

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：12703

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25420536

研究課題名(和文) 都市鉄道における列車遅延の回復メカニズムの解明と遅延防止対応策の提案

研究課題名(英文) Elucidating the mechanism for recovering Knock-on Delay Under High-Frequency Operation and Countermeasures against the Delay in Urban Railways

研究代表者

日比野 直彦 (HIBINO, NAHIKO)

政策研究大学院大学・政策研究科・准教授

研究者番号：10318206

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：東京圏の鉄道では、混雑率の低下を目的として、高頻度運行、相互直通運転といった政策を実施し、大きな成果を上げたものの、その副作用として通勤時間帯の慢性的な遅延、遅延の広域的な連鎖、遅延回復の長時間化が発生しており、ある種のパラドックスとなっている。本研究では、これまでに実施した列車遅延の発生・拡大に関する研究の結果を踏まえ、分析対象を信号方式、運行頻度等の異なる路線へ拡張すること、遅延回復に関する分析を進め、回復のメカニズムを解明すること、これらを通して、列車遅延の拡大防止および回復に向けた具体的な対応策を提案することの3つを行った。

研究成果の概要(英文)：The railway network in Tokyo metropolitan area has been developed to reduce both train congestion and impedance of transfers through providing high frequency train operations. However, small irregularities in services are resulting in significant delays in the railway service, as the railway system is currently operating very close to its capacity. This study focuses on train operation to recover knock-on delay under high-frequency intervals and elucidate recovery mechanism. The study simulates train operations which are not only radial line but also loop line. Finally, the countermeasures against the delay are illustrated based on the results of the train operation simulation analysis.

研究分野：土木計画学

キーワード：交通計画 列車遅延 交通政策

1. 研究開始当初の背景

東京圏の鉄道は、高密度な鉄道網整備、列車の長編成化、高頻度運行、相互直通運転の実施、ホームドアの設置等の施策により、世界に誇れる都市鉄道システムを形成している。しかしながら、これらの施策は、大きな成果を上げた一方で、その副作用として、① 通勤時間帯の慢性的な列車遅延、② 人身事故、車両故障等により発生した列車遅延の広域的な連鎖、③ 一度発生した列車遅延の回復に数時間も要するといった回復困難性の問題等を顕在化させ、ある種のパラドクスとして、東京圏の鉄道に新たな課題を生じさせている。東京圏の都市鉄道は、未だ混雑率 190%を超える路線が多く存在しており、慢性的に発生する列車遅延は、遅れ時間が日毎に異なるため、利用者は車内の混雑に耐えながら、所要時間の増加、さらに到着時間の不確実性という幾重ものストレスを強いられている。その社会的費用は年間 2,000 億円以上と試算される。

列車遅延の発生要因の一つとして、旅客の駆け込みや混雑する車両への無理な乗車に伴うドアの再開閉、安全確認時分の増加等に伴う駅停車時間の増加が一般的に知られている。高頻度運行下では駅停車時間の増加が、直ちに後続列車の駅間走行速度の低下を誘引し、遅延の影響が後続列車へ波及する。運行間隔が短いため、駅間での走行時間の増加は後続列車で回復することなく、その区間の走行時間の増加量として引き継がれる。さらに走行時間が増加するとその影響は後続列車へ次々と伝播し、上流駅間へと波及するといった現象が発生している。

東京圏の都市鉄道が膨大な量の旅客を輸送し、未だに混雑率 190%以上の路線が多く存在するなか、列車遅延の発生を抑制することは極めて困難である。抜本的な対策としては、大規模投資を伴う路線容量の増強、あるいは、利用者意識の改革が考えられるが、これらが可能な事例は限定的である。急務である都市鉄道の信頼性回復を成し遂げるには、あまりに長期的な時間を要するという問題がある。このため、列車遅延の対策にあたっては、遅延発生の抑制のみならず、発生してしまった列車遅延に対する拡大・波及の抑制方策、さらには、遅延発生状況下における早期回復方策といった視点からの検討が極めて現実的かつ有効な手法である。

