

マルチエージェントシミュレーションを用いた 2025 大阪万博の交通マネジメント施策の分析

Analysis of traffic management measures for Expo 2025 Osaka using multi-agent simulation

学籍番号 47-206743
氏名 安岡祐介 (Yasuoka, Yusuke)
指導教員 日下部 貴彦 准教授

研究目的 2025 年に大阪府大阪市にて、万国博覧会（以下、万博と呼ぶ）が開催される予定であり、会場としては市街地から 15km 離れた夢洲(大阪市此花区)という人工島が選ばれた。万博は 5 年に 1 度開かれる博覧会であり、現代の技術・芸術の最先端を展示する場ともなっている。世界各国の人々の交流の場としての側面もあり、2005 年日本国際博覧会（愛・地球博）では 2,200 万人（内外国人旅行者が 100 万人強）が来場する大規模なイベントとなった。2025 万博の総来場者数見込みは 2820 万人でピーク日には 28.5 万人が来場すると推定されている。このような大規模なイベントでは開始前の数時間と終了直後に大きな交通需要が突発的に発生し、遠方からの来場者が多いため影響範囲が大きいことが特徴である。そのため対応策としては公共交通料金の割引・割り増しによる地理的分散や、プレ・アフターイベントでの需要の時間的分散の手段がとられることが多い。

経済産業省の発表した資料によると、この移動需要に対して大阪メトロ中央線の延伸による鉄道ルート追加と、車・タクシーなどの自動車、シャトルバスで対応している。[1]しかしながら、経産省が想

定する輸送量は会場や輸送力、来場者数の前提が大きく異なる 1990 年の大阪花博から算出しており、この計画にはいくつか実現が疑われる点が残る。輸送計画の柱である大阪メトロ中央線は現時点でも一部で通勤時 130~140%の混雑をする路線であり、万博の入場ピークの一つである 9 時に追加の需要を受け入れるキャパシティがあるとは考え難い。同路線は大阪の主交通手段である御堂筋線や JR 各線との乗り換え需要もあり、混雑すれば大阪の交通網全体に影響があると考えられる。また、会場である夢洲（図 1）には夢米大橋と夢咲トンネルの 2 つしか自動車道のルートが存在せず、輸送計画で大きな配分がなされているシャトルバスが想定動きができない可能性が高い。大阪万博は 6 か月と長期間開かれるイベントであり、輸送計画に無理があれば通勤や通学といった移動の需要にも影響を与える可能性がある。

本研究の対象である万博の交通において特徴的であるのは、

- ①来場する個人は繰り返しの行動を行わないことから、従来交通計画で用いられている均衡分析での対象にならない点
- ②経路が大きく限定された人工島で開催さ

れるため、地理的分散でとれる対策が限定される点

③想定来場者に対して会場規模が極端に小さく、来場者を会場に留める形での時間的分散策を行う事ができない点

④需要が鉄道輸送力を上回る点

の4点である。

本研究ではこれらの特徴を持つ万博時の交通に対して、マルチエージェントシミュレーションを用いて大阪万博における輸送計画が現況の交通に与える影響を考察し、さらにその影響を緩和するための施策を考察することを目的とする。



図 1 万博会場の位置

(OpenStreetMap[openstreetmap.org])

関連研究 マルチエージェントシミュレーション 交通政策を評価する際には、実世界では観測不可能な現象をコンピュータ上で疑似再現するシミュレーションを利用することも多い。シミュレーションを用いることによって将来の状況に対して定量的に評価できることに加え、可視化によって定性的な状況の把握も可能になる。本研究で扱うマルチエージェントシミュレーション(以下、MAS とする)はシミュレーションの一種であり、一定のルール・行動原則に従う自律的な行動主体がコンピュータ上で同時に行動を行い、その相互作用によって生

