

# 数理計画法で解く首都圏電車の混雑

## —2020 東京オリンピック開催時，どうなる—

田口 東

東京オリンピック開催時の首都圏電車ネットワークの混雑に対して，電車の単位で乗客の移動を表現する数理モデルを作成し，時刻による路線と駅の混雑を推計して対策案を評価する．特に都心乗換駅構内の混雑による乗客の滞留に注目する．混雑は競技会場最寄り駅と都心の便利な路線と乗換駅で起こる．後者は会場立地がコンパクトではないためオリンピック観戦客が都心で通常客とネットワークを共有してしまうことによる．対策はネットワーク全体で考えないと正しい評価ができない．場所によって効果の大小はあるものの，通常客の削減（10%を目指す）と競技会場最寄り下車駅および到着時刻を分散させることが両方の混雑緩和に有効である．

キーワード：2020 東京オリンピック，観客輸送，混雑緩和，首都圏公共交通機関，時空間ネットワーク，利用者均衡配分，平準化

### 1. 問題意識と経緯

2020 オリンピック・パラリンピック招致の決定を受けて，大会開催にともなう課題を見だしその解決を OR 学会から提案することを目指して研究部会を設立した．準備の議論の中で，運営の実施担当者と協働できるような進め方が望ましいが非常に難しいであろうと判断して，データ取得，モデル作成，結果の評価を独立して行うことができず学術研究としても興味深いテーマを選ぶこととした．そしてメンバの関心の深い交通問題をテーマとした．

研究部会の検討結果であるオリンピック開催期間中の首都圏電車ネットワークの混雑予測をまとめ2016年3月に OR 学会シンポジウムで発表し，その内容を機関誌に解説記事 [1] として発表した<sup>1</sup>．さらに，バス輸送の可能性 [2] と観客の競技会場入場時の混雑制御 [3] を発表した．文献 [1] では電車混雑の問題点を大きく次の二つに分けて論じた．

- (1) 競技会場最寄り駅において，競技の開始時刻，終了時刻に同期して起こる激しい混雑の予測と，オリンピック観戦客の到着時刻の平準化ならびに最寄り下車駅の分散による対策の効果
- (2) 都心の大きな乗換駅において，通勤通学ラッシュと同様の理由で起こる混雑の予測

その後，複数のメディアから関心を示されたことを受けて，それまでの結果を基に都心の主要路線と主要

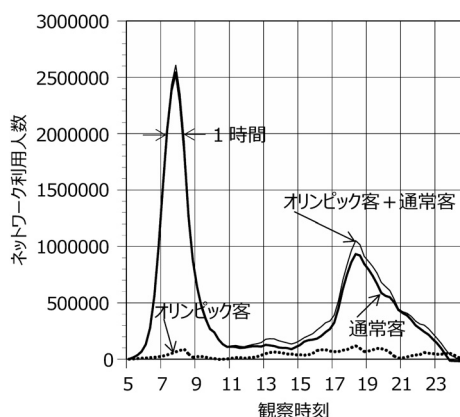


図1 電車ネットワーク利用客の時間推移

乗換駅の混雑予測に焦点をあてた計算を進め，混雑緩和策を評価した．本稿では，最初の報告 [1] をまとめ，朝ラッシュ時の駅構内の混雑を計算したモデルと混雑緩和策の評価を述べる．

### 2. 首都圏鉄道移動と交通モデル

#### 2.1 首都圏鉄道交通

公共交通機関の利用調査 [4] によると，東京首都圏の鉄道ネットワークを主として通勤通学のために1日800万人が利用している．図1に1日の電車利用客の時間推移を示す．通勤通学利用（通常客）が非常に多く，朝の通勤ラッシュは短時間に集中し，午前8時前後の1時間は15分ごとの利用客が最大250万人台に上る．一方，日中は余裕があり，夕方以降は午後6時台にはほぼ100万人台となるが，帰宅ラッシュは朝ラッ

<sup>1</sup> 電車混雑を調べることを目的としたのでオリンピック期間中の観戦客がもっとも多い1日だけを対象としている．

シュにくらべて平坦である。また、朝の通勤客は郊外から都心に集中する方向に移動し、複数の路線が交わる都心の大規模駅では乗降客の混雑が激しい。

このような状況において、東京オリンピック大会開催時には外国人を含む多くのオリンピック観戦客（オリンピック客）が東京首都圏の鉄道を利用する。大会招致時の立候補ファイル [5] の競技スケジュールによると、多い日で65万人（54競技、37会場、競技会場収容人数の80%として計算）のオリンピック客が移動する。東京大会の競技会場は都心部や臨海部に分散し、オリンピック客は出発地から競技会場に向かう通常客と同じネットワークを利用することになる。このように通常客の流れとオリンピック客の流れは都心部で重なり、便利のよい路線、乗り換えに便利な駅が共通に利用される。このとき、オリンピック客が電車を利用する時間帯が朝ラッシュ時と重なると非常に激しい混雑が発生する可能性がある。これは競技会場の最寄り駅と路線が競技の開始終了時刻に合わせて混雑するという予測しやすい問題（対策は難しい）と比較して、予測そのものが難しい。

