

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：32619

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14323

研究課題名（和文）都市鉄道の輸送力増強投資額を激減させる超高頻度運行システムの可能性

研究課題名（英文）Possibility of high-frequency urban railway operation system that drastically reduces the investment amount for capacity improvement

研究代表者

岩倉 成志 (IWAKURA, Seiji)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：20223373

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000 円

研究成果の概要（和文）：東京圏の都市鉄道は、極めて高い混雑率の路線が存在し、列車遅延も発生している。抜本的な輸送力増強が必要だが、予算の縮小や投資リスクで、大規模投資は困難である。わが国は運行間隔120秒程度が最小だが、海外では90秒で運行されている。わが国でも運行間隔90秒まで引き上げれば、混雑率180%を140%以下まで緩和できる。

エージェントシミュレーションと運転曲線図の2種の検証で、既存ストックを最大限に活用した超高頻度運行の可能性を検討した。結果、移動閉そくシステムの導入で、田園都市線と半蔵門線で大幅に運行間隔を縮小できることが判明した。また、渋谷駅の容量増強で、運行間隔90秒を達成できることを示した。

研究成果の概要（英文）：There are several urban rail lines of high congestion rate in Tokyo. Train delays have occurred due to high congestion rate and the huge number of passengers. It is necessary to increase the railway capacity. However, it is difficult to improve capacity due to the reduction of the subsidy budget. In Japan, the minimum operation interval is 120 seconds, but overseas a large number of railways are operated 90 seconds. We can reduce congestion of 180% to 140% by improving operation system.

The possibility of high frequency operation system that can reduce the investment amount was analyzed by agent simulation model and theoretical based on the operation curve diagram. As a result, it was found that the operation interval can be reduced by the moving block signaling system than the current on the Denentoshi and Hanzomon line. In addition, it showed that by increasing the truck capacity of Shibuya station, possible to achieve operation interval of approximately 90 seconds.

研究分野：交通需要予測手法

キーワード：超高頻度運行 混雑緩和 移動閉そく 運転曲線図 エージェントモデル コスト削減

1. 研究開始当初の背景

東京圏の都市鉄道は、極めて高い混雑率の路線が複数存在し、この車内混雑と莫大な乗降者数によって日常的な列車遅延も発生している。抜本的な輸送力増強（新線や複々線化等）が必要だが、国の補助予算の縮小や鉄道事業者の投資回収リスクによって、必要十分な大規模投資は極めて困難な状況にある。

わが国では運行間隔 120 秒程度が最小だが、海外では最小運行間隔 90 秒で運行されている。わが国でも信号システムを改良して、運行間隔 90 秒まで引き上げれば、混雑率 180% の路線を 140% 以下まで緩和できる。既存ストックを最大限に活用し、輸送力増強の投資額を激減させて、列車遅延を抑制した上で超高頻度運行の可能性に挑戦する。

2. 研究の目的

新しい信号制御技術の可能性を検討するためには、精度高く効果を予測できるシミュレーションモデルが必要である。申請者は、2009-2011 年度の科学研究費基盤研究 B (研究代表：森地茂) で、東急田園都市線と東京メトロ半蔵門線の列車の一編成一編成、乗降客一人一人の挙動をシミュレーションするマルチエージェントモデルを開発した。高頻度運行で莫大な交通需要に対応し、かつ高精度（列車当たりの残差 39 秒）なモデルは世界に例が無い。このシミュレーションシステムを改良して超高頻度運行の可能性を明らかにすることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究室で構築した高精度マルチエージェントシミュレーションと、運転曲線図（ランカーブ）に基づく理論的な解析の 2 種の検証方法で、以下の 3 つの課題に取り組む。

