

アクティビティシミュレータ “東京都市圏 ACT” の開発と都市交通政策検討への活用

石井 良治¹・福田 大輔²・柳沼 秀樹³・日下部 貴彦⁴・茂木 渉¹
磯野 昂士¹・渋川 剛史⁵・末成 浩嗣⁵・西 隆太⁶・伊藤 祥太⁶

¹正会員 一般財団法人計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9）

E-mail: <rishi, wmogi, kisono>@ibs.or.jp

²正会員 東京大学教授 大学院工学系研究科社会基盤学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）

E-mail: fukuda@civil.t.u-tokyo.ac.jp

³正会員 東京理科大学准教授 理工学部土木工学科（〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641）

E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp

⁴正会員 東京大学特任准教授 大学院工学系研究科社会基盤学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）

E-mail: kusakabe@bin.t.u-tokyo.ac.jp

⁵正会員 株式会社福山コンサルタント（〒100-0033 東京都千代田区神田岩本町 4-14）

E-mail: <shibu, k.suenari>@fukuyamaconsul.co.jp

⁶非会員 株式会社ライテック（〒162-0826 東京都新宿区市谷船河原町 11 番地）

E-mail: <nishi, itou-s>@litec.co.jp

第 6 回東京都市圏パーソントリップ調査 (2018 年) では、過去 50 年に渡り増加していた総移動回数が初めて減少に転じたことが報告された。量的対応から質的対応への都市交通政策のシフトがより一層求められる状況になりつつあり、需要推計手法も、個人の行動パターンを適切に記述し、暮らし等の観点からの評価が行えることが重要となりつつある。本研究では、東京都市圏を対象に開発された多様な属性の個人の活動・移動が表現できるアクティビティベースモデルのシミュレータ（東京都市圏 ACT）の全体像を示す。その上でシミュレーションを適用した事例を示し、都市交通政策検討への活用可能性を考察する。

Key Words: activity-based model, tour and stop, microsimulation, travel survey

1. はじめに

第 6 回の東京都市圏パーソントリップ (PT) 調査¹⁾では、過去 50 年に渡り増加していた人の移動回数が初めて減少に転じたことが把握された。第 5 回調査までは量的な対応を重視して、四段階推定法等の都市交通政策の検討手法が用いられてきたが、今後は移動回数が減少していくことから、個人の活動・移動を支える観点で質的な変化を捉え都市交通政策を検討することがより重要になってきていると言える。つまり、人の移動をこれまでのように“集計した量”として捉えるだけでなく、“様々な属性の個人による活動・移動のパターン”として捉えることで、どんな人のどのような移動が暮らし等の負担となっているかを理解することが重要であり、需

要推計手法に関しても、そうした政策ニーズに対応して様々な属性の個人の行動パターンを表現できることが重要となる。

また、都市交通施策を巡る状況も変化してきており、近年は人口減少や高齢化による交通需要の変化や財政状況の逼迫、公共交通の担い手の減少等の問題が発生する中で、既存のインフラを利活用しながら、コミュニティサイクル、カーシェアリング、オンデマンド交通等の新たなモビリティサービスと連携し、持続可能な交通サービスをいかにして構築するのが重要となっている。さらにインフラの利活用においては、時間帯別料金等の交通需要マネジメント、個人への働きかけによるモビリティマネジメント等、特定の時間帯や個人にフォーカスした施策が増加すると考えられる。こうした施策実施に伴い、

どのように個人の行動が変化し、結果として都市全体の交通がどのように変化するかを適切に把握することが政策検討においても重要となる。

さらに近年、ICT の進展によりスマートフォンやリモートワークの普及等が進み、人々の行動パターンは急速に変化しつつある。関連して自動運転等の技術の進化は今後も加速し、行動パターンはさらに変化をする可能性がある。これらの外的要因は、どのようなタイミングでどのように人の移動や活動に影響を与えるのかを正確に知ることは難しいが、外力がもたらしうるリスクをシナリオ的に把握し、都市や交通としてどのように備えをしておくのかを考えておくことは重要である。

以上のような状況をふまえ、本研究では都市交通分野で一般的な交通需要推計手法として用いられている四段階推定法に代わり、様々な属性の個人の活動・移動が表現できるアクティビティベースモデル (ABM) によるシミュレータ“東京都市圏 ACT (T-ACT)”²³を開発し、都市交通政策の検討の実務への活用可能性を検討する。ABM の枠組を用いる意図は 2 つある。1 つ目は、多様な評価指標を出力できる点である。トリップ数等を属性毎に算出できるだけでなく、活動回数や移動時間等の指標、さらには活動パターン変化等も算出できるようになるため、より個人の暮らしに直結した評価を行いやすいと考えられる。2 つ目は、政策や外力がもたらす個人の行動変化をより適切に表現できる点である。例えば、リモートワークにより勤務先が変わることによる前後の活動パターンの変化や、ピーク課金によるオフピーク時間帯の行動変化等は従来のトリップベースの手法で表現することが難しい。1 日の個人の活動・移動を表現可能な ABM を適用することにより、これらの行動変化を適切に表現することが可能となる。

本稿では、東京都市圏において構築した T-ACT の全体像を示した上で、シミュレータの現況再現性の検証結果を照会する。また、ケーススタディとしてシミュレータを用いた 2040 年を想定したシナリオ分析結果を示し、都市交通政策検討への有用性を確認する。

2. ABM の実務適用に関する既往研究や事例の整理と本研究の位置づけ

日本の都市交通分野の実務における交通需要推計は四段階推定法が主に用いられてきた。例えば、東京都市圏 PT 調査の実施主体である東京都市圏交通計画協議会が第 5 回 PT 調査に付随してとりまとめた報告書⁴では、四

段階推定法を用いて将来のトリップ数や交通手段分担率を算出し、東京都市圏の課題と対応の方向性を検討している。また、国土交通省の交通政策審議会における東京圏における今後の都市鉄道のあり方の検討においても、四段階推定法による交通需要推計により、鉄道プロジェクトの整備効果を定量分析している⁵。

一方海外では、都市圏の都市交通政策検討の実務でも 2000 年代から ABM が適用されている。特にアメリカでは、ニューヨーク⁶、サクラメント⁷、シアトル⁸、アトランタ⁹等の各都市圏での適用が見られる。例えばニューヨークでは New York Best Practical Model (NYBPM) という都市圏独自のモデルを構築し、2002 年頃から都市圏の政策検討に活用し、定期的に更新している。NYBPM はツアー型のモデルとして構築されており、Regional Household Travel Survey (RHTS) と呼ばれる調査データの原単位やトリップ長分布、あるいは観測断面交通量に合わせるようヴァリデーションを行っている。また、サクラメントでも SACSIM という ABM を構築しており、区画単位 (都市圏 70 万区画) で行動を表現できるようにモデル化を行い、鉄道圏域の行動特性等を把握しながら政策検討に活用している。

