

PC クラスタの性能評価と今後の計算機シミュレーション

九州大学応用力学研究所 北沢充弘、矢木雅敏、伊藤早苗

はじめに

- 自然科学研究における PC クラスタを用いた並列処理によるシミュレーション
 - 並列処理により計算時間を短縮
 - 安く数値計算の向上が可能
 - 各 CPU に搭載されているメモリーの有効利用
 - 独自の拡張が可能

システム構成

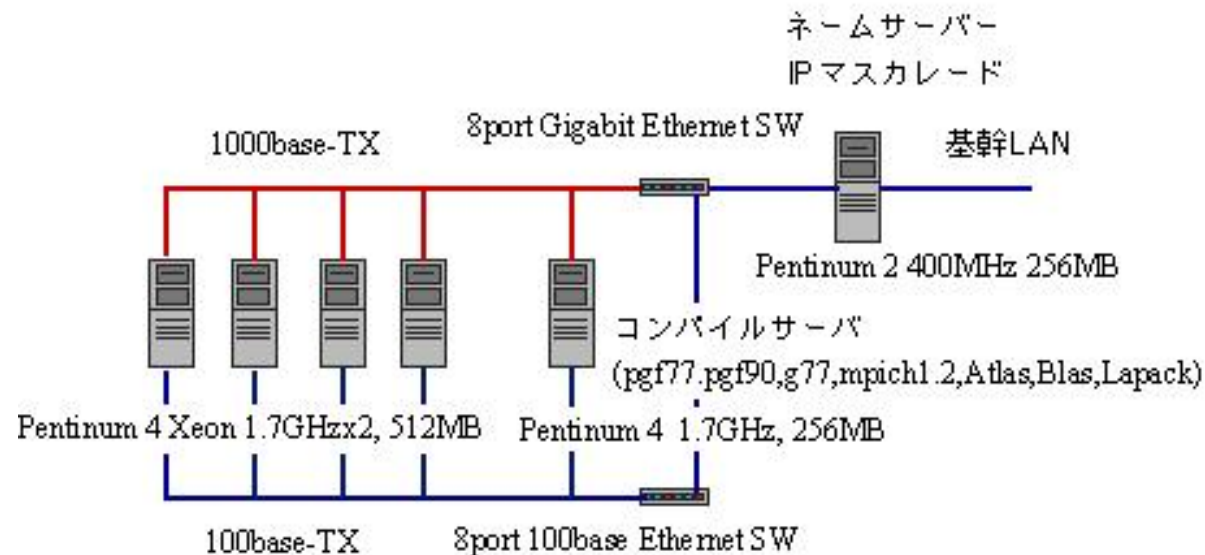
Pentium 4 (1.7GHz) 1 台: NIS、 NFS

Pentium 4 Xeon (1.7GHz、 dual CPU) 4 台:

OS: RedHat Linux 7.3、 並列化ライブラリ (MPI: Message Passing Interface)

ネットワーク: 100base-TX および 1000base-TX

システム構成図



システム写真



姫野ベンチマークテスト

理化学研究所の姫野龍太郎氏が開発した非圧縮性流体のソルバーによる、ベンチマークテスト。ポアッソン方程式をヤコビの反復法で解く場合の主要なループの処理速度を計る。

サイズ: medium 256x128x128

ネットワークの評価

cpu	1000base-TX	100base-TX
2	1100 MFLOPS	1107 MFLOPS
4	2011 MFLOPS	1293 MFLOPS
8	2833 MFLOPS	1404 MFLOPS

Pentium II (400MHz): Fujitsu Fortran, 100base-TX

Power Macintosh G4 (867MHz): ProFortran, 1000base-TX

Xeon (1.7 GHz): PGI Fortran, 1000base-TX

ES40 (667MHz): Compaq Fortran, Crossbar SW

VPP5000: VPP Fortran, Crossbar SW

CPU	PII	G4	Xeon	ES40	VPP5000
1	70	95	574	201	4173
2	159	201	1100	334	8235
4	282	384	2011	676	15668
8	494		2833		22157

MFLOPS

速い計算機ほど、ネットワークの性能に依存する。

SCore

SCore (5.0.1): ワークステーションおよび PC クラスタ用の高性能並列プログラミング環境。

クラスタコンピューティング専用通信ライブラリ、プログラミング環境、ジョブスケジューリング処理等が提供されている。

- 姫野ベンチマークテスト

CPU	g77	g77 (SCore)	pgf90	pgf90 (SCore)
1	311	304	594	559
2	610	599	1145	1097
4	1133	1165	1948	2013
8	1700	1871	2580	2929

