

# VPP-GRAPE

## 異機種並列天文シミュレータ

林 満

(国立天文台・理論天文学研究系、  
科学技術振興事業団計算科学技術研究員)

(伊藤孝士、小久保英一郎、小山洋、富阪幸治、  
和田桂一(国立天文台)、内田延宏、浅井登、  
植村英司、杉本一高、本間節夫(富士通))

# 開発の背景

- ・ 粒子(星)-ガス相互作用が重要となる問題  
散開星団、微惑星-ガス系
- ・ AMR (格子再設定) 等  
不規則な格子を用いた自己重力の問題



今回

上記を実現するための基礎研究  
(システム構築、性能評価、  
自己重力の効果を考慮したテスト計算の実行)

# 他の方法との比較 (その1)

今回

規則的な固定メッシュ

	プログラミング	コメント
GRAPE-汎用機 連携	容易	直接計算では コスト大 (Tree で改善)
FFT, ICCG, MultiGrid	高度	計算コストは 流体部分と 同程度以下

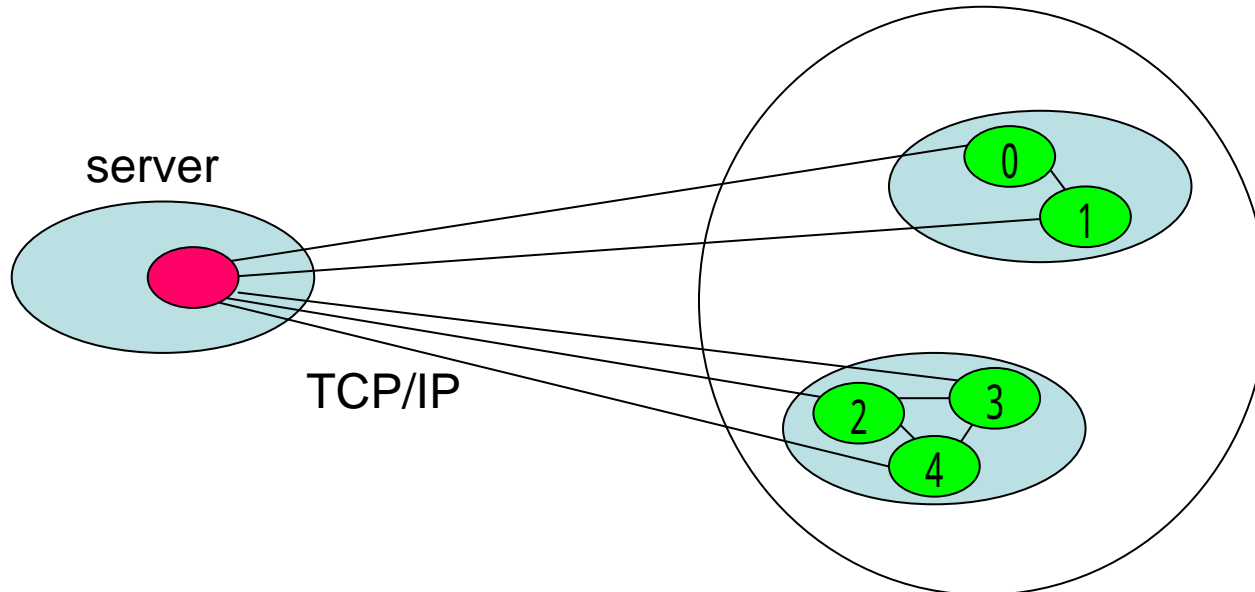
# 他の方法との比較(その2)

## 不規則なメッシュ

	プログラミング	コメント
GRAPE-汎用機 連携	容易	GRAPEの特性 が活用できる
FFT, ICCG, MultiGrid	より高度 又は 極めて難	

# ヘテロジニアス環境対応IMPI

- IMPI: Interoperable Message-Passing Interface
- 目的: 諸スーパーコンピュータ,  
WSクラスタ, PCクラスタ等の結合
- 規格IMPI Forum: 米NIST(National Institute of Standards)
- 前提: TCP/IP、各クライアント内はローカルプロトコル



