

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

異常時の折り返し運転を効果的に実施する

人身事故などのトラブル発生時には、その発生箇所を通る列車の運行を一時的に中断する必要があります。しかし、路線全体の運行を中断すると、影響が広範囲に及ぶため、鉄道事業者では、途中駅に設置されている上下線間の渡り線などを活用し、不通区間以外を一時的に折り返し運転することで、列車を運行する区間を確保します。この渡り線の設置には相当な費用が必要なため、効果的な場所を選んで設置することが重要です。そこで、列車運行と旅客流動に対するシミュレーションを活用して、折り返し設備の設置効果を評価する手法を開発しました。



國松 武俊
Taketoshi Kunimatsu
信号・情報技術研究部
運転システム研究室
副主任研究員
【専門分野】旅客流動推定、輸送計画評価、シミュレーション



坂口 隆
Takashi Sakaguchi
信号・情報技術研究部
上席研究員
【専門分野】輸送計画、運用計画の評価・最適化、スケジューリングアルゴリズム

はじめに

近年、列車運行に対する利用者のニーズとして、所要時間の短縮や、列車本数の増加、混雑率の低下といった利便性の向上に加え、遅延が少ないこと、トラブルによる運転中断が少ないことといった、安定性に関するニーズが高まりつつあります。これに応えるため、鉄道事業者では、人身事故などの輸送障害（☞参照）が発生すると、適切な運転整理（☞参照）を実施し、

ここで、輸送障害の原因が解消するまで、路線全体の運行を中断させてしまうと、その路線の全利用者が運転再開まで待つことになり、輸送障害の影響が広範囲に及びます。そこで、影響を最小限とするために、途中駅にある渡り線などの線路設備（以下「折り返し設備」といいます）（図1）を使用し、不通区間以外の区間で、列車を折り返し運転することで、列車運行を極力確保します。

早期のダイヤ回復に努めています。折り返し設備を新たに設置する場合、その新設、維持に相当なコストがかかるため、コストに見合った効果が

☞ 輸送障害

列車の運休、または旅客列車で30分（旅客列車以外は1時間）以上遅延を生じた事態で、鉄道運転事故以外のものを指します。鉄道事故等報告規則により、鉄道事業者は国土交通省に報告します。

☞ 運転整理

列車の運休、順序変更、折り返し変更など、乱れたダイヤを元に戻し、遅延を解消するために行われる、一連のダイヤの変更のことを指します。



図1 渡り線の線路設備

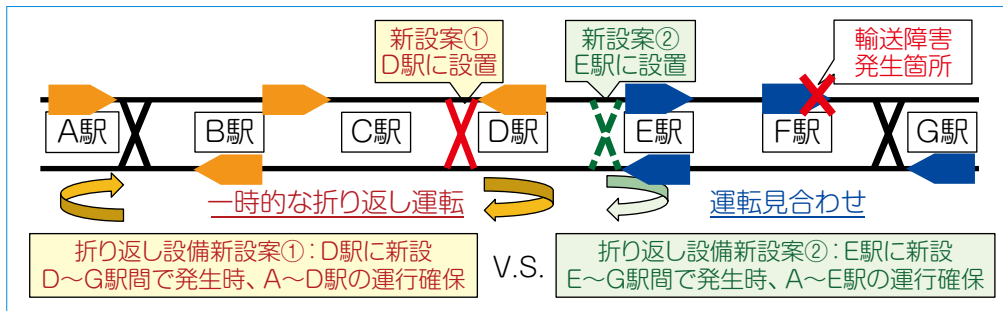


図2 折り返し設備の新設とその効果

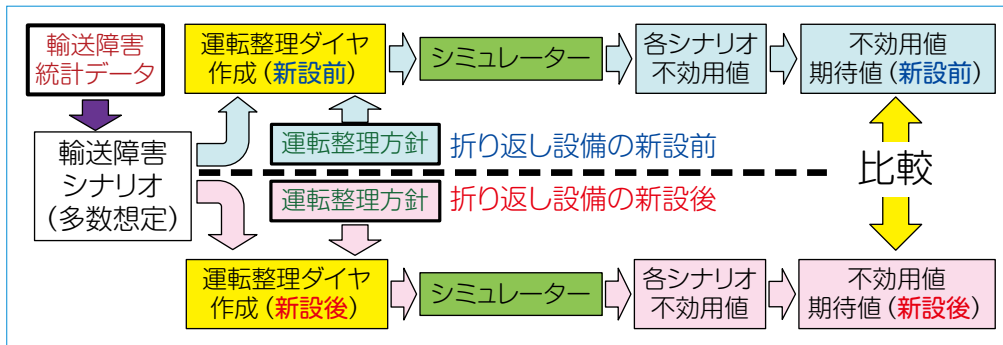


図3 提案する折り返し設備評価手法

あるか否かを検証し、効果的な場所から優先的に設置するのが望ましいといえます。このうち、折り返し設備の新設、維持費用は、工事に必要な金額などから見積もることが可能です。一方で、折り返し設備の設置効果は、輸送障害時における、利用者の利便性の改善度合いとなりますので、定量的に見積もるのは困難です。

