

統合コード研究会

2004年3月18, 19日

九州大学応用力学研究所W601号室

PCクラスタの構築と性能評価

山口大学工学部電気電子工学科

内藤裕志、岡本庸平、

田内康、福政修

- 参考文献
プラズマ・核融合学会誌，小特集「PCクラス
タを作ってみませんか？」，79 (2003) pp.750-
789.
- 本研究の一部は、文部科学省 核融合科学研
究所 LHD計画共同研究に支援されています。
- 感謝：九州大学 矢木雅敏先生
京都大学 福山 淳先生
NIFS 伊藤公孝先生
当研究室の学生さん達

OUTLINE

- XeonベースのクラスタとOpteronベースのクラスタ
- HIMENO ベンチマークでの性能評価
- 粒子シミュレーションコードでの性能評価
- PCクラスタを用いた粒子シミュレーションの例
- まとめ

Xeon Based Cluster



Xeon Based Cluster

number of PC's	6	2
CPU	XEON(TM) 2.4GHz Dual (Intel)	XEON(TM) 2.66GHz Dual (Intel)
Memory	DDR-SDRAM DIMM PC-2100 ECC Registered 512M x4 (Transcend)	
Mother Board	SUPER P4DME-M Intel E7500 (SUPERMICRO)	
Hard Disc Drive	MX2F040L0 IDE 40GB ATA/133 5400rpm (Maxtor)	
Network Interface Card	PWLA8490XT Intel Pro/1000XT Intel 82544EI Gigabit Controlor (Intel)	
Power	420W	
Switching HUB	FXG-08TE (PLANEX)	