日本における ABM の研究は、数十年にもわたり行われている。例えば 1990～2000 年代には生活行動シミュレータ (PCATS) の開発と活用の検討^{10,11}が行われてきた。近年では、例えば、Bowman and Ben-Akiva 型¹²のツアーモデルを澤田ら¹³が山梨都市圏を対象に構築している。また、亀谷ら¹⁴は Bowman and Ben-Akiva 型の ABM を東京都市圏の鉄道利用者を対象に構築して鉄道利用者の行動の再現している。山田ら^{15,16}では Bowman and Ben-Akiva 型の ABM を東京都市圏鉄道利用者を対象に構築し、駅改良事業や駅周辺再開発による効果分析を行っている。また、北村ら¹⁷は離散連続アプローチにより活動パターンと時間配分を同時に推計するモデル化を行っている。

このように、日本における ABM の適用は研究ベースを中心に進められてきたが、都市交通政策検討の実務のために、都市圏全体での人の活動・移動を推計した事例はない。そこで本研究では、東京都市圏に居住する人を対象に 1 日の活動・移動を推計する ABM である T-ACT の開発を行うと共に、将来の人口を推計するモデルや道路や鉄道の配分を行うモデルと連動させたシミュレータを開発し、都市交通政策検討への活用を行う。

3. シミュレータの概要

(1) シミュレータの全体像

開発したシミュレータは、人口推計、アクティビティベースモデル（ABM）、交通量配分の3サブモデルから構成される（図-1）。

人口推計モデルは ABM のインプットとなる各種属性（性別や年齢、就業形態、自動車保有等）が付与された個人データを推計するモデルである。

作成された個人データに ABM を適用することで、東京都市圏に居住する各個人の1日の活動・移動を推計する。この活動・移動データは、各個人の1日の一連のトリップが格納されたデータ（所謂、PT 調査のマスターデータに近いデータ）となっており、各トリップの出発地、到着地、出発時刻、到着時刻、目的、交通手段等の情報及び属性情報が付与されたデータとなっている。このデータを集計することで、従来の OD 交通量等の指標だけでなく、属性別の外出率や原単位等の個人の行動特性を評価することができる。

また、交通量配分と連動することで、従来の道路交通量等を行うことができるシミュレータとなっている。

(2) シミュレーション対象地域

シミュレーションの対象地域は、平成 30 年東京都市圏 PT 調査の調査対象地域（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部）である。

シミュレーションの空間解像度はゾーン単位であり、小ゾーンをベースとして、シミュレーション用に分割した詳細ゾーン（都市圏全体で 2,567 ゾーン）を用いた。

（表-1）

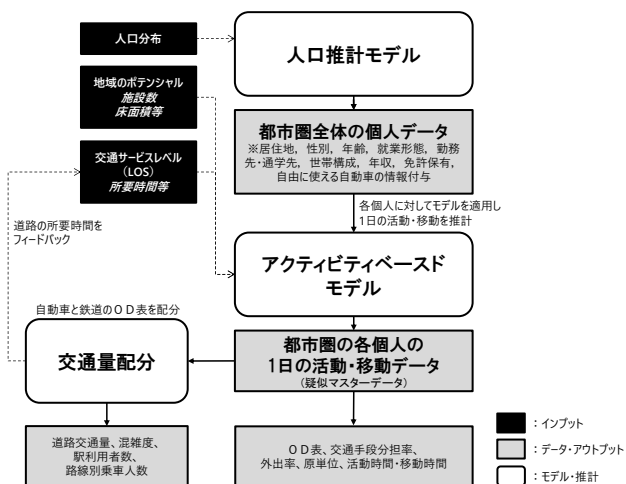


図-1 シミュレータの全体像

4. 人口推計モデル

人口推計モデルのアウトプットデータは、アクティビティシミュレータのインプットデータとなるため、個人に対して各種属性（居住地、性別、年齢、就業形態、勤務先・通学先、世帯構成、年収、免許保有、自由に使える自動車）が付与された個人データの推計を行う必要がある。そのため、図-2に示すフローで推計を行う。

まず、国立社会保障・人口問題研究所（社人研）の将来推計人口を基に、大規模開発を加味した夜間人口フレームを作成する。夜間人口に対して、労働力需給の推計（2018年度版）の将来就業率及び就学率を掛けることで、就業人口を算出し、就業人口に居住地別勤務先比率（現況の PT 調査より集計）を掛けることで、従業人口・従学人口の人口フレームを作成する。

その上で、作成した各人口フレーム及び社人研の将来世帯構成、コーホート法で推計した将来免許保有率と整合するように個人データを推計する。個人データの推計

表-1 地域別のゾーン数

都県市	大ゾーン	中ゾーン	計基ゾーン	小ゾーン	詳細ゾーン
東京都区部	7	23	115	265	493
東京都多摩	3	19	49	152	231
横浜市	5	18	70	182	243
川崎市	2	7	31	80	92
相模原市	1	3	23	43	52
神奈川県	8	15	44	204	263
さいたま市	1	10	32	58	70
埼玉県	10	21	86	259	415
千葉市	1	6	24	51	71
千葉県	9	18	89	260	483
茨城県	8	12	52	106	154
都市圏計	55	152	615	1,660	2,567

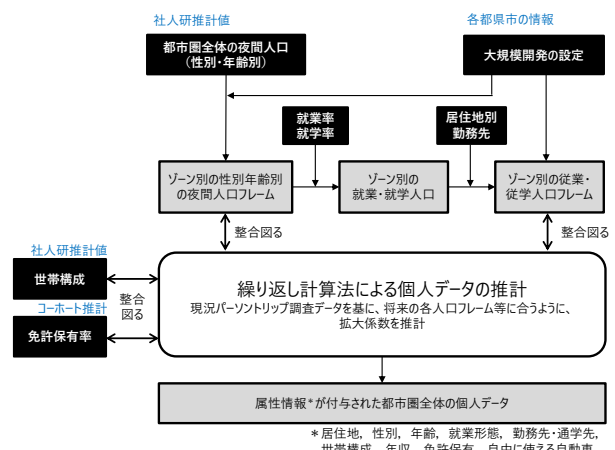


図-2 人口推計モデルの推計フロー

においては、IPF 法 (Iterative Proportional Fitting) を援用した繰り返し計算法を用いた。IPF 法は、標本データから複数属性の同時分布が得られており、さらに観測データから周辺分布が得られている場合に、周辺分布に一致するような同時分布を推計する手法である。今回は、現況の PT 調査データを同時分布として用い、各人口フレーム、世帯構成、免許保有率を周辺分布とすることで、将来の人口等と整合した個人データを推計した。なお、実際の計算においては IPF 法における更新方法を変更した繰り返し計算法を用いた。

