



融合型並列計算機による 宇宙第一世代天体の起源の解明

梅村雅之(代表者)、中本泰史、須佐 元、森正夫、
佐藤三久、朴泰祐、高橋大介

文部科学省 科学研究費補助金 特別推進研究

「融合型並列計算機による宇宙第一世代天体の起源の解明」



Elucidation on the Origin of FIRST Generation Objects by HMCS-E

平成16年度～平成19年度
予算総額 約3億円

・サイエンス(目的)

**First Objects, First GRBs, Globular Clusters, Reionization,
First Galaxies, Galaxy Evolution, AGN Formation**

・パイオニア(手法)

多次元輻射輸送

多次元輻射流体力学

多次元輻射磁気流体力学

多次元ボルツマン方程式

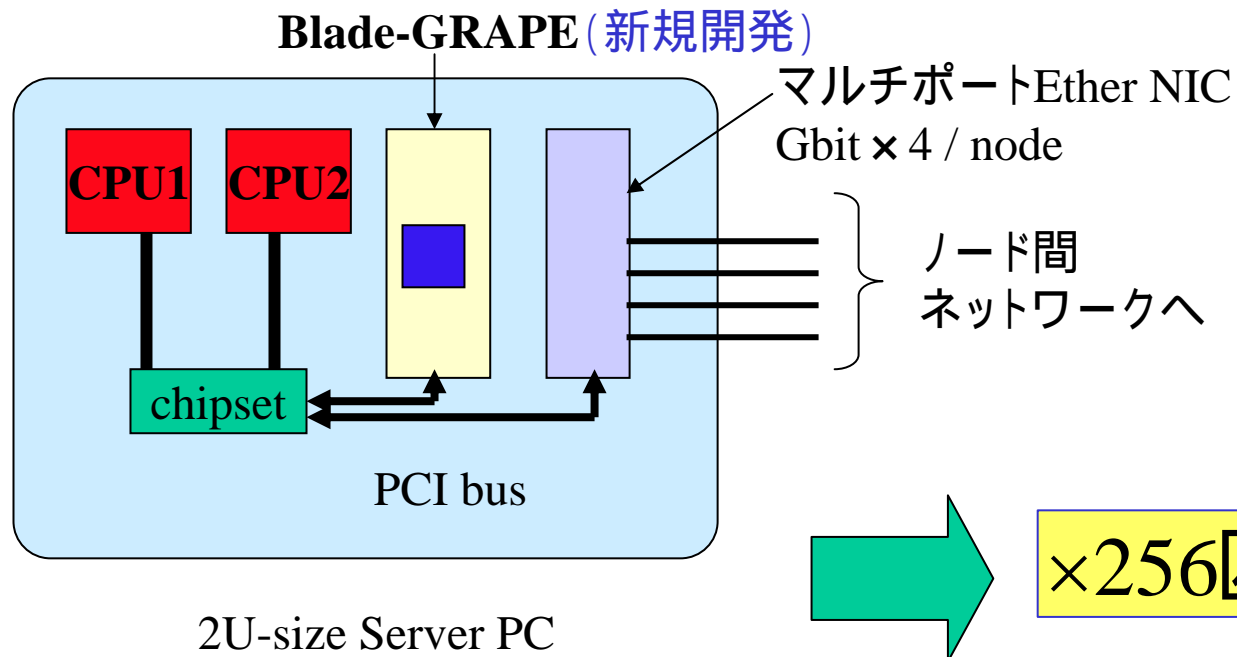
・イノベーション(手段)

“融合型並列計算機”という新しいコンセプトに基づく計算機開発

理学・工学の研究者が共同で開発

融合型並列計算機

ノード構成



- dual-CPU構成のサーバ用PCをノードとする
(汎用製品の利用による低価格化・高密度化)
- Blade-GRape をPCIバスによってオンボード実装する
(CPUとGRape間的高速データ転送を実現)

