

# 列車ダイヤの定時性を向上する



**國松 武俊**  
Taketoshi Kunimatsu  
信号技術研究部  
運転システム研究室  
主任研究員



**国崎 愛子**  
Aiko Kunisaki  
信号技術研究部  
運転システム研究室  
副主任研究員



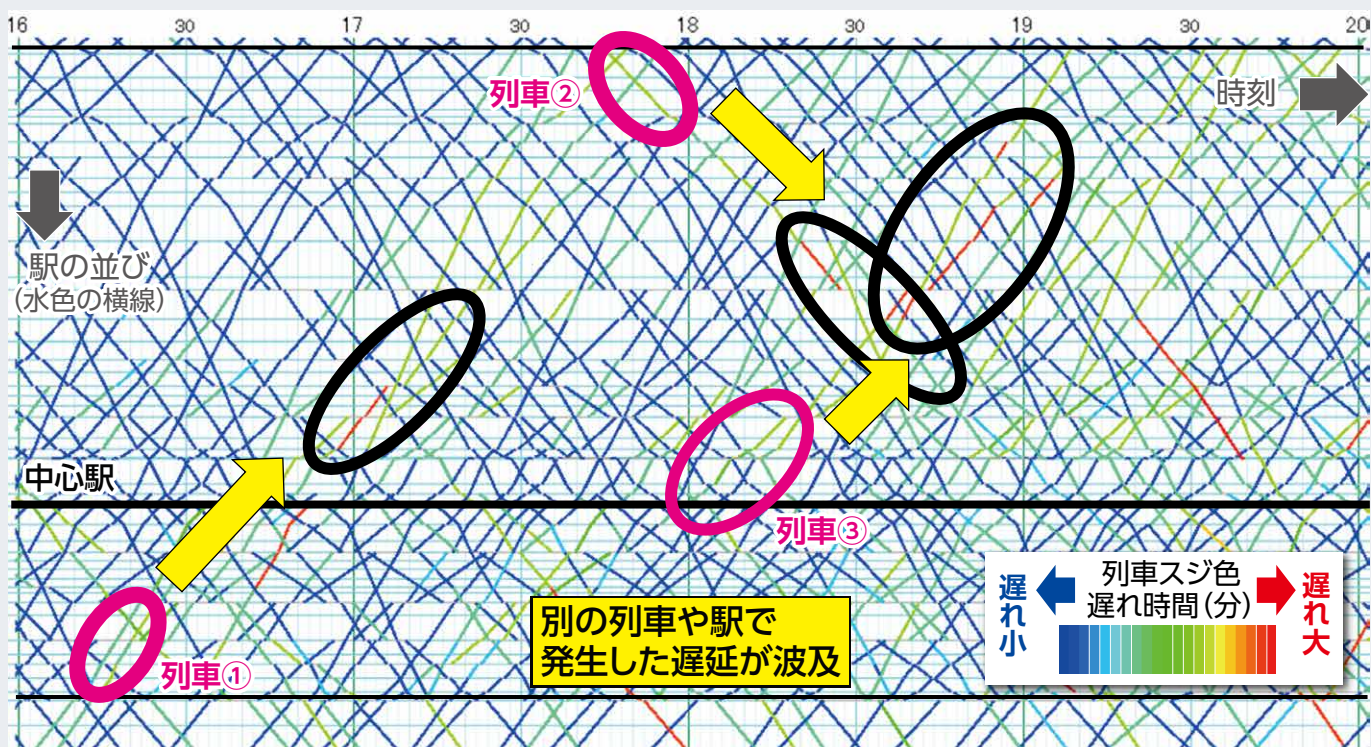
**中挾 晃介**  
Kosuke Nakabasami  
信号技術研究部  
運転システム研究室  
副主任研究員

## はじめに

鉄道の魅力の1つに、ほかの交通機関と比べて列車の遅延が少なく、目的地への到着時間が読めるという、高い定時性があります。しかし近年では、朝夕のラッシュ時間帯を中心に、列車の混雑によるドア挟みなどで、駅での乗降時間が想定よりも長引きやすく、数分程度の小さな遅延が日常的に発生している路線や列車もあります<sup>1)</sup>。これに対し、鉄道事業者も、列車の