5. アクティビティベースドモデル

(1) 個人の活動・移動の考え方

個人の 1 日の活動・移動を推計するにあたり、1 日の全体のスケジュールを踏まえながら、各行動を決める個人の意思決定メカニズムをモデル化する。例えば、働いている人は、おおよその勤務時間が決まっている状態で、朝にカフェで立ち寄りをするか、帰りに買物をして帰るか等の行動を決める、ということが想定される。

このような意思決定を表現するため、ツアーと立ち寄りという概念を用いて、ツアーが先に決定され、残りの時間内で立ち寄りが発生するように行動をモデル化する (図-3)。ここで、ツアーとは自宅から主要な活動先 (勤務先など) へと向かい、そこでの活動を終え、自宅に帰ってくるまでの一連の行動 (勤務先など) へと向かい、そこでの活動を終えて、自宅に帰ってくるまでの一連の行動をさす。ツアーの行き帰りで、買い物や食事等の他の活動を行うことを立ち寄りと定義する。また、ツアーの行先である勤務先等から取引先の業務等に行き再度勤務先に帰ってくるような、ツアー目的地を起終点とした一連の行動を「サブツアー」と定義

定義した。これは、Bowman Ben-Akiva 型¹²⁾のツアーモデルと同様の考え方である。

また、目的と意思決定の順番の関係を整理する。人の活動は、勤務等の義務的な活動、日用品買物等の生活を維持するために必要な活動 (生活維持活動)、そのほか自由活動の大きく 3 種類に分けられる¹³⁾。そこで行動を意思決定する際は、義務的な活動から決定をし、残りの活動可能な時間の中で、生活維持活動、自由活動の順番で意思決定を行うようにモデル化することとした。なお、義務的な活動としては通勤と通学と業務の 3 つを、生活維持活動としては送迎と買物の 2 つを、自由活動としては私事の合計 6 つの目的をモデル化をした。

(2) アクティビティベースドモデルの推計フロー

ツアーが先に決定された上で、残りの時間内で立ち寄りが発生するような意思決定を表現するため、まずツアーに関連するモデルを推計し、次に立ち寄りに関連するモデルを推計する。ツアーは発生回数、活動継続時間、活動開始時刻、目的地、主要交通手段の 5 つの段階のモデルから構成され、立ち寄りは発生回数、活動継続時間、目的地の 3 つの段階から構成される。また、ツアーの主要交通手段は自宅を出発してから帰宅するまでの主な交通手段の選択であるため、最終的にトリップ単位での交通手段を割り当てるトリップ交通手段選択モデルを適用する (図-4)。各段階のモデルの詳細については(4)にて記載する。

主要な説明変数としては、施設数 (事業所数や店舗数等) と交通サービスレベル (ゾーン間の各交通モードの所要時間や料金等) を考慮する。施設数はツアー及び立ち寄りの目的地選択モデルに、交通サービスレベルはツアー及びトリップの交通手段選択モデルに説明変数として用いる。また、下位のモデルのログサム変数を上位のモデルの説明変数として含めることで、交通改善や施設集約の効果が上位のモデルに波及するようにした。例えば、郊外部から中心市街地までの公共交通サービスを改善することで、中心市街地へのトリップ集中量の増加や郊外部に居住する高齢者の外出の増加等が把握できるようなモデル構造となっている。また、時間制約を表現するために、発生回数や活動継続時間のモデルの説明変数として残り活動可能時間を用いることで、残り活動可能時間が少ない場合に、活動自体が発生しづらくなることを表現した。さらに時間制約に関しては、目的地選択モデルや交通手段選択モデルで時空間プリズムを考慮し、残りの活動可能時間では到達できない行先や交通手段は



図-3 ツアーと立ち寄りの考え方

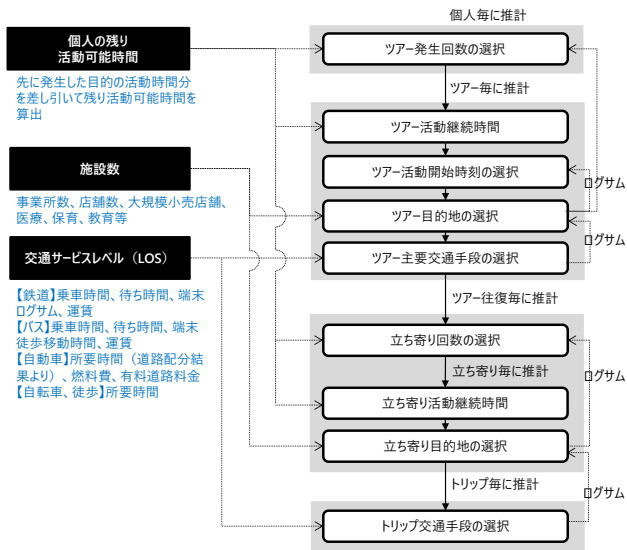


図-4 ツアーと立ち寄りの推計フロー

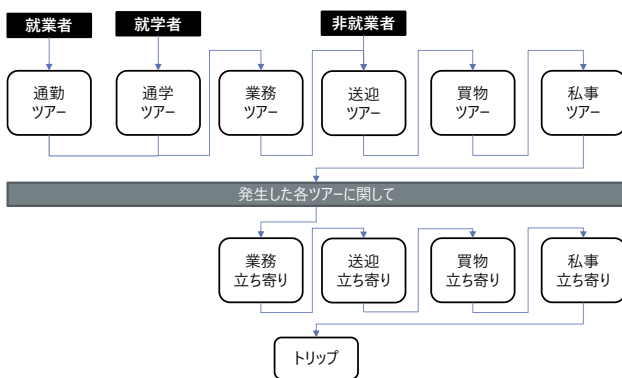


図-5 目的も組み合わせたツアーと立ち寄りの推計フロー

選択肢から外れるようにした。また、性別や年齢等の各種属性に関しては、ダミー変数としてモデルに考慮したり、属性別モデルを作成することで、属性別の行動の違いや交通サービスレベル等の感度の違いを表現している。

