

列車ダイヤ乱れ時における経路選択支援システムと その利用者行動への影響把握

Route-choice support system for passengers in the face of unexpected disturbance of train operations and its impact on their route choices

土屋隆司† 山内香奈† 杉山陽一† 藤浪浩平† 有澤理一郎‡ 中川剛志‡
Ryuji Tsuchiya Kana Yamauchi Yoichi Sugiyama Kouhei Fujinami Riichiro Arisawa Takeshi Nakagawa

1. はじめに

事故、災害等により列車運行に支障が生じた場合に、利用者への確かな案内情報を提供することは、鉄道の円滑な利用を支援し、顧客満足度を向上させる上で重要である。列車運行が乱れた場合、各利用者はその目的地にできるだけ早く到着するためにはどうしたらよいかの判断を強いられる。我々は、運転再開見込み時間および駅間所要時間の予測結果に基づいて、駅頭などで不特定多数の利用者向けに各目的地までの最適経路を提示するシステムを開発した¹⁾。しかし、このような不確実性を伴う情報提供が、利用者にとってどのように受け入れられるのか、あるいは情報提供を受けて利用者の経路選択行動がどのように変化するか等については、これまでほとんど明らかにされていない。このような社会的なインパクトの高いシステムの導入・実施展開にあたっては、それが利用者行動にどのような影響を及ぼす可能性があるかをあらかじめ把握しておくことが重要である。そこで、我々はシステムの開発と並行して、鉄道利用者を対象とした質問紙調査を実施し、システムの社会的受容性や情報提供が利用者行動に与える影響等を評価し、それらの調査結果をシステム仕様へフィードバックするための知見を得たので以下に報告する。

2. 研究の背景および関連事例

鉄道を含む公共交通を用いた移動経路を計算し、利用者へ提示する機能を持ったシステムがすでに数多く存在し、活用されているが、ダイヤ乱れ時の移動を的確に支援できるものはほとんどない。数少ない取り組みのひとつとして、列車の不通区間を考慮して目的地までの経路を検索するシステムの提案は以前から行なわれており²⁾、近年、実用に供されるものも登場している。たとえば、「駅すばあと」(株式会社ヴァル研究所)では、特定の路線(列車種別ごと)を「不通」に設定することにより、当該路線を回避して目的駅まで移動する経路を提示する機能が提供されている。しかし、実際の移動場面では、目的地までの最短経路上の路線が不通の場合、運転再開を待って当初の経路で移動すべきか、迂回経路を使って移動すべきか、判断に迷うことが多い。このような旅客のニーズに応えるため、我々は、迂回経路選択の適否の判断を支援するシステムを開発した¹⁾。

一方、ダイヤ乱れ時における利用者行動の把握に関しては、確立した調査方法がなく、自動改札機通過データや振替乗車票発行状況等に基づいて流動実態の概略を把握できるに留まっている。本研究では、鉄道利用者に対する質問紙調査および集合形式のモニター調査を組み合わせるこ

† (財) 鉄道総合技術研究所

‡ 東日本旅客鉄道株式会社

とにより、ダイヤ乱れ時の利用者の行動実態の把握および経路選択基準を明らかにすることを試みた。この結果を、開発したシステム仕様へフィードバックすることにより、社会的受容性の高いシステムの実現、およびシステムの実施展開時における効果的なシステム運用のための知見を得ることをめざした。

3. ダイヤ乱れ時の経路選択支援システム

3.1 駅間所要時間変動モデル

本研究では、簡単のため、最適化指標としては、目的地までの所要時間の予測値を考える。また、ダイヤ乱れが発生した線区における駅間所要時間の平均値の変化を見積もるための簡便なモデル(以下、所要時間変動モデルと呼ぶ)を考案し、過去のダイヤ乱れ実績データの分析結果に基づいてパラメータ設定を行なうというアプローチを採用した。今回採用した所要時間変動モデルでは、ダイヤ乱れ時の駅間所要時間を一次関数で近似している(図1)。

