

## 通勤線区におけるダイヤ乱れ時の利用者不満モデルの構築

輸送情報技術研究部 運転システム研究室  
主任研究員 平井 力

### 1. はじめに

事故等の発生によってダイヤ乱れが生ずると、本来の運行状態に戻すため、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、指令担当者の意思決定に基づいて実施されている。事故発生の時刻や箇所の特情だけでなく、不確実な状況変化を総合的に考慮しながらの迅速な判断が求められるため、極めて難易度が高い業務であり、システムによる支援が強く望まれている。

情報通信技術等の発展に伴い、指令業務を支援するシステムは導入されつつあるが、運転整理案（列車ダイヤ変更案）作成を支援する機能は必ずしも十分に整備されているとは言えない。これは、「良い運転整理」を明示するための評価手法が確立されていないことに理由の1つがあると考えられる<sup>1)</sup>。そこで、本研究では、特に利用者の心理的な側面に着目し、運転整理の効果を議論できる精度を持つ運転整理評価手法の構築を目標とする。

### 2. ダイヤ乱れ遭遇者に対するアンケート調査

#### 2.1 インターネットによるアンケート調査

ダイヤ乱れに遭遇した利用者が感じる不満を把握するため、アンケート調査を実施した。社会的影響がより大きな大都市圏の路線を対象とし、ダイヤ乱れが発生した後、できる限り早く、かつ、多くの回答を収集する手段として、インターネット調査を活用することとした。図1に調査の画面例を示す。アンケートは①不快な経験、②当日の移動全体を通じた評価、③原因帰属、④個人属性の4項目群からなる約40項目とし、①から③の項目群では、5段階の評価尺度（「1：感じなかった」～「5：非常に感じた」）での回答を収集した。

#### 2.2 アンケート調査の実施

2009年度から2010年度にかけ、ある特定の路線で発生したダイヤ乱れに遭遇した利用者を対象に、3回の調査を実施した。調査実施判断の基準策定にあたっては、発生箇所、時間帯、規模、原因等を勘案した。第1回目と第2回目は部外原因となる人身事故、第3回目は部内原因となる信号トラブルであった。それぞれの調査で3,500人前後からの回答を収集している。ただし、第1回目の調査ではアンケート項目の試行錯誤があったため、第2回目と第3回目で得られた回答を分析の対象とした。整合性等を考慮してデータを絞り込み、4,778人分の回答を以降の分析に用いた。

### 3. 利用者不満モデル

#### 3.1 利用者不満モデルの構築

アンケート調査データを分析した結果、図2に示すモデルで利用者の不満を表現できることが明らかになった<sup>2)3)</sup>。利用者不満に影響を与える要因と各要因からの影響の大きさを、矢線と数値で表わしている。数値は0から1の間をとり、1に近いほど影響度が大きい。利用者不満に直接向かう矢印がある要因は、利用者不満への「直接効果」があると言う。他の要因を介して利用者不満に結び付く要因は、利用者不満への「間接効果」があると言う。直接効果と間接効果の和を「総合効果」と呼ぶ。

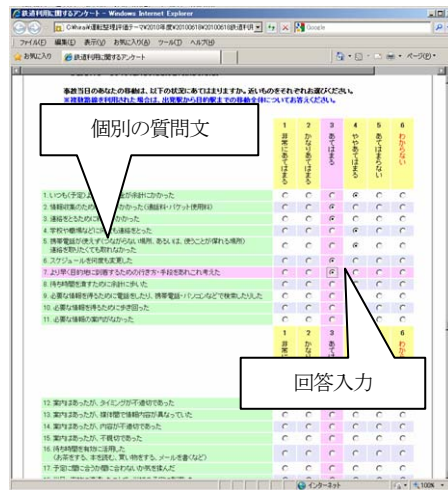


図1 インターネット調査画面例

### 3.2 利用者不満モデルからの知見

図2からは、例えば、次を読み取ることができる。

- 利用者不満への直接効果が最も大きいのは、鉄道事業者に求める責任の程度であり、その影響の大きさは0.46である。
- 案内不適切からは利用者不満への直接効果があり、その影響の大きさは0.09である。
- 案内不適切からは、鉄道事業者に求める責任の程度を介して、利用者不満への間接効果があり、その影響の大きさは、 $0.39 \times 0.46 = 0.18$ である。
- 案内不適切から利用者不満への総合効果は  $0.09 + 0.18 = 0.27$  となる。

図3は、不満に及ぼす各要因の総合効果の大きさをまとめたものである。直接効果と間接効果がそれぞれ占める割合を色分けしている。この図からは、ダイヤ乱れ時の利用者不満に占める影響が最も大きいのは、案内不適切と時間増であり、混雑度増がそれらに続くこと等を定量的に把握できる。

