

遺伝的アルゴリズムによる車両運用スケジューリング方式

1E-5

江口 俊宏* 村田 智洋
 (株) 日立製作所システム開発研究所

1. はじめに

交通・生産分野におけるスケジューリングシステムは、主に、エキスパートシステムに代表されるAIを応用したアプローチにより実用化されてきたが、業務内容の複雑化・多様化に伴って、知識の獲得や計画条件の変更への対処が困難になるなど課題も多い⁽¹⁾。

最近では、解の最適性よりも、ユーザがインタラクティブに目標や制約などの計画条件を操作しながら、ユーザの意図に合わせて解を段階的に改良できるようなスケジューリングシステムへの柔軟性が求められている。

ここでは、制約駆動型スケジューリングにおける制約解消方法の選択をGAによる確率的な制約解消モデルとして構成した、状況変化に柔軟に適応できるフレキシブルなスケジューリング方式について述べる⁽²⁾。

2. 車両運用問題

例題とした車両運用問題は、一定期間の列車ダイヤの各々の運行パターン（運用番号）に対して、車両の割り当てを行う多目的な組み合わせ最適化問題である。

2.1 車両運用ネットワークモデル

車両運用問題は、縦軸が運用、横軸が日付の2次元マトリクスに配置された各ノードに車両を割り付け、同一車両が割り付けられたノード間をエッジ接続したネットワークモデルを用いて表現する（図1）。

2.2 制約のネットワーク表現

車両運用問題の様々な制約条件（必須/目標）は、ネットワークモデル上で定義する。

(1) ノード制約

ノード制約は、指定ノードへの特定車両の割当を強制または禁止する制約表現である。例えば、検査の制約（○月×日に車両□□を検査しなければならない）は、必須のノード制約を用いて表現する。

(2) エッジ制約

エッジ制約は、指定ノード間の任意車両の連続割当を強制または禁止する制約表現である。例えば、運用の制約（同一車両は、翌日との着発地点が一致する）は、必須のエッジ制約を用いて表現する。

2.3 最適化目標

車両運用問題の最適化目標として以下の項目を用いる。

(1) 走行距離の均一化

全車両の走行距離が均一となるように一定のローテーションを可能な限り遵守する配車計画とする。

(2) 定期点検の合理化

全車両が定められた期間内に基地に戻り清掃点検が受けられるような配車計画とする。

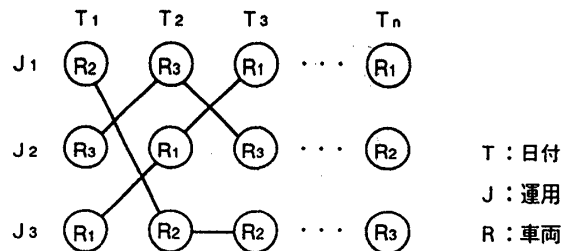


図1 車両運用ネットワークモデル

3. スケジューリング方式

提案方式は、(1) 必須制約を満たした上で目標制約を可能な限り満足させる制約駆動型スケジューリング方法と、(2) 制約緩和をGAが確率的に行なう制約充足解の広域探索を特徴とする（図2）。以下、処理（遺伝子操作、デコード、適応度評価）の概要を説明する。

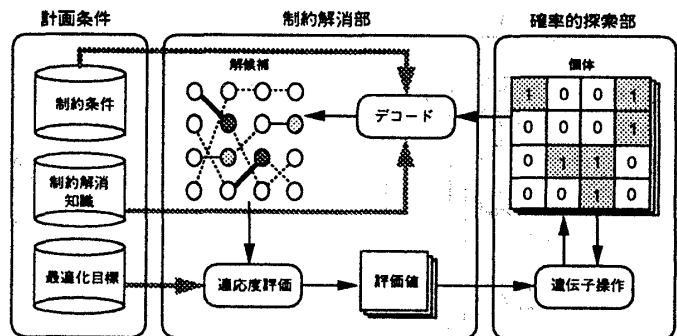


図2 アーキテクチャ

A Method of Train Assignment Scheduling by Using Genetic Algorithm
 Toshihiro EGUCHI, Tomohiro MURATA
 Hitachi, Ltd.