[課題 1] 大手民鉄及び国内鉄道信号メーカーへのヒアリングに基づく輸送力増強技術の整理

[課題 2] 逐次選択モデルによる緩急行接続の乗換需要の推計および効用水準の推計

[課題 3] 移動閉そく等信号システムの改良による運行頻度の増加可能性の検討

ケーススタディは、混雑率 190% で日常的に遅延が発生している東急田園都市線と東京メトロ半蔵門線の 48.3 km 区間（中央林間駅 押上駅）とする。

4. 研究成果

(1) 移動閉そくシステムの既存技術と研究

運転間隔の縮小に有効な方法として、閉そく区間の短縮がある。わが国の大半の路線では先行列車への後続列車の接近距離を固定的に停止信号で区切る固定閉そく方式が採用されている。固定閉そくは区間長で運行間隔が制約される。これに対して、JR 東日本が 2017 年 11 月から埼京線で導入した ATACS や、東京メトロが 2022 年度末に丸の内線への導入を進めている CBTC といった先行列車との

距離を連続的に検知、制御する移動閉そく方式がある。なお、CBTC はすでに世界 100 線区以上で供用¹⁾されており、海外諸国では列車の自動運転システムと合わせて主要な輸送力増強策²⁾となっている。

移動閉そく方式による運転間隔の短縮に着目した研究は主に電気工学分野で 1960 年代には存在^{3), 4)}している。信号保安協会⁵⁾は 1987 年に学識者と実務者から構成される委員会をつくり、移動閉そくの運転間隔短縮の網羅的な評価研究をおこなった。当時の常磐線を対象に分析した結果では、当時の最小運転間隔 205 秒は移動閉そく導入によって 115 秒まで短縮可能としている。大島ら⁶⁾はデジタル ATC と比較的似たコンセプト⁷⁾で、多段制限速度信号や先行列車後部検知の細分化と後続列車への情報伝送を組み込んだシミュレーションによって 140 秒間隔から 116 秒間隔まで縮小できるとしている。

Nakamura⁷⁾は運転間隔の短縮方法として経験的に知られている 2 段階減速走行を、遺伝的アルゴリズムを用いて理論上も最小運転間隔が存在することを証明した。この解析により、先行列車と同一の運転曲線に従って走行するという前提があっても、移動閉そくと組み合わせると、加減速が 3.6km/h/s であれば最小運転間隔を 79 秒、加減速が 1.6km/h/s であれば 98 秒で運行できることを示した。Takeuchi et al.⁸⁾は、固定閉そくと複数の移動閉そく方式をシミュレーションで比較分析し、固定閉そくに対して、実用上最小運転間隔で運行できる純移動閉そく (pure moving block) で 12% の運転間隔短縮が可能としている。また、移動閉そくは遅延が発生した際のダイヤ回復力が大きいこと、再始動時の最大電力消費への対応方法への知見を与えた。

以上のように、移動閉そく方式は、固定閉そく方式に比べて、運転間隔を大幅に短縮できるほか、遅延回復にも効果があるという知見が得られている。しかし、これらの研究の分析はいずれも固定した停車時間を外生して計算しているという課題がある。

東京圏の都市鉄道の特徴は、時間帯によって交通需要が大きく変動し、かつピーク時には莫大な乗降量があり、停車時間の伸長が運行間隔や遅延、すなわち輸送力に大きな影響を与える点である。Nakamura⁷⁾が前提とする同一の運転曲線に従って各列車が運行するという理想的な条件に従った運行は実際にはできていない。

(2) 運転理論上の最小追い込み時隔の検討

1) 距離時隔曲線の概要

追込時間は、先行列車の発車から後続列車の到着までの時間である。追込時間の最小値に停車時間を加えると、運転間隔の理論上の最小値が求められる。

追込時間の分析には、距離時隔曲線を用いた。時隔曲線は図-1 に示すような横軸に時間、

縦軸に距離を取ったグラフである。図-1は駅付近で先行列車が発車したあと後続列車が最小限の間隔で進入する状態を表している。

図-1の緑太線は、先行列車の加速性能から求めた、先行列車の最後尾位置の推移である。さらに、先行列車の余裕距離だけ手前の位置を緑細線で示す。移動閉そく列車制御では、後続列車は先行列車の余裕距離分手前までに停止できる速度で走行する。後続列車の走行速度から停止可能な地点を計算し、先行列車の余裕距離分手前のプロットに重ねると、最低限の追込時間を求められる。

