

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

田口 東

2020年に開催が予定されている東京オリンピックでは、多数の観戦客が東京首都圏の電車ネットワークを利用する。招致委員会の立候補ファイルによると、多い日の観戦客は約70万人と予想される。一方、通常は、主に通勤・通学のために約800万人が利用している。この交通は、朝の激しいラッシュ、夜にやや平坦なラッシュがあり、朝の通勤客は郊外から都心に集中し、複数の路線が交わる大規模駅では乗換客の混雑が激しいといった場合に、時間軸・空間軸上とも偏りがある。このうえに、観戦客が加わったとき、混雑の激しくなる場所・時間はどこか、緩和策はあるかという点に関心がある。この点を、できるだけ具体的なモデルによって乗客の移動を表現して調べることにする。“具体的”とは、誰でも検証できるように公開に近いデータを用いて、時間分解能を高く、乗客流の粒度を細かく、移動経路を詳細に記述しながら、電車ネットワーク全体の乗客配分を解くことにある。これによって、発生する問題点と課題を明確にして、定量的に対策を評価できると考えている。

キーワード：観客輸送、首都圏公共交通機関、時空間ネットワーク、利用者均衡、交通配分モデル、平準化

1. 問題意識

東京首都圏の電車ネットワークには、行き1、帰り1と数えて、平日一日1,600万に近いトリップがある。これを通常客と呼ぶことにする。図1に一日の電車ネットワーク利用者数の時間推移を示す。このグラフは[1, 2]をもとに本稿に述べる計算結果に基づいて作成したものである。短時間に起こる朝の通勤ラッシュが激しく、夜にやや平坦な帰りのラッシュがある。さらに、朝の通勤客は郊外から都心に集中し、複数の路線が交わる大規模駅では、乗換客の混雑が激しい。このように、時間軸・空間軸上とも、交通流に偏りがある。このうえに、オリンピック観戦客の移動が加わったとき、混雑の激しくなる場所・時間はどこか、混雑緩和策はあるかという点に関心がある。この点を、できるだけ具体的なモデルによって電車ネットワーク上の乗客の移動を表現して調べることにする。

ここで、“具体的”の意味は、誰でも検証できるように公開に近いデータを用いて、できるだけ時間分解能を高く、乗客流の粒度を細かく、移動経路を詳細に記述すること、そして、電車ネットワーク全体の乗客移動をまとめて解くことにある。これによって、問題点を明確にし、対策の評価を定量的に行えると考えている。

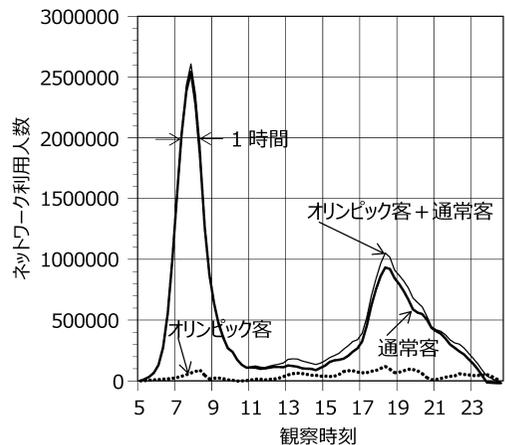


図1 電車ネットワーク利用者の時間推移

1.1 通常客

通常客の移動は、大都市交通センサスという公共交通機関の利用調査(平成17年)[1]を用いる。14万人(30万トリップ)がサンプルとして選ばれ、調査期間の平日一日の電車利用移動が回答されている。調査項目の中から、個人の出発駅、目的駅、到着時刻を利用する。乗客全体の利用調査をもとにして、回答者ごとに同じように移動する乗客数を表す拡大率が設定されていて、全体で1,600万トリップに拡大できる。

1.2 オリンピック観戦客

オリンピック招致委員会の立候補ファイル[2]から、観戦客の多い一日を選び(54競技, 37会場)、競技スケジュール(開始・終了時刻, 観戦客数)を作成する。

たぐち あずま
中央大学理工学部情報工学科
〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27
taguchi@ise.chuo-u.ac.jp