Blade-GRAPE

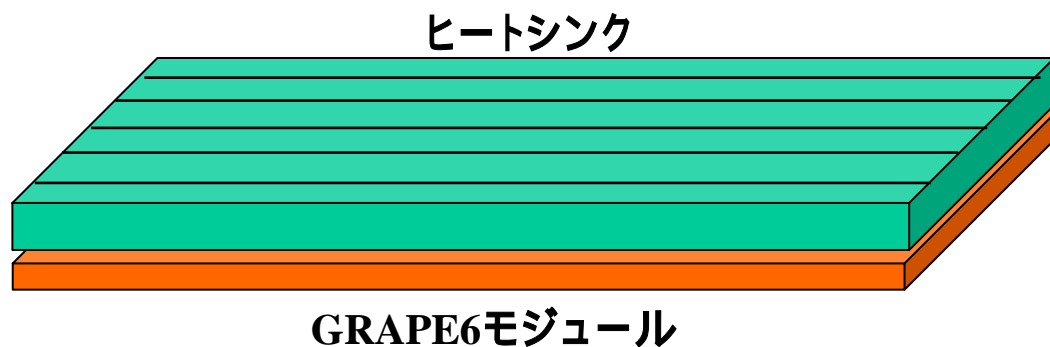
(新規開発)

2Uサーバ用 PCI-Xバス・フルスロット(2つ分)

10層基盤 (cf. Micro-GRAPE 8層基盤)

GRAPE6 モジュール = GRAPE6チップ × 4 (123.2 Gflops)

GRAPE用メモリ16MB (26万粒子)



