

旅客利便性の観点による折り返し設備設置効果の評価手法

信号・情報技術研究部 運転システム研究室
副主任研究員 國松 武俊

1. はじめに

人身事故等の輸送障害が発生した場合に、途中駅に折り返し用のわたり線等の線路設備（以下、折り返し設備という）があれば、不通区間以外の区間について、一時的な折り返し運転を行うことにより、利便性低下を防ぐことが可能である。そこで本研究では、折り返し設備の新設効果について、利用者の視点から定量的に評価する手法を提案した。提案手法はシミュレーションをベースとした手法で、対象路線における輸送障害の統計的な発生頻度を反映可能である、振替輸送等で他社線へ迂回する利用者を考慮可能である、運転整理ダイヤによる混雑や遅延の利用者への影響を、詳細かつ定量的に考慮可能である、といった特徴がある。構築した手法を実在線区に適用し、2つの折り返し設備新設計画の効果を比較評価することで、本手法の有効性を検証した。

2. 輸送障害の発生と折り返し運転

人身事故等の輸送障害が発生すると、当該区間は現場検証等で一時的に不通となる。同区間内への列車進入を防ぐため、その路線の列車の運行を全て見合わせたり、同区間の手前の駅で折り返し運転を行ったりする。輸送確保の観点からは、全線で運転を見合わせるよりも、運転可能な区間は動かすことで、不通区間を通過しない利用者に対する輸送手段を確保することが望ましい。しかし、不通区間以外の運転を確保するためには、列車が折り返すための上下線間のわたり線等の折り返し設備が必要である。言い換えれば、この設備の設置位置によって折り返し運転区間が決定される。

例えば、図1の路線のF駅で輸送障害が発生し、運転を1時間見合わせた場合、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列車を運行することができない。ここで、もしD駅に折り返し設備が存在すれば、A駅～D駅間で折り返し運転を実施することで、この区間の輸送を確保できる。それでは、D駅の折り返し設備の価値はどの程度であろうか。もし仮にD駅に折り返し設備が無い場合に、新設する価値はあるのであろうか。また、D駅かE駅のいずれかに折り返し設備を新設する場合、どちらが望ましいのであろうか。このように、折り返し設備を新設

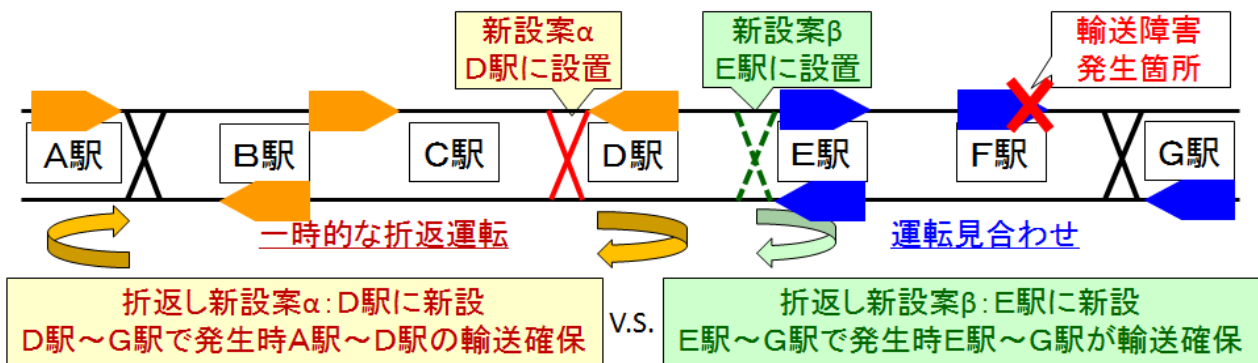


図1 折り返し設備の新設とその効果

する場合には、折り返し運転による利便性向上と、新設、維持コストとのトレードオフとなるため、特に利便性向上効果についての定量的な分析が必要である。

本研究では、以下の3つの要件を満たす折り返し設備評価手法を検討する。

- ①各利用者の所要時間や混雑度など、体験する輸送サービスの視点から評価を行うこと
- ②迂回により他路線へ流出する利用者についても評価対象に入れること
- ③過去の輸送障害の発生頻度を評価に反映させること。

3. 提案する折り返し設備評価手法

3.1 全体構成

本研究で提案する折り返し設備評価手法を図2に示す。まず、折り返し設備新設前後における運転整理の基本方針（例えば、A～B間が不通になった場合、新設前の現在は、急行はD駅で、各駅停車はC駅で折り返し運転を行う。B駅に折り返し設備を新設後は、各駅停車はB駅で折り返し運転する等）を作成する。次に、当該路線における、過去の輸送障害の統計頻度データを使用し、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生成する。また、各シナリオ、折り返し設備新設前後それぞれに対し、運転整理基本方針を反映させ、そのシナリオが発生した際の運転整理案を作成する。そして、各運転整理案に対し、列車運行・旅客行動シミュレータを適用し、その整理案を実施した場合の各列車の運行時刻、および各利用者の降車駅までの列車乗継行動を推定する。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、折り返し設備新設前後における評価値とする。この評価値を比較することで、折り返し設備を評価する。