3.1 確率的探索部

(1) 遺伝子コーディング

GAによる確率的な制約の緩和操作を遺伝子コードで直接的に制御するために、制約のネットワーク表現における各ノードに対して0(制約充足)または1(制約緩和)をランダムに配置したマトリクス(2次元遺伝子コード)を一個体とし、この集合を初期集団とする。

(2) 遺伝子操作

交叉は、制約緩和箇所と制約緩和率の最適化を目的としており、遺伝子コードの非0要素比率(制約緩和率)が一定の値に収束する交叉方式を採用した(図3)。

突然変異は、個体の多様性の保持が目的であり、交叉によって生成された新しい個体の全ての0/1コードに対して、突然変異率によって0/1を反転させる。

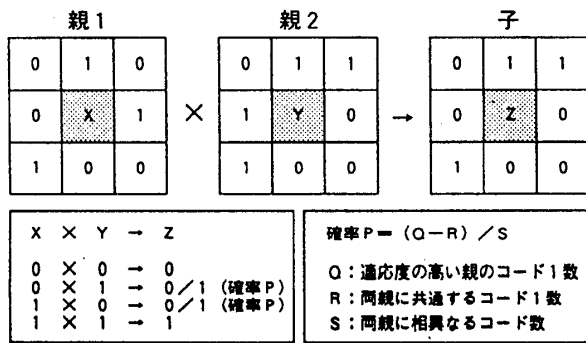


図3 交叉ルール

3.2 制約解消部

(1) デコード

デコード処理では、ネットワークモデルの各ノードにマッピングされた個体の0/1コードと制約条件の優先度の組み合わせによってデコード手続きを確率的に選択する(図4)。各々の手続きは、局所的な制約解消知識をもとに、ネットワークモデルの各ノードに車両を割り付けるヒューリスティクスで構成しており、全てのノード毎にデコード手続きを選択実行し、解候補を生成する。

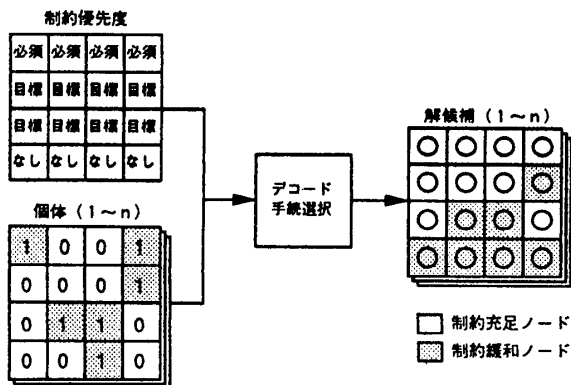


図4 デコード処理

(2) 適応度評価

適応度評価は、各種の制約条件の充足度と最適化目標の達成度をペナルティに換算する評価関数群から構成され、デコード処理によって生成された全ての解候補に対して評価値を設定する。

4. 評価実験

本稿で提案したスケジューリング方式を用い、実在路線の車両運用計画を立案する実験を行った。実験条件を表1に示す。制約条件は検査計画のみ4ケース設定し、他の条件は固定とした。各ケース毎に個体の初期状態を変えて20回の評価実験を行い、最大評価値、実行可能解数、収束時間(実行可能解が発見されるまでの時間)を測定し、それぞれの平均値を評価する。

実験結果を表2に示す。これから、専門家が作成した計画(980点前後)と同等の計画案を、数秒のオーダーで10パターン以上立案可能であることがわかる。また、異なる検査条件のもとで、実行可能解を数秒で探索可能であることから、提案方式は、計画条件の変更に対する柔軟性に優れているといえる。

表1 実験条件

制約条件	最適化目標	GAパラメータ
1. 検査制約(必須)	1. 清掃点検の効率化	1. 実行世代数 300
2. 運用制約(必須)	2. 走行距離の均一化	2. 個体数 30
3. ローテーション運用(目標)		3. 突然変異率 5%
		4. 自然淘汰率 20%

表2 実験結果

ケース	最大評価値	実行可能解数	収束時間(sec)
1	987.7	18.7	3.90
2	987.4	20.1	2.34
3	977.7	11.7	3.90
4	989.2	20.6	2.54

5. おわりに

本稿では、遺伝的アルゴリズムを利用した確率的な制約緩和にもとづく制約解消により、効率的に実行可能解の探索を行うスケジューリング方式について述べた。これにより、種々の制約条件や計画目的、ユーザのもつ制約解消知識をフレキシブルに計画に反映可能な車両運用計画システムを構築できる。

参考文献

- (1) 黒田：生産スケジューリング研究の課題と展望：第32回日本OR学会シンポジウム講演論文集，pp1-13, 1994
- (2) 江口，他：GAにもとづく制約駆動型リソース割当てスケジューリング方式；電気学会システム制御研究会，SC-95-29, pp43-49, 1995