遅延を予防するために、次のダイヤ改正で余裕時間を付加するなどの取り組み（遅延対策）を行っています。特に、列車本数の多い路線では、ある列車が遅延すると、その列車だけでなく後続の列車にも遅延が波及します。そのため、多くの列車に遅延が波及しやすい列車や駅を優先して遅延対策を行うと効果的です。しかし、そのような列車や駅は具体的に何か、容易に判断できないという課題があります。

図1 遅延量の色付きダイヤ図



**実績遅延データ**  
 毎日の各列車・各駅の到着時点と発車時点における遅れ時間（分または秒単位）を記録したデータ。

**中央値**  
 全てのデータの値を降順（または昇順）に並べたとき、ちょうど真ん中の順位となる値。データが偶数個の場合には、ちょうど真ん中の前後2つの値の平均をとる。

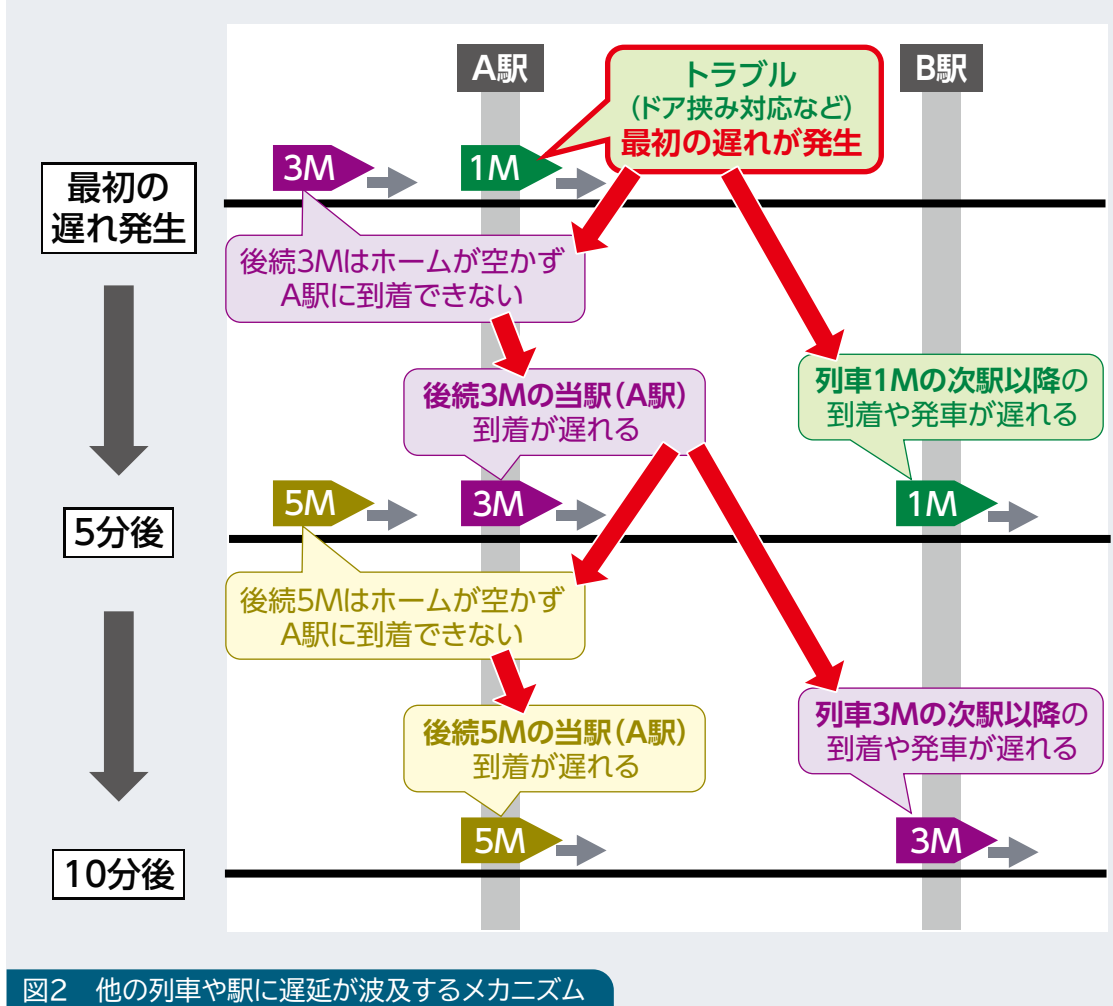


図2 他の列車や駅に遅延が波及するメカニズム

そこで筆者らは、**実績遅延データ**を分析し、遅延対策が効果的な箇所を抽出するために、「遅延の影響度」と「遅延の影響人数」の2つの指標を提案し、それらの指標を用いて遅延対策が効果的な箇所を評価する手法を考案しました。本記事では、これらの概要と実路線データに適用した事例について紹介します。

### 遅延対策に関する従来の取り組みと技術

遅延対策の検討には、お客様の声のほか、現地調査の結果や、実績遅延データなどが活用されています。これらをもとに、日常的に遅延しやすい列車や駅を特定し、次のダイヤ改正で駅の停車時間や駅間の運転時間への余裕時間の付加などの遅延対策を検討します。

