

ダイヤ乱れ時の利用者不満モデルに基づく 運転整理案評価手法

山内 香奈* 平井 力**

A Psychological Model of Passengers' Dissatisfaction for Evaluating Train-rescheduling Plans on Metropolitan Rail Lines

Kana YAMAUCHI Chikara HIRAI

A disruption of train traffic can cause dissatisfaction of passengers with train transport services especially on metropolitan commuter rail lines. It is necessary for train dispatchers to make a train-rescheduling plan to restore the train traffic as soon as possible. At present, there is no established evaluation method for a train-rescheduling plan because there are too many aspects to be considered such as the size of disruption and the number of passengers affected. In this paper, we have focused on the most important aspect, that is, passengers' dissatisfaction to evaluate a train-rescheduling plan. We have modelled psychological aspects of passengers and built the model into a simulation system to estimate the passengers' dissatisfaction for evaluating a train-rescheduling plan.

キーワード：評価，ダイヤ乱れ，運転整理，不満，共分散構造分析，シミュレーション

1. はじめに

列車運行に乱れが生ずると、元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、指令と呼ばれる担当者の意思決定に基づいて実施されている。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業務である。

情報通信技術等の発展に伴い、指令業務を支援するためのシステムは整備されつつあるが、業務の根幹である運転整理案（ダイヤ変更案）作成の支援については、必ずしも十分な機能が整備されているとは言えない。様々な背景はあるが、「良い運転整理」を明確に示すための評価手法が確立していない点が理由の1つと考えられる。

近年、ダイヤ乱れが社会に与える影響への関心が高まっている。例えば、交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会が平成20年6月にとりまとめた報告書¹⁾では、輸送障害による影響の最小化が議論されており、適切な評価指標の必要性についても触れられている。鉄道輸送サービスの品質をできる限り維持・向上させるための検討においては、利用者が感じる不満を直接取り扱い、運転整理における個別の手配を定量的に評価する手法を用いることは極めて有効である。

運転整理の評価についてはこれまでも検討されてきており^{2, 3)}、比較的最近でも、利用者の観点から評価するという立場での議論が続けられている^{4~8)}。しかしな

がら、これらはいずれも利用者が感じる不満を直接取り扱っておらず、実際に利用者が感じる不満とどれだけ対応するかについては明示されていない。利用者の人数と影響時間を基にしてダイヤ乱れの影響度合を測る指標⁹⁾もあるが、これはダイヤ乱れの規模を巨視的に測ることを目的としており、運転整理で行なわれるきめ細かなダイヤ変更によって生ずる変化を測ることまでは想定していないと考えられる。以上のように、ダイヤ乱れに遭遇した利用者の不満を規定する要因、また、それらの間の関係について実証的に調べた研究は存在していない。

そこで本研究では、利用者の心理的な側面に着目し、ダイヤ変更の効果を議論できる精度を持つ運転整理案評価手法の構築を目標とした。社会的影響が大きな大都市圏の通勤線区をまたがる路線を主な対象とした。

まず、ダイヤ乱れに遭遇した利用者への調査に基づき、利用者不満の規定要因と生起過程に関する統計モデルを構築した。次に、利用者不満の規定要因モデルを参考に、利用者不満を推定式を構築した。最後に利用者不満推定の計算手順と実路線での運転整理を想定した試算結果を示した。

2. 利用者不満の規定要因モデルの構築

本論文では利用者が感じる不満を「利用者不満」と呼ぶ。また、モデル構築にあたっては、上記した本研究の対象の中で、大都市を縦断する路線を主な対象とした。この路線を「路線L」と呼ぶ。

* 人間科学研究部 人間工学研究室

** 輸送情報技術研究部 運転システム研究室

特集：輸送情報技術

2.1 調査の概要

2009年～2010年にかけて、路線L、および、路線Lと同じ線路を活用する路線で、ダイヤ乱れに遭遇した利用者を対象とした調査「鉄道利用に関するアンケート」を2回実施した。

