

## 車種を考慮した運転整理案の自動生成と評価・選定に関する検討

## Generation and Selection for Train Rescheduling Timetables Considering Car Types.

山崎 悠樹<sup>1</sup>, 香取 照臣<sup>2</sup>, 泉 隆<sup>3</sup>\*Yuki Yamadzaki<sup>1</sup>, Teruomi Katori<sup>2</sup>, Takashi Izumi<sup>3</sup>

A sort of Computer Aided Train Rescheduling for railway operators. To generate train rescheduling timetables: searching tree structure of railway for obtain available route for each train formation and combine all of them without conflict. Generated timetables are evaluated and selected by certain criteria.

## 1. まえがき

日本における鉄道事業は、他の国に比して非常に高い水準の安全性と正確性を有している。しかし、事故、機器の故障、天候や災害など、予期せぬ要因によって輸送障害が生じ、計画ダイヤから外れてしまう可能性は存在する。このような事象によって乱れたダイヤを元の計画ダイヤへと復旧するために、運転整理と呼ばれる作業を行っていく必要がある。運転整理は現状、指令員の経験的技能に大きく依存しており、計算機による完全な自動化には至っていない。

そこで本研究では、運転整理案を自動生成する検討の一環として、各車両が運用可能で、かつ特定の路線に進入可能な車種を復旧時に維持する運転整理案を示すことで、整理案決定の支援を行うことを目指す。

## 2. 列車進路の生成と運転整理案

## 2. 1 線路配線モデルのグラフ表現

列車進路の生成や運転整理案の評価を行う上で、路線上の位置や番線を識別する必要がある。そこで、列車が単位時間で移動する区画を1つのノードとしてグラフ化、番号を与えることで路線上の位置を識別する。また、ノードを有向リンクで結ぶことで路線の接続や列車の進行方向を容易に取り出すことができる。

## 2. 2 運転整理案生成と選定の流れ

運転整理案を生成・選定する一連の手順を図1に示す。ここで入力される条件とは、路線配線データや元の計画ダイヤのことを指す。

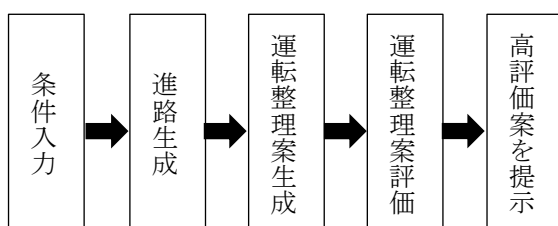


図1 運転整理案生成・選定の流れ

## 2. 2. 1 進路生成

輸送障害発生時の位置から各列車が利用可能な進路を、前述の有向グラフの探索によって生成する。

進路の探索ではグラフを進路上の分岐点で枝分かれする木構造の形に展開し、復旧予定時刻以前に基準ダイヤと同じ位置へ到達するものを取り出す。

## 2. 2. 2 運転整理案の生成

各列車が取り得る進路の生成が完了した後、それらを組み合わせることで全体の運転整理案を生成する。ここでは複数列車が同時刻・同位置に存在しないかを確認し、運用可能な進路の組み合わせを取り出す。

## 3. 運転整理案の評価

生成された運用可能な運転整理案に対し、種々の観点から評価を与えることで、より良い条件でダイヤの復旧が行える整理案を選定し、最終的に提示される運転整理案の候補とする。ここでは利用者の利便性を重視し、列車の運転時隔や、より早く復旧を終えることができるか等の評価基準を設け評価を行う。

以下に用いている評価項目を述べる。

## 3. 1 運転時隔

1つの駅から各方向へ列車が出発する間隔を評価する。間隔の分散が小さい運転整理案に対して高い評価を与えることで、運転整理中も利用者が長時間駅で待たされるような状況を軽減できると考えられる。

## 3. 2 復旧時刻

障害発生から基準ダイヤへ復旧が完了するまでの時間を評価する。復旧が早く完了すれば、運転整理という、平時とは違う不便な状況にある時間を減らすことができる。ただし、通常は行われない長時間の待ち合わせなど、運転整理中の不便が増加する可能性もある。

