

## 進路決定に乱数を用いた運転整理案の検証の検討

## Train rescheduling generation using random number for route decisions

○高橋大和<sup>1</sup>, 香取照臣<sup>2</sup>\*Yamato Takahashi<sup>1</sup>, Teruomi Katori<sup>2</sup>

Abstract : On railway transportation, we are studying train rescheduling automatically generation methods when a transport disorder occurs. We have already proposed any methods which train routes are connected round robin considering kinds of car types. In this paper, we propose a new rescheduling method using random number for route choice of trains. A merit of this method is possible to calculate a sub-optimal plan on long line during real computation time.

## 1. まえがき

鉄道は予め定められた列車ダイヤに基づいて運行されている。しかし、事故や故障などで長時間の輸送障害が発生すると計画通りに運行ができなくなる。その場合、ダイヤを元に戻す作業が必要であり、これを運転整理という。運転整理は従来、指令員による人手で行われてきたが、近年はコンピュータの進歩とともに運転整理案を自動的に作成することも実用化されてきている<sup>[1]</sup>。本研究の目的はアルゴリズムの解法による運転整理案作成の迅速性の検討である。運転整理案を自動的に作成する研究は以前からあり、混合整数計画法<sup>[2]</sup>などを用いた方法が提案されてきた。我々も進路の組み合わせを総当たりで求め、運転整理案を作成する手法を提案してきた<sup>[3]</sup>。この手法では最も良い解が得られるといった利点があったが、路線規模によって作成に時間がかかる欠点もあった。

本論文では、進路選択の組み合わせを乱数<sup>[4]</sup>によって決定した運転整理案について、解の精度比較や作成時間について検証する。

## 2. 運転整理と使用データ

## 2. 1 運転整理

運転整理の概念図を、Figure1 に示す。列車ダイヤは通常横軸に時間、縦軸に距離（位置）を取り、時間に対する列車の移動軌跡が記されている。運転整理案の作成は一般的に、まず輸送障害が発生し全列車が停止、次に運転再開時刻での列車の位置から時間の許す限り列車を路線上で行き来させる。最後に完全復旧時刻における列車の位置まで移動する。本論文では、移動のための進路決定に乱数を用いている。なお、乱数を利用しているため、得られる解は準最適解である。

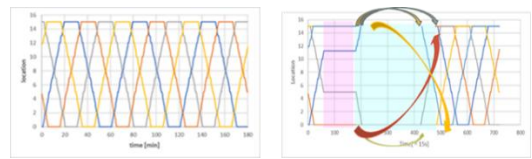


Figure1. Train diagram and concept of route connection.

## 2. 2 使用データ

## (1) 線路配線データ

単位時間 15 秒で走行する区間をブロック分割したものであり、時間と距離の両方を考慮している。

## (2) 計画ダイヤデータ

時間に対する列車の在線位置を、(1)のブロック番号の列の形式で表したものである。

## (3) 進路データ

運転整理案の作成のみに必要なデータであり、線路配線状の折り返し点間で走行可能なブロック番号の列とその所要時間を登録したものである。進路データの例を、Figure2 に重ねた矢印で示す。

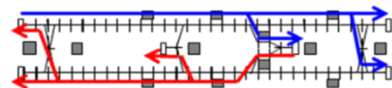


Figure2. Track layout divided blocks and train routes.

## 3. 乱数を用いた運転整理案の作成方法

## 3. 1 乱数を用いた進路の決定

運転再開時刻後の終着駅からの進路を乱数で選択する。進路を連結していき、運転整理時間内で始発駅に至るものを1列車の運転整理案として求める。始発駅に到達しない場合は当該進路を棄却し、再度、終着駅

から決め直す。全ての列車について乱数で進路を決定し、運行可能な解が得られるまで行う。

### 3. 2 運転整理案の評価

運転整理案の評価は、任意の駅*i*での上下方向別の平均運転時隔 $ave_{iu}$ ,  $ave_{id}$ と、同標準偏差 $s_{iu}$ ,  $s_{id}$ で、両者とも小さいほど良い。そして、両者を統合して一つの評価値として算出する。算出式を(1)式に示す。

$$E = \frac{1}{2(n-1)} \sum ((ave_{iu} + s_{iu}) + (ave_{id} + s_{id})) [min] \quad (1)$$

Eは評価値、nは駅数を表す。Eが小さいほど良い。生成を繰り返しより小さい解へと更新する。

## 4. 適用例と考察

### 4. 1 適用路線と計画ダイヤ

本研究では、Figure2に示す東葉高速鉄道をモデルとした路線を対象とした。路線の詳細を、Table1に、計画ダイヤを、Figure1の左にそれぞれ示す。

Table1. Applied line conditions.

