

I オリンピックが交通に及ぼす影響の予測

藤井秀樹 (東京大学大学院工学系研究科 / JST CREST)
吉村 忍 (東京大学大学院工学系研究科)

オリンピックに関する交通のシミュレーション

いうまでもなく、オリンピック開催都市には多数の観客や選手・スタッフが訪れる。陸上での彼らの移動はオリンピック開催都市に居住あるいは就労する人々の日常の都市交通に上乘せされ、結果として交通状況を悪化させる懸念がある。

日常の渋滞等の交通問題とは異なり、オリンピックのような大規模イベント開催中に発生する混雑に対しては「我慢する」というのも選択肢の1つとなる。オリンピック、パラリンピックという世界的なイベントといえども、開催期間は合わせておよそ1カ月であり^{☆1}、その1カ月のすべての混雑を解消するために莫大な資源を投入するのは避けるべきであるし、実際に考えられていない。しかし交通の混雑がオリンピック運営や観戦および最低限の日常生活に重大な支障をきたすレベルであれば許容可能な水準まで抑制すべきであるし、世界からの観光客を交通サービスで「おもてなし」すること自体は重要である。

オリンピック開催期間中の交通状況を実験によって明らかにすることは現実的ではないが、実験困難な状況にこそシミュレーションが効果を発揮する。シミュレーションそのものを始めとして、そのための情報収集や結果の分析において情報処理技術が果たす役割は大きい。本稿では、オリンピック開催期間中の都市の交通管理や空港システムのマネジメン

トのための取り組みをいくつか紹介し、2020年開催予定の東京オリンピックにおける技術の活用について述べる。

過去のシミュレーション事例

オリンピックと空港システム

これまでの事例の紹介として、まずは空港システムについて取り上げる。2004年開催のアテネオリンピックでは、アテネ国際空港が主要な空の玄関口として利用された。この空港でオリンピックを迎える準備としてどのような検討がなされたか、文献1)に紹介されている。

オリンピックの準備にあたり、最初に検討されたのは空路の需要であった。Odoniらはまず需要の合理的な上限と下限を求めるため、アテネ国際空港の通常時の利用者数および航空機数に、それ以前のオリンピックの大会期間中の利用者増加率を乗じることによって予測を行った。

アテネ国際空港を利用する航空機の予測値と実測値との比較結果が図-1である。図中の1st Demand Assessment, 2nd Demand Assessmentはそれぞれ上限、下限を求めることを意図した予測であるが、需要を精度よく予測できているといえる。

この需要予測に加えて空港ターミナル内の人の流れを待ち行列モデルによってシミュレートすることにより、選手本人や家族、大会関係者のスムーズな移動を実現するための専用デスク配置案が作成された。

オリンピックと公共交通

オリンピックの観客の多くは公共交通機関を利用

☆1 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会によれば、オリンピックは2020年7月24日～8月9日の17日間、パラリンピックは8月25日～9月6日の13日間の予定である。

して移動する。Liらは公共交通機関の乗客、バス、地下鉄車両をそれぞれエージェント化してマルチエージェントシミュレーションを行い、大規模なイベント環境下における公共交通の利便性を評価している²⁾。

Liらのシミュレーションでは、乗客エージェントはその日の交通行動を評価し翌日の交通行動を決定する学習機構を持つよう設計されている。希望する到着時刻に遅れてしまった乗客エージェントは翌日の出発時刻を早めたり、別の経路や交通手段を利用したりする。またバスおよび地下鉄には乗客数の上限が設定され、乗車できなかったエージェントは次の車両を待たなければならない。

地下鉄とバスの運行間隔を変えながら、平常時と大規模イベント開催時の乗客の平均移動時間の変化を比較したものが図-2である。図中のBeforeがイベント開催前、Afterがイベント開催中の平均移動時間を表す。

図-2から、大規模イベントが公共交通のサービス性能に大きな影響を与えることが分かる。特に運行が低頻度の場合に遅れが顕著である。ここから、オリンピックのような大規模イベント時の公共交通への負の影響を避けるために運行頻度を高めることが提案されている。

オリンピックと交通渋滞

1998年に長野県で開催された冬季オリンピックでは交通需要の増加により競技会場を含む一帯で深刻な交通渋滞が予想された。そのため、大会車両の円滑な運行を目的として長野市周辺に交通対策が実施された。