実績遅延データを活用した方法として、従来、遅延色付きダイヤ図(クロマティックダイヤ図)が使用されてきました<sup>2)</sup>。これは、日常的な遅

延の傾向をダイヤ図形式で可視化するものです。まず、各列車、各駅の着時点と発時点について、毎日の遅れ時間(分または秒単位)の**中央値**を計算します。次に、計画ダイヤの各列車、各駅の運行時刻をもとに、ダイヤ図を描画します。この際に、ダイヤ図上の列車スジを、遅れ時間の中央値が小さい列車は青系の色、大きい列車は赤系の色とすると、日常的に遅れている列車や駅が容易に判別できます。この遅延色付きダイヤ図の例を図1に示します。

しかし、遅延色付きダイヤ図だけでは、定時性向上のため、どの列車や駅に余裕時間を付加すればよいかは容易に判断できません。例えば、図1で遅れ時間が大きい、赤線の列車スジの箇所に余裕時間を付加するのは、必ずしも効果的とは限りません。別の列車や駅で最初に発生した遅延が波及しているケースがあるためです。具体的には、図2のように、ある列車(1M)の

ある駅(A駅)の発車が遅れたとき、その影響で、その列車の次駅(B駅)以降の到着や発車が遅れます。それに加え、後続の列車3MもA駅ホームに到着できないため、3MのA駅到着も遅れます。この波及のメカニズムにより、次駅以降や後続列車にも、連鎖的に遅延が生じます。

