

観測データの融合による アクティビティシミュレーションの更新手法

澤田 茜¹・佐々木 邦明²

¹学生会員 山梨大学大学院 医工農学総合教育部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

E-mail:g16tc003@yamanashi.ac.jp

²正会員 山梨大学教授 大学院総合研究部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

E-mail:sasaki@yamanashi.ac.jp

本研究の目的は、一日の活動を再現しトリップの連関性を考慮できるアクティビティシミュレーションと、近年その種類と量が飛躍的に増加している交通状態の直接・間接の観測データを用いて、低コストでより精度の高い政策評価や需要予測を可能とする推計手法の提案を行うことである。活動や移動の連関を考慮できるアクティビティシミュレーションシステムの構築を行い、この予測を改善するために観測データの滞在人数分布を状態変数としてフィルタリングを行うことにより、状態変数の改善の可能性が示されている。本研究では、この改善された状態変数を用いてアクティビティシミュレーションの代替定数項として推定し、これをシミュレーションに導入することにより精度向上が確認でき、観測データが得られる度に予測更新の可能性を示した。

Key Words: activity micro simulation, data assimilation, state-space model

1. はじめに

近年、政策などをよりミクロに質的評価することが求められており、個人の移動や移動の変化についてより詳細に把握する必要性が高まっている。そこで本研究では、アクティビティシミュレーションによる個人の生活パターンの予測の精度を、観測データと融合することで改善することを提案・検証することを目的とする。著者らによる既存研究¹⁾では、ツアーベースのモデルを用いて予測を行い、目的地選択の精度の課題を確認している。その後、観測データをモデルによる予測に融合する手法としてデータ同化を用い、滞在人数分布を状態変数として個人の再配置を行い、再現性の向上が確認されている。ここで、個人を再配置した状態から次期の予測を行うことが望ましいが、アクティビティシミュレーターに再配置の情報がフィードバックされておらず、そのままでは再配置の情報と関係なくシミュレーションが行われる。そこで、再配置した情報をアクティビティシミュレーターに反映させるために目的地モデルを再配置に合わせることを望ましい。

またビッグデータ等はICTによって観測されるため、継続的な観測が可能である。一方、アクティビティモデ

ル等に用いる変数の更新頻度はそれほど高くなく、土地利用等の変化の激しい変数については、実態と合わなくなっている可能性もある。そのために、ICT等によって計測されるデータと予測の誤差はこれらによっても生じている。ICTによる継続観測をモデルに反映することは、これらの誤差についても考慮できることを意味する。

そこで、本研究では、行動モデルの行動パラメータを固定したまま、誤差の期待値である定数項を再推定し、更新した定数項を用いたアクティビティシミュレーションを行うことで、ICT等によって計測された情報をもとに同化したシミュレーションを次期の予測のベースとすることを提案し、その精度検証を目的とする。

2. 研究の位置付け

既存研究²⁾において、ツアーベースの行動モデルを用いてシミュレーションにより滞在人数分布を推計し、新たにモバイル空間統計を観測データとして用いながら、データ同化を行っている。ここでは、パーティクルフィルタの枠組みにより、滞在人数分布の補正を行っている。この結果、再現性が向上していると確認されたため、本

研究ではこの補正された滞在人数分布を用い、代替定数項を推定し、アクティビティシミュレーションの更新手法を提案したいと考える。

各モデルやシミュレーション内容や詳しい推定結果は既存研究³⁾を確認して欲しい。

3. 事例研究

(1) 分析対象データ

モデルの構築，分析に用いたデータは以下の通りである。

a) 東京都市圏パーソントリップ調査

平成20年に行われた第5回東京都市圏パーソントリップ調査の全サンプル数は73万3873人である。調査の対象地域は、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部（東京都島嶼部を除く）である。本研究では、計算の付加を低減するため、東京都市圏全域に居住する人で、都心三区（港区、千代田区、中央区）を一度でもトリップの目的地にした個人を抽出して分析を行った。モデルに用いた最終的なサンプル数は4万8683人となった。

