

巡回セールスマン問題の一並列化手法

02203030 東京電機大学 * 重田篤史 SHIGETA Atsushi

東京電機大学 堀尾喜彦 HORIO Yoshihiko

東京大学, CREST, JST 合原一幸 AIHARA Kazuyuki

1 概要

2-opt 法にカオスダイナミクスを融合させた組合せ最適化問題の解法が提案されている [1][2]. カオスの本質はその実数での複雑さにあるので, 我々は上記の方法を連続値という意味での実数演算が可能なアナログ VLSI によって実現することを目指している [3]. 一方, アナログ回路では真の並列演算が容易である事から, 大規模な問題を超並列処理によって解く事が期待できる. しかし, アナログ VLSI などを前提とした並列処理法が不可欠となる.

組合せ最適化問題の並列解法としては, 分割 [4] や繰り込み群的アプローチ [5] 等が提案されている. しかし, 問題を分割して各領域ごとに並列に計算させてそれを再結合する必要があるが, 解の質があまり良くないといった欠点がある.

そこで本論文では, 再結合の必要がなく, アナログ VLSI に適した巡回セールスマン問題の並列化手法 (以下, 並列 2-opt 法) を提案し, 並列分割数に対する考察を行う.

2 並列 2-opt 法

巡回セールスマン問題に対する最も簡単なローカルサーチが 2-opt 法である [6]. この並列処理手法の一つとして以下に並列 2-opt 法を提案する.

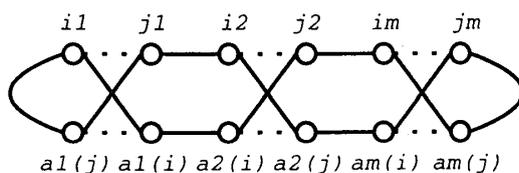


図 1: 並列 2-opt 法

ここでは, 図 1 に示すように n 都市問題を m 個の並列分散処理グループで解く場合について説明する. グループ間には上下関係を導入し, グループ 1 が最上位, m が最下位であるとする. 各グルー

プに含まれる都市は, 最上位グループから優先的に順次選択する.

最初に以下のように, グループ 1 のメンバーとして, 2-opt 交換が成立する 4 つの都市を選ぶ. まず, 巡回路を表す順列の 1 番目にある都市を図 1 に示した i_1 とする. そして, その次隣の都市 $a_1(i)$ もグループ 1 のメンバーとする. さらに, i_1 からの距離が最も近い 1 都市を選び, これを j_1 とする. また, その次隣の都市 $a_1(j)$ もグループ 1 のメンバーとする. ただし, 2-opt 交換が成立しない場合には, j_1 を i_1 からの距離が次に近い順に探索しグループを形成し直す. それでも交換不能な場合には, i_1 を順列の 2 番目にある都市とし, グループ 1 のメンバーが決定するまで i_1 を変更しながら上記の手順を繰り返す. グループ 1 が成立した時点でグループ 1 の 2-opt に関わっていない都市を, 図 1 に示した i_1 から $a_1(j)$ までの領域 p_0 と, j_1 から $a_1(i)$ までの領域 p_1 の 2 つの領域に分割する.

同時に, 残りの全ての都市からランダムに 1 都市を i_2 として選択する. そして, その次隣の都市 $a_2(i)$ もグループ 2 のメンバーとする. さらに, i_2 からの距離が最も近い 1 都市を選び, これを j_2 とする. また, この次隣の都市 $a_2(j)$ もグループ 2 のメンバーとする. ただし, 先程と同様に 2-opt 交換が成立しない場合には, j_2 を i_2 からの距離が近い順に探索しグループを形成し直す. 以下同様に, 全部で m 個の処理グループを同時に形成する.

並列化した 2-opt 交換は優先度の高い処理グループから順次行われる. ただし, 2-opt 交換を行った際に巡回路長が短くなり, かつ 4 つの都市全てが同じ領域 p_i 内に含まれる場合のみ交換が成立する. また, 交換が成立した場合には, 新たに領域 p_{i+1} を形成する. m 個目のグループの処理を終えたら, グループ 1 の処理へ戻る. ただし, グループ 1 で 2-opt 交換が成立するメンバーが選ばれなくなったら処理は終了する.