図-1の赤太線は後続列車の先頭位置の推移を示しており、赤細線が後続列車の停止可能な地点を示している。この赤細線と先行列車の余裕距離分手前の地点である緑細線が重なった地点（黒丸で示す）が、後続列車と先行列車が最も接近し、追込時間を制約している地点である。

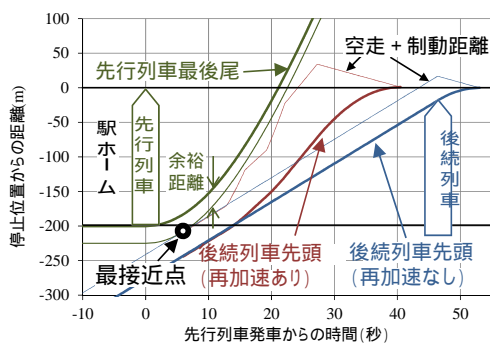


図-1 距離時間曲線

2) 追込時間の基本的性質

a) 分析の条件

車両性能は田園都市線の主力車両である5000系の乗車率100%、架線電圧1350Vの場合の特性とし、走行抵抗は同社の運転計画で用いられている値とした。設定した引張力を図-2に示す。編成長は10両編成200mとした。減速性能は、停止位置に向けて減速する場合の減速度である停止ブレーキ減速度と、保安装置の速度照査パターン作成・速度照査パターン接触時の減速度である保安装置減速度の二つを設定可能とした。保安装置に関する条件は、既存の移動閉そく列車制御システムであるATACSやその他の保安装置をもとに表に示す条件を基本とした。余裕距離は、先行列車の最後尾と後続列車が接近できる限界点間の距離で、25mを基本とした。空走時間は、保安装置のブレーキ指示が出てから実際にブレーキが動作するまでの遅れ時間である。余裕距離は、先行列車の最後尾と保安装置の設定する停止点の間にバッファとして確保する距離である。なお、計算は1m毎に行った。

先行列車は、発車後所定の加速力で90km/hまで加速するものとし、後続列車は90km/hから先行列車の影響を受けずに減速できる間隔を保つものとした。

b) 編成長の影響

追込時間は先行列車の最後尾と後続列車の先頭の関係で制約されることから、先行列車の編成長の影響を強く受ける。先行列車の編成長を変動させた場合の影響を図に示す。編成長が20mあたり1秒の追込時間の伸びが発生する。

c) 停止ブレーキ減速度の影響

駅停止時の減速度と追込時間の関係を図に示す。駅停止時には、停止位置に向けて減速度を徐々に上げていくが、運転計画上は一定値を仮定するのが一般的である。本検討でも減速度を一定と仮定してこれを変動させた。東急5000系は常用最大ブレーキ時の減速度が3.3km/h/sであることから、それ以上の減速度とするためには車両の性能向上が必要となる。

減速度1.3km/h/s以下と2.0km/h/s以上では減速度を大きくすることで追込み時間が短縮される。これは、減速度が大きくなることで最接近から駅停車までの時間が短縮されるためである。一方、減速度が1.3km/h/s~2.0km/h/sの区間では減速度を上昇させると追込み時間が伸びる。これは、後続列車が先行列車に最接近するときの速度が遅くなるため、停止に必要な距離が短くなり、先行列車との距離が短縮できるためである。

d) 保安装置減速度の影響

保安装置の想定する減速度を変化させた影響を検討した。同じ速度でも、保安装置減速度が小さくなると、列車間に確保する距離が長くなり、加速的に追込み時間が伸びる。保安装置は、車両の常用ブレーキ減速度の80%程度に設定されることが多く、これを引き上げる場合は車両の減速性能向上が前提となる。