3.2 列車運行・旅客行動シミュレータ

筆者らは過去に、自動改札機で取得されたODデータ、ダイヤデータをもとにシミュレーションを実施し、各利用者の列車選択行動、各列車の混雑度、運行推定時刻（遅延）を推定する「列車運行・旅客行動シミュレータ」を開発した¹⁾。このシミュレータでは、ODデータをもとに当該路線を利用する1人1人の利用者を内部的に発生し、時々刻々変化する列車運行ダイヤを推定し、どの列車に乗車し、どこで乗換え、いつ目的駅に到達したか等、詳細な利用列車経路を推定する。また、各駅での列車の乗降人数から乗降に必要な時間を算出することにより、利用者の集中による列車遅延の発生や、遅延発生に伴う利用者の更なる集中といった悪循環の現象も再現可能である。また、利用者の他路線への迂回行動を推定する機能を組み込んでおり、各利用者は運転中断、運転再開見込み情報が案内された時刻で迂回判断を行い、運転再開を待った場合と迂回

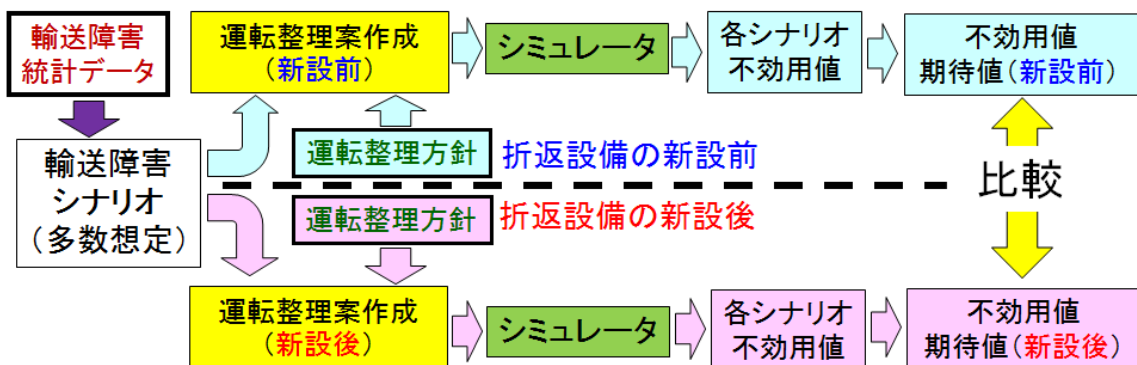


図2 提案する折り返し設備評価手法

した場合との予想所要時間に基づき、他路線へ迂回するか否かを決定する。

本研究では、各運転整理案に対し本シミュレーションを行うことで、迂回行動を含む各利用者の詳細な行動推定結果を出力する。

3.3 不効用値の期待値による評価

シミュレーションにより出力された各利用者の詳細な行動推定結果について、文献 2)に記載の不効用値を計算し、その運転整理案における各利用者の不便度を算出する。ここで不効用値は、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、乗換等も加味して行う。算出結果を、各シナリオ、折り返し設備の有無に対して全利用者分集計することで、そのシナリオ、折り返し設備の有無に対する評価値とする。この評価プロセスを、生成された輸送障害シナリオ、および平常時の列車運行に対し適用する。各輸送障害シナリオに対する結果を、折り返し設備新設前後それぞれについて集約し、1日あたりの利用者不効用値の合計の期待値を算出する。この期待値の差分が、折り返し設備新設による輸送サービス改善度合いと考えることができる。

算出した期待値の差分は、各利用者の所要時間、待ち時間、乗換回数、混雑度から計算された、不効用値を集約したものであり、利用者の視点に立った評価尺度であるといえる。また、列車運行・旅客行動シミュレータの中で、他路線への迂回行動をあわせて推定しており、他路線への利用者の流出による影響も加味されている。さらに、過去の輸送障害の統計情報を利用し、発生時刻、支障時間など様々な輸送障害を想定したシナリオを確率的に作成しており、輸送障害の発生頻度を加味した評価になっていると考えられる。

4. 実在路線への適用実験

4.1 路線の概要と検討対象の折り返し設備新設計画

実験対象とする路線と、検討中の折り返し設備新設計画（案α，β）を図3に示す。

まず案αは、D駅、E駅に折り返し設備を新設するものである。これにより、E駅～I駅間で輸送障害が発生した場合、現行ではA駅～B駅間で折り返し運転を行っていたものを、A駅～E駅