この問題を丁寧に議論するには、大規模で複雑な首都圏鉄道ネットワークを移動する乗客を路線と時間軸にそって追いかけて、いつ、どの電車、どの駅に乗客が何人現れるかを記述できる交通モデルが必要である。そのためには、乗客の移動に関するデータと、鉄道利用を記述するモデルが必要である。通常時の乗客の移動は、首都圏鉄道交通調査 [4] の項目から個々の出発駅、目的駅、到着時刻を知ることができる。オリンピック客の移動は、立候補ファイルから観戦客の多い1日の競技スケジュール（開始時刻、終了時刻、観戦客数）に合わせて、オリンピック客が試合開始前に会場に到着し、試合終了後に会場を出発するとして作成する。そして、オリンピック客の所在地に関して次の仮定をおく。オリンピック客は首都圏在住者と宿泊客が同数であるとし、前者は通常客の駅利用客に比例し、後者は首都圏の宿泊施設の定員に比例する。宿泊客は宿泊施設の最寄り駅から出発すると仮定する。図2は通常客とオリンピック客を合計して、1日、各駅を出発する人数（乗り換えは含まない）を菱形の面積で表している。JR新宿駅がもっとも多く、次いでJR東京駅である。同様に、競技会場の位置と1日の入場者数を正方形で表してある。オリンピックスタジアムの観戦客数が大規模駅の利用客数に匹敵することがわかる。

## 2.2 交通モデル

交通モデルとして、電車時刻表と路線を組み合わせ

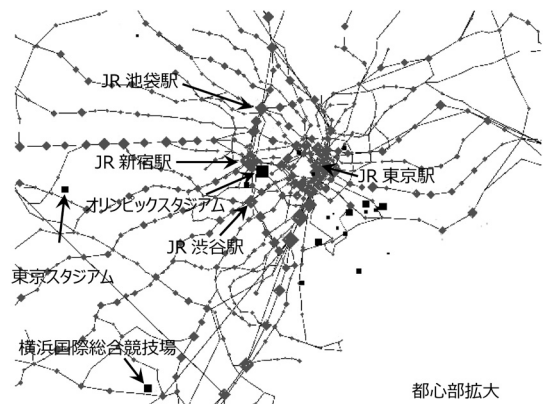


図2 通常客出発駅（ひし形）とオリンピック競技会場（正方形）  
四角の面積は1日の利用人数に比例している。

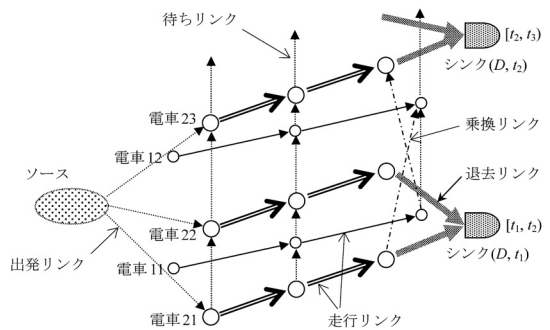


図3 電車利用客の移動を表現する時空間ネットワーク

て電車一本一本の単位で乗客の移動を表現できる時空間ネットワークを作成し（図3）、出発駅、目的駅、降車（乗車）時刻が与えられた利用客を、利用者均衡配分 [6] を使って選択可能な複数の経路に配分することによって時間依存の乗客の流れを導いている [7]。この数理モデルは、移動時間と混雑度のトレードオフを表す費用関数を用いた利用者均衡配分に基づいているので、新しい利用者が加わった場合やネットワークを変更した場合の利用状況を計算する計画問題に適用することができる。頂点とリンクの接続関係で時間依存性を表現しているため、静的なネットワーク問題として定式化できるという優位点がある。そのひき替えにネットワークの規模は大きく、空間的にも時間軸上も非常に密に作られている（図4）。1日の問題を解くのに、260万リンクのネットワーク上で凸関数を最小化する多品種流問題（流れの種類66,000）となる。この計算を実現するにあたってころがけたのは、調査データだけを入力として簡素な原理に基づいて1日の鉄道利用全体を一気に解けるように数理モデルを導いて、最

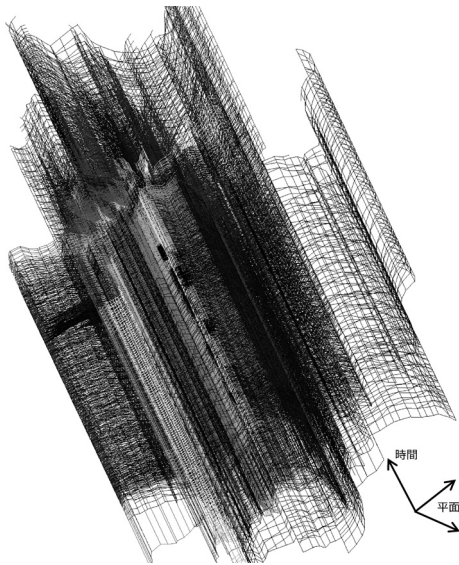


図4 東京首都圏電車ネットワークに対する時空間ネットワーク

適化問題として定式化したことである。これによってさまざまな問題に適用可能となったと考えている。

### 2.3 計算の手順

通常客とオリンピック客の電車利用を次のように計算する。まず一度だけ、通常客について利用者均衡配分を行い、乗客として固定する。そして、競技会場と競技開始時刻で区分したオリンピック客を異なる種類の流れとし、通常客を含む費用関数を使って、均衡配分によって会場までの経路を定める。ついで、観戦終了後の移動に対して、競技会場と競技終了時刻で区分したオリンピック客を変数とし、均衡配分によって会場からの帰宅経路を定める。通常客にくらべて流れの種類が少ないので、約10分程度の計算時間で解が得られる。

通常客だけの場合と、オリンピック客が加わった場合について、電車一本一本の乗客数を推計することができるので、混雑する場所と時間を詳細に知ることができる。そして、通常客、オリンピック客の電車利用のピークをずらす、平準化を行うといった対策を時空間ネットワークの頂点とリンクの接続構造とリンク費用に反映させることによって、それらの効果を数量的に評価することができる。この部分の計算は短時間で済むのでオリンピック客の混雑緩和対策の検討は容易である。

