部品配置問題の近似解法

1100338　藤田 賢一　【 坂本研究室 】

1　はじめに

配線情報の与えられた部品を平面上に重ならないように適切に配置することは, IC(集積回路) などにおいて基本的かつ重要である．配置問題において, 部品の数が大きければ大きいほど最適解が高速に求まるわけではないため, 限られた時間で小さな誤差の範囲内での解を求める近似解法を用いることがある．

本研究では本来複雑な配置問題を単純化し, 部品配置問題としてその近似解法と実験結果を報告する．

2　部品配置問題

部品配置問題とは, P 個の部品をスロットが N 行 M 列の格子状に並んだ領域に配置する問題である．

一般には $P \leq N \times M$ であるが, $P < N \times M$ の場合は, $N \times M - P$ 個のダミー部品を加え, $P = N \times M$ とする．ダミー部品は, 他の部品との配線要求をすべて 0 とする．

二つの部品には配線要求が与えられ, 二つの部品 i と j $(0 \leq i, j \leq P-1)$ の配線要求を $R[i,j]$ とする．r_i行 c_i列のスロットと r_j行 c_j列のスロットの距離を $|r_i - r_j| + |c_i - c_j|$ と定める．これをマンハッタン距離という．

部品 i を r_i行c_i列目のスロットに配置し, 部品 j を r_j行 c_j列目のスロットに配置したとき, 配線長は $R[i,j] \times (|r_i - r_j| + |c_i - c_j|)$ となる．

この問題の目的は, すべての部品間の配線長の総和が最小となる配置を求めることである．

3　近似解法

本研究における近似解法 [1] を説明する．

可能解を順列で表現することを前提とし, まず順列内の要素の位置をランダムに k 個選ぶ．選ばれた位置の入れ替え方は全部で $k!$ 通りある．この $k!$ 通りの入れ替えによってできる順列の中で評価値が最小となる順列を探す．しかしながら, 選ばれた k 個をどのように入れ替えても良い結果が得られない場合がある．その場合はランダム探索を用いて探索範囲を広げる方法をとる．解が連続して一定回数改善されない場合, 指定した回数だけランダム探索を行うものとする．ランダム探索はまったくランダムな順列を複数個作り, その中の評価値が最小のものを探す．

部品配置問題は配線長の総和が最小となる配置を求めるものであるが, 本研究ではまず最適解が既知の問題を用意し, 探索の打ち切り時間 (秒) を指定し, 解を探索させ近似解を得る．生成した問題は, 配置領域の四隅にダミー部品を置き, 配線要求のある部品を隣り合うスロットにちょうど配置できるものである．

4　実験結果

本実験では, 打ち切り時間を 60 秒, 入れ替え要素数を 4 , 解が改善されずランダム探索を行う場合の限界回数を 100 , ランダム探索の繰り返し回数を 10 とした．

表 1 は N 行 M 列の部品配置問題の最適解と近似解, そして精度である．精度は, 近似解を最適解で割ったものであり, その値が大きければ大きいほど最適解からはかけ離れた解となっていることを表している．

N 行	M 列	最適解	近似解	精度
3	4	9	9	1
4	5	23	23	1
5	6	41	41	1
6	7	63	77	1.22
7	8	89	121	1.36
8	9	119	160	1.34
9	10	153	298	1.94
10	10	172	385	2.24
10	20	362	2,225	6.15
20	30	1,142	17,441	15.27
30	40	2,322	53,177	22.90
40	50	3,903	118,002	30.23

表 1　N 行 M 列の部品配置問題

なお, $N = M = 10$ の問題に対して打ち切り時間を 300 秒にしたところ 306 (精度 1.78) という近似解が得られた．

5　まとめ

部品配置問題に対してランダムな探索をする近似解法を適用してその能力を調査した．最適解が既知の問題に対して実験したところ, 求まった解は N と M の値が大きければ大きいほど最適解よりかけ離れたものとなった．今後は近似解法における k の値と近似解の関係を調べる必要がある．

参考文献

[1] S. M. Sait and H. Youssef 著, 白石洋一訳, 組合わせ最適化アルゴリズムの最新手法, 丸善株式会社, 2002.