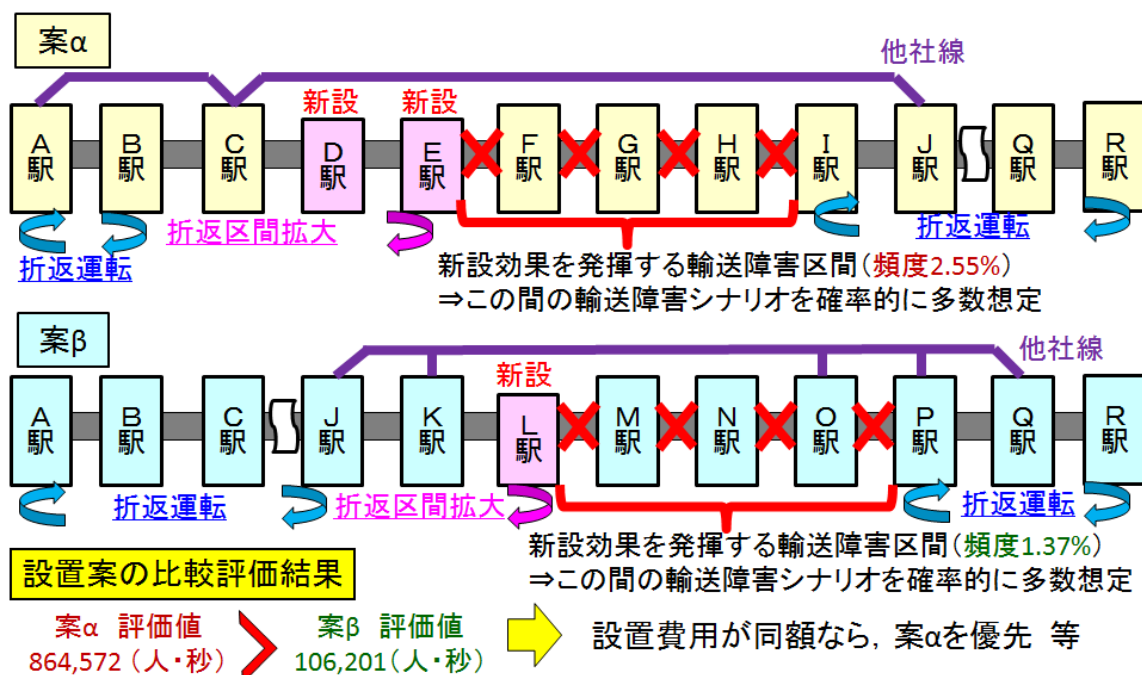


図 3 提案手法による折り返し設備の評価例

間に拡大することを意図したものである。一方案βは、L駅に新設するものである。これにより、L駅～P駅間で輸送障害が発生した場合、現行ではA駅～J駅間で折り返し運転を行っていたものを、A駅～L駅間に拡大することを意図している。この2つの新設案について、どちらがどの程度効果的か、提案手法による比較評価を行った。

4.2 輸送障害シナリオの想定、評価対象の利用者と迂回行動

案αを採用した場合、図3に示す折り返し運転を行うのは昼間時間帯（10～15時）で、過去における同時間帯、E駅～I駅の輸送障害発生頻度は、1日あたり約2.55%であった。一方、案βを採用した場合には、図3に示す折り返し運転を行うのは昼間時間帯（10～15時）で、過去における同時間帯、L駅～P駅の輸送障害発生頻度は、1日あたり約1.37%であった。このデータをもとに、1000日分の列車運行を想定し、昼間時間帯内に上記の頻度で輸送障害が発生するという前提で、案αのE駅～I駅間に関しては26件分、案βのL駅～P駅間に関しては14件分の輸送障害シナリオを作成した。

一方、本研究で評価対象としたODは、乗車駅で10:00～15:00の間に出現する216,181人分である。他社線への迂回に関しては、利用者は図3の他社線と表記された駅間を移動可能なものとして、迂回経路推定を実施した。

4.3 評価結果と考察

評価結果を図3左下に示す。案αによる改善効果は864,572（人・秒）と算出されたのに対し、案βは106,201（人・秒）となり、利用者利便性の観点では、案βよりもαのほうが効果的という結果となった。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出来れば、どの計画を優先すべきか、どこに折返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可能である。

5. おわりに

輸送障害時に一時的な折り返し運転を可能とし、利用者の迷惑を低減するための折り返し設備新設計画に対し、利用者の観点から評価する手法を提案した。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の定量的な比較評価が可能なことを確認した。

提案手法が評価対象としているのは、輸送障害時において、折り返し設備の新設で可能となる折り返し運転により、利用者の利便性がどの程度改善するのか、という点である。実際の設備投資計画の策定、検討にあたっては、用地確保の可能性、施工コスト、維持コスト、駅周辺の都市計画等、施工側の様々な要因や、平常運行時における折り返し設備の待避線、留置線等としての使用等、他の効果もあわせて考慮し、総合的に判断する必要がある点、注意が必要である。しかし、従来は困難であった、異常時に対する輸送の安定性向上に関する効果の部分を定量化したことは、設備投資計画の客観的な根拠の一つとなる点で、意義があると考えられる。

今後は、本手法を様々な路線、折り返し設備の新設計画に適用することを検討している。

（参考文献）

- 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, 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.