

環状型旅客列車の混雑率を平準化するための一試論

JR 東日本山手線のシミュレーション分析

保城広至¹

はじめに

- 1 モデルの説明
- 2 シミュレーション結果といくつかの提案
- 3 提案後のシミュレーション結果

おわりに

はじめに

「空いている車両からご乗車ください。」

朝のラッシュ時、駅員がマイクでアナウンスをする。そのアナウンスに合わせて、自分の並んでいた乗車口からは乗らず、比較的空いている車両を探す乗客もいるし、最も混んでいる車両にもかかわらずそのまま乗り込む人もいる。結果として、駅員の誘導にも関わらず列車の各車両の混雑状況は異なってくる。このような現象はなぜ生じるのだろうか。そして各車両の混雑率の偏りはどうすれば改善されるのだろうか。本稿の目的は、マルチエージェントシミュレーションの手法で列車の各車両の混雑状況を分析し、その混雑率を平準化するためのいくつかの提案を行うことである²。分析の対象とするのは、JR 東日本の環状型列車である山の手線内回り（以後山の手線）である。山の手線各駅構内図と乗降客をモデル化しコンピューターでシミュレートすることによって、上に挙げた目的を遂げることが本稿の狙いである。

1 モデルの説明

1.1 : 山手線の説明

¹ 東京大学大学院総合文化研究科博士課程、hiroyuki.hoshiro@nifty.com

² 本モデルを構築するために使用したシミュレータは、(株)構造計画研究所が製作したKK-MASである。本モデルは、2004年3月に行われた同研究所主催の第四回KK-MASコンペティションで発表したものであり、モデルのファイルと本稿の基になった論文は同研究所のホームページ http://www2.kke.co.jp/event/mas_competition4/result/index.htm からダウンロード可能である。

図1に示したように、山手線の車両は11両編成で、駅は全部で29駅あり、車両は進行方向最後尾が一号車、先頭が十一号車である。本モデルでは、大崎駅を駅番号1とし、内回りに沿って五反田駅まで29の番号を割り当ててある。図1で各駅の各車両にまばらに色付けがされてあるが、これは改札への通路がある車両を意味する³。黄色は階段あるいは上下のエスカレーターといった乗降双方が可能な通路で、赤はエレベーター⁴、水色は降車のみ可能なエスカレーターを表している。大崎駅を例に説明すると、この駅では6号車、7号車、9号車にはそれぞれ、黄、赤、水色が付けられてある。大崎駅では、改札への階段が列車停車時に6号車の位置にあり、エレベーターが7号車の位置にあり、9号車の位置にある通路は降車する旅客だけが利用可能となっている（上りエスカレーターのみ）。最も改札への通路が多いのは池袋駅で、7つ設置されてある。これら29駅はユニークである。

また、当然のことながら、乗降者人数も各駅で異なる。最も利用人数の多い駅は新宿駅で、乗降者共に一日53万人が利用し、最も少ないのは鶯谷駅で、2万が利用する⁵。この中でも、浜松町駅や渋谷駅など、乗車数と降車数が一致しない駅もある。これらの情報をモデルに組み込む。

1.2 : エージェントのルール

さて、実際に我々が列車に乗車するとき、何を考慮して乗り込む車両を選ぶであろうか。首都圏のターミナル駅及び近郊駅で約1000票のアンケート調査を行った研究によると、乗車する際に乗車位置を決めていると答えたのは、(朝、夕の)通勤者がほとんど、昼の6割の旅客に達している⁶。その選択理由として最も多かったのは、「降車駅で階段などが近い」(朝の旅客の約60%、昼は45%、夕方は35%)という回答であった。次に「乗車駅で階段などに近い」(同様に20%、18%、17%)という理由が挙げられ、次いで「車内・駅構内が比較的混雑していない」(同様に17%、8%、20%)、「その他不明」という順になっている。このようなアンケート結果を基に、本研究では乗客エージェントを3種類に分け、おのおの違った行動ルールで乗降車するモデルを構築した。それらエージェントとは、

