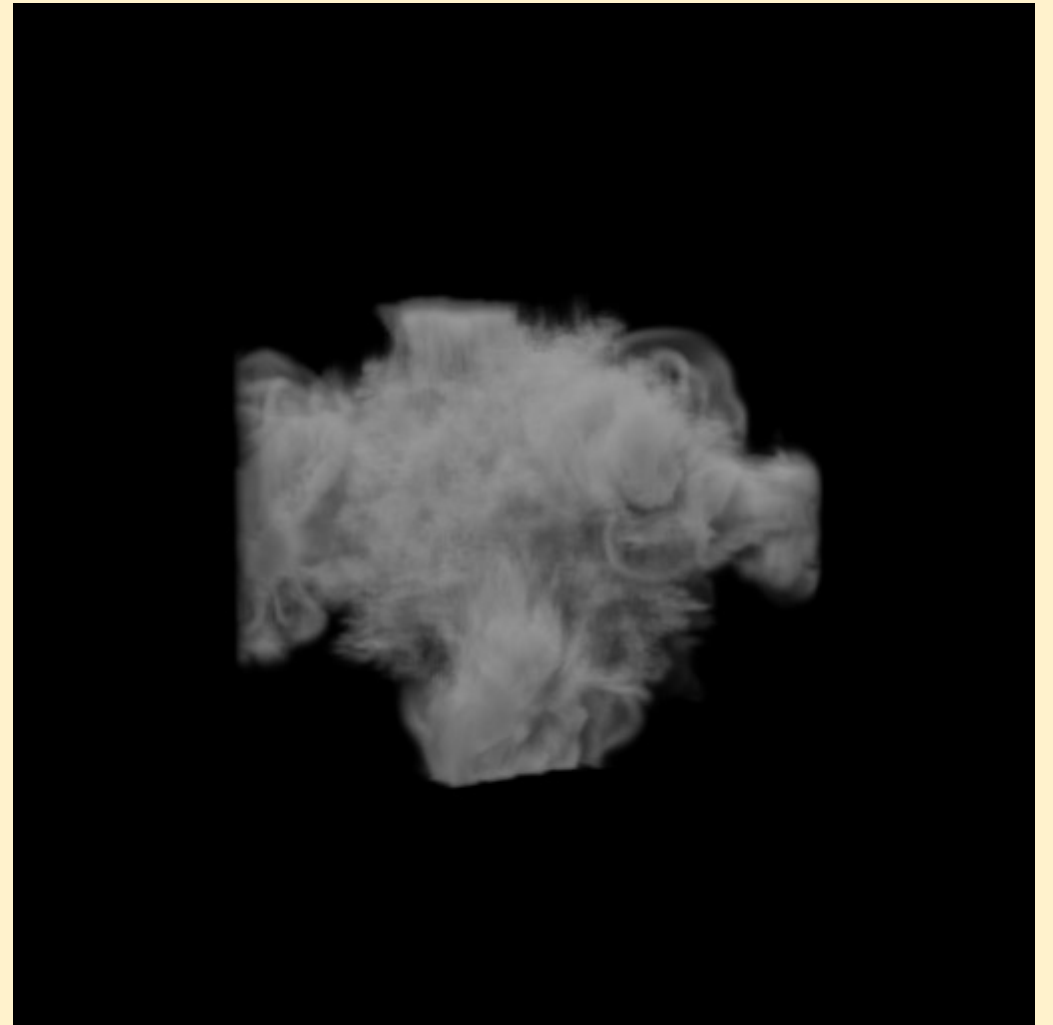


# 流体シミュレーション

- さらに、Vorticity Confinementを実装
  - Fedkiw, R., Stam, J., & Jensenz, H. W. (2001). Visual Simulation of Smoke. Stanford University and Aliaswavefront.
- 流体みが増す、ような気がする
  - シーンによって使い分けている