e) 列車加速度の影響

加速度の上昇は追込時間の短縮効果が認められる。日本の車両の加速度は2.5km/h/s~3.5km/h/s程度が基本だが、阪神電鉄の通勤型車両では4.0km/h/s、モスクワ地下鉄の標準的な車両では1.3m/s²(4.68km/h/s)とされている。駅間距離などの条件が異なるが、10~20%程度の加速度引上げ余地があると考えられる。

f) 余裕距離の影響

余裕距離は先行列車の最後尾と後続列車を停止させる地点の距離である。20mにつき1秒の時間短縮効果がある。

3) 追込時間を最小化する運転

a) 既存研究との関係

列車が駅に接近する際の速度に注目する。Nakamura⁷⁾は、2段階のブレーキ操作を行うことで追込時間を最小化できることを示した。先行列車と接近する地点までに速度を低下させて制動距離が短い状態としておくことで、列車間の距離間隔を短縮し、追込時間を抑制されるためである。しかし、先行列車と最接近したあとの走行には触れられておらず、車両性能等も本稿とは条件が異なる。

そこで、Nakamura の示した 1 段階目の減速を終える速度を進入速度とし、進入速度に達して先行列車と最も接近してから、駅に停止するまでの列車の挙動について議論する。

b) 最適な進入速度

進出速度を 90km/h に固定し、進入速度を変化させたときの追込時間の変化を分析した。進入速度には最適値が存在する。進入速度を低下させると先行列車との間隔を詰められ、追込時間が短縮される。一方、進入速度を向上させると、最接近点から停止位置までの走行時間を短縮される。これらのバランスにより、最適な進入速度が現れる。

先行列車の速度が 90km/h のケースでは、後続列車の速度が 45km/h 程度の時点で追込時間が最短となった。最適な進入速度は 45km/h 程度といえるが、先行列車が既に駅を離れている状況では、速度を下げても運転時間が伸びて到着が遅れる。最適速度で進入させるためには、先行列車の状況に応じた調整が必要になる。

一方、進出側速度が 30km/h 制限のケースでは、後続列車の速度も 30km/h が最適となり、90km/h で進出できる場合に比べて最小の追込時間が伸びる。これは、後続列車が先行列車と最接近したあと、停車のため減速するまで速度と間隔を保って先行列車に追走するからである。追込時間短縮のためには、進出側速度制限の解消も重要であるといえる。

ところで、前項で停止ブレーキ減速度を上昇させると、追込時間は停止ブレーキ減速度 1.3km/h/s 付近で極小値をとる結果となった。そこで、いくつかの停止ブレーキ減速度における進入速度と追込時間の関係を示す。

手前から減速するほうが追込時間を短縮できるという点では、予め速度を低下させる方法も、減速度を低くして早めに減速を開始することも似ている。停止ブレーキ減速度が小さくなると、先行列車の最接近点においてすでに減速を開始している状態となる。進出速度を低下させたとときと同様に、最接近点における速度低下による列車間の距離間隔短縮効果と、減速開始が早まることによる最接近点から駅停止位置までの走行時間の減少とのバランスにより、進入速度が高速のときに極小値が生じた。しかし、進入速度が適切であれば、最接近点から停止位置までの走行時間を短縮できる高減速度が有利となる。

c) 再加速した場合

先行列車の進出速度が速い場合、後続列車は先行列車と最接近したあと、徐々に距離を離される。このとき、再加速するケースについて分析した。

再加速する際は、速度の上昇とともに先行列車との間に確保すべき制動距離も長くなるため、先行列車より緩やかな加速が求められる。実際には、先行列車に加速に完全に追従することは容易ではないことから、先行列車と必要最低限の間隔を保持し続けた場合の他に、理想的な信号現示が 10km/h 上昇