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用いた。実際には、ある調査会社が保有する回答データ収集のための仕組みを活用してデータを収集した。ダイヤ乱れの原因となる事故が発生した日に、調査会社が保有するモニター登録者を対象に事前調査を行い、そのダイヤ乱れに遭遇した人を選定した。選定基準は「当日、ダイヤ乱れの影響が波及したと考えられる路線および時間帯に鉄道のみで目的駅まで移動した人」とし、この基準に該当する人を本調査の対象とした。

2.1.1 調査対象としたダイヤ乱れ

鉄道事業者に原因はないとされる事故（部外原因事故）と、鉄道事業者に原因があるとされる事故（部内原因事故）で引き起こされたダイヤ乱れを各1件ずつ調査対象とした。次に概要を示す。

- (1) 2009年12月の平日、朝通勤時間帯に発生した人身事故（部外原因事故）。運転再開までは約1時間半。影響人員は10万人以上。
- (2) 2010年6月の平日、昼間時間帯に発生した信号トラブル（部内原因事故）。運転再開までは1時間弱。影響人員は約2万5千人。

2.1.2 回収データ

時間が経過するほどアンケート回答者の記憶が薄れたり曖昧になったりする恐れがあったため、事故発生から3日以内に回収したデータを分析に用いた。両調査とも20～83歳までの男女のデータで、1回目の回収データは2,934人分、2回目は3,709人分で、計6,643人分である。

2.1.3 調査票と調査項目群

調査では「鉄道利用に関するアンケート」と題する調査票（インターネット上のページ）への回答を求めた。分析対象としたのは、表1の6つの調査項目群である。表に項目の質問内容と回答方法をまとめた。

2.2 分析データと回答者の属性

以降の分析では、ダイヤ乱れを知ったタイミングに関する設問で「目的駅で列車を降りた後」と「ダイヤ乱れがあったことを知らなかった」を回答した1,260人を除いた5,383人分のデータを分析対象とした。

回答者の性別、年齢、普段の鉄道利用頻度、当日の利用路線、急ぎ度の集計数とその割合を示す。

- 性別：男性 3,666人 (68.1%)、女性 1,717人 (32.9%)
- 年齢：20代 1,175人 (21.8%)、30代 1,498人 (27.8%)、

40代 1,623人 (30.2%)、50代 775人 (14.4%)、60代以上 312人 (5.8%)

- 普段の鉄道利用頻度：週5日以上 4,052人 (75.3%)、週3～4日 642人 (11.9%)、週1～2日 402人 (7.5%)、月数日以下 287人 (5.3%)
- 利用路線：路線L 2,107人 (39.1%)、路線L以外の路線 3,276人 (60.9%)
- 当日の急ぎ度：かなり急いでいた 321人 (6.0%)、急いでいた 966人 (17.9%)、やや急いでいた 1,804人 (33.5%)、急いでいなかった 2,292人 (42.6%)

表1 項目群の質問内容と回答方法

| 項目群 | 質問内容と回答方法 |
|--------------------|---|
| (1) 当日の移動全般を通じた不満度 | 「当日の移動全般を通じて感じた不満度の程度」について5段階評定（1：感じなかった～5：非常に感じた）。 |
| (2) 鉄道事業者の責任度 | (1)で、当日の移動に不満を感じたと回答した人（2：やや感じた～5：非常に感じた）を選出した人（2：やや感じた～5：非常に感じた）を選出した人（2：やや感じた～5：非常に感じた）を対象に、不満の原因として「鉄道事業者の責任と思う程度」「自分に責任がある程度」「自分と鉄道事業者以外に責任があると思う程度」について、それぞれ5段階評定（1：思わない～5：非常にそう思う）。 |
| (3) 期待に反した経験度 | 「列車が通常どおり運行している場合に比べ、当日の移動の中で期待に反した33項目の経験をした程度」について、各6段階評定（1：わからない、2：あてはまらない～6：非常にあてはまる）。 |
| (4) ダイヤ乱れを知ったタイミング | 「当日、ダイヤ乱れをどのタイミングで知ったかについて」、5つの選択枝（家や会社を出る前、家や会社などから列車に乗るまでの間、列車での移動中、目的駅で列車を降りた後、ダイヤ乱れがあったことを知らなかった）から1つを選択。 |
| (5) 当日の急ぎ度 | 当日の移動の急ぎ度について4段階評定（1：急いでいなかった～4：かなり急いでいた）。 |
| (6) 個人属性 | 年齢、性別、当日利用した路線（主に利用した路線を1つだけ）について回答。 |