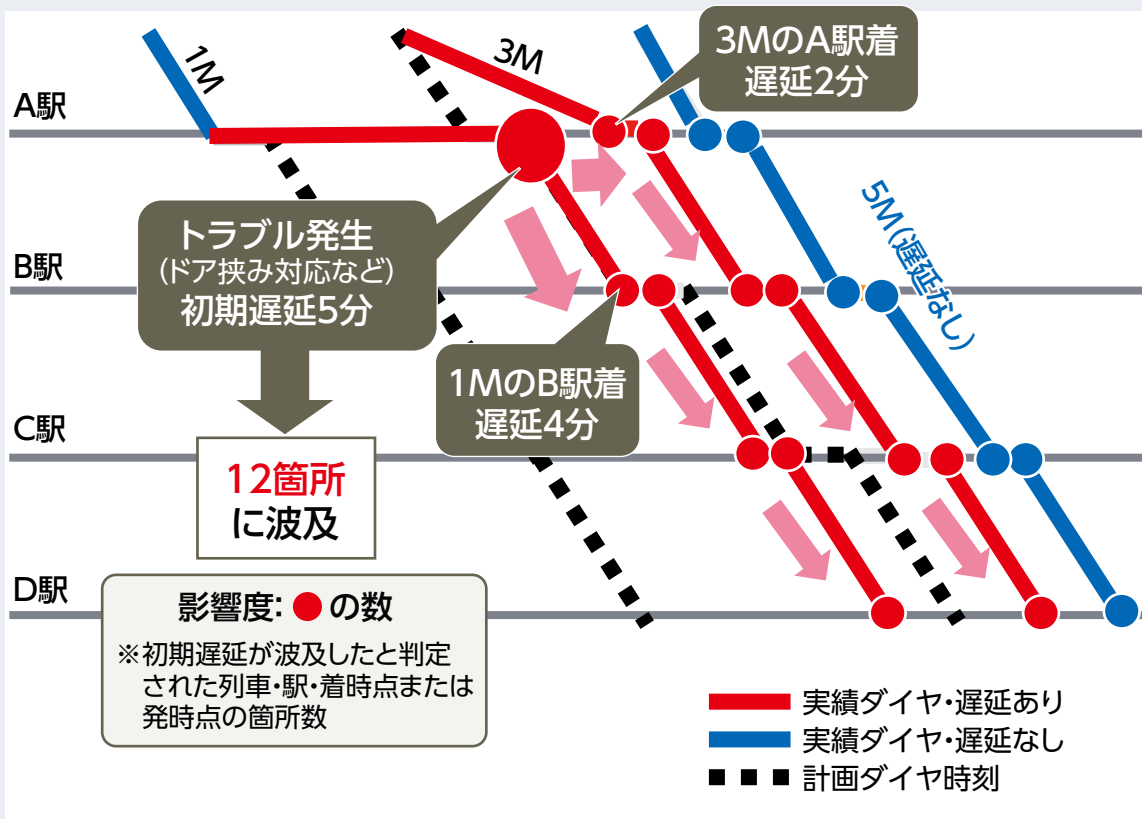
この場合、最初に遅延が発生した箇所を特定し、そこに対策を行うほうが、一度に多くの列車や駅での遅延が解消するため効果的です。しかし現状では、このような遅延対策が効果的な列車や駅は、担当者が経験的に特定しています。

### 遅延の影響度評価手法

このように、遅延対策の検討には、遅れ時間の大きさよりも、「どれだけ広がるか？(波及)」に注目する必要があります。そこで、遅延が広範囲に波及しやすい列車や駅の箇所を特定する手法を開発しました。これは、図3のように、あ

る列車(1M)のある駅(A駅)からの発車が5分遅れたとき、この遅延の影響がどこまで波及しているか、実績遅延データから推定するものです。具体的には、ある列車について、ある駅での遅れ時間が、その前の駅での遅れ時間と同じか減少する場合には、前の駅での遅延がその駅にも波及したと判定します。また、ある駅について、同じ方向の列車が続行して運転され、後続列車の遅れ時間が、先行列車の遅れ時間と同じか減少する場合には、先行列車の遅延が後続列車に波及したと判定します。最初に遅延した箇所からこの判定を始め、遅延が解消するまで繰り返すと、遅延の波及範囲が特定できます。本研究では、ある箇所の遅延が波及したと判定された列車や駅、着時点または発時点の組み合わせの数(箇所数)を「遅延の影響度」と定義します。影響度が大きい箇所は、その列車や駅での遅延により、ほかの多くの列車や駅が遅延したことを

図3 遅延の影響度の定義



表します。仮にこの箇所の遅延が解消できれば、ほかの多くの列車や駅での遅延も解消し、路線全体の遅延を効果的に減らせると考えられます。

図1の路線に対して、各列車、各駅の影響度を算出し、その大小に応じて列車スジの色を変えたダイヤ図を図4に示します。図1と比較すると、影響度が比較的大きい列車や駅は、一部に限られることがわかります。