# 開発環境

IMPI(Interoperable Message Passing Interface)で  
異機種間並列環境を構築

GRAPE-5  
ホストマシーン  
(Linux)  
Pentium III 1GHz



GRAPE5  
38.4GFlops

Gbit Ether



国立天文台  
天文学データ解析計算センター  
VPP5000  
9.6GFlops/PE  
流体計算のために1PE使用

同様の試み

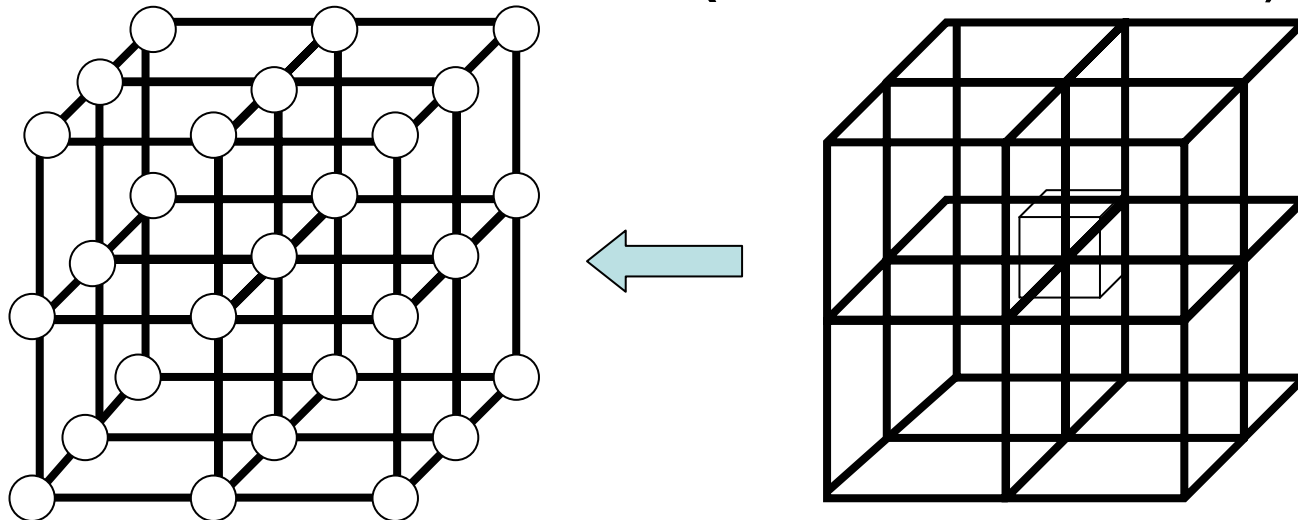
筑波大学  
(CP-PACS-GRAPE)  
理研  
(VPP-MDGRAPE)

# GRAPEによる流体の自己重力計算

GRAPEの計算実行に必要なデータ:

- 1.位置情報(流体計算の格子点の座標(固定))
- 2.粒子数(格子点数)
- 3.粒子の質量((流体密度) × (セル体積))

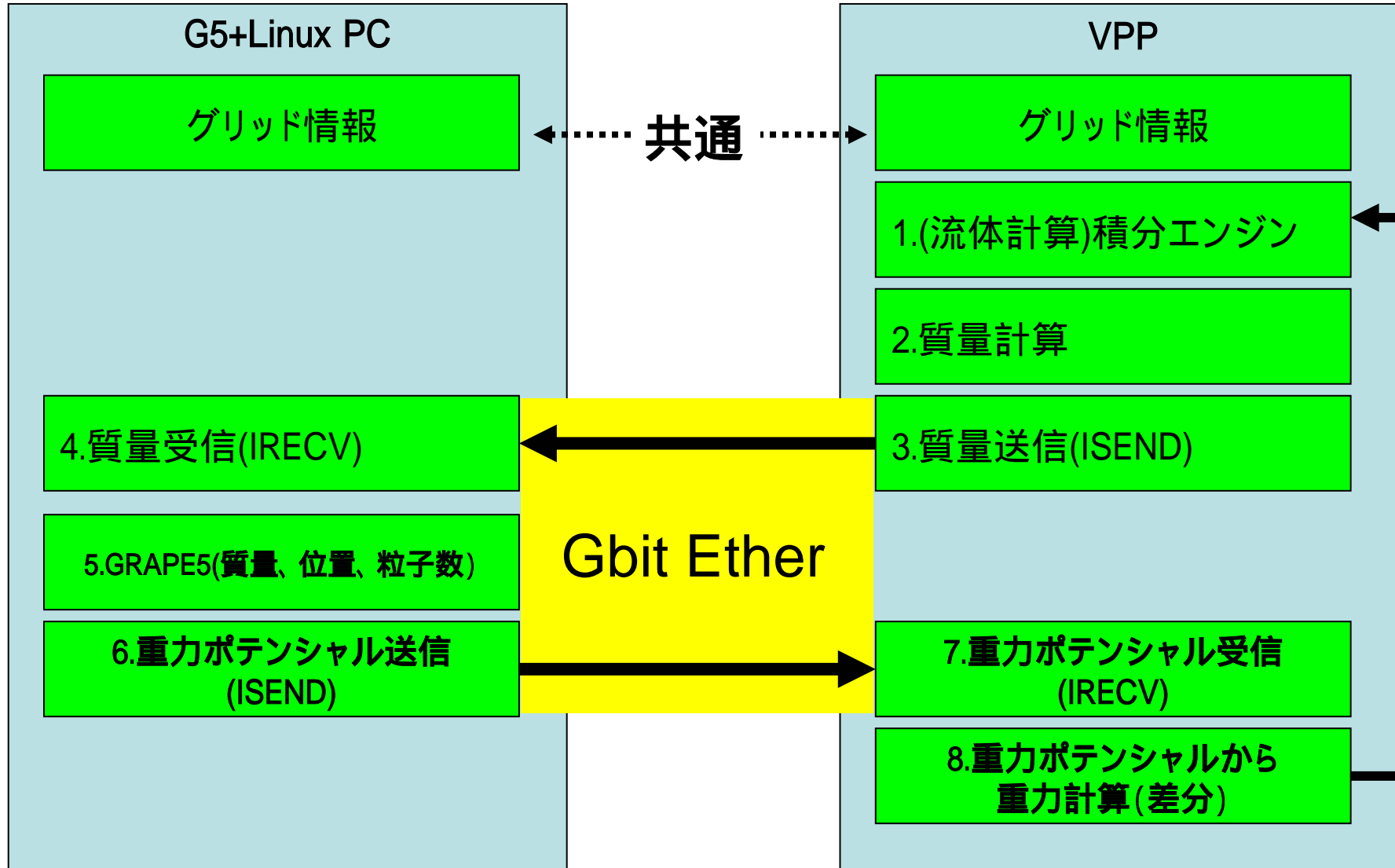
粒子の質量イメージ(GRAPE計算イメージ)