2.3 原因帰属

表2に、表1の調査項目群（2）の回答を事故原因別に表示。当日の移動に不満を感じた人は、その責任の所在が、どこに帰属すると考えるかを示している。「自分に責任がある」と考えることを「内的帰属」と呼び、「鉄道事業者に責任がある」や「自分と鉄道事業者以外（第三者）に責任がある」と考えることを「外的帰属」と呼ぶ。

表2より、ダイヤ乱れに遭遇して不満を感じた人は、概して外的帰属をしやすい傾向がみられる。また、外的帰属の程度は事故の原因によっても異なることがわかる。部外原因事故に比べ、部内原因事故によるダイヤ乱れは、鉄道事業者の責任がより強く喚起される傾向があると推察される。このことから、事故原因についての認識も、利用者不満に影響を及ぼすと考えられる。

表2 鉄道事業者の責任を問う回答の分析結果

| 帰属先 | | ダイヤ乱れの原因 | |
|-----|------------|------------------|--------------------|
| | | 人身事故 (部外原因事故) | 信号トラブル (部内原因事故) |
| 内的 | | 13.7% | 14.5% |
| 外的 | 鉄道事業者 | 73.2% | 90.1% |
| | 自分と鉄道事業者以外 | 68.8% | 48.4% |

※表中の割合は「やや思う」「思う」「かなりそう思う」「非常にそう思う」の回答者の加算値。

2.4 当日の不快経験の認知

利用者は鉄道輸送サービスへの期待に反した経験を、どのような心理的枠組み（認知）で捉えているのかを調べるため、表1の(3)の当日の期待に反した経験度を尋ねた33項目のうち、「わからない」の回答率が特に高かった(10%~25%)5項目を除く28項目に対する評定値(回答データ)に対し、因子分析(反復主因子法による因子抽出後、プロマックス回転)を行った。

因子分析とは、観測される複数の変数に共通する成分(共通因子)と、各変数に独自の成分(独自因子)に分類するための統計手法である。分析から抽出された因子は、直接観測できない潜在変数である。

分析の結果、調査項目「いつもより運賃・料金がかかった」への回答データだけが2つの因子にまたがって、因子負荷量0.3以上の値を示し、適切に分類できないことがわかった。そこで、この項目を除き、再度、因子分析を行った。固有値の変化および因子の解釈可能性も考慮し、最終的には5つの因子を抽出した。各因子に高い因子負荷量を示した(相関が高いことを示した)項目内容から、各因子は、「(鉄道事業者の)案内不適切」「情報収集・調整の負担」「時間増」「混雑増」「経路変更」と解釈できることがわかった。

各因子で0.4以上の高い因子負荷量を示した項目間の信頼性(α係数)を求め、尺度の内的一貫性を調べた。これを表3に示す。総じて尺度毎の内的一貫性は高いため、各因子について評定値の平均を求め、各尺度値とした。

表3 項目間の信頼性(α係数)

| 因子名 | 案内不適切 | 情報収集・調整の負担 | 時間増 | 混雑増 | 経路変更 |
|-----|-------|------------|------|------|------|
| α係数 | 0.91 | 0.86 | 0.86 | 0.89 | 0.95 |