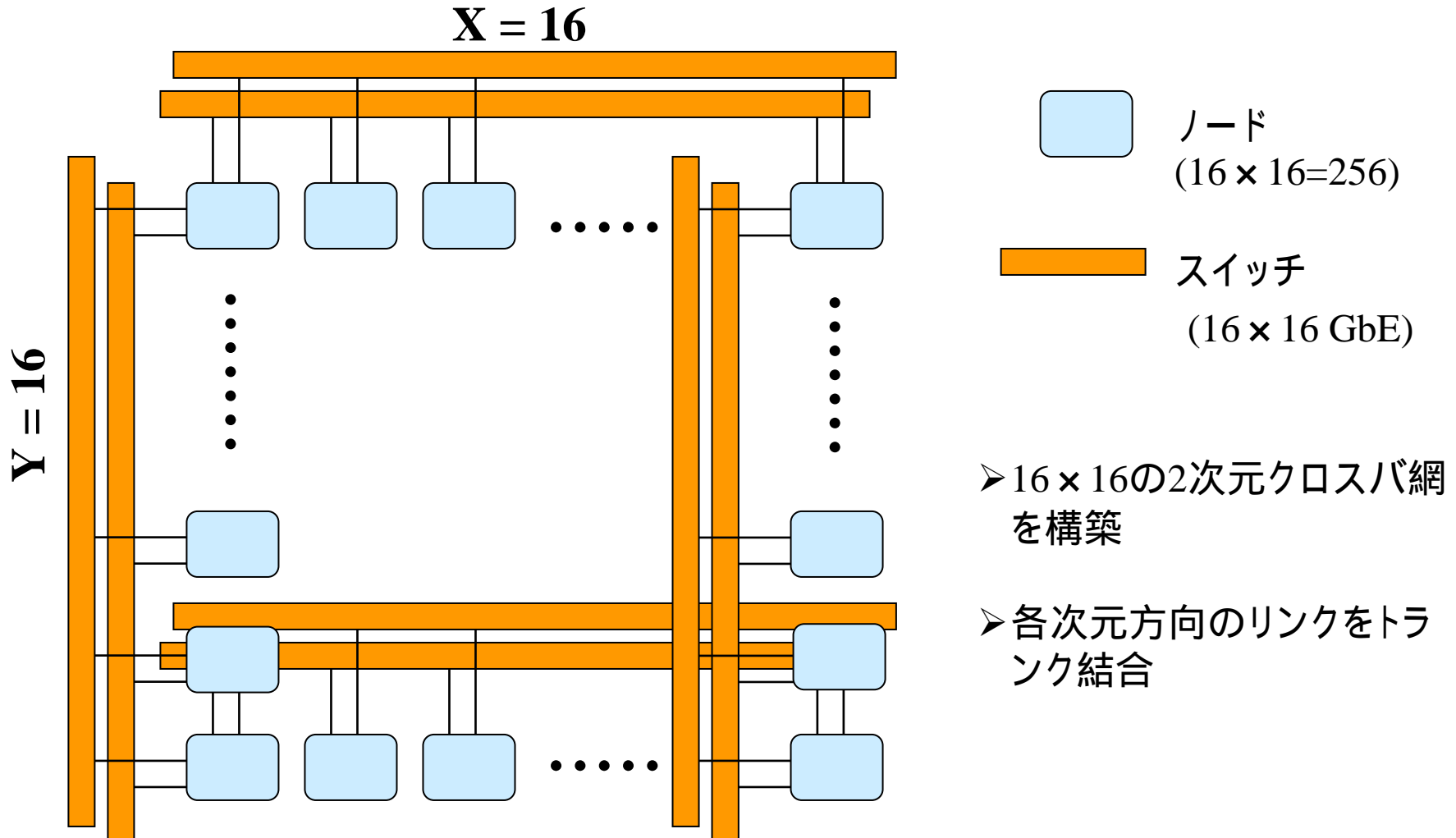
最終構成

Blade-GRAPE × 256 = 31.5 Tflops

GRAPE用メモリ4.1GB (6656万粒子)