- 8PC 16CPU 16Gbyte
- Hyper Threading Technology

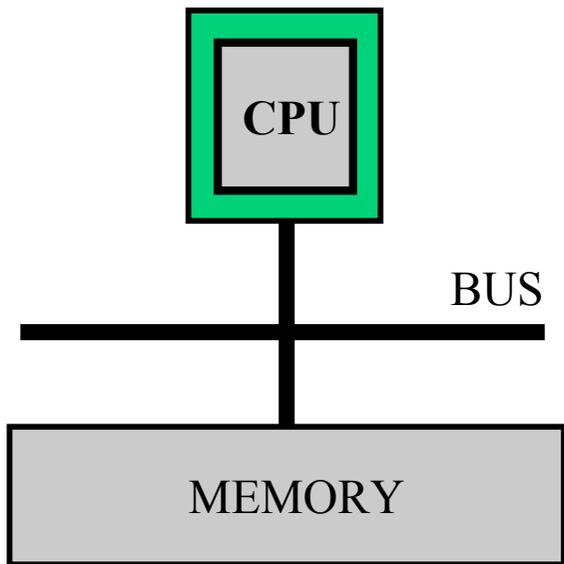
Opteron Based Cluster



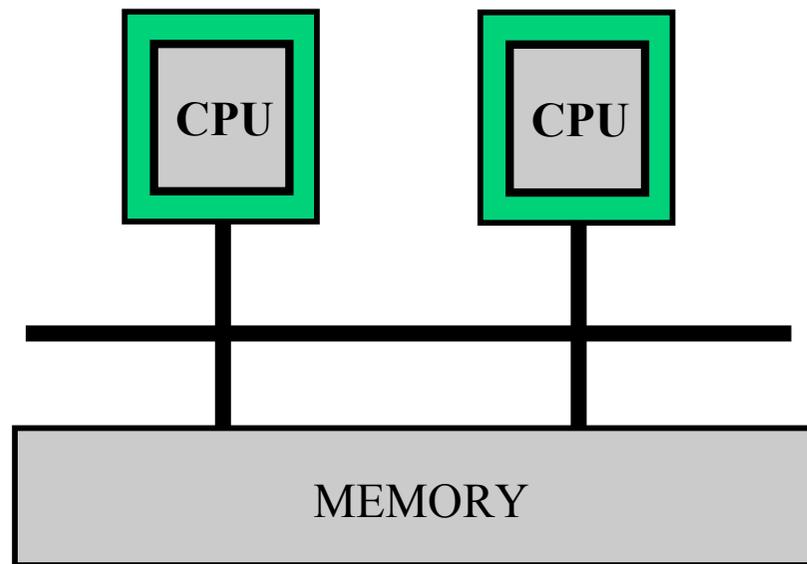
Opteron Based Cluster

number of PC's	4
CPU	Opteron(tm) Model 240 1.4GHz Dual (AMD)
Memory	DDR-SDRAM DIMM PC-2100 ECC Registered 512M X4 (Transcend)
Mother Board	HDAMA-WOS (RIOWORKS)
Hard Disc Drive	MX2F030L0 IDE 30GB ATA/133 5400rpm (Maxtor)
Network Interface Card	on board
Power	550W
Switching HUB	FXG-08TE (PLANEX)