都市鉄道の混雑問題と列車の運行方式に関しては、国内外問わず今までに多くの研究がなされてきた。代表的なものとしては、利用者の経路選択、駅における旅客流動、運行ダイヤの最適化等である。また、さらに時代が進み、列車運行と旅客行動のシミュレーションに関する研究も多く発表されている。しかしながら、これらの研究の多くが列車の車内混雑緩和または駅構内の混雑緩和の視点から利用者便益が論じられてきたものである。すなわち、列車運行に関する列車遅延の発生、

波及および回復のメカニズムに言及し、実効性の視点から列車遅延対策を分析し、技術的、制度的な検討を加えた具体的な解決方策に関する研究の不足が上記の深刻な問題を引き起こしている。

2. 研究の目的

本研究では、駅の旅客流動と駅間の列車運行との相互作用により拡大・波及する列車遅延を対象とし、① 高頻度運行下において列車遅延が回復する要因とその特性について明らかにし、② 列車遅延が回復傾向にある列車群の運行状態から、列車の運行方式が列車遅延の回復に及ぼす影響とその効果について明らかにすることを試みる。さらに、③ 時空間的な列車遅延の回復のメカニズムを踏まえ、具体的な解決方法の提案を行うこととする。また、既往の研究において所与の条件として与えていた列車運行を、実績値を用いた列車運行挙動の動的解析結果に基づく変数として列車遅延のメカニズムに反映する点で、学術的な新規性を有するものである。これにより、これまで効果的な対策を打ち出せていない高頻度運行下における列車遅延の回復方策について、慣習的な概念から脱却し、新たな理念による実効性の高い運行管理手法を提案することを目的とする。そして、更なる利用者サービスの向上とともに、我が国の鉄道技術向上に資することを本研究の意義とする。

3. 研究の方法

列車遅延の現状分析として、遅延の発生・波及、及び回復のメカニズムの解明に向けて、列車遅延に関する複数のデータを用いて、遅延の発生・波及及び回復の現象を定量的に把握することを試みる。具体的には、駅での旅客流動と駅間での列車運行方式に着目し、詳細な現状分析を行うことにより、遅延の発生及び波及の現象のメカニズム解明に焦点をあてた定量的な分析を行う。

次に、遅延対策の効果を事前に定量評価することを可能とするため、列車遅延の現象を予測するシミュレーションモデルの構築を行う。具体的には、列車別の運行状態を再現する手法として、離散型シミュレーションモデルであるセルオートマトン法を適用し、現実の線路閉そく区間と同様にセルを分割することによって、列車運行状態を再現する。

輸送力と速達性を維持した遅延対策の観点から、遅延の早期回復方策の手法を検討する。具体的には、構築したシミュレーションモデルを適用して、運行に関する遅延対策の課題を抽出し、高頻度運行下における遅延の特性を明示する。さらに、列車の運行間隔に起因する遅延の波及と拡大の現象を定量的に示し、駅到着時間を最小とする走行パターンについ

て、駅間別に異なる閉そく区分を考慮し、その特性に応じて適用可能な運行管理手法の分析を行うこととする。

さらに、本研究における知見をさらに展開し、列車遅延発生時における単位時間当たりの輸送力保持の視点から、遅延と輸送力のバランスを考慮した運行管理について分析する。また、短時間の列車遅延だけでなく、輸送障害等の長時間の遅延についても対策を検討し、運転再開時の運行管理手法について分析を行う。

また、列車遅延に影響を及ぼす要因とその解決に向けた技術的及び制度的な課題について整理する。列車運行に係わる諸規程を整理し、列車運行と時刻表に関する制度上の課題について考察を加える。

4. 研究成果

(1) 列車遅延の現状分析

輸送障害に至らない短時間の遅延について、そのメカニズム解明の第一歩として、実態を明らかにするための現状分析を行った。まず、鉄道事業者が発行する遅延証明書を用いて、東京圏鉄道における定常的な列車遅延の発生、相互直通運転の影響及び高頻度運行と列車遅延の関係性を示した。また、発生要因の一つであるドアばさみの発生を計測する簡易な計測方法を提案し、その計測値を用いて、乗降時分の増加や、駆け込み乗車及びドアばさみ、またドア閉めから発車までの安全確認時分の増加等、駅別に遅延発生要因が異なることを明らかにした。そして、列車遅延の対策の一つとして、ターミナル駅及び、その手前の駅における確認時分のバラツキと時間増加をどのように抑えられるかの検討は有効との示唆を得た。次に、列車運行実績値からある駅で発生した列車遅延が後続列車や先行列車に時間的かつ空間的に波及する様子を確認した。また列車遅延の発生と波及の要因が、利用者混雑（乗降時間拡大による遅れ）と列車混雑（過密ダイヤによる遅れ）とに分類され、その占める割合が時間帯で異なること、さらには各々の特性を定量的に示した（図-1）。それらを踏まえて、列車遅延の拡大抑制や早期回復において、停車時間短縮の対策のみならず、駅間の列車走行に関する対策も有効であることを確認した。

