

緊急時の列車運行シミュレーションシステム

本間 正太郎 劉 少英

法政大学情報科学部

1. はじめに

日本の鉄道運行にとって、車両故障等による列車のダイヤ乱れは一つの課題である。輸送障害によるダイヤ乱れが大規模なものになると、鉄道会社は輸送力確保の観点から折り返し運転を実施する[2]。この折り返し運転は運行指令員と呼ばれる専門家の指示に従って行われているが、列車本数が多い時間帯に人の手によって運転整理をするのは困難である。

そこで、本研究では、列車本数が多い時間帯に人身事故等の輸送障害が発生した際、その影響を受けない区間のみで列車を運転するための運転整理案の作成と、それに基づいた列車運行の様子をアニメーションするシステムを開発する。このシステムにより、従来では難しかった通勤時間帯における列車の折り返し等を含めた運転整理案の作成が可能になる。また列車運転の様子をアニメーションで可視化することで、作成された運転整理案を直感的に分かりやすく表現する。

2. 鉄道路線のデータモデル

本節では、システムの開発に必要な路線のデータモデルについて紹介する。

2.1. 路線データ

シミュレートする路線のデータは全て CSV ファイルからの入力とし、プログラムの中身を書き換えずに様々な路線に対応できるようにする。なお、本研究では路線の長さ、運転本数、優等列車の有無等を考慮し JR 横浜線をモデルとした。

2.2. 時刻データ

日本の鉄道業界では、基本的に列車の時刻は秒単位で設定されている。しかし、秒単位の厳密な時刻は一般には公開されておらず、乗り換え案内や時刻検索サイトにも掲載されていない。そこで、通学時やプライベートで列車を利用する際に、乗車した列車の各駅の到着時刻と発車時刻を記録し、数秒の遅延を加味したうえで 15 秒単位の時刻を予測し時刻表データの作成を行う。

3. 列車運行アニメーション

画面上部にシステム上の時刻と上下線の向き、下部に路線上の駅と線路、その上を走る列車を描画する。線路は下り線を青（画面中央上の線）、上り線を赤（画面中央下の線）、それ以外の線路は黄色で表示している。

各列車の上部には、その列車の列車番号、種別、行先を表示し、キーボード操作で表示と非表示を切り替えられる。路線の画面に映っていない部分は、タッチパネルでスクロールするか左右の矢印キーを操作することで視点を移動し確認ができる。また、描画範囲の大きさを変えたい場合は、キーボード操作によって画面の拡大や縮小ができる。



図1 通常運転時のシミュレート画面

4. 運転整理アルゴリズム

事故発生後、その影響を受けない区間のみで折り返し運転をするための運転整理アルゴリズムについて説明する。

4.1. 折り返し区間の決定

列車を折り返し運転させるには、下り線と上り線を行き来するための渡り線を持つ駅を折り返し区間の両端とする必要がある。そのため、あらかじめファイルとして折り返し区間をまとめておき、入力された事故発生箇所から対応する折り返し区間を決定する。

4.2. 使用する車両の決定

折り返し運転に使用する車両は、基本的に折り返し区間内に存在する車両のみとする。しかし、例外として折り返し区間には達していないが、事故発生箇所を既に通り過ぎていた車両については事故の影響を受けないため、折り返し車両に組み込むことができる。

4.3. 列車運転間隔の決定

折り返し区間内では、列車の信号待ちや乗降客数の増加による遅延を防ぐために列車を等間隔で運転する。折り返し区間 1 往復分の所要時間を CSV ファイルから読み込み、4.2. で決定した使用車両の本数で割ることで列車の運転間隔を決める。

列車が折り返しをするためには、進行方向を変えるための機器の操作や、乗務員が反対側の運転台に移動する必要がある。4 分程度の停車時間が必要となる。さらに、列車がホームを発車してから次の列車が到着するまでの時間を含めると、6 分程度 1 本の車両がホームを占領す

ることになる。そのため、列車の運転間隔によっては後述する複数ホームでの折り返しや減便といった処理が必要になる。

4.4. 列車運転再開時刻の決定

等間隔で列車を運転するために、運転再開時に列車ごとにタイミングをずらして運転を再開させる。各列車がどれだけタイミングをずらすかは、基準点までの所要時間によって決める。これは、列車間の距離で調整を行うと、前述した折り返し準備の停車の際にズレが生じてしまうためである。また、列車は後戻りすることができないため、全ての列車を遅らせる操作のみで発車タイミングの調整を行う。