### 3. オリンピック客による交通負荷と平準化の効果

オリンピック客の輸送は、通常客の輸送量が多いJR東日本が60%、都心の移動に便利な東京メトロが10%

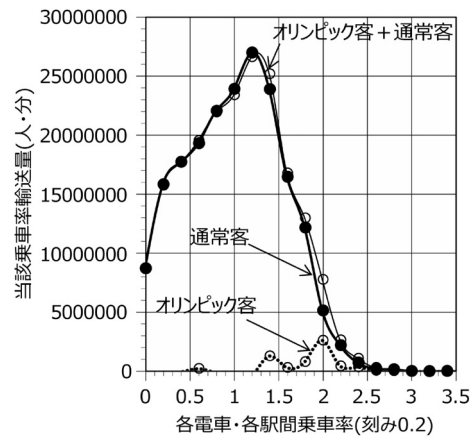


図5 朝ラッシュ時(6:00-8:59)の乗車率分布

分担している。この2社におけるオリンピック客の輸送量は通常客の10%弱である。一方、競技会場に隣接しているりんかい線、ゆりかもめ、埼玉高速鉄道は、通常客の1から1.6倍のオリンピック客を輸送する [1]。最初に述べたようにオリンピック客が加わる影響を、

- ・ 競技会場周辺の路線の混雑
- ・ ネットワーク全体における幹線と主要な乗換駅に分けて考える必要があることがわかる。

### 3.1 全体像の把握

図1を再びみてほしい。太い実線が通常客、細線が通常客にオリンピック客が加わったもの、破線がオリンピック客である。午前8時を中心とする鋭いピーク(朝の通勤ラッシュ)時に、通常客とそれにオリンピック客が加わった場合のカーブ差はわずかにみえるが、破線(オリンピック客)をみると一山あることがわかる。

図5は午前6時からの3時間を対象とした乗車率分布を表している。電車の乗客数は駅を発着するたびに变化する。各電車に対して、駅間で区分して乗客数を記録し、走行時間をかけて輸送量(人・分)として、一つのデータを得る。それらのデータに対して、乗客数を電車定員で割って乗車率(0.2刻み)として横軸にとり、その乗車率の電車の輸送量を積み上げて縦軸とする。カーブの下面積が総輸送量なので、山が乗車率=0に近いほど混雑が避けられている。乗車率=1は座席が埋まって、つり革とドア脇の棒につかまっている状態(定員)であり、乗車率=2は相当に圧迫感があるひどい混雑状態である。通常客だけ(太線)、通常客にオリンピック客が加わった場合(細線)とその差分(破線)の3本のカーブがある。オリンピック客が加わった影響は乗車率2付近の山として現れている。これは、オリンピック客が通常客と同じ時間帯に移動に便利な



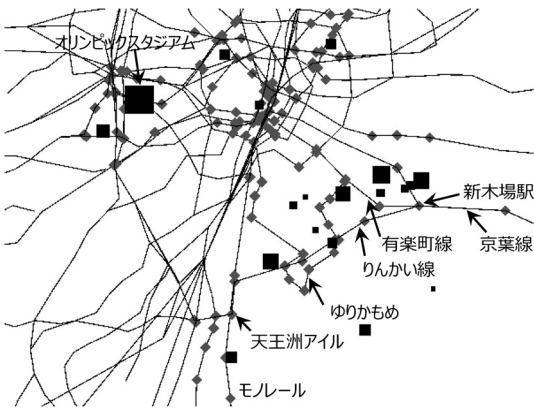


図6 競技会場（正方形）とアクセス可能駅（ひし形）

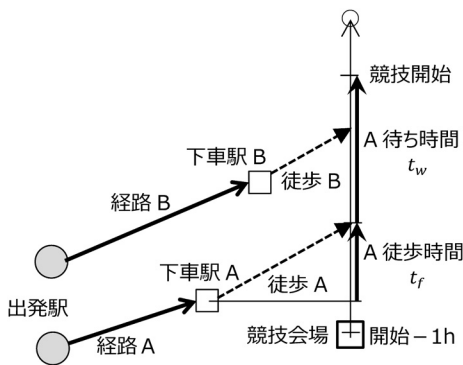


図7 駅から観戦開始までのアプローチの費用

場所に現れてしまったためである。

### 3.2 競技会場へのアクセスの混雑（下車から観戦開始までの費用）

オリンピック客の目的地である競技会場の最寄り駅の候補を会場アクセス可能駅として設定する。範囲をやや広めにとって、徒歩約20分圏内の駅（直線距離で1.5km）をリストアップする。図6に競技会場とアクセス可能駅を示す。

オリンピック客は競技開始1時間前から直前までの間に会場に入るとして、それに間に合うように、駅と電車を選択する。駅を降りてから観戦開始までの負担を、徒歩時間  $t_f$  と待ち時間  $t_w$  に分けて考える（図7）。

「[我勝ち]」と名付けたケースは、時間に換算した費用を  $t_w + 2.5t_f$  とし、待つのは嫌、歩くのも嫌という状況を想定している。こうすると、オリンピック客はできるだけ会場に近い駅まで乗車し、開始直前に間に合う電車を選ぶとする。「[平準化]」と名付けたケースは、費用を  $t_f$  とし、会場での待ち時間は負担にならない、歩く時間もほとんど負担にならないという状況を想定している。この場合には下車駅と利用する電車