³ 各駅構内図は、筆者の現地調査による。JR東日本に問い合わせたところ、車両位置と改札通路との関係が示されている各駅構内図は公表していないということであった。

⁴ ただし、エレベーター利用者は少数であると考えられるため、今回のモデルではエレベーターは無視している。

⁵ 各駅の乗降者数は、運輸政策研究機構『首都圏交通センサス』平成12年首都圏CD-ROMをもとに算出している。残念ながら、各改札における利用者数のデータは入手できなかったため、各駅改札の利用者数はすべて等しいものとみなしてある。例えば、改札が5つあって一日10万人利用する駅の場合、各改札には2万人ずつ利用すると計算する。

⁶ 青木俊幸、大戸広道、山本昌和「リアルタイムな誘導案内による旅客流動の最適化手法」鉄道総合技術研究所『鉄道総研報告』第17巻第3号、48頁。尚この研究は、適切な流動情報を提供することにより旅客流動を最適化する目的でシミュレーションされており、本稿の趣旨と極めて近い研究であると言える。ただ、青木らの研究が一つの駅での旅客流動センサーのみのシミュレーションであることに対し、本稿は山手線全体を鳥瞰し、実際に旅客エージェントを動かしてシミュレーションしているという点に相違がある。

目的地指向型 現状地維持型 混雑回避型の 3 種類で、その数の比率は 2 : 2 : 1 とした。以下はそれぞれエージェントの説明である。

目的地指向型

我々が通勤や通学時に電車に乗る際、最も多く考えられるパターンである。すなわち、自分は降りる駅の改札への通路を知っており、その位置に最も近い車両に乗り込むという行動をとる。

現状地維持型

別名“ 駆け込み乗車型 ”である。目的の駅がどこであれ、自分が出てきた場所から最も近い車両に乗り込むエージェントである。

混雑回避型

基本ルールは目的地指向型と同じであるが、混雑した車両を避けるエージェントである。自分の目的とする扉の前に立ち、その車両がある程度の混雑状況ならば (60 人以上いる場合)、次の車両に移動する。

各車両

各車両もエージェントである。各車両がそれぞれ、自分の車両に入ってくる上記 3 エージェントの人数をカウントし、一定人数を超えると色が変わるようになっている。今回は、15 人増える度に、緑 黄色 水色 青 赤と変化するように設定してある。また、単純化のために各車両にはドアを一つ、片側のみ設置してある。

1.3 : シミュレーションの説明

シミュレーションは大崎駅から始まり、100 ステップ毎に次の駅に移動する。100 ステップ後に駅が変わったら、その駅の改札への通路位置がある場所に、乗車する数だけエージェントが生成される。エージェントの出現数は、各駅の旅客乗車数に基づいている。例えば田端駅には 3 つの改札通路があり、毎日 6 万人が乗車するので、4 号車、5 号車、11 号車の各位置に、目的地指向型 6 人、現状地維持型 6 人、混雑回避型 3 人合計 15 人のエージェントがランダムに割り振られる (図 2 : 各通路にエージェントが一人しかいないように見えるのは、重なっているためである)。田端駅から乗車する人は、次の駒込から 14 駅先の五反田の間で降りると考えられる。生成されたエージェントは、自分の降りる駅をランダムに決定し、それぞれ自分の行動ルールに従って車両に乗り込む。

目的地指向型は自分の降車駅の改札通路がある車両 (これもランダムに決定される) に乗車する。現状地維持型は入ってきた通路に一番近い車両へそのまま乗り込む。混雑回

避型は目的地指向型と同じルールに従うが、目当てとする車両が混んでいた場合（つまり車両が青か赤の場合）はその隣の車両に行き、その車両も混んでいた場合はその隣の車両へと移動を繰り返す（図3）。各エージェントは、目的駅に着くと降車し、数ステップ後に消えるようになっている（図2）。

