

運転再開時における旅客の列車選択行動モデル

信号・情報技術研究部 運転システム研究室

副主任研究員 渡辺 義大

1. はじめに

事故等の発生によって列車ダイヤに乱れが生ずると、通常の運行状態に回復させるため、列車の運休、順序変更等、元の列車ダイヤに一連の変更が加えられる。これは運転整理と呼ばれ、その際には迅速かつ適切な判断が求められる。運転整理の際には、利便性の低下をできる限り防ぐため、輸送障害時における利用者の動向を適切に考慮する必要がある。しかしながら、現在では、平常時における利用者の動向と、運転整理担当者の過去の経験に基づく推測に頼らざるを得ないのが実情である。これは、輸送障害時の利用者動向は平常時とは異なり、その予測は必ずしも容易ではないことに起因する。

本研究では、利用者へのアンケート調査を実施し、旅客 OD データ（以降 OD データと呼ぶ）を使用したシミュレーションに基づき、輸送障害時の旅客流動を推定する手法を構築した。ここではシミュレーションに推定機能として実装する「運転再開後の初列車に乗車するか／乗車せず見送るか」に関する、複数パターンの仮想的な輸送障害シナリオを前提とし、その際の列車選択行動の回答を求める、場面想定法による Web アンケート（SP 調査、Stated Preference：選好意識調査）を実施した。アンケートの結果を用いて、運転再開時初列車選択モデルを構築するとともに、構築したモデルを利用し、これまでに開発した列車運行・旅客行動シミュレータ¹⁾に機能追加を行った。これにより、運転再開時の旅客行動を考慮した推定が可能となった。

2. 背景と目的

輸送障害時には、旅行そのものを中止する、振替輸送等により他路線へ迂回する、混雑する運転再開時の初列車を避けるといった旅客行動が見られ、これら全てを考慮して運転整理を行うのは、実務上困難である。本研究では、輸送障害時の旅客行動を列車経路レベルで推定することを目的とし、特に、運転再開時に初列車を選択するか、後発以降の列車を選択するかという点を重視する。

これまでの関連研究として、自動改札機で取得される OD データを使用し、予測したい輸送障害時の旅客数を、過去に発生した類似の輸送障害事例における OD データの減少率を使用して予測するものがある²⁾。また、輸送障害時における各駅間の断面交通量を、過去の輸送障害時の断面交通量データに対する重回帰分析で予測した研究がある³⁾。

上述した研究では、各旅客がどの列車に乗り、いつ目的地に着いたかという列車経路の推定は実現できていない。列車経路を推定するために、本研究ではアンケート調査結果を分析することにより、列車選択モデルを構築する。

3. 本研究のフロー

本研究のフローは、図 1 の通りである。運転再開初列車選択行動モデルをアンケート調査結果の分析により構築し、列車運行・旅客行動シミュレータに反映する。シミュレータに反映後、以下の①～③の通りの手順で、シミュレータへの入出力、推定効果の検証を行う。

- ① 平常時の OD データ、計画ダイヤ・ダイヤ乱れ当日の実績ダイヤを入力

- ② シミュレーションにより、ダイヤ乱れ当日の各旅客の列車経路を推定し、推定結果を出力
- ③ 推定結果と当日のノリホデータを突合せることにより、推定効果の検証を実施

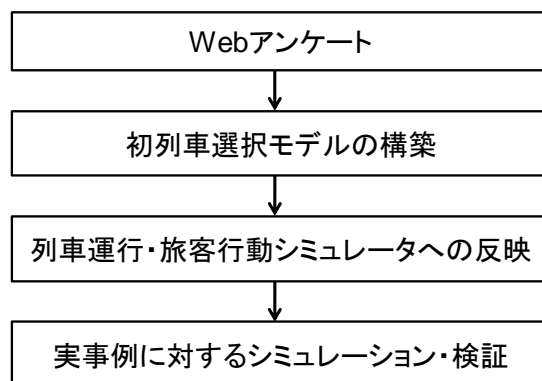


図1 旅客流動を精緻に把握する手法のフロー

4. アンケート調査とモデル構築

場面想定法によるアンケート調査では、複線区間の線区 a (A 駅から F 駅) を対象に、「月 1 回以上利用」と回答した 15 歳以上の男女に回答を求めた (実際のアンケートでは実路線名, 実駅名を具体的に提示した)。A 駅から F 駅までの所要時間は、快速で 50 分, 普通列車で 60 分で、実際の所要時間とほぼ同じである。本アンケート調査では、輸送障害時における列車ダイヤのシナリオを仮想質問とした。