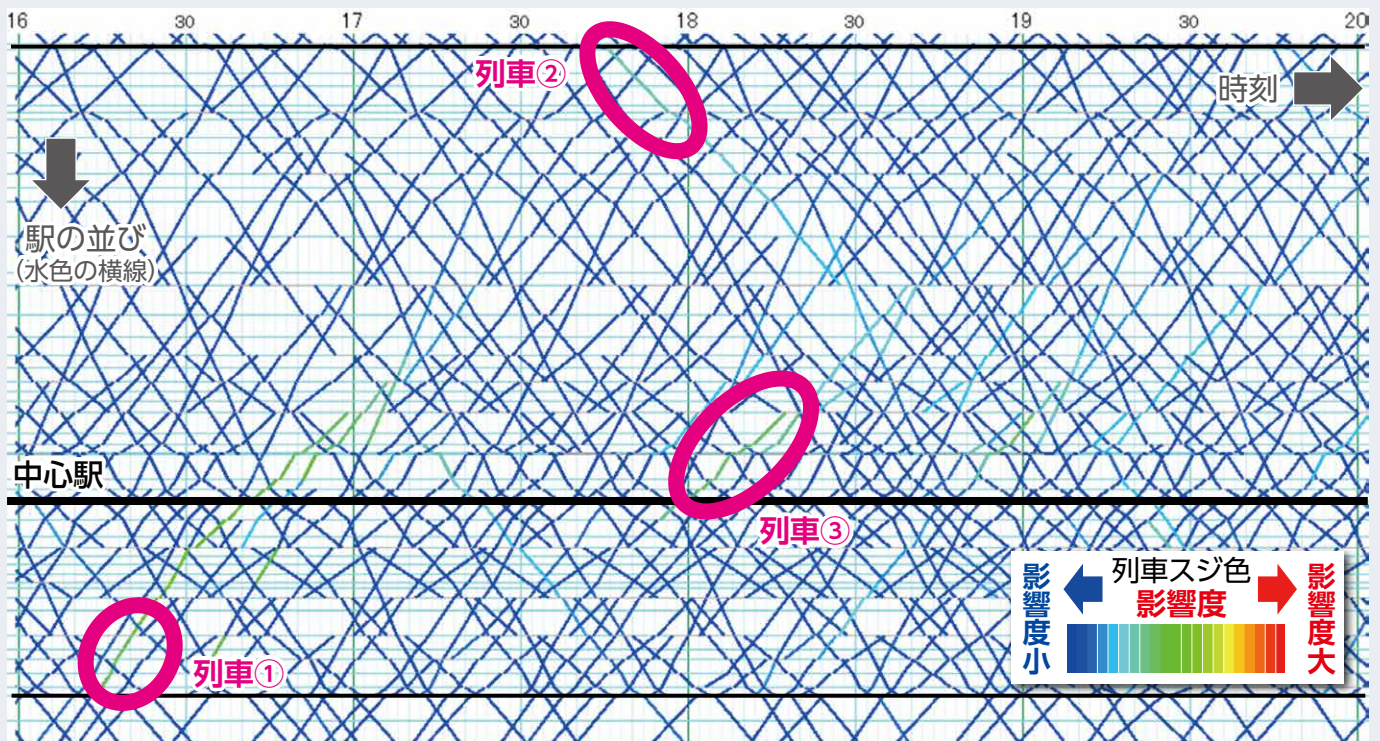
### 遅延の影響人数評価手法

一方で影響度は、遅延が波及した列車や駅の箇所数を表しますので、遅延した列車の乗車人数が多い／少ないにかかわらず、同一に評価されてしまい、実際に迷惑を被る旅客の人数が反映されないという課題があります。そこで、列車の遅延により目的駅への到着が遅れた旅客の人数を「遅延の影響人数」と定義し、これを評価する手法も同時に構築しました。

具体的な手順は以下のとおりです。まず、自動改札機などから取得可能な旅客データを使用し、各旅客について、図5のように、遅延した当日の利用列車と、仮に遅延がなかった場合の利用列車を推定、それらを比較することで、当日の列車の遅延により目的駅到着が遅れた旅客を抽出します。次に、遅延が生じた各列車、各駅の箇所について、遅延の波及範囲を、前述の影響度評価手法を用いて算出します。そして、目的駅到着が遅れた旅客のうち、その箇所の遅延の波及範囲内の列車や駅を利用した旅客の人数を集計することで、各列車、各駅での遅延に起因して目的駅への到着が遅れた旅客の人数を算出します。

