

顧客満足度の観点による列車ダイヤの評価

輸送情報技術研究部 運転システム
主任研究員 平井力

1. はじめに

列車ダイヤに対する顧客満足度をより高めていくためには、利用者（顧客）の観点から定量的に列車ダイヤを評価することが必要である。しかしながら、現時点では、このような手法は確立しておらず、ダイヤ改正の前後における変化の把握は、担当者の目視調査に依存することが多い。また、利用者にとって便利になった場合でも、「便利になった」という意見を明示的には聞けない場合もあると考えられる。更に、そのような意見を頂けた場合でも、それは確かな反応ではあるものの、多くの利用者を代表したものかどうかを確認することは極めて難しい。

そこで本研究では、列車ダイヤに対する満足度を予測する式（ダイヤ満足度予測式）をアンケート調査から導き出した。満足度に関係する個別要因は9つに分類され、このうち満足度に大きな影響を与える項目は、列車本数、正確さ、混雑度、速さであることを明らかにしている。ダイヤ満足度予測式は、これらの要因を組み合わせて構成したものである。また、列車運行および旅客行動をシミュレーション予測する技術（列車運行・旅客行動シミュレータ）を用いて、ある列車ダイヤに対する利用者の満足度を具体的に予測計算することを可能とした。

本発表では、ダイヤ満足度予測式の概要、列車運行・旅客行動シミュレータの概要、また、実際の線区における現行ダイヤと改正ダイヤ案のそれぞれに対するダイヤ満足度予測値の試算結果を報告する^{1,2)}。

2. ダイヤ満足度予測式

(1) 鉄道利用者を対象とした質問紙調査

大都市圏にある3路線を調査対象路線とし、鉄道利用者を対象とした質問紙調査（アンケート調査）を実施した。調査用紙の配布は、2006年11月下旬の平日に、1路線につき2駅、合計6駅において、朝時間帯（7:00～9:00）および昼時間帯（10:00～13:00）に実施し、郵送にて回収した。配布数4,800通に対して53.9%にあたる2,589通を回収したうち、調査対象路線以外について回答していた126通を除外し、2,463通を対象として分析している。回答者の平均年齢は45.0歳であり、男性1,431名、女性1,017名、不明15名であった。回答者の鉄道利用頻度は、朝時間帯の配布に対しては「平日の毎日」が多く（朝時間帯配布に対する回答の85.9%）、昼時間帯の配布に対しては「平日のうち1～2日」（昼時間帯配布に対する回答の29.3%）、「月に1～2日」（同26.4%）、「平日のうち3～4日」（同20.5%）の順に多かった。

(2) 調査項目

今回の分析に係る調査項目は次となる。

[設問A：体験している輸送サービス]

対象路線を普段利用するときの、利用列車の混雑率や遅れ頻度、列車待ち時間、目的駅までの所要時間等を質問した。

[設問B：列車ダイヤに対する総合満足度]

対象路線を普段利用するときの列車ダイヤに対する総合満足度を7段階（1：非常に不満，2：不満，3：やや不満，4：どちらともいえない，5：やや満足，6：満足，7：非常に満足）で質問した。

[設問C：列車ダイヤの個別項目に対する満足度]

既存文献等から，列車ダイヤを評価できる項目を網羅的に収集，精査した。項目数は路線や時間帯によって異なるが，すべての路線・時間帯に共通の項目は31項目であった。これらの項目について，対象路線を普段利用しているときの満足度を設問Bと同様の7段階で質問した。

(3) ダイヤ満足度予測式の作成

分析は2つのステップで行なった。ステップ1では，列車ダイヤに対する利用者の満足度という心理的・抽象的な概念の構造を明らかにした。ステップ2で，体験する輸送サービスから得られる満足度を予測する式（ダイヤ満足度予測式）を作成した。

[ステップ1]

ステップ1を更に2段階で行なう。

・ステップ1-1

列車ダイヤに対する満足度に関係する個別因子（個別要因）を明らかにするため，設問Cの31項目に対する回答について因子分析を行なった。因子分析とは，回答の傾向が近い項目をまとめることで，その背後にある共通の因子を抽出する手法である。その結果，列車ダイヤに対する満足度に関係する因子は，因子1：（目的駅に行けるかどうか等の）わかりやすさ，因子2：混雑度，因子3：列車本数，因子4：正確さ，因子5：路線内乗換負担，因子6：他路線からの乗換負担，因子7：他路線への乗換負担，因子8：速さ，因子9：有料車両（の有無）の9つに分類されることがわかった。

・ステップ1-2

これらの個別因子が列車ダイヤ全体の満足度（総合満足度）に及ぼす影響力の大きさを推定した。全路線・時間帯のデータを用いて重回帰分析を行なった結果，総合満足度に対して最も大きな影響力があるのは「列車本数」因子であり，次に「正確さ」因子，「混雑度」因子，「速さ」因子であることがわかった。

[ステップ2]

