

## 最先端・高性能汎用コンピュータの開発利用プロジェクトにおける性能目標の見直しについて（案）

1．現在開発中の次世代スーパーコンピュータの性能目標としては、平成17年度に実施された総合科学技術会議の大規模プロジェクトに係る事前評価の段階から、Linpackで10 PFLOPSを達成(平成23年6月のスーパーコンピュータサイトTOP500でランキング第1位を奪取)

することに加え、

HPC CHALLENGE(HPCC)全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する(以下、HPCC過半数目標という)

との目標を掲げている。

### 2．HPCCを性能目標とした背景

スパコンの性能評価の指標(ベンチマーク)として、主に中央演算処理装置(CPU)の計算性能を比較する目的で作られた Linpack が、実アプリケーションにおける性能を示すものには必ずしもなっていないことから、より多角的で現実的なベンチマークとして HPCC を取り上げた。また、その性能目標として、HPCC 過半数目標を達成することとした。

### 3．HPCCの性能目標に関する考察

HPCC は合計28項目からなるベンチマークで、スパコンシステムで重要となる演算性能(HPL)、メモリバンド幅(STREAM)、ネットワーク性能(b\_eff)、演算性能とネットワーク性能のバランス(FFT)などの項目について、ノード単体での性能やシステム全体での性能を個別に評価を行うものである(別紙1)。

HPCCの性能目標については、評価が煩雑であること、多角的評価ゆえ優劣がわかりにくいことなどから、平成17年当時より何らかの工夫の必要性を認識していた。

平成18年10月に行われた総合科学技術会議の評価時においても、委員よりHPCC過半数目標の妥当性について問題提起がなされていた。

(参考)平成18年10月に行われた総合科学技術会議によるフォローアップにおいて、文科省に対し以下の質問があった。

「平成17年度から性能に関する目標が変化しているのか、性能目標の追加がないか、を明示されたい。例えば、平成17年の性能目標の一つであるHPC Challenge 28種ベンチマーク項目の過半数項目で世界一を達成することは引き続き性能目標として生きているのか。この28のベンチマーク項目の過半数は、シングルノード性能を測るものと理解するが、これらを目標値として用いる理由は何か。同じ観点から、より広く認められているHPC Challenge Awardの対象4項目による世界一を目標とする方が適当ではないか。」

これに対し、文科省では以下のとおり回答している。

「平成17年度にご提出した性能目標に変更はない。HPC Challengeを性能目標として用いた理由は、Linpackのみよりも性能を広範囲かつ多角的に評価することができるためである。ご提案を頂いたHPC Challenge Awardの対象4項目はClass1: Best Performanceのことと理解している。今後、ご提案も踏まえ、HPC Challenge Awardを目標とする方向で検討する。」

平成19年3月に開催された第1回概念設計評価作業部会において、HPCCの28項目においては、システム性能ではなく、メモリ性能やノード単体性能を評価するものが含まれることから、HPCC過半数目標の妥当性について問題提起があった。

理化学研究所のシステム構成案の検討過程において、HPCC過半数目標と予算上の制約、Linpack性能、アプリ実効性能、汎用性、消費電力及び設置面積などの目標との関係を分析したところ、HPCC過半数目標を達成することは技術的には可能であるが、汎用性や電力・コスト性能比とは両立しないこと、またアプリケーション性能、設置面積、展開性なども損なわれることが判明した(参考2)。

第5回概念設計評価作業部会において、その目標間のプライオリティに関する議論を行ったが、HPCC過半数目標を達成するシステム構成案がコストを含めた他の目標を同時に達成することはきわめて困難であり、HPCC過半数目標そのものを変更すべきであるとの意見が大勢であった。