HMCS-E ネットワーク構成

汎用スイッチとマルチポートNICによって高速結合網を実現





ロードマップ

平成16年度 16ノード(プロトタイプ)
平成17年度 120ノード
平成18年度 120ノード

最終構成

256ノード
512CPU + 256 Blade-GRAPE

演算性能

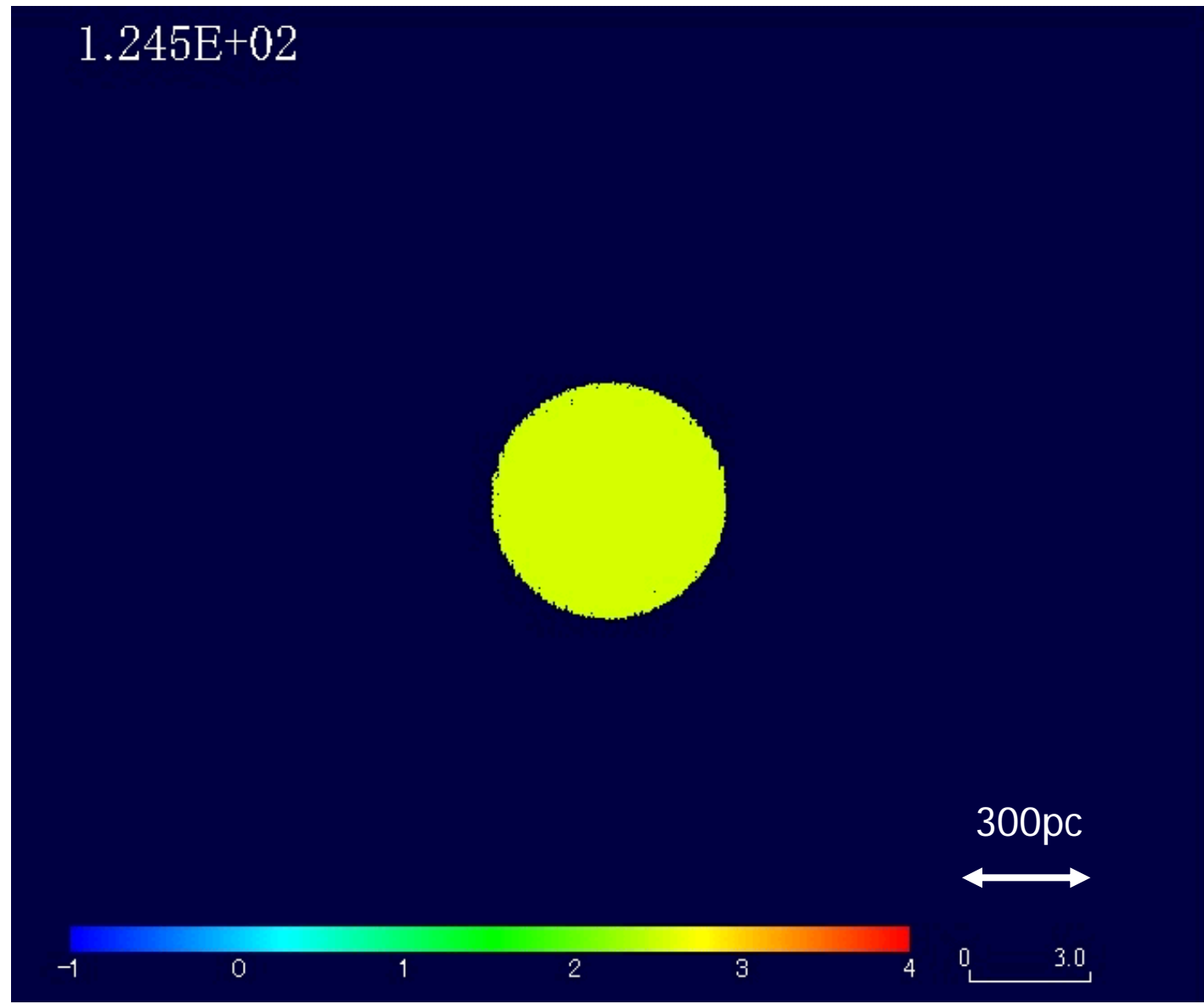
PCクラスタ 3 Tflops
Blade-GRAPE 31.5 Tflops

メモリ 1TB 以上

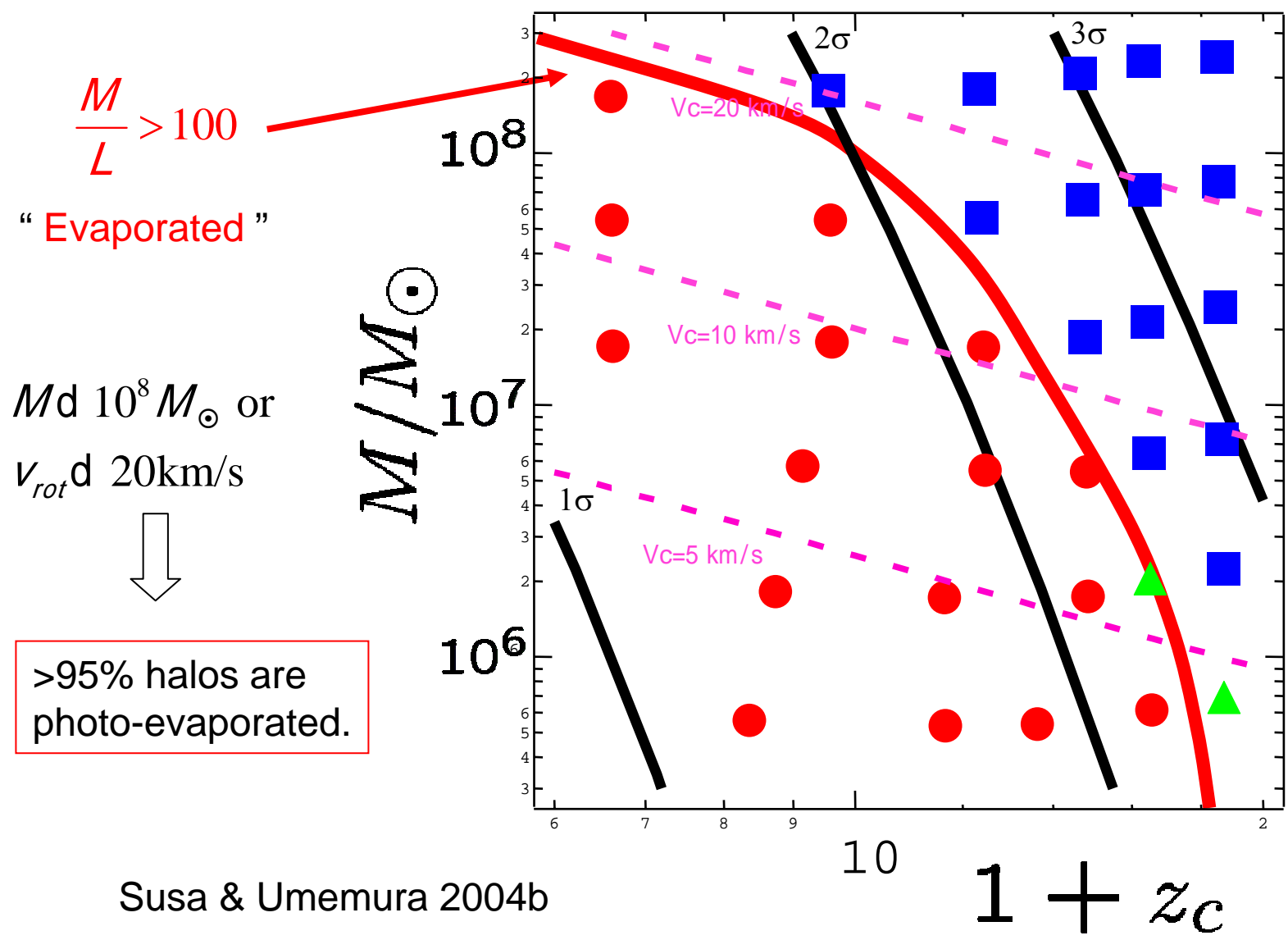
初代天体形成理論の現状

- POPIII星：難しい問題の段階へ
- First Objects(POPIII Hosts) formation：ま
あわかった
- First Feedback：現在進行中
- First Galaxies：まだこれから
(LAE,LAB,LBG,SMG,DRG,ULIRG,,,,)
- 球状星団
- 天の川、楕円銀河、(矮小銀河？)

宇宙初期ゆらぎからの矮小銀河形成と 早期再電離 (外場の紫外線)、6万粒子



Maximally Star-forming model in the universe reionized at $z=17$



より現実に近い取り扱いへ

- 内部の**複数の光源**を正しく取り扱い、**自己整合的な計算**を目指す。
- **星形成をある程度正しく扱う**ために、**超高分解能の計算**を行う。
- 実際にどのくらいのPOPIII星が第一世代天体内にできるのか？ SFR, GRB rate,,,
- POPIIIで再電離はできるのか？