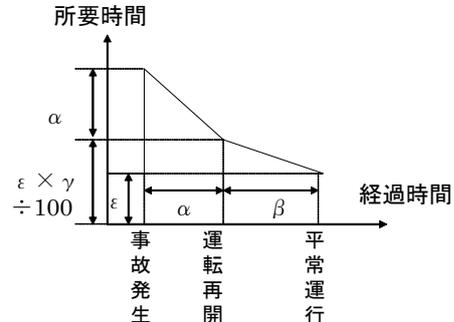


図1 輸送障害時における所要時間変動モデル

ここで、 α は事故発生から運転再開までの時間(復旧時間)、 β は運転再開から平常運行に戻るまでの時間とし、 γ は運転再開後の列車遅延の程度を表すパラメータである。 α と β については、過去の事故データに基づいて事故類型別に平均を取った値を用いている。平常運行への復帰時刻としては、振替輸送の終了時刻を採用した。 γ の値については、過去の運行実績に基づき1.2とした。これらのパラメータの設定値はあくまでも初期値(デフォルト値)であり、実際の事故発生時に、必要に応じて指令員等が手動で変更することを想定している。

3.2 不特定多数向けの情報提示方法

迂回案内情報の提供手段としては、駅頭などでの案内(不特定多数向け)と携帯電話等の個人端末を用いた個別案内とが考えられる。駅頭で、大画面PDP等を用いて不特定多数の利用者向けに迂回情報を提供するような場合、表示媒体の制約等のため、最大公約数的な情報提供となら

ざるを得ない。ひとつの方式として、列車内、Web等で見慣れている鉄道路線図上に目的駅別の迂回の適否を色分け表示する手法を考案した(図2)。ここでは、エリア内の各駅を、発生した輸送障害の影響に応じて表1に示す4種類のクラスに分類し、色分け表示している。図2は、中央線の人身事故により東京・高尾間に支障が発生した場合の例である。前述の所要時間変動モデルにしたがって計算した結果が時々刻々反映され、表示が変化していく。

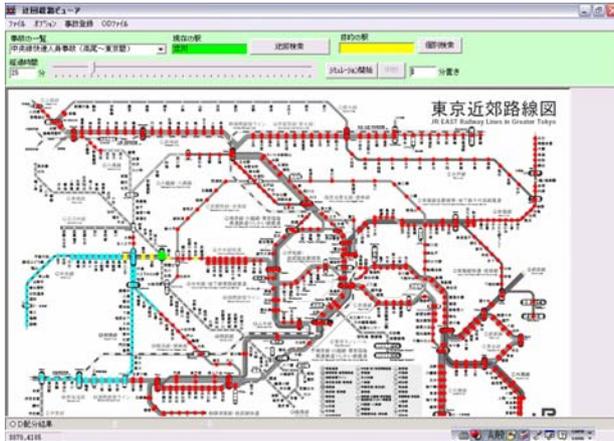


図2 路線図方式による迂回適否の案内

表1 迂回適否別色分け表示の概要

種別	色	迂回適否
迂回推奨	赤	迂回経路(他社線振替を含む)で行く方が早い
迂回不能	黄	迂回不可能(支障路線の運転再開を待つしかない)
本来経路推奨	水色	迂回は可能だが、支障路線の運転再開を待つ方が早い
影響なし	無色	輸送障害の影響がなく通常経路で行くことができる

「迂回推奨」では、本来の経路が支障しているため、迂回経路を用いて移動した方が時間的に有利と判断されるケースである。事故直後で運転再開までに時間を要するケースや本来経路と時間的に大差ない代替経路が存在するケースなどがこれに該当する。「迂回不能」は当該駅への迂回経路が存在せず、支障線区の運転再開を待つ以外に方法がないケースである。一方、「本来経路推奨」とは、迂回経路を使うよりも、運転再開を待って本来経路で移動した方が有利なケースである。事故発生からある程度時間が経過し、程なく運転再開が見込まれるような状況がこれに該当する。上記方式では、各目的駅別の迂回の適否自体は情報提供できるものの、仮に迂回する場合には、具体的にどのような経路で移動すればよいかを知らせることはできない。そこで、主要駅だけに限定して迂回の適否と迂回経路の情報を合わせて表示する方式を考案した(図3)。この方式では、表示されている主要駅以外の駅へ行く旅客は、近隣の主要駅への移動推奨ルートに基づいて自分の目的駅までの最適移動手段を類推する必要があるものの、路線図方式では提供できない迂回経路そのもの(乗り換えパターン)に関する情報が提供できるという利点もある。



図3 主要駅別迂回適否・迂回経路案内

3.3 システムの実装

システムは、最適経路計算エンジンおよびこれと連携して情報提示を行なうアプリケーション群から構成される(図4)。典型的なアプリケーションとしては、駅における不特定多数の旅客向けの可変表示装置(PDP等)、旅客案内の業務に携わる駅員向けの支援システム、あるいはまた旅客の個人用携帯端末を用いた個別案内システム等、さまざまな応用が想定されるため、これらに柔軟に対応可能な汎用の迂回経路計算エンジンを開発した。