2.5 利用者不満の規定要因モデル構築

従来の研究では、利用者の不満の主な規定要因として、時間、混雑、経路変更の3つの側面のみが扱われることが多かったが、本研究では、それらに加え、利用者の当日の急ぎ度、鉄道事業者の責任を問う程度(鉄道事業者の責任度)、事故種別、当日の不快経験として鉄道事業者の案内不適切や情報収集・調整の負担をも考慮したモデルを検討した。そして、それらの要因間の因果関係を表すモデルを共分散構造分析¹⁰⁾により構築した。

共分散構造分析とは、要因間の因果関係を統計的に示すための分析手法で、仮定した因果モデルの妥当性を、CFI(Comparative Fit Index)、AGFI(Adjusted Goodness of Fit Index)、RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation)などの適合度指標によって評価することができる。

分析には、AMOS18.0(母数の推定方法は最尤推定法)を用いた。分析対象は、モデル内の変数に全て欠損値のない3,429人分の回答を有効サンプルとした。分析に際しては、「案内不適切」「情報収集・調整の負担」「時間増」「混雑増」「経路変更」の各変数に関して、2.4節で尺度化して得られた値を用い、鉄道事業者の責任度に影響を与える変数として想定された事故種別(部内原因事故・部外原因事故)は人身事故と信号トラブルの2値変数として扱った。

最終モデルと標準化パス係数(影響力)を図1に示す。モデルの適合度を示すCFIとAGFI(-1~1をとり、1に近いほど適合度が良い)はそれぞれ、0.99と0.95を示した。また、RMSEAは0.07(0.05より小さければ良い適合、0.1より大きければ悪い適合を表すと判断する経験的基準¹¹⁾)を示した。モデル内のパス係数は全て1%水準で統計的に有意である。また、因果モデルの終点である「利用者不満」の決定係数(R²)は0.59を示し、モデル内の内生変数による予測精度は比較的高い値を示した。そこで、このモデルを「利用者不満の規定要因モデル(利用者不満モデル)」として採択した。

利用者不満モデルから、当日の急ぎ度は、当日の不快経験の認知に0.32~0.45の影響力を持ち、特に急いでいる人ほど、情報収集に関わる負担の認知が促進されることがわかる。また、利用者不満を直接規定する要因として、鉄道事業者の責任を問う程度の認知も大きな影響を与えることがわかる。更に、鉄道事業者の責任を問う程度の認知は、鉄道事業者の案内不適切の認知と、時間増の認知、事故種別に左右される。特に、案内不適切の認知が強い人ほど鉄道事業者に問う責任の程度が強くなることを示唆している。以上より、利用者不満の低減策を考える上で、鉄道事業者からの案内の改善も含めた運転整理案の検討が期待される。

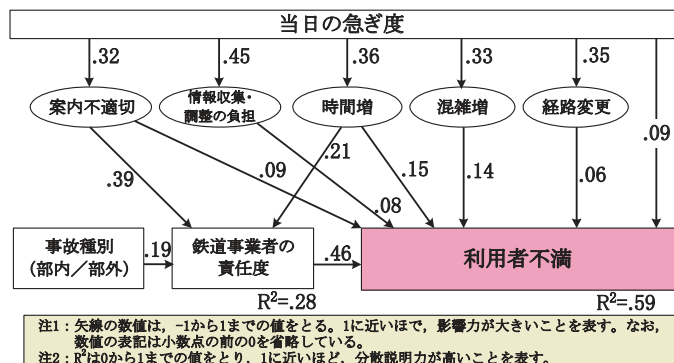


図1 利用者不満の規定要因モデル(利用者不満モデル)

注1: 矢線の数値は、-1から1までの値をとる。1に近いほど、影響力が大きいことを表す。なお、数値の表記は小数点の前の0を省略している。
注2: R²は0から1までの値をとり、1に近いほど、分散説明力が高いことを表す。

特集：輸送情報技術

3. 利用者不満の推定式

前節の利用者不満モデルから、鉄道事業者の責任を問う程度や当日の利用者の急ぎ度のような心理変数が利用者不満に大きな影響を及ぼす可能性が示唆された。これらの因子のうち、特に、運転整理方法の違いに影響を受けると考えられる「時間増」「混雑増」「経路変更」に着目し、当日の利用者不満を推定する式（推定式）を重回帰分析で求めた。

