

遺伝子間作用のある動的環境下での GA による貨物輸送ルート作成

谷津 幸夫[†] 花岡俊樹[‡] 白石 規哲[‡] 浜口 和也[†] 菱山 玲子[†]
 早稲田大学[†] 日本貨物鉄道株式会社[‡]

1 はじめに

貨物鉄道事業では、定まった駅間について走る列車を繋ぐことによって、輸送ルートを設定している。そして、1つの区間について複数の輸送ルートを提供することで収益を上げるビジネスモデルとなっている。しかし、現在は輸送ルートの設定方法を模索している。なぜなら、ルート間で列車の競合が起こり、それにより、実際の輸送力が目減りすることになるが、現行の評価基準においては列車の競合について考慮しておらず、ルート間で列車の競合が多々起こってしまい、結果として実際の需要量を満たせないからである。

本研究では、多数のルート候補から複数のルートを選び出すのを組合せ最適化問題と捉え、列車の競合によるルート輸送力の減少を解決するために遺伝的アルゴリズム [1] (以下、GA) を用いる。それにより、列車の競合を解消し、収益性の高いルートを複数提案する。

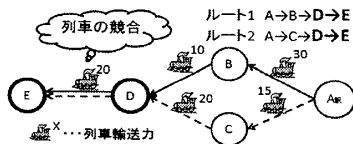


図 1: 列車の競合

2 貨物輸送ルート作成

2.1 現行ルート作成手順

現在は列車諸元と中継ネットから全輸送ルートを作成し、輸送ルート区間ごとに、第 1 評価基準を輸送時間、第 2 評価基準を中継回数、第 3 評価基準をルート輸送力、の辞書式配列法により評価し、上位数ルートを採用ルート候補としている。ここで、ルート輸送力とは、輸送ルートの使用する列車全体のうち、ボトルネック (最小値) となる列車輸送力である。

2.2 問題の所在

前述のとおり、列車の競合により、需要に見合ったルート輸送力を提供できていない。これは、(1) ルートを評価する上で、全てのルートは、列車の競合が起きても、列車輸送力を減少させず、全ルートが使用列車輸送能力を最大限使用できる (静的環境) として評価していること、(2) 辞書式配列法では、評価基準に偏りができてしまうため、今回の場合、ルート輸送力が軽視されてしまうこと、が原因である。

よって、前者の原因には、列車の競合による列車輸送力の変化を動的環境と捉え、環境の変化が起きた場合に

も正確なルート輸送力が測れるアルゴリズムを適用する。後者の原因に対しては、客観的に妥当性のある収益性の観点からルート評価することにより対応する。

3 提案手法

3.1 コーディング

本研究では指定された数のルート候補を選択する必要があるため、整数値コーディングを用い選択したいルート分だけの遺伝子座を指定し、そこに遺伝子としてルート番号を格納する。そしてルート番号には列車情報、列車輸送力、輸送距離などの情報を持たせる。

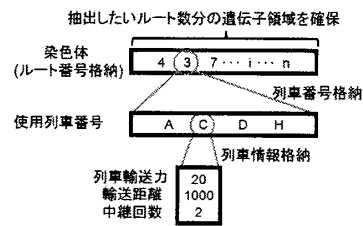


図 2: コーディング法

3.2 ルート輸送力の動的変化

列車の競合による列車輸送力の動的変化についての処理方法は、林 [2] の「影響度同定モジュール」のプロセスを拡張し、GA の適応度評価のプロセスに組み込むことで対応する。以下に提案モジュールのプロセスを示す。

- [1] 順位判定処理
遺伝子間の強弱関係 (列車使用权) 判定。
- [2] リンケージ同定処理
リンケージ候補 (どの列車が競合列車か) の探索。
- [3] リンケージ影響度計算
輸送力を減少させる列車の特定と列車輸送力減少量の測定。
- [4] 表現型影響度計算
表現型 (ルート輸送力) への影響度測定。
- [5] 染色体適応度計算
4. から遺伝子 (輸送ルート) の適応度を求め、それを基に個体 (複数個のルート) の適応度を測定。

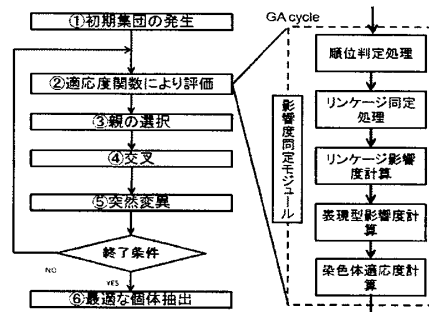


図 3: 提案モジュール

* Creation of Freight Traffic Routes by GA with Gene Interaction under a Dynamic Environment