#### 4. 新たな性能目標について(案)

##### (1) 評価項目

新たな性能目標に用いる評価項目の検討に当たっては、以下の視点が必要である。

本システムが汎用システムであることを踏まえ、実アプリケーションの実効性能の評価に資するものであること。

システム全体の性能を評価するものであること。

ある程度世界的にも認知されていること。

上記3つの視点から検討した結果、新たな評価項目としてはシステム全体の性能を評価する以下の4つの項目(HPCC Award 4項目)が適当であると考えられる。

- Global HPL
- Global RandomAccess
- EP STREAM (Triad) per system
- Global FFT

各項目においては、アプリケーションを実行する上でハードウェアに要求される特徴的な性能を計測しており(別紙1)、これら各項目において高い性能を示すということは、さまざまなアプリケーションにおいても高い性能を得られることが期待できることを意味する。

また、これら各項目は、HPCC において、特にシステムの全体性能を評価する項目として用いられ、これらの各項目でトップを獲得した場合は表彰されるなど、一定の認知がなされている。

## (2)性能目標

上記4つの項目において最高性能を達成することを目標とする。

なお、性能目標として次世代スーパーコンピュータの具体的な設計等に反映させるため、現時点における各種データにより性能目標として適切な目標値(最高性能の推定値)を設定する必要がある。別紙2を参考としてご議論いただきたい。

## HPCC Award について

アプリケーションの実効性能を高めるためには、下図に示すようなシステムを構成する主要な要素、すなわち CPU の演算性能、メモリのアクセス性能、ネットワークの通信性能(レイテンシーおよびバンド幅)の性能をそれぞれ高めることが必要である。HPCC Award の4つのベンチマークは、これらの性能を評価するものとなっている(カッコ内は現在の1位)。

### (1) Global HPL

LU分解により連立一次方程式を解く。

CPUの演算性能を評価する。Top500で用いられるLinpackとほぼ同等。

(IBM BG/L: 259TFLOPS)

### (2) Global RandomAccess

ランダムな間接参照による整数データの更新を実行する。

不規則な1対1通信が大量に発生する状況下でのネットワークの通信性能とメモリアクセス性能を評価する。

(IBM BG/L:35GUPS)

### (3) EP STREAM (Triad) per system

全プロセッサを用いた単純並列実行下で、配列データとスカラの積に配列データを加算する。

単純並列実行下におけるプロセスあたりのメモリアクセス性能を評価する。

(IBM BG/L: 160TB/s)

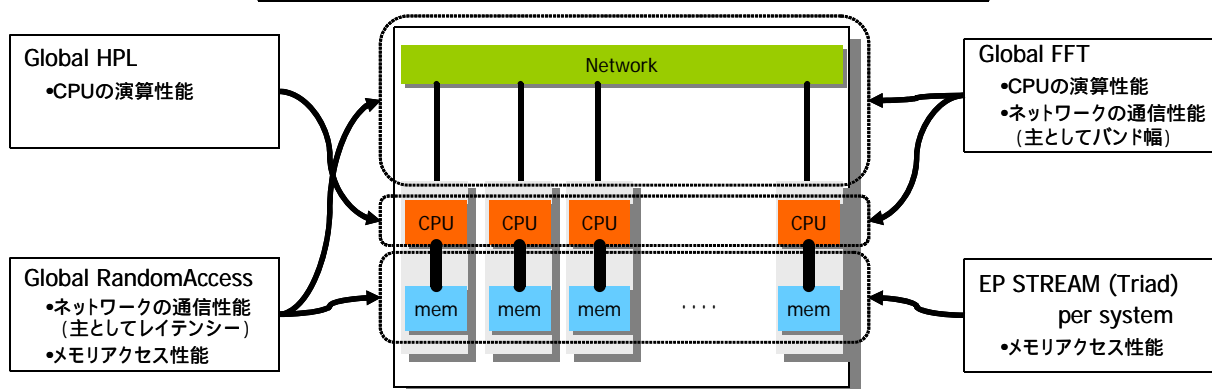
### (4) Global FFT

一次元離散フーリエ変換を実行する。

CPUの演算性能と全対全通信に対するネットワークの通信性能を評価する。

(IBM BG/L: 2311GFLOPS)

## システムの主要な要素とHPCC Awardの4項目



## 最高性能の推定値について

HPCC Award 4 項目において最高性能を達成するという性能目標を次世代スーパーコンピュータの設計等に反映させるためには、具体的な数値目標(最高性能の推定値)を検討する必要がある。

