

アクティビティベースシミュレータ MATSIMの東京都市圏への適用

三谷 卓摩¹・Thaithatkul Phathinan²・日下部 貴彦³

¹正会員 東京大学空間情報科学研究センター特任助教 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)
E-mail: mitani@csis.u-tokyo.ac.jp

²正会員 東京大学空間情報科学研究センター特任研究員 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)
E-mail: t.phathinan@csis.u-tokyo.ac.jp

³正会員 東京大学空間情報科学研究センター講師 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)
E-mail: t.kusakabe@csis.u-tokyo.ac.jp

本研究では、アクティビティベースのシミュレータMATSIMを用いることで、シナリオに基づく行動の変化を東京都市圏を対象に示すことができた。具体的には、東京都市圏パーソントリップデータからアクティビティベースの行動データを作成し、アクティビティベースのシミュレータであるMATSIMを用いることで、道路および鉄道ネットワークを考慮した東京都市圏への適用を行った。さらに、駅前勤務(SOHO)や定時退社といったアクティビティ変化が見込まれる施策シナリオを設定した場合のシミュレーションの挙動を確認した。

Key Words : Activity-Based, Multi-Agent Simulation, Person Trip Survey, Big Data

1. はじめに

行動、サービス、社会・インフラ基盤に関する各種ビッグデータが利用可能となり、IoTの普及による双方向性も現実的になってきている。また、近年ではAirbnb, Uberやカーシェアリング等に代表されるような情報基盤をもとに既存の設備等のインフラをより効率的に使うことができる手段も増えてきており、このような仕組みを織り込んだ都市・交通システムやインフラ計画の構築が求められつつある。このような、個人人の動きが必要となるシステムを構築するための計画情報基盤には、

- ・ 個人レベルのアクティビティを利用して、ビッグデータを効率的に処理することにより、細かなセグメンテーションやアクティビティベースの評価
- ・ はやいデータサイクル(双方向)への対応。PTが10年毎であるのに対して、数か月、数日spanでシームレスに実行可能
- ・ ステークホルダー間の知識共有

といった要件を満たす必要があると考えられる。その第一歩として、本研究では東京都市圏パーソントリップデータからアクティビティベースの行動データを作成し、アクティビティベースのシミュレータであるMATSIMを用いることで、道路および鉄道ネットワークを考慮した東京都市圏への適用を行っ

た。さらに、駅前勤務(SOHO)や定時退社といったアクティビティ変化が見込まれる施策シナリオを設定した場合のシミュレーションの挙動を確認した。

2. MATSIM の概要

MATSIM¹⁾は、TU Berlin と ETH Zurichでオープンソースにより開発されたマルチエージェント型の交通シミュレーションモデルである。図-1にMATSIMの計算フローを示す。①効用 S_{plan} を評価指標として、②人の1日単位の観測されたスケジュールをベースに、③アクティビティと移動からなる効用値(scoring)が大きくなるように場所や継続時間、時間帯などの値を探索しながら、収束するまで繰り返し(replanning)計算することで、シミュレーションを実行する。主な入力データ(initial demand)は、行動データ、各交通手段のネットワークとスケジュール、モデルのパラメータとなっており、アクティビティの種類も設定することができる。本研究では、交通手段は、徒歩、自動車、公共交通(鉄道のみ)を設定し、計算を行う。

