

受付 ID	15a-7
分野	計算機工学

## エクサスケール計算環境に向けた数値計算ライブラリの開発 Development of Numerical Library for Exascale Computing Environment

高橋大介  
筑波大学システム情報系

### 1. 研究目的

本プロジェクトの目的は、平成26年度に引き続きエクサスケール計算環境に向けた数値計算ライブラリの開発および性能評価を行うことである。開発する数値計算ライブラリとしては、高速フーリエ変換 (FFT)、疎行列ベクトル積 (SpMV) および代数的多重格子法 (AMG) を予定している。

エクサスケール計算環境としては、複数のアクセラレータを搭載したノードからなる超並列複合システムを想定している。このようなエクサスケール計算環境の複雑なシステム構成がアプリケーション開発者から見えないうに抽象化されたインタフェースを作成すると共に、パラメータの自動チューニングを行うことによって、アプリケーション開発者の労力を削減することを目指している。

具体的には、1次元分割や2次元分割など、さまざまなデータ構造に対応すると共に、複数の GPU (Graphics Processing Unit) を搭載したノードからなる HA-PACS、HA-PACS/TCA および複数の MIC (Many Integrated Core) を搭載したノードからなる COMA 上において上記の数値計算ライブラリの開発を行うと共に性能評価を行い、エクサスケール計算環境に適したアルゴリズムおよび最適化手法を見出す。

### 2. 研究成果の内容

本プロジェクトでは、HA-PACS、HA-PACS/TCA および COMA を用いて、FFT、SpMV および AMG のプログラムの開発および性能評価を行った。

GPU クラスタにおける並列 FFT に自動チューニング機構の実装を行うと共に、MIC に適した並列 FFT アルゴリズムおよび実装を検討し、MIC クラスタ化を行った。SpMV については、さらなる性能向上を達成するために行列の分散方法について検討した。

### 3. 学際共同利用として実施した意義

これまでの研究成果を十分に活用し、FFT、SpMV、AMG などの数値計算ライブラリを HA-PACS、HA-PACS/TCA および COMA 上で実現することにより、今後エクサスケール計算環境で科学技術計算が行われる際に、計算時間を短縮することができるものと期待される。

### 4. 今後の展望

本プロジェクトから得られた知見は、エクサスケール計算環境における他の並列数値計算アルゴリズムの最適化手法についても役立てることができると考えている。

5. 成果発表

(1) 学術論文

1. Hiroshi Maeda and Daisuke Takahashi: Performance Evaluation of Sparse Matrix-Vector Multiplication Using GPU/MIC Cluster, Proc. 2015 Third International Symposium on Computing and Networking (CANDAR'15), 3rd International Workshop on Computer Systems and Architectures (CSA'15), pp. 396--399 (2015).

(2) 学会発表

1. Daisuke Takahashi: Automatic Tuning for Parallel FFTs on Intel Xeon Phi Clusters, 2016 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High-Performance and Scientific Computing (2016 ATAT in HPSC), National Taiwan University, Taipei, Taiwan, February 19, 2016.
2. 高橋大介: Xeon Phi における並列 FFT の実現と評価, 日本応用数理学会 2015 年度年会講演予稿集 (2015).
3. 高橋大介: Xeon Phi における多倍長精度浮動小数点演算の実現と評価, 日本応用数理学会 2015 年度年会講演予稿集 (2015).
4. 高橋大介: Xeon Phi クラスタにおける並列 FFT の自動チューニング, 計算工学講演会論文集, Vol. 20, E-2-2 (2015).

(3) その他

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS	○	248 時間
HA-PACS/TCA	○	152 時間
COMA	○	279 時間
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		