[†] Yukio Yatsu, Kazuya Hamaguchi, Reiko Hishiyama

[‡] Toshiki Hanaoka, Noriaki Shiraiishi

[†] Waseda University

[‡] Japan Freight Railway Company

3.3 提案モジュール

以下に提案モジュールを示す。step2, step7 で用いる適応度は 4.1 節の (2) 式で示した評価基準を適用する。

初期状態) 個体集合 $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ を作成。

step1) 個体 $s_i \in S \forall i$ に格納されている遺伝子集合 $G_i = (g_i^1, g_i^2, \dots, g_i^p)$ に対し、遺伝子 $g_i^k \in G_i \forall i$ の使用列車集合 $Y_i^k = (y_{i,1}^k, y_{i,2}^k, \dots, y_{i,l}^k)$ から (列車輸送力を変化させない) 初期ボトルネック集合 $B_i = (b_i^1, b_i^2, \dots, b_i^l)$ を求める。

step2) 遺伝子集合 G_i を初期ボトルネック集合 B_i で適応度評価し、適応度順に並び替える。

step3) 適応度が高い遺伝子順に以下の処理を行う。

遺伝子 g_i^k より適応度が高い遺伝子集合

$D_i = (g_i^{k+1}, g_i^{k+2}, \dots, g_i^p) \subseteq G_i$ が遺伝子 g_i^k と同一列車を使用しているか調べ、それに該当する遺伝子集合を H_i とする。

step4) step3 において抽出された遺伝子集合

$H_i = (h_i^1, h_i^2, \dots, h_i^l) \subseteq D_i, G_i$ があれば以下の操作を行う。遺伝子 g_i^k の使用列車集合 Y_i^k から該当使用列車の輸送力を遺伝子 h_i^l のボトルネック分だけ減らし、該当使用列車の輸送力を書き換える。

step5) g_i^k について適応度が最も低い遺伝子でなければ、隣接する適応度が低い遺伝子について step3 へ戻り、以降の処理を行う。

step6) step5 までで求めた列車輸送力から遺伝子 g_i^k の表現型の 1 つである新たなボトルネック b_i^l を求める。

step7) 遺伝子 g_i^k を step6 までで求めた新たなボトルネック b_i^l , 中継回数, 輸送距離を用い遺伝子適応度を求める。

step8) 遺伝子集合 G_i について遺伝子の適応度を全て足して個体 s_i の適応度を求める。

step9) 全ての個体について step1~step8 を行ったら親の選択へ移る。

4 数値実験

本研究では貨物鉄道事業を営む企業の実データを用いて、以下の実験を行い提案手法を評価した。

4.1 適応度関数

提案手法では専門家の視点によるルート設定の妥当性及びルート単位の収益性から評価する。すなわち、ルートが稼ぐことのできる最大の利益という概念に基づき多目的最適化を図る。以下の評価式を個体の適応度とする。

$$F = \sum_{i=1}^n P(i) \quad (1)$$

$$P(i) = T \times Y(i) - E \times U(i) - Y(i) \times (H \times C(i) + A) \quad (2)$$

F : 個体の適応度 (個々のルートの収益性の合計値)

$P(i)$: 遺伝子座の遺伝子 i の適応度 (個々のルートの収益性)

$Y(i)$: 遺伝子座の遺伝子 i の輸送力

$U(i)$: 遺伝子座の遺伝子 i の輸送距離

$C(i)$: 遺伝子座の遺伝子 i の中継回数

T : コンテナ配送単価

E : 単位距離当たり電気使用量単価

A : コンテナ 1 個分の中継なしでの固定費用

H : コンテナ 1 個分の中継 1 回あたり増分費用

n : 抽出ルート数

4.2 実験設定

GA 設定戦略について、親の選択方法は、エリート保存戦略と適応度比例戦略の併用を用いる。交叉方法、及び突然変異は 1 点交叉、点突然変異を用い、パラメータは以下のように設定した。

表 1: パラメータ設定

対象区間	対象ルート数	遺伝子長	個体数
広島~梅田	60	10	150
0.1 世代数	交叉率	突然変異率	親のペア数
300	0.95	0.1	75

ここで「配送単価・電気使用単価・増分中継費用・固定中継費用」については、実データのため非公表とする。

4.3 実験結果及び考察

実験評価方法については、2.1 節の方法 (輸送時間を第 1 評価基準とした辞書式配列法。以下既存手法とよぶ。) によるルート選択結果と、提案手法によるルート選択結果を、(1) 適応度、(2) 10 個のルートが実際に運ぶことのできるルート輸送力合計値 (実輸送力)、(3) 競合による列車輸送力の減少のない状態、すなわち、静的環境下での 10 個のルートの輸送力合計値 (静的輸送力)、(4) 列車の競合により、減少するルート輸送力の合計値 (輸送力減少値) の点から比較する。

表 2: 現行手法と提案手法の比較

	適応度	実輸送力	静的輸送力	輸送力減少値
既存手法	1039012	78	123	45
提案手法	1787048	145	145	0

表 2 に示した通り、提案手法では、適応度と実輸送力、及び列車の競合によるルート輸送力の減少を改善することができた。これは、1 度使用した列車については輸送力を減少させ、適宜、輸送可能な列車輸送力 (以下、残輸送力) を把握し、残輸送力が低くなってきた列車については、使用をやめることにより列車の競合を緩和することができたからである。これにより、既存手法で起きていた「列車競合により実輸送力が 0 になるルート」をなくすことに成功した。また、多目的評価関数により、様々な評価項目を収益性の下で最適化することが可能となった。

5 おわりに

提案手法では列車の競合により起きる輸送能力の減少を動的環境と捉え、GA を用いた提案アルゴリズムを適用することで収益性の高いルートを抽出することに成功した。提案手法は、広く空輸・海運などで起きる輸送ルートの競合に対しても有効と考えられる。

今後の課題としては、多目的 GA の適用や全区間における提案アルゴリズムの適用により不必要な列車を把握することが挙げられる。

参考文献

- [1] Goldberg, D.E., "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning," Addison Wesley Publishing, (1989).
- [2] 林貴宏, 木村春彦, 白山政敏, "遺伝的アルゴリズムによる動的環境下での最適化," 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.SIG 10(TOM7), pp.58-69, (2002)