このような現状分析から、列車遅延の発生・波及のメカニズムの解明に向けて、乗降時分の増加やドアばさみの発生及び安全確認時分の増加に伴う駅停車時間の増加により遅延が発生すること、その影響が後続列車へ波及し、後続列車の駅間走行時間の増加に伴う新たな遅延が発生すること等の列車遅延の発生・波及の連鎖の現象を定量的に把握した。これらは、列車遅延メカニズムのモデル化等に取り組み上で必要となる基礎資料を得るものである。

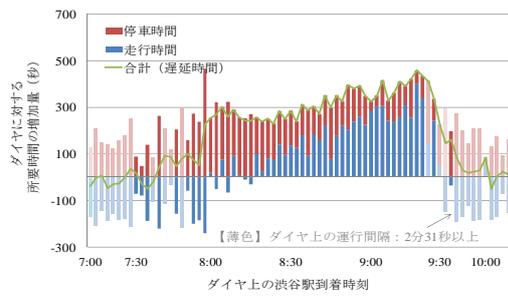


図-1 列車別のダイヤに対する遅延時間の構成

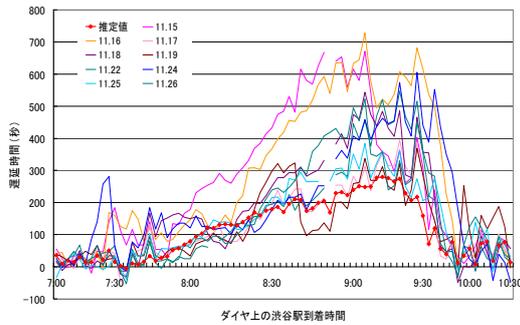


図-2 遅延状況の再現（駒沢大学駅～半蔵門駅）

本研究では、ある1日のデータからその日の運行状況を概観したに過ぎない側面もあるが、これまで実態がよくわからない状況にあった短時間の列車遅延について一定の傾向を定量的に示したことには、今後の列車遅延の発生・波及メカニズムの解明において有益な知見を得るものである。また、列車遅延の回復において、列車間隔を広げるための運行管理手法の検討の有効性を示唆し、列車間隔が広がることにより生まれる時間的、空間的な余裕時分が、所要時分及び運行ダイヤを回復する可能性を示した。

(2) 列車運行挙動と列車遅延の影響分析

駅での利用者乗降と、列車群の運行挙動とを時系列で一体的に分析するため、離散型シミュレーションモデルを構築した。セルオートマトン法を適用し、実際の線路閉そく区間と同様にセルを分割することにより、列車群の運行挙動が再現可能であることを実証した。また、列車到着間隔の乱れと駅停車時間との連動性をモデルに内生化し、定常的な列車遅延現象を再現した（図-2）。

本研究では構築したシミュレーションモデルを用いて、実際の線路閉そく区分に基づく信号システムを考慮した列車運行挙動と列車遅延に関する分析を行った。連続する列車群の運行挙動の分析から、線路上の列車運行においても自動車交通と同様の交通流の現象が生じており、運行本数の増加により走行速度の低下が生じることを明示した。特に路線容量を決定するボトルネック駅の処理容量を越えると、当該駅の通過速度が路線全体を支配することを定量的に示した。このとき、ボトルネック駅手前で駅間停止が生じることから、当該駅での停車時間の増加量が後続列車の走