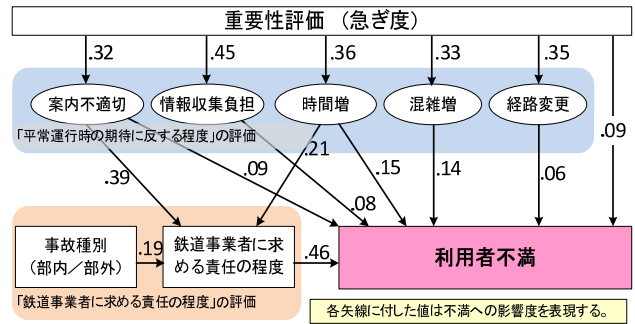


図2 利用者不満モデル

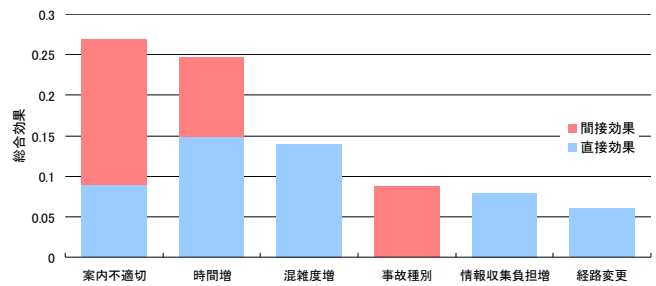


図3 各要因から利用者不満への影響度

## 4. 利用者不満予測計算式

### 4.1 利用者不満予測計算式

利用者不満モデルの要因で、運転整理案の違いの影響を受けると考えられる「時間増」「混雑度増」「経路変更」に着目し、利用者不満予測計算式を導出した。式1から式5に示す。式1に含まれる4つの項は、順に、所要時間、待ち時間、混雑度、乗換回数から生ずる不満を表し、それぞれ式2から式5の形になる。利用者不満の値は、アンケート項目群の「当日の移動全体を通じた評価」内の質問に対応し、予定していた移動に比べて「1：不満を感じなかった」から「5：非常に感じた」までの値をとる。

式1: (利用者不満) =  $-1.21 + 0.39x_1 + 0.20x_2 + 0.24x_3 + 0.19x_4$

式2:  $x_1 = 2.69 + 2.46 \{ \log(\text{当日所要時間} + 1) - \log(\text{期待所要時間} + 1) \} + 0.26(\text{運休}) + 0.32(\text{急ぎ度})$

式3:  $x_2 = 2.20 + 1.12 \{ \log(\text{当日待ち時間} + 1) - \log(\text{期待待ち時間} + 1) \} + 0.22(\text{運休}) + 0.32(\text{行先変更}) + 0.23(\text{急ぎ度})$

式4:  $x_3 = 2.37 + 0.02(\text{車内混雑度増}) + 0.27(\text{運休}) + 0.28(\text{急ぎ度})$

式5:  $x_4 = 1.89 + 1.44 \{ \log(\text{当日乗換回数} + 1) - \log(\text{期待乗換回数} + 1) \} + 0.34(\text{運休}) + 0.14(\text{急ぎ度})$

### 4.2 利用者不満予測計算式と不効用の相関

式1で表わす利用者不満予測計算式と、これまで利用者不満を表すために用いられることがあった「不効用」と呼ばれる計算式<sup>4, 5)</sup>の値を比較した。表1に、調査で得られた不満値である「実不満」と、各計算式間の相関係数を示す。実不満と最も相関が高いのは、利用者不満予測計算式の値である「予測不満」であることから、2つの「不効用」よりも高い精度で利用者の不満を予測可能と言える。

表1 利用者不満と不効用値の間の相関係数

	実不満	予測不満	不効用1 <sup>4)</sup>	不効用2 <sup>5)</sup>
実不満	1.00	0.61	0.43	0.48
予測不満	—	1.00	0.66	0.67
不効用1 <sup>5)</sup>	—	—	1.00	0.83
不効用2 <sup>6)</sup>	—	—	—	1.00

## 5. 利用者不満予測値の計算

式1で示した利用者不満予測式を具体的に計算するにあたり、列車運行・旅客行動シミュレータ⑥を活用する。列車の運行状況と利用者行動をコンピュータ上で再現し、与えられた列車ダイヤ（運転整理ダイヤ）に対する様々な評価値計算を可能とするシステムである。

図4にシミュレータの表示画面を示す。①遅延発生状況や混雑率を色分け表示する列車ダイヤ図、②各列車および各利用者の状態表示、③各列車の在線状況がそれぞれ計算状況に連動して表示される。