表 1 想定した一日の競技スケジュール

競技場	開始	終了	定員	競技場	開始	終了	定員
1 大井ホッケー競技場	8:30	12:00	10,000	28 オリンピックアクアティクスセンター	14:30	17:00	20,000
2 オリンピックスタジアム	9:00	13:30	80,000	29 夢の島ユース・プラザ・アリーナB	14:30	18:30	18,000
3 夢の島ユース・プラザ・アリーナB	9:00	13:00	18,000	30 東京体育館	15:30	17:30	8,000
4 霞ヶ関カンツリー倶楽部	9:00	15:00	25,000	31 東京国際フォーラム	15:30	17:30	5,000
5 国立代々木競技場	9:00	12:15	12,000	32 東京ビッグサイト・ホールA	16:00	18:30	10,000
6 陸上自衛隊朝霞訓練場	9:00	15:00	4,600	33 有明ペドロローム	16:30	19:25	5,000
7 陸上自衛隊朝霞訓練場	9:00	13:30	3,000	34 潮風公園	17:00	18:50	12,000
8 有明アリーナ	9:00	12:30	15,000	35 東京ビッグサイト・ホールB	18:00	19:50	8,000
9 潮風公園	9:00	10:50	12,000	36 埼玉スタジアム 2002	18:00	21:00	64,000
10 海の森水上競技場	9:30	13:10	24,000	37 大井ホッケー競技場	18:00	22:00	5,000
11 東京ビッグサイト・ホールA	9:30	12:00	10,000	38 日本武道館	18:00	19:30	11,000
12 オリンピックアクアティクスセンター	10:00	12:50	20,000	39 ウォーターポロアリーナ	18:20	21:00	6,500
13 夢の島ユース・プラザ・アリーナA	10:00	13:30	7,000	40 夢の島ユース・プラザ・アリーナA	18:30	22:00	7,000
14 東京体育館	10:00	14:00	8,000	41 大井ホッケー競技場	18:30	22:30	10,000
15 東京国際フォーラム	10:00	14:00	5,000	42 オリンピックスタジアム	19:00	23:30	80,000
16 夢の島公園	10:30	12:30	7,000	43 国技館	19:00	21:00	10,000
17 東京ビッグサイト・ホールB	10:30	15:30	8,000	44 夢の島競技場	19:00	23:30	14,000
18 日本武道館	12:00	16:30	11,000	45 有明体操競技場	19:00	21:00	12,000
19 若洲オリンピックマリーナ	12:00	18:00	5,000	46 国立代々木競技場	19:00	22:15	12,000
20 有明テニスの森	12:00	20:00	5,000	47 東京体育館	19:00	21:00	8,000
21 有明テニスの森	12:00	20:00	3,000	48 東京国際フォーラム	19:00	21:00	5,000
22 潮風公園	13:00	14:50	12,000	49 オリンピックアクアティクスセンター	19:30	20:50	20,000
23 国技館	13:30	15:30	10,000	50 有明アリーナ	19:30	23:00	15,000
24 国立代々木競技場	14:00	17:15	12,000	51 夢の島ユース・プラザ・アリーナB	20:00	23:59	18,000
25 有明アリーナ	14:00	18:30	15,000	52 東京スタジアム	21:00	23:59	50,000
26 ウォーターポロアリーナ	14:10	16:50	6,500	53 横浜国際総合競技場	21:00	23:59	72,000
27 夢の島公園	14:30	17:15	7,000	54 潮風公園	21:00	22:50	12,000

それに合わせて、観戦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。往復で130万トリップになる(表1)。

観戦客の所在地に関して、次の仮定をおく。観戦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者に比例し、後者は首都圏の宿泊施設の定員に比例する[3]。宿泊客は宿泊施設の最寄り駅から出発するとして、各駅から出発する観戦客は、距離に関係なく、その日の全競技に対する観戦客と同じ割合で競技を観戦する。これによって、観戦客の行き(帰り)に対して、出発駅、到着駅、到着時刻(出発時刻)のデータを作成する。図2は通常客とオリンピック客を合計して、一日、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新宿駅が最も多く、次いでJR東京駅である。同じ位置に複数の駅がある場合には菱形が重なり、一番大きい駅が図に現れる。同様に、競技会場の位置と一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客数が大規模駅の利用客数に匹敵することがわかる。

2. 電車利用客の数理モデル

2.1 時空間ネットワーク

時刻表のあるJR・私鉄の電車(公共交通機関)に対して、時刻表どおりに1本1本の電車を動かして、乗客の移動を表現する時空間ネットワークを作成する。駅上に時間軸を想定し、時刻表に合わせて、電車の着発ごとに頂点を作り、頂点間を電車の駅間移動とホーム上の停車を表すリンクで結ぶ。そして、乗客の電車の乗り換えに対応するリンクをはる(図3)。

乗客の電車利用データ(出発駅、到着駅、到着時刻)に基づいて、ネットワークへの流入と退去を表すソースとシンクを作り、対応する発または着の頂点との間にリンクをはる。このようにして、乗客の時間依存の移動を静的なネットワーク上の流れとして表現することができる。このネットワークは、時間軸方向の近似や乗客の集約をすることなく、時々刻々駅と電車を利用している乗客の移動を正確に表現できる。規模は非常に大きくなるが、構造が大変に簡素であるという特長を持っている。一日分で47,000本の電車があり、120万頂点、260万リンクのネットワークが作成される。図4に縦