要求される分解能

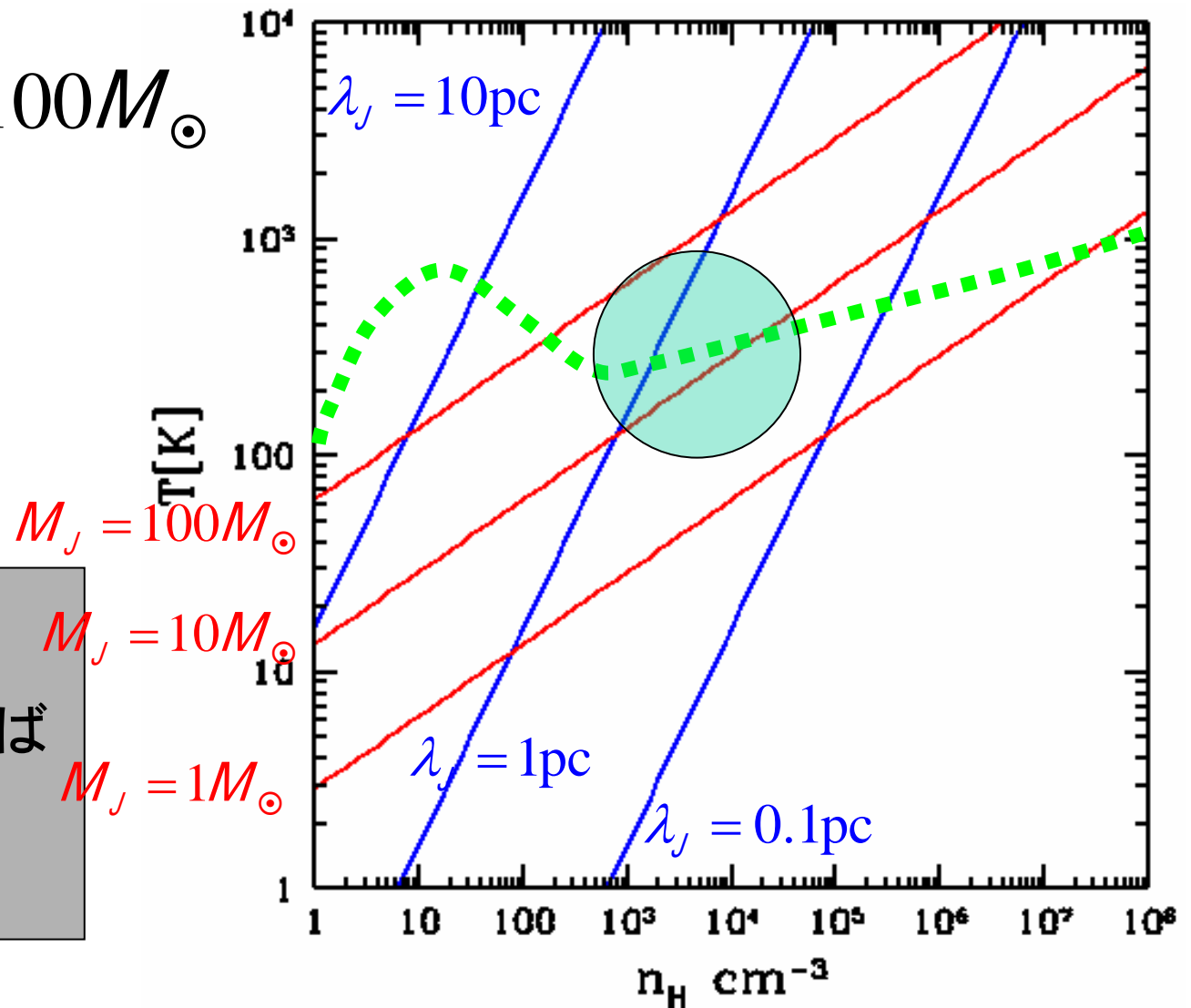
$$M_{RES} \text{ d } 10 - 100 M_{\odot}$$

$$\lambda_{RES} \text{ d } 1 \text{ pc}$$

$$M_{gas} \approx 10^7 M_{\odot},$$

$$M_{SPH} = 1 M_{\odot} \text{ ならば}$$

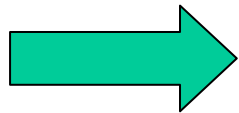
1千万粒子必要



要求される計算時間

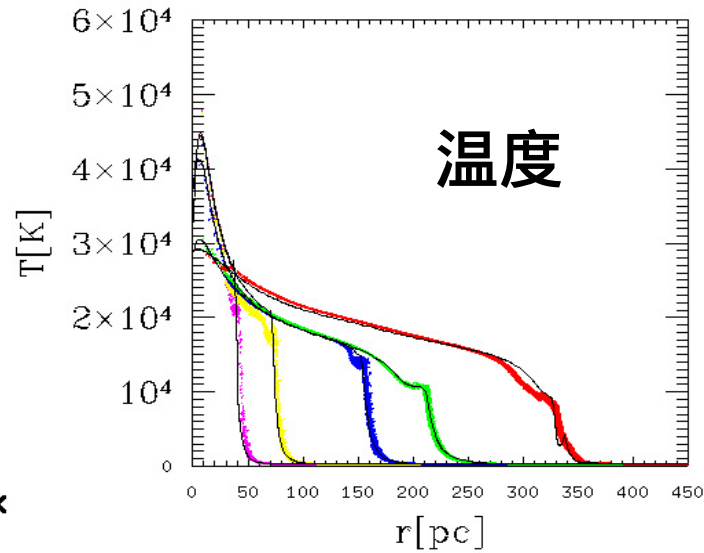
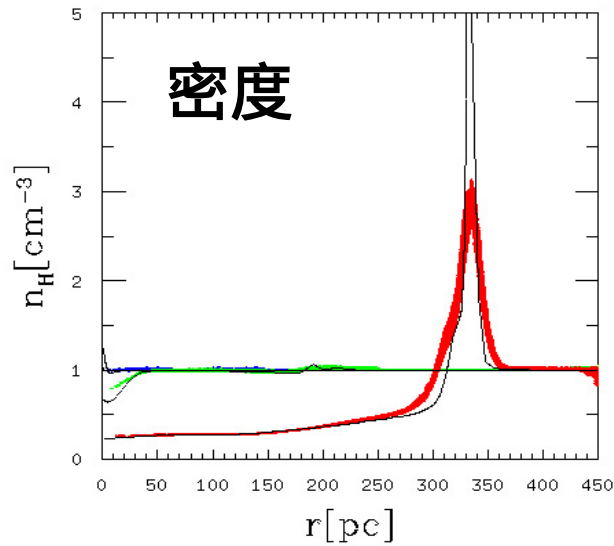
- 私が我慢できる計算時間 ~ 2 month ?
- 必要な時間ステップ ~ 10万 ?