柵橋らは交通対策の立案に役立てることを目的とし、NETSTREAMと呼ばれる広域交通流シミュレータを用いて事前にオリンピック開催時の交通状況を予測した³⁾。

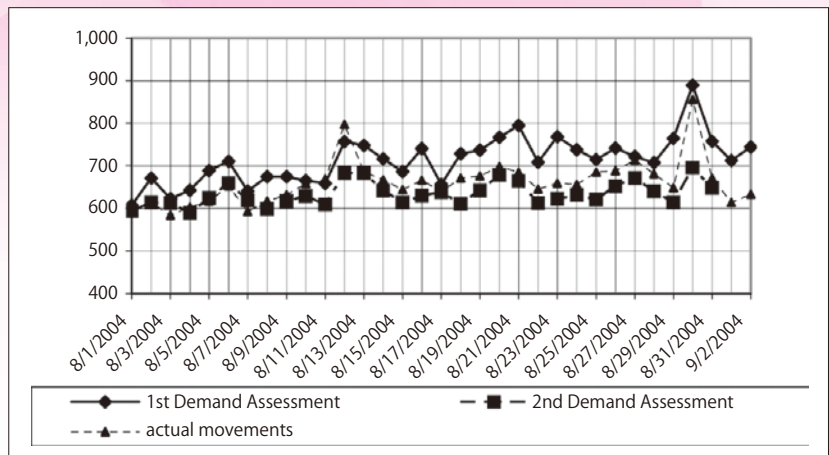


図-1 オリンピック開催期間中の航空機数の予測値と実測値¹⁾

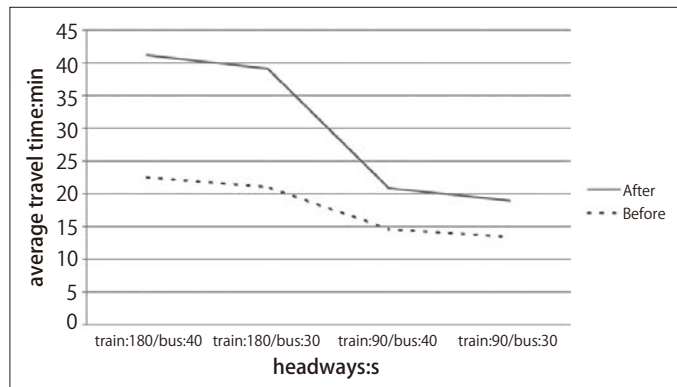


図-2 大規模イベント開催前後の公共交通利用者の平均移動時間²⁾

特に、オリンピックに関係しない日常の交通の総量抑制による交通流改善効果を予測するため、前年の同時期を基準に日常の交通量を-40%から+20%まで10%刻みで一律に変化させてシミュレーションを行い、渋滞状況、移動時間等を予測している。図-3に総量抑制による長野市中心部の渋滞軽減効果の予測例を示す。

図-3の左はピーク時間帯における総量抑制なしの場合の渋滞状況予測であり、右は総量抑制により日常の交通量が30%減少した場合を想定した渋滞状況予測である。図中の道路のうち濃い色が激しい渋滞の発生を表している。総量抑制なしの場合には広い範囲にわたり深刻な渋滞発生が予測された一方、総量抑制30%の場合は渋滞がほぼ解消されると予測された。