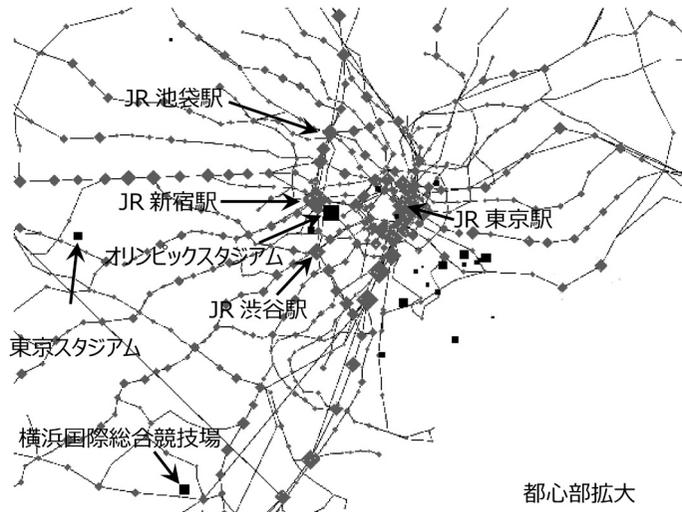


図2 通常客出発駅（ひし形）とオリンピック競技場（正方形）

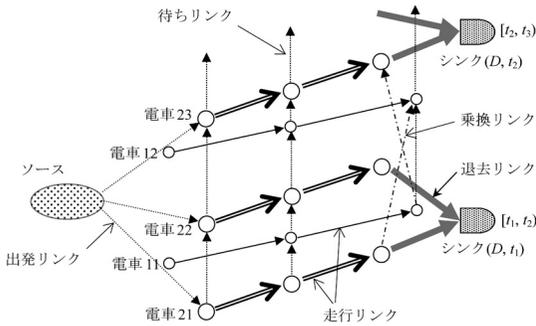


図3 電車利用客の移動を表現する時空間ネットワーク

方向に時間軸，それと垂直な方向に平面路線図においてネットワークを描いた図を示す。

2.2 利用者均衡配分

通常客，観戦客ともに，それぞれの出発駅，目的駅，移動時刻が定まっている．実際の電車利用では，同時刻・同方向に移動する乗客が，唯一の電車を選択するわけではなく，急行・普通，乗換駅，路線の選択が異なり，適当に分散するよう利用する．このような乗客の利用経路への配分を計算する代表的な手法として，利用者均衡配分がある [4]．この配分方法では，各経路に対して利用者が負う費用関数を与え，利用者が経路選択に必要な情報をすべて持っていて，自分にとって最適な経路を利己的に選択すると仮定する．そして，同一の出発地・目的地間で異なる経路がある場合に，利用されている経路の費用はすべて等しくて，利用されていない経路の費用はそれよりも高いという状態（均衡状態）を計算するものである．

各リンクに旅行時間と混雑度の関数として費用が定

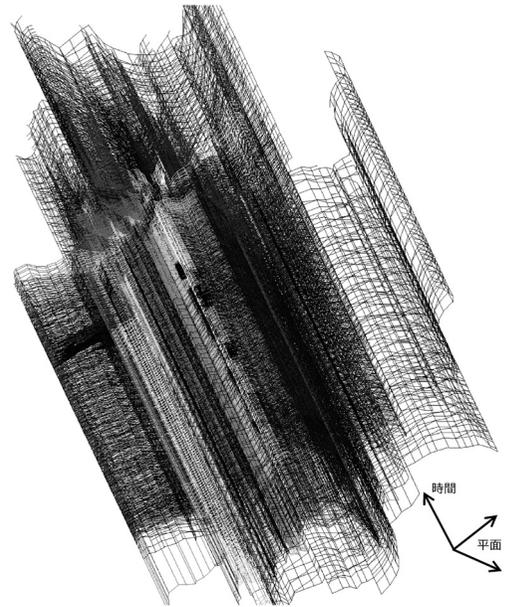


図4 東京首都圏電車ネットワークに対する時空間ネットワーク

義される．旅行時間はリンクごとに一定値であり，混雑度は乗客数の関数である．そして，すべての利用者に対して費用関数は同一であると仮定する．具体的には電車走行リンクに対して次の関数を用いる．

$$\phi_a(u_a) = t_a \left(1 + \gamma \left(\frac{u_a}{c_a} \right)^\beta \right)$$

u_a はリンク a に対応する電車の乗客数， c_a は電車の定員， t_a は駅間走行時間であり， $\gamma > 0$ と $\beta > 0$ はパ

ラメータである。これらのパラメータは、大都市交通センサスから得られる各電車の乗客数と、利用者均衡配分計算による乗客数とがおおむね一致するように定めてある [5]。単純な最短経路問題の解では一つの（最短）経路に流れが集中してしまう。一方、ここで考える利用者均衡配分は、すべての人が同一の費用関数を持ち、費用最小の経路を選ぶというように単純化されているが、最短時間の移動を第一に考える利用者と、時間を犠牲にしても混雑を避けて普通電車を利用する利用者とは、複数の経路（路線）や優等電車と普通電車とに分散して利用している状態を表すことを想定している。

変数は、目的駅とそこへの到着時刻によって区別された流れ（各リンクの乗客数）であり、流量保存則のもとで凸関数を最小化する数理計画問題（多品種流問題）が導かれる。以下の計算では、到着時刻を 15 分単位で到着客をまとめる。たとえば、「品川駅に 9:00~9:15 に到着した利用者」が一つの種類の流れとなる。通常客の配分問題に対して、異なる流れの種類は約 66,000 となる。したがって 260 万本のリンク上に 66,000 の変数を持つネットワークフロー問題となり、そのまま汎用ソルバーで解こうとすると、問題の記述そのものが難しい。しかし、電車の運行を表現する時空間ネットワークにおいては、出発頂点と目的頂点を定めるとその間で非ゼロの流れが作られる経路は非常に少ない。これに注意すると、最短経路問題を高速に解くルーティンを使った Frank-Wolfe 法によって実用的な解法を作ることができる。通常客の問題に対して、高性能なノート型 PC (Intel®Core (TM) i7-4810MQ CPU2.8 GHz, 16 GM メモリー) を使って 6 時間程度で解が得られる。一般的な利用者均衡配分の定式化と解法は [4]、首都圏電車ネットワークに関する配分問題は [5] を参照してほしい。

2.3 オリンピック観戦客の経路の計算

電車利用者に対する配分は次のように行う。最初に一度だけ、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・競技開始時刻でまとめたオリンピック観戦客を異なる種類の流れとし、固定された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。次いで、観戦終了後の移動に対して、競技会場・競技終了時刻でまとめた観戦客を変数とし、均衡配分によって会場からの帰宅経路を定める。通常客に比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。