この調査を用いて、ツアーベースの行動モデルを構築し、マイクロシミュレーションを行った。滞在人数を推定した時刻、ゾーンは表-2と図-1の4つの時間帯、都心三区14ゾーンである。この区分での滞在人数を状態変数として推定を行っている。

b) モバイル空間統計データ²⁾

シミュレーションモデルの観測データとして、モバイル空間統計データを利用する。モバイル空間統計データは、ドコモインサイトマーケティング社が提供するNTTドコモの携帯電話基地局データを使用して作成される人口の統計情報である。モバイル空間統計は、非識別化処理、集計処理、秘匿処理、の3段階のプロセスを経て作成される。運用データからのモバイル空間統計の集計処理は、以下の3段階の推計プロセスから構成される。

① 在圏数推計処理

非識別化された運用データに基づき、運用データのばらつきなどを考慮しつつ、基地局エリアごとの携帯電話の在圏数を推計する。

② 拡大推計処理

在圏数推計処理の結果である基地局エリアごとの携帯電話の在圏数に基づき、ドコモ携帯電話の普及率や偏りや携帯電話の電源断の影響などを考慮しつつ、基地局エリアごとの人口へと拡大推計する。

③ エリア変換処理

拡大推計処理の結果である基地局エリアごとの人口に基づき、基地局エリア単位に推計された人口をメッシュや行政区画単位など、応用分野で活用しやすい集計単位へと変換する。

表-1 モバイル空間統計データ概要

対象地域	港区, 千代田区, 中央区
対象期間	平成26年 10月6日(月)～10日(金) 14日(火)～17日(金) 20日(月)～24日(金) 27日(月)
時間区分	1時間ごとに観測
データ概要	対象期間の時間帯別平均値

表-2 時間区分の定義

時間区分	
午前ピーク	(AM 6:30～AM 9:29)
日中	(AM 9:30～PM 3:59)
午後ピーク	(PM 4:00～PM 6:59)
その他	(PM 7:00～AM 6:29)

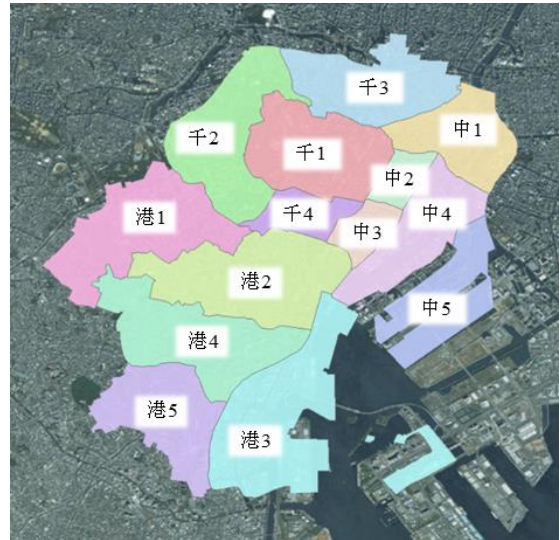


図-1 対象ゾーン

本研究で利用するデータは、500mメッシュ単位の都心三区の人口流入分析である。

(2) 状態空間モデルの枠組み

構築されたツアーベースの非集計モデルを用いてシミュレーションによる予測を行った場合に、様々な変数が状態変数として定義可能である。特にICTによる観測は時系列的に繰り返し観測が可能であることが特色であり、それに応じた観測データに同化することによって状態の予測精度が改善されると考えられる³⁾。そこで本研究では、そのような観測に対応可能な状態空間モデルの枠組みを採用する。状態空間モデルは図-2に示すような状態ベクトル x_t と観測ベクトル y_t から構成される。時刻 t における状態ベクトル x_t は、直接観測できない、または推定したい変数のベクトルである。観測ベクトル y_t は、状