MFLOPS

コンパイラの性能比較

計算機: Pentium 4 (1.7 GHz)

OS: Red Hat Linux 7.3

コンパイラ:

compiler (version)	notation
GCC (2.95.3)	g77(2.95.3)
GCC (2.96)	g77(2.96)
absoft Pro Fortran (7.0)	absoft
FUJITSU Fortran & C Package V2	fujitsu
PGI Workstation (3.2a)	pgi3.2
PGI Workstation (4.0)	pgi4.0
Intel(R) Fortran Compiler (6.0)	intel

program: himenobmtxp_s.f

SMALL (128x64x64)		
compiler (command)	MFLOPS	option
g77(2.95.3)	304.907135	-O3
g77(2.96)	189.880295	-O3
absoft (f77)	345.147	-O -N109 libU77.a
absoft (f90)	218.341	-O libU77.a
fujitsu (f90)	329.518799	-O -Kfast -static-flib
pgi3.2 (pgf77)	565.3174	-Mvect=sse -fast
pgi4.0 (pgf77)	410.5292	-Mvect=sse -fast
intel (ifc)	-	-

MEDIUM (256x128x128)		
compiler (command)	MFLOPS	option
g77(2.95.3)	315.533478	-O3
g77(2.96)	191.159531	-O3
absoft (f77)	349.534	-O -N109 libU77.a
absoft (f90)	219.734	-O libU77.a
fujitsu (f90)	327.044006	-O -Kfast -static-flib
pgi3.2 (pgf90)	553.7737	-Mvect=sse -fast
pgi4.0 (pgf90)	418.0035	-Mvect=sse -fast
intel (ifc)	-	-

program: himenobmtxp.f90

SMALL (128x64x64)		
compiler (command)	MFLOPS	option
absoft (f90)	149.997	-O
fujitsu (f90)	253.635406	-O -Kfast -static-flib
pgi3.2 (pgf90)	427.5784	-Mvect=sse -fast
pgi4.0 (pgf90)	355.5395	-Mvect=sse -fast
intel (ifc)	263.3595	-O3
intel (ifc)	268.6276	-O3 -tpp7
intel (ifc)	328.4443	-O3 -xW
intel (ifc)	313.5105	-O3 -tpp7 -xW

MEDIUM size (256x128x128)		
compiler (command)	MFLOPS	option
absoft (f90)	151.330	-O
fujitsu (f90)	258.171661	-O -Kfast -static-flib
pgi3.2 (pgf90)	432.1332	-Mvect=sse -fast
pgi4.0 (pgf90)	351.9736	-Mvect=sse -fast
intel (ifc)	277.8704	-O3
intel (ifc)	277.9568	-O3 -tpp7
intel (ifc)	329.8632	-O3 -xW
intel (ifc)	329.3119	-O3 -tpp7 -xW

NAS Parallel Benchmark Test

NASA Ames Research Center で開発された、並列コンピュータのためのベンチマーク。5つの Parallel Kernel Benchmark と 3つの流体シミュレーションからなる。