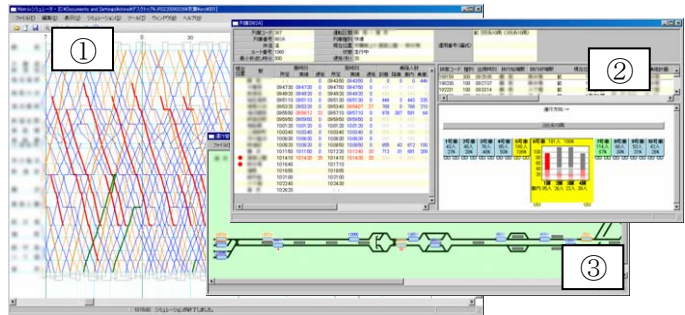


図4 列車運行・旅客行動シミュレータ

シミュレーション内部では、初列車の時刻から時系列的にシミュレーション計算を行なう。各利用者は、大都市交通センサスや自動改札機等から得た利用者OD（各利用者の乗車駅、降車駅、利用時間帯）データを参照し、出現時刻になると出発駅に出現する。各列車は、予め与えられた時刻表にしたがって運行し、駅に出現した利用者は、各自の行き先駅に応じて列車を選択して乗車する。このような計算を、各利用者は目的駅で降車するまで、各列車は始発から終着まで繰り返す。

シミュレーション結果として保存される各利用者の行動履歴を用いて式1の値を算出するとともに、各利用者の値を集約することで運転整理案に対する評価も可能と考えられる。

図5に式1の計算手順を示す。入力となるのは、評価計算対象の運転整理ダイヤ、所定ダイヤ、その他、シミュレーション計算に必要なデータである。列車運行・旅客行動シミュレータが各利用者の行動を予測し、その結果から、式1で表現される利用者不満予測の値を算出する。得られた値を集約することにより、運転整理ダイヤに対する定量的な評価が得られることになる。別の運転整理ダイヤに対して同様の計算をすれば、運転整理の違いを比較検討することも可能となる。

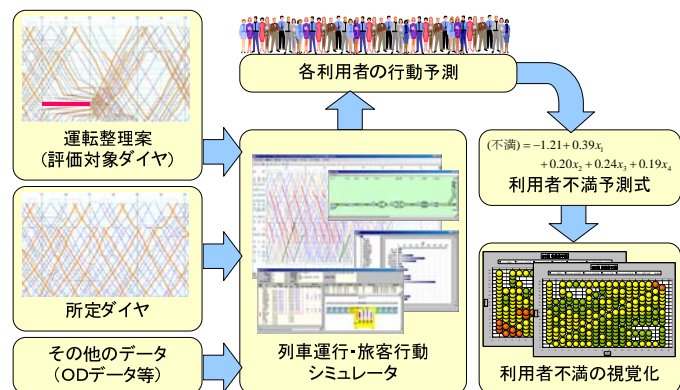


図5 利用者不満予測値の計算手順

## 6. 運転整理案評価の計算例

大都市圏のある線区における運転整理を想定し、利用者不満予測値を試算した結果を示す。シミュレーション計算によって各利用者が持つと予測される不満を算出しているため、様々な切り口での集約方法を考えることができる。ここでは、発駅・着駅毎にとりまとめることとした。運転整理ダイヤの違いに応じた利用者不満予測値の違いを見えるようにすることで、指令の訓練や、運転整理の方針検討への活用が期待できる。

図6に、運転整理ダイヤの例を示す。駅Zにおける1時間程度の支障発生を想定した。運転整理案1では列車間隔があいているが、運転整理案2では輸送力を確保するように列車を設定している。図7に、シミュレーション計算から得られた各利用者の不満値を利用区間別に集約した例を示す。1つの丸は、対応する区間を移動する利用者の不満を示し、色が濃いほど利用者不満が高い。運転整理案2は全体的に利用者不満が少なくなっていることがわかるだけでなく、利用者不満がどの区間でどの程度変化するかを読み取ることもできる。