図1、図4と同じ路線で、影響人数を算出し、その大小に応じて列車スジの色を変えたダイヤ図を図6に示します。影響人数が大きいのは列車①～③など、影響度が大きい列車とほぼ同じ

図4 影響度による分析（ダイヤ改正前）



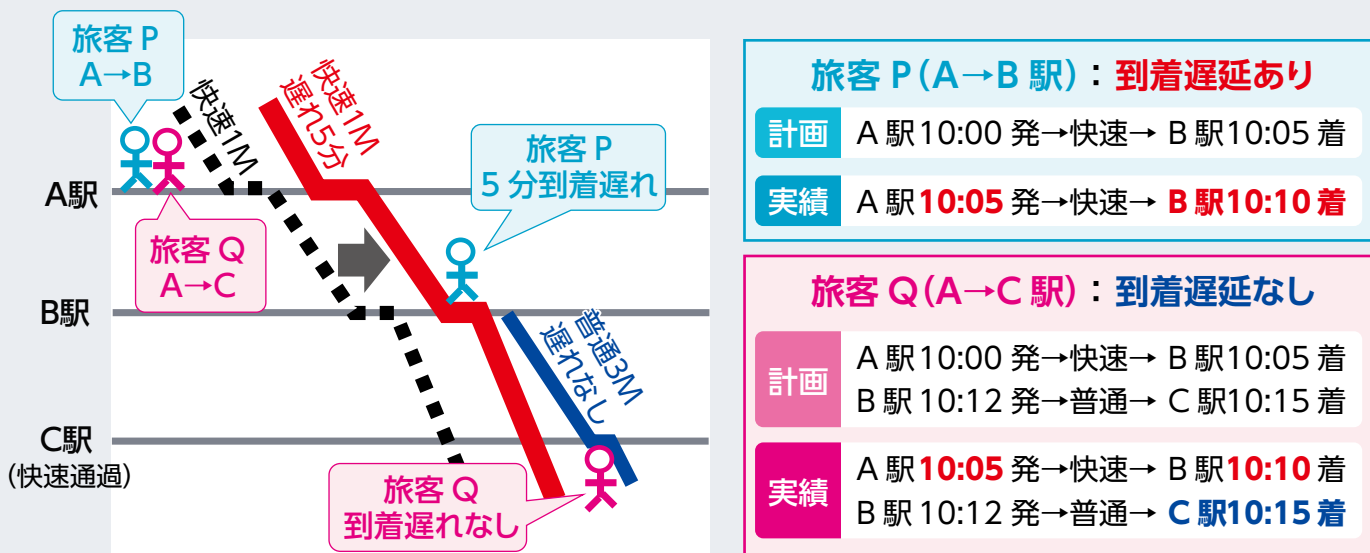


図5 目的駅到着が遅延する旅客の判定方法

という結果になりました。つまり、遅延する列車を減らす観点だけでなく、遅延で迷惑を被る旅客を減らす観点でも、列車①～③への遅延対策が望ましいことがわかります。

### ダイヤ改正後の遅延状況

上記2手法の分析結果をふまえ、この路線のダイヤ改正で、列車①、②の赤丸箇所の運転時間に余裕を付加する遅延対策が行われました。ダイヤ改正後の遅れ時間による色付きダイヤ図

図6 影響人数による分析 (ダイヤ改正前)