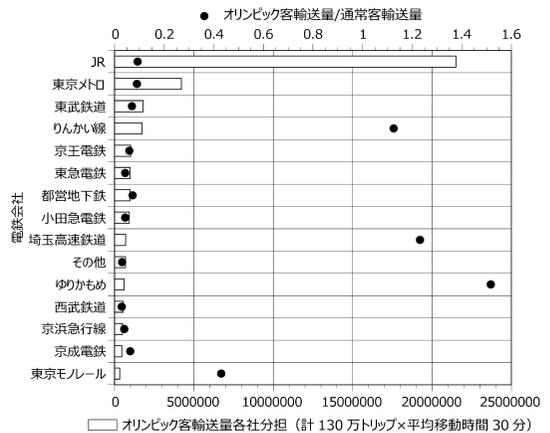


図 5 各電鉄会社のオリンピック客輸送量と通常客輸送量との比

2.4 計算によってできること

通常客だけの場合と、オリンピック観戦客が加わった場合について、電車 1 本 1 本の乗客数を推計することができるので、混雑する場所・時間を詳細に知ることができる。そして、通常客、観戦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・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、それらの効果を定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観戦客の混雑緩和対策の検討は容易である。

3. オリンピック観戦客の交通負荷と平準化の効果

図 5 にオリンピック観戦客の交通量 (130 万人 × 平均移動時間 30 分) に対して、各電鉄会社が分担する輸送量を棒グラフで、通常客の輸送量を分母とした比を黒丸で表す。オリンピック客の輸送は、通常客の輸送量が多い JR が 60%、メトロが 10% 分担している。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 1~1.6 倍のオリンピック客を輸送することになり、輸送量でも大手電鉄会社と並んでいる。これらの路線はほかの路線と混雑の様子が異なるはずである。これを受けて、オリンピック観戦客が加わる影響を、

- ・ 競技会場周辺の路線の混雑
- ・ ネットワーク全体—幹線・主要な乗換駅
- ・ 通常の乗客の被る被害

に分けて考える。

3.1 全体像の把握

図 1 を再び見てほしい。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。8時を中心とする鋭いピーク（朝の通勤ラッシュ）以外の時間帯では余裕がある。朝ラッシュに観戦客が参加できるとは考えられないので、朝のピークにぶつれるのは避けるべきである。ただし、ピークは鋭いので、避けるべき時間帯は短く、お互いほんの少し譲り合えばよい。朝ラッシュ時の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の差はわずかに見えるが、破線（オリンピック客）を見ると一山あることがわかる。

図6は朝6時から3時間を対象とした乗車率分布を表している。このグラフは説明が必要である。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、一組のデータを得る。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

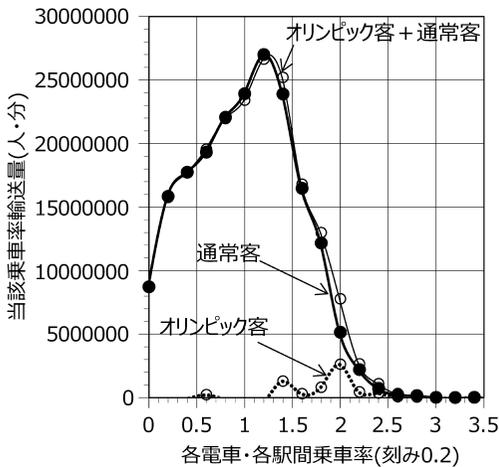


図6 朝ラッシュ時(6:00~8:59)の乗車率分布

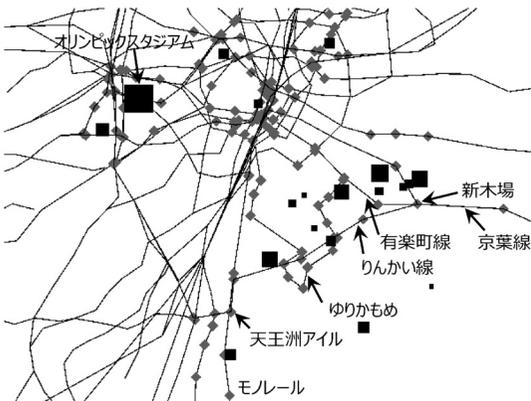


図7 競技会場（正方形）とアクセス可能駅（ひし形）

積が総輸送量であるので、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。図1と同様に、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）とオリンピック客（破線）の3本のカーブがある。オリンピック客を見ると、乗車率2付近の高いところに山が現れている。

3.2 アクセス可能駅

オリンピック観戦客の目的地は駅ではなく、競技会場である。そこで、会場までの移動経路の最後に下車する駅の候補を、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7に競技会場とアクセス可能駅を示す。

3.3 下車から競技開始までの費用（アクセス駅と電車を選ぶ）

観戦客は競技開始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8）。

「我勝ち」と名づけたケースは、時間に換算した費用を $t_w + 2.5t_f$ として、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、観戦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ぼうとする。「平準化」と名づけたケースは、費用を t_f として、会場での待ち時間は負担にならない、歩く間も時間だけが負担になるという状況を想定している。この場合には下車駅、利用する電車も選択肢が多くなり、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って混雑が平準化されることが期待できる。

