

# Linpack ベンチマークによる mimo(misc-ibm) の性能測定

南畑 淳史

## 1 はじめに

科学技術の発達にともない対象問題の大規模化によって高性能な計算機の需要が高まっている。それらの要求を満たし、高い性能を実現したコンピュータは特別なハードウェア構成を持つ専用計算機であった。しかし近年、従来の特別なハードウェア構成を持つ専用計算機ではなく、一般に利用されているコンピュータをネットワークで繋ぎ、1つの計算機として利用する PC クラスタシステム (以下 PC クラスタ) が注目されている。PC クラスタの特徴は特別なハードウェア構成を持つ専用計算機に比べ、非常に低コストであることである。

同志社大学では SuperNova, toki(misc-dell), mimo(misc-ibm) と呼ばれる PC クラスタを所有しており、SuperNova と toki については性能評価が行われている。しかし、mimo については性能評価が行われていなかったため、High Performance Linpack を用いて mimo の性能評価を行った。

## 2 ベンチマーク

ベンチマークとは計算機システムの指標を示すものである。コンピュータはプログラム次第で様々な挙動を示すために、用途に応じた評価指標を決定し、その尺度に基づいた性能評価を行わなければならない。また PC クラスタは PC を複数繋げて構成されているため、公表されている CPU の性能などからでは性能が判断することが難しい。そのためにベンチマークを用いて性能評価が必要となる。一般的に PC クラスタに関する並列計算ベンチマークとして挙げられるのが、姫野ベンチマーク、NAS Parallel Benchmarks, Linpack Benchmark (以下 Linpack) である。本稿において使用するベンチマークは、Linpack である。

## 3 Linpack Benchmark

Linpack は、米国テネシー大学の J.Dongarra 博士によって開発された浮動小数点演算のためのベンチマークであり、LU 分解にもとづく連立一次方程式の Fortran サブルーチンライブラリである。Linpack は行列演算ライブラリである Basic Linear Algebra Subprograms 上に構成される。またベンチマークとしての Linpack は、計算機で頻繁に利用する命令を集めたカーネルベンチマークであったが、実行結果に分散メモリ型並列計算機のためのベンチマークとして High Performance Linpack が開発された。

### 3.1 パラメータ

Linpack には 17 のパラメータが存在し、このパラメータを変化させ、最適な値を見つけることで性能を測定することができる。今回、計測結果に大きな影響を大きな影響及ぼす 3 つのパラメータの測定を行い、この 3 つのパラメータの最適な値を求めることで性能評価を行った。

### 3.2 問題サイズ (N)

問題サイズ (N) の N は、連立一次方程式を何次元で解くかを示すパラメータである。一般的に N が大きければ大きいほど良い結果が得られると言われている。そのため測定時には全メモリの約 80% 程度から計測をはじめることが多い。全メモリの 80% になるような N を求める式は以下の通りである。

$$N = \sqrt{(\text{計算機の全メモリ容量 [byte]} \times 0.8/8)}$$

### 3.3 ブロックサイズ (NB)

ブロックサイズ (NB) は、粒度を示すパラメータである。NB が大きくなると、通信量が減るがロードバランスが悪くなり、NB が小さくなると、通信量が増えるがロードバランスが良くなる。NB の値を 32~256 にすると、良い結果が得られる。また、良い結果を出した NB の値の整数倍も良い値を出すことが知られており<sup>2)</sup>、ATLAS のインストールログからその値を導き出すことが可能である<sup>2)</sup>。

### 3.4 プロセスグリッド (P, Q)

プロセスグリッド (P, Q) は、問題の行列をそれぞれのプロセスにどのように分割するかを示すパラメータである。必然的に P と Q の積が実行プロセス数となる。P と Q は等しいか P より Q が大きい方が良いと言われている<sup>2)</sup>。

## 4 PC クラスタの構成

mimo の主な構成、HPL 計測に関する環境を Table 1 に示す。また計測したマシンの台数は 16 台である。

Table1 使用したマシンの構成、主要ライブラリ

Processor	Intel Xeon E5430 2.66GHz
Memory	8GB
Compiler	gcc 3.4.6
Linpack	HPL 2.0
行列演算ライブラリ	GotoBLAS 1.26
通信ライブラリ	openmpi 1.26 64bit 版
ネットワーク	Infiniband