表4 重回帰分析に用いた変数

| 変数 | 項目 | 質問内容と回答方法 |
|--------|--|--|
| 従属 | 当日の移動に対する不満 | 主観量：「いつも(予定)の移動に比べて不満と感じた程度」5段階評定(1:感じなかった～5:非常に感じた) |
| | 乗車時間の増分 | 主観量：「いつも(予定)より目的駅までの乗車時間(列車に乗っていた時間)が増えた」6段階評定 ^{*1} |
| | | 物理量：「通常の(想定した)乗車時間」「事故当日の乗車時間」(単位：分) ^{*2} |
| 独立 | 列車待ち時間(発車待ち時間含む)の増分 | 主観量：「いつも(予定)より駅での列車が来るまでの待ち時間が増えた」6段階評定 ^{*1} |
| | | 物理量：「通常の(想定した)待ち時間」「事故当日の待ち時間」(単位：分) ^{*2} |
| | 所要時間の増分 | 主観量：「いつも(予定)より目的駅までの所要時間(待ち時間等を含む)が増えた」6段階評定 ^{*1} |
| | | 物理量：「通常の(想定した)所要時間」「事故当日の所要時間」(単位：分) ^{*2} |
| | 車内混雑度の増分 | 主観量：「いつも(予定)より車内が混雑していた」6段階評定 ^{*1} |
| | | 物理量：「通常の(想定した)混雑状況」「事故当日の混雑状況」(0, 25, 50, 75, 100, 150, 180, 200, 250%) アンケートでは混雑状況の図を表示 ^{*2} |
| | 乗換回数の増分 | 主観量：「いつも(予定)より乗換回数が増えた」6段階評定 ^{*1} |
| | | 物理量：「通常の(想定した)乗換回数」「事故当日の乗換回数」(単位：回) ^{*2} |
| | 乗車中列車の行先変更の有無 | 物理量：「乗車中の列車の行き先が変更になった」(0：無, 1:有) |
| | 乗車予定だった列車の運休の有無 | 物理量：「乗車する予定だった列車が運休になった」(0：無, 1:有) |
| 当日の急ぎ度 | 主観量：「あなたはどれぐらい急がれていましたか」4段階評定(1:急いでいなかった～4:かなり急いでいた) | |
| 事故種別 | 0: 人身事故(部外原因事故), 1: 信号トラブル(部内原因事故) | |

※1 6段階評定では、1:わからない、2:あてはまらない～6:非常にあてはまるでの回答を求める。
 ※2 物理量は「当日」の状況と「通常時」の値を尋ね、当日の値から通常時の値を引いた値を増分とした。主観量で「1:わからない、2:あてはまらない」と回答した場合、物理量は尋ねない。

3.1 分析に用いたデータ・変数・変数の処理

2.2節で述べた5,383人分のデータを分析対象として重回帰分析を行った。独立変数の候補となる変数と、調査項目の質問内容、それに対する回答方法を表4に示す。これらは全て2章で述べた「鉄道利用に関するアンケート」

で得た回答データによる。

表中の独立変数のうち、不快な経験について段階評定で回答を求めたデータ(例えば、1:感じなかった～5:非常に感じた)を「主観量」と呼び、実際にかかった乗車時間(30分など)や乗換回数(2回など)などの物理量について回答を求めたデータを「物理量」と呼ぶ。

3.2 物理量を独立変数とした利用者不満の推定

利用者不満を推定する方法として、表4に示す7項目の物理量(乗車時間、待ち時間、所要時間、車内混雑度、乗換回数の各増分、行先変更の有無、運休の有無)を独立変数とすることを考える。これらの変数は物理的に観測可能な値であり、後述するシミュレーション計算においても取り扱うことができる。

