

## メニーコア/GPU クラスタにおける数値計算ライブラリに関する

### 研究

#### Study on numerical library on many-core/GPU cluster

高橋大介

筑波大学計算科学研究センター

#### 1. 研究目的

本プロジェクトの目的は、メニーコア/GPU クラスタにおける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は、高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform、以下 FFT) および多倍長整数演算である。具体的には、メニーコアプロセッサである Xeon Phi を搭載したノードからなる Oakforest-PACS および、複数の GPU を搭載したノードからなる Cygnus において上記の数値計算ライブラリを開発を行うと共に性能評価を行い、メニーコア/GPU クラスタ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

二次元分割を用いた並列三次元 FFT において演算と通信をオーバーラップした実装と評価を Intel Xeon Phi クラスタ上で行った。1 プロセッサ当たりの最適な MPI プロセス数や、演算と通信の最適なオーバーラップの割合を静的に求めることは困難であるため、自動チューニング手法を活用した。性能評価の結果、演算と通信を最適にオーバーラップさせることで性能を効果的に改善できることを示した。さらに、Oakforest-PACS において既存の並列 FFT ライブラリである FFTW よりも高速に並列三次元 FFT を計算できることを確認した。

また、数論変換 (Number-Theoretic Transform) についても OpenMP により並列化して性能評価を Cygnus 上で行った。

#### 3. 学際共同利用が果たした役割と意義

これまでの研究成果を十分に活用し、FFT などの数値計算ライブラリを Cygnus、Oakforest-PACS 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. Yukimasa Sugizaki and Daisuke Takahashi: A fast algorithm for computing the number of magic series, *Annals of Combinatorics*, (accepted).

(2) 学会発表

1. 高橋大介：二次元分割を用いた並列三次元 FFT における計算と通信のオーバーラップの自動チューニング，日本応用数理学会 2021 年度年会講演予稿集 (2021).

(3) その他

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
Cygnus	○	4,500	
Oakforest-PACS	○	45,000	
※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。			