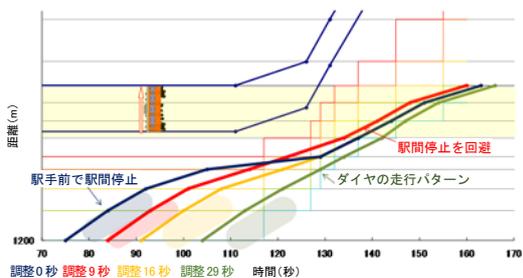


図-3 出発調整時間と走行パターン

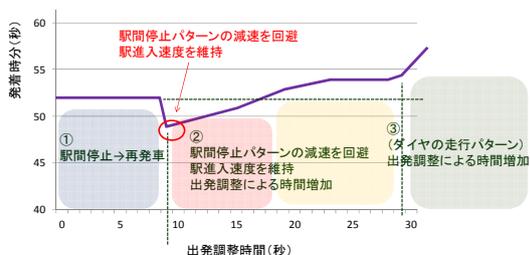


図-4 走行パターン別の発着時分

行時間に直接付加され、路線全体の遅延時間が増幅することとなる。このため、列車遅延の拡大抑制方策として、駅間停止を回避することの有効性を定量的に示した。また、駅停車時間の増加による列車遅延の発生だけでなく、列車の運行間隔の乱れによる列車遅延の発生を例示し、列車遅延対策における列車運行間隔を保持した運行管理、及び駅部と駅間部との運動による一体的な対策検討の必要性を提示した。

次に、個別列車の運行挙動の分析から、駅間の列車走行において次駅への接近が必ずしも駅到着間隔を最小としないことを例示した。また、列車走行状態について、駅到着間隔が同程度に保たれる範囲の存在を定量的に示し、最適な列車走行パターンの検討による列車遅延の早期回復方策の可能性を示唆した(図-3)。

これらを踏まえて、列車遅延対策の基本的な考え方として、列車の運行管理の視点から列車間隔に着目した遅延回復方策についての対応方針を整理した。連続する列車群の運行管理については、運行計画における駅部と駅間部の余裕時分に関する特性から、駅別に実施する遅延対策が見かけ上の遅延回復に過ぎず、路線のボトルネック箇所に列車遅延を集積する可能性を提示し、対策実施にあたって意識の共有化の必要性を提言した。個別列車の運行管理については、走行パターン別の駅到着時間の分析から、駅到着時間を最小とする走行パターンの設計手法を提案した(図-4)。

(3) 高頻度運行下における列車遅延対策

運行間隔の保持による列車遅延の拡大抑制方策の検討では、過度に列車間隔を詰めたことに起因して拡大した列車遅延を定量的に示した。これは、列車間隔の保持により抑制可能な列車遅延であることから、運行管理における列車間隔の重要性を示すとともに、その実践方法の検討において列車の群管理の有効

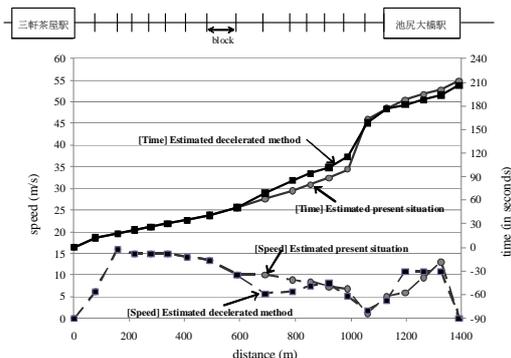


図-5 運転曲線と時間曲線

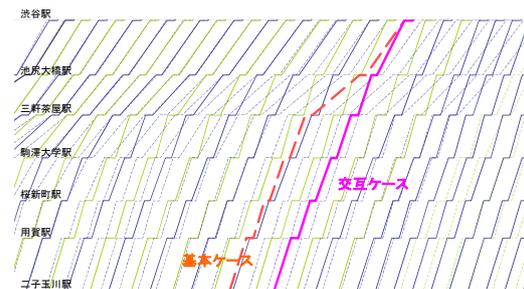


図-6 運行挙動の比較 (二子玉川駅～渋谷駅)

性を明示した。

個別列車の間隔拡大による早期回復方策の検討では、列車間隔の拡大を図る出発時間調整の実施にあたって、一時的かつ部分的な列車遅延の増加が結果的に解消され、路線全体の列車遅延を早期に回復することを提示した。駅別、列車別に個々の遅延回復を図ることより、路線全体における回復方策の実践が効果的に機能することを実証した。また、駅到着時間を最小とするための走行パターンの実践手法として、実際の線路閉そく区分に基づくATCコードによる運転支援手法を提案し、その回復効果と適用の可能性を示した。1列車当りの回復時間は小さいものの、列車遅延の回復効果は連鎖して増大することから、路線全体における早期回復が期待されることを定量的に示した(図-5)。