これら7項目の独立変数から、当日の移動に対する不満を推定する重回帰式を求めた。その際、独立変数のうち、車内混雑度と乗換回数については、当日の値から通常時の値を引いた値を増分として用いた。乗車時間、待ち時間、所要時間の各増分については、当日と通常時の各値の常用対数の差をとることとした。対数をとってから増分を求めた値の方が、対応する主観量との相関係数が概してより高くなったためである。

重回帰分析を、人身事故時の回答データ、信号トラブル時の回答データ、人身事故時と信号トラブル時を組み合わせたデータ(合同データ)についてそれぞれ行った。変数選択の方法は、強制投入法およびステップワイズ法を試した結果、予測式の分散説明率はいずれも20%程度と低かった。なお、変数選択の結果、「乗車時間」は選択されなかった。

3.3 利用者不満の階層的予測式(利用者不満推定式)

3.3.1 主観量を含む独立変数による利用者不満の推定

3.2節の分析より、物理量だけから利用者不満を推定することは困難であると判断した。そこで、シミュレーション計算では直接扱うことのできない主観量を含む下記の9つの変数を独立変数として、利用者不満の推定を試みた。具体的には、乗車時間、所要時間、列車待ち時間、車内の混雑度、乗換回数の各増分に対する主観量、および、当日の急ぎ度、運休の有無、行き先変更の有無、事故種別(合同データの場合のみ)を独立変数とし、当日の移動に関する不満を予測する重回帰式を求めた。

その結果、分析に用いたデータの種類や変数選択法に関わらず、予測式の分散説明率は30～40%程度あり、3.2節で求めた式に比べ、予測力が高い式が得られた。式(1)は、合同データから求めた重回帰式である。

なお、以降で示す回帰係数は、実際の主観量を予測することを想定し、非標準化回帰係数を用いた。式(1)～(5)で表す式を、「利用者不満推定式」と呼ぶ。

(利用者不満) =
 $-1.21 + 0.39 X_1 + 0.20 X_2 + 0.24 X_3 + 0.19 X_4$ ($R^2=0.30$) (1)
 X_1 : 所要時間の増加についての主観量 ($r=0.55$)
 $X_1 = 2.69 + 2.46 \{ \log(1 + \text{当日の所要時間}) - \log(1 + \text{通常時の所要時間}) \} + 0.26$ (運休) $+ 0.32$ (急ぎ度)
 X_2 : 待ち時間の増加についての主観量 ($r=0.65$)
 $X_2 = 2.20 + 1.12 \{ \log(1 + \text{当日の待ち時間}) - \log(1 + \text{通常時の待ち時間}) \} + 0.22$ (運休) $+ 0.32$ (行先変更) $+ 0.23$ (急ぎ度)
 X_3 : 車内混雑度増加についての主観量 ($r=0.62$)
 $X_3 = 2.37 + 0.02 \{ \log(1 + \text{当日の車内混雑度}) - \log(1 + \text{通常時の車内混雑度}) \} + 0.27$ (運休) $+ 0.28$ (急ぎ度)
 X_4 : 乗換回数の増加についての主観量 ($r=0.79$)
 $X_4 = 1.89 + 1.44 \{ \log(1 + \text{当日の乗換回数}) - \log(1 + \text{平常時の乗換回数}) \} + 0.34$ (運休) $+ 0.14$ (急ぎ度)

3.3.2 主観量の推定式

式(1)の $X_1 \sim X_4$ の主観量の独立変数を物理量から予測する式があれば利用者不満の予測値を算出することができる。ステップワイズ法で算出した各主観量の予測式を式(2)から式(5)に示す。独立変数は、従属変数である主観量に対応する物理量の各変数、乗車予定だった列車の運休の有無(運休)、乗車中列車の行き先変更の有無(行先変更)、当日の急ぎ度(急ぎ度)とした。 r は予測値と実測値との相関係数を表し、いずれも0.55~0.79の比較的高い値を示した。