そこで、輸送障害発生時を想定して、折り返し設備の設置前、および設置後の列車運行、各利用者の行動を詳細に推定し、折り返し設備を評価する手法を構築しました。この手法では、筆者らが過去に開発した列車運行・旅客行動シミュレーター¹⁾を活用することにより、輸送障害の発生頻度や、折り返し設備の新設により運行が確保可能となる区間、および時間帯・区間別の利用者数を考慮した詳細な評価が可能です。

構築した手法を、実在通勤路線に適用し、一部の駅に折り返し設備を新設した場合の効果を評価することで、本手法の有効性を検証しました。

輸送障害発生時の折り返し運転

輸送障害が発生すると、その発生場所は、現場検証や設備・車両の処置などのために、列車を動かすことができず、一時的に不通となります。事業者は、不通区間内への他の列車の進入を防ぐために、その路線の列車の運行をすべて見合わせたり、不通区間の手前の駅で折り返し運転を行ったりします。

ここで、列車の運行を確保する観点では、全線で運転を見合わせるよりも、運転可能な区間は列車を動かすことで、不通区間を通過しない利用者に対し、移動手段を確保することが望ましいといえます。しかし、不通区間以外での列車運行を確保するためには、上下線間の渡り線など、折り返し設備が必要となります。

たとえば、図2の路線のF駅で輸送障害が発生し、運転を見合わせた場合、途中駅に折り返し設備がなければ、不通が解除されるまでの間、列車を一切、運行することができません。ここで、もし仮にD駅に折り返し設備があれば、A～D駅間で折り返し運転を実

施することで、この区間だけは、列車を運行することができます。それでは、このD駅の折り返し設備により、どの程度の効果があるのでしょうか。もし仮に、D駅に折り返し設備がない場合に、コストをかけて新設する価値はあるのでしょうか。また、D駅またはE駅のいずれかに折り返し設備を新設する場合、どちらの駅が望ましいでしょうか。

このように、折り返し設備を新設する場合には、折り返し運転による利用者の利便性確保の程度が、新設、維持に要するコストに見合うかどうか、という議論になります。そのため、利用者の利便性確保に関する効果について、定量的な評価が必要となります。

折り返し設備評価手法

提案する評価手法を図3に示します。まず、折り返し設備新設前、および新設後における運転整理の基本方針を定めます。具体的には、「現在は、A～B駅間が不通時には、急行はD駅で、各駅停車はC駅で折り返し運転を実施する。B駅に折り返し設備を新設後