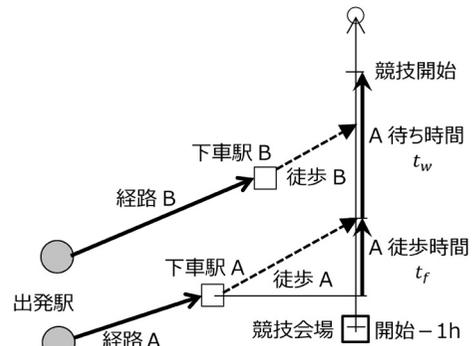


図8 駅から競技会場へのアプローチの費用

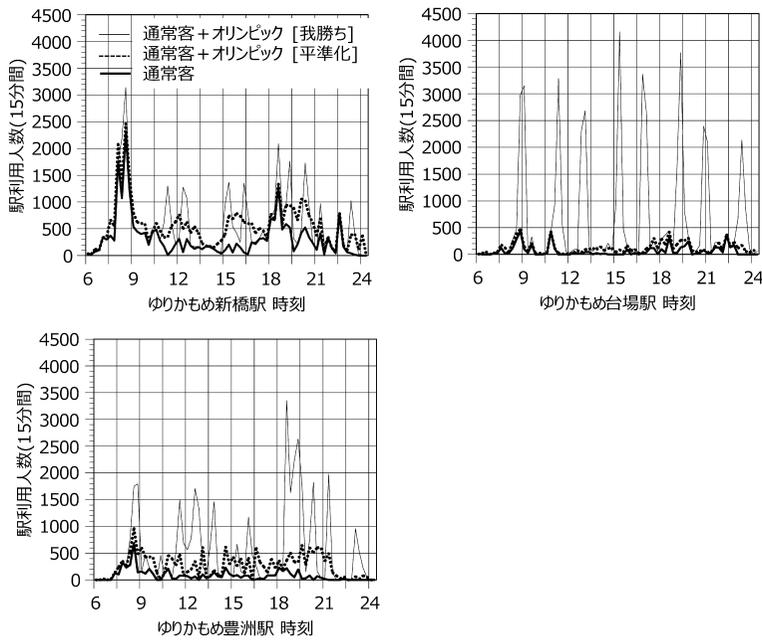


図9 ゆりかもめ 15 分間駅利用人数（乗・降・乗換）

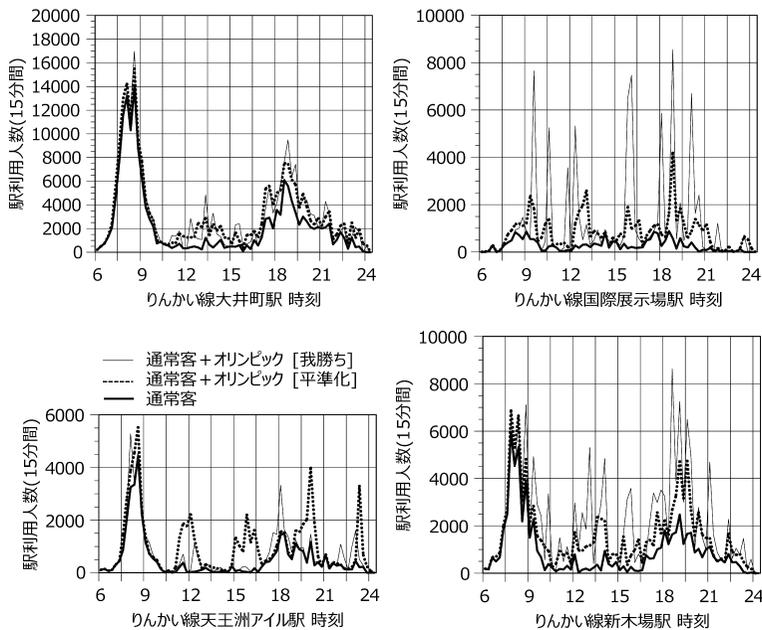


図10 りんかい線 15 分間駅利用人数（乗・降・乗換）

3.4 臨海部の会場へのアクセス

図9にゆりかもめの新橋駅、台場駅、豊洲駅の15分間の駅の乗降客数を示す。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乗降客数を表す。最も近い駅であるような会場の競技の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、ピーク時には電車・

駅で客を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、到着時刻とアクセス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、ゆりかもめ元締め駅の駅なので、時間軸上の平準化がなされるが、積分値はあまり変わらない。図10のりんかい線各駅