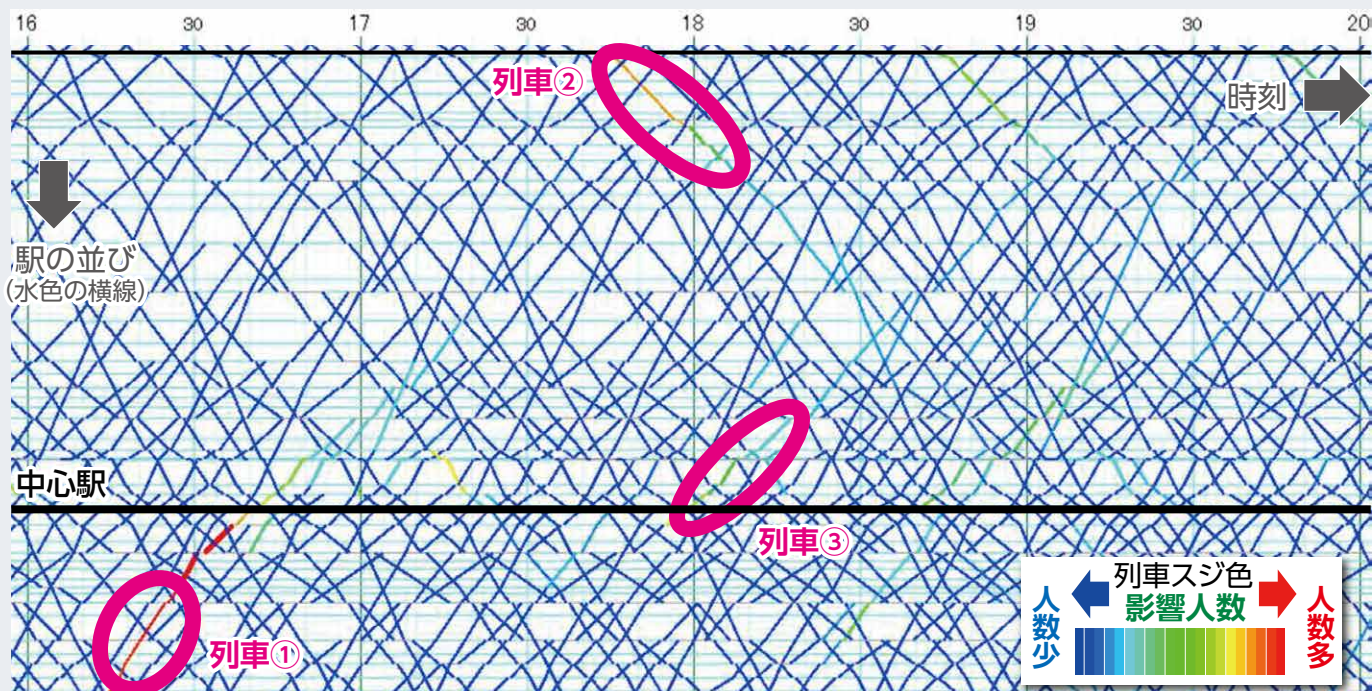


表1 各列車の遅れ時間, 影響度, 影響人数 (中央値)

	列車①		列車②		列車③	
	改正前	改正後	改正前	改正後	改正前	改正後
遅れ時間 (分)	3	0	1	0	1	1
影響度 (箇所)	80	0	29	0	76	16
影響人数 (人)	454	0	293	0	485	297

を図7に, 列車①~③の遅れ時間などの変化を表1に示します。図1, 図7と表1より, 列車①や列車②は, 遅れ時間などが解消しました。一方で, 遅延対策を行わなかった列車③は, 遅れ時間や影響度, 影響人数が残りしました。これより, 影響度, 影響人数による分析が有用なことを確認しました。

データの活用による業務変革が進んでいます。今後は, 列車の混雑度など, ほかの実績データの活用方法も構築し, ダイヤ作成業務のDX化を促進することで, 鉄道の定時性と快適性を高め, 一層の魅力向上を図りたいと考えています。

RRR

## おわりに

列車ダイヤの定時性向上のため, 実績遅延データを分析し, 遅延対策を行う手法を紹介しました。近年, さまざまな分野でDXの取り組みが見られますが, ダイヤ作成業務でも, 実績

## 文 献

- 1) 国土交通省: 東京圏における今後の都市鉄道のあり方について, 交通政策審議会答申第198号, 2016
- 2) 牛田貢平: 東京地下鉄 クロマティックダイヤ図の開発とこれを活用した東西線遅延対策の効果検証, 鉄道ピクトリアル, 2010年10月号, 2010
- 3) 國松武俊, 国崎愛子, 中挾晃介: 旅客への影響人数の観点による列車遅延データ分析手法, 電気学会論文誌D, Vol.142, No.5, pp.418-427, 2022

図7 遅延量による分析 (ダイヤ改正後)

