

巡回セールスマン問題を対象とした並列タブーサーチにおける プロセス間通信の効率化について

大村 正 治[†] 大西 克 実[†] 中野 秀 男[†]

組み合わせ最適化問題の中でも特に代表的な問題の一つである巡回セールスマン問題は、これまでに様々な研究がされている。本研究では、この問題を対象としてメタヒューリスティックの戦略の一つとして知られるタブーサーチ法を並列化する。タブーサーチ法を並列化するにあたって近傍となる枝交換に関する情報を共有するための通信方法、タブーリストを共有する仕組みについて効率よく各プロセス間で情報共有できる仕組みについて検討する。

About the interprocess communications with parallel tabu search algorithms for the traveling salesperson problem

MASAHARU OHMURA,[†] KATSUMI ONISHI,[†] HIDEO NAKANO[†]

The traveling salesperson problem is one of the typical examples in the combinational optimization problems and many researches have been conducted so far. In this paper, the tabu search method which is one of the meta-heuristics method for this problem is parallelized. Especially we focus on the communication needed to share the information regarding to “the edge exchange” between processes, and examine a method which enable to share the informations more efficiently.

1.はじめに

組み合わせ最適化問題には NP 困難な問題が多く存在する。その中の一つとして巡回セールスマン問題(Traveling Salesperson Problem)がある。この問題は、セールスマンが各都市を一度だけ訪問して出発点に戻ってくる巡回路の距離が最短となる経路を求める問題である。

本研究では、この問題に対してメタヒューリスティック手法の一つであるタブーサーチ法を用いて近似解を求める。メタヒューリスティックは、近似解法と様々な戦略を組み合わせることでより精度の高い解を求める枠組みであり、初期解から探索戦略に従

って局所探索を繰り返し、条件に従って改善作業を終了する。代表的な手法としては、アニーリング法、遺伝的アルゴリズム、タブーサーチ法などがある。これらの手法は並列化することにより、より精度の高い解を短時間で求めることが種々提案されている。

そこで本研究では、タブーサーチ法を並列化し、より短い時間で高い精度の解を求めることを目的とする。タブーサーチ法を並列化するにあたって近傍探索での枝交換情報に関する情報を各プロセス間で共有する仕組みに注目し、より効率よく情報を共有する方法を検討する。

以下、2章で対象とする問題とタブーサーチ法について述べる。3章では実装した並列タブーサーチについて述べ、4章で本研究での提案と計算機実験

[†] 大阪市立大学大学院 創造都市研究科

Graduate School for Creative Cities, Osaka
City University

について述べる。

2. タブーサーチ法

2.1 巡回セールスマン問題

巡回セールスマン問題は組み合わせ最適化問題の中でも代表的な問題の一つである。巡回する都市数が N のときの巡回経路数は $(N-1)!/2$ 通りとなり、 N の増加に伴って巡回経路数は指数的に増加する。

したがって、大きい N に対しては、全ての組み合わせの中から最短巡回経路を見つけることは非常に困難な問題である。

2.2 タブーサーチ

タブーサーチでは、解の探索過程において局所最適解に至り、それ以上探索する候補がなくなっても引き続き未知の解への遷移ができるように様々な工夫がなされている。

その特徴は、タブーリストと呼ばれるリストに枝交換の情報を保存しておき、そのリストに登録された枝交換は禁止となることがあげられる。これにより局所最適解に至っても、そのまま探索を続けることが可能となり未知の解への探索を継続することができる。

タブーサーチは以下のアルゴリズムに従って解を探索する。

- (1) 初期解を生成する。
- (2) 近傍探索を繰り返し、遷移可能な解を求める。
- (3) 解の遷移と同時に、遷移の記録をタブーリストに保存する。
- (4) 局所最適解に至っても、一時的な改悪を許しタブーでない解へ遷移することで探索を続ける。
- (5) 指定の終了条件を満たせば探索を終了する。

タブーサーチでは、タブーリストに登録された解をタブー解として扱う期間を設定できる。タブー期間の長さは、タブーサーチの探索において重要なパラメータとして扱われる。保存期間を長期に設定す

