

受付 ID	17a6
分野	超高速計算システム

アプリケーション性能を推定するためのベンチマークセットによる

## 性能評価手法の構築

### A performance projection method using simple benchmarks for real applications

辻 美和子  
理化学研究所

#### 1. 研究目的

ベンチマークは HPC システムのライフタイムのあらゆる段階で重要な役割を果たすが、近年では HPL のようなよく知られたベンチマークが、必ずしも実アプリケーション実行時のシステム性能を反映していないことが指摘されている。一方、アプリケーション実行時のシステム性能に関する知見を得る方法として、アプリケーション、あるいはミニアプリケーションのセットを利用することが提案されている。しかしながら、これらのアプリケーションセットは、比較的単純な最適化のノウハウが知られている伝統的ベンチマークと異なり、システムへの移植や最適化に多くの労力が必要とされる。

本研究では、

- ・アプリケーション実行時のシステム性能に関する指標を
- ・既存ベンチマークのように平易に

評価する性能評価指標の構築を目的とする。

#### 2. 研究成果の内容

本研究では、複数のベンチマークを重み付けで組み合わせることで、アプリケーション実行時のシステム性能を近似する性能評価手法 **Simplified Sustained System Performance (SSSP)** 指標 を提案した。SSSP 指標は、アプリケーション実行時の性能評価指標として、NCSA など調達の際に用いられている **Sustained System Performance (SSP)** 指標を考慮し、SSP 指標に無矛盾、かつできるかぎり近似する値を与える評価値を与える。

SSP/SSSP 指標はアプリケーションセットもしくはベンチマークセットを用いて以下のように計算される：

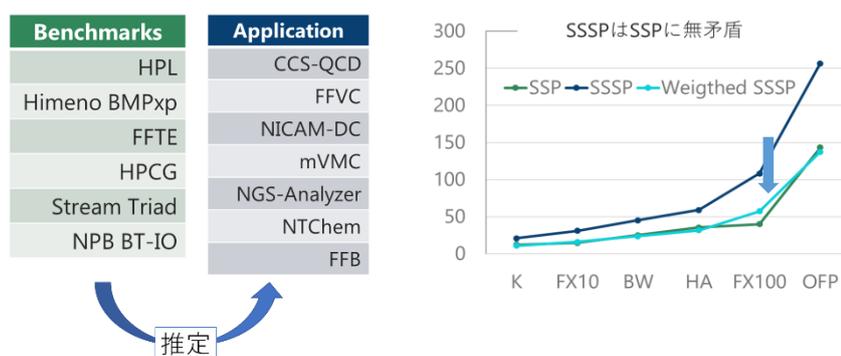
$$[S]SSP(s) = N \times \sum_{IJ} \frac{f_{ij}}{m_{ij} \times t_{ij}} \quad (1)$$

ただし、 $I$  は、SSP においてはアプリケーションの、SSSP においてはベンチマークの集合であり、 $J$  は各アプリケーション・ベンチマークに用意されたデータセットの集合であり、 $N$  はシステムのノード数である。アプリ  $i$  データ  $j$  について、 $f$  は演算数、 $m$  は並列数、 $t$  は実行時間である。つまり、これらの指標はさまざまな並列数で実行されるアプリケーションやベンチマークの各システムにおけるスループットの期待値と考えることができる。

ここで、SSSP 指標をより SSP 指標に近づけるために

$$\min \sum_{s \in S} |SSP(s) - SSSP(s)| = \min \sum_{s \in S} |SSP(s) - N \times \sum_{i,j} w_{i,j} \frac{f_{i,j}}{m_{i,j} \times t_{i,j}}|$$

のように各ベンチマークに重みを導入する。重みは Oakforest-PACS を含む複数のシステムで下の表に示すベンチマークおよびアプリケーションを実行し、SSP/SSSP 指標を計算し、その差がもっとも小さくなるように決定される。重みの決定にあたっては、単純な学習アルゴリズムを用いた。



上左図に、Oakforest-PACS 含むシステムで SSP および SSSP を計算した結果を示す。ただし、本実験はシステムの比較ではなく、指標の構築および妥当性の評価のためのものなので、簡単のために式(1)におけるノード数  $N$  を掛けず、各ノード毎の SSP/SSSP 指標を算出した。上左図に示すように、提案した SSSP はより平易に利用できるベンチマークを用いているにも関わらず、アプリケーションを用いた SSP と無矛盾（すなわち、システムの順位が指標によって逆転しない）であり、さらに重みを加えることでより正確にアプリケーション実行時のシステム性能に関する指標である SSP を近似できた。

### 3. 学際共同利用として実施した意義

本研究では、ベンチマークのみで性能評価指標を構築するために、まずは複数のシステムでアプリケーションとベンチマークを実行し、SSSP の SSP に対する無矛盾性を示すとともに、より SSP に近い指標スコアを与えるための「標準重み」を探索した。この過程では、多様な複数のシステムで教師データとなるアプリケーションおよびベンチマークの性能を測定することが肝要である。本プロジェクトで学際共同利用として Oakforest-PACS を利用することで、教師データに現在の大規模システムで多く使

用されている Intel-KNL を含めることができたことは意義がある。

4. 今後の展望

29年度は、まずはより多くのシステムでのデータを得るために、いくつかの小規模システムが小規模にあわせて比較的小規模なデータを対象とした。しかし、ノード数の増加による通信オーバーヘッドなども SSSP 指標に織り込む必要があるため、今後はより大規模なシステムを用いた実験およびその結果を用いた重みの探索を行う。

5. 成果発表

(1) 学術論文

(2) 学会発表

Miwako Tsuji, William T. C. Kramer and Mitsuhsisa Sato, A Performance Projection of Mini-Applications onto Benchmarks Toward the Performance Projection of Real-Applications, 2017 IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER) Workshop on Representative Applications (WRAp), On Line, 2017.09.05-08, Sheraton Waikiki Honolulu USA, IEEE, 2017,

(3) その他

Miwako Tsuji, Mitsuhsisa Sato and William Kramer, Siumplified Sustained System Performance metric Recent update about SSSP, 7th JLESC Workshop, 2017.07.17--19, NCSA Illinois USA, 2017,

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
HA-PACS/TCA			
COMA			
Oakforest-PACS	○	1000	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			