

東海道新幹線における乗客避難モデル

—新大阪駅 - 名古屋駅間におけるシミュレーション—

2003MM069 村山理紗

指導教員: 澤木勝茂

1 はじめに

1.1 目的

東海地震注意情報が発令された場合、東海道新幹線は平常通り運転を行うが、東海地震予知情報（警戒宣言）が発令された場合は名古屋以東では運行停止をしなくてはならない。しかし名古屋以西は、中央防災会議が予想震度5強以下で津波の恐れのない地域は事業者の判断で運行可能としており、新大阪 - 名古屋駅間の運行が続けられる。運行を続けたとしても、状況により速度をおとしたり列車の本数を減らしたりすると共に、最悪の場合は運行を中止することもある。

そのため、万が一運行を中止することになった場合、列車の乗客数、列車の速度等により、列車をどの駅に誘導させることが最短時間の意味において望ましいかをORモデルを用いてシミュレーションすることが目的である。

1.2 現状

新大阪 - 名古屋駅間には、新大阪駅、京都駅、米原駅、岐阜羽島駅、そして名古屋駅の5つの駅がある。新大阪駅、京都駅、名古屋駅の3駅は全ての列車が停車をする。一方、米原駅と岐阜羽島駅の2駅は、普段「のぞみ」は停車をしないが、本研究では停止させることを考慮する。また、この2つの駅には追い越しを行うための分岐器が設備されている。そのため、列車が待機することを避けるため、最寄り駅の1つ先の駅に乗客を下車させる場合も生じる。米原駅と岐阜羽島駅には追い越しの線路があるためこれが可能となる。

2 問題解決のプロセス

2.1 プロセスの流れ

1. 時刻 T における各列車の新大阪駅からの位置を算出
2. 各列車に対し停止可能である駅を算出
3. 列車が駅に着くまでにかかる時間モデルの定式化
4. 時刻 T に走行している列車を駅に誘導させるのに必要な最短時間の算出

2.2 文字の定義

T (時間 分): 指示時刻
列車を停止させるべきと判断した時刻。時刻 T に対し以下の文字を定義する。

S_x^d ($x = 1, 2, 3, \dots, n$) (分): 列車 x の走行距離
新大阪駅を発車して停止させるべきと判断するまでの列車の走行距離を表す。各列車は数字で区別をおこなう。数字が小さいほど名古屋駅に近いことを表す。また、右上に d がある場合は、距離でその文字を議論しており、 t の

場合は時間で議論している。

V (km/分): 列車の速度

D_y^d ($y = 1, 2, 3, 4$) (km): 各駅の距離

新大阪 - 京都駅間 = D_1^d

京都 - 米原間駅 = D_2^d

米原 - 岐阜羽島駅間 = D_3^d

岐阜羽島 - 名古屋駅間 = D_4^d

N (km): 停止距離

列車が駅に停止するまでに最低限必要な距離。

P_x (人): 乗客数

列車 x の乗客数は最大乗客数を乗せた車両の2分の1をもって乗客数とする。2分の1とは、乗客が下り方向と上り方向のドアに半分ずつ分かれるためである。

t (秒): 下車時間

乗客1人がホームに降りる時間。

C (秒): 補助時間

乗客が下車した後ドアが開まるまでの時間や、駅員が安全に発車できるか確認する時間。

H (km): 閉塞区間

安全のためレールを一定の区間に区切って、その区間には1列車しか入れないもの。

2.3 列車の最寄り駅の検索

駅の数 n とすると、 n の範囲は、 $1 \leq n \leq 4$ (n は整数)である。よって以下のようにかける。

$$\sum_{y=1}^1 N + \sum_{y=2}^{n-1} D_y^d \leq S_x^d + N < \sum_{y=1}^n D_y^d \quad (1)$$

2.4 閉塞区間

閉そく区間とは、安全のため列車1台に対して、前後 H kmの区間には1台も列車を入れないことである。列車 x と列車 $x-1$ の条件は以下ようになる。

$$S_x^d < S_{x-1}^d - H \quad (2)$$

2.5 列車間の距離における制約条件

最寄り駅に列車 $x-1$ が停車をする時、列車 x が待機をする必要がない必要十分条件は以下ようになる。

$$S_{x-1}^t - S_x^t > \frac{P_{x-1}t + C}{60} + H^t \quad (3)$$

3 定式化へのアプローチ

3.1 組み合わせ計画法

最寄り駅ごとのまとまりとして考えた各列車が、最寄り駅へ行く場合と、最寄り駅の次の駅に行く場合の組み合わせ最適問題の実行解は有限個である。すべての実行可能解に対する目的関数の値を計算し、その値の大小を比較すれば、常に最適解を見つけることが可能である。

