

# 判断の因果関係を正しく表現する 列車運転異常時の乗客流推定法

大山 大介\*, 原 和弘, 古関 隆章 (東京大学)

Passenger flow estimation for irregular train operation  
with appropriate causality model of passengers' decision  
Daisuke Ooyama\*, Kazuhiro Hara, Takafumi Koseki (The University of Tokyo)

## 1. はじめに

列車運転異常時の運転整理を計算機で支援するシステムが望まれている。運転整理の自動化において乗客行動のシミュレーションが重要である。先行研究<sup>[1]</sup>においては、平常時の乗客流動の推定をグラフ理論を用いて実現した。本稿では、列車運転異常時に乗客の判断/行動が時間的に変化する状況下での乗客流推定を検討する。

## 2. 乗客行動の表現

乗客は出発地から目的地まで最短経路を選び乗車すると仮定する。ここでの最短経路とは、所要時間と乗換損失の和を最小にする経路である。損失時間は乗客発生時から目的駅到着までの実時間を指し、乗換損失とは乗換実時間に加え乗換にかかる手間をペナルティとして時間換算したものを指す。

以上の仮定のもと、グラフ理論で乗客流をモデル化する。図1のように各列車の着発をノードとし、乗車による移動や乗換をリンクで表現する。最短経路探索には、ダイクストラ法を用いる。

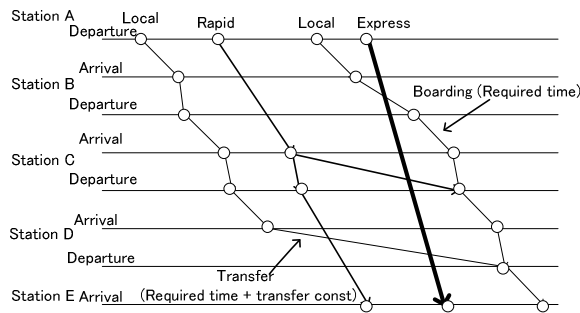


図1 乗客行動グラフの例  
Fig.1. An example of graph representing passenger flow

## 3. 先行研究<sup>[1]</sup>における乗客行動処理の問題点

図2のようなダイヤにおいて、各駅停車でA駅からC駅に向かう乗客を考える。時刻0からpの間に発生した乗客は、最短経路を選ぶため先行する各駅停車には乗らず、後に来る急行列車に乗る。

ここで、図3のように急行列車が事故で遅延したとする。このとき、従来の行動推定法<sup>[1]</sup>ではダイヤ全体を既知として最短経路を求める。駅Aで時刻pまでに発生した乗客は、

現実には将来の事故発生を知らないにもかかわらず、事故後のダイヤに基づいて最短経路を選択してしまう。これは現実にはありえないことなので、モデルの修正が必要とされた。

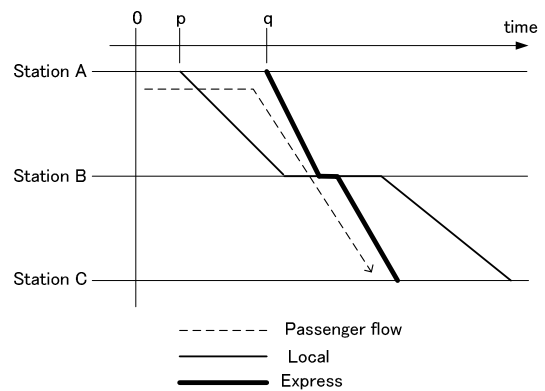


図2 正常時の乗客行動  
Fig.2. Passenger behavior in typical situation

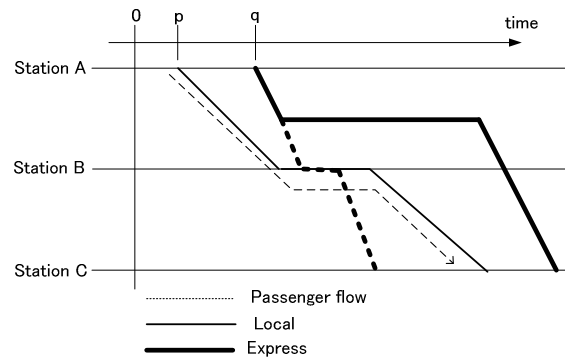


図3 事故予見を行う乗客行動  
Fig.3. Passenger behavior with foreseeable accidents

## 4. 不適切な事故予見をしない提案手法

まず、事故発生を知らないか乗換の選択余地のない乗客がいるノードを抽出する。対象となるのは、事故前のすべてのノードと、事故時に走行している列車の事故後における第1番目の着ノードである。それらのノードは、図4の黒で塗った部分に該当する。