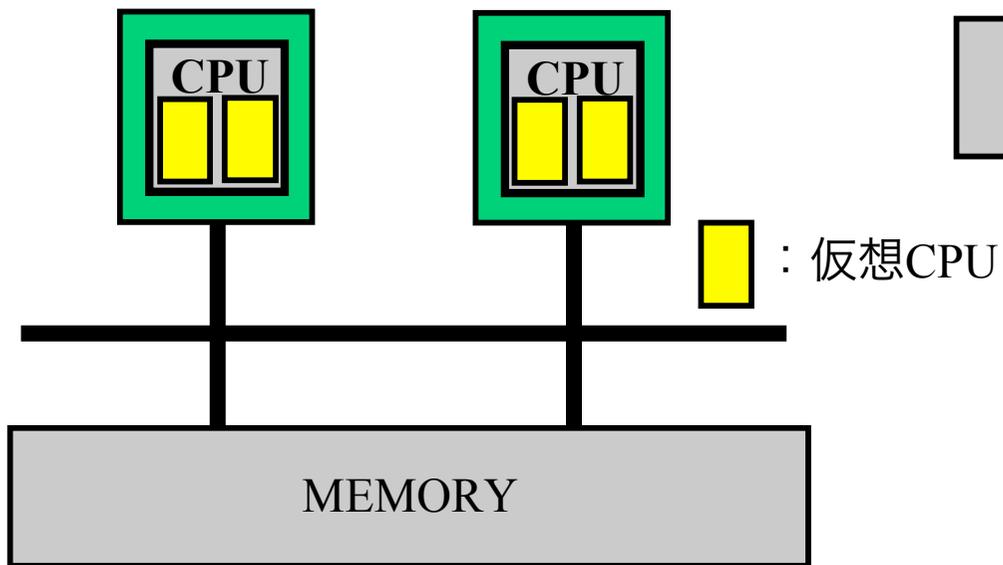
- 4PC 8CPU 8Gbyte
- 各CPUがそれぞれの独立メモリを持つ。



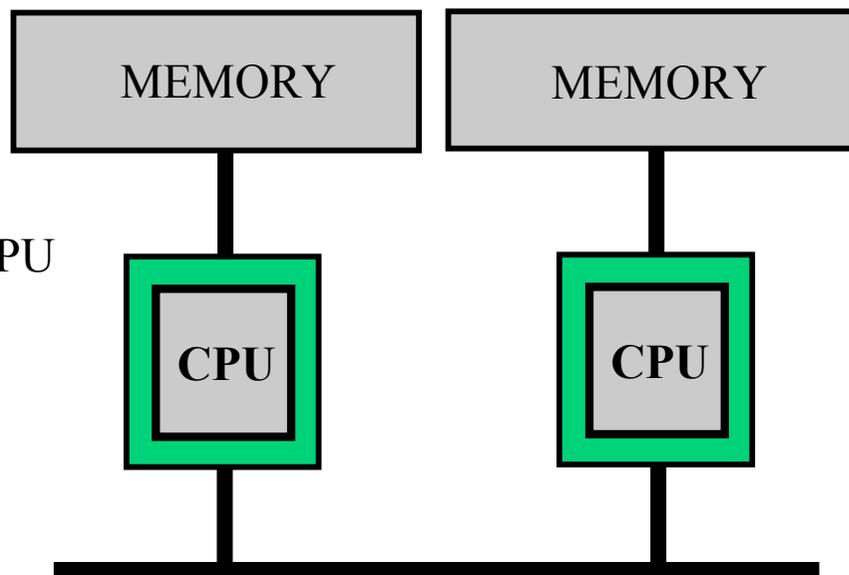
(a) 従来のCPU



(b) 従来のSMP



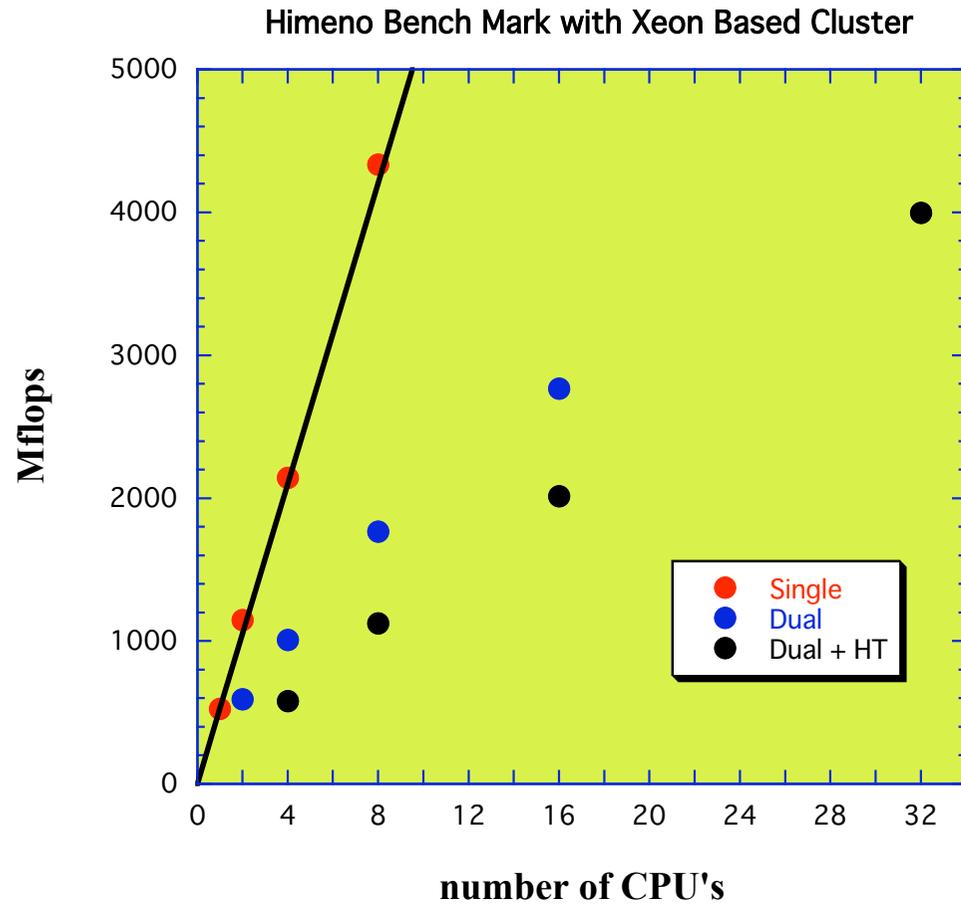
(c) SMP+HT対応CPU (Xeon)



