

0-001

在庫調整機能を有する製造業における多段階 SCM 設計問題への
マルチタスク非同期環境分散ランダムキー型 GA の応用

Application to SCM design problem which has Inventory Adjust Function in Manufacturing Industry
using Multi-task Asynchronous Distributed Environment Scheme Random Key-based GA

井上 古樹†
Hisaki Inoue

1. はじめに

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、最小の輸送費用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を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が、rk-GA は Beans^[3]により 1994 年に考案され、最短パス問題、プロジェクト・スケジューリング問題に適用され優れた結果が示されている^[4]。また比較手法として用いたスパニングツリー型 GA(spanning tree-based GA: st-GA)は Gen, Cheng により 1998 年に考案され^[5]、ロジスティクスの設計に限らず広範な分野で、その有効性が確認されている^[4]。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 移行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^[6]。本研究では、rk-GA をマルチタスク非同期環境分散型に改良し有効性を検証した。

2. 在庫調整機能を有する製造業における多段階 SCM モデル

一般に製造業のロジスティクス・システムは、図 1 の 3 段階のロジスティクス・ネットワークに示すように、機能的な観点から見た場合、サプライヤー-工場間、工場-DC 間、DC-販売店間の 3 段階である。ここで図 1 の記号は、各サプライヤー、工場、DC、販売店の位置を示す。このサプライヤー、工場、DC、販売店の位置番号は総称してノード・インデックスと呼び、図 1 の記号中の番号はノード番号を示す。また、図 2 に本研究で取り扱うモデルの概要を示した。

図中の S はサプライヤー、P は工場、DC は配送センター、D は販売店を表す。本研究では、工場は定量生産を行い、販売店にはポアソン需要が、DC はロジスティクス・システムの需給関係のバッファー機能を有し、在庫を一括して保管するものとした。本研究では、公開されている製造業のデータをもとに需給データ、輸送費用データを新たに作成し数値実験を行う。

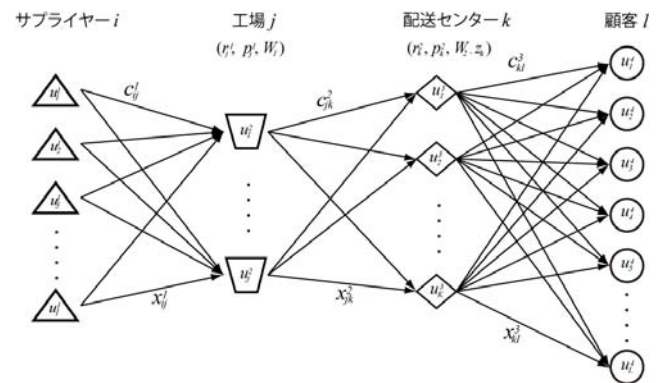


図 1 3段階のロジスティクス・ネットワーク

3. ランダムキー型 GA

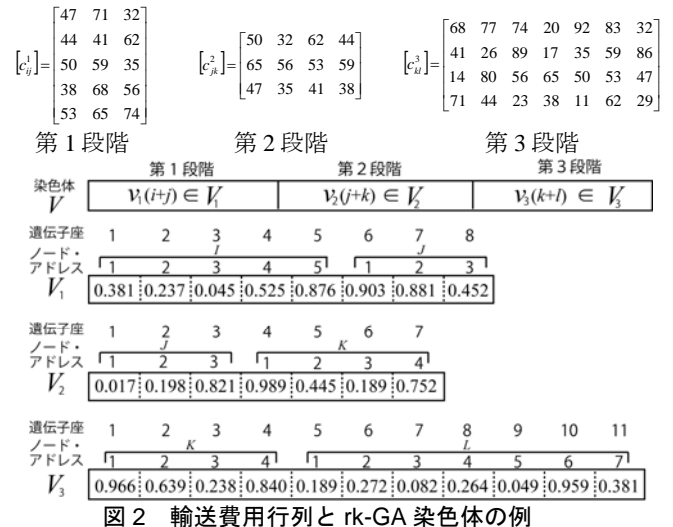


図 2 輸送費用行列と rk-GA 染色体の例

図 2 は、輸送費用行列とランダムキー型 GA (random key-based GA: rk-GA)染色体の例を示す。図 2 の V は染色体、v はその遺伝子を示す。V の遺伝子の値の実数値は、大きい方が、優先順位が高いものとした。rk-GA は Gen and Cheng^[4]が最短経路問題へ、井上^[7]が輸送計画への適用を行っている。図 6 に第 3 段階を例に rk-G によるデコーディング処理を示す。本研究では事前に行った実験結果で良い結果が得られたため、交叉は一点交叉を、突然変異は挿入突然

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

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。販売店の必要とする量だけを配送するので、DC-販売店間の第3段階で販売店需要量をDCから搬入、ついで工場-DC間の第2段階でDC必要量を工場から搬入、最後に輸送の始点であるサプライヤー-工場の第1段階で工場必要量をサプライヤーから搬入するための計算処理を行う。