運行間隔の拡大による定時性向上の検討では、遅延発生時の実質的な輸送力低下において、上流駅における列車運行間隔の拡大による運行管理の有効性を示し、主要OD間の着駅側の輸送力を保持したうえで、所要時間の短縮による列車遅延の早期回復の可能性を明示した。回復した所要時間が、運行ダイヤで設定された所要時間とほぼ同程度であることから、本手法により運行ダイヤの頑健性向上が期待されることを示唆した(図-6)。

また、輸送障害時の運転再開手法に関する検討では、運転再開時に集中する膨大な数の利用者に起因して路線全体の列車遅延が増幅することから、列車間隔を保持した運行管理の重要性が通常時以上に増すことを例示した。利用者発生率等の駅の特性と、駅間の線路条件の違い等を考慮した運転再開手法の検討の蓄積が、遅延の拡大抑制及び早期回復に有効

であることを示した。

上述の列車遅延対策はいずれも、遅延発生時に過密となった列車間隔を駅及び駅間で拡幅するための運行管理手法を検証したものであり、その効果が示された。すなわち、列車運行管理における基本方針として、遅延回復のための列車間隔の拡幅という新たな理念の導入が、路線全体の遅延回復を早期化することを定量的に示した。

(4) 列車遅延の技術的及び制度的課題

東京圏の都市鉄道は膨大な量の旅客を限られた鉄道容量で輸送しており、その歪として顕在化する列車遅延は、様々な要素が複雑に連動していることから、それ一つで列車遅延が解消される施策はない。このため、駅、列車運転、運行計画等においてできる施策を積み上げていくことが列車遅延対策の礎となり、それらの相乗効果が列車遅延を解消するものと考えられる。そのため、各部門において実態分析に基づく技術的、制度的な検討を重ねていくことが重要である。

技術的な課題として、駅での旅客乗降については、都心駅や地下鉄駅において抜本的な施設改良が困難であることから、限られた空間を活用する設計思想や、旅客流動の効率化及び分散化、利用者及び事業者の意識改革、安全管理及び運行管理上の内部規程の見直しについて検討の余地が考えられる。列車の運転設備においては、線路閉そく区分の目的意識や、その発展形であるCBTC導入時の運用、ICTを活用した情報伝達についての検討の深度化が、列車遅延の解消に向けて有効と考えられる。また、運行計画の視点から、相互直通運転路線における事業者間の更なる連携について、より一層の進展に向けた議論の必要性が考えられる。

制度的な課題としては、列車運行の早発に関する規程と、それを見直した際に必要となる運行間隔を提示した時刻表の導入について、事業者と利用者の双方の視点から効果と適用の可能性を検討した。列車運行に係わる諸規程においては、実態に即しておらず、列車運行の自由度の低下による利用者サービスの低下を引き起こしている可能性が指摘される。その一例が列車の早発禁止に関する規程である。時刻表を遵守し、運行の定時性を高めるためには、この規程を見直し、事業者の努力を引き出すための柔軟なダイヤ設定を可能とすることが必要と言える。

(5) 結論

本研究は、高頻度運行下において列車遅延が連鎖する現象に関して、列車運行と旅客乗降との連動性を考慮し、① 顕在化した列車遅延の回復要因を明示した点、線路閉そくや信号設備による路線の輸送力と高頻度運行を行う列車1本1本の動的な分析から、② 列車遅延が回復するメカニズムを明示した点、列車の運行方式に着目し、③ 運行本数の減少によ