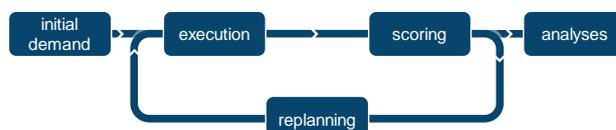


図-1 MATSIM の計算フロー ※2)より転載

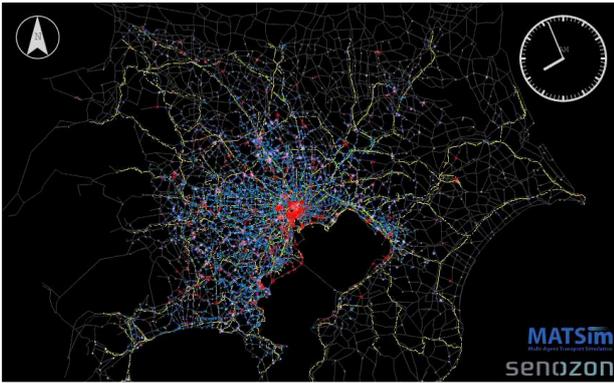


図-2 アクティビティの発生状況

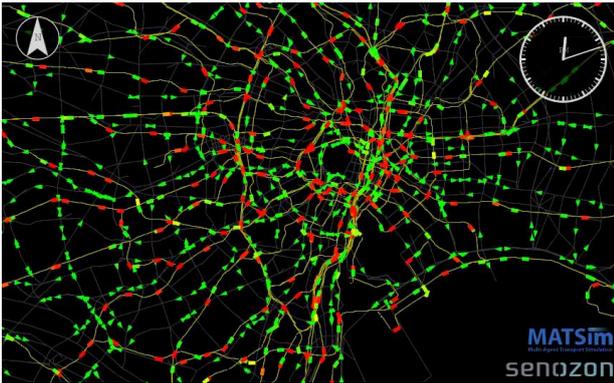


図-3 鉄道と自動車の移動状況

さらに、MATSIMではシミュレーションの実行結果は、可視化ツールにより、アニメーションによって、表現可能である。図-2にアクティビティの発生状況を示す。個人の活動場所ごとにアクティビティの種類を踏まえた色付けをして表示される。図-3に鉄道車両と自動車の移動状況を示す。設定したダイヤに合わせて運行している車両の状況や、自動車による移動の状況を確認することが可能である。

3. 東京都市圏への適用

前章で説明したMATSIMによるシミュレーションを実行するために、東京都市圏パーソントリップデータから作成したアクティビティベースの行動データ、道路および鉄道ネットワークを考慮した交通手段データを組み合わせることで東京都市圏への適用を行う。さらに、シナリオの導入について検証するため、シナリオを設定し、その結果についての考察も行う。

(1) 適用条件

表-1に適用条件を示す。対象地域は、東京都市圏である。東京都市圏は、東京都市圏パーソントリップ調査をしている東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部の一部の238市区町村を対象とする。シミュレーションの対象時間は、平日の午前4時から翌日の午前4時までの24時間である。

表-1 適用条件

対象地域	東京都市圏 (東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部の一部)
対象時間	平日の午前4時から 翌日の午前4時までの24時間
行動データ	<ul style="list-style-type: none"> ■第5回東京都市圏パーソントリップ (調査時期：平成20年10月から11月) ・Sim対象人数：578849 ・アクティビティ (データ形式：個人ID, 開始時刻, 終了時刻, タイプ, 活動場所) ・アクティビティの種類 (Home, Work, Business, School, Leisure, Shopping, Other, Trip) ※移動目的より類推 ・トリップ (データ形式：個人ID, 出発時刻, 到着時刻, 出発地, 到着地, 交通手段) ・活動場所 小ゾーン:238市区町村 1682ゾーン
入力データ	<ul style="list-style-type: none"> ■公共交通 (鉄道のみ) ・鉄道ネットワーク (Node: 45621, Link: 90999, 駅: 1985, 路線: 131) ・ダイヤ: 全路線共通 5分単位 ・運行時間帯: 6時から24時 ・列車種別: 普通のみ ・車両: 全路線共通 1編成 900人 ■自動車 ・道路ネットワーク (Node: 19209, Link: 45670, 容量&速度: QV条件) ※幹線道路のみ ■徒歩 道路ネットワーク上を移動
交通手段	
パラメータ	MATSIMのデフォルト値を使用

表-2 シナリオ設定

		終業時刻	通勤先
シナリオ	シナリオなし (Plan A)	変更なし	変更なし
	定時退社 (Plan B)	就業者の50%が17時退社	変更なし
	SOHO (Plan C)	変更なし	就業者の50%が最寄駅に出勤