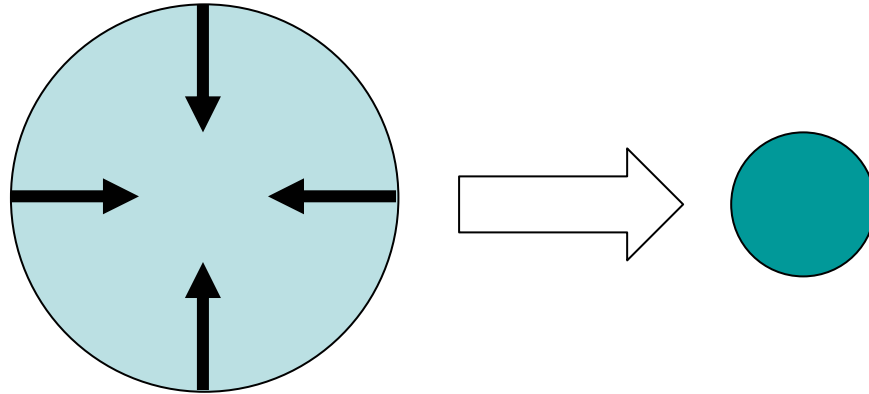
○ 格子点上に  
質量 $m$ の質点

セル

# データフローイメージ



# G5-VPP連携による 一様球自己重力収縮の計算



- 初期条件:

半径1、質量1の一様球、  
等温(コールドコラプス)

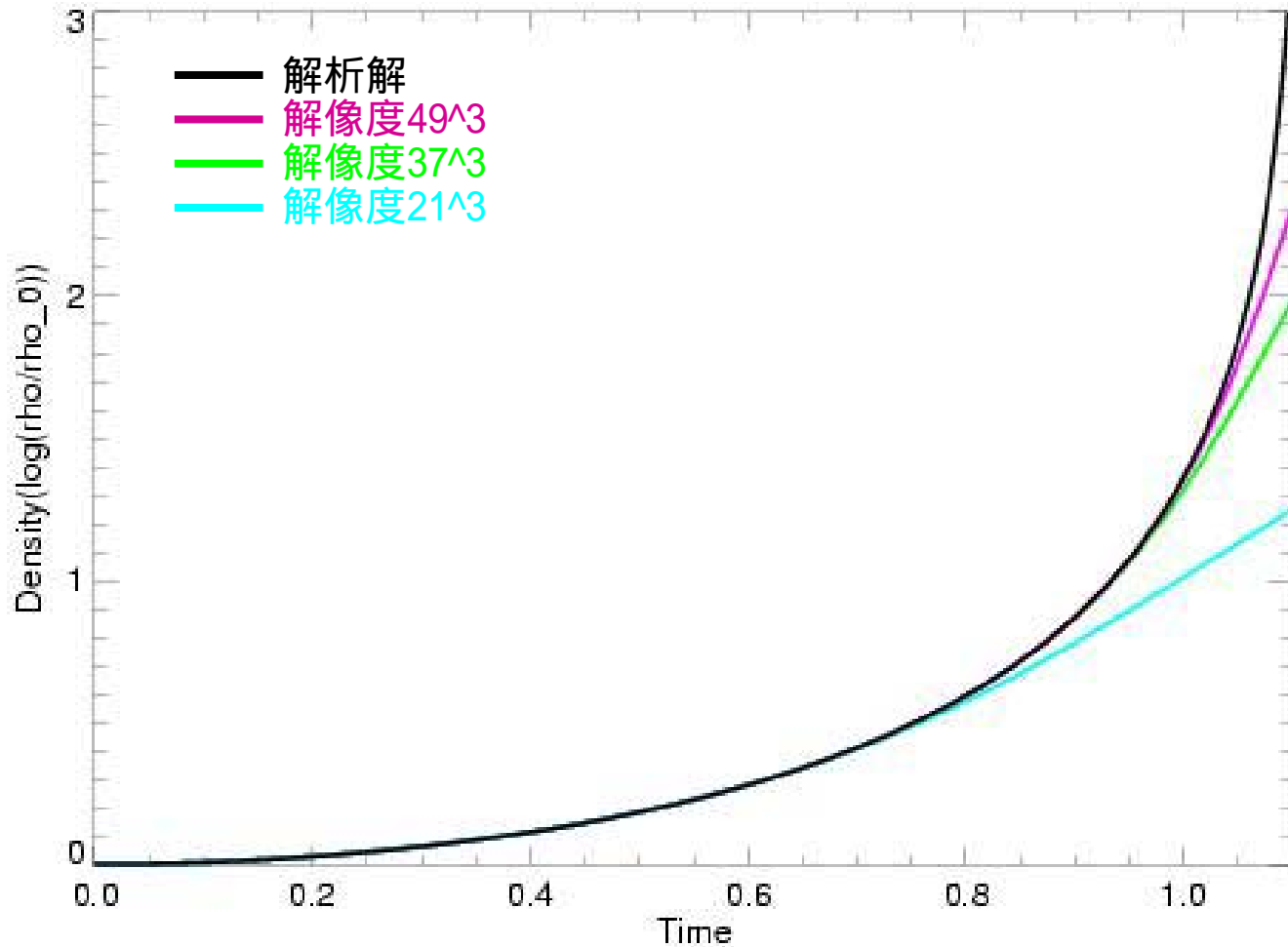
- 使用スキーム(流体部分、VPP5000):