するごとに加速した場合についても分析し、再加速によって追込み時間が短縮できることを確認した。速度パターンに追従できないことを考慮した場合の追込時間の伸びは 1~2 秒程度で、影響は相対的に小さい。

d) 駅手前で後続列車が停止した場合

一度停止した場合、先行列車に全く遅れず後続列車も発車することは難しい。また、ブレーキパターンは車両の性能に対して余裕を持って設定されるため、列車は本来の停止点より手前に停止する。特に手動運転の場合、衝動を避けるために運転士が意図的に速度パターンが 0km/h を示す地点より手前に列車を停止させることが考えられる。そこで、後続列車の発車が先行に 5~10 秒遅れた場合について、先行列車の余裕距離 (25m) 手前に停止したケースと、それより 50m 手前に停止した場合について検討した。

停止点近くまで進んで迅速に発車すれば、速度を最適化した場合と遜色ない追込時間である。25m 手前に停止して発車が 10 秒遅れた場合も、追込時間は 44.2 秒に抑えられる。エージェントシミュレーションでは、速度の最適化は行わずに駅手前での停止を許容する条件で分析する。

(3) 超高頻度運転に対応したエージェントシミュレーションモデル

1) シミュレーションの概要

ダイヤに沿って列車を走行させた場合の列車群の挙動を評価する。本研究で用いたのは本研究室で独自に開発した列車運行シミュレーションモデルである。本モデルは列車の挙動を推定する走行モデルと旅客の乗降行動を再現する乗降モデルからなる。乗降モデルは旅客の乗降行動ミクロに再現して停車時間を推定し、走行モデルは列車間の相互作用や線形等の影響を加味して列車の挙動を推定できる。乱数が含まれることから、結果を安定させるため 10 回実行して集計値を用いる。

2) 超高頻度運転の分析への対応

超高頻度運転ダイヤに変更すると、各駅停車と優等列車が接近して走行することになり、各駅停車と優等列車の所要時間の差が縮んで乗客の列車集中度も変化すると考えられる。そこで、列車種別選択モデルを追加して集中度を変化させる。

また、渋谷駅の停車時間が課題であることから、渋谷駅のホームを線路の両側に設け、列車の片側から降車して反対側から乗車するサンパウロで見られた方式の分析に対応する。さらに、渋谷駅を 2 線化して交互発車可能にした場合についても分析する。

3) 乗降モデル

乗降モデルは、最も乗車人数の多い扉とホーム上の乗客の行動を再現する。

最混雑扉1箇所分の車内およびホームをシミュレーション空間とする。ホームには乗車する旅客エージェントを配置する。車内には降車する旅客エージェントと、引き続き乗車する車内旅客エージェントを配置する。駅に到着すると、降車旅客エージェントは降車しない旅客エージェントと相互に影響しあいながらホームへ移動する。混雑時は、引き続き乗車する旅客が降車客を通すためホームに降りる行動も表現する。乗車旅客エージェントはホーム上で整列して列車を待ち、一度ホームに降りた旅客の再乗車が完了するのを待って乗車する。ホームを両側化して乗降を分離するケースの場合、乗車旅客は再乗車する旅客の乗車を待たず、降車開始後5秒で乗車を開始する。この5秒は、車掌が扉を取り扱う時間である。

4) 走行モデル

列車編成ごとの走行挙動を計算して走行時間を求める。車両の特性は東急8500系で、加速性能は架線電圧1350Vで、定員乗車の場合の引張力曲線に基づいている。減速度は平坦線で3.0km/h/sであり、勾配の影響を加味して加減速させる。

走行中は、信号現示速度3km/hまで加速する。勾配等で自然に加速した場合は、信号現示速度以下に減速する。信号現示速度に対して10km/h以上低下した場合は再加速する。計算は0.2秒周期で行う。分岐器を実装しており、追越しや交互発着を再現できる。