ると探索可能な解がなくなったり、タブーリストが肥大化し実験環境のメモリを圧迫することが想定される。

3. 並列タブーサーチ

3.1 並列探索

本研究では、並列探索の方法として各プロセスがランダムな初期解を生成し、それぞれタブーサーチを行う方法を用いる。各プロセスは解の遷移を行いながら自身の短期タブーリストにタブーとされる枝交換情報を登録する。また、解の遷移が改善に働いた場合のみ、枝交換情報を他のプロセスに送信し、長期タブーリストに反映する。受信した枝交換情報が自身の探索に適用かつ改善に働いた場合、即時に適用する。

近傍探索： 2-opt 法を用いる。2-opt 法は巡回路から 2 本の枝を切り離した後、再び巡回路になるように枝をつなぎ変える近似算法である。

短期タブーリスト： タブーとなった枝交換情報を管理するリスト。改善・解悪時に発生した情報を保存する。ターン毎に初期化される。

長期タブーリスト： タブーの登録状況を解析し、蓄積するリスト。プロセス内で発生した枝交換情報に加えて、他のプロセスから受信した枝交換の情報も保存する。解析内容には、それぞれの枝の交換回数と枝の長さにかけてランキングを保存する。長期タブーリストで集計された情報は 2 ターン目以降の初期解の生成時や、探索開始時のタブーの設定に活用する。

3.2 繰り返し操作

初期解の生成から始まる一回の探索を 1 ターンとして扱い、ターン終了条件を満たせば別の初期解を生成し、再度探索を続ける。各設定を以下に述べる。

- ターン終了条件は、ターンの中で最小の解が発見されてからパラメータで指定した回数の近傍探索を行い、最小の解が更新されなかった場合、もしくは探索が改悪の方向に進み、そのターン内の最小解より指定の割合を越える解に到達した場合に終了する。
- 1 ターン目は初期解の生成を最近近傍法で生成する。このとき、各プロセスでは1つ目の都市をランダムに選択する。これにより、各プロセスで異なる初期解を生成し、多様な枝の構成と交換の情報が取得できることを期待する。
- 2 ターン目以降は長期タブーリストの内容を反映した初期解を生成して探索を行うか最近近傍法を利用して初期解を生成するかをランダムに選択する。また、長期タブーリストのランキング上位の枝を短期タブーリストに登録し、初期のタブーとして扱う。

4. 通信手法

4.1 通信手法の提案

3.1 で述べたように従来⁶は解の遷移後、その解が改善に働いた時に他のプロセスへ枝の交換情報送信していた。しかし、この実装方法では受信回数に対する枝交換の適用回数が受信プロセス側で極端に少なく、通信効率が悪いと考えられた。そしてその通信効率の改善を検討した報告⁶では、解の遷移後改善に働いた枝交換情報の送受信機能を削除しその効果の確認を行った。この場合、各プロセスはタブーリストを共有せず自身の情報だけから長期タブーリストを構成し探索を行うことになる。しかし、従来の手法⁶と比べて良い結果を得られなかった。それは、解の改善後に行われる通信機能を削除した為、枝交換情報を得られなくなったからであると考えられる。しかし、この実験により枝交換情報によって得られる長期タブーリストの情報が探

索に影響を与え探索効率を上げていると考えられ、通信による負荷を与えないで多様な枝交換情報を効率よく通信しなければならないという課題を得た。

本研究ではこの課題を踏まえ、従来⁶では解が改善されるたびに他のノード全てに送信されていた(図 1)枝交換情報を一度一つのノード(タブーリスト管理ノード)に集め、各ノードから送られてくる情報を整理してから定期的に他のノードに送信するという方法(図 2)を提案する。