まれる系全体の動きを分析するものである。このような性格から、現実社会の人間の行動規範の多様性や情報の局在性をうまく再現できる点が強みである。

本研究ではアクティビティベース交通系シミュレーションの中でも著名な MATSim を用いる。MATSim[2]は TU Berlin と ETH Zurich 開発されたオープンソースシミュレーションである。オープンソースであり現在も十分にメンテナンスがなされていることから、本研究ではこれを採用する。

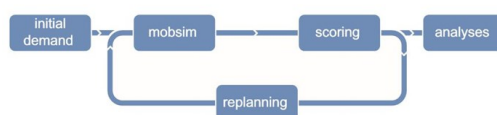


図 2 MATSim の計算フロー

本研究では、エージェントの移動手段は徒歩、自動車、公共交通(鉄道のみ)、シャトルバスを設定し、計算を行う。

構築 関西圏のデータとその処理

前章で説明した MATSim によるシミュレーションを行うために、入力データを作成した。入力データは①人や各種車両が動く交通網(Network)、②バス・電車などの車両の容量・長さ・速度などの情報(Transit Vehicle)、③バス・電車のダイヤグラム(Transit Schedule)、④エージェントの初期移動計画(plan)と⑤ファイル群のパスや計算の設定(config)の5つである。①交通網のデータではグラフ理論の木構造同様の形でエージェントの移動できるフィールドを定義する必要がある。今回の入力データでは国土交通省が提供する鉄道時系列データを加工して駅をノード、駅間をエッジとした。②車両情報③ダイヤグラムは各鉄道会社、メーカーが公表している数値や時刻表から作成をしたほかに、2章で述べた大

阪メトロ中央線の延伸と特別な輸送計画を反映した。鉄道ダイヤは追加料金が発生する特急を除き、優等列車も含めている。利用者が少ない路線に関しては路線の起点から終点まで運行する設定であるが、利用者の多い路線では途中駅が起点や終点となる運行方法も設定した。④移動計画 ファイルは H27 大都市交通センサスから作成した。

性能評価 現況・万博時シミュレーションの結果

まず初めに、両シナリオ上での移動不可能になったエージェントの数を下表にまとめた。下表でセンサスから生成したエージェントで動けなくなったものが存在する理由は、端駅から端駅で自動生成した路線で十分な量の電車が走っていないために本来なら乗れたはずの電車に乗れなかったり、時間内に行動が終わらなかったりするものが存在するためである。また、この数が万博シナリオにおいて増加した原因は、地元来場者によってそのような路線への乗車率が高まり、より積み残しが発生するようになったためと考えられる。

	通常シナリオ	万博シナリオ
センサス	546	570
前泊者	-	0
新幹線	-	0
地元	-	40
合計	546	610

表 1 移動不可能なエージェント数の変化

表 2 より、JR 線との乗り換え需要がある弁天町駅、大阪-梅田と需要の発生地として新大阪駅の利用者が顕著に増えていることが確認された。

	弁天町	夢洲	大阪	新大阪	本町
利用エージェント数 (体)	5486	3936	3745	1455	1160
待機時間 (秒)	1192493	235948	1299890	480605	72477
一体あたり待機時間	217.3702	59.94614	347.1001	330.3127	62.48017

表 2 万博来場エージェントが使用した駅と各駅での待機時間

提案 シャトルバス運行の考察

万博時に発生する移動需要の発生を抑えるための手段として、夢洲と特定の駅の間でシャトルバスをピストン輸送させることで、鉄道の需要を緩和することが考えられる。そのうえで、必要なバスの台数をなるべく小さくしたうえで、最大限人を運べるような運び方を考える。

