

運転整理計算機支援のための 列車運転乱れ時における乗客流推定法

原 和弘*, 熊澤 一将, 古関 隆章 (東京大学)

Passenger Flow Estimation in Irregular Train Operation for a Computer-aided Train Rescheduling System
Kazuhiro Hara, Kazumasa Kumazawa, Takafumi Koseki (The University of Tokyo)

1. はじめに

列車の運行が乱れた際には、適切にダイヤを変更してその波及を防ぐ運転整理作業が行われる。運転整理では、実際の状況が不明確な中でも適切な判断を迅速に下さなければならない。しかし、現状ではダイヤ変更のためのアルゴリズムや評価の系統的方法論が確立されていないため、指令員の定性的判断と経験に頼る部分が多い。

このため、指令員の運転整理業務を支援するシステムが必要とされている⁽¹⁾。先行研究より、乗客の視点に立ったダイヤの定量的な評価⁽²⁾と、計算機が適切なダイヤ変更を行うアルゴリズムを組み合わせることで運転整理案を提示するシステムの開発を行っている⁽³⁾。

本研究では従来の計画ダイヤ時を対象とした乗客流推定に新たな条件や処理過程を導入し、列車運転乱れ時における乗客の行動変化を反映したものとするための方法を提案する。

2. 運転整理案の評価

〈2.1〉乗客の視点に立った整理案の評価 本研究では乗客の視点に立ち整理案の評価を行う。次節に述べる乗客行動シミュレーションにより得られた各列車の乗客数を基に、個々の乗客が受ける損失の総和を評価値とする。その値が小さいほど良い整理案とするものである。乗客が受ける損失としては所要時間・乗換・混雑の3項目を考える。それぞれ次元が異なる量なので時間換算して取り扱う。

〈2.2〉乗客行動シミュレーション 本システムでは、出発駅に均等な間隔で出現し、目的駅までの所要時間・乗換による損失が最小となるよう行動する乗客を仮定している。このモデルは、時刻表を見ずに駅にやってきてその路線の情報をよく知っている乗客に対応し、都市鉄道でよく見られるものである。

乗客行動推定にはグラフ構造を用いる。各列車の各停車駅での到着・出発をノードで表し、走行・停車・乗換をリンクで表現する。このグラフに対し各駅のノード間の最短経路を、ダイクストラ法を用いて探索することで損失が最小となる経路を求めることが出来る。経路ごとに OD データから乗客を割り付け各列車の乗客数を推定する。

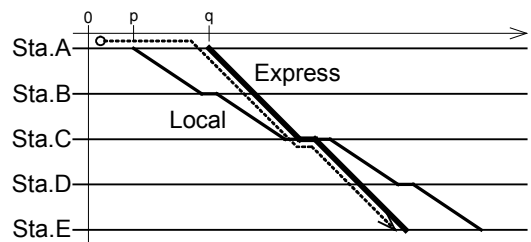


Fig.1 Initial regular schedule

図1 計画ダイヤ

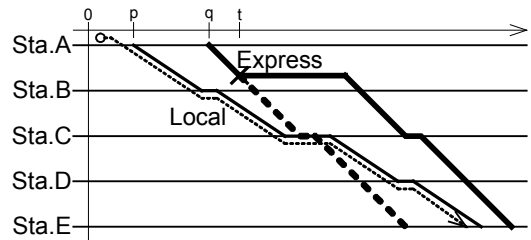


Fig.2 Disturbed schedule after an accident

図2 障害発生後ダイヤ

3. 列車運転乱れ時における乗客流推定

〈3.1〉従来の乗客流推定の問題点 先行研究では障害発生時刻前から乗客がダイヤ変更を予見したかのような行動をとる場合がある。図1に示す計画ダイヤでは、駅Aから駅Eに向かう乗客は、普通列車発車前に駅に到着しても後に出発する急行列車を選択する。図2は急行列車に時刻tで障害が発生したために、駅Cでの待避を解除したダイヤである。従来手法では計画ダイヤから障害発生による変更後のダイヤを1つのダイヤとして扱っていた。そのため、時刻0の時点で障害発生とその後のダイヤ変更を知ることとなり、駅Aから駅Eに向かう乗客は普通列車を選択してしまう。

また、障害発生時には長時間列車が到着しない状況が発生しうる。このときホームには列車を待つ乗客が増え、到着した列車も混雑しているため目的とした列車に乗車できず積み残される場合がある。現在のシステムでは乗車率が何%でも全ての乗客を乗せているが、到着列車の容量を超える乗客については後続の列車を再選択させる必要がある。