NAS Parallel Benchmarks 2 (Revision 2.3) のうち、以下の3つについて評価を行なった。

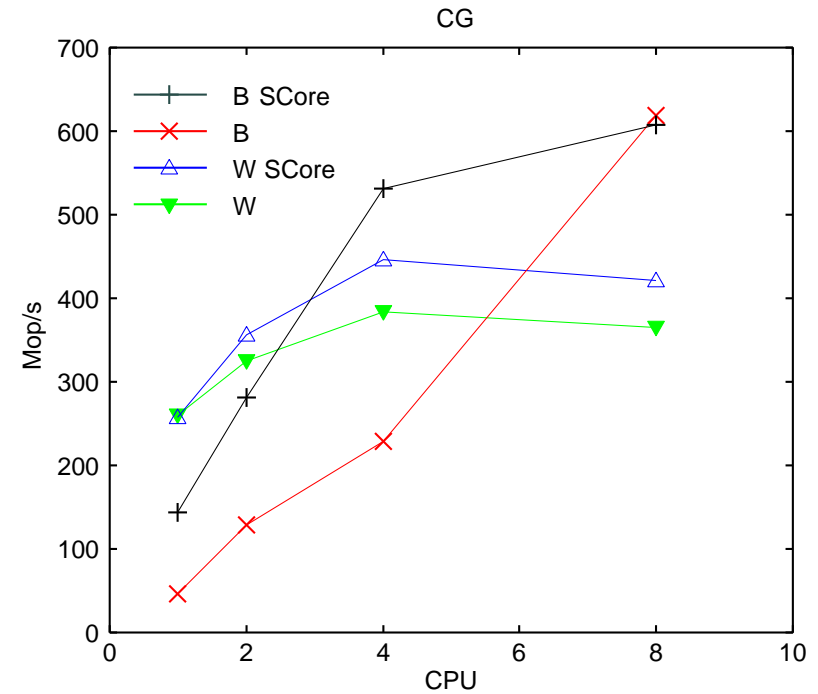
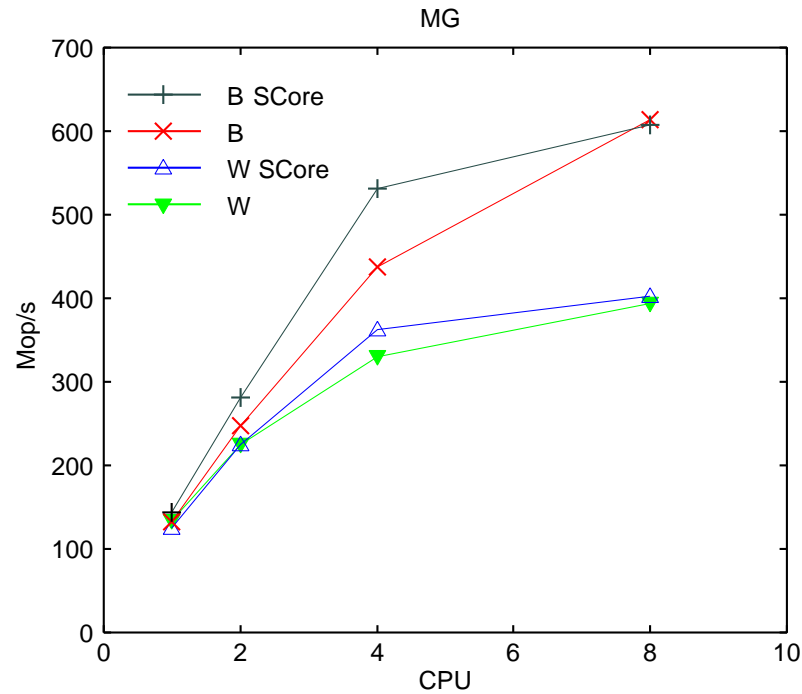
MG: 簡略化されたマルチグリッド法で三次元ポアソン方程式を解いている。