目的も組み合わせた推計の順番は、図-5に示すとおりである。まず、ツアーに関して通勤目的から順番に意思決定をしていき、全てのツアーの推計が終わったら、残りの活動可能な時間の中で立ち寄りの推計が行われるようにした。このような推計フローとすることで、例えば、通勤ツアーが発生した人は、一日の多くの時間が消費されるため、残りの活動可能時間が少なくなり、その後の買物ツアーや私事ツアー等が発生しづらくなる。一方で、通勤ツアーが発生しない場合には、一日の時間が自由に使えるため、買物や私事等のツアーが発生しやすくなるということが表現できるようになっている。

なお、本研究での ABM ではサブツアーの推計は行わない。サブツアー相当のトリップ数は約 200 万トリップ

であり、都市圏全体の約 7,400 万トリップと比較して少なく、全体への影響は小さいと想定されるため今回は実装していない。ただし、交通量配分にインプットする OD 交通量作成の際には、サブツアー相当の OD 交通量を追加して配分を行っている。

(3) 説明変数データの作成方法

施設数のデータとして、事業所数、店舗数、大規模小売店舗数、文化施設数、集客施設数、保育施設数、医療施設数、教育施設数をゾーン別に作成した。事業所数は平成 26 年の経済センサスの 500m メッシュデータを面積按分によりゾーンに集約し作成した。店舗数は平成 26 年の商業統計の 500m メッシュデータを面積按分によりゾーンに集約し作成した。大規模小売店舗数に関しては、平成 30 年の大規模小売店舗総覧より 3,000 m²以上の店舗を対象にゾーン毎に集計した。文化施設数、集客施設数、保育施設数、医療施設数、教育施設数に関しては、国土数値情報データを利用した。

交通サービスレベル (LOS : Level of Service) のデータとして、鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩の各交通手段のゾーン間の LOS データを作成した。鉄道の乗車時間や待ち時間等の LOS に関しては、JTB 時刻表や公共交通オープンデータ協議会のデータを基に鉄道ネットワークデータを作成した上で、後述する鉄道経路選択モデルから算出される効用最大経路をゾーン間の代表経路として、乗車時間等の LOS を算出した。バスの乗車時間や待ち時間に関しては、ゾーンの代表地点間のバス経路検索結果をジョルダン株式会社より購入し作成した。自動車に関しては、後述する時間帯別道路交通量配分結果から、一般化費用最小の経路をゾーン間の代表経路として、所要時間等の LOS を算出した。自転車及び徒歩に関しては、デジタル道路地図の全道路データを用いて、ゾーンの代表地点間の最短経路を算出し、距離を速度換算（自転車：時速 9.6km, 徒歩：時速 4.8km）し、所要時間等の LOS を算出した。

(4) 各モデルの内容

ツアー及び立ち寄りの各モデルの内容について記載する。なお、各モデルは基本的には多項ロジットモデル (MNL) により構築しているが、ツアー活動継続時間モデル及び立ち寄り活動継続時間モデルの 2 つに関しては生存時間モデルにより構築した。また、各モデルのパラメータ推定には東京都市圏 PT 調査データを用いた。

a) ツアー発生回数選択モデル

個人単位で目的毎のツアーの発生回数を選択するモデ

表-2 各モデルの概要と使用した説明変数

モデル概要	説明変数
ツアー発生回数 - 多項ロジットモデル (MNL) - 目的毎にツアーの発生回数を選択 - 選択肢集合は以下で設定 - 通学: 0回、1回 - 通勤、業務、買物、私事: 0回、1回、2回 - 送迎: 0回、1回、2回、3回 - 目的別に作成し、さらに目的によって就業別年齢 (高齢/非高齢) 別とし、計17個のモデルを作成	個人属性: 性別、年齢、就業形態 (正規/非正規等)、免許有無、自由に使える自動車有無 世帯属性: 単身/それ以外、10歳未満子供の有無、年収 (200万未満かどうか) 時間制約: 残り活動可能時間 アクセシビリティ: 目的地選択モデルのログサム変数
ツアー活動継続時間 - 生存時間モデル - 目的地での活動時間を推計 (1分単位) - 目的別に作成し、計6個のモデルを作成	個人属性: 性別、年齢 (高齢/非高齢)、就業形態 (正規/非正規等) 時間制約: 残り活動可能時間
ツアー活動開始時刻 - 多項ロジットモデル (MNL) - 目的地での活動開始時刻 (目的地への到着時刻) を1時間単位で選択 - 選択肢集合は以下で設定 - 通勤: 5~21時、通学: 6~19時、業務: 6~20時 - 送迎: 6~23時、買物: 9~23時、私事: 6~23時 ※先にツアーが発生している時間帯は除く - 目的別に作成し、さらに目的によって年齢 (高齢/非高齢) 別性別とし、計12個のモデルを作成	個人属性: 性別、年齢 (高齢/非高齢等)、就業形態 (正規/非正規等) 世帯属性: 10歳未満子供の有無 移動抵抗: 目的地選択モデルのログサム変数 (通勤・通学は主要交通手段選択モデルのログサム変数)
ツアー目的地 - 多項ロジットモデル (MNL) ※通勤は勤務地、通学は通学先 - 目的地をゾーン単位で選択 - 選択肢集合作成時に、時空間プリズムを加味 (残り活動可能時間で到達できるゾーンのみを選択肢集合とした) - 目的別に作成し、さらに目的によって年齢 (高齢/非高齢) 別10歳未満子ども有無別とし、計9個のモデルを作成 ※通勤と通学は、個人単位で勤務先・通学先を予め割り当てているため、目的地選択モデルは作成しない	個人属性: 性別、年齢 (高齢/非高齢) 世帯属性: 10歳未満子供の有無 ゾーンの魅力度: 事業所数、店舗数、大規模小売店舗数、文化施設数、集客施設数、行政施設数、保育施設数、医療施設数、教育施設数、ゾーン面積 移動抵抗: 主要交通手段選択のログサム変数、距離帯ダミー、ゾーン内々ダミー、ゾーン内々距離
ツアー主要交通手段 - 多項ロジットモデル (MNL) - ツアーの主要な交通手段を選択 - 鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩の5つを選択肢集合にさらに、時空間プリズムを加味 (残り活動可能時間で到達できる交通手段のみを選択肢集合とした) - 目的別に作成し、さらに目的によって年齢 (高齢/非高齢) 別とし、計8個のモデルを作成	個人属性: 性別、年齢 (高齢/非高齢等)、就業形態 (正規/非正規等)、免許有無、自由に使える自動車有無 世帯属性: 単身/それ以外、10歳未満子供の有無、年収 (200万未満かどうか) 鉄道: 乗車時間、待ち時間、端末ログサム、運賃 バス: 乗車時間、待ち時間、端末徒歩移動時間、運賃 自動車: 所要時間、燃料費 自転車、徒歩: 所要時間 ゾーン特性: 東京23区ダミー
立寄発生回数 - 多項ロジットモデル (MNL) - 目的毎に立ち寄りの発生回数を選択 - 選択肢集合は以下で設定 - 通勤、業務、送迎、買物: 0回、1回、2回 - 私事: 0回、1回、2回、3回 - 目的別に作成し、さらにツアー目的別往復別とし、計16個のモデルを作成	ツアーの特性: ツアーの目的 個人属性: 性別、年齢 (高齢/非高齢)、就業/非就業 世帯属性: 単身/それ以外、10歳未満子供の有無、年収 (200万未満かどうか) 時間制約: 残り活動可能時間 アクセシビリティ: 立ち寄り目的地選択モデルのログサム変数
立寄活動継続時間 - 生存時間モデル - 目的地での活動時間を推計 (1分単位) - 目的別往復別に作成し、計8個のモデルを作成	ツアーの特性: ツアーの目的、主要交通手段 個人属性: 性別、年齢 (高齢/非高齢)、就業形態 (正規/非正規等) 時間制約: 残り活動可能時間、先に立ち寄りが発生しているか
立寄目的地 - 多項ロジットモデル (MNL) - 目的地をゾーン単位で選択 - 選択肢集合は、居住地とツアー目的地から離れたゾーンは含まれないように生成 - 目的別に作成し、さらに年齢 (高齢/非高齢) 別往復別とし、計16個のモデルを作成	個人属性: 性別、年齢 (高齢/非高齢) ゾーンの魅力度: 事業所数、店舗数、大規模小売店舗数、保育施設数、医療施設数 移動抵抗: トリップ交通手段選択のログサム変数、迂回距離 (ログサム変数が有意とならない場合) その他: 居住地ダミー、ツアー目的地ダミー、ツアー交通手段鉄道ダミー
トリップ交通手段 - 多項ロジットモデル (MNL) - トリップの交通手段を選択 - 鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩の5つを選択肢集合に - ツアーの主要交通手段よりも上位の交通手段は、利用可能性無しとして、トリップの代表交通手段としては選択されない ※交通手段の優先順位 鉄道 > バス > 自動車 > 自転車 > 徒歩 - 目的別に作成し、計6個のモデルを作成	ツアーの特性: ツアーの主要交通手段 鉄道: 幹線時間 (待ち時間含む)、端末ログサム、運賃 バス: 幹線時間 (待ち時間含む)、運賃 自動車: 所要時間、燃料費 自転車、徒歩: 所要時間