る輸送力低下を伴わない遅延回復方策を明示した点に学術的な特色がある。また、列車遅延対策の技術的、制度的な検討は、本研究に実務的な有用性を付加している。既往の研究は、列車遅延の発生・波及のメカニズムにおいて、駅間の列車走行を所与の条件としている。この場合に導かれる遅延対策は、駅停車時間の短縮、及び列車運行の等間隔化に集約されてしまい、ラッシュ時間帯に駅停車時間の短縮が非現実的であることから、実質的には列車運行の等間隔化が唯一の列車遅延対策となっている。しかし、列車運行の等間隔化は、高頻度運行下の遅延発生時においては、列車遅延の拡大抑制策としては有効であるが、回復方策としての効果は小さい。一方で、現状の列車運行管理は、列車遅延発生時に各列車のダイヤに対する遅れを最小化するために、列車間隔を縮小することが行われている。その例外として列車間隔を拡大する場合は、列車間隔の過剰な拡がりに起因して発生する団子運転を防ぐための、停車時間の延長である。これらに対し、本研究では、先行列車との列車間隔を拡げることにより、次駅へ早く到着できる領域があることを提示し、実データを用いて検証した。すなわち、列車運行手法の最適化を検討するため、列車遅延メカニズムにおける列車運行挙動を動的な変数として扱い、実際の信号コードを反映したシミュレーションモデルを用いた分析を行った。また、そこから得られた知見を列車遅延のメカニズムにフィードバックし、列車運行管理の視点から列車遅延対策の検討を行った。その結果、高頻度運行下における列車遅延の拡大抑制及び早期回復方策について、慣習的な概念から脱却した新たな理念を提示している。これにより得た知見は、駅間の列車走行のみならず、列車遅延発生時における路線全体の列車運行管理の基本理念として応用が可能であり、さらに本研究の分析対象路線だけでなく、東京圏の都市鉄道に広く展開することが可能である。高頻度運行下で発生した列車遅延は、前進することを優先する従来の慣習的な列車運行手法により波及・拡大する場合があるため、「遅延回復のための列車間隔の拡幅」の理念による列車運行手法を導入することが必要であり、これにより輸送力を保持した列車遅延の拡大抑制及び早期回復が実現することを、本研究は示し得た。加えて、一時的な部分最適化を目指すことなく路線またはネットワーク全体の最適化を図ることの必要性を示した。また、政策含意として、列車遅延の状況に応じた的確な方策を施すため、路線の駅別及び駅間別に対応方策の検討を蓄積することの重要性を述べている。

到着時刻の定時性と所要時間の信頼性は、自動車交通や航空機等の他の交通機関に勝る鉄道交通の優位性であり、鉄道が独自に築いてきた文化でもある。東京圏の都市鉄道が誇ってきた国際的にも類を見ない高い鉄道分担率は、この定時性と時間信頼性により遂げら

れたものであり、今後、東京圏の国際競争力強化を推進するうえで、その重要性は益々高まるものと確信している。

本研究の成果は、従来の車内混雑緩和等を中心とした政策から脱却するとともに、鉄道の信頼性を取り戻し、利用者への新たなサービス向上へと展開できる鉄道計画へ発展するものである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① Naohiko HIBINO, Osamu NAGAOKA, Shigeru MORICHI, Hitoshi IEDA and Norio TOMII : Recovery Measure of Disruption in Train Operation in Tokyo Metropolitan Area, *Transportation Research Procedia*, Vol.25, pp.4374-4384, ELSEVIER, 2017. 【査読あり】
- ② Keiji KARIYAZAKI, Naohiko HIBINO and Shigeru MORICHI : Simulation Analysis of Train Operation to Recover Knock-on Delay Under High-Frequency Intervals, *Case Studies on Transport Policy*, Vol.3, Issue1, pp.92-98, ELSEVIER, 2015. 【査読あり】
- ③ 宮崎 一浩, 日比野 直彦, 森地 茂: 路線の特性に着目した都市鉄道における列車遅延分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学, Vol.70, No.5, pp.I_477-I_486, 2014. 【査読あり】
- ④ Keiji KARIYAZAKI, Naohiko HIBINO and Shigeru MORICHI : Simulation Model for Estimating Train Operation to Recover Knock-on Delay Earlier, *Asian Transport Studies*, Vol.2, No.3, pp.284-294, 2013. 【査読あり】

[学会発表] (計15件)

