

GA 応用車両基地トータル運用支援システム
- 車両運用計画機能 -

3M-5

佐藤 達広 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

生産・交通分野におけるスケジューリング業務のシステム化が進む中で、制約条件の変化やユーザの意図に柔軟に適応可能なスケジューリングシステムのニーズが高まっている。このような背景から、われわれは鉄道車両基地における計画作成業務のシステム化を目指し、「GA 応用車両基地トータル運用支援システム」の構築を進めている。本稿では、車両運用計画機能の遺伝的アルゴリズム(GA)に基づくスケジューリング方式とプロトタイプによる評価結果について述べる。

2 車両基地トータル支援システム

鉄道車両基地における計画作成業務には、車両の運用スケジュールを立案するための車両運用計画業務、車両基地に登録されている車両へ日々の運用スケジュールを割当てたり、長期検査の指定をするための配車計画業務、車両故障時等に割当計画を修正する配車計画修正業務、基地内の車両配置・転線作業を効率化するための入換計画作成業務等がある。車両基地トータル支援システムは、これらの計画作成業務を統合的に支援するシステムであり、各業務に対応する独立したスケジューリング機能から構成される。

3 車両運用計画作成問題

車両運用計画(図1)は、車両に割当てて一日分の運用スケジュールを列挙した帳票である。運用スケジュー

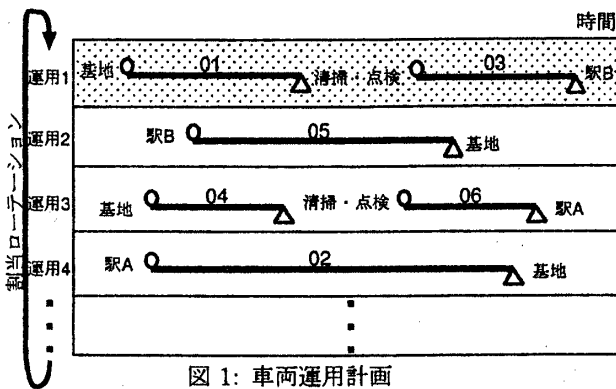


図1: 車両運用計画

ルは、列車ダイヤから抽出した運行データを組み合わせで構成される。図中の横棒が一個の運行データを表しており、各運行データは棒線の左端に記された地点(駅又は車両基地)から横棒の右端に記された地点まで、横棒の長さ按比例した時間営業運転を行なうことを意味する。図中の網掛け部分の運用スケジュールを割当てられた車両は、まず運行データ01の営業運転を行なっ

て車両基地に戻り清掃と点検を受け、その後再び出庫して運行データ03の営業運転を行ない、最終的に駅Bのホームに留置する。車両運用計画に記された全ての運用スケジュールを毎日実施するために、車両基地には少なくともそれと同数の車両が必要となる。

また、車両運用計画は、配車計画作成時に運用スケジュールを車両に割当てていく際の基準となる割当ローテーションも同時に表している。運用スケジュールを割当ローテーションに沿って車両に割当てていくことにより(ローテーション運用)、定期点検間隔を遵守し、清掃間隔をはじめとする車両運用上の様々な条件を充足できる。さらに全ての車両がローテーション運用を行なうことにより、各車両の走行距離の均一化を実現できる。

4 基本コンセプト

前節より、車両運用計画作成問題は様々な制約条件の下での、(1)運用スケジュール構成問題(1次問題)、その解を入力データとする(2)割当ローテーション構成問題(2次問題)、という2種類の組合せ問題の段階的解探索問題として捉えられる。1次問題は、単独では運用スケジュール数最小化(必要車両数最小化)を計画目標とする組合せ最適化問題とみなせる。しかしながらこの段階的解探索問題においては、1次解を独立に最適化しても、必ずしも制約条件を充足する2次解を求めることができず、1次解が2次解の「良い」入力データとならない場合が多い。すなわち、1次解の評価が2次解の探索結果に依存して定まるため、両者の解をインタラクティブに探索するスケジューリング方式が求められる。

そこで本稿では、単一のGAの枠組の中で1次解と2次解を統合的に求めるスケジューリング方式を提案する。遺伝的操作で1次解の候補を探索し、その結果を入力データとしてヒューリスティック探索で2次解を求める。2次解が満足できるレベルではない場合は、その評価値をGAの世代交代時に遺伝的操作にフィードバックさせて1次解の再探索を行なう(図2)。

広大な解空間を持ち解評価が2次解の探索結果に依存する1次問題の解探索を、遺伝的操作と2次解評価値のフィードバックで効率的に制御することにより、実用的な時間で高品質な車両運用計画の立案が可能となる。

5 構成各部概要

5.1 初期化 染色体構造は、運行データの組合せ状態をコード化して記憶する接続行列とした(図3)。初期化時に染色体のコードを全くランダムに与えると、不正な運行データの組合せが生じる。そこで入力データを解析して、運行データの可能な組合せに関する情報を制約(接