2段階修正Lax-Wendroff

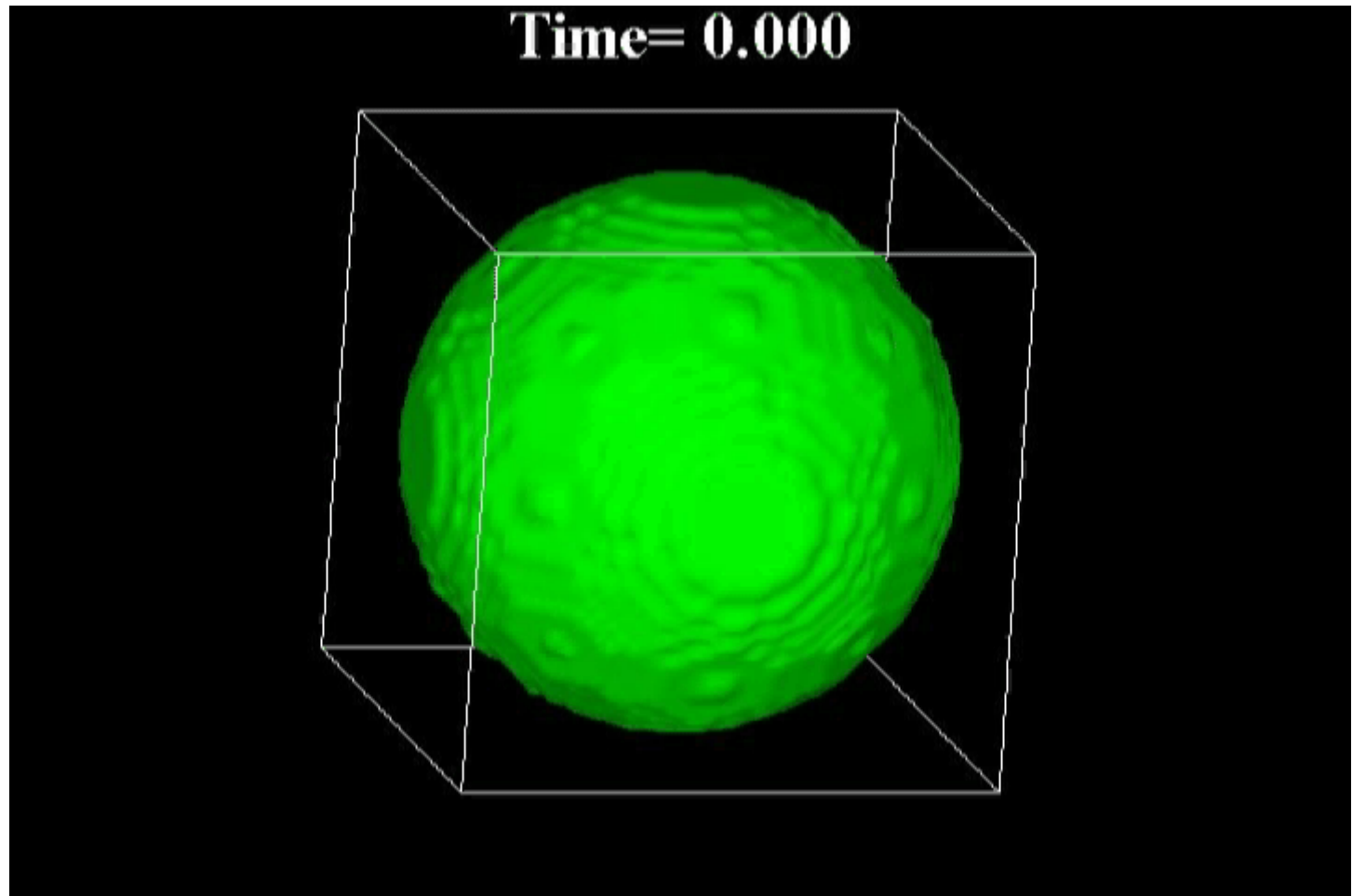
- ポワソンソルバー:

GRAPF-5(直接計算)

# 中心密度の時間発展 (結果と解析解との比較)



# 自己重力収縮する一様球

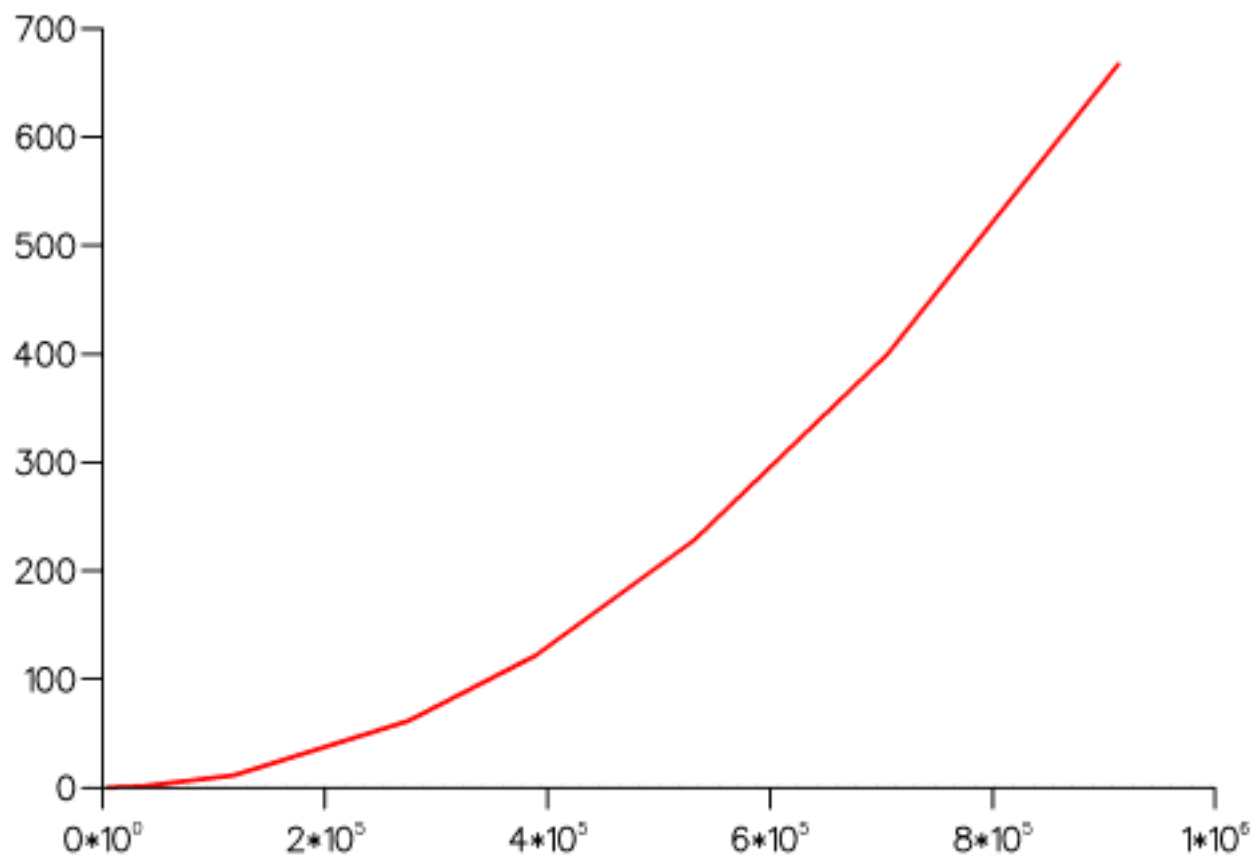


# 計算時間

<b>サイズ</b>	$17^3$	$33^3$	$49^3$	$65^3$
積分エンジン	0.007	0.02	0.06	0.13
通信(G5-VPP)	0.08	0.13	0.25	0.54
G5	0.04	1.13	11.19	61.00
<b>サイズ</b>	$73^3$	$81^3$	$89^3$	$97^3$
積分エンジン	0.19	0.21	0.26	0.32
通信(G5-VPP)	0.73	1.00	1.31	1.70
G5	121.15	226.95	398.21	665.62

(s/step)