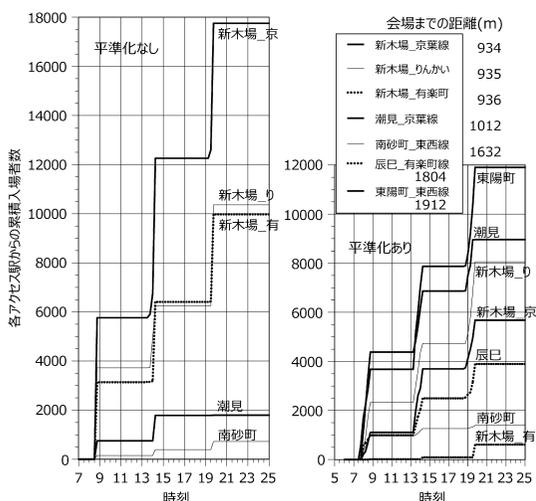


図 11 アクセス可能駅から夢の島ユース・プラザ・アリーナ B までのアクセス平準化効果

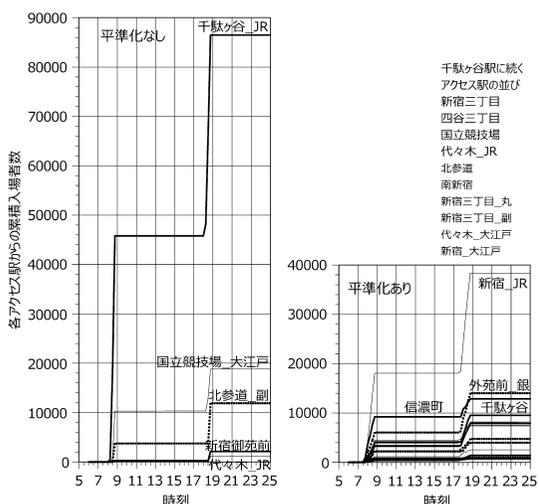


図 12 アクセス可能駅からオリンピックスタジアムまでのアクセス平準化効果

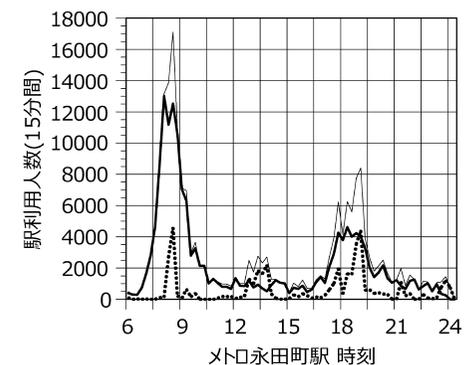
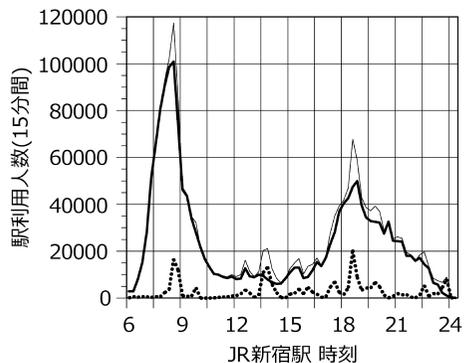
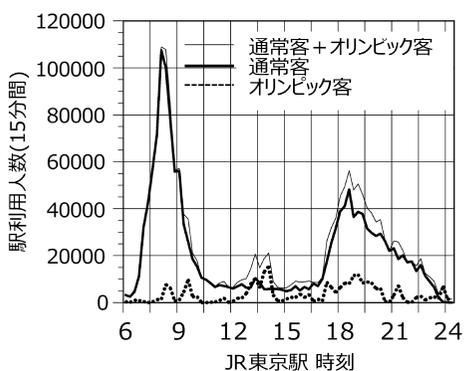


図 13 大規模駅 15 分間駅利用人数 (乗・降・乗換)

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。天王洲アイル駅は「平準化」のほうが乗降客数が多い。これは 2 番手 3 番手の駅であった会場の来客を「平準化」によって引き受けていることを示している。

次に、競技会場に向かう客を会場側から見てみよう。

3.4.1 夢の島ユース・プラザ・アリーナ B (図 11)

横軸が時刻、縦軸が各アクセス可能駅からその時刻までに入場した累積人数である。会場までの距離 (m) を駅名の横に示す。左が「我勝ち」であり、会場に近い新木場駅 3 駅が担当している。右の「平準化」では、東陽町駅など遠い駅も分担している。また、集客時の

カーブの傾斜が緩やかである。

3.4.2 オリンピックスタジアム (図 12)

「我勝ち」では千駄ヶ谷駅がほぼ唯一の選択となる。「平準化」では多くの観戦客が JR 新宿駅を使う。このように、競技場の少し手前の大きな駅で乗客を外へ出して、支線と末端の駅に負荷をかけない結果が得られることは非常に興味深い。

3.4.3 大規模乗換駅

競技会場周辺を離れて、大規模駅の駅利用者を調べる。図 13 に JR 東京駅、JR 新宿駅、メトロ永田町駅の乗降者数を示す。もともと的人数が多いので、オ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乗客の和なので、鋭いピークにはな