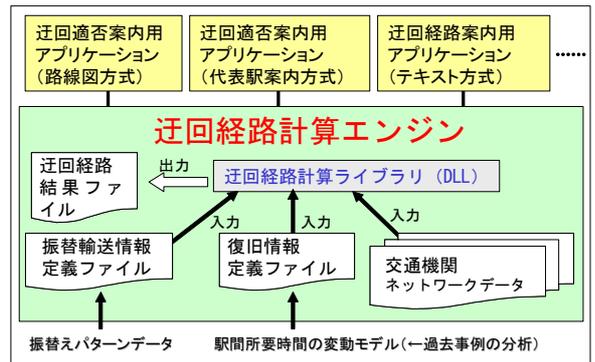


図4 経路選択支援システムの構成

迂回経路計算ライブラリーは、交通機関ネットワークデータ、振替輸送情報定義ファイル、復旧情報定義ファイルを入力として、特定の発駅からエリア内全駅への経路検索結果を出力する。交通機関ネットワークデータには、全国のJR線と民鉄線を含む。振替輸送情報ファイルは、支障区間に応じた振替対象路線を管理するものであり、各社間で共有される振替パターンの情報を反映している。なお、目的地までの最短経路を計算する際には、候補となる各経路の予想所要時間を計算する必要がある。経路の所要時間は経路を構成する駅並びリストから隣接する2駅を取り出し、その所要時間を計算し、累積することにより計算する(図5)。経路ごとの所要時間計算の際、経路上に支障区間が含まれない場合は、列車種別ごとの平均所要時間に基づくリンク重みを設定する。一方、経路上に支障区間が含まれる場合には、前述の所要時間変動モデルに基づいて駅間の所要時間を見積もり、リンク重みとして設定する。隣接2駅間の所要時間の計算では、発駅から当該駅間に到達するまでの予想所要時間を折り込んだ上で、当該駅間の所

要時間の計算を行っている（図6）。これは、たとえば、支障区間が発駅から遠方にある場合、当該支障区間に到達する前に、運転再開となるようなケースもあり得るからである。

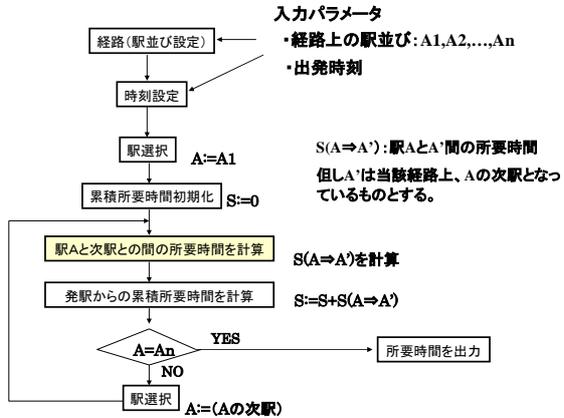


図5 各経路ごとの所要時間の計算

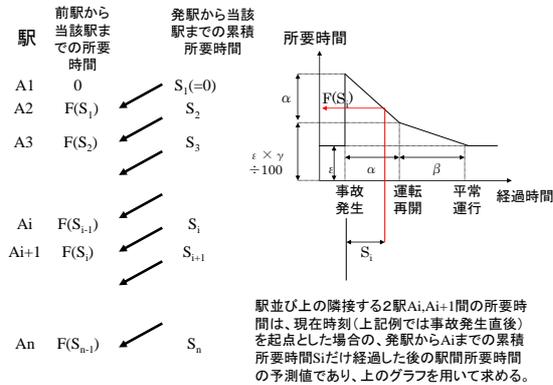


図6 駅間所要時間の計算方法

本システムでは、指定された発駅からJR線全駅への最短経路検索を行なっているが、一般的なオフィス用PCを用いて1~数秒程度で可能であることが確認できた。性能的には実用上問題ないレベルと考えている。

4. 利用者意向調査およびその結果のシステム仕様への反映

4.1 調査概要

我々は、輸送障害発生時における利用者行動の実態を把握し、本システムが取り扱う、不確実性を含んだ情報（運転再開見込み、迂回の適否等）に対する利用者の意向（姿勢）を把握するため、主に都市圏の通勤・通学客を対象とした質問紙調査を実施した。回答者は1392名（男：728名、女：664名）であった。