このような試行を繰り返し、各車両の混雑状況をシミュレートする。大崎駅から始まっているので、それから半周進んだ駒込駅から混雑状況をカウントする。

2 シミュレーション結果といくつかの提案

シミュレートした結果、以下の知見が得られた（図4）。

< 結果 >

全体的に見ると、5、7、9号車が混雑し、1、2、10号車が最も空いている。

五反田～品川間の9号車が混雑車両のピークである。

東京～池袋までは比較的どの車両も空いている。

他の非環状型の路線と比較すると、混雑率は均されている⁷。

おそらく意図的な駅の構造により、比較的混雑の偏りは小さいとは言え、やはり5、7、9号車の混雑状況は改善した方が良好だろう。そこで上記の結果を基に、混雑率を平準化するために以下の提案をする。

< 提案 >

上記の情報を予め乗客に知らせておき、5、7、9号車に乗るのを回避させる。

乗降者数の多い駅で、5、7、9号車に近い改札への通路を封鎖する。

1、2、10号車に近い改札への通路を増築する。

の提案を本モデルに組み込むことは困難であるため、 と の提案のみをモデルに反映する。すなわち、比較的利用人数の多い駅の階段を増築あるいは閉鎖してみる。増築対象としたのは、品川駅の1号車、田町駅の2号車、新宿駅の2号車、渋谷駅の10号車位置であり、逆に閉鎖したのは品川駅の9号車、新宿駅の7号車にある改札通路である。

3 提案後のシミュレーション結果

上記 と の提案をモデルに組み込んで、もう一度シミュレートをした結果が、

⁷ 例えば東京メトロ丸の内線は、一番前と後ろの車両に乗客が集中する傾向がある。

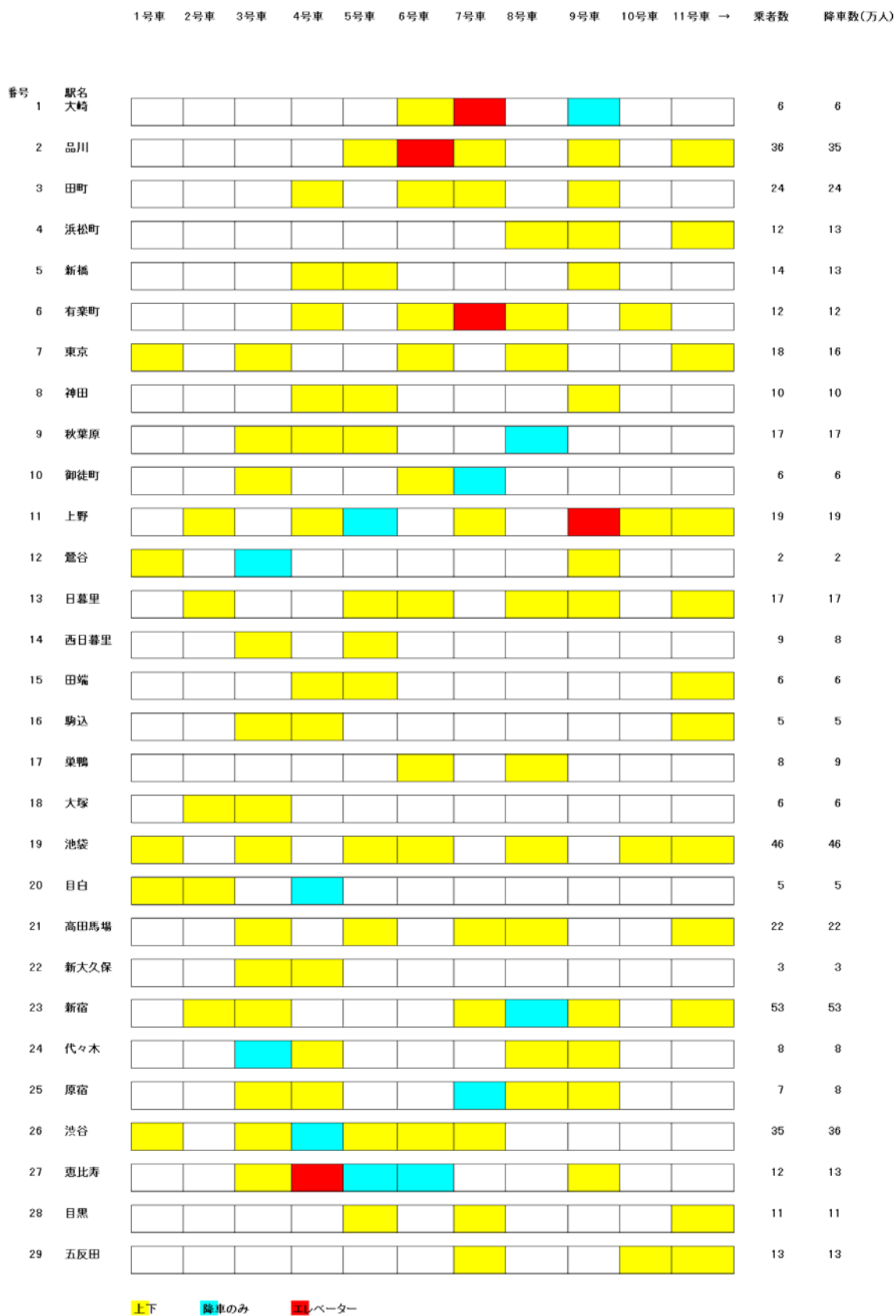
図 5 である。5 号車の混雑状況はやや気になるものの、7 号車と 9 号車の混雑は減り、空いていた車両にも乗客が入ってくるようになったのが見て取れるだろう。山の手線内の 6 つの場所で増築 / 閉鎖を行うだけで、目に見える混雑率の改善が図れた。