$$t \text{ s/step} = \frac{2 \text{ month}}{10^5 \text{ step}} = 52 \text{ s/step}$$



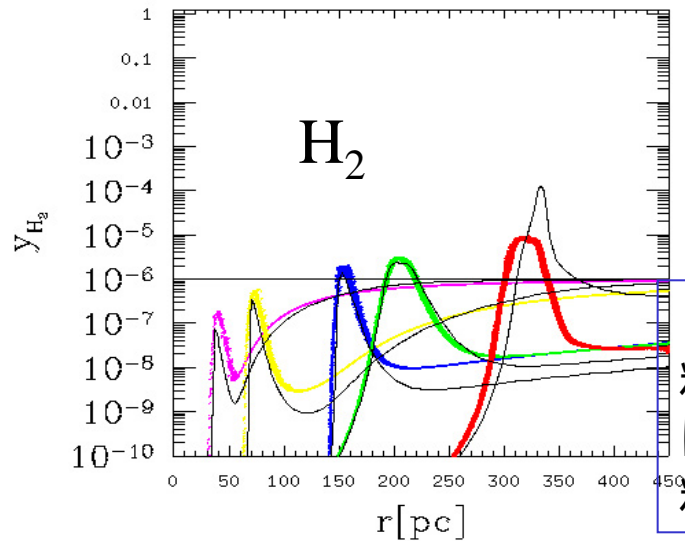
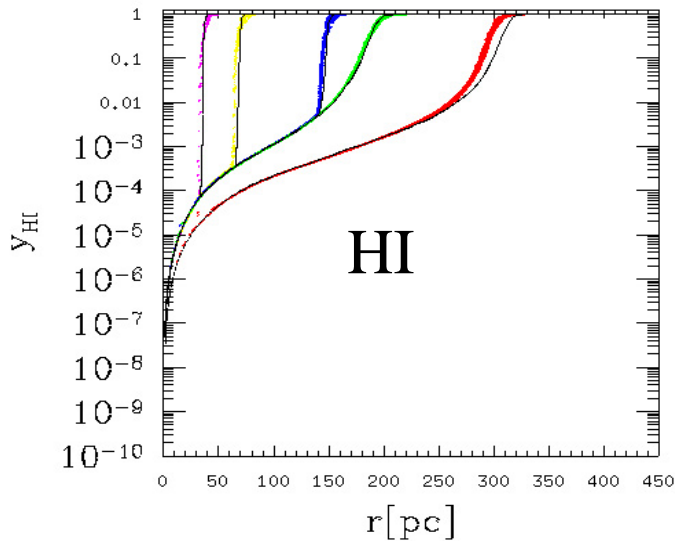
なんにしるステップあたり1分以内に収めないため。

電離波面の伝播テスト



x

26万粒子
8プロセッサ
2600ステップ
6.5時間くらい
(10秒/ステップ)



ノードあたりの
粒子数を同じ
にすると1000万
粒子とほぼ同じ規模

現状サマリ

- Firstは1000万粒子規模で輻射を含んだ計算を可能にする。
- 現状のテスト計算は良好
- 他のアプリに関しても現在開発中