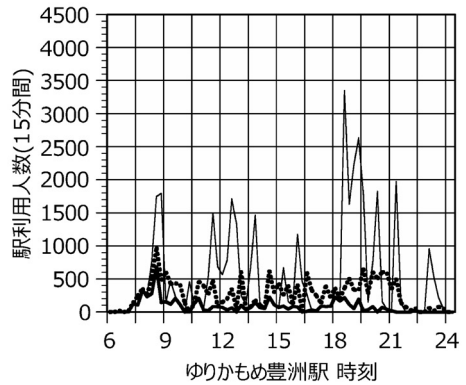
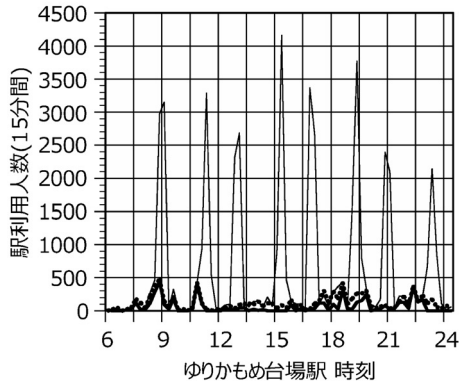
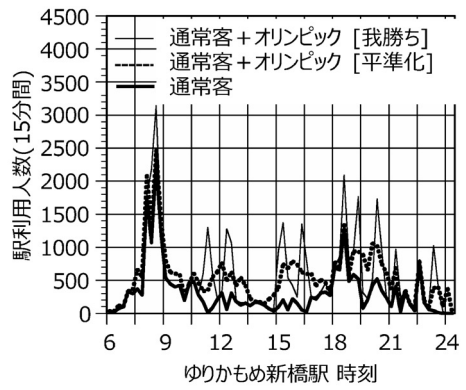


図8 ゆりかもめ15分間駅利用人数（乗車・降車・乗換）

の選択肢が多くなり、出発駅からの会場までの総経路費用が均衡するという条件による混雑の平準化が期待できる。

### 3.3 臨海部の競技会場へのアクセス

図8にゆりかもめの新橋駅、台場駅、豊洲駅の15分間の駅利用人数を示す。太線が通常客、細線が競技会場までの費用が「[我勝ち]」とした場合にオリンピック客が加わった駅利用人数を表す。駅に近い会場の競技スケジュールに合わせて、鋭いピークが現れる。通常客と比較すると、実際にはピーク時に処理しきれないことが予想される。これに対して、競技会場までの費用

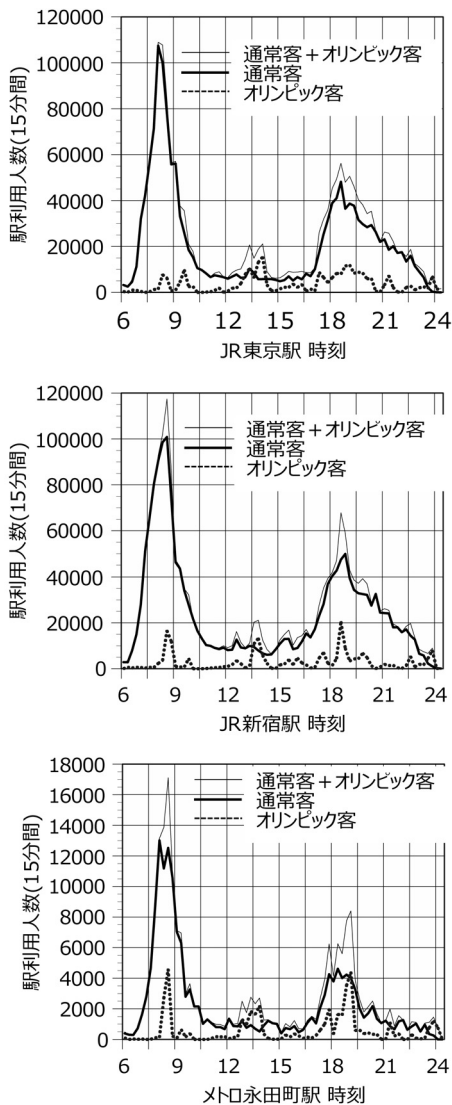


図9 大規模駅 15 分間駅利用人数 (乗車・降車・乗換)

が [平準化] のように設定できた場合の乗降客数は破線のようになり、到着時刻と最終下車駅の平準化によって、台場駅、豊洲駅の混雑は劇的に改善される。ただし、新橋駅は、ゆりかもめ始発駅なので、時間軸上の平滑化がなされるが、積分値はあまり変わらない。りんかい線各駅も、通常客がゆりかもめよりは多いので、ピークの現れ方はゆりかもめほど極端ではないが、観察結果はほぼ同じである。競技会場から考えた混雑緩和は文献 [3] と文献 [1] を参照して欲しい。

### 3.4 大規模乗換駅におけるオリンピック客

競技会場周辺を離れて、大規模駅の駅利用客を調べる。図9にJR 東京駅、JR 新宿駅、メトロ永田町駅の駅利用人数を示す。もともとの人数が多いので、オ

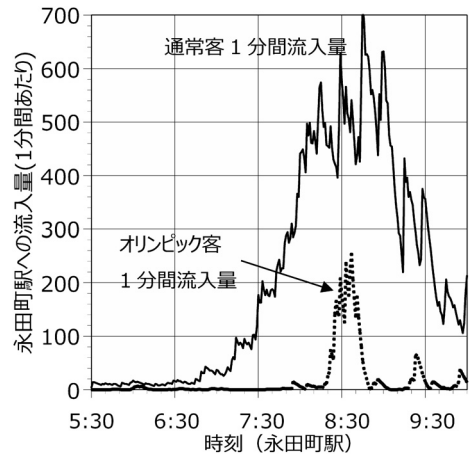


図10 東京メトロ永田町駅 1 分間流入量

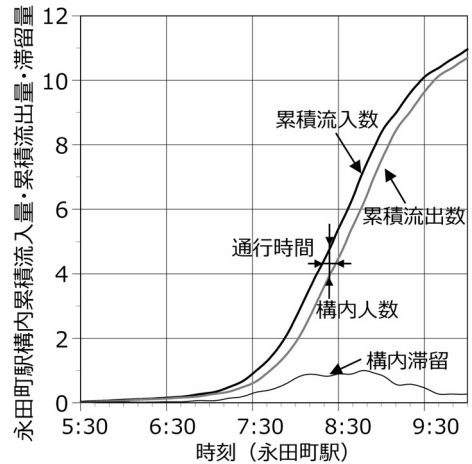


図11 東京メトロ永田町駅通常客流入・流出・滞留曲線

リンピック客は目立たないが、絶対値は大きい。また、複数の会場に向かう利用客の和なので、鋭いピークにはならないし、競技会場到着をターゲットとした [平準化] の効果は限定的である。混雑に慣れていないオリンピック客が大規模な駅に登場する影響は相当大きいと考えられる。