CG: 正値対称大規模疎行列の最小固有値の共役勾配法での近似計算。

LU: 5×5 ブロックの上下三角行列システムを SSOR 法で解いている。

BT: 非優位対角な 5×5 ブロックサイズを持つブロック三重対角方程式。

NAS Parallel Benchmark

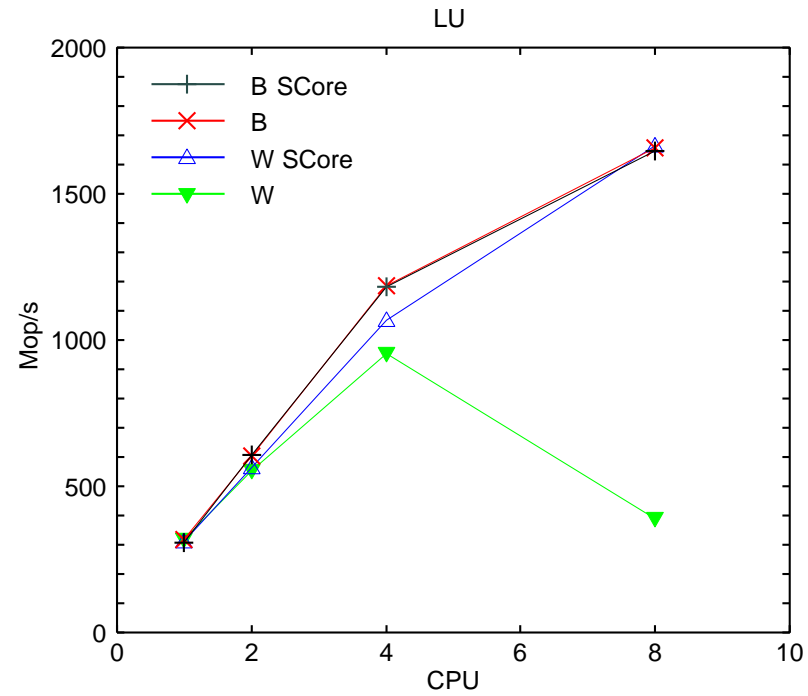


サイズ

MG: W (64x64x64)、B (256x256x256)

CG: W (7000)、B (75000)

NAS Parallel Benchmark



サイズ

LU: W (33x33x33)、B (102x102x102)