現時点での Linpack Top500 や HPCC Award 等のデータを勘案し、具体的な数値目標について以下のとおり検討した。

(案 1)現時点での HPCC Award 4 項目の 1 位の数値が、これまでのトレンドで伸びたと仮定したもの

Global HPL :	$2.2 \times 10^4$ PFLOPS/s
Global Random Access :	$1.8 \times 10^{13}$ GUPS
Global FFT :	$1.2 \times 10^{10}$ TFLOPS/s
EP STREAM(Triad) per system :	$1.7 \times 10^9$ TB/s

過去 2 年程度のデータのみであり、外挿性にやや問題あり。

(案 2)Top500 における 1 位の数値の伸び率が 1.9 倍 / 年であることから、HPCC Award 4 項目の現時点での 1 位の数値が 1.9 倍 / 年で伸びたとして仮定したもの

Global HPL :	8.8 PFLOPS/s
Global Random Access :	1,211 GUPS
Global FFT :	78.9 TFLOPS/s
EP STREAM(Triad) per system :	5,463 TB/s

案 1 に対し、過去のデータの蓄積のある Linpack 性能の伸び率を使用。

HPCC Award 4 項目の第 1 位が BlueGene/L であることから、結果的には同機をスケールアップしたもの

(案 3)HPCC Award 4 項目の数値について、現時点で Top500 の上位を占めている 3 機種 (Blue Gene, Cray XT-3, ASC Purple) の中から対 Linpack 性能比で最も高い値を持つ機種を選び、Linpack 性能が 10PFLOPS となるようにスケールしたもの

Global HPL :	10 PFLOPS/s	(Cray XT-3)
Global Random Access :	2,454 GUPS	(Cray XT-3)
Global FFT :	258 TFLOPS/s	(Cray XT-3)
EP STREAM(Triad) per system :	8,706 TB/s	(ASC Purple)

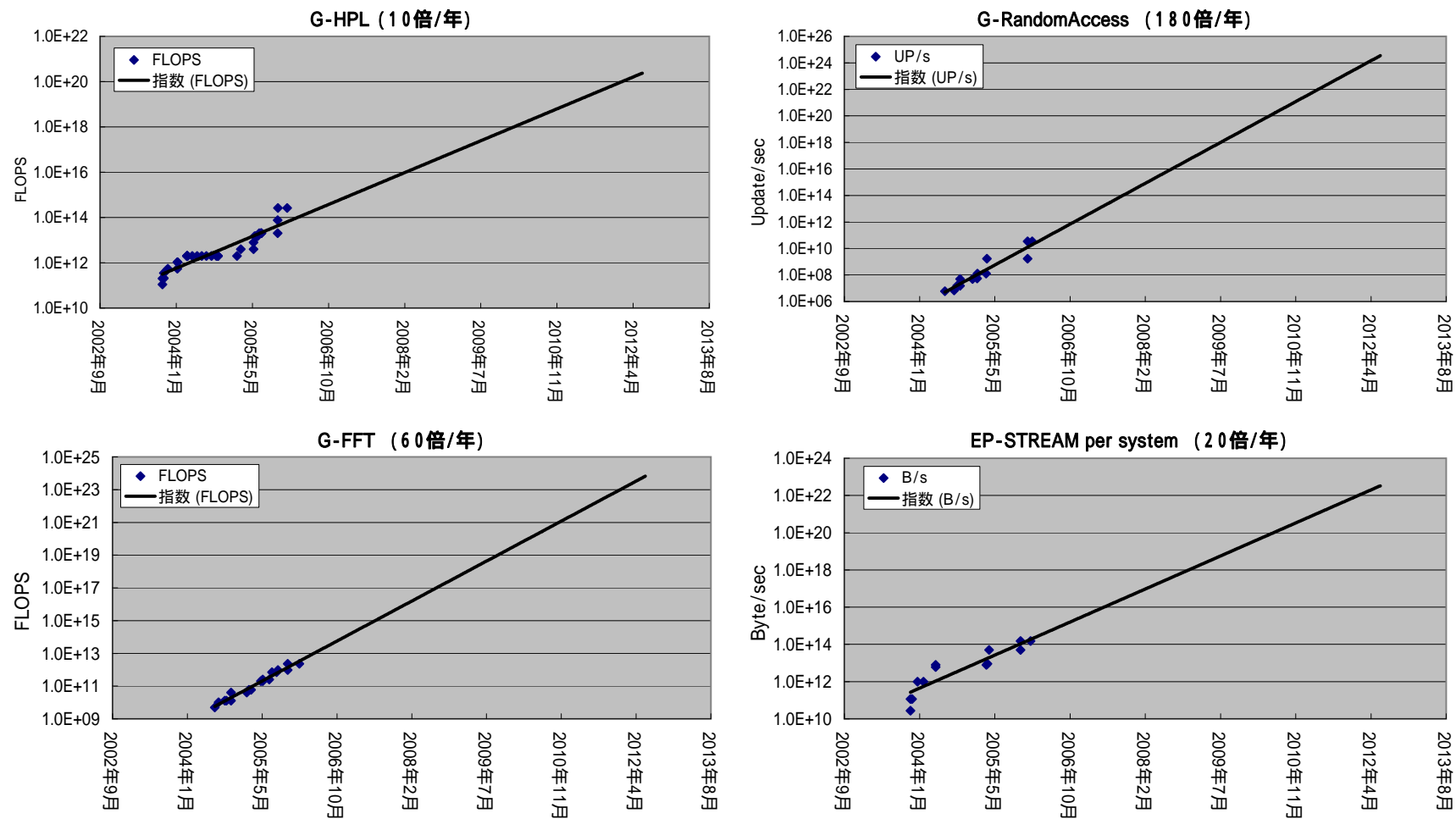
既存の高性能システムより、対 Linpack 性能比で 4 つの指標が優れたバランスの  
良いシステムと推定される。