# 計算時間

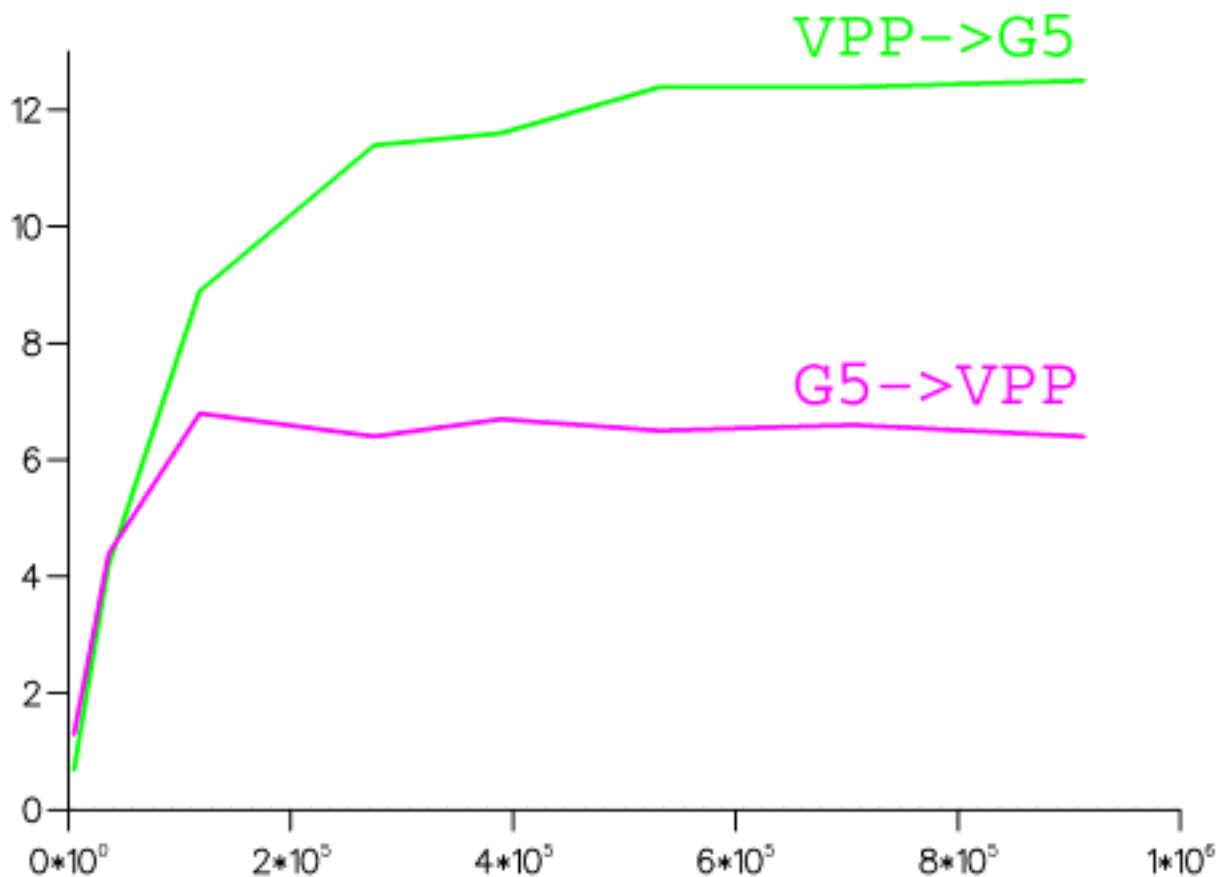


# 通信性能評価

<b>サイズ</b>	17 <sup>3</sup>	33 <sup>3</sup>	49 <sup>3</sup>	65 <sup>3</sup>
<b>通信性能</b> (VPP G5)	0.7	4.2	8.9	11.4
<b>通信性能</b> (G5 VPP)	1.3	4.4	6.8	6.4
<b>サイズ</b>	73 <sup>3</sup>	81 <sup>3</sup>	89 <sup>3</sup>	97 <sup>3</sup>
<b>通信性能</b> (VPP G5)	11.6	12.4	12.4	12.5
<b>通信性能</b> (G5 VPP)	6.7	6.5	6.6	6.4

(MB/s)

# 通信性能評価



# PIII-VPPデータその1

グリッド数	$17^3$	$25^3$	$33^3$	$41^3$
VPP PIII	5.28	11.29	15.54	17.53
PIII VPP	6.43	7.37	7.62	7.50
グリッド数	$49^3$	$57^3$	$65^3$	$73^3$
VPP PIII	17.06	17.04	16.80	17.29
PIII VPP	7.81	7.85	7.92	7.90

