

環境分散優先順位型遺伝的アルゴリズムによる 多段階多目的ロジスティクス・システムの設計

Multi-stage Multi-objective Logistics System Design using Distributed Environment Priority-based GA

井上 古樹†
Hisaki Inoue

1. まえがき

近年の在庫問題の研究では、手持ち在庫を統括し全体の安全在庫量を軽減するもの[1]や、エシェロン在庫問題のように各段階での在庫量を計算するものなど多く取り扱われているが、製造業では製品在庫を DC に一括することが多く、販売店の変動需要に対し適切なサービスレベルで、より少ない輸送費用と時間で輸送されることが望まれる。また工場と DC の候補地の中から最も適した場所を選定する配置割当問題はロジスティクス・システムを構築する上で重要な問題である。

この最小輸送費用問題は、1997年 Gen 及び Cheng により位置割付け問題を含む複合ナップザック問題として扱われ、NP 困難な問題とされている[2]。従って、本研究モデルの大きさの場合、厳密解を求めることは膨大な計算機時間がかかることになる。これら組合せ最適化問題に対する効率的な近似解法の一般的枠組みとして、近年、遺伝的アルゴリズム(genetic algorithm: GA)、ニューラルネットワーク、焼きなまし法などのメタヒューリスティクス手法による近似解で求める研究が進められている。GA にはコーディングや遺伝的操作の工夫による性能の向上に関する研究が多数ある。

GA は多点探索を行う点の特徴となっており、問題の構造の変化に対する頑健性や各種問題への適応性に優れている一方、局所的な探索性能が低いといった欠点がある。この局所解への早期収束が結果に影響を及ぼす欠点を、移住により多様化する手法が多数提案され広い分野で応用が進んでいる[3]。本研究では、環境分散優先順位型 GA を提案手法として有効性を検証した。

2. 多目的多段階ロジスティクス・システム

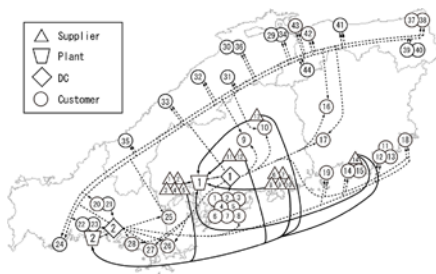


図 1 自動車会社におけるロジスティクス・モデル例

本研究のロジスティクスでは、ほとんどの製品在庫は、配送センターに一括するものとし最小輸送費用と輸送時

†宮崎産業経営大学, Miyazaki Sangyo-keiei University

間で輸送されることが望まれる。そのため本研究モデルでは従前の研究[4]に、配送センターに一括して管理保有される在庫問題を加え最小輸送費用と輸送時間を求める多目的多段階ロジスティクス・モデルを提案した。

3. 遺伝的アルゴリズム

3.1 優先順位型 GA

pri-GA は Gen and Cheng[2] が最短経路問題へ、井上[4]が輸送計画への適用を行っている。本研究では交叉は一点交叉を突然変異は挿入突然変異と交換突然変異を用い選択はルーレット選択法を用いた。

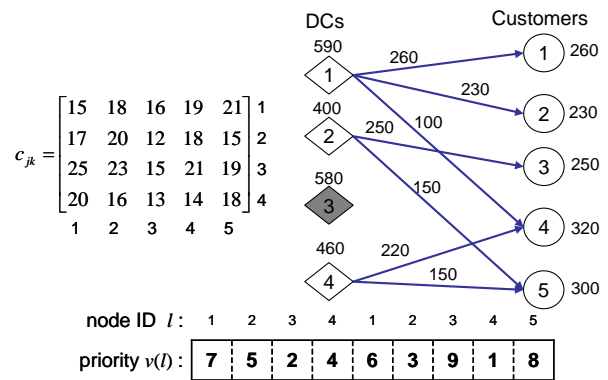


図 2 染色体の配列設計例

3.2 適応重付き遺伝的アルゴリズム(awGA)

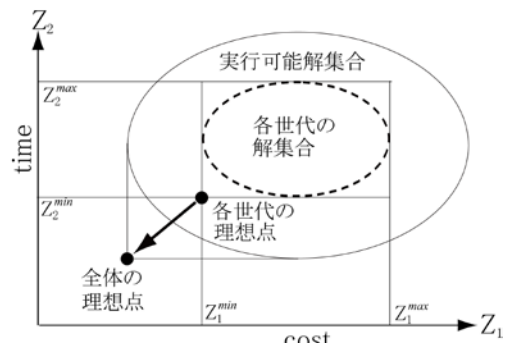


図 3 awGA の処理概要

本研究では des-priGA の多目的手法として適応重付き GA(awGA) を採用し weGA と比較検討した。awGA(adaptive-weight GA)は 1998 年に Gen & Cheng によって提案された手法であり[5]、図 10 にその処理概要を示す。この手法は各世代の個体集団より得られる正方向の理想点を利用し、その理想点にパレート解を近づけるように重みを調節しながら探索を行う手法である。提案手法で

は, aw-GA を提案手法とする。

3.3 環境分散優先順位型 GA

移住を適応する手法は, 2008 年林らにより優先順位型 GA による最短経路問題で費用と時間の 2 つの要素に対して妥協解を得るために用いられており, その成果が報告されている[6]。また環境分散型 GA は, 三木らにより多目的化された MOGADES (Multi- Objective Genetic Algorithms with Distributed Environment Scheme)が報告されている[7]。環境分散型 GA は, 多様性を維持し幅広い探索を行うことにより早熟収縮により局所解への収束を回避することができる一方, 計算量が膨大となるため, 事前に手法調査し並列処理を行った。