おわりに

本モデルはあくまで単純化されたものであり、時間帯によって変化する乗車人数が反映されていない点、各改札の利用人数が異なる点など、問題が多いことは確かである。また、実際の山の手線各車両の混雑状況データも存在しない（あるいは公表されていない）ため、本モデルで得られた結果の検証も困難である。しかしながら、今回得られた結果は、かなり忠実に現実を反映しているものと考えている（試しに 2 号車に乗ってみれば、本モデルの有効性が実感できると思います）。また、目的の車両が混んでいたらそこを避けて行動するというエージェントは、マルチエージェントシミュレーターだからこそ作成することが可能になったと言える。もし今後、データを入手することができれば、本モデルをさらに精緻化していきたいと考えている。また、JR 東日本が本モデルに関心を示してくれば、混雑率緩和の実用化に向けたさらなる提案も行うことができるだろう。

今後、本稿で示したような実社会に即したシミュレーションが多く現れることによって、我々の生活が改善されることを願ってやまない。

図1: JR東日本山の手線(内回り)の改札通路位置、乗降者数



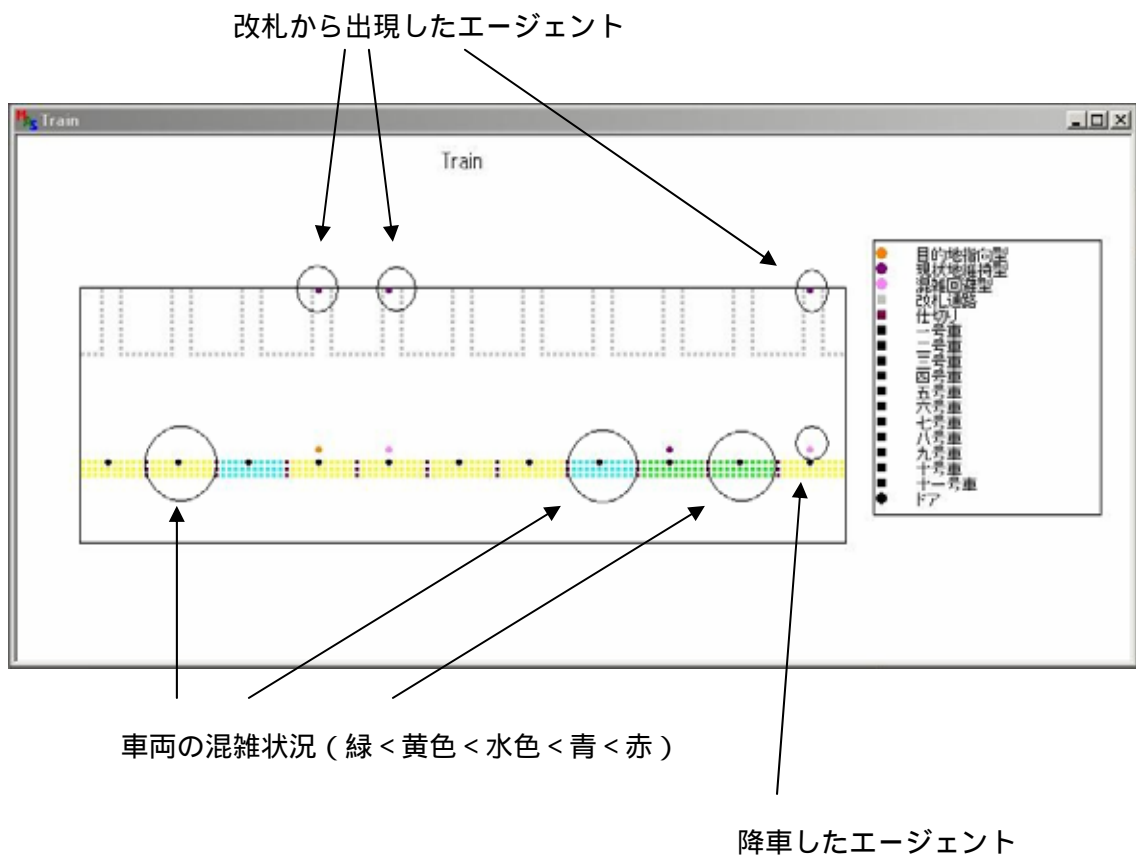


図 2

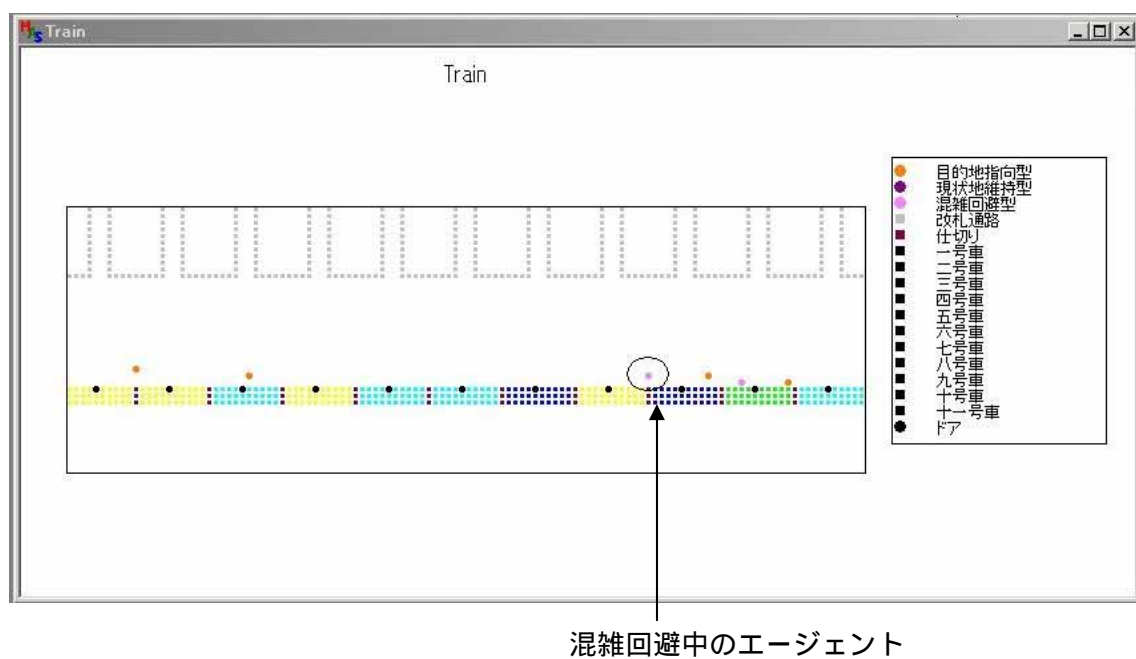


図 3

図4:シミュレーション結果

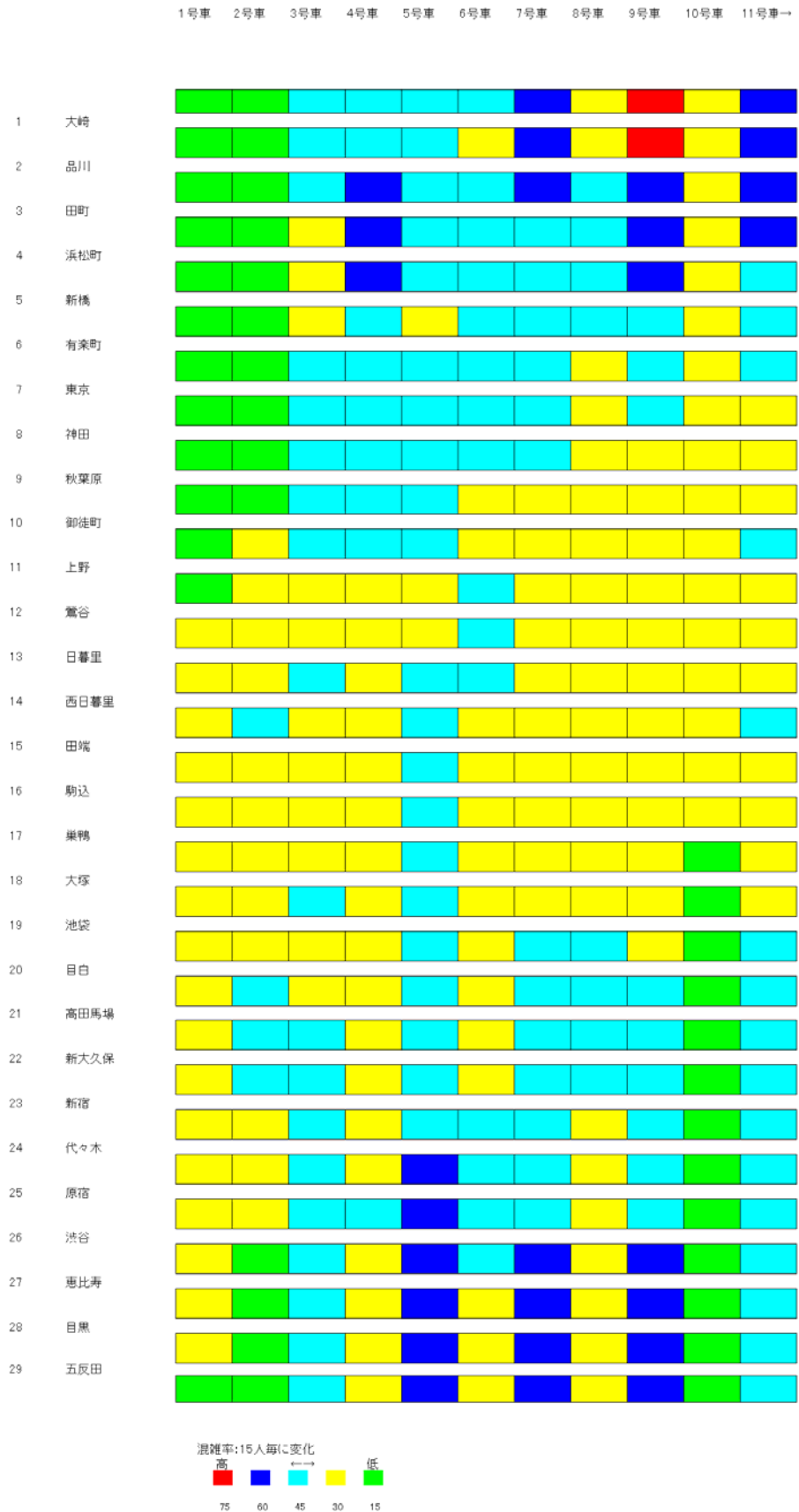


図5: 提案後のシミュレーション結果