ルである。目的毎に上限を設定し、0 回～上限までのツアー回数を選択肢集合として設定した。上限は PT 調査データの実績をもとに、通勤 2 回、通学 1 回、業務 2 回、送迎 3 回、買物 2 回、私事 2 回とした。

説明変数としては、属性毎にツアーの発生パターンが大きく異なることが想定されることから、性別、年齢、就業形態、運転免許保有、自由に使える自動車有無、世帯類型、世帯年収をダミー変数として考慮した。私事に関しては、残りの活動可能な時間に応じてツアーの発生が異なることが想定されるため、1 日の残り活動可能時間を説明変数として考慮した。また、ツアー目的地選択モデルのログサム変数を説明変数とすることで、交通サービスレベルやゾーン別施設数等のインプットの変化によって、ツアー発生回数が増加することを表現した。

b) ツアー活動継続時間モデル

ツアーの目的地での活動時間を推計するモデルを、生存時間モデルのクックス比例ハザードモデルにより構築した。

説明変数としては、性別や年齢等の属性の他に、1 日の残り活動可能時間を考慮した。また、実績の活動継続時間分布を確認すると、1 番目と 2 番目以降のツアーでは差異があり比例ハザード性が見られないため、1 番目と 2 番目以降のツアーの違いを層化によって表現した。

c) ツアー活動開始時刻選択モデル

ツアーの目的地での活動開始時刻（目的地への到着時刻）を選択するモデルである。選択肢となる時刻は 1 時間単位であり、PT 調査データの実績をもとに選択肢集合を設定した（詳細は表-2）。また、先にツアーが発生している場合には、先に発生したツアーの自宅からの出発時刻と活動終了後の自宅への到着時刻の間の時間帯は選択肢集合から除くこととした。

説明変数としては、性別や年齢等の属性の他に、下位モデルのログサム変数を考慮した。通勤と通学の目的ではツアー主要交通手段選択モデルのログサム変数を、その他の目的ではツアー目的地選択モデルのログサム変数を考慮した。これは、通勤と通学に関しては、勤務地と通学先を各個人に予め割り当てており、ツアー目的地選択モデルを構築していないためである。なお、これらログサム変数を考慮することで、混雑により所要時間が長い時間帯や料金の高い時間帯は避けるような時刻選択行動を表現している。

d) ツアー目的地選択モデル

ツアーの目的地をゾーン単位で選択するモデルである。通勤と通学の目的に関しては、個人単位で勤務先・通学先を予め割り当てているため、目的地選択モデルは作成

しない。選択肢集合は、時空間プリズムによりゾーンを絞り込むことにより生成した。具体的には、ツアー開始前の残り活動可能時間とツアー終了後の残り活動可能時間を計算し、所要時間が最も短い交通手段を使っても辿りつけない目的地を選択肢から除外した。なお、パラメータの推定時には、時空間プリズムによって絞り込んだ目的地からランダムに 199 のゾーンを抽出した合計 200 を選択肢集合とした。

説明変数としては、事業所数や店舗数等のゾーンの魅力度を表す指標とツアー主要交通手段選択モデルのログサム変数を考慮した。また、トリップ長の分布を再現するために、トリップ長の距離帯ダミーを説明変数として考慮した。

e) ツアー主要交通手段選択モデル

ツアーの主要な交通手段を選択するモデルである。鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩の 5 つを選択肢とした上で、時空間プリズムにより選択肢の絞り込みを行った。具体的には、ツアー開始前の残り活動可能時間とツアー終了後の残り活動可能時間を計算し、該当する目的地までの各交通手段の所要時間を確認し、残り時間内に到着できない交通手段は選択肢集合から除外することとした。