この研究成果の一部は新聞等を通じて報道され、実際に自家用車利用自粛の呼びかけに用いられた。

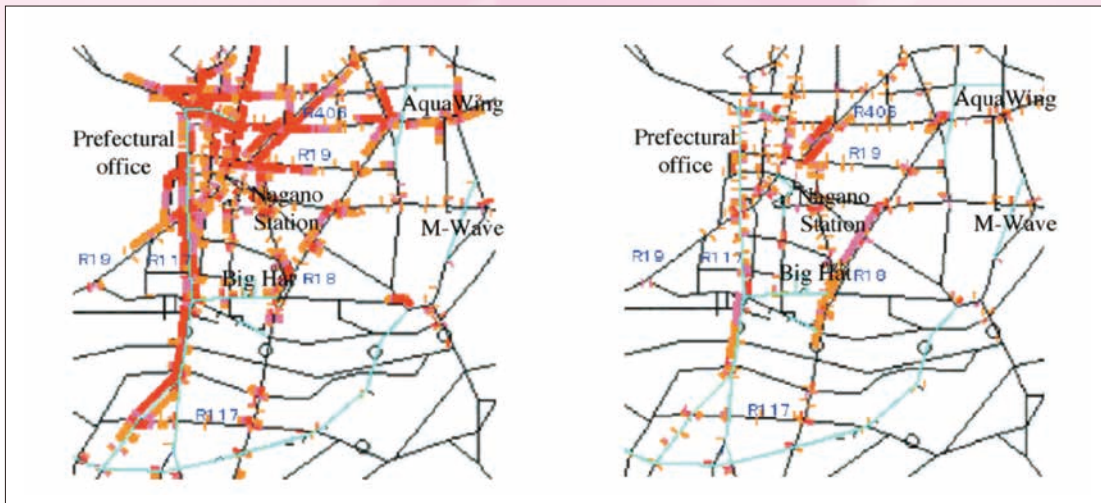


図-3 長野オリンピック時の交通状況の予測³⁾

結果としてオリンピック期間中は自家用車の利用が抑制され、長野市内には目立った渋滞がほとんど発生せず、大会関係車両の円滑な運行が確保されることとなった。

オリンピックと環境負荷

2008年の北京オリンピックでは、大会期間中の環境負荷低減のため

- 自家用車はナンバープレートの下1桁の数字に応じて奇数あるいは偶数日にしか使用してはならない
- 公用車の交通量を70%低減する
- 一般トラックが市街地を走行できるのは深夜のみとする

等の対策がとられた。

Zhouらは交通流シミュレーションを用いてこれらの対策の環境改善効果を予測した⁴⁾。彼らは市街地を1km四方のセルに分割し、それぞれのセルにおける車種ごとの走行台キロ^{☆2}と平均走行速度をシミュレーションによって求め、走行速度に応じた排出係数を走行台キロに乗じることで排気排出量を推定している。

大会前と大会期間中の窒素酸化物の発生量を図-4に示す。これは、実測された発生交通量を基

にシミュレーションを行った結果として得られた推定値である。左が大会前、右が大会期間中を表しており、対策が効果を表していることが分かる。

2020年東京オリンピックに向けて

空港システムのマネジメント

前章では空港設備の配置計画策定のためにまず需要予測を行い、それからシミュレーションを実施した例について述べた。2004年のアテネオリンピック開催に対して、2002年から入念に実施されてきた事前予測である。

事前の予測ももちろん重要であるが、2020年には、センシング技術とシミュレーション技術の融合、およびシミュレーションの高速化により、リアルタイムに次の状況を予測し、動的かつ効率的に資源を配置することが可能となるのではなかろうか。このとき、シミュレーションの精度だけを高めるのではなく、内部のパラメータを柔軟に調整できることが必要とされる。

都市交通の予測と管理

交通流のモデル化に関する研究は1950年代にスタートし、これまでにさまざまなモデルが開発されている。それらは(1)道路上の車両の集団的挙動を流体等の連続体に近似するマクロモデル(マクロ