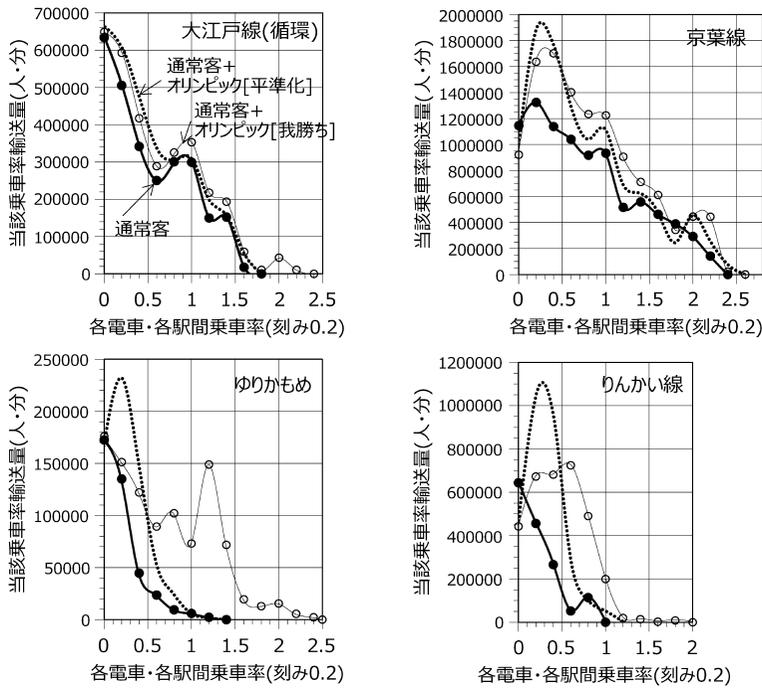


図 14 りんかい地域路線別乗車率・乗客輸送量（人・分）分布

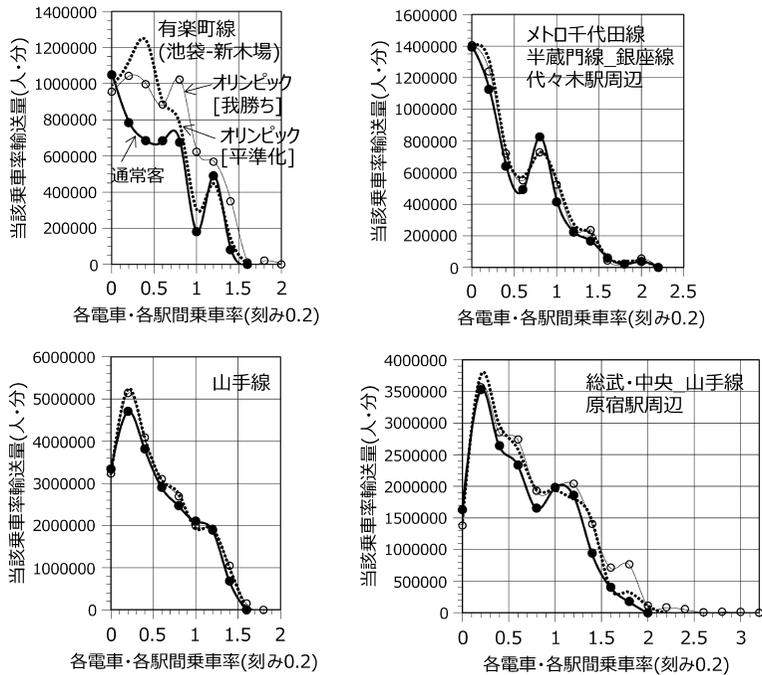


図 15 幹線路線別乗車率・乗客輸送量（人・分）分布

らないし、競技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。

3.4.4 電車の混雑（臨海部）

さて、ここでやっている計算は電車の乗客数が基本（変数）であり、駅乗降者数は結果に過ぎない。電車の乗客数を路線ごとにまとめた乗車率分布として調べる。

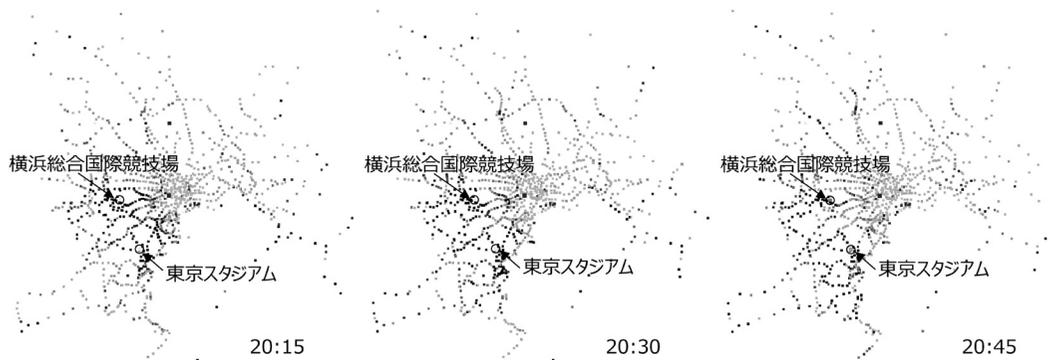


図 16 大規模競技会場へのオリンピック観戦客と通常客交通の干渉

臨海部を走るゆりかもめ、りんかい線、大江戸線（循環）、京葉線の乗車率分布を図 14 に示す。図 14、図 15 の軸の意味は図 6 と同じである。横軸が各電車・各駅間の乗車率、縦軸がその乗車率で運んでいる乗客輸送量である。また、通常客を太線、通常客に「我勝ち」でオリンピック客が加わった場合を細線、[平準化]で加わった場合を破線で表す。通常客と「我勝ち」で比較してみると、りんかい線以外は、1~1.5 を超えるところが増加している。特に京葉線は通常客の輸送量が大きいいため、当該路線ならびに接続する駅・路線への影響は大きい。

3.4.5 電車の混雑（幹線）

幹線に近い路線として、JR 山手線、メトロ各線の代々木駅周辺、JR 原宿駅・代々木駅周辺、メトロ有楽町線の乗車率分布を図 15 に示す。いずれの路線も通常客が多いので、増加分は目立たないが、絶対量は大きい。JR 原宿駅周辺、メトロ有楽町線は、競技会場に近い地域を通っているため、「我勝ち」の場合には混雑が激しくなっているが、「平準化」が効果を上げている。

3.4.6 通常客が被る混雑「被害」情報の提供

私が通勤に利用している後楽園駅のそばに東京ドームがある。野球やコンサートの終了と帰宅が重なると、駅も電車も混雑して大変な思いをする。午後窓の外を眺めたりして、様子が事前にわかっていたら、帰宅を前後に 30 分ほどずらすだけでいつもどおりに帰宅できる。オリンピック期間中はこのようなことが首都圏全体で発生する。

まず、次のような整理をする。最終目的駅、たとえば東京駅に 8:00~8:15 に到着する利用客をひとまとめにする。その人たちが各自の出発駅から東京駅に到着するまでの経路費用の平均値を計算して、指標を作る。費用は均衡配分の費用関数である。たとえば、電車が空いているときの都心の駅の値は小さくて、周辺の駅

の値は大きい。都心はどこから来ても移動時間が短いことによる。一方、通勤ラッシュ時の都心の駅の値は大きい。多くの通勤客が都心に向かうので、途中のどこかで混雑に出会う可能性が高いためである。