説明変数としては、性別や年齢等の属性の他に、各交通手段の所要時間等の交通サービスレベルを考慮した（詳細は表-2）。

f) 立ち寄り発生回数選択モデル

各ツアーの往路と復路それぞれについて、目的毎の立ち寄り回数を選択するモデルである。立ち寄りの目的毎に上限を設定し、0 回～上限までの立ち寄り回数を選択肢集合として設定した。上限は PT 調査データの実績をもとに、業務 2 回、送迎 2 回、買物 2 回、私事 3 回とした。

説明変数としては、性別や年齢等の属性の他に、立ち寄り目的地選択モデルのログサム変数、1 日の残り活動可能時間を考慮した。

g) 立ち寄り活動継続時間モデル

立ち寄りの目的地での活動時間を推計するモデルを、生存時間モデルにより構築した。

説明変数としては、性別や年齢等の属性の他に、1 日の残り活動時間を考慮した。

h) 立ち寄り目的地選択モデル

立ち寄りの目的地をゾーン単位で選択するモデルである。以下の手順で選択肢集合の生成を行った（図-6）。

1. 迂回距離 (OS+DS-OD) が基準距離 (km) 以下のゾーンを選択
2. OSD 距離(OS+DS)が基準距離(km)以上のゾーンを取

り除く

3. Oからの距離が基準距離 (km) 以下のゾーンを追加
4. Dからの距離が基準距離 (km) 以下のゾーンを追加
5. 実績選択ゾーンを追加

これにより、居住地とツアー目的地から離れたゾーンは選択肢集合に含まないようにしている。なお、各基準距離は実績集計値の 90 パーセンタイル値を用いた。

説明変数としては、店舗数等のゾーンの魅力度を表す指標とトリップ交通手段選択モデルのログサム変数を考慮した。また、PT 調査データの実績から、居住地もしくはツアー目的地での立ち寄りが多いことが確認できたことから、居住地ゾーンダミーとツアー目的地ゾーンダミーを考慮することとした。

i) トリップ交通手段選択モデル

トリップの交通手段を選択するモデルである。鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩の 5 つを選択肢とした上で、ツアーの主要交通手段よりも上位の交通手段は、利用可能性無しとしてトリップの代表交通手段としては選択されない設定とした (表-3)。

説明変数としては、性別や年齢等の属性の他に、各交通手段の所要時間等の交通サービスレベルを考慮した。

O:居住地 D:ツアー目的地 S:立ち寄り先

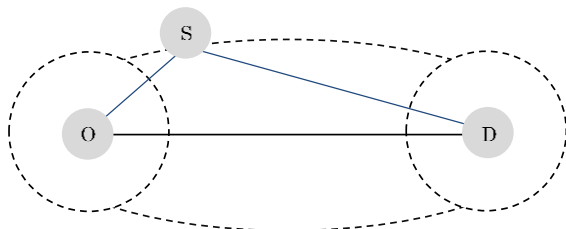


図-6 立ち寄り場所選択肢集合の設定イメージ

表-3 ツアー主要代表交通手段とトリップ交通手段の関係

		トリップ代表交通手段の利用可能性				
		鉄道	バス	自動車	自転車	徒歩
ツアー 選択 代表 交通 手段	鉄道	○	○	○	○	○
	バス		○	○	○	○
	自動車			○	○	○
	自転車				○	○
	徒歩					○ (※)

※ツアー主要交通手段が徒歩の場合は推計しない

6. 交通量配分

(1) 道路交通量配分

時間帯別利用者均衡配分 (OD 修正法) により、全車種計での道路交通量配分を実施した。時間帯の幅が都市圏内の最長トリップ時間を上回るように、3 時間を時間帯の幅として設定した。道路交通量配分の対象道路は、センサス対象道路 (指定市市道以上) とし、平成 27 年度道路交通センサスから、道路種別、沿道状況、車線数、指定最高速度の別で時間交通容量を設定した。BPR 関数に関しては道路交通需要予測のマニュアル⁹⁾に示されている式を適用し、BPR 関数は土木学会で提案されている値 ($\alpha=0.48$, $\beta=2.82$) を採用した。また、有料道路料金に関しては、道路交通量配分計算時におけるペナルティとして、時間換算してゾーン間所要時間に加算した。

ABM から出力されるのは、乗用車に相当する自動車トリップのみのため、次に記載する方法により自動車 OD を作成し、道路交通量配分に用いた。まず、ABM から推計された自動車トリップを平均乗車人員を用いて台数換算する。その際、サブツアーに相当する自動車トリップを加味するため、現況の PT 調査データより OD ペア別に全トリップに占めるサブツアー自動車トリップの割合を算出し、ABM から推計された自動車トリップを補正した。また、貨物車や域外車籍等の自動車を加味するため、平成 27 年度道路交通センサスより集計し年次補正をしたものを自動車 OD に追加した。

(2) 鉄道経路配分

鉄道経路選択モデルと鉄道端末交通手段モデルを用いて、ゾーン間鉄道トリップを時間帯別に経路に配分する。

a) 鉄道経路選択モデル

鉄道経路選択モデルは、ゾーン間の鉄道移動における鉄道経路を選択するモデルである。IIA 特性の緩和が可能なパスサイズロジットモデルにより構築し、大都市交通センサス鉄道利用者調査データをサンプルとしてモデルのパラメータ推定を行った。

経路選択肢集合の設定については、パラメータ推定時は、大都市交通センサス鉄道利用者調査データを使用して発着ゾーン別に利用実績経路による鉄道経路選択肢データを作成した上で、発着ゾーン間の最小所要時間の 1.5 倍未満となる経路からサンプルの実績以外の 4 つの選択肢をランダムに付加した。また、シミュレーションでは、発着ゾーン間の総所要時間が小さい 10 経路に絞り込んだ上で、効用最大経路、総所要時間最小経路、費用最小経路、アクセス効用最大経路、イグレス効用最大経

路、乗換時間最小経路から選択肢集合を構成した。

説明変数としては、鉄道乗車時間、待ち時間、幹線費用（運賃）、端末交通手段ログサム、乗換時間、混雑指標を使用した。混雑指標としては、出発地から目的地までの各区分における混雑率の 2 乗に乗車時間を乗じた値の合計値を用いた。なお、モデルは通勤、通学、業務、私事の 4 目的を基本とし、さらに通勤と私事に関しては非高齢者と高齢者を分けることで、計 6 種類のモデルを作成した。

b) 鉄道端末交通手段選択モデル

鉄道端末交通手段選択モデルは、鉄道アクセス・イグレスにおける交通手段を選択するモデルであり、徒歩、自転車、バス、自動車の 4 選択肢の多項ロジットモデル（MNL）として構築した。パラメータの推定には、PT 調査データから作成した鉄道アクセス・イグレスの利用交通手段別実績データを用いた。なお、ここで推定したモデルは、鉄道経路選択モデルや ABM のツアー主要交通手段選択モデルやトリップ交通手段選択モデルの端末交通手段ログサムの計算に使用している。

