

(13) GAを用いた最適輸送計画システムの開発 DEVELOPMENT OF TRANSPORT PLANNING SYSTEM USING GENETIC ALGORITHM

衣川 和也*	保田 晃**	鈴木 和之**
Kazuya KINUGAWA	Akira YASUDA	Kazuyuki SUZUKI
	小野 文信***	倉持 安孝***
	Fuminobu ONO	Yasutaka KURAMOCHI
	長尾 陽一****	中野 信一****
	Yoichi NAGAO	Shinichi NAKANO

Transport companies are faced with two major subjects; the improvement in customers' service and the solution of traffic problem. In other words, they must not only deliver customers' goods as fast as possible but also decrease the number of trucks as much as possible. Therefore, we have developed a transport planning system using genetic algorithm (GA), which minimizes the number of trucks under the condition of delivering the goods to the destination store by the appointed time. This system classifies the methods of transport into 3 types; direct, routing and gathering. And this system finds out which type of methods the goods should be sent by through 3 steps; (1) finding out the goods sent by direct transport, (2) finding out the arrangement of gathering centers and (3) choosing between routing and gathering transport for sending the rest of goods. We have verified this system by applying our real data.

Key Words: logistics, transport, planning, GA

1. はじめに

物流業界では、顧客サービスの向上と交通問題の解消という2つの大きな課題に取り組んでいる。すなわち、荷物をより早く顧客に届けるサービスが第一義である一方で、頻繁な運行を避け、できる限りトラック台数を減少させる必要がある。トラック台数の削減により、交通渋滞の緩和に貢献でき、さらには排気ガスの減少につながり、近年問題となっている環境問題の解決にも寄与できることになる。そのために、従来熟練者によって行われていた配車計画を自動化し、計算機を用いることによって効率的な配車計画を行うことが検討されている。そこで、筆者らは、遺伝的アルゴリズムGA (Genetic Algorithm) [1], [2] を用いることによって、着店への荷物の到着時刻を厳守しながら使用するトラック台数を最小にする最適輸送計画システムを考案したので、以下に報告する。

2. 問題の記述

「m個の発店からなる発ブロックとn個の着店からなる着ブロックとの間で、各発店から各着店へ輸送すべき一定個数の荷物がある。このとき、着店への到着時刻を厳守しながら、これらすべての荷物を輸送するトラック台数を最小にするためのトラック運行方法を求める。ただし、荷物の輸送形態として、図1の直送便、経由便、集約便の3種類を考える。集約店は発店の中から複数選定可能であるが、集約するためには横持ち便を設定する必要がある。」

*	佐川急便 営業統括部	(〒601 京都市南区上鳥羽角田町 68)
**	佐川コンピューター・システム システム部	(〒601 京都市南区上鳥羽角田町 25)
***	川崎重工業 技術総括本部 開発室	(〒105 東京都港区浜松町 2-4-1)
****	川崎重工業 技術総括本部 電子・制御技術開発センター	(〒673 明石市川崎町 1-1)

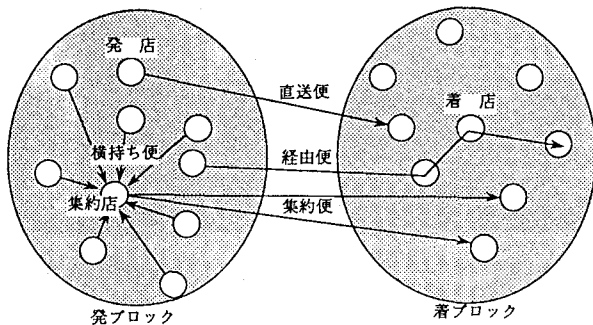


図1 運行形態

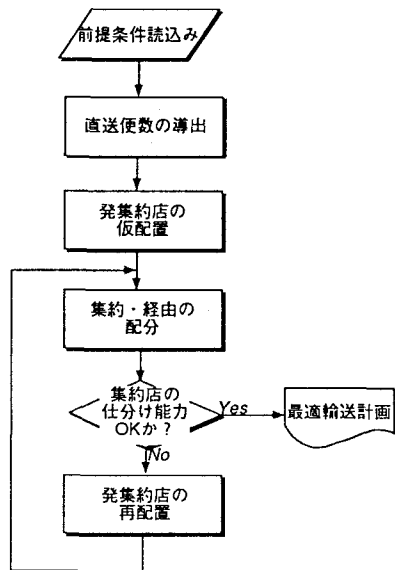


図2 輸送計画の手順

これは以下の最適化問題として定義される。

目的関数： トラック台数の最小化

制約条件：

- 1) 各発店の荷物をすべて着店へ輸送する。
- 2) 集約店は仕分け能力の範囲内の荷物を扱う。
- 3) 一定時刻までに荷物を着店に輸送する。

決定変数：

- ・ 直送便、経由便、集約便による各発着店間の荷物の輸送配分
- ・ 集約店の選定
- ・ 各経由便の経路

3. 輸送方法の計画手順

前述の問題を一度に解くことは困難であるので、部分問題に分割してヒューリスティックに準最適解を求めることにする。

トラック台数を最小化するためには、トラックの積載率を高める必要がある。そこで、発着店間の荷物がトラック容量に比べて十分ある場合には、その荷物を直送便で輸送する。トラック容量に比べて少ない発着店間の荷物はある程度まとめてトラックの容量に近づける。つまり、少ない荷物は経由便か集約便のいずれかの方法で輸送することとする。