☆2 車両の走行距離の総和。各道路リンクの長さとそのリンクを通過した車両台数の積で求められる。

I 会場での観戦を支える情報処理

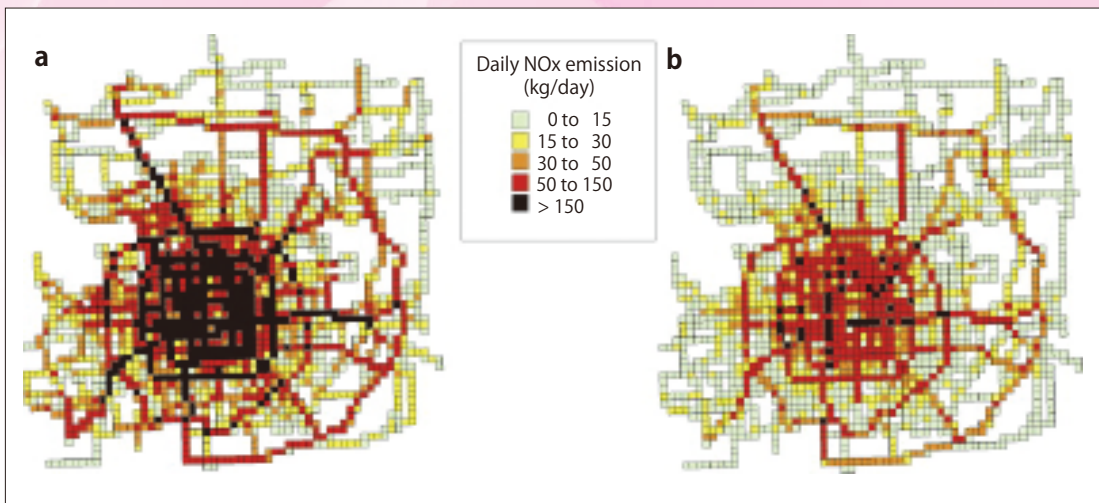


図-4 北京オリンピック大会前と大会期間中の窒素酸化物排出量の比較⁴⁾

スコピックモデル、巨視的モデル)、(2) 車両間相互作用を考慮し個々の車両の挙動を詳細に計算するマイクロモデル(ミクروسコピックモデル、微視的モデル)、(3) マクロモデルとマイクロモデルの間として交通流の密度や平均速度というマクロな情報から個々の車両の移動を再現するメゾモデル(メゾスコピックモデル)に分類される。

以前は広域的なシミュレーションにはマクロモデルが、局所的なシミュレーションにはマイクロモデルが採用される傾向にあった。これは計算量の問題によるところが大きい。しかし近年ではコンピュータ単体の性能が向上し、かつ交通流シミュレーションの分野でも並列計算をはじめとする技術が浸透しつつあるため、広域的なマクロモデルの精緻化、あるいは、精緻なマイクロモデルの適用範囲の広域化が試みられている。

筆者らが開発するマルチエージェント交通流シミュレータ MATES も運転手の複雑な認知・判断プロセスを組み込んだシミュレータ⁵⁾であり、視覚認知や協調行動、経路選択の学習等の分析に応用できる。一方で、並列計算を行うことで100万台規模のシミュレーションを実用的な時間で実行することも可能であり、都市交通政策の環境評価や費用便益分析に利用できる。

このように、近年では大規模かつ詳細な交通シミュレーションが可能となりつつある。過去の事例

で示した交通状況の評価は統計的な数値を基にしたものであったが、今後はより「個」を意識した評価が増えると考えられる。これにより、単に規制により自家用車の利用を減らすだけではない、交通利用者の満足度を高いレベルで維持できるような対策が実現する可能性がある。

交通システムの展望

混雑や環境負荷を予測するだけでは問題の直接的な解決策とならないため、本稿の最後に、東京オリンピックに向けた交通システムの展望の一部を紹介する。

産業競争力懇談会はオリンピック開催に合わせて東京を日本の高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems: ITS)のショーケースとすることを提案し、中でも、ITSによって自動車交通と公共交通を融合させた、**図-5**のような総合的な都市内交通マネジメントを目指している⁶⁾。

この中では、従来の乗用車や路線バスだけでなく、高速輸送システム^{☆3}も都市交通を担うハードウェアとして想定されており、これらすべての効率的な運用が課題となる。そのためには渋滞を早期に検出して対策しなければならない。交通状況をセンシン

^{☆3} 大量に旅客を輸送する公共交通を指し、乗り物としてバスを利用したシステムを Bus Rapid Transit (BRT)、路面電車を利用したシステムを Light Rail Transit (LRT) と呼ぶ