説明変数としては、徒歩は所要時間と高低差を、自転車は所要時間と費用（駐車場料金）と高低差を、バスは所要時間と待ち時間と費用を、自動車は所要時間と費用（走行経費）を考慮した。なお、モデルは通勤、通学、業務、私事の 4 目的毎にアクセス・イグレス別に作成した。

c) 鉄道経路配分の実行

鉄道経路配分は、1 日を 88 時間帯別に分けた時間帯別鉄道 OD に鉄道経路選択モデルを適用することで行った。その際、配分した駅間通過人員から算出した混雑率を鉄道経路選択モデルにフィードバックして、時間帯ごとに収束するまで繰り返し計算を行った。

ABM から出力されるのは、都市圏内居住者の鉄道トリップのみため、都市圏外居住者のトリップを考慮するため、第 6 回幹線旅客純流動調査データ、平成 29 年度国際航空旅客動態調査データ、平成 27 年度航空動態調査データを用いて補完を行い時間帯別鉄道 OD を作成した。

7. シミュレーションの実行と現況再現性の検証

(1) シミュレーションの実行

前章までに記載した人口推計モデル、アクティビティベースモデル（ABM）、交通量配分を用いてシミュレーションを実行する。シミュレーションの実行におい

ては、交通量配分から算出される自動車所要時間を ABM のインプットにフィードバックすることで、繰り返し計算を行う（図-1 参照）。

ABM をシミュレーションするには、モデルから算出された各行動の選択確率をもとに、乱数を用いて 1 つの行動を決めている。そのため、乱数シードが異なると、同じインプットでも結果が異なる。このように、シミュレーションの推計値には一定の推計誤差を含んでいる点に留意が必要である。

また、後述の現況再現及びケーススタディの結果は、約 100 万サンプルで推計したものを都市圏全体の人口に拡大した結果となっている。計算時間の観点から本研究ではそのような実行を行ったが、サンプル数が多いほど前述のシミュレーション誤差は小さくなるため、極力サンプル数を多くして推計することが望ましい。ただし、100 回程度シミュレーションした結果より誤差を確認したところ、100 万サンプルのシミュレーション結果であっても、集計値 10 万トリップで 1% 程度の誤差（±1,000 トリップ程度）、1 万トリップで 5% 程度（±500 トリップ程度）の誤差であるため、都市圏レベルの分析を行うには十分であると考えられる。なお参考までに、ABM 部分のシミュレーション時間は、CPU3.6GHz、コア数 8、メモリ 32GB の環境で 1 時間程度である。

(2) 現況再現性の検証

目的別トリップ数、交通手段別トリップ数、ゾーン別トリップ集中量、外出率、目的別原単位の視点から、シミュレーション結果と PT 調査データ（実績データ）を比較することで現況再現性の検証を行う。なお、PT 調査データはサブツアーに相当するトリップデータを除いた数値を用いる。

a) 目的別トリップ数・交通手段別トリップ数

目的別のトリップ数は実績データと整合がとれている（図-7）。また、交通手段別のトリップ数に関しても、実績データと整合がとれていることが確認できる（図-8）。

b) 中ゾーン別トリップ集中量

ゾーン別トリップ集中量を中ゾーン単位（概ね市区町村単位）で比較する。図-9 をみると、中ゾーン別目的別トリップ集中量は業務以外の目的では相関係数が 0.96 以上であり、実績データと整合がとれていることが確認できる。私事に関しては、トリップ数の多い地域（例えば新宿等）の推計値が過小になっているため留意が必要である。また、業務目的に関しては、実績よりもやや過大ではあるが、相関係数は 0.9 以上と整合性は高い。

中ゾーン別交通手段別のトリップ集中量は、いずれの交通手段も相関係数が 0.98 以上であり、実績データとの整合性が高いことが確認できる（図-10）。

c) 外出率・目的別原単位

就業状態別年齢別の外出率の傾向は実績データと整合がとれていることが確認できる（図-11）。就業状態別年齢別の目的別原単位に関しても、各目的に関して推計データと実績データは概ね整合しており、属性別の行動パターンが表現されていることが確認できる（図-12）。

8. ケーススタディ

構築したアクティビティシミュレータを活用して、都市交通政策のシナリオ分析を行う。本稿では、リモートワークの普及が進み、人の行動パターンが変化することを想定した「リモートワークの拡大シナリオ」、地域内や近くの鉄道駅までオンデマンド交通やパーソナルモビリティ等で移動しやすい環境が構築されることを想定し

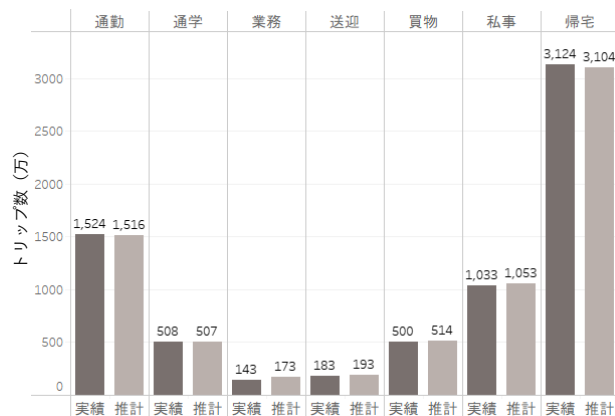


図-7 目的別トリップ数の現況再現結果

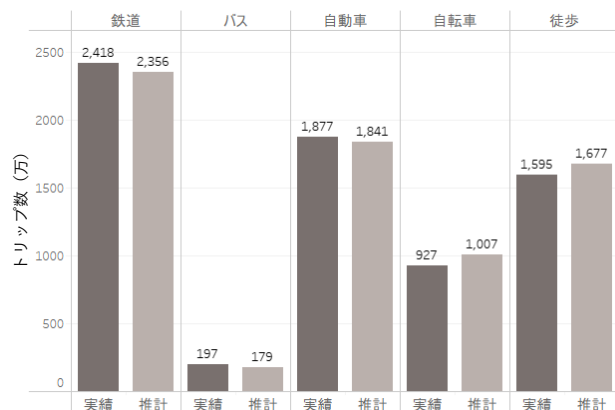


図-8 交通手段別トリップ数の現況再現結果

た「多様なモビリティ活用シナリオ」の2種類のシナリオの分析により、アクティビティシミュレータの有用性を確認する。

なお、いずれのシナリオ分析においても、比較として現況ケースと 2018 年型社会ケース（将来趨勢ケース）の結果を併記する。現況ケースは、第6回東京都市圏PT調査が実施された 2018 年時点のシミュレーション推計値である。また、2018 年型社会ケース（将来趨勢ケース）は、2040 年時点のシミュレーション推計値であり、国立社会保障・人口問題研究所の 2040 年までの人口トレンドと、2018 年時点で見込まれている将来開発計画、道路整備、鉄道整備等を考慮した推計値である。リモートワークの拡大シナリオ及び多様なモビリティ活用シナリオは、2018 年型社会ケース（将来趨勢ケース）をベースに、各シナリオの設定を追加しシミュレーションを実施した。