ベクトル機である SX-8 をスケールすると、EP STREAM(Triad) per system:  
26,400TB/s となるが、電力、設置面積などが膨大なシステムとなる。

(参考)現時点での各項目の 1 位

Linpack	280.6 TFLOPS/s	(BlueGene/L)
Global HPL :	259.2 TFLOPS/s	(BlueGene/L)
Global Random Access :	35.5 GUPS	(BlueGene/L)
Global FFT :	2,311 GFLOPS/s	(BlueGene/L)
EP STREAM(Triad) per system :	160.1 TB/s	(BlueGene/L)

(案1)現時点でのHPC Award 4項目の1位の数値が、これまでのトレンドで伸びたと仮定



(案3)HPC Award 4項目の数値について、現時点でTop500の上位を占めている3機種の中から対Linpack性能比で最も高い値を持つ機種を選び、Linpack性能が10PFLOPSとなるようにスケール

	ピーク性能 (TFLOPS)	Linpack性能 (TOP500)	G-HPL (TFLOPS)	Linpack性能 に比例 (TFLOPS)	G-Random Access (GUPS)	Linpack性能 に比例 (GUPS)	G-FFT (GFLOPS)	Linpack性能 に比例 (TFLOPS)	EP-ST (Triad) per sys (GB/s)	Linpack性能 に比例 (TB/s)	10PFあたり の消費電力 (MW/10PF)	10PFあたり の設置面積 (m <sup>2</sup> /10PF)
BlueGene/L	350.00	280.60	259.21	9237.81	35.47	1264.08	2311.09	82.36	160064.47	5704.36	50	3500
XT3 dual core	54.10	43.48	43.50	<b>10004.60</b>	10.67	<b>2454.00</b>	1122.70	<b>258.21</b>	26539.77	6103.90	150	16500
p5-575 power5(ASC Purple)	92.78	63.39	57.87	9128.73	0.32	50.95	966.67	152.50	55184.18	<b>8705.50</b>	500	65200
SX-8	9.22	8.92	8.01	8974.56	0.02	21.70	160.65	180.04	23555.75	26398.91	610	100000