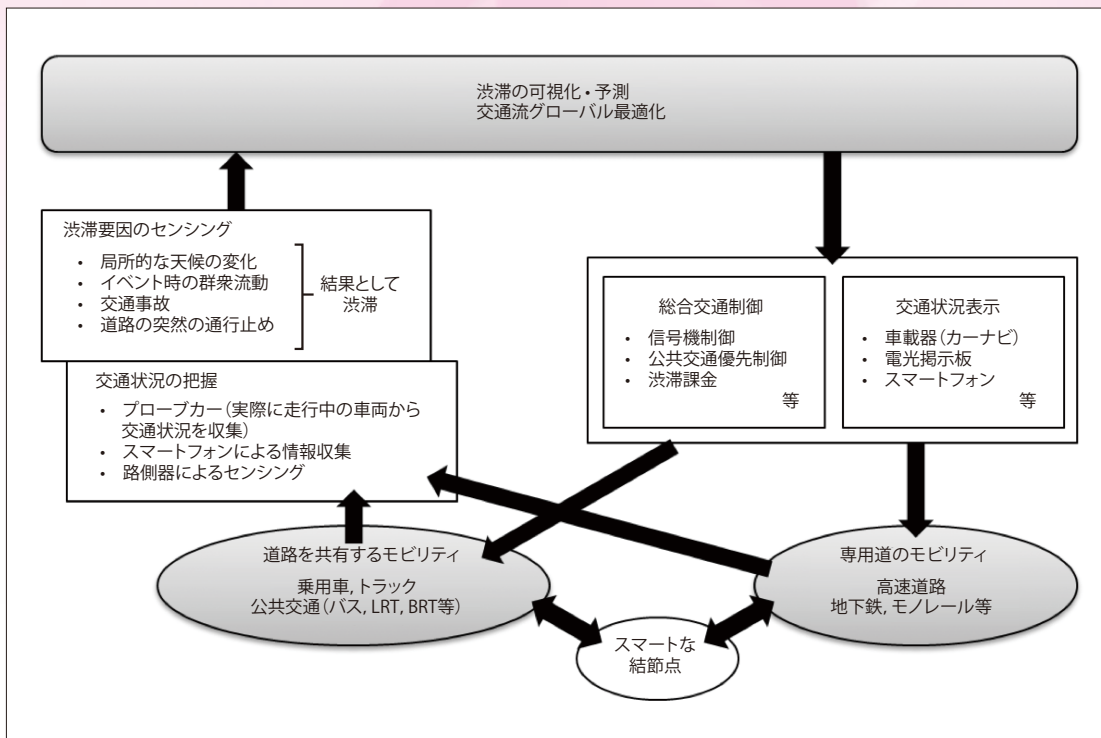


図-5 都市交通システムの総合的なマネジメント⁶⁾

グする手段、センシング結果を評価するノウハウ、渋滞の可視化と予測、交通流の制御施策の評価に関する技術の発展が必要となる。

交通流シミュレーションによる渋滞予測はこの取り組みに大いに寄与する技術である。さらに「個」と強く結びついたマイクロモデルは一人ひとりの移動ニーズに対応したサービスにも展開しやすい。オリンピック期間中の交通システムの快適性を向上させるために、シミュレーションが果たす役割はますます重要になってくるといえる。

- 4) Zhou, Y., Wu, Y., Yang, L., Fu, L., He, K., Wang, S., Hao, J., Chen, J. and Li, C. : The Impact of Transportation Control Measures on Emission Reductions during the 2008 Olympic Games in Beijing, China, Atmospheric Environment, Vol.44, No.3, pp.285-293 (2010).
- 5) 吉村 忍, 西川紘史, 守安 智: 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発, シミュレーション, Vol.23, No.3, pp. 228-237 (2004).
- 6) 産業競争力懇談会, 都市交通システム海外展開時の技術課題, 2013年度プロジェクト最終報告(2014).

(2014年7月9日受付)

参考文献

- 1) Odoni, A., Stamatopoulos, M., Kassens, E. and Metsovitis, J. : Preparing an Airport for the Olympic Games : Athens, Journal of Infrastructure Systems, Vol.15, pp.50-59 (2009).
- 2) Li, L., Zhang, H., Wang, X., Lu, W. and Mu, Z. : Urban Transit Coordination Using an Artificial Transportation System : IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.12, No.2, pp.374-383 (2011).
- 3) 棚橋 巖, 北岡広宣, 馬場美也子, 森 博子, 寺田重雄, 寺本英二 : 広域交通流シミュレータ NETSTREAM, R&D Review of Toyota CRDL, Vol.37, No.2, pp.47-53 (2002).

藤井秀樹 (正会員) fujii@sys.t.u-tokyo.ac.jp

東京大学大学院工学系研究科講師。2009年東京大学大学院新領域創成科学研究科博士後期課程修了。博士(環境学)。マルチエージェントシステムと交通流シミュレーションに関する研究・教育に従事。

吉村 忍 yoshi@sys.t.u-tokyo.ac.jp

東京大学大学院工学系研究科教授。1987年東京大学大学院工学系研究科博士後期課程修了。工博。知的シミュレーションの研究開発と社会・環境分野、工学分野への応用に関する研究・教育に従事。