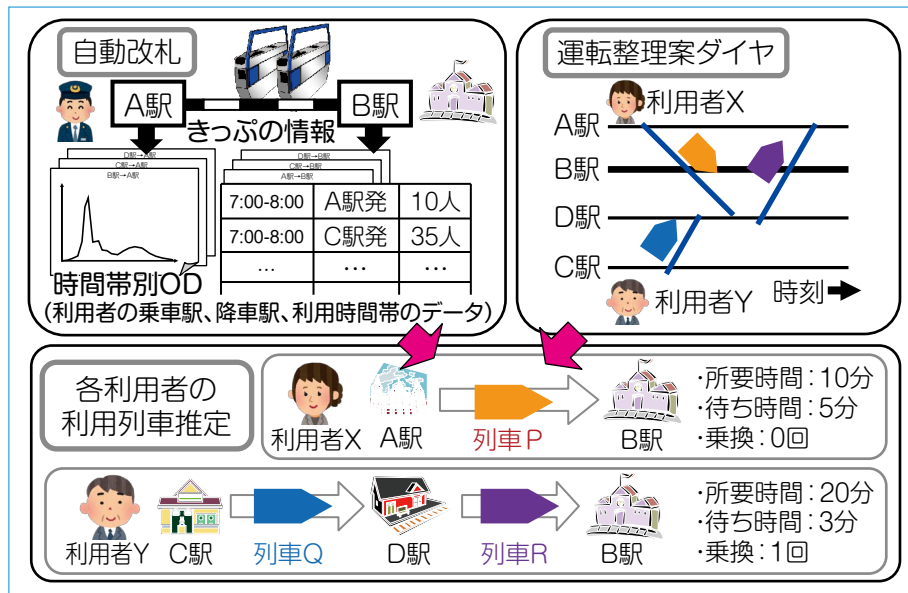


図4 列車運行・旅客行動シミュレーターによる利用者行動の推定

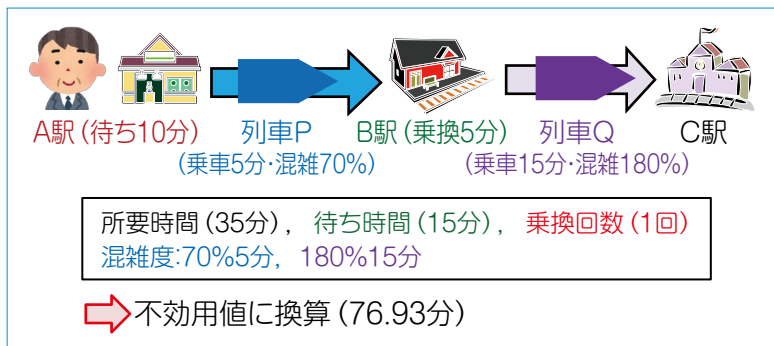


図5 不効用値の計算イメージ

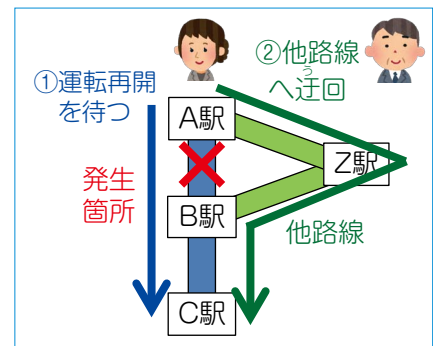


図6 他路線への迂回行動

は、各駅停車はB駅で折り返し運転する」といったものです。次に、その路線の過去の輸送障害に関する統計データを使用し、輸送障害の発生時刻、支障箇所、支障時間帯の情報を含む輸送障害シナリオを、確率的に多数作成します。そして、各シナリオ、および折り返し設備の新設前、新設後の各条件に対し、そのシナリオが発生した際の運転整理ダイヤを作成します。そして、各整理ダイヤに対し、列車運行・旅客行動シミュレーターを適用し、その整理ダイヤを実施した場合の、各列車の運行時刻と、各利用者の列車乗継行動を推定します。最後に、列車乗継行動から算出した各利用者の不効用値を集約し、評価値とします。この値を、折り返し設備の新設前、新設後で比較することにより、新設効果を評価します。

ここで、列車運行・旅客行動シミュレーターは、図4に示すように、自動改札機で取得されたODデータ（利用者の「乗車駅、降車駅、利用時間帯」のデータ）、ダイヤデータをもとに、各利用者の列車選択行動、各列車の混雑度、運行時刻（遅延）を推定するものです。対象路線の各利用者が、どの列車に乗り、どこで乗り換え、いつ目的駅に到達したかなど、詳細な乗継行動が推定できます。

また、不効用値とは、図5に示すように、各利用者が、乗車駅の改札を入場してから降車駅の改札を出場するまでの、所要時間、列車待ち時間、乗換回数、混雑度といった不便さを表す要素を、所要時間の増加分に換算して算出される値²⁾です。迂回経路を選択した利用者については、迂回経路の徒歩時

間、所要時間、乗換なども加味します。本研究では、各整理ダイヤに対し、上記のシミュレーションを行うことで、図6に示すような、他路線への迂回行動を含む各利用者の詳細な行動を推定します。そして、推定された列車乗継行動推定結果に対し、不効用値を計算することで、その整理ダイヤに対する、各利用者の不効用値を算出します。

この不効用値の算出結果を、全利用者分集計し、評価値とします。この評価値の計算を、作成したすべての輸送障害シナリオ、および平常時の列車運行に対して行います。その結果を、折り返し設備新設前、新設後それぞれについて集約し、不効用値の総和の期待値を算出します。この期待値の差分を、折り返し設備新設による輸送サービスの改善度合いと考えます。