2.1 並列数に対する考察

文献[1]の手法では n 都市に対して n 個のニューロンが必要であるが、大規模な問題を VLSI 化する際には、数十個のニューロンを1つの構成単位とするのが現実的である。一方、提案手法では、分割した領域の情報を保持しておくメモリが必要であり、これは分割数に比例して大きくなる。すなわち、並列分割数は有限に抑え、かつ、それぞれの分割に対応したハードウェアの稼働効率を十分高く保つ必要がある。そこで、提案手法ではどの程度の分割数が適当であるかを TSPLIB のいくつかのデータを用いたシミュレーション実験により検討した。

まず、並列化した各グループを処理するプロセッサのうち1つでも使用されなかったものがある並列数を最大並列数とした時の結果を図2に示す。図2より、問題数に対し最大並列数が増加することが分かる。

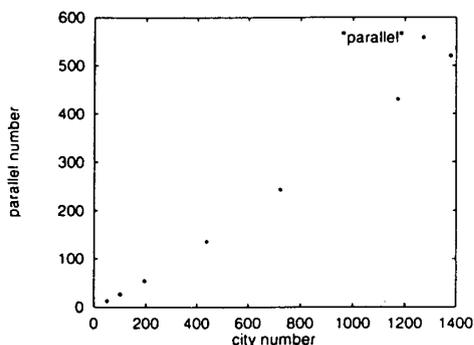


図2: 問題規模に対する最大並列数.

次に、並列数に対する処理の終了までの繰り返し数を図3に示す。図に示すように、並列数に対し処理の終了までの繰り返し数は急激に減少する。図には、領域 p_i の情報を保持するのに必要なメモリのビット数も示した。回路化にあたっては、これら双方を考慮した実用並列数を考える必要があると考えられる。

3 結論

本論文では、再結合の必要がなくアナログ VLSI に適した 2-opt 法の並列化手法を提案した。シミュレーション実験によって、問題の規模に対する並列数を考察した。

今後の課題として、本手法をカオスニューラルネットワークによる手法に適用し、解の精度を考慮した上で本手法の有効性を示すことが挙げられる。さらに、アナログ VLSI を核としたハードウェアシステムの構築を行う。

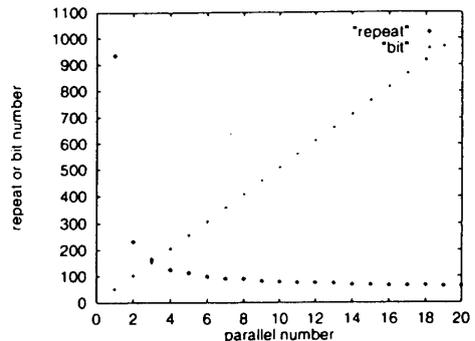


図3: eil51 における並列数に対する処理の終了までの繰り返し数、および、領域 p_m を保持するのに必要なビット数.

謝辞

研究を進めるにあたって貴重な御指導、御助言を頂いた通信総合研究所の長谷川幹雄氏、埼玉大学の池口徹助教授に心から感謝する。

参考文献

- [1] M. Hasegawa, T. Ikeguchi and K. Aihara, "A Novel Approach for solving Large Scale Traveling Salesman Problems by Chaotic Neural Networks," NOLTA'98, vol. 2, pp. 711-714, 1998.
- [2] M. Hasegawa, T. Ikeguchi and K. Aihara, "A New Modern Heuristic Approach using Chaotic Dynamics for Quadratic Assignment Problems," in Tech. Rept. of IE-ICE, NLP97-8, pp. 53-60, 1997.
- [3] 堀尾喜彦, 「カオスニューロコンピュータの現在」, Computer Today, no. 92, pp. 30-37, July, 1999
- [4] R. Karp, "Probabilistic analysis of partitioning algorithms for the traveling salesman problem," Math. Oper. Res. 2, 2, pp. 209-225, 1977
- [5] 宇佐見義之, 加納義樹, 「巡回セールスマン問題への繰り返し群論的アプローチ」, 日本物理学会誌, vol. 51, no. 6, pp. 434-438, 1996
- [6] S. Lin, "Computer Solution of the Traveling Salesman Problem," Bell Syst. Tech. J. 44, pp. 2245-2269, 1965.