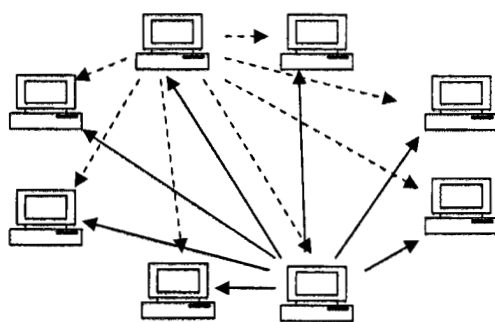


図 1 従来⁶の通信方法

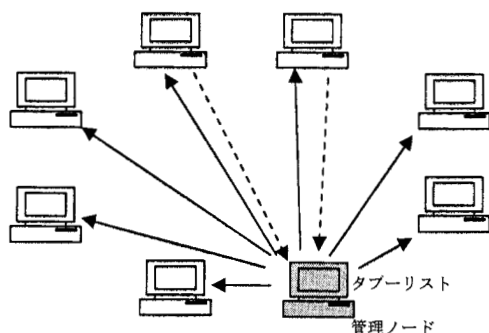


図 2 本研究での通信方法

タブーリスト管理ノードは、解の探索は行わず他のノードが探索によって得た枝交換情報を受信し、全体からの情報を統合しランキングとして整理した上で定期的に他のノードに送信する。その際、どれくらいの頻度で他のノードに送信するか、リストの大きさはどれくらいにするかといった設定をパラメータの設定により調整できるようにする。

4.2 検討

本研究で提案した方法により、従来の通信方法⁶よりも通信の効率が良くなると考えられる。それは、従来の方法⁶では解が改善されるたびに行われていた通信をタブーリスト管理ノードに集約し、情報を整理した上で定期的に他のノードに送信するからである。しかし、従来の方法⁶よりも探索するノードが一台少なくなり、それが全体の探索にどう影響を及ぼすかが要点になると考えられる。通信が集中することによる通信負荷や計算ノード数が増加した場合の処理の仕方など様々な問題が考えられる。

タブーリスト管理ノードに枝交換情報を集約することで長期リストのランキング情報をより精度の高いものにでき、ランキング情報の精度が高くなると改善対象となる枝の探索に有効に機能し、未探索の解への遷移が行われやすいと考えられる。さらに、定期的に他のノードに送信することで通信の効率もあがると考えられる。今後行う計算機実験では従来の方法⁶との比較を行うが、通信に対するその内容の適用割合についても比較・検討を行いたい。

4.3 計算機実験

以下の環境での計算機実験を予定している。実験方法は、並列タブーサーチ、逐次タブーサーチ、そして2-opt法のみで探索を行う場合の3つについて比較実験を行う。また、並列タブーサーチでは、本研究で提案する場合との比較も行う。実験対象とする問題はウェブサイト上のTSPLIB[☆]からlin318、pr439、rat575、rat783を使用する。

動作環境：以下の計算機を8台用いる。

CPU : PentiumIII 1GHz
 Memory : 512MB
 OS : Linux
 分散環境 : SCore^{☆☆}(MPI)

パラメータの設定は、2ターン目以降の初期解生

☆ [http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/s-](http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/)

oftware/TSPLIB95/

☆☆ Score Cluster System Software <http://www.pcluster.org/>

成時に、巡回路を構成する枝の中から10%を長期リストのランキング順にタブーとして短期リストに登録する。ターンの終了条件はターン中に最小の解が出てから300回を越えても解が改善されない場合か、探索が改悪の方向に進み、そのターン内の最小の解より50%を越える解に到達した場合終了し、探索時間が240分(並列の場合は1プロセス30分)になると全探索を終了する。

5.おわりに

本研究では、巡回セールスマン問題を例に並列タブーサーチを用いて解を求める手法を対象として、並列化での各プロセスが行う通信手法について注目し、提案した。今後、従来の方法⁶との比較実験を行い、本研究で提案した手法の効果を評価したい。

参考文献

- 1) 山本芳嗣、久保幹雄：巡回セールスマン問題への招待、朝倉書店、(1997)
- 2) アラン・ドーラン、ジョーン・オールダス著、大石泰彦訳：よくわかるネットワークのアルゴリズム、日本評論社、(2003)
- 3) Colin R.Reeves：モダンヒューリスティクス・組み合わせ最適化の先端手法、日刊工業新聞社、(1997)
- 4) Teodor Gabriel Crainic、Michel Toulouse：Parallel Metaheuristics、November 1997
- 5) 作見雄一、大西克実、中野秀男、榎原博之：タブーリスト共有による並列探索、情報処理学会研究報告(MPS)、2004-MPS-52、Vol.2004、No.10、pp.37-40(2004)
- 6) 大植裕之、大西克実、中野秀男、榎原博之：巡回セールスマン問題を対象とした並列タブーサーチにおけるプロセス間通信の効果について、情報処理学会研究報告(MPS)、2005-MPS-57、Vol.2005、No.126、pp.1-4(2005)