

## 電力制約下での性能最適化に向けた SCF 計算の電力特性解析

○稲富雄一<sup>1,2</sup>, 吉田匡兵<sup>3</sup>, 津秦伴紀<sup>3</sup>, 井上弘士<sup>1,2</sup>

1 九州大学大学院システム情報科学研究所 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744)

2 独立行政法人科学技術振興機構,CREST

3 九州大学大学院システム情報科学府情報知能工学専攻

【はじめに】近年の高性能大型計算機（スパコン）の性能向上は、トランジスタ集積度の向上に伴う計算ノード性能の向上と、計算ノード数の増加によるシステム規模の増大によって支えられてきた。しかしながら、2011年に世界最高性能を達成した京コンピュータで約13MW、2013年現在での世界最速スパコンであるTianhe-2では約18MWという大きな電力を消費している[1]。米国DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)の報告[2]では現実的に供給可能な電力は20MWとされており、より高性能なスパコン開発において「消費電力の増大」が深刻な問題となっている。また最近では、各大学や研究機関への新たな大型計算機の導入において、金額や設置場所ではなく、供給可能電力によって導入できる計算機の規模が制限される場合も出ており、消費電力の問題は、世界最高性能スパコン開発だけでなく、より身近な一般の計算機センターにおいても大きな関心事になりつつある。

このような状況の中で、現在我々は、電力バジェットこそがシステム導入、運用時に考慮すべき最重要資源であるとの考えに基づいて、電力制約適応型システムに関する研究を進めている。通常は、システム全体が稼動した際に消費する理論ピーク電力（熱設計電力）が供給可能電力を超えないようなハードウェア資源投入を行うが、我々が検討している電力制約適応型システムでは、供給可能電力を超過するハードウェアを導入して、運用時に供給可能電力を超えないように制御する。このような電力制約下においてアプリケーションプログラムの性能を最大化するためには、コンピュータの構成要素（CPU、メモリ、ネットワーク、アクセラレータなど）に対する電力配分を適切に制御する必要がある。電力配分の制御によるアプリケーションの性能最大化（電力最適化）を行うためには、何らかの方法で配分方法の指示を行う必要があるが、使用する計算機のアーキテクチャ、ならびに、アプリケーションプログラムの特性によって配分方法が異なり、制御が複雑になると考えられるため、アプリケーション開発者にその作業を担ってもらうのは困難である。したがって、アプリケーション開発者の手間をなくして自動的に電力最適化をすることが望まれるが、そのためには、まず、アプリケーションの特性と最適な電力配分との関係を明らかにする必要がある。そこで、今回は、最適な電力配分を行う上での指針を得るために、SCF計算プログラムを例に、そのアプリケーション特性、および、電力特性を調べたので、その結果を報告する。

【測定方法】 計算機環境を表1に示す。ここであえてマザーボードの情報まで記載しているのは、

Xeonプロセッサで提供されている電力情報取得・制御の仕組みであるRAPL (Running Average Power Limit)によるメモリ (DRAM) に対する電力制御機能が利用できる、数少ない (今のところ唯一の) マザーボードだからである。使用したプログラムは並列FMOプログラムOpenFMO[3]で使用している分子積

表1：計算機環境

マザーボード	SuperMICRO X9DRL-iF C602chipset
CPU	Intel Xeon E5-2620(2GHz) 6コア×2
主記憶	128GB (16GB×8)
OS	CentOS 4.6 (64bit, Linux kernel 2.6.32)
コンパイラ	Intel Compiler version 13.1.3
数値演算ライブラリ	Math Kernal Library (MKL) version 11.0.5