## 4. 乗換駅構内の客滞留モデル

これまで計算した電車ネットワーク上の乗客移動を基にして駅構内の滞留人数を計算するモデルについて述べる。通常客だけの場合と、オリンピック客が加わった場合に対して、

- ・ 駅構内への流入客数の累積曲線を導く
- ・ 路線ホーム間距離を使って算出した構内移動時間と合わせて構内滞留人数を推定する。その際に
- ・ 通路の歩行者密度が高くなると歩行速度が低下す

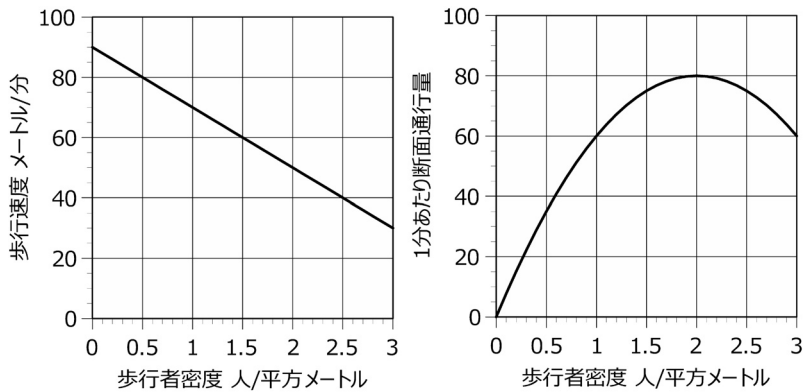


図 12 歩行者密度と歩行速度および断面通行量（実験式）

るという関係（歩行者渋滞モデル）を応用するとして、乗降客の駅構内滞留の急激な増加（渋滞現象）が発生するかどうか注目する。この内容を東京メトロ永田町駅の午前 5 時 30 分から午前 10 時の駅構内流入客数および流出客数を使って説明する。

図 10 のグラフは、改札口通過および電車の乗降によって、駅構内に入ってくる各 1 分間の乗客数を表している。実線が通常客、破線がオリンピック客である。

- ・ 乗り換えのため降車した人（他路線への乗り換え含む）
- ・ 乗り換えのため乗車する人（他路線からの乗り換え含む）
- ・ 最終目的駅であり、下車して外に出る人
- ・ 最初の乗車駅であり、構内に入ってきた人

これらの移動に対して利用する電車の時刻表を使って移動時刻を定めることができる。

図 10 の通常客に対する累積流入数を図 11 の太線として示す。流入客は目的先まで構内を移動して退場する。構内に入ってから退去するまでの時々刻々の通行時間がわかれば、構内滞留人数を計算することができる。しかし通行時間を得るのは相当に難しい。ここでは次のような仮定をおいて推計する。

- 混雑を考えない計算に対して、
- (1) ホームの座標がわかっている場合にはホーム間の直線距離を分速 60 m で進み 3 分を加える、
  - (2) 他の移動は一律 4 分とする、
  - (3) それに、乗りたい電車の待ち時間が加わる。

各利用客にこのルールを使い、図 11 の累積流入曲線（太線）を時間軸右方向にシフトすると、累積流出曲線（細線）を得る。二つの曲線の縦軸（人数）方向の差が、構内滞留人数を表している。

次にオリンピック客の影響を表現する。混雑が激し

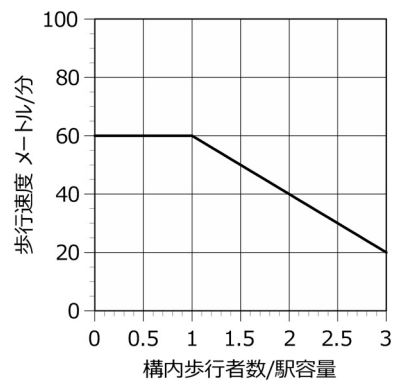


図 13 計算に用いた歩行者密度・速度の関係

くなると（歩行者密度が高くなると）、歩行速度が落ちる（通過時間が長くなる）という関係を使って、オリンピック客の影響をみる。図 12 左の直線は歩行者密度に対して線形に速度が低下という実験式の関係 [8] を表している。

$$\text{輸送量} = \text{密度} \times \text{速度}$$

なので、図 12 の右のグラフのように、輸送量が最大になる状態があり密度がそれを超えると渋滞現象が生ずる。

駅の問題に適用するには、歩行者を収容する通路の面積が必要であるが、これを大きな駅に対して求めるのは非常に難しい。その代替として駅の容量  $P_0$  を考え、図 13 に示すように駅滞留人数  $P$  が  $P_0$  を超えると線形に速度が低下すると仮定する。通常客の累積流入数と累積流出数から得られる滞留人数に対して、 $P_0$  を十分に大きくとると通行時間は定数のままであり、図 11 のグラフがそのまま得られる。 $P_0$  を小さく設定して同じ計算を行うと、滞留者が多い時刻から速度の低下がみられるようになる。速度低下の程度が小さく