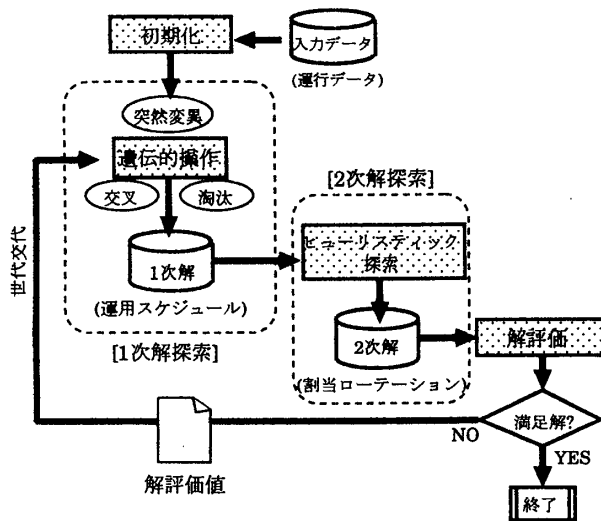


図 2: 全体構成

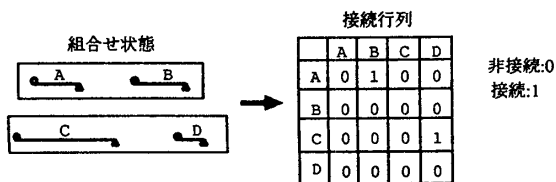


図 3: 染色体構造

統制約)として格納し、それを充足させつつランダムにコードを設定する。

5.2 遺伝的操作 自然淘汰は、個体評価値の低い染色体を削除する。交叉は、自然淘汰で残った染色体から任意に2個を取り出し(親A,Bとする)、親A,Bの同一格子にある遺伝子コードを下記の合成規則に基づいて合成し、新しい染色体を生成する。

- 親A,Bの遺伝子コードが一致する箇所は、子染色体に同一コードを設定する。
- 親A,Bの遺伝子コードが一致しない箇所は、接続制約を充足する場合に確率Pでコード(1)を設定し、それ以外はコード(0)を設定する。

確率Pは、より評価値の高い親(Aとする)の遺伝子コードを継承する可能性が、その優秀さの程度を反映するように次式により動的に決定される。

$$P = (A \text{ の評価値}) / ((A \text{ の評価値}) + (B \text{ の評価値}))$$

突然変異は、染色体の任意のコードを、接続制約を充足する場合に限り確率的に反転させて新しい染色体を生成する。

5.3 ヒューリスティック探索 染色体から得られた運用スケジュール集合から運用スケジュールを順次選択し、それに対する作業指示(点検、清掃)を決定して割当ローテーションとして並べていくことにより2次解を構成する。運用スケジュールの選択は、運用計画作成に関わるいくつかの制約条件を充足するように動的に設定される選択ルールに基づいて行なう。選択ルールに適合する運用スケジュールが存在しない場合、違反制約の種

類に応じて制約緩和、バックトラック、探索失敗のいずれかの処理に分岐する。

5.4 解評価 得られた2次解に対し、設定された制約条件の充足度をチェックして違反件数と違反制約の種類に応じたペナルティから減点法で評価値を算出する。

6 プロトタイプによる性能評価

提案スケジューリング方式を用いて、車両運用計画作成機能のプロトタイプを開発した。図4はプロトタイプの解探索画面である。本プロトタイプは、GAの枠組

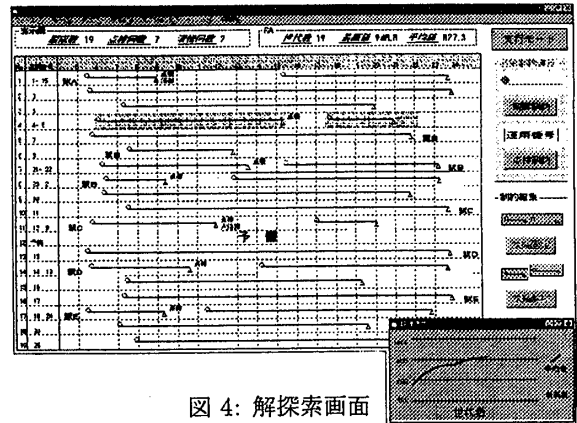


図 4: 解探索画面

の中で複数の解候補を個体として同時に扱い、その中の任意の解を提案としてユーザに提示することができる。また本プロトタイプは、運行データの接続制約の編集機能を備えており、これにより解候補の任意の箇所を部分的に固定することができる。これらの機能を解探索の途中で随時利用することにより、ユーザ意図を段階的に取り込みながら車両運用計画を作成することができる。

専門家による車両運用計画との比較実験の結果、本プロトタイプが実用レベルの時間で専門家と同等もしくはそれ以上の品質の車両運用計画を作成可能であることを確認した。さらに、GAの遺伝的操作のみで解探索を行なうスケジューリング方式との比較実験を行なった結果から、提案スケジューリング方式の基本コンセプトの有効性を確認できた。

7 おわりに

車両運用計画機能のGAに基づくスケジューリング方式を考案した。提案方式を用いてプロトタイプを開発し性能評価を行なった結果、ユーザ意図を反映した高品質の車両運用計画を実用的な時間内で作成可能であることを確認した。

参考文献

- [1] 江口 他: GA応用車両基地トータルシステム - 配車計画機能 - 情報処理学会第53回全国大会 予稿 (1996)
- [2] 仙石 他: GAによるヒューリスティック探索の最適化 情報処理学会 数理モデル化と問題解決研究会資料 (1995)