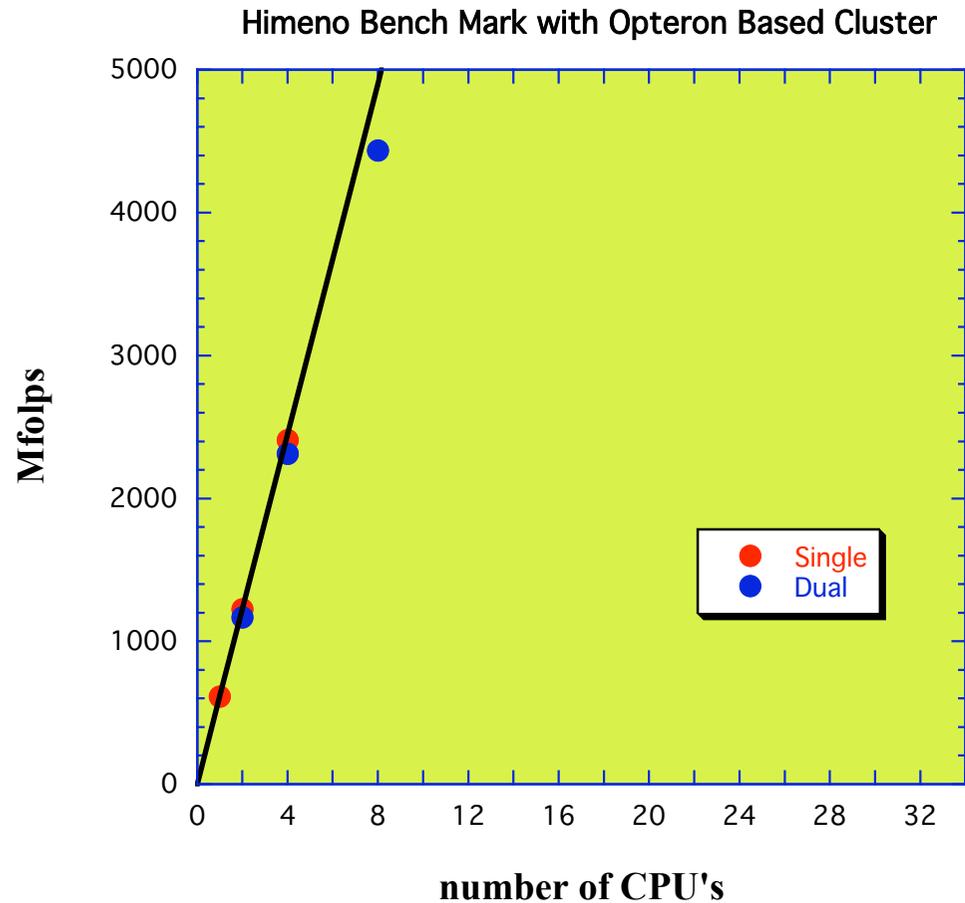
(d) Opteron

HIMENOベンチマーク

- Poisson方程式をJacobi法で解く。
- 領域分割は1方向。
- Medium size $256 \times 128 \times 128$ で評価。
- PG-FORTRAN。
- VPP5000を構成する1台のベクトルコンピュータでは約4Gflops。
- どちらのクラスタも4Gflops以上の性能をしめした。



- Single CPU の場合、CPUの数に比例した性能。
- Dual CPU とHTの場合、性能はでていない。



- CPUの数に比例した性能がでている。

粒子コードでの性能評価

粒子分割



領域分割

全てのCPUはそれぞれ全領域の場の量を持つ

CPUの数が少ない時有効

プログラムが簡単

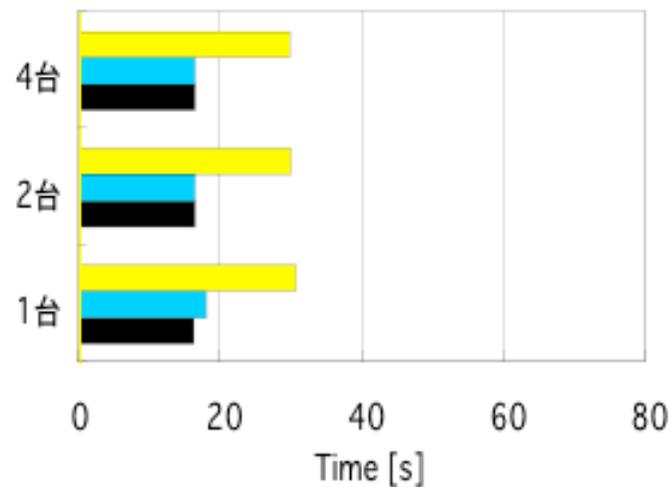
- **Charge assignment** (独立)
- **Communication** 各CPUの電荷密度の総和を求め、分配する
- **Field calculation** (独立)
- **Particle pushing** (独立)