総合満足度への影響力が大きい4つの因子は，設問Aの「体験している輸送サービス」との対応が明確であり，これら4因子で9因子全体の82.4%を占めることがわかった。これら4因子から作成したダイヤ満足度予測式は式1となる。各因子には，年齢や，昼かどうかを表わす変数も含まれる。また，各変数の係数は，重回帰分析から決定した値である。

$$\text{(ダイヤ満足度予測値)} = -0.369 + 0.557X_1 + 0.205 X_2 + 0.172 X_3 + 0.132 X_4 \quad \text{(式1)}$$

X₁: 列車本数因子満足度

$$X_1 = 2.674 - 0.084 \times \text{ホーム待ち時間(分)} + 0.069 \times \text{乗車駅の列車本数(本/30分)} + 0.095 \times \text{乗車駅の列車本数の路線・時間帯平均(本/30分)} + 0.539 \times \text{昼かどうか(昼1, 朝0)} + 0.016 \times \text{年齢(歳)}$$

X₂: 正確さ因子満足度

$$X_2 = 4.385 - 1.513 \times \text{遅れ頻度} - 1.134 \times \text{遅れ頻度の路線・時間帯平均} + 0.132 \times \text{昼かどうか} + 0.011 \times \text{年齢(歳)}$$

X₃: 混雑度因子満足度

$$X_3 = 4.607 - 0.007 \times \text{混雑率(\%)} + 0.831 \times \text{着席可能性} - 0.003 \times \text{混雑率の路線・時間平}$$

$$X_4 = \text{均}(\%) + 0.004 \times \text{年齢(歳)}$$

X_4 : 速さ因子満足度

$$X_4 = 3.868 + 0.275 \times (\text{移動距離(km)} \div \text{所要時間(分)}) - 0.012 \times \text{所要時間(分)} + 0.433 \times \text{昼かどうか} + 0.012 \times \text{年齢(歳)}$$

3. 列車運行・旅客行動シミュレータ

列車運行・旅客行動シミュレータは、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。

シミュレーション計算の流れを図1に示す。内部ではシミュレーション時刻を保持し、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。出現後、そのときの列車ダイヤをもとに列車乗継経路を探索して利用列車を決定する。列車運行側では、列車ダイヤに従って列車を運行させ、各駅での利用者乗降を行なう。このとき、利用者の乗継経路を参照して、当該列車について乗車および降車する人数を取得し、それらの利用者が乗降するのに必要な時間を算出する。この時間を予め定められた停車時間と比較し、超過分の時間だけ当該列車の発車を遅らせる。次駅以降終点までの全駅の着発時刻に反映させる。一方、利用者側では、列車が駅で着発する度に、列車乗継経路を再探索する。このとき、遅延を反映した列車ダイヤを参照することで、列車遅延に伴う利用列車の変化が表現可能となる。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。

