

## タブーサーチを用いた運転整理アルゴリズム

申請中 岡山県立大学大学院 \*森下翔葵 MORISHITA Shoki  
岡山県立大学 滝本裕則 TAKIMOTO Hironori  
01107215 岡山県立大学 金川明弘 KANAGAWA Akihiro

### 1. はじめに

自然災害や事故などにより列車のダイヤが乱れた際、速やかにダイヤの乱れ回復を試みる運転整理を行わなければならない。現在、運転整理はほぼ全て指令員によって人手で行われている。しかし問題の複雑さや迅速性などから指令員の負担が非常に大きい。また将来的な労働人口の減少などという理由からコンピュータによる支援が求められている。

近年、混合整数計画法を用いた運転整理に関する研究が多く報告されている。その中でも今田ら [1] は、初めて折り返し運転を考慮した運転整理アルゴリズムを提案した。これは、長時間にわたる支障区間が発生した場合に、実際の運転整理でよく用いられている、折り返し運転を考慮している。しかし駅数や列車数が増加したときに、処理時間が増大してしまうという問題がある。

そこで本研究では、乗務員運用整理案を短時間で作成可能であることが示された [2]、メタヒューリスティクスアルゴリズムの一種であるタブーサーチ (Tabu search) を用いて、より大規模な問題にも対応できるアルゴリズムを提案する。

### 2. 運転整理

運転整理を行う際には、運休や部分運休といったダイヤ変更手段を組み合わせることが多い。具体的なダイヤ変更手段は文献 [3] を参照されたい。ダイヤ変更手段を組み合わせた運転整理法は、主に以下のようなものが挙げられる。

- 順序変更
- 時刻変更
- 折り返し運転
- 遅延

順序変更とは、列車の運転順序を変更することであり、時刻変更は出発時刻を変更することを意味する。折り返し運転は列車を途中で運転を取りやめ、折り返し運転を行う手段である。遅延とは、運休を行わず支障区間が解消されるまで駅で待機することである。

### 3. 提案手法

#### 3.1. アルゴリズム

提案手法の流れを図 1 に示す。運転整理を、駅に対して列車を割当てる組み合わせ問題としてモデル化を行う。

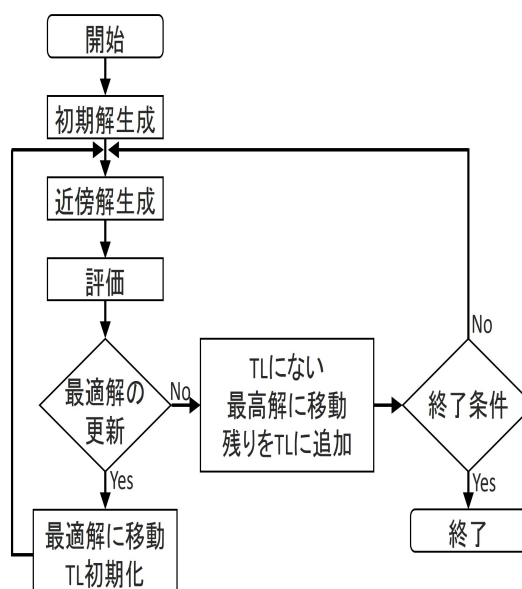


図 1: 提案手法のフローチャート

アルゴリズムには、メタヒューリスティックアルゴリズムの一種であるタブーサーチを用いる。タブーサーチは、現在の解の近傍を探索し最良解に移動していくのが基本であるが、最近探索した解をタブーリスト (図中では TL) に保存し、しばらく探索を禁止することで、大域的な探索を行い局所解に陥ることを防いでいる。

初期解は、運行できない列車に対して遅延か折り返しか運休かをランダムに決めたものとする。また近傍解には、ランダムに決めた 1 つの列車に対して他の列車と整理手段を交換する交換近傍を用いる。最適解が更新されたときに、タブーリストを初期化する。更新されなかった時は、近傍解全てをタブーリストに追加し世代の更新を行う。

### 3.2. モデル化

全ての駅のホームに対して、総運行時分分の配列を用意しモデル化を行う。各配列に対して表 1 に示す数値表現を用いることでダイヤを再現する。

運転整理の表現法について説明する。遅延させて運行する場合は、遅延している間そのホームに待機している状態に変更する。待機中に同じ方向の列車が入ってくるようになっていた場合は、その列車を以前の駅で待機させるようにする。折り返し運転を行う場合は、反対列車の出発時刻まで折り返し待ち状態にしておく。

表 1: 配列の表現法

数値	意味
0	から
1	列車の到着
2	列車の発車
3	列車の待機
4	列車の折り返し

#### 3.2.1. 制約条件

本研究で考慮した条件を表 2 に示す。

表 2: 制約条件

条件
列車の到着から折り返しの発車まで最低 3 分必要
ホーム数を超える数の列車を遅延させることはできない
列車の発車は先行列車の発車から最低 3 分あける
列車の早発は行わない
1 つの番線に複数車両入線できない

1, 2 番目は運転整理を行う際の制約である。3, 4 番目の条件は運行上の制約であり、現実で避けられていることを考慮している。5 つ目の条件については、駅の手前で待機するという方法もあるが、利用者を長時間列車の中で待たせる可能性があり、それを回避するための条件である。

#### 3.2.2. 目的関数

本研究の有効性を確認するために、目的関数については既存研究 [1] と同じく着遅延時分の総和を最小にすることを目的とし評価を行う。運休時の遅延時分につい

てはパラメータ  $\alpha$  とし、指令員が任意に決めることができるように設定する。

## 4. 実験

### 4.1. 実験方法

本アルゴリズムの高速性、大規模にも耐えられるかを確認するため、まずは既存研究 [1] で解が求められている、駅数 4, 列車本数 14 本で実験を行う。途中駅には通し列車用の番線だけでなく、折り返し列車用の番線が用意されているものとする。中央の駅間で 60 分の支障を発生させ、重み  $\alpha = 30$  とする。なお、配線やダイヤなどの詳細については、文献 [1] を参照されたい。また、同じ条件で駅数を 5 駅, 6 駅と増加しても求解できることも確認する。

次に大規模問題にも対応できることを確認するため、既存研究では解を求めることができなかった、駅数 5, 列車本数 18 本で実験を行う。条件は先のものと同じく、中央の駅間で 60 分の支障、重み  $\alpha = 30$  とする。

### 4.2. 実験結果

実験結果については当日発表する。

## 5. むすび

本研究では、折り返し運転を考慮した運転整理案作成問題に対し、タブーサーチを用いることにより、より規模の大きな問題にも対応可能とすることができた。今後は列車種別や臨時列車等を考慮したより一般的なアルゴリズムを開発する必要がある。

## 謝辞

本研究の一部は科研費基盤研究 C (課題番号 17K01573) の補助を受けたことを記し、謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 今田京介, 富井規雄, “途中折り返し運転を考慮した混合整数計画法による運転整理アルゴリズム”, 電気学会論文誌 D, Vol.137, No.6, pp.484-491, 2017.
- [2] 高橋 理, 片岡健司, 小島央士, 浅見雅之, “ダイヤ乱れ時における列車乗務員運用整理案の自動作成”, 電気学会論文誌 D, Vol.128, No.11, pp.1291-1297, 2008.
- [3] (財)鉄道総合技術研究所 運転システム研究室, 鉄道のスケジューリングアルゴリズム - コンピュータで運行計画得をつくる, 株式会社エヌ・ティー・エス, 2005.