Station number	9
Running time (non stop)	15[ <i>min</i> ]
Route number	66
Kind of train type	Local only
Operation train number	4[ <i>train/hour</i> ]

Table2. Rescheduling parameters and evaluation values.

No.	①[ <i>min</i> ]	②[ <i>min</i> ]	③[ <i>min</i> ]	評価値[ <i>min</i> ]
(a)	5	45	135	112.38
(b)	5	45	150	106.66
(c)	10	45	150	104.35
(d)	25	45	135	—

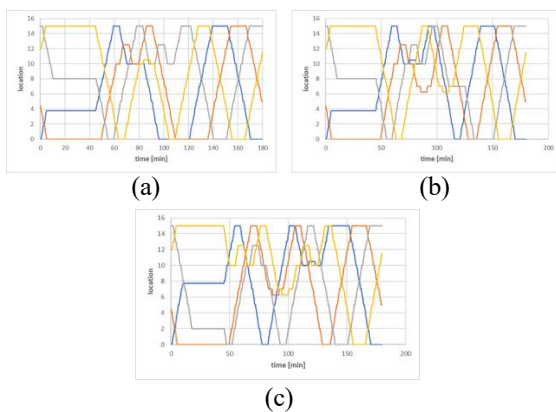


Figure3. Generated rescheduling diagrams.

### 4. 2 入力パラメータと作成した運転整理案

コンピュータに①輸送障害発生時刻、②運転再開時刻、③完全復旧時刻の3つのパラメータを入力し、運転整理案を作成した。入力パラメータと結果の評価値をTable2に、運転整理案をFigure3にそれぞれ示す。

4つのパラメータ設定のもとで整理案の作成を行った。解の更新回数はいずれも100回としたところ、(a)、(b)、(c)はいずれも10秒未満で作成できた。従来研究<sup>[3]</sup>では30秒から1分程度かかっていたため、迅速性は改善された。

(a)と(b)は完全復旧時刻に違いを設けており、評価値を見ると(b)のほうが高い。これは一般的に完全復旧時刻に余裕を持たせると良い運転整理案ができると言われておりそれが乱数で求めた解にも表れている。

(b)と(c)は輸送障害発生時刻と運転再開時刻の間の時間に違いを設けているがあまり評価値に大差ない。これは、運転再開時刻から完全復旧時刻までの時間が等しかったためである。

なお(d)に関しては、解を求めることができなかった。理由は、輸送障害発生から運転再開時刻までの時間が短すぎて、前処理が適切に行われなかったためである。

## 5. まとめ

運転整理案作成の迅速性について検討し、本論文では進路選択に乱数を用いて作成した運転整理案の解を検証した。結果から、条件などの制約があるが、一定の精度を持った良い解を比較的短時間で求めることができた。

今後の課題は路線規模の拡張、整理案の評価方法の追加などが挙げられる。

## 6. 参考文献

- [1] 富井規雄：「列車ダイヤのひみつ」、成山堂書店、p.161(2005)
- [2] 千種健二・佐藤圭介・古関隆章：「混合整数計画法に基づく列車運行乱れ時の旅行時間最大量に主眼を置いた運転整理最適化」、電気学会論文誌D, Vol.132, No.2, pp.170-177(2012-3)
- [3] Teruomi KATORI & Takashi IZUMI, “Train timetable rescheduling generation based on vehicle type and train route combinations”, Wessex Institute, Computers in Railways Vol.XV, pp.373-385(20/Jul/2016)
- [4] 小田切飛馬・香取照臣：「乱数による進路の組み合わせを用いた運転整理案作成の検討」、令和5年電気学会全国大会, 3-039(15/Mar/2023)