3.3.3 階層的な推定モデルの精度

式(2)~(5)で求められる $X_1 \sim X_4$ を式(1)に代入して求められる利用者不満の推定値と、調査による利用者不満の値との相関係数の2乗である R^2 値(推定の分散説明力)は0.3を示した。このことから、式(1)~(5)で示した階層的な推定式は一定の精度で当日の利用者不満を推定できると考えられる。また、 R^2 値、偏回帰係数、VIF(多重共線性を見つけるための指標)の各指標値を総合的に判断し、多重共線性(独立変数間に強い相関関係がある場合、回帰分析の結果に悪影響を及ぼすこと)は生じていないことを確認した。

3.3.4 モデルの交差妥当性の検証

上記で求めた回帰係数の妥当性の検証として、交差妥当性(予測式が他のデータにもあてはまっているかどうか)の検証を行い、今回、得られた回帰式の一般化可能性について調べた。ここでは、奇数番目の回答者データのみを用いて回帰式を推定し、その回帰係数を偶数番目の回答者データに適用し、推定された不満の値と実際の不満との相関係数(回帰係数)を計算した。

まず、回答者の半分のみ(奇数番目のデータ)を用いて回帰式の推定を行った。次に、使用しなかった残り半分の偶数番目の回答者データに、推定した回帰係数を用いて利用者不満の推定値を求め、それを独立変数として、実際の利用者不満を従属変数とする回帰分析を行っ

た。その結果、実際の利用者不満の37%を説明することが示された。以上から、3.3節で求めた利用者不満の推定式は一定程度の交差妥当性を持つと判断した。

4. 利用者不満推定式による運転整理案評価手法

第3章で求めた利用者不満推定式の値を具体的に算出するにあたり、列車運行と利用者行動をコンピュータ上で表現する列車運行・旅客行動シミュレータ¹²⁾を用いる。与えられた列車ダイヤ(運転整理案)に対する様々な評価値計算が可能である。

図2に利用者不満推定式を用いた運転整理案評価値の計算手順を示す。入力となるのは、運転整理案(評価対象ダイヤ)、所定ダイヤ、その他の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推定し、その結果として保存される各利用者の行動履歴を用いて利用者不満推定式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。

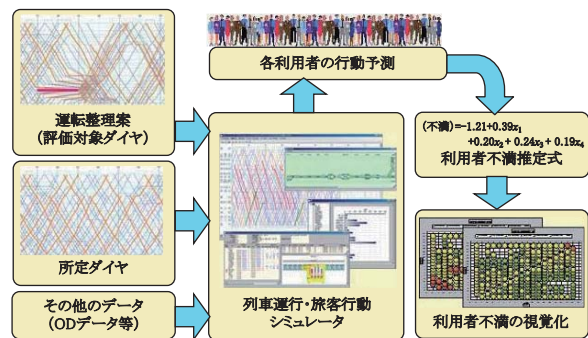


図2 運転整理案評価値の計算手順

路線Lに含まれるある線区における運転整理を想定し、利用者不満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推定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推定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3および図4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では列車間隔が広がっているが、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5および図6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うち、最も高い不満の値を示し、色が暖色になるほど利用者不満が高い。運転整理案