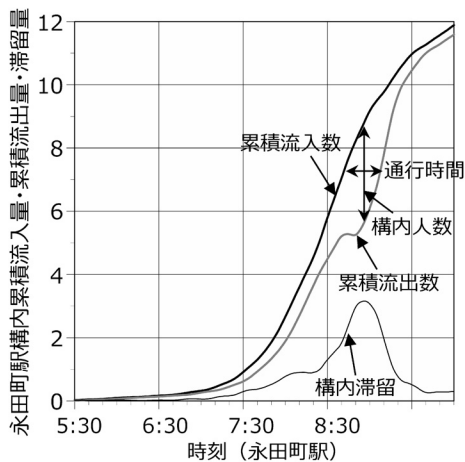


図 14 永田町駅オリンピック客の影響による滞留

短時間であれば渋滞は現れないが、 $P_0$  を小さくしていくと滞留者が急激に増える渋滞が起こる。現在の駅の状況は渋滞が起きる直前であると仮定して、明らかな構内滞留人数の増加が現れる値  $P_0$  を駅容量とする。

次に、通常客にオリンピック客を加えて、構内移動にかかる時間を、歩行速度の式と駅容量  $P_0$  を使って計算する。滞留人数と歩行速度が整合するように反復計算を行い、累積流入曲線および累積流出曲線を描いて滞留人数を計算する。永田町駅では時間軸上で通常客のピークとオリンピック客のピークが重なっていて、しかも、後者のピークがかなり高いので、オリンピック客が流入し始めてから、渋滞が発生して流出が滞り滞留人数が増えるという結果（図 14）を得る。

## 5. 都心部乗換駅の滞留と緩和対策の評価（永田町駅、新宿駅、新木場駅）

### 5.1 通常客交通需要の削減とオリンピック客交通の平準化

これまでにオリンピック開催時の交通混雑を緩和する方策がたてられ、2019年夏には実証実験も行われた。時差出勤を中心として都心で朝の通勤客が数%削減されたという報告がある。ここで考えたモデルを使って、次の二つの対策に関する混雑緩和の効果を計算してみよう。

- (1) 通常客の発着地・目的地間交通量を一律に削減する。
- (2) 競技会場の最寄り駅を複数設定して、オリンピック客が多くの駅（とそこにつながる路線）に分散して下車し、競技開始直前に到着するのではなく、時間軸上も分散して到着するように設定する（平準化の手法と程度の詳細は文献 [1]）。

前者はネットワーク全体の問題であることは自明である。また、後者も、出発駅から目的駅までの途中経路まで含めた平準化が重要であることから、ネットワーク全体を考える必要があり、一つの路線、鉄道会社に限定して考えたのでは効果は極めて低い。ネットワーク全体で計算し、都心の乗換駅である永田町駅、新宿駅、新木場駅に関する結果を示す。

#### 5.1.1 永田町駅

図 15(a) のグラフは、改札口通過および電車降車によって、1分間に駅構内に入る乗客数の時間推移を表している。太線は通常客の流入数、細線は出発地・目的地間交通量を一律に10%削減した場合の通常客の流入数である。出発地・目的地間交通量を削減してからネットワーク全体の均衡配分を解きなおしているため、各リンクの交通量を一律に削減した値とは少し異なっている。オリンピック客に関して、太線は平準化しない場合に1分間に駅構内に入る流入客数を表し、細線は競技会場最寄り下車駅と到着時刻に関して（それにもなう途中経路も）平準化を図った場合を表している。オリンピック客交通の平準化によって、競技会場最寄り駅（新木場駅）ほどではないがピークが下がっている。

図 15(b) は、通常客だけの場合（太線）を基準として、通常客に平準化なしのオリンピック客を加えた場合（対策なし細線）、通常客を5%、10%、20%削減してオリンピック客を加えた場合に関して、構内滞留人数の時間推移を示す。10%の削減が大きな効果を出している。図 15(c) は、オリンピック客の平準化が実現した場合の構内滞留人数の時間推移を示す。次項の新宿駅と比較して、平準化によるオリンピック客ピーク削減量の通常客に対する割合が大きいため、平準化が効果を上げている。

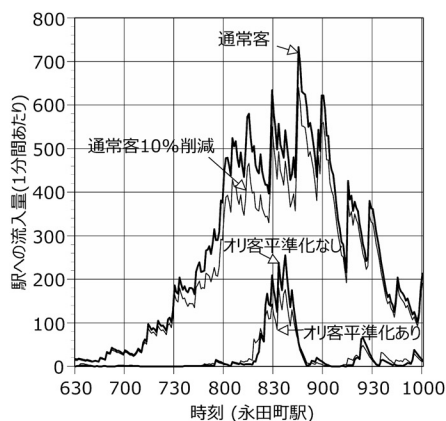
#### 5.1.2 新宿駅

図 16(a) のグラフは新宿駅構内に入る乗客数の時間推移を表している。さまざまな競技会場に向かうオリンピック客が通過するため平準化の影響が小さい。図 16(b) は平準化なしのオリンピック客が加わった場合の新宿駅構内における滞留人数の時間推移を示す。5%の削減が大きな効果を出している。オリンピック客の平準化の効果はほとんどないので図は省略する。東京駅も新宿駅と非常によく似た傾向をしめす。

