

# ヘテロジニアスなサーバ環境での省電力化のためのタスク配置の研究

高性能コンピューティング学講座 本多・近藤研究室

1053012 佐藤友貴

主任指導教員：近藤正章

## 1 研究の背景

近年インターネットの急速な普及に伴い、ウェブサービスの提供やデータベース処理を行うサーバ計算機の消費電力の増加が問題となっている。そのため、データセンターの更なる省エネルギー化は重要である。

データセンターではハードウェアの交換などが数年ごとに行われるため、ヘテロジニアスなサーバ環境（異種混合な環境）となっている事が多い [1]。そのため、データセンターの個々のサーバの性能や消費電力もサーバごとに異なっており、消費電力の差は特に大きい。データセンター全体のサーバの消費エネルギーを削減するためには、できるだけタスク実行時の消費エネルギーが低くなるようにサーバにタスクを割り当てる必要がある。

消費エネルギーはサーバの消費電力と実行時間に依存するため、タスクをどのサーバで実行すれば全体の消費エネルギーを低く抑えられるかは簡単には求められない。すべてのサーバ上で消費電力を測定したうえで、一番消費エネルギーがかからないサーバに割り当てるのが理想的であるが、運用中のサーバで、その都度電力を測定しつつタスクを配置するのは現実的に難しい。

そこで本研究では、機械学習を用いることにより、アプリケーションタスクの特徴と消費エネルギーの関係をモデル化し、未知のタスクにモデルを適用することで、消費エネルギーが低く抑えられるタスク配置を実現することを目指す。

## 2 提案手法

本研究の目的は、前出の通り、サーバのタスク実行時の消費エネルギーの傾向を機械学習により抽出し、タスク実行時の消費エネルギーをなるべく低く抑えるようにタスク配置することである。提案手法の手順は大きく分けて運用前と運用時に分けられる。提案手法の流れを以下に示す。

1. サーバの運用前に機械学習を用いて、各サーバでのアプリケーションタスクの処理の特徴と性能及び消費電力から、処理の特徴と各サーバの消費エネルギー効率に関する相性モデルを構築する。ここで相性としては MIPS/W を用いることを想定している。各サーバのアプリケーションタスク処理の特徴

は Oprofile[2] を実行することによりパフォーマンスカウンタを取得して抽出する。

2. サーバ運用時にスケジューラで処理内容が未知のタスクの情報を取得し、運用前に構築した相性モデルを適用する。
3. 予測された相性を基にタスク配置を行う  
サーバ運用前(タスク相性とサーバの相性抽出)

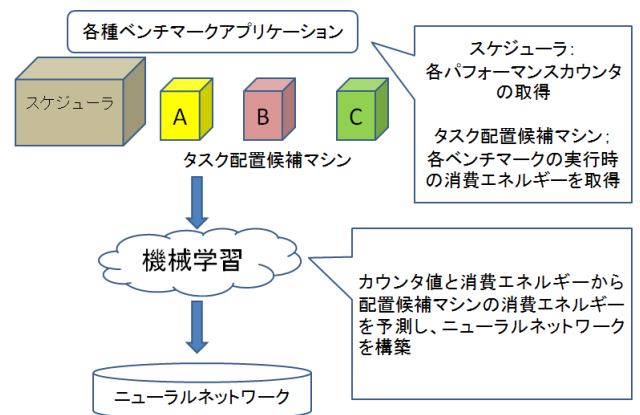


図 1: 機械学習によりモデルを構築している様子

サーバ運用時(予測結果を用いたタスク配置)

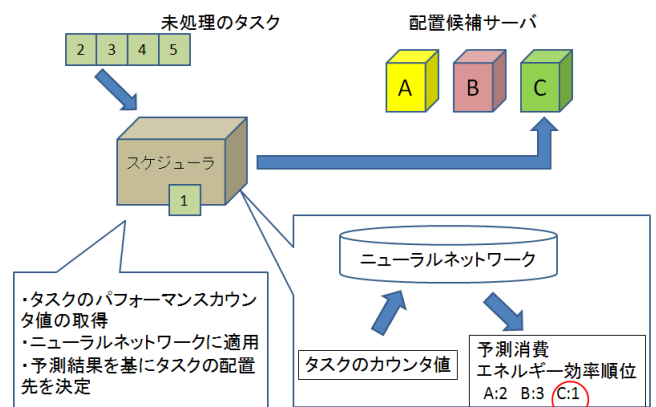


図 2: サーバ運用前に構築したモデルを適用している様子

本研究では機械学習に統計解析環境 R を用いる。提案手法では、R のニューラルネットワークパッケージ nnet を用いてニューラルネットワークの教師あり学習を行う。

nnet は3層の階層型ニューラルネットワークの学習パッケージである。入力データの教師値を用いて学習し、また、任意のデータを学習したニューラルネットワークに適用することでそのデータに対する予測出力を得ることができる。