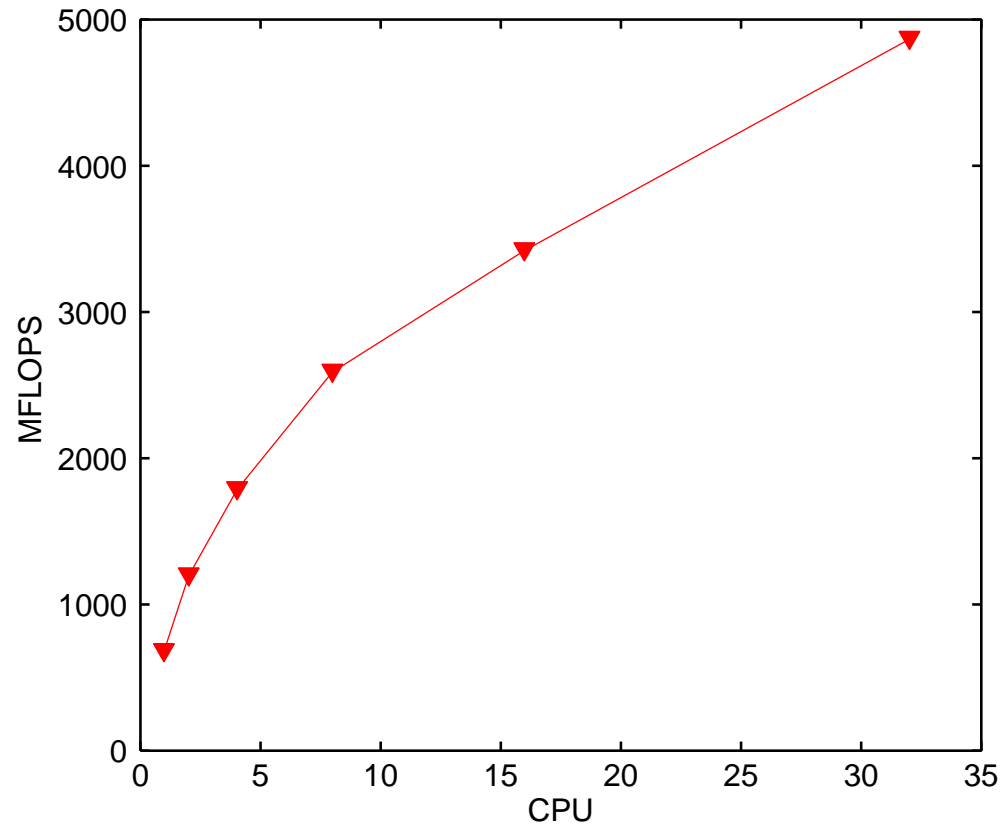
大きな系

京都大学院工学研究科原子核工学専攻 福山研

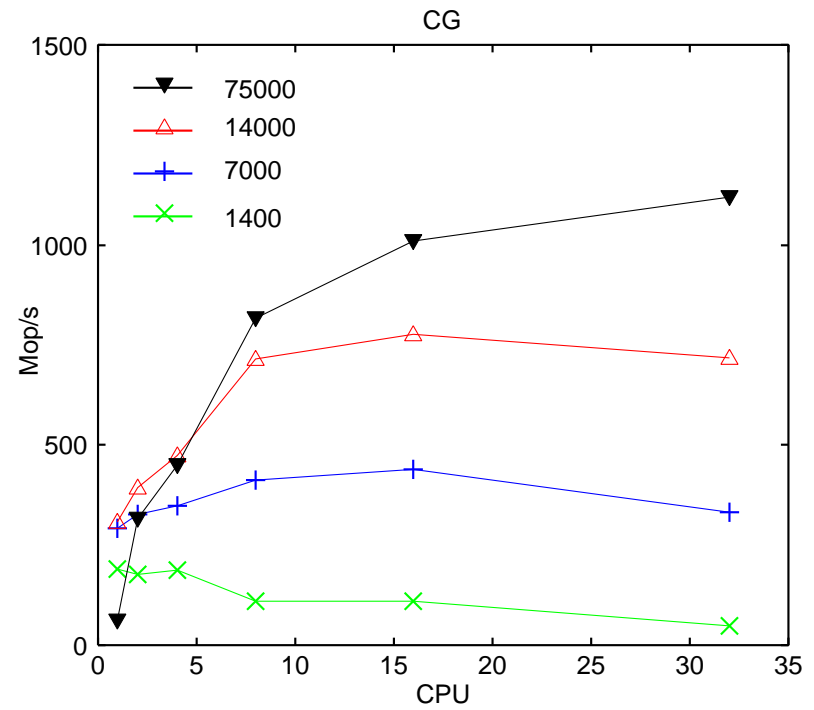
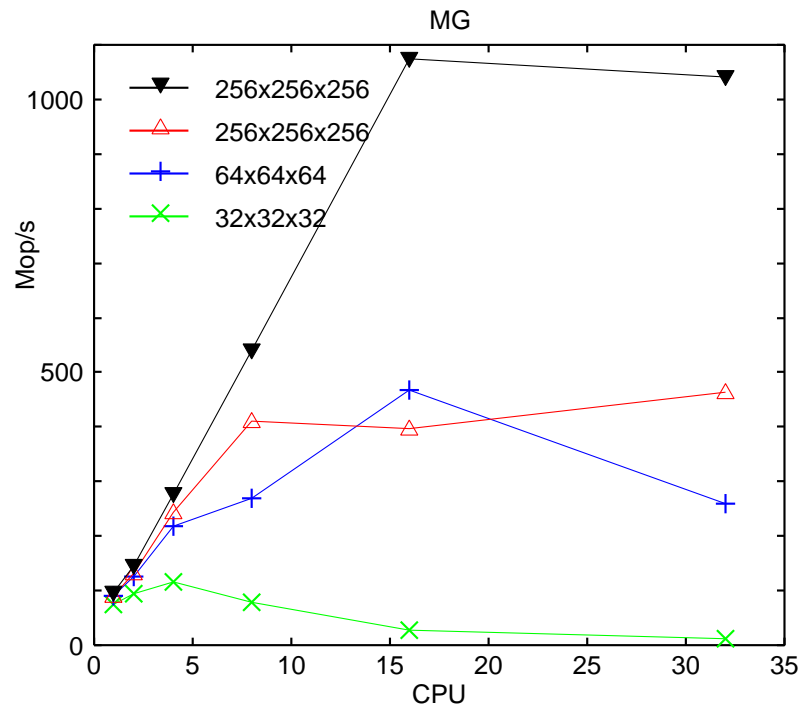
Xeon (2.2GHz, dual CPU), 1000base-TX