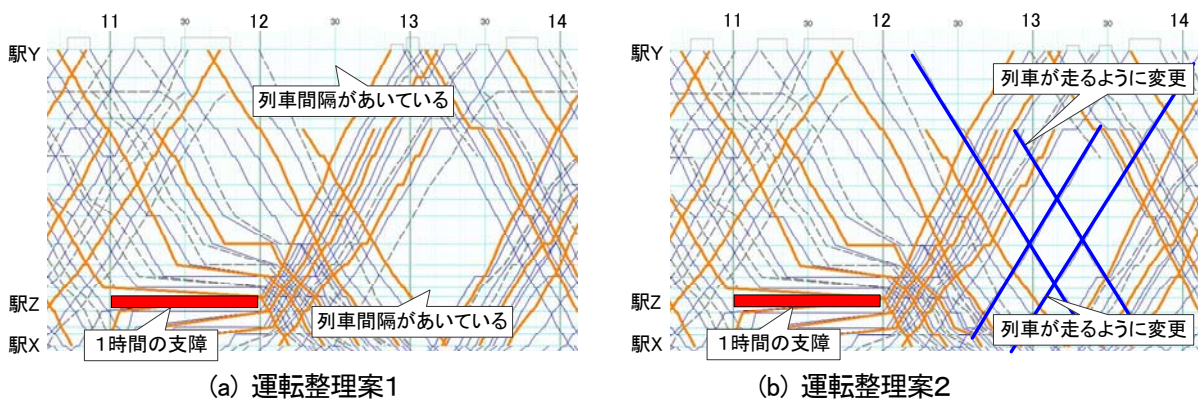


図6 ダイヤ乱れと運転整理例

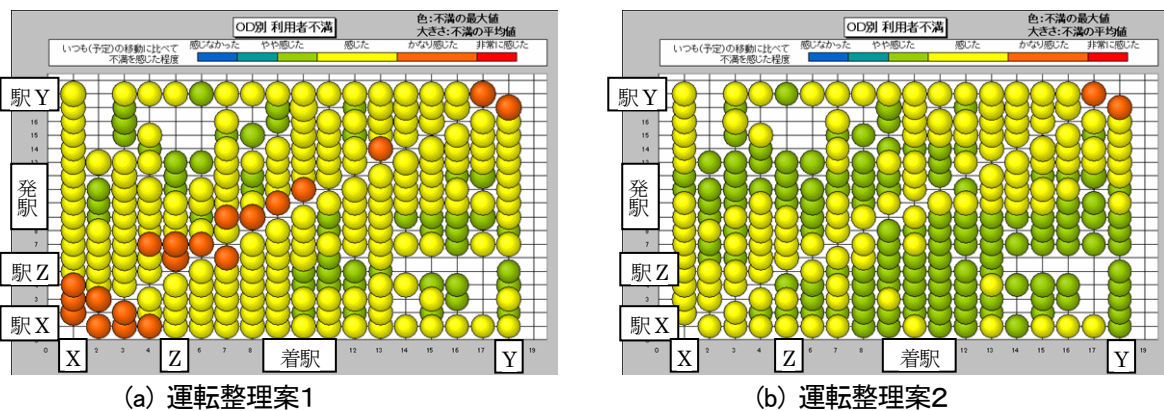


図7 比較計算結果による利用者不満の分布(発駅-着駅別)

## 7. まとめ

本研究では、実際のダイヤ乱れを体験した利用者に対するアンケート調査結果を用いて利用者不満の構造を明らかにした上で、運転整理案の評価に結び付く利用者不満予測計算式を構築した。本予測計算式は、既存の指標よりも実際の利用者不満を予測する精度が高いものである。更に、ダイヤ乱れ時における利用者行動の正確な予測シミュレーションには課題が残るが、想定した運転整理案に対する評価値を試算し、運転整理の違いによる利用者不満の違いを定量的に表わせることを示した。指令担当者の訓練を行なう際、本手法で得られる定量的な評価値を用いることで、実際の運転整理場面にて、より適切に判断できる指令スキルの醸成に結び付くものと期待する。

## 参考文献

- 1) 電気学会・鉄道における運行計画・運行管理業務高度化に関する調査専門委員会編, 鉄道ダイヤ回復の技術, オーム社, 2010.
- 2) 山内香奈, ダイヤ乱れに遭遇した利用者の不満の規定要因-原因帰属を考慮した検討-, 日本心理学会第74回大会, 2EV025, 2010.
- 3) 山内香奈, 深澤紀子, ダイヤ乱れ時の案内に関わる研究, 運転協会誌, Vol. 53, No.5, pp. 1-4, 2011.
- 4) 長崎祐作, 古関隆章, 村木一巳, 館精作, 駒谷喜代俊, 都市近郊鉄道における運転整理案の作成と評価, 電気学会研究会資料, TER-02-63, 2002.
- 5) 小林理彩, 家田仁, 柴崎隆一, 寺部慎太郎, 利用者の利便性から見た非常時の運転整理ダイヤの評価, J-Rail 2000, 3408, pp. 379-382, 2000.
- 6) 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列車ダイヤ評価手法, 電気学会論文誌D (産業応用部門誌), Vol.130, No.4, pp.459-467, 2010.