3.2 0-1計画法

各列車 $i = 1, 2, 3, \dots, n$ に対して、0-1変数をとる。

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{列車}i\text{が停止するとき} \\ 0 & \text{列車}i\text{が停止しないとき} \end{cases}$$

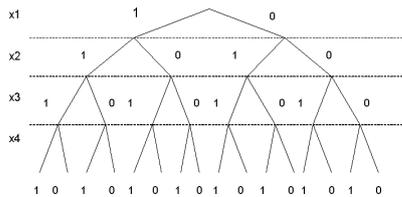
条件(1)(2)(3)のもと、最寄り駅に停止をする列車 i の走行時間を表す目的関数は以下ようになる。

$$\sum_{i=1}^n (D_y^t - S_i^t + \frac{P_i t + C}{60}) x_i \quad (4)$$

最寄り駅の次の駅に停止をする列車 i の走行時間を表す目的関数は以下ようになる。

$$\sum_{i=1}^n (D_y^t + D_{y+1}^t - S_i^t + \frac{P_i t + C}{60}) x_i \quad (5)$$

仮に列車が4本走行する場合は次のような分岐図になる。



4 時刻 T における最適な列車の停止方法を求めるプログラム

4.1 プログラムの概要

時刻 T における各列車の新大阪駅からの走行時間を入力すれば、各列車が最寄り駅、もしくは最寄り駅の次の駅に停止するどちらが望ましいのかを検索すると共に、最後尾の列車が駅で乗客を降ろすまでにかかる時間を求めるプログラムを作成した。

4.2 プロシ - ジャ

プログラムの主な流れは以下のようなステップである。

- step1 列車の本数、補助時間、乗客下車時間を入力
- step2 各列車の走行時間、乗客の人数を入力
- step3 列車の本数が N 本だとすると、その N 桁の2進数の計算
- step4 step2とstep3の掛け算をした2次配列の作成
- step5 step4で得られた2次配列から、配列の各行において、最寄り駅に全ての列車が停車をして乗客を降

ろすまでにかかる時間の計算

- step6 step3の2進数の配列の0と1を逆にした2次配列の作成
- step7 step2とstep6の掛け算をした2次配列の作成
- step8 step7で得られた2次配列から、配列の各行において、最寄り駅の次の駅に全ての列車が停車をして乗客を降ろすまでにかかる時間の計算
- step9 step5とstep8で同じ列番号における値の比較を行い、値の大きいものを抽出
- step10 step9の中で最小の値の検索

5 考察

5.1 使用するデータ

以下のように値を仮定する。

- 停止距離 $N(km) = 4$
- 乗客数 $P_x(\text{人}) = \text{一律} 50$
- 下車時間 $t(\text{秒}) = 3$
- 補助時間 $C(\text{秒}) = 30$
- 閉塞区間 $H(km) = 1$

9時40分における列車の走行位置は次のようである。

最寄り駅名	走行時間(分)
名古屋駅	47
岐阜羽島駅	41
米原駅	30, 24, 21, 17
京都駅	13, 10

5.2 結果

全体でかかる最小時間は18分になり、各列車が以下のようになることが望ましい。

41分	岐阜羽島駅
30分	米原駅
24分	米原駅
21分	米原駅
17分	米原駅
13分	京都駅
10分	京都駅

5.3 謝辞

本論文を完成するにあたり、ご指導やご鞭撻をいただいた方々に心より感謝致します。大変ありがとうございました。

5.4 参考文献

- 福島雅夫：数理計画入門，朝倉書店(1996年)
- 小和田正，澤木勝茂，加藤豊：OR入門意思決定の基礎，実教出版株式会社(1984年)
- 東海旅客鉄道ホームページ，各駅の時刻表
- <http://jr-central.co.jp/services.nsf/station/table-index.html>