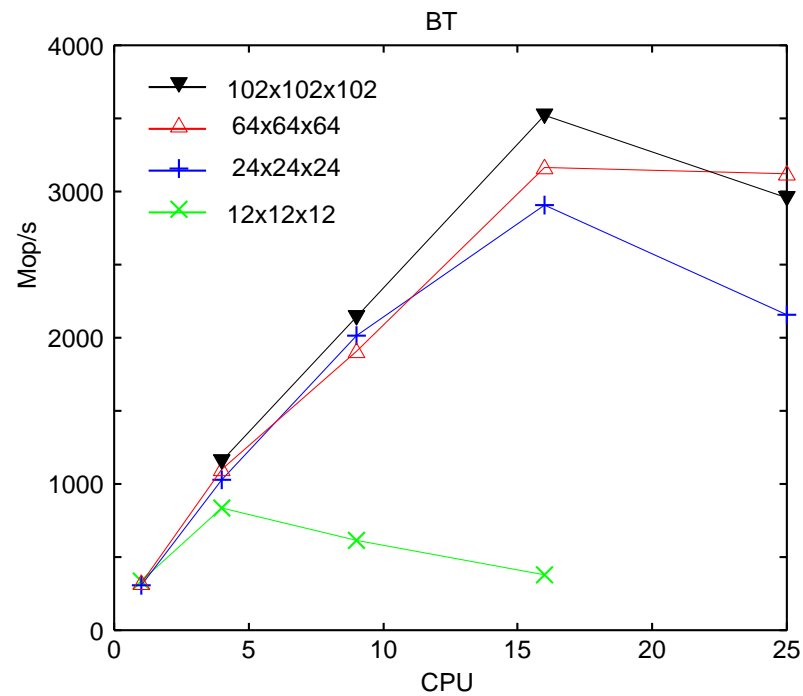
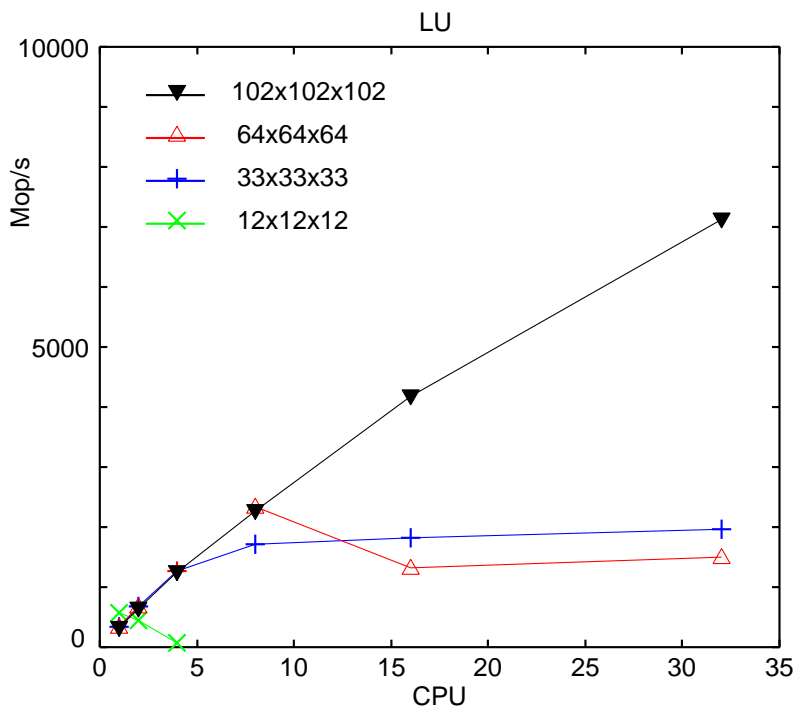
RedHat Linux 7.3, mpich-1.2.4, PGI Fortran 3.2

姫野ベンチマーク



NAS Parallel Benchmark





まとめと考察

- 自作の PC クラスタ (京都大学 Xeon 2.2GHz Giga Ethernet on board) では、16node (予算 5 0 0 万円) で VPP5000 1 台相当の実行性能を達成。
- クラスタの規模に比例して性能が上がるわけではない。
- PC クラスタでは、通信が問題となる。
- 場所をとり、電気を食う。大規模にすると管理が大変。
- 並列計算用のプログラムを作成する必要がある。一般ユーザーにとっては
閾地が高い。
並列計算のための戦略が必要。
- スカラ実行とベクトル処理
 - 問題によって、PC クラスタとベクトルプロセッサを使い分ける。
- コードのサイズ
 - 小 (中) 規模 (PC クラスタ)、中大規模 (ベクトルプロセッサ)

その他

分散型 PC クラスタ用のコンパイラー

HPF(High Performance Fortran)

Portland Group Compiler Technology 社の PGI Workstation のサブセット、

NEC Fortran コンパイラーのサブセット

問題点：パフォーマンスがさほどでない。