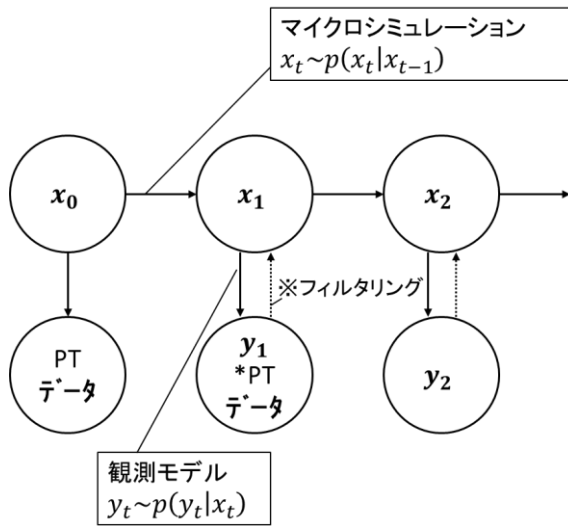


図-2 モデルのフレーム

状態変数の観測である。本研究では、状態ベクトル x_t をシミュレーションにより得られた滞在人数分布を、計算負荷を低減するために1次元の分布として用いる。観測ベクトル y_t を同じく1次元の滞在人数観測データとする。時刻 t は新たな観測データを得る間隔や予測を行う間隔とした、観測データや予測時期に応じて随時更新する逐次型のアルゴリズムである。大枠での流れは以下の通りである（図-2参照）。

1. PT調査データを時点 $t = 0$ として、この期の滞在人数分布をツアーベースモデルを用いてパラメータの推定を行う。
2. 時点1のLOSを用いたモンテカルロマイクロシミュレーションを行い、時点1の滞在人数分布を求め、それを状態ベクトル x_1 （予測滞在人数分布）とする。
3. 時刻1における観測ベクトル y_1 を得ることができたら、この滞在人数分布を用いたフィルタリングを行い、状態 x_1' を推定する。
4. 新たに推定した状態 x_1' に対応するパラメータを求め、それをを用いた次期の状態を再度モンテカルロシミュレーションにより予測し、次期の予測分布 x_2 を得る。

これを繰り返すことによって、新たな観測データが得られた場合に、その情報を用いて新たな状態を推定し、それを次期の予測に用いる。このように新たな交通状態に関する観測データを活用することで、滞在人数分布の予測精度の改善を図る。

次項では上記4番の通り状態 x_1' に対応するパラメータを求め、再度シミュレーションによる予測を行うことを検証する。

(3) シミュレーション更新のための代替定数項の推定

次にデータ同化により更新された状態を反映するために、目的地選択の定数項の再推定を行った。推定方法は、リサンプリングされた個人をサンプルとした目的地選択の最尤推定である。ここでは、目的地別のシェアがモバイル空間統計に合わせて再配置されている。その結果を目的地選択結果として再推定を行った。優れたパラメータのみを残して他は0に固定した。定数項等の推定結果は表-3の通りである。

その後推定した代替定数項をアクティビティシミュレーションに導入することで、更新シミュレーションとした。これは図-2のモデルフレームで示される x_1 と x_2 の間のシミュレーションである。

この更新シミュレーションによる結果を図-3～図-6に示す。元々のシミュレーションではゾーンごとのばらつきを表現できていなかったが、更新シミュレーションでは観測データの滞在人数分布に近い滞在人数分布を得ることができた。表-4に観測データ滞在人数分布と比較したRMSEを示した。更新シミュレーションの滞在人数分布の精度が上がっていることが確認できた。

定数項を入れずに推定を行うよりも、平成26年の観測データを用いて代替定数項を推定し、更新シミュレーションを行うことで平成26年の分布に近くなった。また、平成27年の観測データを用いて定数項を推定し、更新シミュレーションを行うことで、平成26年の定数項を用いるよりも平成28年の予測精度を上げることができると考えられる。観測データが得られる度に定数項で更新を行うことで短中期的な予測の改善することができる。今後次の期の予測と更新を繰り返し推計していきたい。

表-3 代替定数項推定結果

	パラメータ	t値
$\beta_{\text{ゾーン5}}$	-0.0772	-34.19
$\beta_{\text{ゾーン6}}$	-0.279	-87.42
$\beta_{\text{ゾーン7}}$	-0.728	-241.08
$\beta_{\text{ゾーン8}}$	-0.174	-68.21
$\beta_{\text{ゾーン9}}$	-0.204	-83.98
$\beta_{\text{ゾーン10}}$	0.244	142.14
$\beta_{\text{ゾーン11}}$	0.427	226.58
$\beta_{\text{ゾーン12}}$	0.357	211.71
$\beta_{\text{ゾーン13}}$	0.126	65.22
$\beta_{\text{ゾーン14}}$	0.349	79.42
ログサム	0.868	63.98
決定係数	0.011	

