

所属実験室	計算機システム	指導教員	佐藤 寿倫
学籍番号	TL091253	氏名	村上 隆俊
論文題目	巡回セールスマン問題を題材とした OpenCL による並列化		

## 1. はじめに

今日では演算処理速度を向上させる手法として処理の並列化が主な手法になっている。さらに演算に特化したコアを多く持つ GPU 演算に用いるようになっており、その利用が広がっている[1]。OpenCL を用いることで、CUDA といったプラットフォーム依存のフレームワークより、プログラムの可搬性を高める事が出来る。本論文では OpenCL を用いて巡回セールスマン問題の最適解を求めるプログラムを題材に並列化を行い、並列化の効果評価を行った。

## 2. 巡回セールスマン問題 (TSP)

巡回セールスマン問題 (TSP) とは各都市をすべて巡る順路の最短距離を求める問題である。この問題は NP 困難に分類される問題であり、様々な近似解法が考案されている[2]。今回、利用した解法は局所探索法(2opt)を用いた。2opt 法のアルゴリズムを以下に示す。



図 1. 2opt 法のアルゴリズム

## 3. 並列化実装

### 3.1. ベクタ化による並列化

OpenCL 版の実装は逐次実行版の局所探索部分をほぼそのまま移植した。OpenCL での最適化として、ベクタ型の利用を行った。ベクタ型の利用では、都市の x 座標と y 座標を `cl_float2` 型に格納することで SIMD 演算を実行できるデバイスでの高速化が期待できる。

### 3.2. データ並列化

距離を短縮出来る枝の探索をデータ並列化可能な部分としてプログラムの処理を変更した。評価

すべき全ての枝の組合せをあるサイズのブロックで分割し、ブロックの評価を並列で処理する。評価後にブロックの中から距離を短く出来るものがあれば、枝を繋ぎ換える。これを繰り返すことで最適解が求まる。

## 4. 並列化の性能評価

実行環境は CPU 版、OpenCL(CPU)、OpenCL(GPU)の 3 つを用意した。巡回セールスマン問題は Tsplib[3]で公開されている問題から「a280.tsp」、「att532.tsp」、「pcb3038.tsp」、「d15112.tsp」の 4 つを選択した。プログラムを 6 回実行ずつ実行して実行時間の極端値を 2 つ除き平均を求めて評価した。

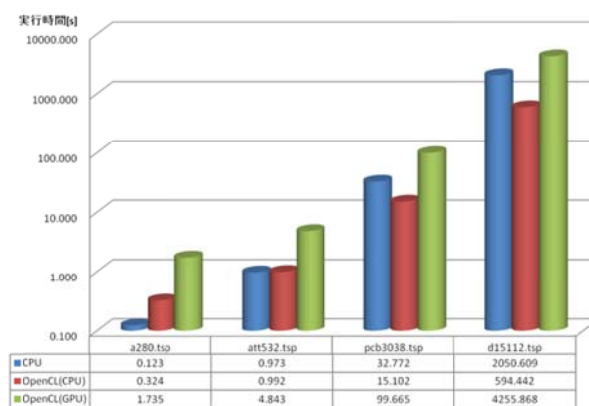


表 1. 実験結果

## 5. まとめ

OpenCL(CPU)で、pcb3038.tsp と d15112.tsp では並列化の効果が得られた。しかし、GPU では逐次実行より遅い結果となった。遅くなった要因としてデータ並列化の実装において CPU から GPU へのコマンド発行が増えたことがあげられる。原因を精査した上でさらに改良を行いたい。

## 参考文献

- [1] <http://gpu-computing.gsic.titech.ac.jp/node/52>
- [2] 巡回セールスマン問題への招待. 山本芳嗣, 久保幹雄
- [3] <http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/>