線区 a の朝の通勤時間帯, A 駅から F 駅への移動を想定する。

B 駅到着時, D 駅での人身事故発生との情報が入り, 運転見合わせとなったケースを提示した。

さらにその後, 線区 a の全線で運転が再開される, というシナリオを提示し, 運転再開の際に, ホームに停車中の運転再開初列車 (先発列車) に乗車するのか, ホームで次の列車を待つのか, 行動に対する回答を求めた (図 2)。

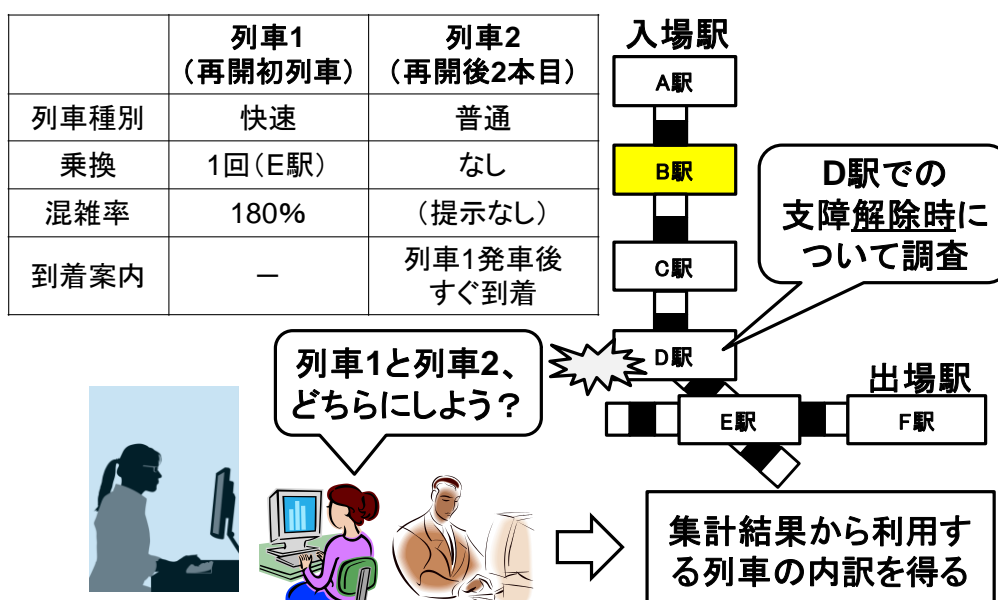


図2 アンケートのイメージ

上記のアンケート調査結果の分析により、旅客が運転中断を伴う輸送障害に遭遇した場合に、運転が再開された後、運転再開時初列車に乗車するか、乗車しないかについて、初列車選択行動モデルを作成した。

運転再開時の初列車選択行動の推定には、 P_1 を先発列車選択確率、 U_1 を先発選択効用値、 U_2 を後発選択効用値とそれぞれし、以下の式を用いる。

$$P_1 = \frac{e^{U_1}}{e^{U_1} + e^{U_2}}$$

ここで、効用値は以下の式であり、各説明変数は、表1の通りである。

$$U_1 = -0.013X_1 - 0.004X_2 + 0.496, \quad U_2 = -0.025X_3 - 0.215X_4 - 0.048X_5$$

表1 各説明変数について

| 説明変数 | パラメータ値 | t値 |
|----------------------------------|--------|---------|
| X_1 ：先発列車所要時間（50：快速，60：普通 の数値） | -0.013 | -1.744 |
| X_2 ：先発混雑率（%） | -0.004 | -7.654 |
| X_3 ：後発列車所要時間（50：快速，60：普通 の数値） | -0.025 | -3.718 |
| X_4 ：後発乗換有無（0：乗換なし，1：乗換あり） | -0.215 | -3.495 |
| X_5 ：後発発車時間（分）予想（回答者が予想した時間） | -0.048 | -15.106 |
| 定数項 | 0.496 | 0.715 |

