

GA・ヒューリスティック融合スケジューリング方式
- 車両転線計画の作成 - *

4 A G - 4

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、計画作成に関わる知識や状況の変化に柔軟に追従できるスケジューリング方式のニーズが高まっている。

このような背景の下、我々は鉄道分野における様々な計画作成業務を適用対象として、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, 以下 GA) とヒューリスティック探索を利用した柔軟で効率的なスケジューリング方式の研究を進めている。[1] [2]

本稿では、鉄道車両基地における転線計画の作成方式について、その概要とプロトタイプによる実験結果について述べる。

2 転線計画作成問題

2.1 転線計画

図1は、仮想的な鉄道車両基地 (図2にそのレイアウトを示す) における転線計画の一例である。転線とは、

NO	開始時刻	車両番号	発番線	着番線	内容
1	9:30	02	入出区線	01	入区
2	9:36	01	入出区線	04	入区
3	9:45	02	01	05	作業 (清掃1)
4	10:03	01	04	03	作業 (点検1)
5	10:15	02	05	01	待機
			⋮		

図1: 転線計画

車両基地内の番線から別の番線への移動のことであり、計画の各行が車両の一回の転線を表している。例えば NO3 の転線は、車両02を2本ある引上線のどちらかを經由して、番線01から番線05へ9時45分から移動することを表しており、さらにその目的は番線05で作業「清掃1」を受けることである。また NO5 の転線における内容項目「待機」とは、作業予定の番線に既に他の車両が在線している場合に別の番線でその空きを待つことを意味する。

転線計画に従って転線業務をおこなうことにより、車両基地に入区する全ての車両が、移動中や在線中に互い

に衝突することなく、予定された清掃・点検・修理等の作業を受けて予定時刻に車両基地を出区することが可能となる。また、全体の転線回数が少ない、作業者の移動距離が少ないといった、多くの評価指標を高いレベルで満足したもののほど高品質の転線計画である。

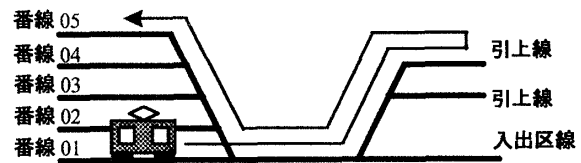


図2: 車両基地レイアウト

2.2 問題の定式化

各車両の入区から出区までの転線手順は予定作業の種類や数等から一意に決定され、制約 (基本手順) としてあらかじめ与えられる。しかし、車両同士の衝突を避けるため作業の合間に車両を待機させる必要がある場合には、基本手順を部分的に変更する、すなわち制約を緩和することが必要である。基本手順とその緩和に関する情報は、図3に示す手順制約グラフとして表現できる。グラフ中で作業転線を表す黒色ノードのみを含むパスが基本手順であり、このパスから待機転線を表す白色ノードを經由するパスを構成することが制約の緩和にあたる。

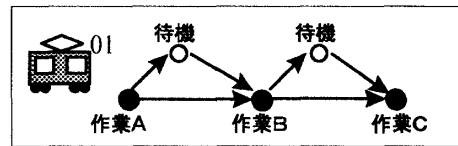


図3: 手順制約グラフ

転線計画作成問題は、この各車両毎の手順制約グラフと先に挙げた様々な評価指標のもとで、転線の (1) 使用番線 (資源) の割り当てと (2) 処理時間の決定をおこなう車両の転線系列を構成する多目的計画問題である。

3 スケジューリング方式

3.1 アーキテクチャ

前節の定式化したがい計画作成方式を実現するためには、資源競合のない計画を立案するという観点から、資源割り当てと処理時間決定の両者を独立にはなく互いに関連させつつおこなう仕組みが必要である。

そこで本方式では、図4にアーキテクチャを示すように、まずGAの遺伝子操作を用いて資源割り当て問題の解候補を構成する。次にその結果を入力としてヒュー

*Scheduling Method using GA fused with Heuristic Search. -Shunt Scheduling in Railroad Base-

†Tatsuhiko SATOU, Toshihiro EGUCHI, Tomohiro MURATA

‡Systems Development Laboratory, HITACHI, Ltd.