本研究の環境分散pri-GAでは, 同一世代での個体群を複数の島 (Island) に分割し, 各島で独立に遺伝的操作を行い, 各島の間で選択された遺伝子群に対し, 移住と呼ばれる個体情報の交換を継続的に行う。まず予備実験により最もよい近似解が得られる交叉率 P_C , 及び突然変異率 P_M を求め, 中央の島(E)の値とし, P_C , 及び P_M を変化させ, A~Iの 9 の島に環境分散し, 実験を行った。

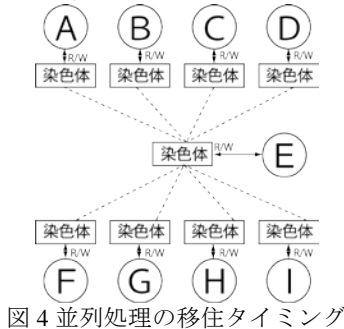


図 4 並列処理の移住タイミング

4. 実験

最もよい近似解が得られる P_C P_M を中央の島の値とするため事前実験を行いpri-GA, des-priGAの P_C を 0.4, P_M を 0.6, 従来手法であるスパンニング型GA(spanning tree-based GA: st-GA)は P_C を 0.6, P_M を 0.4 となり, st-GAは P_C を(0.2, 0.4, 0.6), P_M を(0.4, 0.6, 0.8), st-GAは P_C を(0.4, 0.6, 0.8), P_M を(0.2, 0.4, 0.6)とする 9 の島で実験を行った。本実験では, 実験終了条件として用いる最大世代数maxGenを 5000 として, 集団サイズpopSizeを 100 として, 各 30 回繰返した。表 1 の最良値の実験結果比較に示すように提案手法des-priGAは多目的GAの参照ソリューションセットによる距離 D_{IR} , 優越個体割合 $R_{NDS}(S_j)$ のいずれも優れた結果を示し, 最も理想解に距離の近い妥協解, 総費用 Z_1 , 輸送時間 Z_2 の値も他の手法より優れた結果を示している。このようにpri-GAを改良したdes-priGAは pri-GAよりも優れた結果が得られた。図 1 にパレート近似解集合の比較を示す。

表 1 最良値の実験結果比較

	Z_1	Z_2	$R_{NDS}(S_j)$	D_{IR}
st-GA	409,529,768	15,452	0.613	7,807
pri-GA	347,943,742	16,922	1.185	3,871
des-priGA	333,364,943	15,973	1.261	2,665

(単位: Z_1 :円, Z_2 :時間)

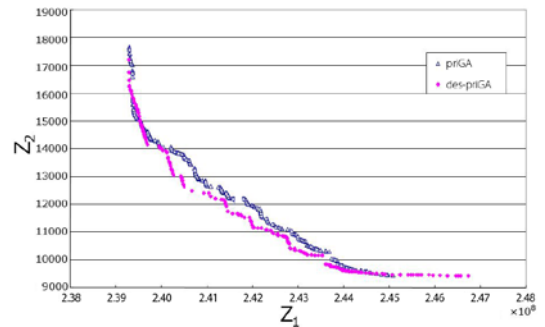


図 5 パレート近似解集合の比較

5. 結論

本研究では, DC に在庫を持ち生産調整機能を組み込んだ多段階多目的ロジスティクス・システムモデルを提案した。このモデルを解法する手法として, des-priGAを用いた aw-GA を提案手法とし, 実用的な有効性を確認するため, 公開されている自動車会社のデータをもとに実際に近い需要データを作成し, 有効性を確認した。

妥協解 Z_1, Z_2 の最良値及び評価手法 $R_{NDS}(S_j), D_{IR}$ により比較検討した結果, 提案手法は, 従来手法に比べ優れていることが示された。また実験結果では, どの世代でも他の手法より $R_{NDS}(S_j)$ の割合が高くなっていること, さらに処理時間においても提案手法の実務的有効性が確認できた。今後, さらに事例研究や分析を進めるとともに, 実用的なロジスティクス・システムを提案したい。

参考文献

- [1] G. Stephen and W. Sean: *Handbooks in "Supply chain design: safety stock placement and supply chain configuration"*, *Operations Research and Management Science*, Vol.11, pp.95-132 (2003)
- [2] M. Gen and R. Cheng: *"Genetic Algorithms and Engineering Design"*, New York: Wiley (1997)
- [3] L. Xing, Y. Chen, K. Yang, F. Hou, X. Shen, H. Cai: "A hybrid approach combining an improved genetic algorithm and optimization strategies for the asymmetric traveling salesman problem", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 21, Issue 8, pp.1370-1380 (2008)
- [4] 井上 古樹, 玄 光男: 優先順位型遺伝的アルゴリズムによる多段階サプライチェーン・ネットワークのシミュレーション設計問題への応用, *日本ロジスティクスシステム学会誌*, vol.7, no.1, pp.3-19, (2007).
- [5] Gen, M., Cheng, R. and Oren, S. S.: "Network Design Techniques Using Adapted Genetic Algorithms", *Advances in Engineering Software*, Vol.32, No.9, pp.731-744 (2001)
- [6] L. Lin and M. Gen: "An Effective Evolutionary Approach for Bicriteria Shortest Path Routing Problems", *IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems*, Vol. 128, No. 3, pp.416-423 (2008).
- [7] S. Miyata, K. Kudo, T. Kato, T. Hiroyasu, M. Miki, et. al. : "Mass simulations based design approach and its environment: Multi-Objective Optimization of Diesel Engine with Distributed Genetic Algorithm using iSIGHT, MOGADES and HIDECS", *New Frontiers and Multi-disciplinary Applications*, pp.499-506(2003)