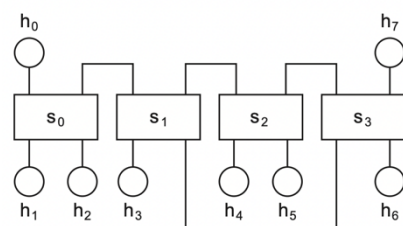


# Order/Radix Problem のための最適化アルゴリズムの開発 Development of Optimization Algorithm for Order/Radix Problem

中尾昌広  
理化学研究所

## 1. 研究目的

並列計算機システムにおいて、平均ホスト間距離 (h-ASPL : host-Average Shortest Path Length) が小さい間接網を導入することで、システム全体の性能を向上させることが期待できる。そのような間接網をグラフ理論上で議論するため、Order/Radix Problem (ORP) が提案されている。ORP とは、与えられたホスト数と Radix を満たす最小の h-ASPL を持つグラフを発見する問題である。スイッチ数は任意の値である。ORP のグラフの頂点はホストとスイッチの 2 種類が存在し、スイッチはホストもしくは



h	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	2	2	3	4	4	4	4
1		0	2	3	4	4	4	4
2			0	3	4	4	4	4
3				0	3	3	3	3
4					0	2	3	3
5						0	3	3
6							0	2
7								0

h-ASPL = 91/28 = 3.2500

は他のスイッチと隣接でき、ホストはスイッチとのみ隣接できる。ホスト数が 8, Radix とスイッチ数が 4 のグラフの例を図に示す。○と□はそれぞれホストとスイッチを表している。スイッチと隣接できるホスト数とスイッチ数の合計の最大数が Radix である。このように、ORP のグラフは 1 ポートを持つホストと Radix ポートを持つスイッチで構成された間接網のネットワークを表している。図下はホスト間の距離行列であり、要素の合計値を要素数で割った値が h-ASPL である。

本研究の目的は、h-ASPL が小さいグラフを発見するための最適化アルゴリズムを開発することである。また、この目的を達成するため、h-ASPL を高速に計算できるグラフィブラリの開発も行う。

## 2. 研究成果の内容

Simulated Annealing (SA) をベースとした ORP のための最適化アルゴリズムおよび h-ASPL を高速に計算できるグラフィブラリを開発し、オープンソースとして公開した (<https://github.com/mnakao/ORP>)。その最適化アルゴリズムの特徴は、グラフに対して対称性を与えることで、h-ASPL を求めるための計算量を削減し、かつ SA の解探索能力を高めることである。さらに、各スイッチにおいて隣接するホストが偏るように解を探索することにより、従来の方法と比較して解探索能力が高まることも示した[1]。なお、h-ASPL が小さいグラフを発見するためには、適切なスイッチ数を設定することが重要であるが、既存手法では最適なスイッチ数を見出すためには、スイッチ数を変化させて SA を複数回実行する必要がある。そこで、SA の実行中にスイッチ数を動的に変化させる

仕組みを開発することにより、1 回の試行で h-ASPL が小さいグラフを発見できる最適化アルゴリズムも開発した[2-3]。

### 3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

我々が開発した ORP のためのライブラリは MPI および OpenMP を用いて作成しており、複数ノードを用いることで計算時間を短縮できる。それを確かめることができたのは、多数の CPU と高速ネットワークを搭載した Cygnus および Wisteria/BDEC-01 システムが利用できたからである。なお、GPU を利用した実装も行ったが、GPU で高速化が可能な箇所が少なく、期待した性能を発揮できなかった。しかし、そのことが判明できたのも、上記のシステムを利用できたからである。

### 4. 今後の展望

本研究で開発した最適化アルゴリズムは SA をベースとしているが、他の最適化アルゴリズムをベースとすることで、さらなる性能向上を目指すことを考えている。具体的には、遺伝的アルゴリズムを用いることで、ORP のグラフを複数の部分グラフに分解し、それらを組み合わせることで、SA よりも効率的な解探索を行えると期待できる。

### 5. 成果発表

#### (1) 学術論文

[1] Masahiro Nakao, Masaki Tsukamoto, Yoshiko Hanada, Keiji Yamamoto.  
 “Graph optimization algorithm using symmetry and host bias for low-latency indirect network”, Parallel Computing, Oct. 2022. doi:10.1016/j.parco.2022.102983

[2] Masaki Tsukamoto, Yoshiko Hanada, Masahiro Nakao, Keiji Yamamoto.  
 “Optimization Algorithm with Automatic Adjustment of the Number of Switches in the Order/Radix Problem”, IEIEC (submitting)

#### (2) 学会発表

[3] 塚本雅生, 花田良子, 中尾昌広, 山本啓二. “Order/Radix Problem におけるスイッチ数自動調整機能を持つ最適化アルゴリズムの提案”, 第 27 回計算工学講演会, にぎわい交流館 AU (秋田), 2022 年 6 月

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	○	4500	
Wisteria/BDEC-01	○	31500	
※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。			