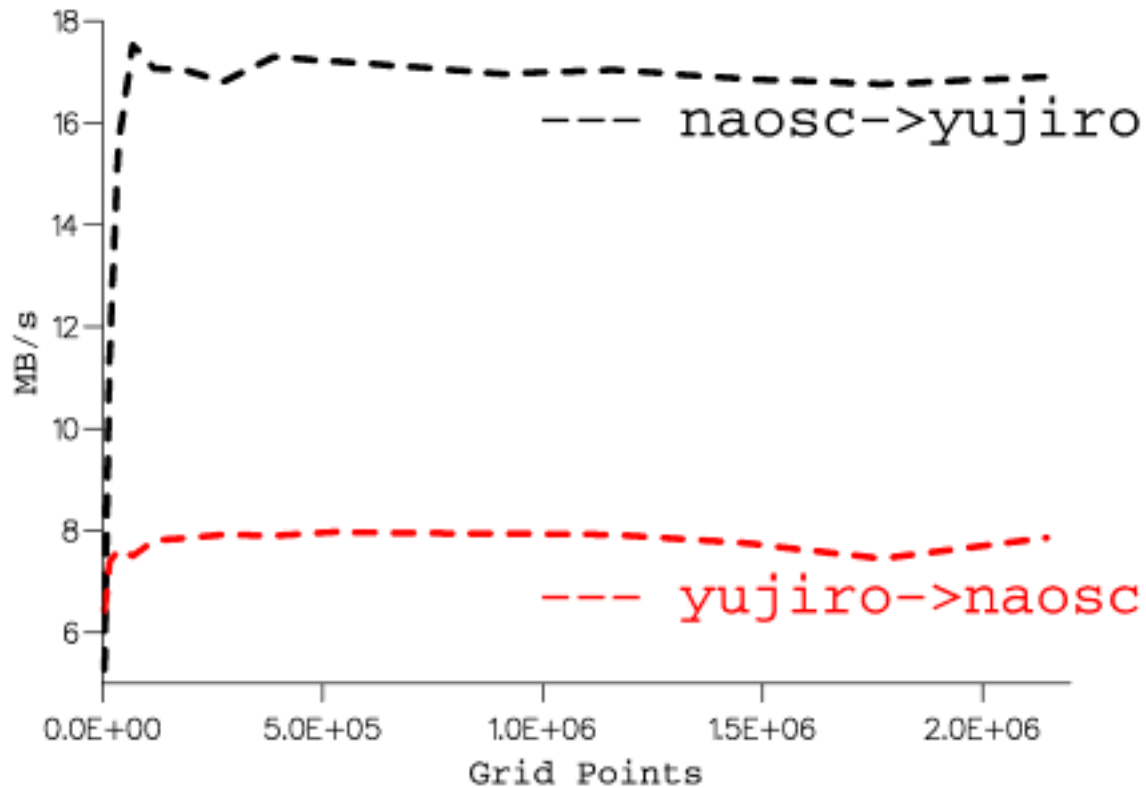
(MB/s)

# PIII-VPPデータその2

グリッド数	81 <sup>3</sup>	89 <sup>3</sup>	97 <sup>3</sup>	105 <sup>3</sup>
VPP PIII	17.20	17.10	16.96	17.04
PIII VPP	7.97	7.95	7.94	7.92
グリッド数	113 <sup>3</sup>	121 <sup>3</sup>	129 <sup>3</sup>	
VPP PIII	16.87	16.76	16.90	
PIII VPP	7.77	7.45	7.86	

(MB/s)

# PIII-VPP通信性能グラフ



# Xeon-VPPデータその1

グリッド数	17 <sup>3</sup>	25 <sup>3</sup>	33 <sup>3</sup>	41 <sup>3</sup>
VPP Xeon	0.68	2.14	4.4	6.41
Xeon VPP	0.64	1.98	3.86	5.91
グリッド数	49 <sup>3</sup>	57 <sup>3</sup>	65 <sup>3</sup>	73 <sup>3</sup>
VPP Xeon	8.70	10.34	11.50	12.32
Xeon VPP	7.94	9.77	11.16	12.15