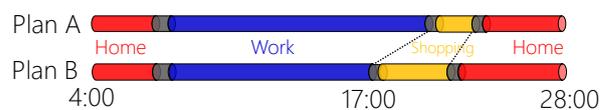


図-4 定時退社(Plan B)の例

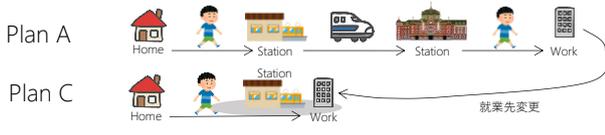


図-5 SOHO(Plan C)の例

つぎに、入力データは、行動データと交通手段データ、モデルパラメータの3つを用いる。行動データは、東京都市圏パーソントリップデータから作成したアクティビティベースの行動データを用いる。計算対象人数は、578,849人で、1日のうちで移動があるもの、小ゾーン単位で活動場所が把握できるものに限定する。アクティビティの種類は、移動目的から類推を行い、Home, Work, Business, School, Shopping, Leisure, Other, Tripの8種類に分類したものをを用いる。活動場所は、パーソントリップ調査の小ゾーンを対象とし、238市区町村1,682ゾーンに分類されている。交通手段は、公共交通、自動車、徒歩を対象とする。公共交通は、東京都市圏の鉄道ネットワークを対象とし、駅数は1,985、路線数は131とする。鉄道ダイヤは、快速や急行などの列車種別の設定はなく、すべての車両は路線の起点から終点まで運行する。さらに、運行時間帯は6時から24時、運行頻度は5分間隔に設定する。車両定員についても、すべての車両について同一の条件を設定し、一編成あたり900名とする。自動車は、幹線道路を対象にした道路ネットワークを設定し、Linkは45,621、Nodeは90,999とする。Linkの属性は、QV条件をもとに自由流速度と容量を設定している。さいごに、モデルのパラメータは、東京都市圏に対応したパラメータの推定はおこなっておらず、MATSIMの初期値を利用する。

以上の適用条件を踏まえてシミュレーションを実行しているが、今回の行動データはパーソントリップのサンプルデータであり、現況再現を行うための拡大推計を行っていない。そのため、実際には発生する自動車や鉄道の混雑による遅延が発生しない。また、活動場所は、パーソントリップで実際に活動した場所のみであり、目的地の選択肢集合を考慮した目的地選択モデルが反映されていない点に注意されたい。

(2) シナリオ設定

都市での活動の変化をもたらす施策がどのようなインパクトがあるかについて評価を行うことができるかどうかを検討するために、以下に示される施策シナリオのもとシミュレーションを実施した。表-2にシナリオ設定を、図-4に定時退社(Plan B)の例を、図-5にSOHO (Plan C)の例を示す。シナリオは、働き世代を対象にしたソフト施策の実施例として2つ導入する。具体的には、Plan Aは適用条件に基づいて計算したシナリオがないもの、Plan Bは定時退社を想定して、就業者の50%が17時に退社するとしたもの、Plan CはSOHOを想定して、就業者の50%の職場を自宅の最寄駅に周辺に変更したものとする。