特集：輸送情報技術

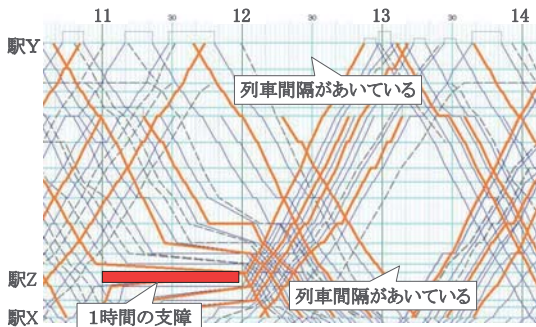


図3 運転整理案1のダイヤ

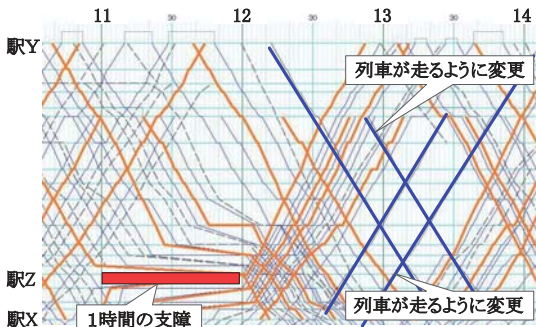


図4 運転整理案2のダイヤ

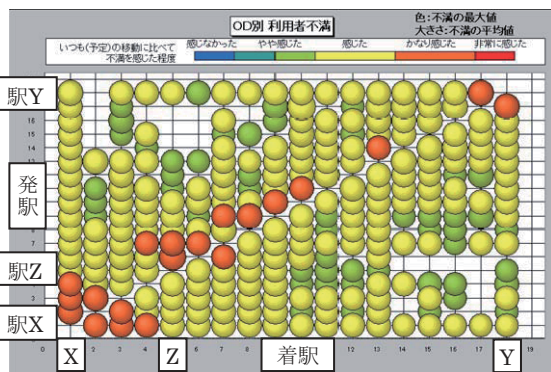


図5 運転整理案1の利用者不満の分布（発駅-着駅別）

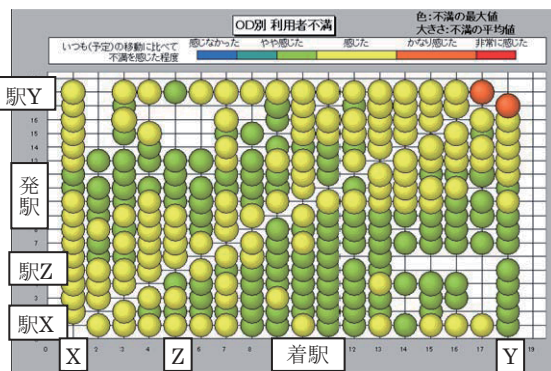


図6 運転整理案2の利用者不満の分布（発駅-着駅別）

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も読み取れる。

5. まとめ

本研究では、実際のダイヤ乱れに遭遇した利用者に対

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、運転整理案評価に結び付く利用者不満推定式を構築した。本手法により、運転整理案に対し、利用者の観点による評価値を与えることが可能となる。これにより、運転整理を構成する各変更命令の1つ1つについても、利用者を与える影響を測ることができるため、既の実施した運転整理に対する事後の分析、また、運転整理方法の検討、および、策定に有効な材料を提供するものとする。

文献

- 1) 国土交通省交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会：環境新時代を切り拓く、鉄道の未来像, <http://www.mlit.go.jp/common/000017980.pdf>, 2008
- 2) 長井忠昌, 海老原浩一, 東海林保, 中田裕友: 運転整理の評価, 第14回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 406, pp.220-224, 1977
- 3) 岡本正巳, 矢部雅次: シミュレーションによる運転整理手法の評価, 第15回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 407, pp.241-245, 1978
- 4) 平井力, 富井規雄: 運転整理案評価のための列車別乗車人員推定手法, 鉄道総研報告, Vol.14, No.7, pp.43-48, 2000
- 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) 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
- 7) 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
- 8) 國松武俊, 近藤繁樹, 平井力, 富井規雄: 駅サービス指数による運転整理案評価, 鉄道総研報告, Vol.20, No.2, pp.5-10, 2006
- 9) 館雅憲, 福山浩史: 輸送安定度指標「POINT」の開発と全社展開-輸送障害時のお客様への影響を指標化し定量評価をする手法の開発と全社展開-, 第44回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 101, 2007
- 10) 豊田秀樹: 共分散構造分析-構造方程式モデリング-, 朝倉書店, 1998
- 11) Browne, M. W. and Cudeck, R., Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J.S. Long (Eds.), *Testing Structural Equation Model*, Newbury Park CA, Sage Publications, pp.136-162, 1993.
- 12) 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