上述の通常客に対する経路費用の平均値を基の値として、オリンピック客が加わった場合の値との比をとると、通常どおり出勤しようとする利用客が、いつもより激しい混雑に出くわすかどうかを知ることができる。もちろん、出発時点で利用客をまとめて同様の指標を作ることができる。これらの指標は、交通量削減を通常客に呼びかける際の指標となりうる。図 16 は、主に横浜総合国際競技場と東京スタジアムに向かう観戦客（どちらも競技開始は 21:00）と途中で出会う通常客を、最終目的駅（濃い黒丸）と到着時刻（右下の時刻）によって表している。都心から郊外に向かう帰宅客が多いので、影響を受ける客の帰宅駅は、時間とともに西に移動している様子がわかる。

4. モデル計算に基づく提案

ここで述べたような計算によって、オリンピック開催時の電車利用客の詳細な移動を知ることができる。そして、交通量削減、平準化計画の効果を時間・空間上で定量的に推計できる。現在の計算でわかっていることは次のとおりである。

- (1) 競技会場周辺では、会場到着時刻とアクセス駅の分散が効果的である。

オリンピック観戦客が「我勝ち」に移動すると非常に激しい混雑が起こる。また、到着時刻とアクセス駅との分散による平準化効果は非常に大きい。平準化を実現するためには、これまでの大会開催の経験を活かすことは当然として、会場までの経路情報を、最短経路だけでなく、平準化がなされるような代替経路と混雑情報のセットで提供して、オリンピック客と通常客両

方の理性に働きかけることが重要と考える。そのうえで、アクセス駅から会場までの快適なアプローチの提供、楽しい待ち時間の工夫、セキュリティチェックなどの必要な作業との組合せが必須である。メインスタジアムに対して、JR 新宿駅を主な下車駅とする解を得ている。このような都心の大規模駅から会場までの誘導は興味深い計画問題である。

この問題に対して [6] では、新宿地区の鉄道駅の各ホーム・各時刻に到着する観戦客を一方の境界条件とし、オリンピックスタジアムにおける観戦開始を他方の境界条件として、ホーム→改札口→構内通路→地上出口→地上通路→スタジアム間の歩行移動を時間依存の流れとしてモデル化する。特に、新宿御苑に注目して、通路と混雑回避のバッファとして利用することによって、セキュリティチェックの実施、交通流の平準化、真夏に少しでも快適な移動経路を提供することをねらった提案を行っている。

(2) 幹線・大規模駅に対しては、通常客の交通量の削減という正攻法が適切である。

通常よりも 10~20% 乗客が増加する。もともとの乗客が多いので、割合が小さくても絶対値は大きい。複雑な通常客の流れに慣れない観戦客が混じると大きな混乱が起こることが予想される。この交通は、さまざまな経路の客が加算された結果なので、競技会場到着の平準化効果は限定的であり、通勤ラッシュの解消が難しいのと同様に対策は難しい。加算される交通流は、通常客と容量を共有しているので、開催期間中の勤務日・時間の変更（祝日化・始業時刻のシフト）による交通量削減が効果的であると考える。

—では問題は簡単なのか？—

客の増加は単位時間当たりの流入率の増加なので、一度渋滞が起これると、待ち行列が発生し、やがてつながっているネットワーク全体が止まってしまう。ソフトウェア的な解決策は、鉄道会社単体、競技開催団体、地域の組織が、個々に行ったのでは効果は小さい。ネットワークが持っている余裕を十分活かすように、一日・期間・首都圏全体の乗客の動きを、数学に基づいて演出するという見方が基本になると考えている。

この問題を考える原点は図 1 にある。ネットワーク全体では、朝の通勤ラッシュに耐えうる交通容量があり、短時間のピークをはずせば十分な余裕を持ってい

る。ネットワークのハードウェアに投資して交通容量を増やし、ピーク時乗車率を下げるという方向は、その時間帯に需要が集中すれば乗車率を下げることにはつながらないし、ほとんどの時間帯で使えない余裕をさらに作ってしまう。大きな投資が必要であり、今後長い将来にわたって交通需要が減少することを考えると、考慮すべき手段とは言えない。ここでは、ピークを構成する利用者を、どのようにピーク前後の時間帯に分散したらよいかというソフトウェア面からのアプローチが合理的であると考えられる。「交通量の平準化」という言葉だけでは説得力はないかもしれないが、ここで提案した交通計画的な解法によって、出発駅・目的駅・移動経路・移動時刻・乗客数を特定できる分解能で、平準化の効果を提示することができる。さらに、オープンデータ利用、ビッグデータ解析と情報提供サービスを組み合わせたアプローチによって詳細な現状把握と対策の効果測定、将来予測と付加価値の高い交通サービスへの誘導が可能になっている ([7] と掲載ウェブサイトにあるほかの文献を参照してほしい)。このような数理計画の技術と情報技術をもとにして、社会実験を行う動きが現れることを願っている。

参考文献

- [1] 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
- [2] 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>
- [3] 鳥海重喜、稲川敬介、“東京オリンピック開催時の宿泊需要予測,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **62**(1), pp. 15–21, 2017.
- [4] 土木計画学研究委員会「交通ネットワーク」出版小委員会(編), 『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.
- [5] 田口東, “首都圏電車ネットワークに対する時間依存交通交通配分モデル,” 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.
- [6] 渡部大輔, 鳥海重喜, 田口東, “2020 年東京オリンピックにおけるメインスタジアムへの観戦客誘導計画,” 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2016 年秋季研究発表会アブストラクト集, 1-F-9, pp. 106–107, 2016.
- [7] 太田恒平, 野津直樹 “経路検索条件データを用いた交通・観光行動分析—移動需要ビッグデータでわかること—,” 第 52 回土木計画学研究発表会, <http://consulting.navitime.biz/monograph/>