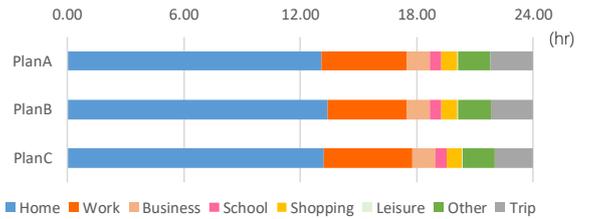


図-6 シナリオ別アクティビティ別活動時間

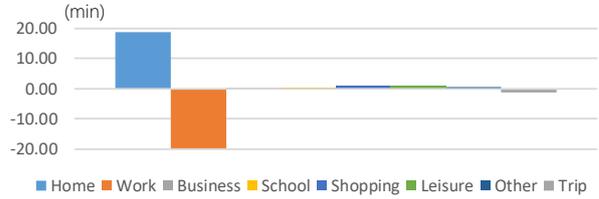


図-7 Plan Bによるアクティビティ別活動時間の増減

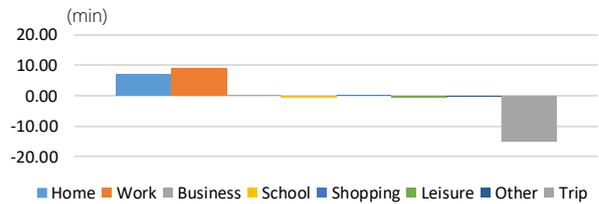


図-8 Plan Cによるアクティビティ別活動時間の増減

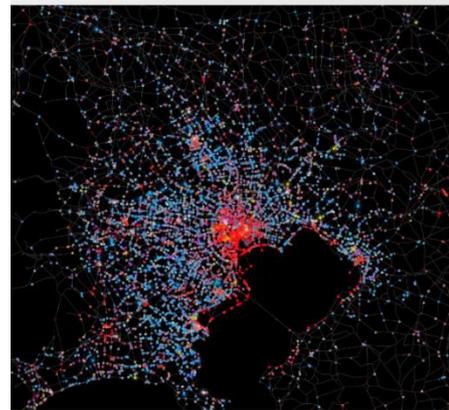


図-9 シナリオなし(Plan A)の場合 17:30時点のアクティビティの状況



図-10 終業時刻を 17:00にした場合(Plan C) 17:30時点のアクティビティの状況

(3) シナリオによるアクティビティの時間変化

各種のシナリオ設定での試行を行うことで、MATSIMのシミュレーションモデルによって、どのような行動変化を起こすエージェントがいるのかについて考察を行い、シミュレーションモデルの挙動について確認する。図-6にシナリオ別アクティビティ別の活動時間を示す。この図で示す活動時間は個人の活動ではなく、対象者全体の平均活動時間であり、合計は24時間で表す。アクティビティの種類による活動時間を比較すると、シナリオの違いによる変化がわかりづらい結果となった。そこで、シナリオなしのPlan Aの場合とシナリオを実施する場合の活動時間の増減により考察を行う。

図-7にPlan Bによるアクティビティ別活動時間の増減を示す。定時退社により勤務時間が減少しその分、自宅での活動時間が増加していることがわかる。自宅での活動時間の増加自体は望ましい結果となったが、買物やレジャー時間の増加には、つながらない結果となった。これは、MATSIMでは、仕事時間減少による空き時間に対して、新たなアクティビティを発生させることがないため、仕事直後の活動の時間のみが増加しているためと考えられる。通常、仕事直後の活動は、帰宅後の自宅での活動が多くなっている。

図-8にPlan Cによるアクティビティ別活動時間の増減を示す。就業地を変更した結果、トリップによる移動時間が減少し、その分、自宅での活動時間や勤務時間が増加していることがわかる。当初の想定では、Plan B同様に、トリップ時間の減少が買物やレジャー時間の増加につながるを想定していたが、勤務時間が増加する結果となった。これは、MATSIMでは、入力した活動の終了時刻を基準にして、つぎの移動の開始時刻を決定する。そのため、就業地が近くなったことによる朝の通勤時間の削減効果は、仕事開始時刻が前倒しになったものとみなされ、その結果、仕事時間が増加したのものと考えられる。

(4) シナリオによるアクティビティの空間変化

空間的なアクティビティの広がりについて考察を行う。図-9にシナリオなし(Plan A)の場合を、図-10に終業時刻を17:00にした場合(Plan C)の17:30時点の様子を示す。色はアクティビティの種類の違いを表しており、赤色は工作中(Work)であることを示している。終業時刻を17:00に変更したPlan Cでは、赤色の領域が少ないことから、定時退社により、勤務時間を別の外での活動や自宅での時間にあてている様子を確認することができる。ただし、MATSIMのシミュレーションでは、活動場所が道路ネットワークの交差点(Node)のみに限定されている。

4. まとめ

本研究では、アクティビティベースのシミュレータMATSIMを用いて、東京都市圏への適用を行った。さらに、駅前勤務(SOHO)や定時退社といったシナリオを設定し、行動の変化を予測した。その結果、得られたMATSIMの性質とその対策について以下にまとめる。

- 仕事時間減少による空き時間に対して、新たなアクティビティを発生させることができないうことから、生成可能なアクティビティについては、あらかじめ選択肢集合に設定しておく。
- 入力した活動の終了時刻を基準にして、つぎの移動の開始時刻を決定する方法だけでなく、アクティビティの継続時間を考慮することで、活動と移動時間の配分が可能なものにする。
- 活動場所が道路ネットワークの交差点(Node)のみに限定されていることから、幹線道路だけでなく、DRMなど詳細な道路ネットワーク利用し、シミュレーションを行う。

さらに、今後は、以下に示すようないくつかの課題について、取り組むことも考えたい。

- 都市圏全体の計算は困難であることが想定されるため、一部地域を対象とした拡大推計とシミュレーションを行うこと
- 携帯電話のロケーションデータを用いることで、動的なアクティビティデータとして用いること
- 施設情報に関するデータを入力データとし、目的地選択モデルを含めること
- シナリオとして、交通手段のシェアリングなどの導入事例に対応可能なモデルにすること

謝辞：本研究の実施にあたり、国土交通省から「東京都市圏パーソントリップ調査に係る調査票情報」を提供していただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Balmer, M., K. Meister, M. Rieser, K. Nagel and K.W. Axhausen: Agent-based simulation of travel demand: Structure and computational performance of MATSim-T, paper 2nd TRB Conference on Innovations in Travel Modeling, 2008.
- 2) Horni, A., K. Nagel and K. W. Axhausen: The Multi-Agent Transport Simulation MATSim, Ubiquity Press, 2016.