調査内容は、①過去1年間に遭遇した輸送障害発生時における回答者の行動に関するもの、および②ダイヤ乱れ時に鉄道会社が提供するサービスに関するものの2種類である。ここでは、前述の経路選択支援システムに直接関わる項目のみ報告する。

4.2 ダイヤ乱れ時における利用者行動

乗車予定の路線で列車運行に支障が生じた場合には、各

利用者がどのような行動を取ったかについて訊ねた。その結果、おおむね6割の利用者が迂回せず、運転再開を待つという選択をしていることが確認された（図7）。

	62	37
全体 (1089)		
男性 (564)	59	40
女性 (525)	65	33
10代~20代 (297)	64	35
30代~40代 (515)	62	37
50代以上 (274)	61	38

図7 運転見合わせ時に利用者が取った行動

このような利用者の判断は、運転支障箇所、各利用者の位置、目的駅、迂回経路の有無、移動目的等の条件に依存するため、実際に取った行動別にその判断の理由を合わせて訊ねた（図8、図9）。これらの結果より、「運転が急に再開されるのではないか」という推測（期待）が迂回行動を妨げていること、「迂回した方がより時間がかかる」という理由で迂回しない利用者が多いこと、「確実に着きたい」、「迂回手段が既知である」、「運転再開後の運転が乱れそうである」等の判断が迂回行動を促進させていることなどが読み取れる。

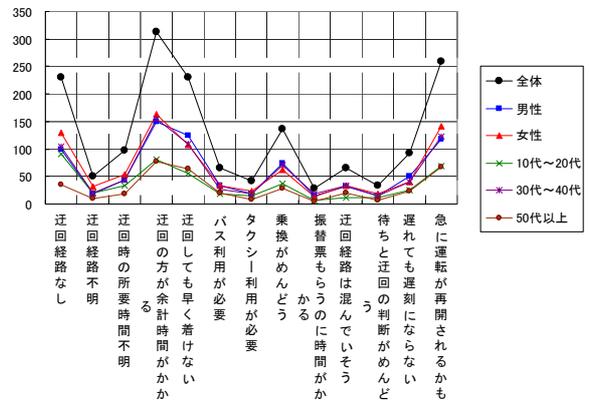


図8 運転再開を待った理由

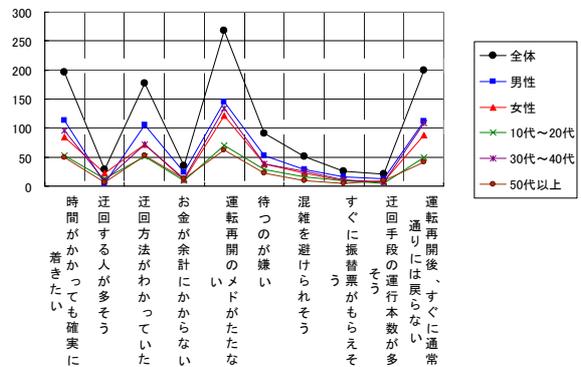


図9 迂回した理由

また、他の調査項目からは、迂回した利用者の多くは迂回経路を自分の知識、記憶から引き出していることも確認され、鉄道会社からの情報提供の寄与度が低い実態が明らかになった。

4.3 不確実性を含む情報に対する利用者の反応

運転再開見込み情報の提供については、「運転再開までどれくらいかかりそうかという見込みや目処でもよいので、できるだけ早く案内を出してほしい」という利用者が9割を超えており、「混乱を避けるため、不正確な時間の案内はしない方がよい」という意見を圧倒的に上回った。さらに、前述のシステムが行なっている迂回の適否を教えてくれるサービスについても、「外れるリスクはあってもどちらの方が早いか教えてくれるサービスがあれば役に立つ」との意見が8割に上った。また、列車の運行状況や各列車の位置等の情報提供に関しても同様の傾向が確認された。

このように、たとえ不確実性があっても早い段階での情報提供が総じて好まれる傾向が確認されたが、どの程度の不確実性であれば許容されるのか、についても把握しておく必要がある。そこで、提供される情報の確度がどの程度であれば、利用者がその情報に価値を見出すかを別途調査したところ、70%～と回答した人の割合が最も高く、次いで60%～、80%～の順となった。なお、ここで言う情報の確度は所謂、経験的確率に基づいた確からしさを表している。たとえば、70%の確度とは10回のうち7回は妥当な情報が提供されるということを意味する。

4.3 実用システムの仕様への反映

以上の結果より、ダイヤ乱れ時の情報提供に関しては

- ・ 運転再開見込みや迂回の適否、運転再開後の列車運行に関する情報のニーズが特に高い。
- ・ 確度100%ではない情報でも、できるだけ早い段階で提供すべきである。
- ・ しかし、提供する情報については、一定の確度を保証する必要がある。