MacCormack



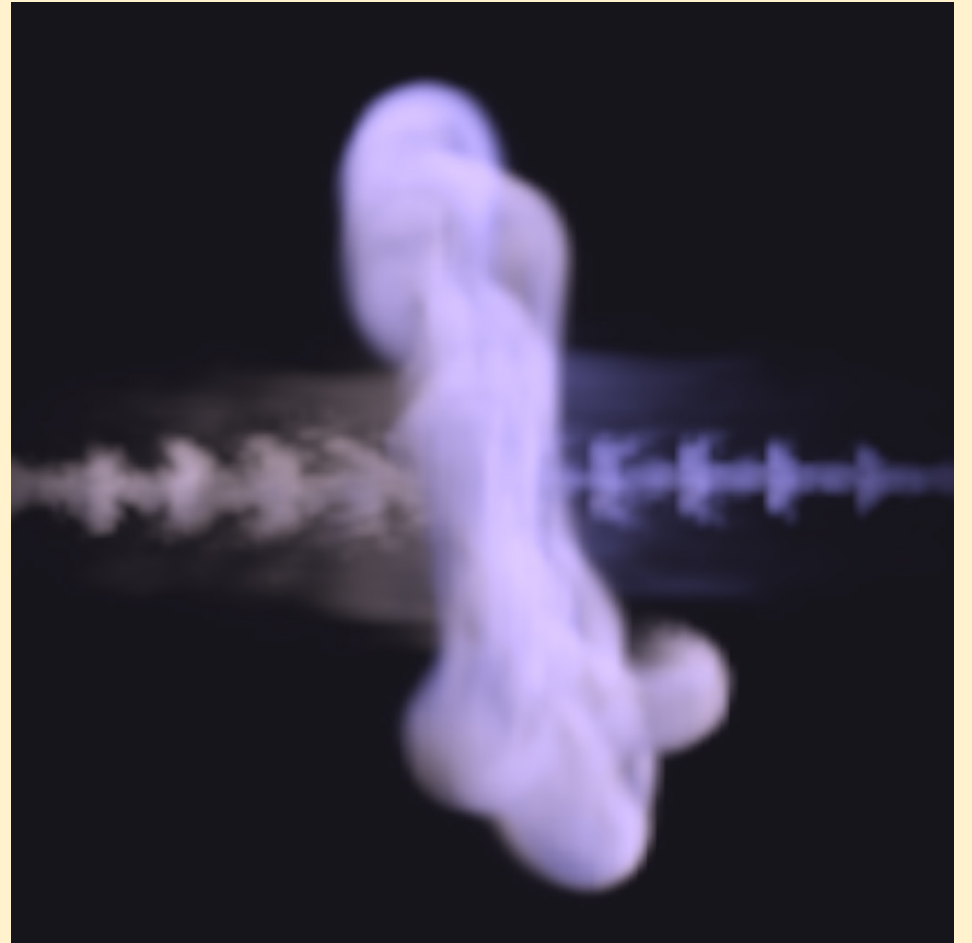
MacCormack  
+Reflection  
+Vorticity Confinement

# レンダリング

- シミュレーションによって得られた密度場を散乱係数と見立てて、ボリュームレンダリング
  - 真面目にパストレーシングする計算時間が無いので、レイマーチング
    - 広義のレイマーチングのことで、スフィアトレーシングのことではない
  - 単一散乱のみ計算、かつ、光源（太陽）方向へのTransmittanceはレイマーチング前に空間グリッドにキャッシュ
    - いいかげんに拡散させて、多重散乱っぽい近似

# レンダリング

- 二種類の流体（気体）を同時にシミュレーションし、レンダリング
  - めちゃくちゃいい加減
  - さすがにもう少しちゃんとできそう



# ChatGPT

- ChatGPT使いまくり
  - 流体周りの基礎的なアルゴリズム、とりあえず投げるとそこそこのコードが返ってくる
    - が、あやしいこともあるのでインターネットで裏付けもしておく
    - それでも効率的
  - 自分の書いたコードや書き換えたコードを丸投げして、おかしいところが無いかをチェックさせる
    - 何もしないよりは確実に良い
    - チェックさせてる間に別のコードを並列で書くことで効率的
  - 流体シムのコード書くの超久々だったが、大きく破綻するようなバグには遭遇せずかなりストレートに絵作りに入れた