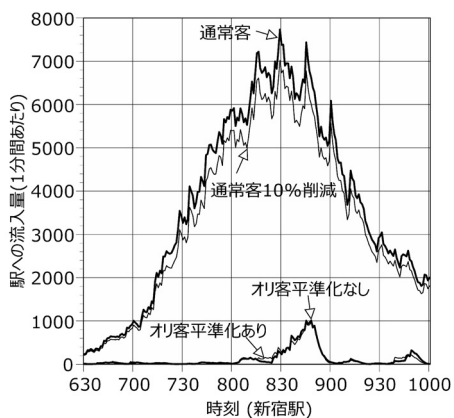
#### 5.1.3 新木場駅

図 17(a) のグラフは新木場駅構内に入る乗客数の時間推移を表している。新木場駅は競技会場に近いので、平準化なしのオリンピック客交通の鋭いピークが現れる。そして、平準化によってピークを大きく下げるこ

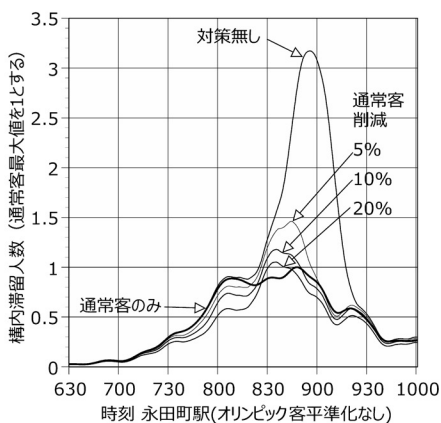




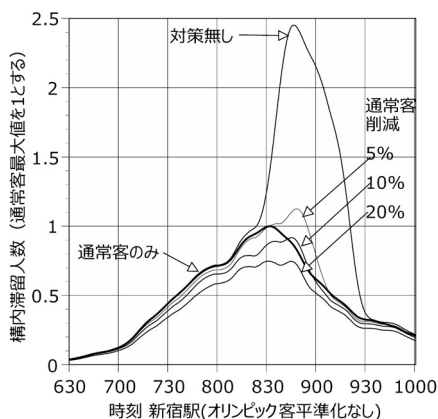
(a) 駅構内への1分間流入客数



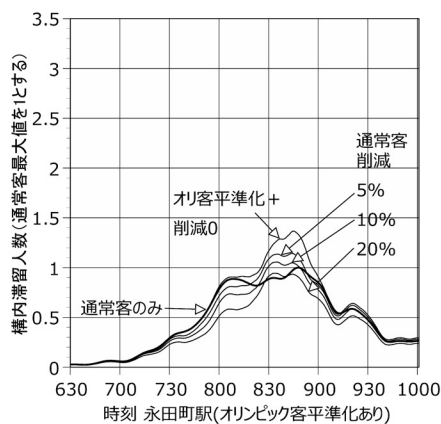
(a) 駅構内への1分間流入客数



(b) 駅構内滞留人数(オリンピック客平準化なし)



(b) 駅構内滞留人数(オリンピック客平準化なし)



(c) 駅構内滞留人数(オリンピック客平準化あり)

図 15 永田町駅混雑緩和に対する通常客の削減とオリンピック客交通平準化の効果

図 16 新宿駅混雑緩和に対する通常客の削減とオリンピック客交通平準化の効果

ンピック客の平準化なしでは通常客を30%削減しても余裕がない。しかし、オリンピック客の平準化の効果は高い。ただし、平準化した場合でも、多数のオリンピック客が終日現れるので、その対策が必要である。

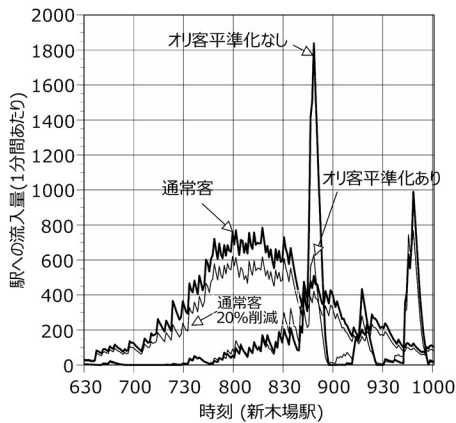
## 5.2 都心部乗換駅の滞留

朝ラッシュ時に通常客の流入数が多い方から50駅、オリンピック客の流入数の多い方から50駅を選び、そこから競技会場最寄り駅で混むことが自明な駅とオリンピック客が少ない駅を除く。図18にこれらの駅に対して、通常客だけの最大滞留人数(灰色の円の面積)とオリンピック客を加えた場合の最大滞留人数(灰色の背後の白い円の面積)を示す。ここで、鉄道会社に関わらず同じ名前の駅をまとめている。駅名が書かれている駅ではオリンピック客なしとありの場合の両者の比が1.2を超えている。何も対策がとられない場合には、都心部の複数の駅でオリンピック客がトリガー

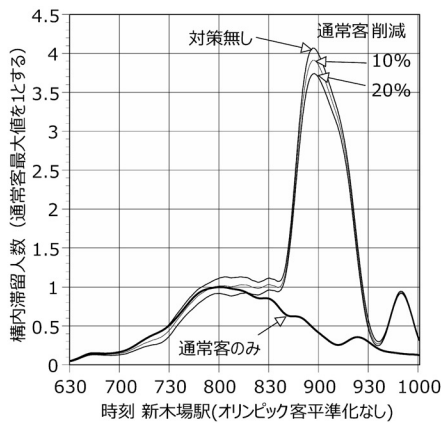
とができる。

図17(b), (c)はオリンピック客が加わった場合の新木場駅構内における滞留人数の時間推移を示す。オリ

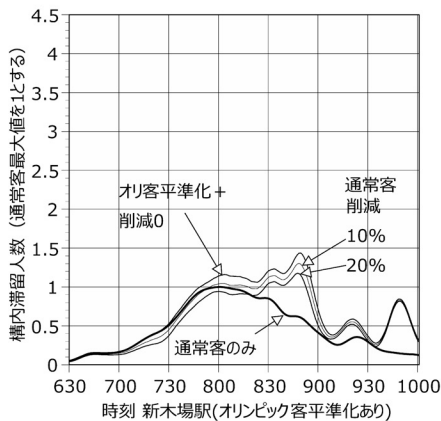




(a) 駅構内への1分間流入客数



(b) 駅構内滞留人数(オリンピック客平準化なし)