### 3 関連研究

本研究ではタスクとサーバの相性を予測するために機械学習のアプローチをとるが、機械学習を用いた他の研究には、プログラム実行時における最適化のためにハードウェアから得られる動的な情報と、コンパイラから得られるプログラムフェーズの区切りといった静的な情報から機械学習により精度の高い最適化を行う研究もある [3]。

他には、データセンターの消費電力削減を目的に、Service Level Agreement(SLA) を考慮したタスクスケジューリングの研究も行われている [4]。この研究では、ホモジニアスなサーバ環境下においてタスクをマイグレーションした際の SLA に対する許容度を予測するために、CPU 使用率と SLA 許容度の関係を線形回帰分析を用いた機械学習によりモデル化している。ただし、この研究はホモジニアスなサーバ環境なため、各サーバとの相性は考慮されておらず、この点は本研究と異なる点である。

### 4 進捗状況

現在は各計算機で SPEC CPU 2006 ベンチマークを実行したときの実行時間と消費エネルギーの関係を調べている。計算機は2台用い、それぞれハードウェアが異なる計算機を用いた。

各計算機の CPU は、Intel Core 2 Quad、及び Phenom Quad Core である。SPEC CPU 2006 ベンチマークを実行したときの各計算機の実行時間と消費エネルギーを図3及び図4に示す。なお、消費電力の測定にはワットチェッカーを用いた。

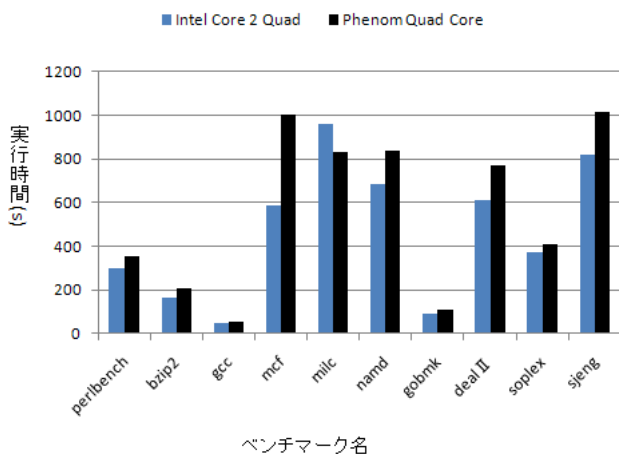


図 3: SPEC CPU 2006 を実行したときの実行時間

図3よりベンチマーク milc 以外では Intel Core 2 Quad の方が実行時間が短い結果となった。

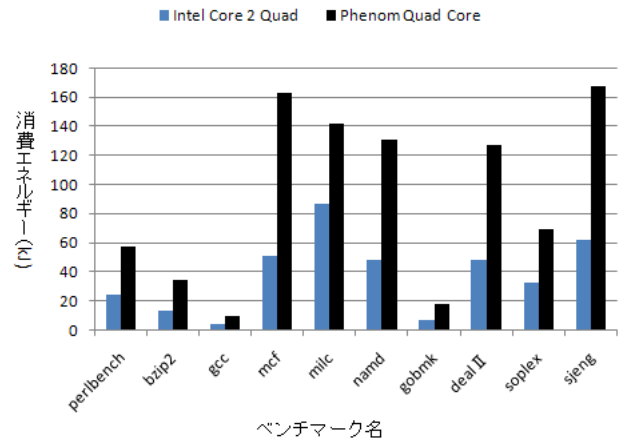


図 4: SPEC CPU 2006 を実行したときの消費エネルギー

図4より、ベンチマークを実行したときの消費エネルギーはすべてのベンチマークにおいて Phenom Quad Core が上回る結果となった。特に2つのベンチマークの間で顕著に消費エネルギーに差の開きがあったのは mcf, milc, namd, dealll, sjeng であった。

### 5 今後の課題

引き続きワットチェッカーを用いて、各ベンチマークアプリケーションを実行したときの消費エネルギーの測定を行う。消費エネルギーは、電力 (W) × 実行時間 (s) で求める。今後は計算機2台だけでなく、台数を増やして実験をしていきたい。

各計算機の実行時間と消費エネルギーの特徴を機械学習により抽出して、実行時間と消費エネルギーを考慮したタスク配置を行い、ヘテロジニアス計算機環境全体の消費エネルギーを削減するのが最終目標である。

### 参考文献

- [1] 穂園智哉, 近藤正章, 平澤将一, 本多弘樹. 機械学習により抽出されたアプリケーションの特徴を利用したタスク配置の検討. 情報処理学会研究報告 ARC-194, 2011.
- [2] Oprofile. <http://oprofile.sourceforge.net/>.
- [3] 佐々木広, 池田佳路, 近藤正章, 中村宏. 統計情報に基づく実行時最適化の検討. 情報処理学会研究報告 ARC-169, pp. 175-180, 2006.
- [4] Josep Li. Berral, Inigo Goiri, Ramon Nou, Ferran Julia, Jordi Guitart, Ricard Gavaldà, and Jordi Torres. Towards energy-aware scheduling in data centers using machine learning. e-Energy'10, pp. 215-224, 2010.