表-4 RMSE比較（一日全体）

シミュレーション	更新シミュレーション
46520.54	23604.09

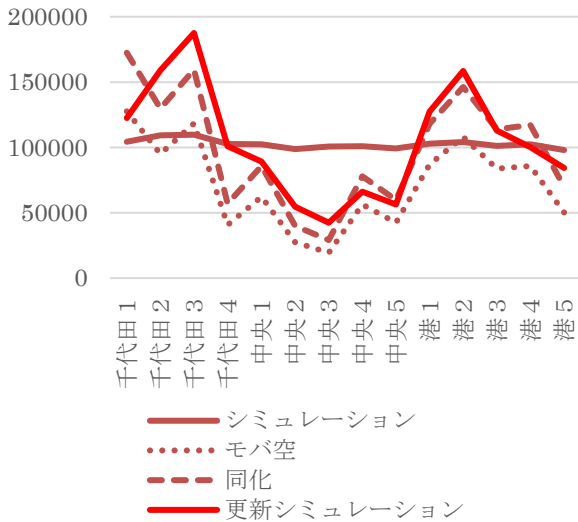


図-3 更新シミュレーション結果（午前ピーク）

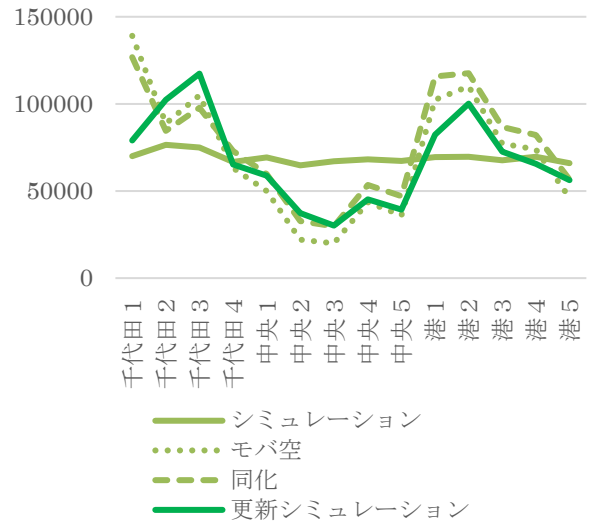


図-6 更新シミュレーション結果（その他）

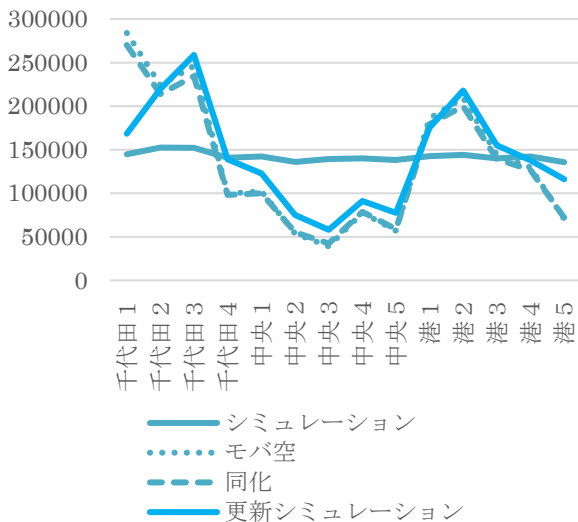


図-4 更新シミュレーション結果（日中）

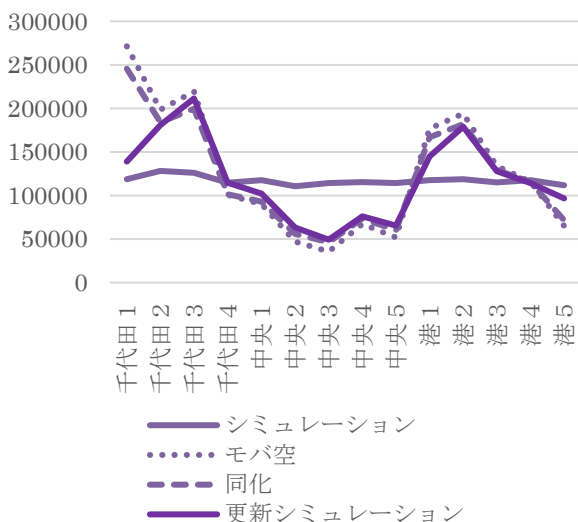


図-5 更新シミュレーション結果（午後ピーク）

4. おわりに

本研究では、アクティビティシミュレーションの更新手法の提案を行った。同化結果を用いて代替定数項を推定し、シミュレーションへ導入することで、シミュレーションの更新を行った。この結果元々のシミュレーションで精度の悪かった目的地選択の精度を改善し、シミュレーションによる滞在人数分布を大幅に更新することが示された。

観測データの変化はLOSや土地利用の変化が反映されていると考えられているので、それらはシミュレーションでは誤差として扱われる。定数項は誤差項の期待値であるので、こういった変化も定数項を再推定することで妥当な結果を得ることができる。現状でLOSの更新はそれほど頻繁には行われていない、それに対して観測データは継続的に取得可能である。この利点を生かして、変数の非観測の変化に対応した予測が可能である。

よって定数項のみの更新で十分有益な情報が得られるため、この方法は簡便でかつビッグデータの活用として適切であると考えられる。

謝辞： 本研究は国土交通省「平成27年度、道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の委託研究で実施し、数多くの有益なアドバイスを頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 澤田茜, 川辺拓哉, 白須瑛紀, 佐々木邦明: アクティビティマイクロシミュレーションと観測データの融合による

- る需要予測手法, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol53, pp.2007-2015, 2016
- 2) 寺田雅之, 永田智大, 小林基成: モバイル空間統計における人口推計技術, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol.20 No.3
 - 3) 布施孝志, 佐々木邦明, 福田大輔, 菊池輝, 藤井涼, 福山祥代: 多様な観測データの活用による交通状態推定の一般フレーム, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol53, pp.56-01, 2016.