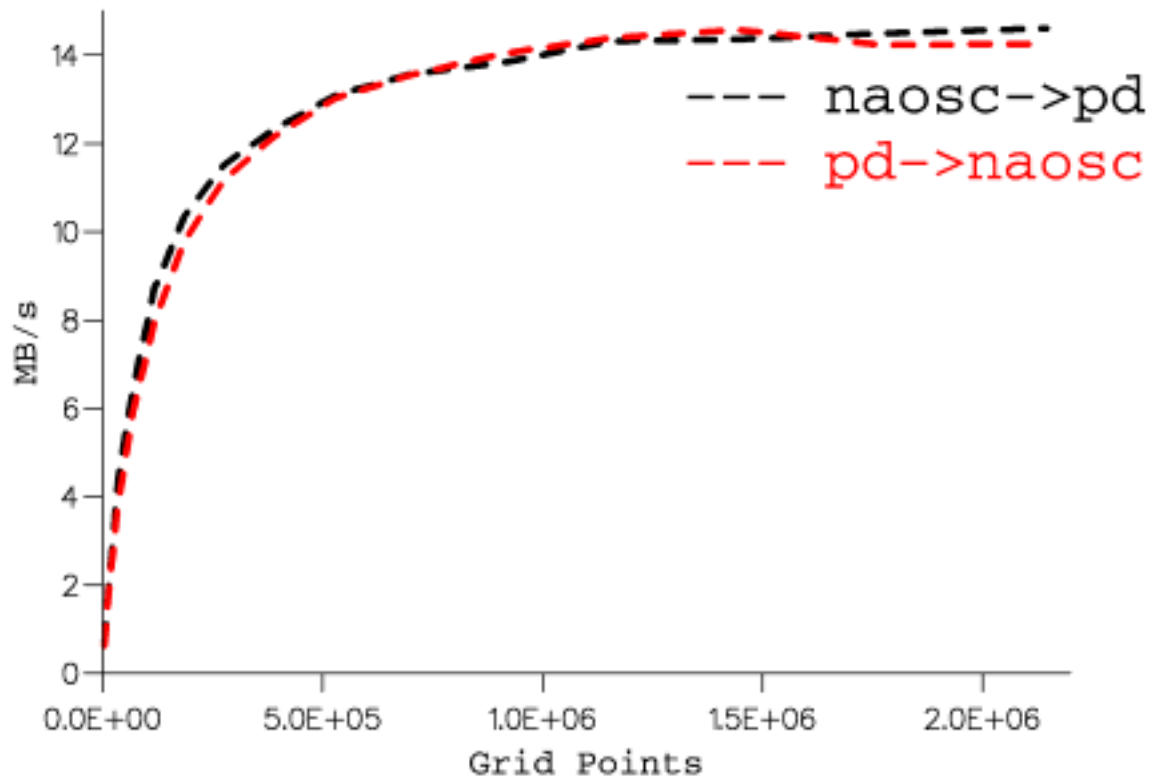
(MB/s)

# Xeon-VPPデータその2

グリッド数	81 <sup>3</sup>	89 <sup>3</sup>	97 <sup>3</sup>	105 <sup>3</sup>
VPP Xeon	13.09	13.58	13.83	14.32
Xeon VPP	13.03	13.56	14.03	14.39
グリッド数	113 <sup>3</sup>	121 <sup>3</sup>	129 <sup>3</sup>	
VPP Xeon	14.35	14.49	14.60	
Xeon VPP	14.57	14.23	14.25	

(MB/s)

# Xeon-VPP通信性能グラフ



# PC-VPP間のFTP

	VPP(PIII)	VPP(Xeon)
PUT	11.28MB/s	13.51MB/s
GET	13.44MB/s	12.19MB/s

(MB/s)

# PC-VPP間のFTP

	PIII(VPP)	VPP(Xeon)
PUT	14.38MB/s	0.39MB/s
GET	10.48MB/s	11.36MB/s

(MB/s)

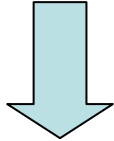
# PC-PC間のFTP

	PIII(Xeon)	Xeon(PIII)
PUT	64.50MB/s	46.40MB/s
GET	48.05MB/s	61.12MB/s

(MB/s)

# 参考(あたま山プロジェクト、 牧野淳一郎氏(東京大学))

- PCクラスタ(GRAPE-6ホスト)
  - ・安価、容易(インストール、メンテ)
- MPI(CH)の通信性能低下  
(GbEで実効数MB/s)



- TCP/IPベースの通信(60MB/s)
  - (・短いパケットを受け取った時の対策
  - ・ソケット動作の非同期化)

# GRAPE-VPP直結の問題点

- プライマリPEにPCIスロットの空きはあるが
  - ・VPP5000システム全体の保守の問題
  - ・デバイスドライバの開発
- I/O-PEにPCIアダプタの増設は可能であるが問題発生の場合
  - ・一部のジョブキューへの影響(使用不可)
  - ・/work等大容量領域の使用不可

# GRAPE6+通信最適化の場合の 予想パフォーマンス

- $129^3$ でTCP/IPベースの通信(60MB/s)の場合通信負荷は0.56s/step
- $129^3$ のGRAPE-6直接計算による処理時間は約279(139.5)秒/step
- Tree法により  
約10倍の高速化で27.9(14.0)秒/step
- 約30(15)秒/step程度 (Fujitsu VPP SSLII の共役勾配法が $128^3$ で約15秒/step)

# まとめ

- 不規則なメッシュ、粒子-ガス相互作用の問題を解くための基礎研究として、IMPIを用いたGRAPE-汎用機連携システムを構築し、性能評価、具体的な基本問題を解くことができた
- 構築したシステムにおける、IMPI通信の実効性能は数MB/s。より効果的なGRAPE-汎用機連携システム実現のためには、より高い通信性能の実現が望まれる(NIC, TCP/IPベース通信)
- 多体計算アルゴリズムの高速化(Tree法)

# 今後

- **GRAPE-6を接続したシステムでの性能評価**
- **AMRの自己重力問題**
- **星-ガス系シミュレーション**