粒子コードでの性能評価

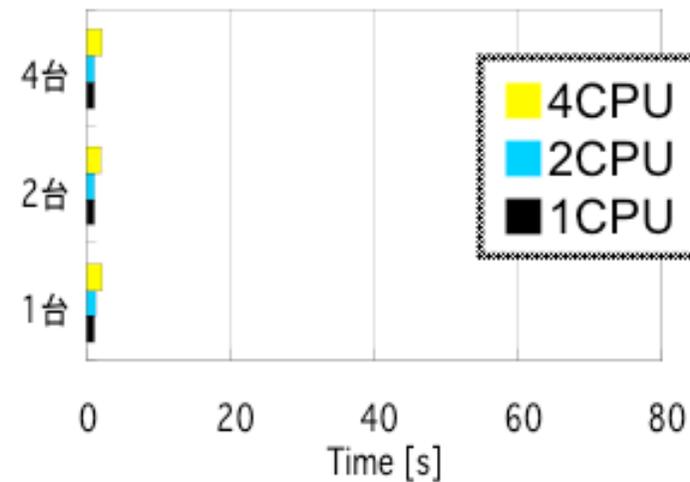
- 1 CPU当たりの粒子数 N を固定。
- 全粒子数 $=N \times$ 使用CPUの数。
- 1PC(1ノード) 内のマルチCPUの効果およびHTの効果の検証。
- この場合、計算時間が使用CPUの数に依存せずに一定であることが理想。
- HTの場合はsingle CPUやdual CPUの場合の2倍以下であれば効果がでている。
- メッシュ数： 64×64 ， 粒子数： $262144 \times$
(使用CPUの数)， 時間ステップ数：1000