4.5. 各列車の時刻の決定

路線の駅間所要時間をまとめた CSV ファイルと、4.4. で計算した各列車の運転再開時刻から、事故発生時点で運転していた列車の終点までの時刻表を作成する。各列車は終点に到着後に反対方向への列車として折り返しを行うが、この列車の時刻表も事故発生時点で作成する。この処理を事故復旧時刻まで再帰的に行うことで事故発生時点では存在していない列車の時刻表も全て作成する。

4.6. 各列車のルート決定

各列車のルートについては、事故発生時点での列車の位置や終点駅の到着ホームによって異なる。そのため、サブルート、メインルート、終着分岐の3つのルートの組み合わせで決定する。ルートの管理は可変長配列で実装しており、事故発生時点で存在している列車についてはその列車の現在位置、存在していない列車については始発駅のホームの位置に対応するルートが先頭の要素となる。そのルートの最後尾と繋がっている他のサブルートまたはメインルートを順次配列に追加していき、終着分岐では後述の複数ホームでの折り返し手法をもとにルートを決定する。

4.7. 複数ホームでの折り返し

列車の運転間隔が短いと1つのホームで列車を折り返すことが困難になる。そのため両端駅に複数のホームがある場合は、列車ごとに発着ホームを振り分けることで、折り返し時間の確保と運転間隔の短縮を両立している。今回は、運転間隔が6分以下で両端駅に複数の折り返し可能なホームがある場合のみこの手法を適用する。

4.8. 減便

列車の運転間隔が短く両端駅の折り返しホームが1つしかない場合終着駅の手前で列車の渋滞が起こり所要時間の増大につながる。このような場合には車両の本数を減らし列車の運転間隔を6分以上に広げる。4.3. で決定した運転間隔と車両本数から減らす車両の数を計算し、車庫に近い順に減らす車両を決定する。これらの車両については終点を車庫の最寄り駅とし、4.4. ~4.6. とほぼ同様の操作で時刻表とルートを決定する。その後、減らす対象とならなかった車両については4.3. ~4.6. の操作を行い列車の運転を再開する。

5. シミュレートの流れ

プログラムを起動し E キーを押すと Enter Accident ウィンドウが表示される。全線復旧までの所要時間と事故発生箇所を入力し事故発生ボタンまたは Enter キーを押すと事故が発生、運転不能となった区間は路線図が白く表示される。また、運転整理の一連の流れもここで行われ全列車の時刻表やルートが決定する。システム上で5分経過すると事故の影響を受けない区間のみで折り返し運転が開始される。



図2 事故情報入力のための Enter Accident

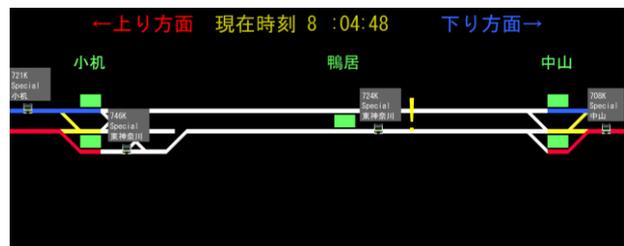


図3 事故発生後の折り返し運転の様子

6. おわりに

意図的に事故を起こしその影響を受けない区間での折り返し運転をシミュレートするシステムの開発を行った。JR 横浜線をモデルとし、通勤時間帯に事故が発生しても一部区間で列車の運転が可能なことをアニメーションで表現できた。路線情報の CSV データを用意すれば他の路線でもシミュレートできるように設計したが、長距離特急列車が走る路線や単線の路線ではこのシステムは使えない。また、乗務員の勤怠や乗客の混雑度等、入手や計算が困難なデータは組み込んでいないため、運転整理案が実用可能であるかは運行指令員の判断に委ねられることになる。

文 献

- [1] 富井規雄, 田代善昭, 田部典之, 平井力, 村木国満, “利用者の不満を最小にする列車運転整理アルゴリズム”, 情報処理学会論文誌, 2005.
- [2] 小澤勇紀, “鉄道輸送障害時の旅客流動を考慮した運転整理案”, 中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士論文, 2010.
- [3] 茂木重満, 相馬眞, 辺田文彦, “運転整理システムの開発”, JR EAST Technical Review No. 28, pp. 47-50, 2009
- [4] 横浜線 - 配線略図 .net
<https://www.haisenryakuzu.net/documents/jr/east/yokohama/>