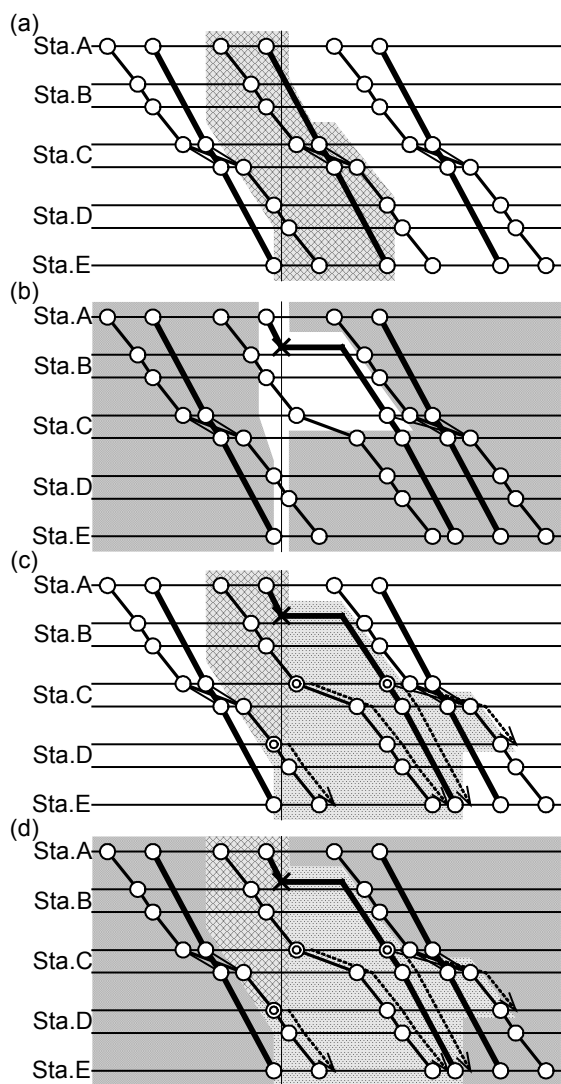


Fig.3 Causality-based passenger flow estimation

図3 因果律を考慮した乗客流推定法

〈3.2〉因果律を考慮した乗客流推定法 正常時と障害発生後 2 つのダイヤを用いることで、列車運転乱れ時における乗客行動を正しくモデル化する。

まず、図 3(a)に示す計画ダイヤにおいて障害発生時刻をまたぐ乗客経路とその人数を求める。次に、(b)に示す障害発生後のダイヤにおいて障害発生時刻をまたがない乗客経路とその人数を求める。ここで、(a)で求めた障害発生時刻に移動中の乗客については(c)に示す◎のノードから障害発生後ダイヤに基づき再経路選択を行う。障害発生時刻に走行中の列車内にいた乗客は◎で示す着ノードからの最短経路探索を行う。停車中の列車内、乗換で途中駅にいた乗客については、障害発生時刻後の発ノードを通るという条件の下で◎の着ノードから最短経路探索を行う。出発駅で列車を待っていた乗客は通常時と同様に発ノードからの最短経路探索を行う。これら乗客を合算したものが(d)であり、得られた乗客数を基に正しい評価値が算出できる。

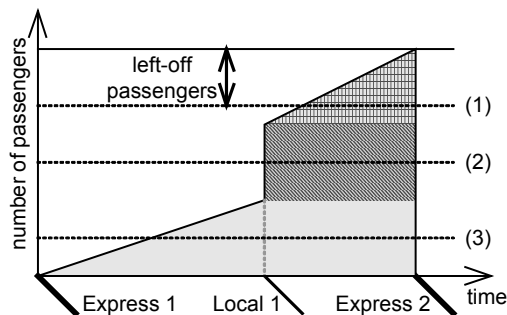


Fig.4 Number of passengers waiting for the express 2

図4 急行列車2を待つ乗客数

〈3.3〉積み残しの考慮 乗客は目的とする列車ごとに一列に並んでいるモデルを仮定する。乗客は OD ごと一様に出発駅に出現し、到着が早いものから順に限界人員まで目的の列車に乗車できる。図4は急行列車2を待つ人数を示したものである。(1)~(3)はその列車に乗車可能な人数を示しており、それを越えた分に関しては積み残される。

ある列車を待つ乗客が発生するのはそれぞれの OD に対して直前の有効列車が発車してからであり、時刻により待ち人数の発生割合が異なる。どの OD が何人積み残されるかを求めるために、積み残し発生列車の発車時刻から逆に発生する乗客数を計算し、積み残しが始まる領域、時刻を求める。(2)のように乗換によって一斉に列に加わった乗客によって積み残しが発生するケースでは、それらの OD ごとに比例配分で乗車の可否を決定する。

積み残し発生時刻後に出現した乗客は、当初目的としていた列車に積み残された後、その列車の発車直後に改めて経路探索を行う。

4. まとめ

運転整理業務を支援するためのシステムに乗客流推定に基づく評価を導入する考え方を提案し、障害発生時における乗客の行動判断の因果律や列車の定員を考慮したモデルについて詳述した。これにより運転整理案作成時に正しい運転整理案の評価を行うことが可能となる。今後は障害発生後の運転整理案作成や、乗客への情報伝達に要する時間差を表現する乗客流推定法の提案・実装を行う。

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:数理モデル化と応用, Vol.46, No.SIG2(TOM11), pp.26-38 (2005)
- (2) 林良太郎, 古関隆章:「都市圏鉄道における運転整理案の評価と効率的手法の提案」, 電気学会全国大会, 4-234, pp.1578-1579(2001)
- (3) Y. Nagasaki, M. Eguchi, T. Koseki, “Automatic Generation and Evaluation of Urban Railway Rescheduling Plan”, International Symposium on Speed-up and Service Technology for Railway and Maglev Systems, pp.301-306 (2003)