粒子シミュレーション

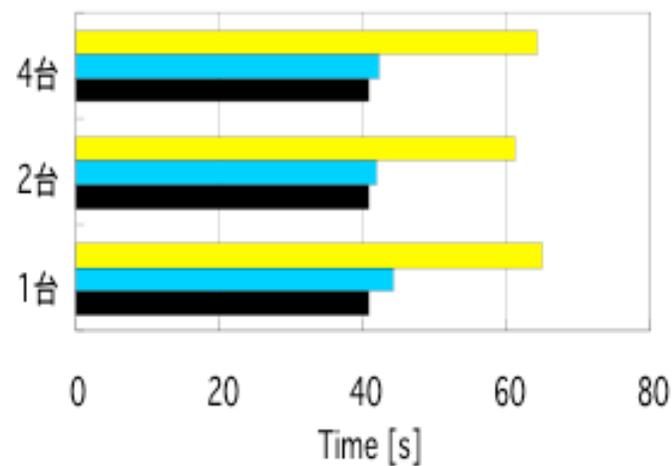
Xeon Based Cluster



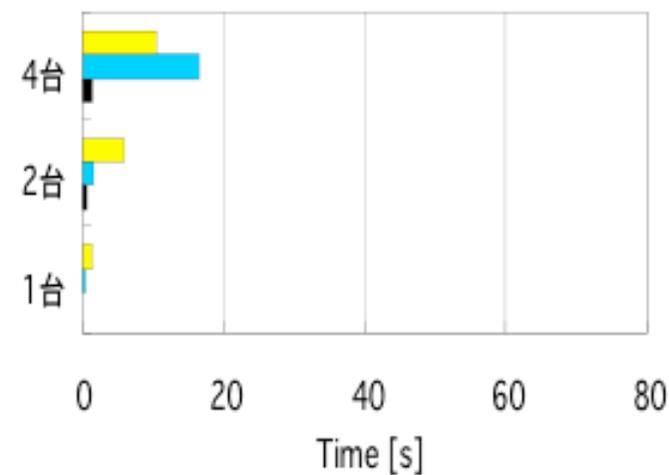
Charge assignment



Field calculation



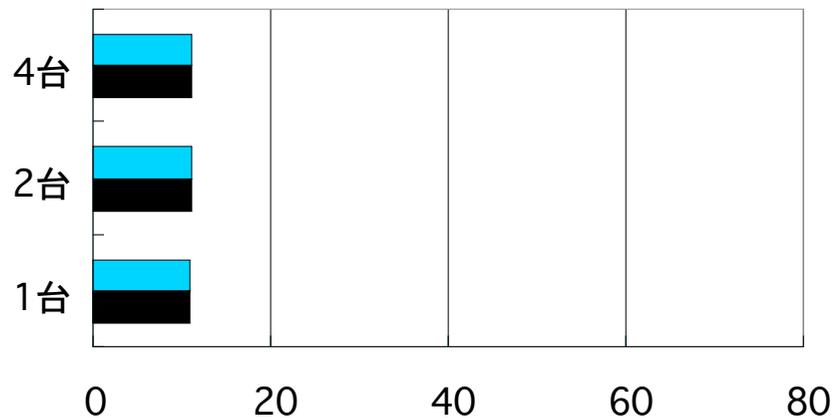
Particle pushing



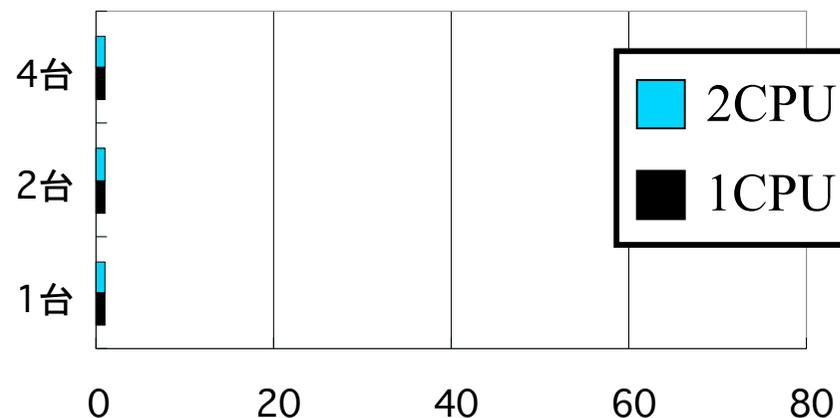
Communication

粒子シミュレーション

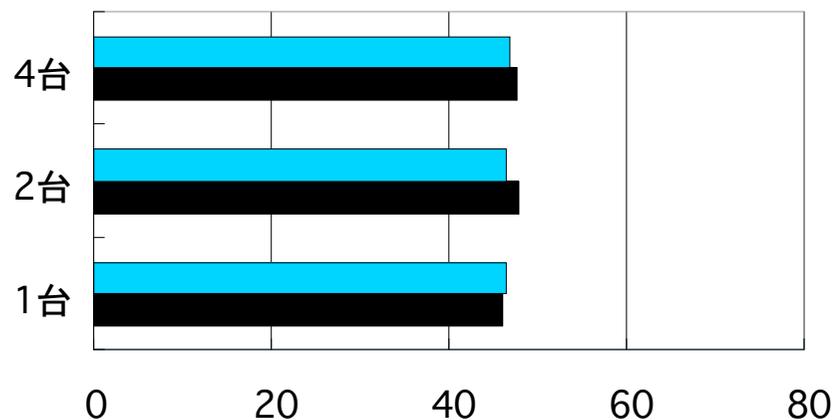
Opteron Based Cluster



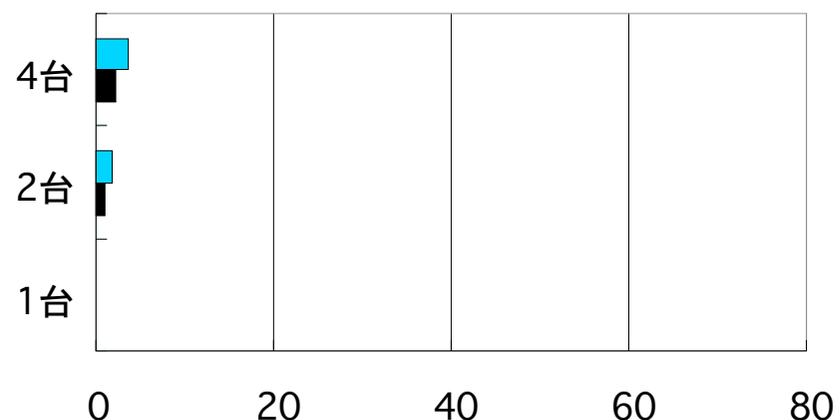
Time [s]
Charge assignment



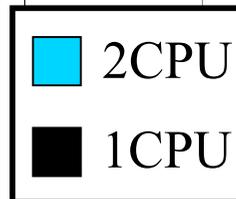
Time [s]
Field calculation



Time [s]
Particle pushing



Time [s]
Communication



PCクラスタを用いたシミュレーション

- 磁気フィルターで分割された非対称プラズマ（1次元）
分岐現象、自励振動、無衝突衝撃波、ヒステリシス
- 負バイアスのメッシュグリッドで分割された非対称プラズマ（1次元）
分岐現象、自励振動、イオンシース不安定、イオンビーム不安定、衝撃波、密度の鋸歯状振動

PCクラスタを用いたシミュレーション

- 負イオン引き出し（2次元）
体積生成、表面生成、引き出し面の幾何形状
- 負イオンを含むプラズマでのレーザによる光
脱離電子の振る舞い（2次元）
- 磁化プラズマ中に正バイアス電極を入れた場
合の2次元シース不安定性（2次元）
自励振動、分岐現象

現在5億個程度の粒子を用いた2次元粒子シミュレーションが可能である。

Simulation of Photo-Detached Electrons in Negative Ion Plasmas

H. Naitou, Y. Sakurai, Y. Tauchi, O. Fukumasa,
M. Yagi,* Y. Yamagata,** K. Uchino** and K. Muraoka**

Faculty of Engineering, Yamaguchi University, Ube, Yamaguchi 755-8611,
Japan

*Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University,
Kasuga, Fukuoka 816-8580, Japan

**Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu
University,
Kasuga, Fukuoka 816-8580, Japan

system size : $L_x = 1024$ (12mm)

$$L_y = 1024$$
 (12mm)

time step size : $\Delta t = 0.2$

number of electrons : $N_e = 184320000$

number of positive ions (Ar^+) : $N_i = 245760000$

number of negative ions (O^-) : $N_{ni} = 61440000$

electron temperature : $T_e = 3$ (3eV)

positive ion temperature : $T_i = 0.1$ (0.1eV)

negative ion temperature : $T_{ni} = 0.1$ (0.1eV)

density ratios : $n_{e0} : n_{i0} : n_{ni0} = 3 : 4 : 1$

diameter of the beam region : $d = 84$ (1mm)

energy of photo - detached electrons :

$$E_0 = 0.5v_0^2 = 0.87 \text{ (0.87eV)}$$

velocity of photo - detached electrons :

$$v_0 = 1.32 \text{ (} 5.53 \times 10^5 \text{ m/s)}$$

total simulation time :

820 (23ns) (4100 time steps)

real time (40 hours)

まとめ

- Xeon ベースとOpteronベースのPCクラスタを製作し、その性能を評価した。
- Opteron ベースのクラスタは、CPUの数に比例した性能を示した。
- Xeonベースのクラスタは、1 PC内に1 CPUを用いた場合は問題ないが、HIMENOベンチではDual CPUおよびHTの性能が発揮されない。
- Xeonベースのクラスタでも、粒子シミュレーションに関しては十分な性能を示した。HTの効果もでている。