 - 4) J.L. Bowman and M.E. Ben-Akiva: Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules, *Transportation Research Part A* 35, pp.1-28, 2000.
 - 5) Bradley, M, J. L. Bowman and B. Griesenbeck. SACSIM: An applied activity-based model system with fine-level spatial and temporal resolution, *Journal of Choice Modeling*, Vol. 3 No. 1, 5-31, 2010.
 - 6) Mohamed Omer, Kuniaki Sasaki and Kazuo Nishii, Tour-based Travel Demand Modeling using Person Trip Data and its Application for Advanced Policies, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.17, pp.112-127, 2009.
 - 7) 鈴木宏典, 中辻隆: フィードバック原理に基づく交通状態推定手法を応用した高速道路上起終点旅行時間の推定, 土木学会論文集, No.695, pp.137-148, 2002.
 - 8) Yang, S., Kalpakis, K. and Biem, A.: An adaptive observation site selection strategy for road traffic data assimilation, *IWCTS '12*, pp.2-7, 2012.
 - 9) 長谷川瑤子, 関本義秀, 金杉 洋, 檜山 武浩: 同化手法を用いたスパースな携帯基地局情報に基づく人の移動推定, 交通工学研究発表会論文集, No.54, pp.321-328, 2014.
 - 10) 北村隆一, 森川高行, 佐々木邦明, 藤井聡, 山本俊行: 交通行動の分析とモデリング, 技報堂出版, pp.126-130, 2002.
 - 11) 杉木直, 宮本和明: 土地利用マイクロシミュレーションモデルにおける空間集計・主体集計の影響分析
 - 12) 矢野浩一: 粒子フィルタの基礎と応用: フィルタ・平滑化・パラメータ推定, 日本統計学会誌, 第 44 巻, 第 1 号, pp.189-216, 2014.
 - 13) 北川源四郎: モンテカルロ・フィルタおよび平滑化について, 統計数理, No.44, pp.31-48, 1996.

(????受付)

UPDATE METHOD OF ACTIVITY SIMULATION BY ASSIMILATE OF OBSERVATION DATA

Akane SAWADA, Kuniaki SASAKI