次に、抽出したノードの乗客数をコピーする。事故後の発ノードすべてに対してダイクストラ法を用い、最短経路を求める。

最後に、事故時に駅にいた乗客と、抽出したノードのうち各列車の末端のノードにいる乗客を OD 別に分け、事故後の最短経路に再分配する。

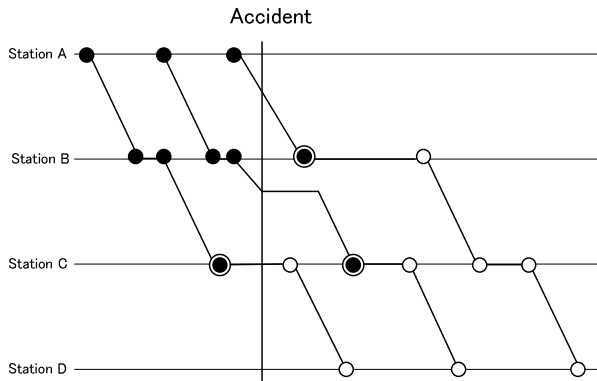


図4 ノード抽出  
Fig.4. Node separations

### 5. 提案手法の適用例

図5のようなダイヤでシミュレーションを行った。急行の3Mが、駅BC間で900秒遅延したとする。遅延後、3Mと203Mの駅Eでの待避関係を解除した後のダイヤが図6である。このときの乗客流の解析を行った。

代表的な列車として事故列車より先発している203Mと、事故を起こした3Mについて、表1に推定された乗車人員を載せる。

正常ダイヤ時の3MのA-B駅間での乗車人員は675人である。それを踏まえて事故後のダイヤを確認すると、改良前のプログラムでは、表1,2に示すように事故を予め知っているかのような行動を乗客はとる。そのため、事故列車の3MにA駅からの乗客数が299人と大幅に減り、前の列車203MではA駅で516人乗車している。

一方で改良後は、図7のように事故列車にもA駅で675人の乗客が乗っている。事故前の列車にはA駅で160人乗車しており、これは正常時と同じである。事故が発生するまでは正常時と同じ経路選択をし、事故後に再度変更されたダイヤに対して最短経路を選び直している。

表1 列車の乗車人員  
Table1. Number of passengers

203M	Proper timetable	Former model	New model
A-B	160	516	160
B-C	126	482	126
C-D	118	474	118
D-E	86	473	86

表2 列車の乗車人員  
Table2. Number of passengers

3M	Proper timetable	Former model	New model
A-D	675	299	675
D-E	700	325	729

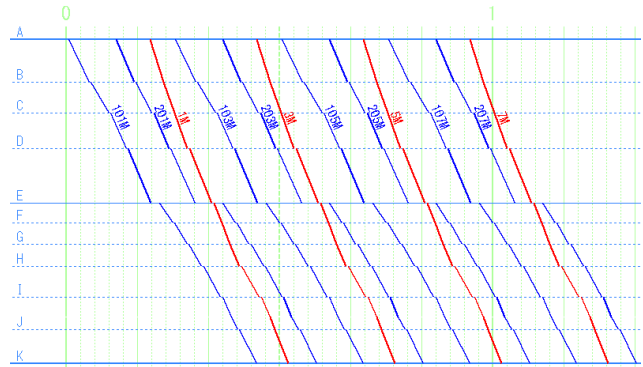


図5 正常ダイヤ  
Fig.5. A timetable during typical situation

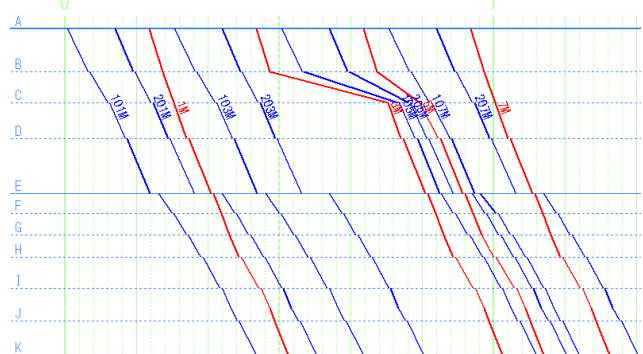


図6 事故後ダイヤ  
Fig.6. A timetable after an accident

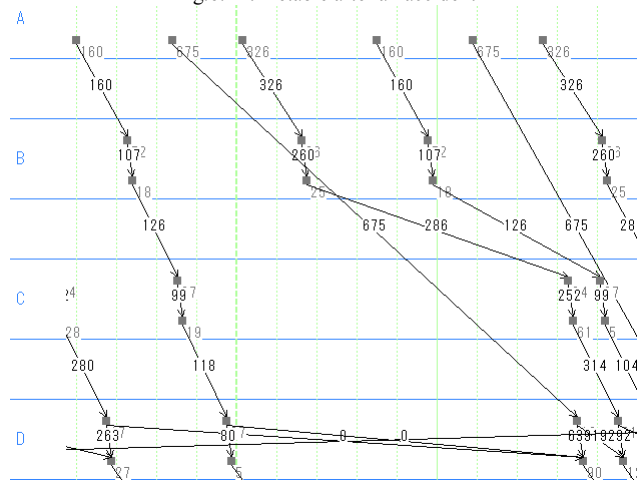


図7 正しく表現された乗客グラフ  
Fig.7. Appropriate graph representing passengers' flow

### 6. まとめ

OD表をベースに事故発生時の判断の因果関係を正しく表現できる乗客流推定法を述べた。この手法の実装を行うことで、事故発生時の運転整理案の生成のために重要な乗客行動予測<sup>[2]</sup>を行うことができる。

#### 文献

- [1] 長崎祐作, 高野求, 古閑隆章: "グラフ理論に基づく乗客経路決定機能を持つ運転整理評価・支援システム", 電気学会システム・制御研究会, SC-04-11, pp.25-29, Mar. 2004.
- [2] 富井規雄: "運転整理システムの高度化にむけての課題", 鉄道総研報告, Vol.18, No.12, 2004.