- ① The 14th World Conference on Transportation Research, Tongji University, Shanghai, China (2016年7月13日): Naohiko HIBINO, Osamu NAGAOKA, Shigeru MORICHI, Hitoshi IEDA and Norio TOMII, "Recovery Measure of Disruption in Train Operation in Tokyo Metropolitan Area", *Selected Proceedings of the 14th World Conference on Transportation Research*, 11 pages.
- ② 土木学会 第52回土木計画学研究発表会, 秋田大学 (秋田県, 秋田市), 2015年11月23日: 北山 由奈, 日比野 直彦, 森地 茂, 家田 仁「都市鉄道における駅停車時分増大のビデオ映像データを用いた実態把握と抑制策への示唆」『土木計画学研究・講演集』第52巻, 984-995頁.
- ③ 土木学会 第51回土木計画学研究発表会, 九州大学 (福岡県, 福岡市), 2015年6月6日: 永岡 修, 日比野 直彦, 家田 仁, 森地 茂, 富井 規雄「都市鉄道の大規模なダイヤ乱れからの復旧に関する研究」『土木計画学研究・講演集』第51巻, 全8頁.
- ④ 土木学会 第50回土木計画学研究発表会, 鳥取大学 (鳥取県, 鳥取市), 2014年11月1日: 長谷 篤, 日比野 直彦, 森地 茂「鉄道駅構内における歩行障害物と旅客流動

に関する研究」『土木計画学研究・講演集』第50巻, 全13頁.

- ⑤ 土木学会 第50回土木計画学研究発表会, 鳥取大学 (鳥取県, 鳥取市), 2014年11月1日: 鈴木 僚, 日比野 直彦, 森地 茂, 家田 仁「鉄道における各種ホームドアの比較研究」『土木計画学研究・講演集』第50巻, 全10頁.
- ⑥ 土木学会 第50回土木計画学研究発表会, 鳥取大学 (鳥取県, 鳥取市), 2014年11月1日: 岩倉 成志, 日比野 直彦, 仮屋崎 圭司, 福田 大輔, 森地 茂, 川村 幸太郎, 角田 隆太, 富田 拓未「都市鉄道の列車遅延対策の定量的評価」『土木計画学研究・講演集』第50巻, 全13頁.
- ⑦ 土木学会 第49回土木計画学研究発表会, 東北工業大学 (宮城県, 仙台市) 2014年6月8日: 仮屋崎 圭司, 日比野 直彦, 森地 茂「輸送力を保持した遅延発生時の運転再開手法の検討」『土木計画学研究・講演集』第49巻, 全4頁.
- ⑧ 土木学会 第48回土木計画学研究発表会, 大阪市立大学 (大阪府, 大阪市), 2013年11月3日: 宮崎 一浩, 日比野 直彦, 森地 茂, 「路線の特性に着目した都市鉄道における列車遅延分析」『土木計画学研究・講演集』第48巻, 全10頁.
- ⑨ 土木学会 第48回土木計画学研究発表会, 大阪市立大学 (大阪府, 大阪市), 2013年11月2日: 仮屋崎 圭司, 日比野 直彦, 森地 茂, 「高頻度運行下の列車間隔に着目した遅延回復方策の検討」『土木計画学研究・講演集』第48巻, 全4頁.
- ⑩ The 13th World Conference on Transportation Research, Winsor Barra Hotel, Rio de Janeiro, Brazil (2013年7月17日): Keiji KARIYAZAKI, Naohiko HIBINO and Shigeru MORICHI, "Simulation Analysis of Train Operation to Recover Knock-on Delay under High Frequency Intervals", *Selected Proceedings of the 13th World Conference on Transportation Research*, 14 pages.
- ⑪ 土木学会 第47回土木計画学研究発表会, 広島工業大学 (広島県, 広島市), 2013年6月1日: 仮屋崎 圭司, 日比野 直彦, 森地 茂「高頻度運航における列車運行遅延の回復方法の検討」『土木計画学研究・講演集』第47巻, 全4頁.
- ⑫ 土木学会 第47回土木計画学研究発表会, 広島工業大学 (広島県, 広島市), 2013年6月1日: 宮崎 一浩, 日比野 直彦, 森地 茂, 「路線の特性に着目した都市鉄道における列車遅延分析」『土木計画学研究・講演集』第47巻, 全8頁.

6. 研究組織

研究代表者: 日比野 直彦 (HIBINO, Naohiko)
政策研究大学院大学・政策研究科・
准教授 (研究者番号: 10318206)

研究協力者: 仮屋崎 圭司 (KARIYAZAKI, Keiji)
(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構