リステック探索により処理時間決定問題を解き、結果を計画案として出力する。評価部では、計画案に対する評価指標の充足度と資源の競合状態をチェックして評価値を算出する。評価値はその後の資源割り当ての再探索に利用するために遺伝子操作部へフィードバックする。

このように、資源の割り当てと処理時間の決定がGAの世代交代ループの中で互いに影響を与え合い、計画案の品質改善と資源競合解消を漸進的に進めていく方法である。

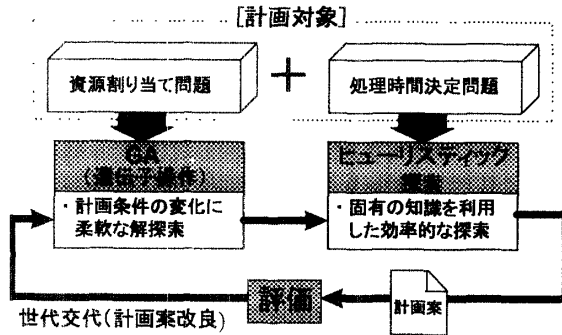


図 4: アーキテクチャ

資源割り当て問題は、車両基地のレイアウトや設備といった問題固有の条件(計画条件)に依存して解法が大きく変化するという性質がある。一方、処理時間決定問題は、資源競合を時間軸上で解消する手続きと捉えれば少数の単純な探索制御ヒューリスティクスを用いた効率的解法が存在する。前者にGAの汎用的な遺伝子操作を、後者にヒューリスティック探索をそれぞれ適用することにより、全体として効率が高く計画条件の変化に柔軟なスケジューリング方式が得られる。

3.2 GA(遺伝子操作)部

ここでの資源割り当て問題とは、手順制約グラフの各ノードに番線を割り当てることである。すなわち、基本手順で使用する番線とそれを緩和した場合に使用する番線を一括して決定する。したがって染色体構造は、(図5)に示すように全車両の手順制約グラフの各ノードに番線を割り当てたものであり、1個の染色体で全車両の割り当て問題の解を表現する。

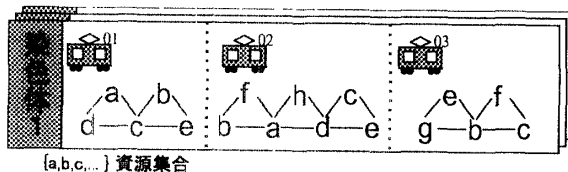


図 5: 染色体構造

染色体に対する遺伝子操作として以下に示す3種類の処理を与えた。(1)自然淘汰は、染色体集合の中で、対応する計画案の評価値が低いものから規定個数を削除する。(2)交叉は、2個の染色体をノード単位で混ぜ合わせて新しい染色体を生成する。(3)突然変異は、ノードに割り当てられた資源を部分的に変更する。

3.3 ヒューリスティック探索部

まず染色体(資源を割り当てた手順制約グラフ)を入力データとして各車両ごとに基本手順を選択し、その中の全ての転線がなるべく早く終了するように処理時間を時間前方に詰めて与えて初期解を構成する。

次に初期解に生じた番線競合の解消をおこなう。競合をおこす転線対の中で競合時間帯が最も早いものを取り出し、どちらかの転線(及び転線系列のそれ以降の全ての転線)の処理時間を時間後方へシフトすることで競合を解消する。これにより連続する転線の間空き時間が生じるので、手順制約を緩和して待機転線を挿入する。上記処理を作業転線の番線競合が全て解消されるか、どれか一つの車両でも出区予定時刻をオーバーするまで繰り返す。

4 プロトタイプによる実験

転線計画作成プロトタイプシステムを開発し実験をおこなった。プロトタイプのソフトウェア規模は、番線割り当ても含めてヒューリスティック探索のみで計画作成をおこなう従来方式の約半分である。図6にプロトタイプの実行画面を示す。染色体数を30個とした場合、100世代前後の探索で実行可能な計画案を生成し、その際の実行時間は約1分30秒であった。また、同じデータを用いて専門家が作成した計画との比較をおこなった結果、両者の評価項目の充足度はほぼ同じであった。

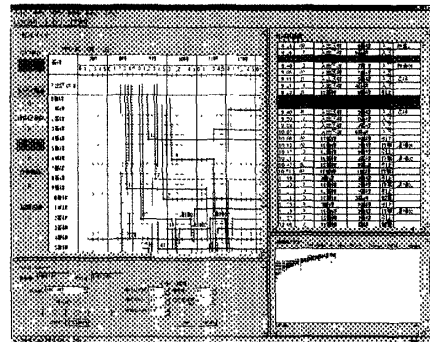


図 6: プロトタイプ実行画面

5 おわりに

GAとヒューリスティック探索の融合によるスケジューリングアーキテクチャを考案し、その適用により車両転線計画作成方式を実現した。プロトタイプを用いた実験の結果、専門家と同等レベルの転線計画を実用的な時間内で作成できることを確認した。

今後は計画条件が異なる複数の車両基地に本方式を適用し、汎用性・拡張性についての検証を進める。

参考文献

- [1] 佐藤 他: GA 応用車両基地トータルシステム - 車両運用計画機能 - 情報処理学会第 53 回全国大会 (1996)
- [2] 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 (1996)