(c) 駅構内滞留人数(オリンピック客平準化あり)

図 17 新木場駅混雑緩和に対する通常客の削減とオリンピック客交通平準化の効果

となって通常時を大きく超える利用客が滞留する可能性があることがわかる。通常客流入数のピークに対し

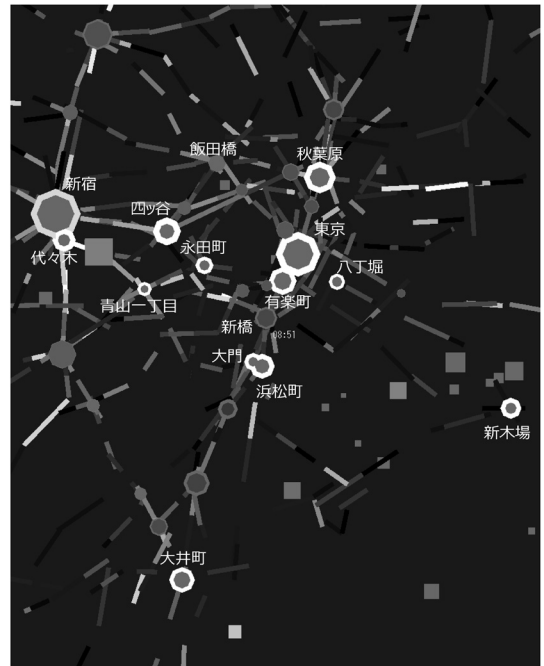


図 18 オリピック客の影響による構内滞留人数の増加(都心の主要な乗換駅)

朝ラッシュ時の通常客による構内滞留人数の最大値を灰色の円の面積で表す。背後の白の円がオリンピック客が加わった場合の構内滞留人数の最大値を表している。これが見える駅で大きな滞留が発生している。正方形は競技場に対応している。

て、オリンピック客流入数のピークが15%程度を越えていて、二つのピークが重なっている場合が多い。

## 6. 混雑緩和対策の要点はネットワーク

混雑緩和の対策として、通常客の交通需要の削減は基本であり、都心の大規模な乗換駅と幹線の混雑緩和に効果のある重要な対策である。計算上は5%から10%の削減が望まれる。実証実験の結果に、これまでのテレワークと時差出勤の推進の積み増し、教育機関の夏休みの前倒しに加わって削減量が増すことが期待される。ただし、観戦以外のオリンピック客の観光移動、不慣れな乗客の電車利用による影響にはそれぞれ対応が必要である。

オリンピック客交通の平準化は、競技会場最寄り駅だけではなく、競技会場に近い乗換駅とそこに向かう路線の混雑緩和に大きな効果がある。交通を分散するほど混雑緩和効果は大きいので、経路案内を通した積極的な情報の提供、“遠い下車駅”から競技会場まで歩いてもがっかりさせない設営、到着時刻の平準化などのソフトな対策が必要である。一社だけで独立(孤立)した混雑緩和対策を考えるのではなく、ネットワーク

全体を考えたソフトな投資が必須であると考え.

オリンピック開催の意義を考えると、滞留が起きたときの対策を考えることにはあまり意味がなく、そのような事態が生じないように十分な対策を講じておくことが肝要であると考えている。したがって、個々どの駅で混雑するか、数値はいくつであるかに注目するのではなく、混乱が起きないように、オリンピック期間中の日常生活で、通常客が譲り合うような対策を円滑に進める理由付けになることを期待している。また、計算では朝ラッシュ時を対象としているが、路線によっては夕方から夜の混雑も激しいところがある。この時間帯にはオリンピック客は朝よりも多く現れると考えられるので、帰宅ラッシュ時の対策も十分に考えておく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 田口東, “東京オリンピック観戦客輸送の余裕を首都圏電車ネットワークは持っているか,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **62**, pp. 5–14, 2017.
- [2] 田中健一, 鳥海重喜, 田口東, “東京ベイゾーンへのオリンピック観戦客の輸送を想定した直通バスの数理モデル,” 都市計画論文集, **52**, pp. 696–703, 2017.
- [3] 渡部大輔, 鳥海重喜, 田口東, “東京オリンピック・メインスタジアムへの観戦客に対する新宿御苑を活用した動線計画—時間拡大ネットワークを用いた徒歩流動モデルによる評価—,” 都市計画論文集, **52**, pp. 1341–1348, 2017.
- [4] 財団法人運輸政策研究機構, 「平成 17 年度大都市交通センサス」, [www.jterc.or.jp/inforlib/data/17censasuHP/mainpage1.htm](http://www.jterc.or.jp/inforlib/data/17censasuHP/mainpage1.htm) (2007 年 3 月 27 日閲覧)
- [5] 2020 年オリンピック・パラリンピック招致委員会, 「立候補ファイル」, <https://tokyo2020.jp/jp/games/plan/data/candidate-entire-2-JP.pdf> (2015 年 6 月 1 日閲覧)
- [6] 土木計画学研究「交通ネットワーク」出版小委員会, 『交通ネットワークの均衡分析—最新の理論と解法—』, 土木学会, 1998.
- [7] 田口東, “首都圏電車ネットワークに対する時間依存通勤交通配分モデル,” 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌, **48**, pp. 85–108, 2005.
- [8] 国土交通省国土技術政策総合研究所, 道路の安全性・快適性に関する研究, 2006.