集約便の輸送費用は集約店の配置結果に大きく依存する。また、集約店の配置は集約荷物の量に影響される。しかし、集約店の配置は荷物量にそれほど依存しないで決定すべき事項である。そこで、直送便で輸送した残りの荷物をすべて集約するものと仮定して集約店の配置をまず決定し、そのあとで残りの荷物の輸送方法を経由便とするか集約便とするかを決定することとする。したがって、輸送方法の計画は、図2に示すように、直送便数の導出、集約店の配置、集約・経由の配分の順に行うこととする。

4. 解法

(1) 直送便数の導出

各発着店間の荷物の中で、トラック積載率が一定値（最低直送積載率）以上となる荷物は直送便で輸送する。

(2) 発集約店の仮配置

残荷物量を全て集約すると仮定して、そのために必要な総輸送トラック台数（ブロック間輸送およびブロック内輸送）を最小とする各着店荷物に対する発集約店を求める。すなわち、着店 k ($k=1, \dots, n$) への荷物の発集約店を Sk とす

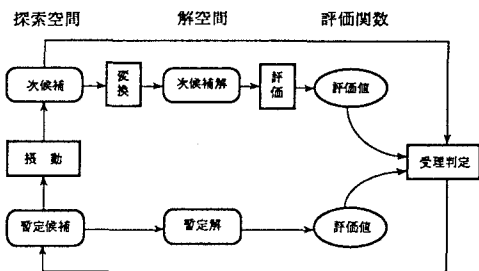
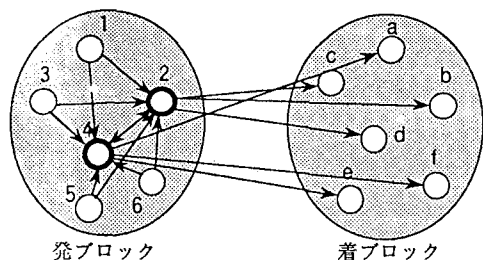


図4 集約・経由の配分問題の階層的解法
(文献 [3] 引用)

表現形式	遺伝子形式
各着店の発集約店	遺伝子
発集約店リスト	個体
着店aの発集約店 4	
着店bの発集約店 2	
着店cの発集約店 2	(4,2,2,2,4,4)
着店dの発集約店 2	
着店eの発集約店 4	
着店fの発集約店 4	
総トラック台数	適応度

図3 集約店配置問題の遺伝子形式

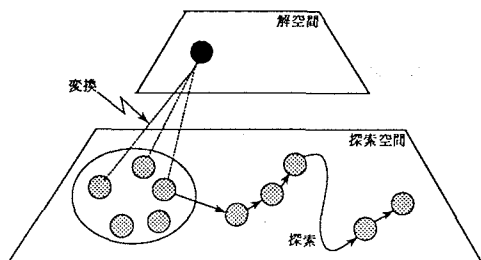


図5 探索空間から解空間へのマッピング
(文献 [3] 引用)

るとき、発店を値 $(1, \dots, m)$ とする n 次元ベクトル $(S1, S2, \dots, Sn)$ を決定変数とした総トラック台数の最小化問題を考える。

これは、典型的な組合せ最適化問題である。そこで、本問題の解法として、生物の進化モデルを模した最適化手法である遺伝的アルゴリズム GA を用いる。集約店配置問題に対して GA を適用するにあたり、図3に示すように遺伝子形式を対応させる。

(3) 集約・経由の配分

ここでは、トラック台数を最小とするために、各発着店間の直送後の残荷物を着経由／発集約のどちらで輸送すべきかを決定し、経由便については着店最終到着時刻を守る具体的な経路を決定する。

前述の制約条件を守りながら評価値を良くするという問題を解くにあたり、図4の階層的解法を考える [3]。すなわち、各発着店間の荷物の輸送方法として経由とするか集約とするかの候補は前述の GA (図中“摂動”) により探索し、そのあとで着店最終到着時刻を考慮した経由経路を含む具体的な経由便の決定 (図中“変換”) を行い、総トラック台数を算出して、解の評価を行うこととした。“変換”の部分では、図5に示すように、探索空間の任意の点を解空間内のある点にマッピングする手続きを定めておくことになる。