「バスの台数をなるべく小さくしたうえで最大限人を運べるような運び方」問題の目的関数は乗客数 Y , バスの定員 α , 必要なバスの総数 M , 輸送目的地 i と会場間の移動にかかる時間 (往復) T_i , i に向かって一時間に発車するバスの本数 x_i を用いて、

$$\max Y = \alpha \sum x_i \quad s.t. \quad \min M = \sum T_i x_i$$

となる。

これをそれぞれ桜島、弁天町、大阪、新大阪を想定して解を求めると

($x_{桜島}$, $x_{弁天町}$, $x_{大阪}$, $x_{新大阪}$) = (33, 28, 30, 29) が導かれた。

実験結果と議論 シャトルバスの運用効果の測定

表 3 移動不可能なエージェント数の変化

	万博シナリオ	シャトルバス:	シャトルバスシナリオでは、通常時の
センサス	570	456	リオでは、通常時の
前泊者	0	55	大阪都市圏の移動
新幹線	0	270	需要由来のエージェ
地元	40	464	ントの移動不可能数は減少したが、夢洲
合計	610	1245	に向かうエージェントの移動不可能数は大幅に増加した。これは表 17 にも示すように、多くの万博エージェントがシャトルバスの利用に切り替えたことで、通常時の大阪都市圏の移動需要にかかる負担が減少したことが要因であると考えられる。一方で

需要由来のエージェントの移動不可能数は減少したが、夢洲に向かうエージェントの移動不可能数は大幅に増加した。これは表 17 にも示すように、多くの万博エージェントがシャトルバスの利用に切り替えたことで、通常時の大阪都市圏の移動需要にかかる負担が減少したことが要因であると考えられる。一方で

表 17 に示すように、シャトルバスの台数が十分でない（特に夢洲-大阪 間）ことによってシャトルバスを待機したまま、もしくは本来の滞在時間との兼ね合いで帰宅ができなくなりシミュレーション時間の終了を迎えてしまったエージェントが発生していることが確認された。

また、表 4 より新大阪・大阪シャトルバスの利用者は十分なものの桜島・弁天町の間を往復するバスは 10 エージェント以下の利用にとどまり、ほとんど利用されていない。

表 4 各駅から夢洲に向かうバスの利用エージェント数

桜島	新大阪	大阪	弁天町
10	753	725	0

結論

本研究では 2025 年開催予定の万博の交通に対して、その影響を緩和するための施策を提案し、効果の検証を行うことを目的とした。そのために、大阪万博において公表されている輸送計画の数値を会場の持つ地理的特性を含めて再度検討した。次に、株式会社駅探提供のデータと各機関の公表するデータを加工し、アクティビティベースシミュレータ MATSim を利用するために必要な形に整形した。最後に、シミュレーションの結果を踏まえて最適なバスの運行方法を提案し、その効果の検証をさらに MATSim を用いて行った。本論文での実験および考察において得られた知見を以下に示す。

- シャトルバスの適切な運用によって万博の持つ関西圏の交通網への負の外部性を軽減しうる。
- 需要の大規模発生地への直接の運行は

効果的であるが、乗り換えによって混雑が生じる駅や迂回ルートでの時間短縮を図る駅は効果的でない可能性があり、適切なインセンティブの設計が必要である。

また、本研究の限界としては以下があげられる。

- 一部路線においては列車の運行本数が現実の本数よりも少なくなっており、そのために移動困難になっているエージェントが存在する。
- 計算量を減らすためにエージェントの数を 1/40 に圧縮しているが、それにより需要の少ない交通への影響が考慮されていない可能性がある。

これらを踏まえて今後の研究では、

- このような大都市圏でのエージェントベースシミュレーションで、選択モデルの中に料金項を入れ適切に料金設定を組み込むこと。
- 乗換駅へのシャトルバスの乗車にインセンティブを付けたうえでのシミュレーション。

に取り組むことを考えたい。

<参考文献>

- [1] 経済産業省, “2025年国際博覧会検討会の 会場計画等の検証,” 2017. [Online]. Available: https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/shoryu/hakurankai/pdf/02_07_00.pdf.
- [2] A. Horni, K. Nagel, and K. W. Axhausen, *The Multi-Agent Transport Simulation Title of Book: The Multi-Agent Transport Simulation MATSim Subtitle positioned below*.