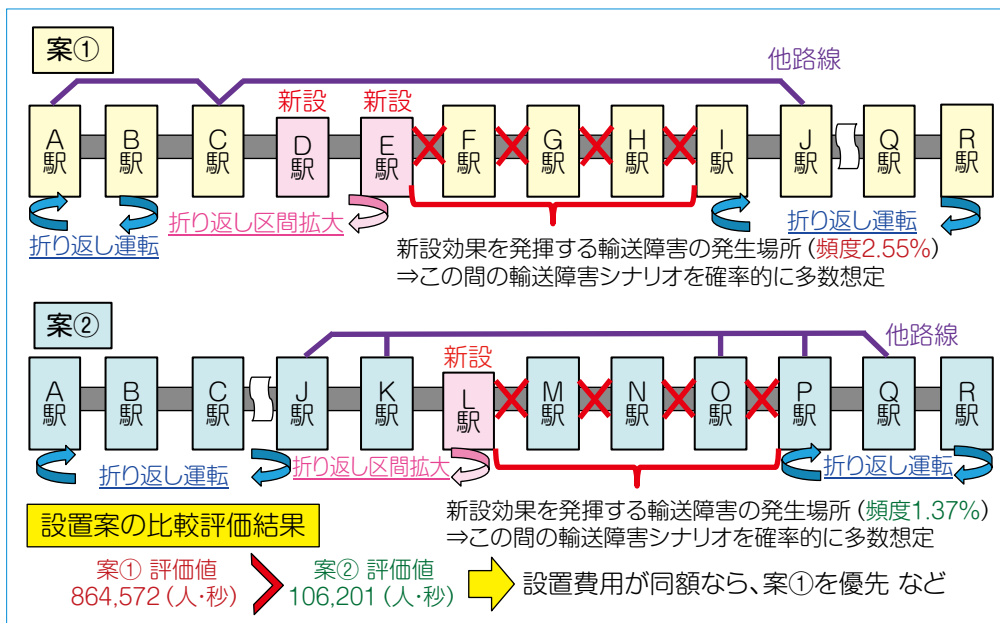


図7 提案手法による折り返し設備の評価例

実在路線への適用実験

対象路線の概要と、検討中の折り返し設備新設計画(案①, ②)を図7に示します。まず案①は、D駅とE駅に折り返し設備を新設し、E～I駅間で輸送障害が発生した場合、現行ではA～B駅間で折り返し運転を行っているものを、急行列車はA～D駅間、各駅停車はA～E駅間の折り返し運転に変更、拡大することを狙っています。一方、案②はL駅に新設するものです。これにより、L～P駅間で輸送障害が発生した場合、現行ではA～J駅間で折り返し運転を行っているものを、A～L駅間に拡大することを狙っています。この2つの新設案について、どちらが効果的か、提案手法を用いて比較評価しました。

案①では、図7に示す折り返し運転を行うのは昼間時間帯(10～15時)で、この時間帯のE～I駅間の輸送障害発生頻度は、1日あたり約2.55%です。一方、案②では、図7に示す折り返し運転を行うのは、同様に昼間時間帯(10～15時)で、この時間帯のL～P駅間の輸送障害発生頻度は、1日あたり約1.37%です。これらデータをもとに、1,000日分の列車運行を想定

し、昼間時間帯に同じ頻度で輸送障害が発生する前提で、案①のE～I駅間は26件、案②のL～P駅間は14件の輸送障害シナリオを作成、想定して評価しました。

一方、利用者ODデータとしては、乗車駅に10:00～15:00の間に出現する、約216,000人の利用者データを評価対象としました。また、他路線への迂回^{うかい}に関しては、利用者は図7の他路線と表記された駅間を移動できると仮定^{うかい}し、迂回経路の利用を推定しました。

評価結果を図7左下に示します。案①の改善効果は864,572(人・秒)、案②は106,201(人・秒)となり、案①が効果的という結果になりました。このように、折り返し設備の新設計画を、利用者の利便性の観点で定量的に比較することで、どの計画を優先すべきか、どこに折り返し設備を新設するのが効果的か、事業者内での設備投資計画の検討に活用することができます。

おわりに

折り返し設備の新設により、輸送障害発生時には、不通区間以外を一時的に折り返し運転できるようになり、利用者への影響を低減することが可能で

す。ここでは、この折り返し設備の新設計画に対し、利用者の利便性の観点から評価する手法を構築しました。また、実在路線への適用実験を行い、折り返し設備の新設計画を、定量的に評価可能なことを確認しました。

ここで、実際の設備投資計画の策定にあたっては、利用者の利便性改善効果以外にも、用地確保の可能性や、施工や維持コスト、駅周辺の都市計画など、施工側のさまざまな要因も、あわせて考慮し、総合的に判断する必要があります。しかし、列車運行の安定性向上効果を定量的に評価することは、設備投資計画の客観的な根拠の一つとなるため、意義があることと考えています。

今後は、本手法をさまざまな路線、折り返し設備の新設計画に適用し、検証したいと考えています。RRR

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列車ダイヤ評価手法, 電気学会論文誌D, No.130, Vol.4, pp.459-467, 2010
- 2) 運輸政策研究機構: 鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル2012, 2012