## 3. 3 輸送力

障害発生から復旧予定時刻までに、列車が輸送できる旅客数を評価する。各駅を出発する列車数、及び復

旧予定時刻から単位時間毎に各駅を出発可能な人数を評価値とする。輸送可能な旅客数が多いほど、旅客の不便や積み残しなどが軽減できると考えられる。

4. 試行例と評価

4. 1 試行路線のモデルと条件

試行の対象として、首都圏に実在する路線図を参考に、図 2 のようなモデルを作成・利用した。表 1～3 に路線や運転整理案生成に関する各種設定を示す。

表 1 適用路線概要

駅数	9
片道所要時間[min]	21
折返し設備数	3
1 編成の収容人数[人]	1500

表 2 列車進路生成前提条件

1.	ダイヤ上の単位時間は 30[sec]
2.	機外停止しない
3.	駅間所要時間は平時と同様
4.	駅での最少停車時間は 30[sec]
5.	折返し駅での最少停車時間は 300[sec]
6.	障害発生後各列車は最寄駅まで進行する
7.	同じ駅での停車は最長で 600[sec]

表 3 輸送障害概要

1.	障害発生後の 1800[sec]後に運転を再開
2.	復旧予定時刻は運転再開から 7200[sec]後

4. 2 試行結果例

前述の路線モデルに対し、図 3(a)に示す基準の計画ダイヤを与え、本手法を適用した例を以下に示す。

表 4 各種運転整理案評価値

	a.基準	b.時隔	c.復旧	d.輸送
時隔分散(上り)	-	626.5	881.2	652.2
時隔分散(下り)	-	601.3	904.6	671.4
復旧時刻[sec]	-	7160	5400	6720
収容人数[人/min]	1350	826	769	852

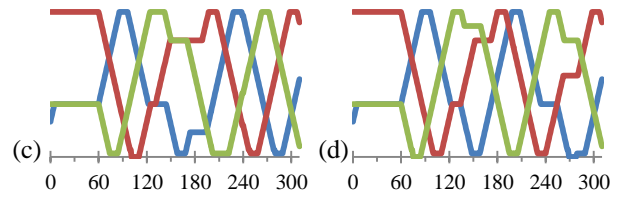
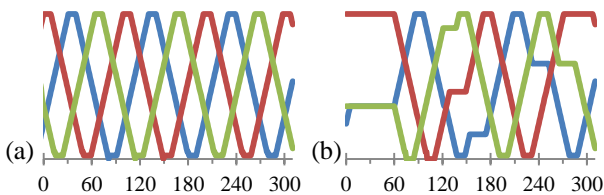


図 3 計画ダイヤと各種運転整理案生成例

各結果を比較すると、図 5(d)に示す輸送力重視の運転整理案が、他に比して各評価値が安定して高くなっている。これは、輸送力評価が発着する回数に依存するため、駅での停車時間が短くなり、機外停止を行わないので時隔が一定になり易くなるためであると考えられる。ただし、現状では 3 種の基準による評価の場合であり、更なる評価基準が与えられた場合にも同様の結果になるとは限らず、一概に図 5(d)が最も良い運転整理案であるとは断言できない。

5. まとめ

輸送障害が発生した際の運転整理案を自動生成するアルゴリズムについて検討した。車種による進入可能路線の観点から、運転再開後に各列車が取り得る進路を網羅し、復旧予定時刻に到達するべき位置を通過する進路を生成し、それらを組み合わせて運転整理案を作成した。また、作成された各運転整理案に対し各種の評価を行うことで選定を行い、各評価の高い整理案を取り出し、比較した。

今後は、旅客の流動<sup>[3]</sup>を考慮した車輛の乗車率評価など、新たな評価基準の模索や、より大きな路線モデルへの適用や、より長時間を掛けて余裕時分以内の調整で復旧を図る場合等の運転整理案作成について検討していく所存である。

参考文献

[1] 家田仁：「通勤列車ダイヤを評価する」,鉄道ピクトリアル, No.503, pp.58-65,鉄道図書刊行会 (1988.11)  
 [2] 永井邦彦他：「通勤鉄道の列車ダイヤ評価」,オペレーションズリサーチ, Vol.38, No.8, pp.389-392 (1993.8)  
 [3] 明星秀一他：「ダイヤ乱れ時の運転再開後の旅客流動予測手法」,鉄道総研報告, Vol.27, No.2, pp.29-34 (2013.2)

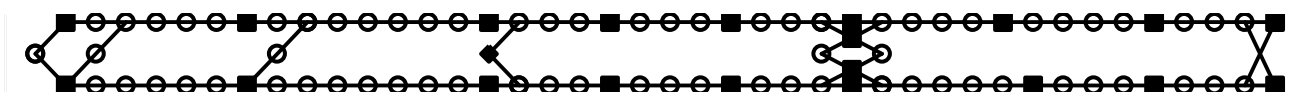


図 2 適用配線モデル