4. マルチタスク非同期環境分散 rk-GA

移住は、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う遺伝的操作である。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。島内の個体数に対する、移住個体の数の割合を移住率と呼び。移住を行う世代間隔が、移住間隔である。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つの要素に対して優越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^[8]。本研究では、各島で交叉率、突然変異率を変化させる環境分散型 rk-GA(des-rkGA : rk-GA with Distributed Environment Scheme)を提案手法とする。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^[9]。また本研究では移住率を 0.1 とし 非同期でランダムに相手の島を選び染色体を交換した。

プログラムを並列処理するには、一つのプログラムで時分割により並列処理を行うマルチスレッドと、同時に複数のタスクにより処理するマルチタスクがある^[10]。本研究では、複数の PC にも適用が可能なマルチタスク方式を用いた。また、GA の並列処理においては世代数でタイミングをとる同期式と、その逆の非同期式があるが、同期式はタイミングをとるために最も遅い島に移住タイミング毎に待ち時間を必要とするので、本研究では非同期式を用いた。

5. 実験結果

表 1 各 popSize で進化過程

	popSize	gen		
		500	1000	2000
st-GA	20	684,822,219	680,175,059	672,648,972
	50	619,920,401	602,696,089	598,509,893
	100	555,732,913	526,485,341	500,225,458
rk-GA	20	578,206,361	573,702,143	537,470,313
	50	559,050,806	537,520,235	488,021,022
	100	451,224,587	451,842,326	451,552,680
des-rkGA	20	511,096,143	482,729,608	475,512,379
	50	431,820,423	422,602,621	422,602,287
	100	422,605,694	422,605,159	422,602,265

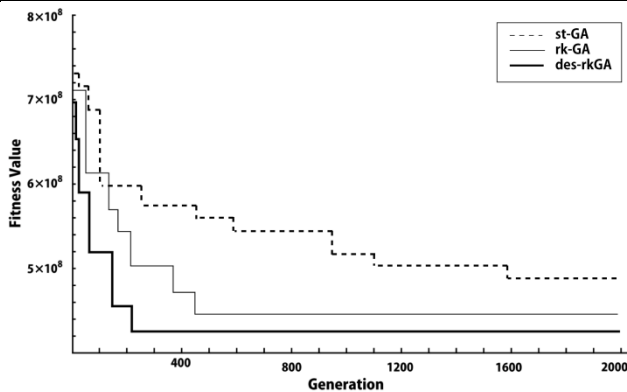


図 3 各手法での進化過程

本実験は、maxGen を 2000 として、popSize を(20, 50, 100)で、各 30 回繰返し、進化過程を記録した。表 2 に最良値となった実験での各手法による進化過程を示し、世代数(gen)が(500, 1000, 2000)の時の最良値を示す。図 3 は、popSize が 100 での各手法の進化過程を示したものである。提案手法である des-rkGA は、ベースとなる rk-GA や、比較手法の st-GA よりも進化速度が早く、最終的な値も良い結果が得られた。

6. 結論

実際の製造業のロジスティクスに適用するために、本研究では、rk-GA をベースに環境分散型の移住を行う des-rkGA を、新たに多段階ロジスティクス・システムに適用し、定量生産を行いロットサイズでの出荷を行っている工場と、配送センターにのみ安全在庫をもつ位置割当問題に対応可能なロジスティクス・モデルを提案し、公開されている自動車会社のデータをもとにロジスティクスデータを作成し実験を行った。その結果、提案手法である des-rkGA は、従来手法である st-GA 及び、rk-GA との性能を比較し、st-GA に対しては 18.36%、rk-GA に対しては 6.85%の改善結果が得られ、解データのばらつきも少ない結果が得られた。

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] J. C. Bean: "Genetics and random keys for sequencing and optimization", *ORSA Journal on Computing* 6, pp.154-160 (1994).
- [4] M. Gen and R. Cheng: *"Genetic Algorithms and Engineering Optimization", New York: Wiley (2000).*
- [5] M. Gen, G. Zhou, and M. Takayama: "A comparative study of tree encodings on spanning tree problems", *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings, Anchorage AK in USA, pp.33-38 (1998)*
- [6] 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)*
- [7] 井上 古樹: 多目的ロジスティクス・システムにおける輸送計画改善のための遺伝的アルゴリズム活用, *日本設備管理学会誌*, 第 18 巻, 第 4 号, pp.207-214 (2008).
- [8] L. Lin and M. Gen: "An Effective Evolutionary Approach for Bicriteria Shortest Path Routing Problems", *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol. 128, No. 3, pp.416-423 (2008).*
- [9] 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)
- [10] D. Taniar, C. Leung, W. Rahayu, S. Goel: *"High-Performance Parallel Database Processing and Grid Databases", John Wiley & Sons Inc (2008).*