5) 列車種別選択モデル

a) モデル概要

時間帯・乗車区間ごとに、種別との乗換駅を複数の選択肢から一括で選択するモデルを構築した。優等通過駅から乗車する場合、優等列車に乗り換える駅を最初の乗車駅に近い最大4駅の優等停車駅から選択させるようにし、普通列車のみの経路と併せて最大5肢とした。時間帯は6:30~9:45の間を15分毎に区分したほか、6:00~6:30と9:45~10:30までに分けて求めた。

b) パラメーター推定

2010年大都市交通センサスの乗車経路が記録された個票データを用いた。優等通過駅から優等列車に乗車したサンプルや、折返しなどの異常な行動が見られるデータを除去して得られた2249サンプルで推定を行った。乗車待ち時間は目的地まで移動できる列車の平均運転間隔の半分を与えた。全てのパラメーターが負に推定されて符号条件は問題なく、t値も有意となった。

c) シミュレーションへの反映

列車種別選択モデルによって時間帯ごとの選択行動を予め推定し、乗換旅客を含めた乗車人数を各駅停車・優等各々の運転間隔1分あたり乗車人数として入力した。ダイヤ上の所要時間や待ち時間に基づいて乗車列車が選択されるが、何らかの理由により運転間

隔が伸びると、それに応じて乗客も増加する。
d) 乗降客数の設定

各駅からの乗車旅客数は、大都市交通センサスのデータと実測データを組み合わせて用いた。実測データは田園都市線内の全駅と半蔵門線の一部駅のみ存在するため、不足する駅を大都市交通センサスで補った。また、種別間の乗換が発生する駅では乗換旅客と当駅から入場した旅客の識別ができないため、大都市交通センサスのデータを用いた。

6) エージェントモデルの現況再現性

現況ダイヤを入力して推定された停車時間と追込時間の平均と標準偏差を表3に、渋谷駅出発時刻ごとの停車時間分布を図8に示す。実測値は2014年7~11月中任意の26日の平均である。停車時間の推定値と標準偏差はよく一致しているが、追込時間の推定値が短く、標準偏差も小さい。走行モデルには運転士の個人差が反映されないほか、必ずしもダイヤに合わせずに最速で走行しようとするのが関与している可能性がある。

(4) エージェントシミュレーションの結果

1) 移動閉そくシステムに関する仮定

距離時隔曲線による分析時と同じように、減速度3.0km/h、空走時間3秒、余裕距離25mとした。減速度と空走時間は現況のATCと同等である。分岐器が転換中や、予定の進路と前方の分岐器の開通方向が異なる場合は手前に停止させる。先行列車と同じ進路に進む場合は、本線上と同様の制御とする。また、エアセクションの停止禁止区域内に停止しないよう、通過できない場合は手前に停止点を設定する。

2) 分析ケースの設定

渋谷駅の条件で2ケースに分けた。ケース1は現況と同じ線路配置とした場合、ケース2は渋谷駅を交互発着ができる配線とした場合である。ダイヤは、朝の準急列車と各駅停車が交互に運転されている時間帯の渋谷駅断面での運転間隔が90秒になるよう調整したダイヤを作成した。駅間の運転時間は、原則として現況と同一としたが、準急列車は普通列車との退避の都合で所要時間が伸びている箇所がある。ケース2では、渋谷駅に新設するホームに交互に発着する。

3) 渋谷駅の運転間隔

ダイヤ上の運転間隔が90秒の列車の、渋谷駅断面運転間隔の分布を図10に示す。90秒間隔で発着できたのはケース2のみで、ケース1は半数以上が95秒以上の間隔で発着した。100秒以上の間隔でなければ定時運行は確保困難と考えられる。

