

ランダムリスタート法を用いた実時間配送計画問題の一解法

3J-10

久保田 仙 前川 拓也

日立ソフトウェアエンジニアリング（株）

1. はじめに

複数の企業にまたがる大規模なサプライ・チェーン全体の最適な物流網を構築するためには、工場やデポの選択、生産計画などの多数のパラメータを変更したシミュレーションが必要である。シミュレーションを効率よく行うためには対話的な実行が不可欠である。大規模な物流網には数百台のトラックが含まれている。輸送コストの評価には、これらのトラックの具体的な輸送ルートを算出する必要がある。従って、シミュレーションを対話的に実行するためにはトラックの輸送ルート作成は短時間で実行しなければならない。この各トラックの輸送ルート作成は、中規模の巡回セールスマン問題[1]に相当する問題であり、ここではランダムリスタート法を軸としてNI法[1], 2opt法[1], LK法[2]を用いた解法を提案し、その性能について検証を行っている。

2. 課題と問題点

物流網の構築シミュレーションでは生産拠点や中継拠点の運用、生産計画等の条件を変更して輸送コストの評価を繰り返す。そのためにはまず、各トラックの輸送ルートを決定する必要がある。この輸送ルート作成問題の特徴と技術的課題は以下のとおりである。

- (1) 規模 物流問題全体には数百台のトラックが含まれるが、一台のトラックの巡回する拠点数は高々50程度である。このルート作成問題は中規模巡回セールスマン問題に相当する。
- (2) 計算時間 対話的なシミュレーションを行うためには、物流網全体の評価処理を2~3分程度で実行する必要がある。評価処理のためには数百台のト

ラックの輸送ルートを決定しなければならないため、各トラックの輸送ルート作成は0.1秒程度の処理時間で実行する必要がある。

(3) 精度 本シミュレーションの目的は、コストの概算であるため、各ルート作成に厳密な最適性が求められるわけではない。従来の専門家の人手による計画は、最適解を出せなくても、誤差は必ず2%程度以下に抑えられている。これと同程度の、最適解から誤差2%程度の解が確実に求められる解法が必要である。

3. 巡回セールスマン問題の解法

巡回セールスマン問題については様々な解法が提案されている。今回は、処理の高速性が必要であるため、GAやSAなどの解法ではなく、ランダムリスタート法(Multi-start Local Search: MLS)[3]を適用した。MLSは、ランダム性を含む初期解の作成と、その初期解を改良するための局所探索法を組み合わせ、さらにそれを繰り返す戦略である。MLSの手順の概略を図1に示す。

- | | |
|--------|--|
| Step 1 | 初期解 T を作成する。 |
| Step 2 | T に対し局所探索法を適用し、局所最適解 T' を求める。 |
| Step 3 | 処理時間が残っているならば、Step 1, 2 を繰り返す。 |
| Step 4 | Step 2 で得られた T' の中で、評価が最良のものを選び出し、それを最終的な解として出力する。 |

図1 MLSの概要

この方法は1回の処理で得られる解の精度にばらつきがあったとしても、処理時間内にランダム性のある探索を繰り返し、その中から最良の解を抽出することによって最終的に得られる解は高い精度を期待できる。MLSの枠組みの中では、初期解の作成、局所探索方法について、様々な工夫を加えることが重要である。以下に今回適用した方法について示す。

- (1) 初期解の作成方法

MLS では、初期解の作成と、局所探索法を行う一連の処理回数が多いほど、得られる解の精度が上がる。従って、初期解生成法と局所探索法には高速なアルゴリズムを使うことが必要である。初期解は完全にランダムに作った巡回路を用いることも出来るが、その場合、局所探索法の処理時間が増加し、一連の処理にかかる時間は結局長くなる。今回は、NI 法を用いて、近似解を作成し、局所探索にかかる時間を短縮した。

(2) 局所探索法

初期解生成の後、局所探索法によってその解の解空間における近傍を探索し、より良い解がある場合には、解をその改善解に変更して行く。それをより良い解が見つからなくなるまで繰り返すことによって、局所最適解を得ることが出来る。

巡回セールスマン問題に対応した高速な局所探索法としては、2opt 法、LK 法が挙げられる。LK 法は 2opt 法に比べてより近傍が広く、精密な探索が可能であるが、局所最適解を得るまでに時間がかかる。初期解に NI 法、局所探索法に LK 法を使った処理は 0.1 秒では 1 回しか実行できず、MLS に利用することが出来ない。そこで、2opt 法で得られた局所最適解に、さらに LK 法を適用した 2opt+LK 法を考案した。この方法は、2opt 法では探索出来なかった解空間にあるより良い解を効率よく探索することが出来る。

4. 実験および検証

2 種類の MLS によって実際に輸送ルートの作成を行い、評価実験を行った。この実験は、Pentium II 450MHz のマシン上で実施した。

実験対象にはランダムに 50 個の拠点を配置したパターンを 10 種類用意し、各パターンに対して輸送ルートの作成を行った結果の平均値から評価を行った。輸送ルートの作成は初期解生成に NI 法、局所探索法に 2opt 法と 2opt+LK 法を用いた 2 種類の MLS によって行った。2opt 法を用いた方法は 1 回の解の精度は悪いが、同じ時間内に繰り返し回数を多く取ることが出来る。また、2opt+LK 法を用

いた解法はやや時間がかかるが 1 回の処理による解の精度が高いという特徴がある。実験は各パターンに対して MLS による処理を 200 回ずつ行い、得られた解の精度を最適解に対する誤差の割合によって評価した。図 1 に、各方法で得られた解の精度毎の分布状況を示す。

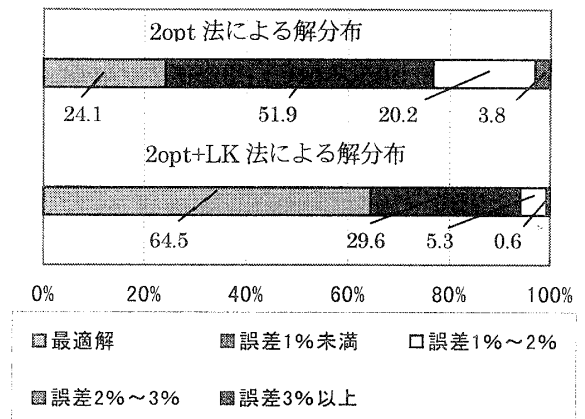


図 1 各局所探索法による解分布

図 1 より、局所探索法には 2opt+LK 法を用いた処理がより安定して精度の高い解が期待できることが分かる。

5. おわりに

大規模物流網の全体最適化におけるルート作成問題の解法に対し、NI 法、および 2opt+LK 法を用いた MLS が有効であることを示した。

また、この方法を用いた結果、ほぼ 100% の確率で最適解から誤差 2% 以内の解を得ることが出来るため、最初に示した技術的目標を十分に満足出来ることが分かった。これによって、対話的シミュレーションを実現する見通しが立った。

6. 参考文献

- [1] 久保幹雄,山本芳嗣,"巡回セールスマン問題への招待",朝倉書店,1998
- [2] Lin,S. and Kernighan,B.W., "An effective heuristic algorithm for the traveling salesman problem", *Operations Research*,vol.21,No.2,pp.498-516,1972
- [3] 柳浦睦憲,茨木俊秀,"メタ戦略のロバスト性について",第8回RAMPシンポジウム論文集 pp.109-124,1996