※ t値の絶対値が大きいほど、先発列車選択確率への影響が大きいことを示し、1.96 より大きければ有意であることを示す。

パラメータ値について考察すると、変数 X_1 から X_5 のパラメータが負の値となった。これは、各変数値（ $X_1 \sim X_5$ ）が増加した場合には、その列車は選択しない傾向があることを意味しており、正負の符号は自然な結果であると考えられる。 X_1 のt値は1.96よりも0.2程度小さくなってしまったが、あまり1.96からは離れておらず、説明変数の数を確保したいという考えから、本研究ではモデル構築に使用した。

5. シミュレーションによる評価

シミュレータの再開時列車選択推定機能を実装し、本手法によるシミュレーションでの旅客流動推定結果と、実際の輸送障害時における旅客流動の実績とを比較し、検証を行った。なお、既存の列車運行旅客行動シミュレータでは、迂回経路推定機能は実装済みである。

線区aの13駅において、19時以降に改札を出た利用者4833人を対象とした。

実績値：輸送障害日のデータ

推定値：平常日の輸送障害日と同じ曜日のODデータと、輸送障害日の運転整理ダイヤデータをシミュレータにかけた結果の出力値

なお、輸送障害日に輸送障害が発生しなかった場合でも、平常日との旅客数が異なることが考えられる。そのため、輸送障害日と平常日において、輸送障害発生前の時間帯の利用者数を比較し、補正している。輸送障害は、19:08に発生し、19:57に全線運転再開した。図3と図4は、運転再開時の初列車について、「ノリホ（乗務員による乗車人員報告）」、「(1) 迂回経路推定機能のみを使用した場

合」，「(2) 迂回経路推定機能に初列車選択推定機能を追加した場合」の比較を行った。下りについては、実際のデータと比較的良く合っているが、上りについては、過大に推計することは抑制されているが、十分とは言えない。さらなる精度向上が課題として残った。モデル適用効果については、引き続き検証を継続したいと考える。

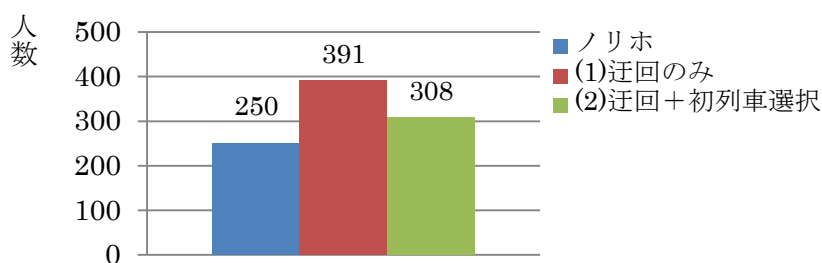


図3 乗車人数の推定結果（下り）

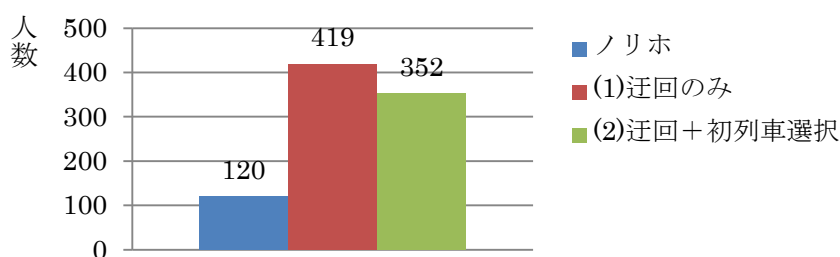


図4 乗車人数の推定結果（上り）

6. まとめ

本研究では、運転再開時における旅客の列車選択行動について、アンケートを実施した結果を用いた行動モデルを作成した。また、シミュレータの再開時列車選択推定機能を実装し、シミュレーションでの旅客流動推定結果と、実際の輸送障害時における旅客流動の実績とを比較し、検証を行った。

本成果の活用として、輸送障害時における運転整理支援が考えられる。輸送障害発生後に、旅客がどのような行動をとっていたのかを運転整理担当者に提示することができれば、適切な運転整理が行えることが可能となると考えられる。

参考文献

- 1) 國松武俊，平井力，富井規雄：マイクロシミュレーションを用いた利用者の視点による運転整理案評価手法，電気学会論文誌 D（産業応用部門誌），Vol.133，No.7，pp.756～764，2013
- 2) 明星秀一，杉山陽一，松原 広：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
- 3) 國松武俊，平井力：実績データを活用したダイヤ乱れ時の旅客流動分析手法，鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，論文番号 1721，2012