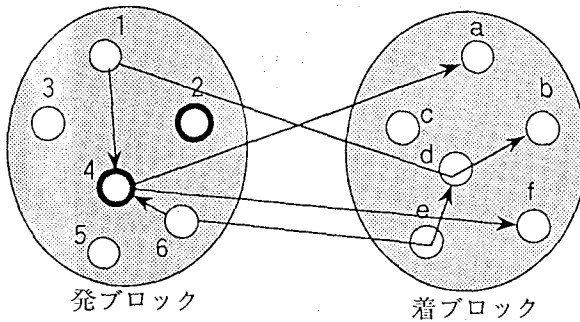
集約・経由配分問題は、前述の摂動として先の集約店配置問題と同様の GA を採用する。本問題に GA を適用するにあたり、図6に示すように個体として各発着店間の荷物輸送方法 (経由か集約か) のリスト (0-1 変数を要素とする $n \times m$ 次元ベクトル) を対応させる。

GA を用いた摂動により荷物の輸送に経由便を用いる各発着店が決定したあと、着店最終到着時刻を考慮した経由便およびその経路を求める“変換”手続きを行う。すなわち、図7に示すように、積載率が100%を越えない範囲で、着店への最終到着時刻に間に合う店を経由経路に加えて経由便を設定する。

(4) 発集約店の再配置

[1] 集約した荷物が発集約店の仕分け能力を越えていなければ、終了する。

[2] 越えていれば、(3) で求めた集約する荷物量に対して、(2) と同様に輸送トラック台数を最小とする各着店に



表現形式	遺伝子形式
各発着店間の輸送形態	遺伝子 (集約0/経由1) 個体
輸送形態リスト 発店1から着店aへの荷物：集約 発店1から着店bへの荷物：経由 発店6から着店cへの荷物：経由 発店6から着店fへの荷物：集約	(0,1,...,1,0)
総トラック台数	適応度

図6 経由・集約配分問題の遺伝子形式

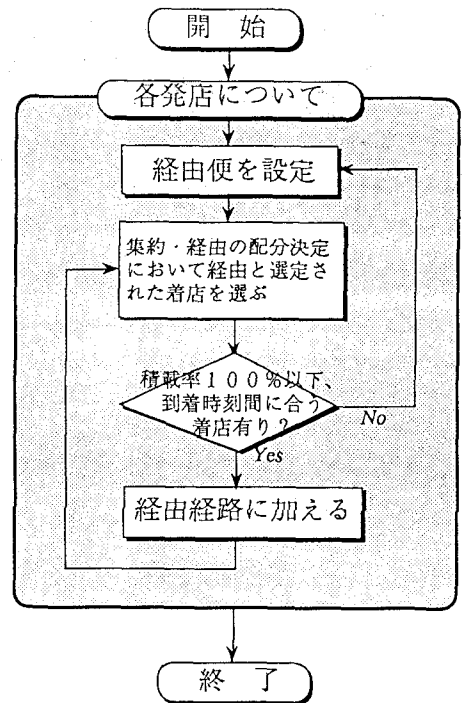


図7 経路便およびその経路決定方法

対する発集約店を求める。この時、各発集約店の仕分け能力を越えてはならない。

[3] 再度 (3) の集約・経由の配分決定に戻る。

5. 適用実験

ここで提案した最適輸送計画アルゴリズムの妥当性を検証するために、このアルゴリズムを実現するソフトウェアを開発し、これを用いて佐川急便（株）の大阪ブロック24店から東京ブロック53店への荷物輸送計画を立案した。

対象としたデータは平成6年8月26日の荷物流動値を用い、ブロック間の荷物個数は91,491個であった。前提条件として、最低直送積載率を0.8、直送・経由発店出発時刻を22時、集約店出発時刻を23時、着店最終到着時刻を翌朝8時とした。

開発したプログラムはC言語で記述しており、ワークステーションSUNで実行させた。GAの実行条件として1世代あたりの個体数を300とし、200世代交替を繰り返した。

計画結果は、トラック平均積載率が現状の82%から87%に上昇し、運行トラック数は185便から174便に減少した。総輸送費用、集約店の選定、トラック運行ダイヤなどの計画結果は、現状の運行状況と比較して妥当な結果であると判断できた。

6. まとめ

ここでは、(1) ブロック間の最適なトラック運行計画のためのアルゴリズムを提案し、(2) 実際の運用データを用いて現状と比較することにより、本アルゴリズムの妥当性を実証した。

今後解決すべき課題としては、経路便の経路などの最適化を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 西川稔一、玉置 久：“遺伝的アルゴリズムと最適化”、オペレーションズ・リサーチ、1993年7月号、pp.347-351.
- [2] 小林重信：“遺伝的アルゴリズムの基礎と応用 [1]”、オペレーションズ・リサーチ、1993年5月号、pp.256-261.
- [3] 玉置 久：“モダン・ヒューリスティクス”、インテリジェントFA研究分科会、第60回研究例会資料、No.94-6、pp.17-21 (1994年11月)。