## 5 LINPACK 計測

計測手順は以下のように測定を行った。

- 全ノードで NB の最適値を求める
- 全ノードで N の最適値を求める
- P と Q の最適値を求める

## 6 計測結果

以下に実験から得られた結果を示す。

### 6.1 ブロックサイズ (NB)

最適なブロックサイズを得るために全ノードで計測を行った。はじめに  $N=113000$  と固定をした。次にキャッシュサイズの倍数の NB 値で計測を行った。その結果を Fig. 1 示す。

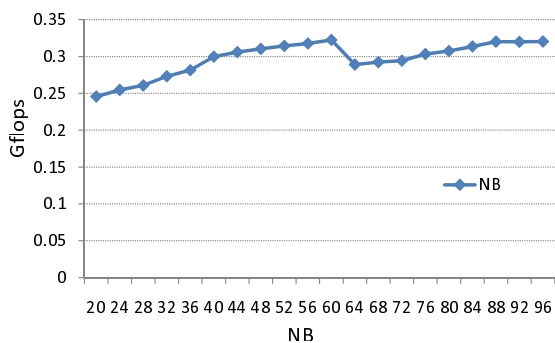


Fig.1 NB の測定結果

Fig. 1 より最適な NB は  $NB=160$  である事が分かった。

### 6.2 問題サイズ (N)

最適な問題サイズを得るために、問題サイズ以外を固定した結果を Fig. 2 に示す。全メモリ量が 128GB であることから  $N=113000$  を導き出し、1000 ずつ増加させ計測を行った。

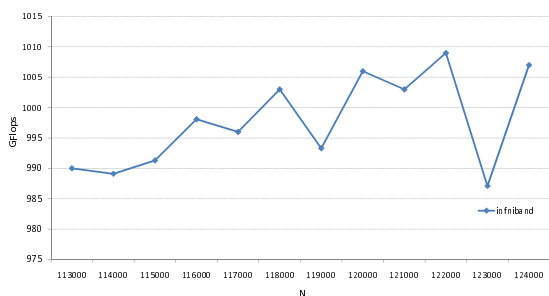


Fig.2 N の測定結果

最適な問題サイズは Fig. 2 より  $N=122000$  であった。  $N=125000$  で計測時間が大幅に増加にしたため、計算を途中で打ち切った。これはメモリの使用量が多くなり、計算に支障を及ぼしたためと考えられる。

### 6.3 プロセスグリッド (P,Q)

最適なプロセスグリッドの組み合わせを求めるために P, Q 以外を固定した結果を Fig. 3 に示す。

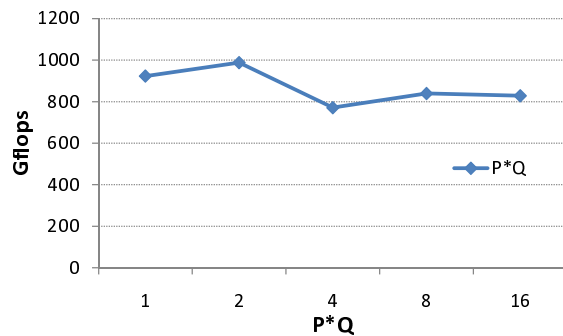


Fig.3 (P,Q) の測定結果

最適なプロセスグリッドは Fig. 3 より  $P=2, Q=8$  となった。

### 6.4 mimo における最適なパラメータ

mimo における Linpack ベンチマークの性能と主要パラメータは Table 2 の通りであった。

Table2 測定結果とパラメータ

最高性能	1009Gflops
N	122000
NB	160
(P,Q)	(2,8)

## 7 まとめ

mimo を Linpack ベンチマークを用いて性能評価を行った。mimo において得られた最大実行性能値は 1009Gflops であった。

## 8 今後の予定

本稿では Infiniband を用いて mimo の性能評価を行った。現在、ネットワークに Gigabit Ethernet を使用した場合の性能評価がまだ測定できていない。そのため今後は Gigabit Ethernet を用いた mimo の性能評価を行い、Infiniband を用いた mimo の性能評価との比較を行うつもりである。

また、toki を用いて VLAN と呼ばれる手法の有用性についての検討を行うつもりである。

## 参考文献

- 1) HPL Algorithm. <http://netlib.org/benchmark/hpl/algorithm.html>.
- 2) Tomoyuki HIROYASU, Mitsunori MIKI, and Hiroshi ARAKUTA. Construction of Teraflops PC Cluster System and evaluation of performance using Benchmark. 同志社大学理工学研究報告 pp.187-198
- 3) The Linpack benchmark. <http://www.netlab.org/benchmark/top500/lists/linpack.html>.