ケース2は渋谷駅を2線化したことで停車時間の伸びが後続列車に波及せず、短い間隔での運転を持続できた。渋谷、二子玉川、溝の口などの主要駅手前では数列車が数珠つ

なぎになるが，駅間で停車しても 90 秒間隔は確保できた。

参考文献

- 1)松本雅行：無線を用いた列車制御システムの動向，計測と制御 第 56 巻 第 2 号，pp.99-104，2017 年 2 月号
- 2)Wang Y et al.: Survey on Driverless Train Operation for Urban Rail Transit Systems, Urban Rail Transit, pp. 1-8, 2016.
- 3)Pearson L: Moving block signaling, Ph.D. thesis, Loughborough University of Technology, Loughborough, UK, 1973.
- 4)宮本政幸：近代地下鉄道運転に伴う諸問題，京都大学博士論文，1967
- 5)信号保安協会：移動閉そくの研究報告書，1987。
- 6)大島弘安，東口實：列車運転時隔を短縮するための新しい制御方式の提案，システム制御情報学会論文誌，3 巻 4 号，pp. 103-109，1990.
- 7)Nakamura Hideo: Derivation of minimum headway driving pattern on moving-block system by utilizing genetic algorithm, Transportation Systems, 1-3:747-752, 1997.
- 8)Takeuchi H, Goodman C, Sone S: Moving block signaling dynamics: performance measures and re-starting queued electric trains. IEEE Proc Electr Power Appl 150:483-492, 2003.
- 9)Canavan S., Graham, D. J., Melo, P. C., Anderson, R. J., Barron, A. S., & Cohen, J. M.: Impacts of moving-block signaling on technical efficiency: application of propensity score matching on urban metro rail systems, Transportation Research Record, 2534, pp. 68-74, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

- 1)吉枝春樹，岩倉成志，都市鉄道の超高頻度運行による混雑緩和の可能性，電気学会産業応用部門大会，CD-ROM，2017
- 2)吉枝春樹，岩倉成志，都市鉄道の混雑を緩和する超高頻度運転の可能性，第 55 回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2017
- 3)吉枝春樹，岩倉成志，移動閉そくシステムによる都市鉄道の超高頻度運行の基礎的検討，第 23 回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2016) 講演論文集，2016
- 4)吉枝春樹，小林涉，岩倉成志：移動閉そくシステムによる都市鉄道の超高頻度運行の可能性，第 54 回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2016
- 5)吉枝春樹，小林涉，岩倉成志：移動閉そくシステムによる都市鉄道のさらなる高頻度運転化の検討，第 71 回土木学会年次学術講

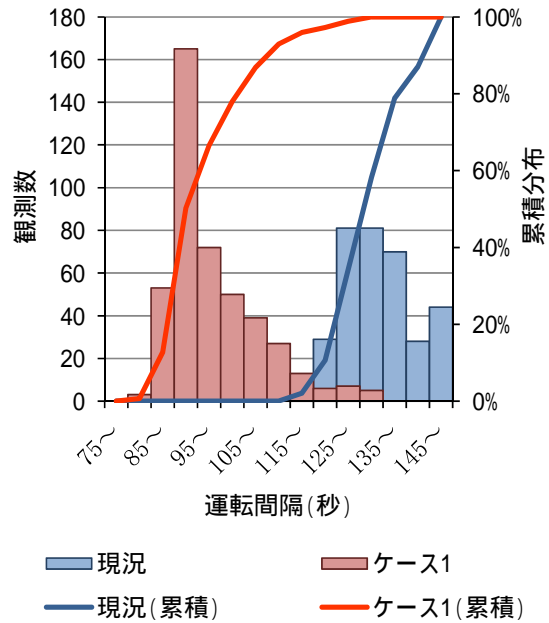


図-2 渋谷駅断面の運行間隔【ケース1】

演会概要集 CD-ROM，2016
〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1)研究代表者
岩倉成志 (IWAKURA, Seiji)
芝浦工業大学・工学部・教授
研究者番号：20223373

(4)研究協力者
吉枝春樹 (YOSHIE Haruki)
小林涉 (KOBAYASHI Wataru)