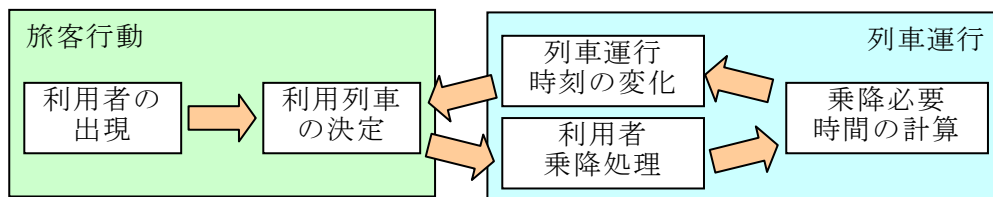


図1 シミュレーション計算の流れ

図2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シミュレーション計算状況に連動して表示される。

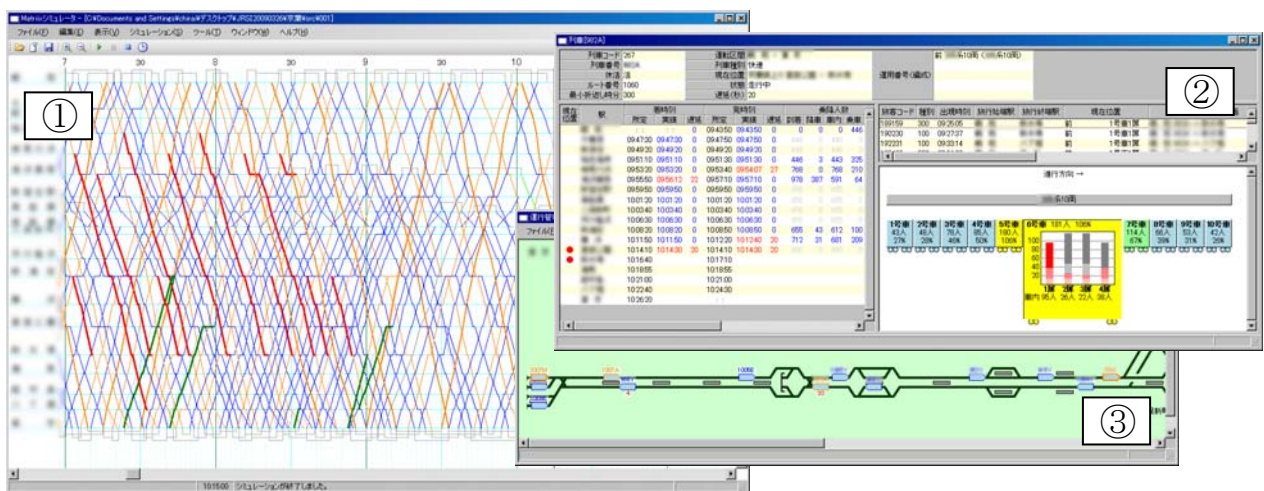


図2 列車運行・旅客行動シミュレータの画面

4. 実在路線でのダイヤ満足度評価計算例

実在路線の列車ダイヤに対してダイヤ満足度予測値を計算した例、および、既存の評価指標である「不効用値」との比較も行なった。不効用値とは右の計算式で表わされ³⁾、利用者の観点から列車ダイヤを評価する指標の1つとなっている。

大都市圏におけるある路線の昼間時間帯（10～15時）において、現行ダイヤと比較対照のためのダイヤ案（対照ダイヤ）を準備し、それぞれについて利用者の満足度を予測計算した。図3に対象路線と各ダイヤの概要を示す。現行ダイヤではほぼ全区間で1時間に5本の運転であるが、対照ダイヤでは、利用者の多い区間では1時間に6本、それ以外の区間では1時間に4本となる。なお、利用者ODもこの路線の自動改札機で記録されたデータを用いた。

図4に計算結果の例を示す。現行ダイヤから対照ダイヤに変更したときに各評価値が良くなる（便利になる）か否かを、その利用者数の割合で示す。

不効用値で見た場合には現行ダイヤの方が対照ダイヤより好ましい利用者が多い一方、ダイヤ満足度予測値で見た場合には対照ダイヤの方が好ましい利用者が多く、指標により優劣が異なった。

各評価値を分析すると、混雑率と待ち時間の反映のされ方に理由の1つがあるものと考えられた。ダイヤ満足度予測値では、満足度全体に占める混雑度因子の寄与度が、不効用値に比べて比較的大きい。これにより、対照ダイヤにおいて、増発した区間で着席できる可能性が高くなった点が、ダイヤ満足度予測値に反映されたものと考えられる。

5. まとめ

列車ダイヤの満足度に関係する個別因子は9つに分類され、そのうち満足度に大きな影響を持つのは列車本数、正確さ、混雑度、速さであることを示した。また、ダイヤ満足度予測値は、不効用値と比較し、低い混雑率や着席確率の変動も反映でき、乗車時間の占める割合が比較的小さいという特徴があると言える。

参考文献

- 1) 國松武俊, 平井力, 富井規雄, 列車運行・旅客行動シミュレーションシステムの開発, 鉄道総研報告, vol.21, no.4, pp.5-10, 2007.
- 2) 村越暁子, 國松武俊, 斎藤綾乃, 列車ダイヤに対する顧客満足度の予測, 鉄道総研報告, vol.22, no.7, pp.49-54, 2008.
- 3) 国土交通省鉄道局監修, 鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005, 2005.

$$\begin{aligned} \text{不効用値} &= \text{列車乗車時間 (秒)} \\ &+ 2 \times \text{ホーム待ち時間 (秒)} + 600 \times \text{乗換回数} \\ &+ \Sigma (\text{駅間走行時間(秒)} \times \text{混雑率不効用}) \end{aligned}$$

[混雑率不効用]

0%～100%	: 0.027 × 混雑率[%]/100
100%～150%	: 0.0828 × 混雑率[%]/100 - 0.0558
150%～200%	: 0.179 × 混雑率[%]/100 - 0.2
200%～250%	: 0.69 × 混雑率[%]/100 - 1.22
250%～	: 1.15 × 混雑率[%]/100 - 2.37

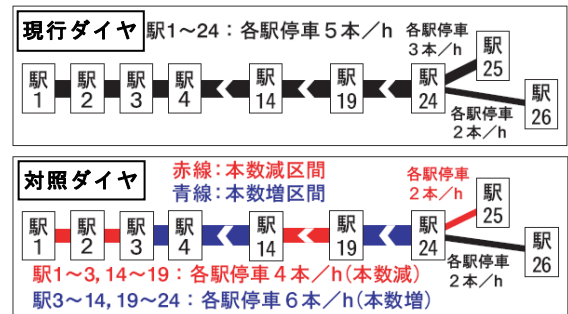


図3 対象路線と各ダイヤの概要

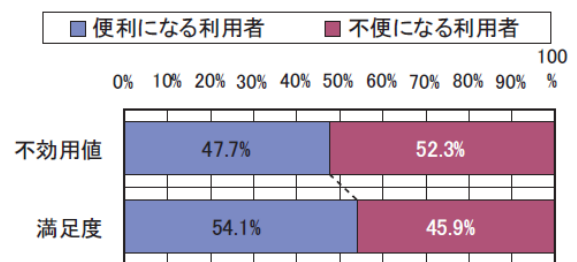


図4 評価値の計算例