という点が確認された。そこで、これらの結果を踏まえた上で、3で述べたダイヤ乱れ時における経路選択支援システムを実用展開するにあたってのシステム仕様およびシステム導入時の運用方針について検討した。

(1) 利用者に情報提供を開始すべきタイミング

情報の確度を提供した場合の利用者の選択行動結果および情報価値があると判断される情報確度の下限値に関する調査結果に基づいて、本システムによる情報提供を開始すべき適切なタイミングを決定することができる。情報の確度が80%以上になれば、ほとんどの利用者がその情報の価値を認めており、このレベルの情報であれば自身の行動決定に活用可能であることが示唆されている。ただし、提供する情報の確度をどのようにして求めるかについては、現状では確立した技術がなく、専門家（ベテランの指令員や駅員等）の経験的知識に頼らざるを得ない。

(2) 利用者に提示すべき「最適経路」の考え方

多くの利用者にとっては、迂回経路は通常は使わない不慣れな経路であるケースが多いため、通常経路に比べ、迂回経路での移動には、より多くの心的負荷がかかることが予想される。そのため、迂回の適否のみを提示する経路選択支援システム（図2）では、単純にその時点での「最短経路」を利用者に提示するのが必ずしも妥当ではないと考えられる。そこで、実用システムの仕様としては、迂回経路が通常経路よりも x 分以上短い所要時間の場合にのみ迂

回経路を利用者に推奨するという方法が考えられる。

また、ダイヤ乱れ時においては、平常時とは異なる旅客流動が発生し、時として大きな混乱を引き起こすことがある。駅構内あるいはプラットフォームが手狭で、大勢の利用者が滞留すると危険なケースでは、意識的に迂回経路側へ誘導する必要がある場合もある。このような場合にも上記の x の値を調整することにより旅客流動を的確に制御することができる。なお、この x については、路線や駅の特性等に応じて適切な値を設定する必要があるため、指令所での全線区一括設定ではなく、駅ごとに個別設定ができることが望ましい。

以上の点を踏まえ、実用システムの仕様には、専門家による介入を前提とした以下の機能を追加した（図10）。

- ① 駅頭ディスプレイへの表示タイミングを制御する機能
- ② 通常経路と迂回経路の優先度を調整する（一方の所要時間に「下駄をはかせる」）機能

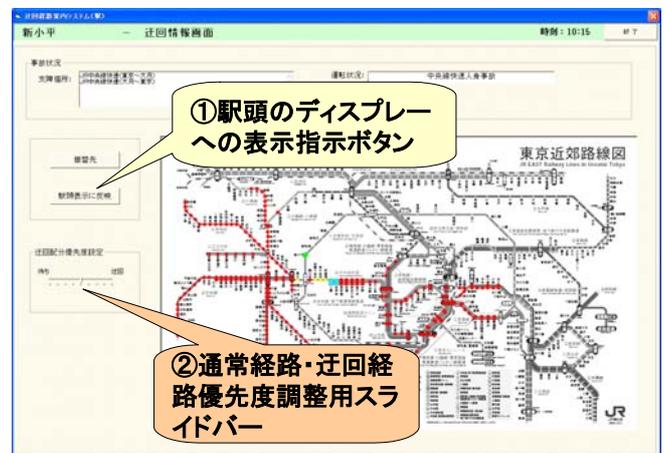


図10 駅員用端末の表示例

5. まとめ

鉄道ダイヤ乱れ時における利用者の経路選択行動を支援するシステムを開発した。システムの開発と並行して、鉄道利用者を対象とした質問紙調査を実施し、利用者行動の実態把握を行なうとともに、提案するシステムが高い社会的受容性を有する可能性を確認した。さらに、調査で得られた知見の一部をシステム仕様へフィードバックした。今後もダイヤ乱れ時における利用者行動に関する基礎調査を継続し、知見を蓄積するとともに、並行してシステムの実フィールドでの試験を実施し、早期のシステム実用化へとつなげていきたい。

参考文献

- 1) 有澤理一郎、中川剛志、土屋隆司、杉山陽一、藤浪浩平、松原広：「事故復旧時間予測と迂回経路選択の研究」、第42回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集、論文番号205 2005年12月
- 2) 野末尚次：「ジャストイン・タイム旅行 列車乗り継ぎ案内システムESTの開発」、RRR、1992.2