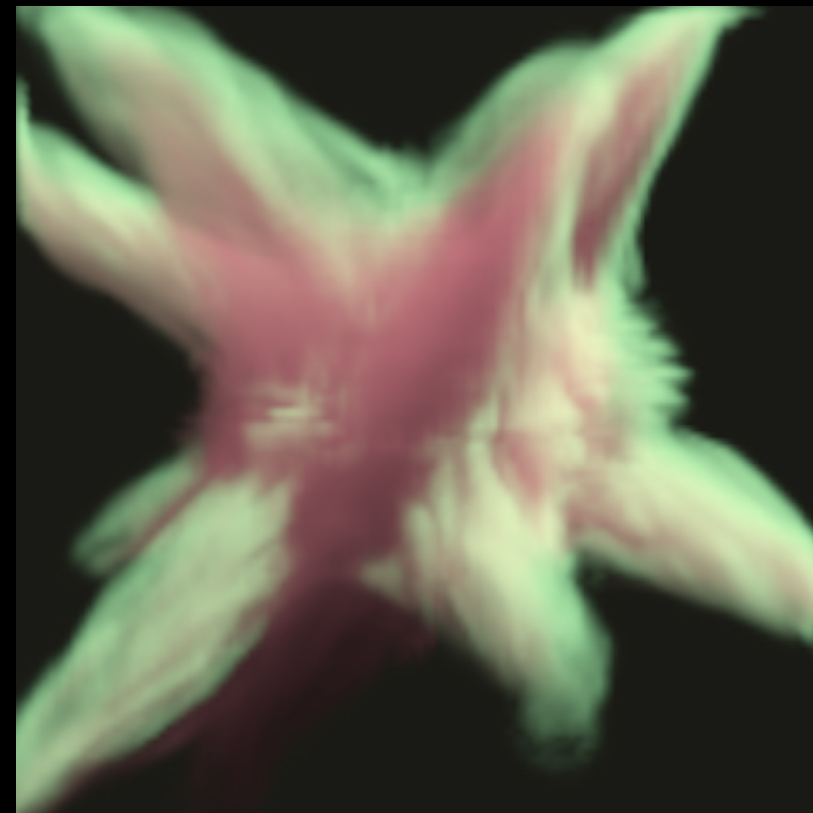
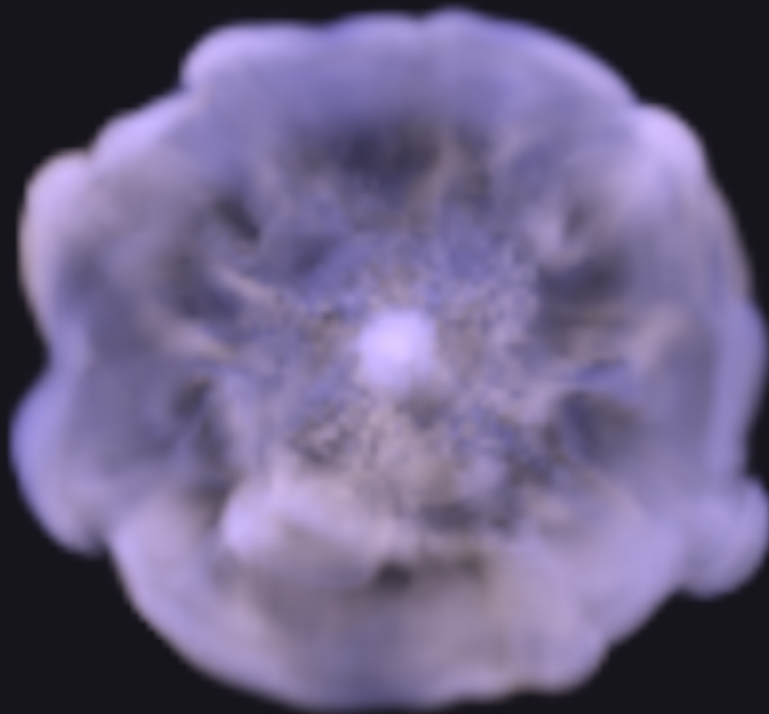
ありがとうございますChatGPT

# 絵作り

- ひたすらシミュレーション & レンダリングを繰り返す
  - 勘が全て
- ノイズを適当に入れまくる
- 緩急をつける
  - ありがとうイージング関数 (<https://easings.net/ja>)
- 色をがんばる



レイトレ  
合宿



おわり