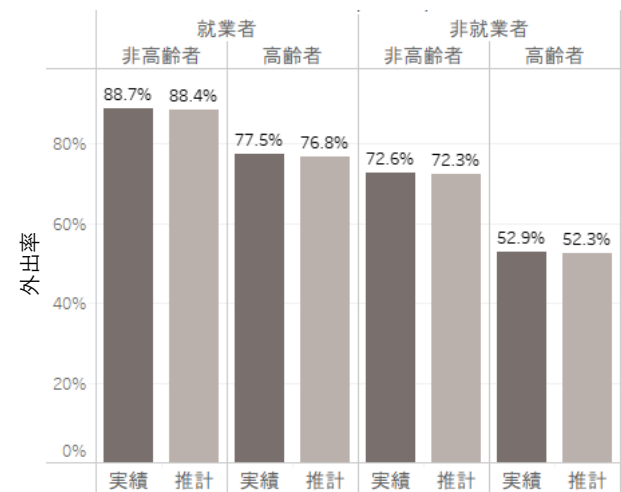


図-11 就業状態別年齢別外出率の現況再現結果

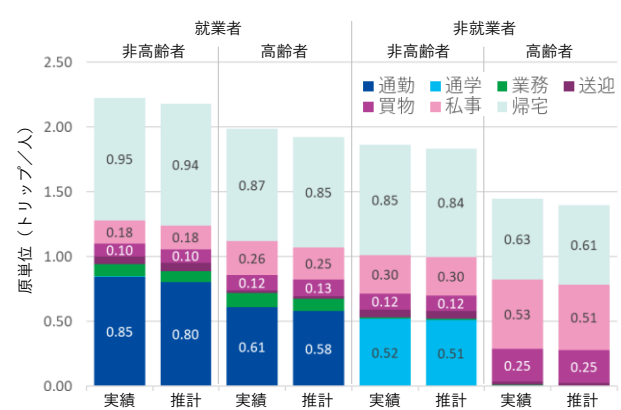


図-12 就業状態別年齢別目的別原単位の現況再現結果

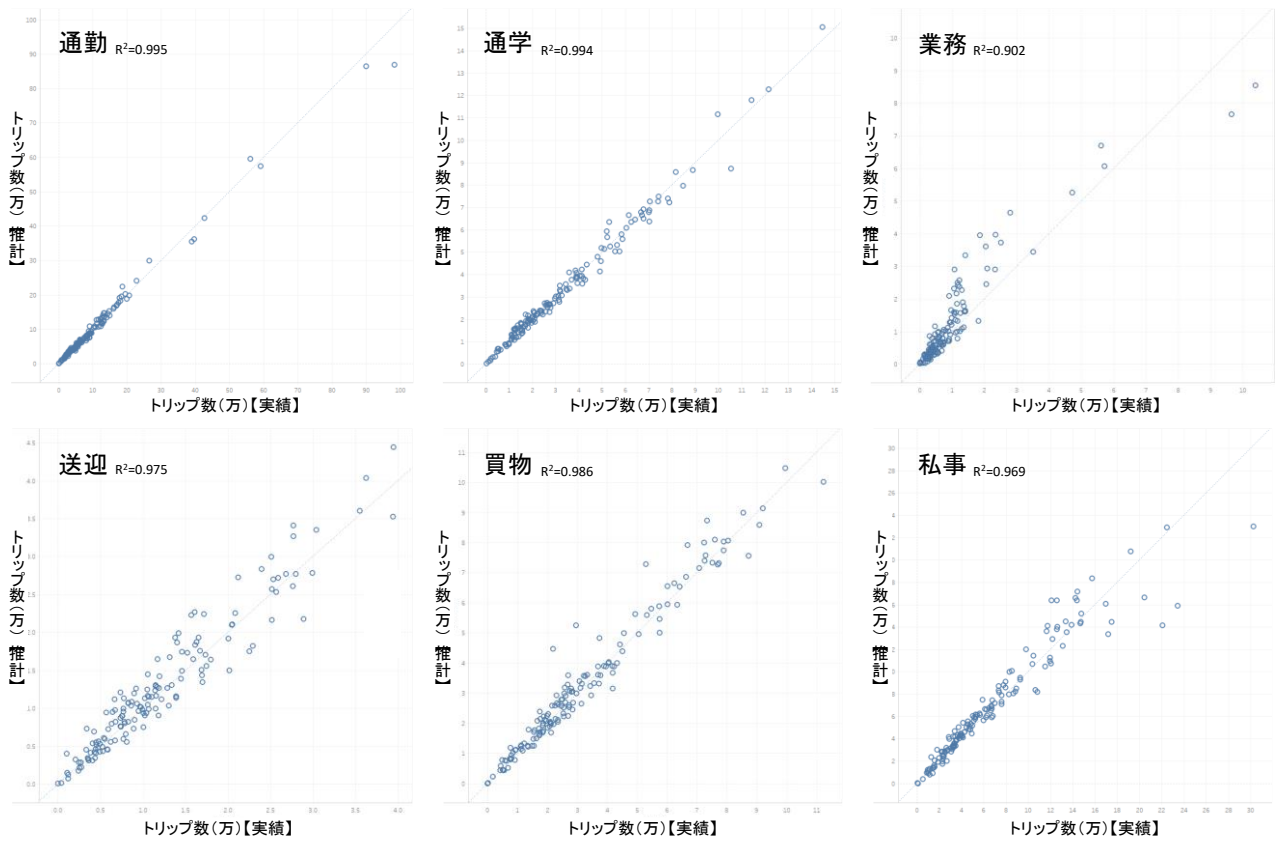


図-9 中ゾーン別の目的別トリップ集中量の現況再現結果

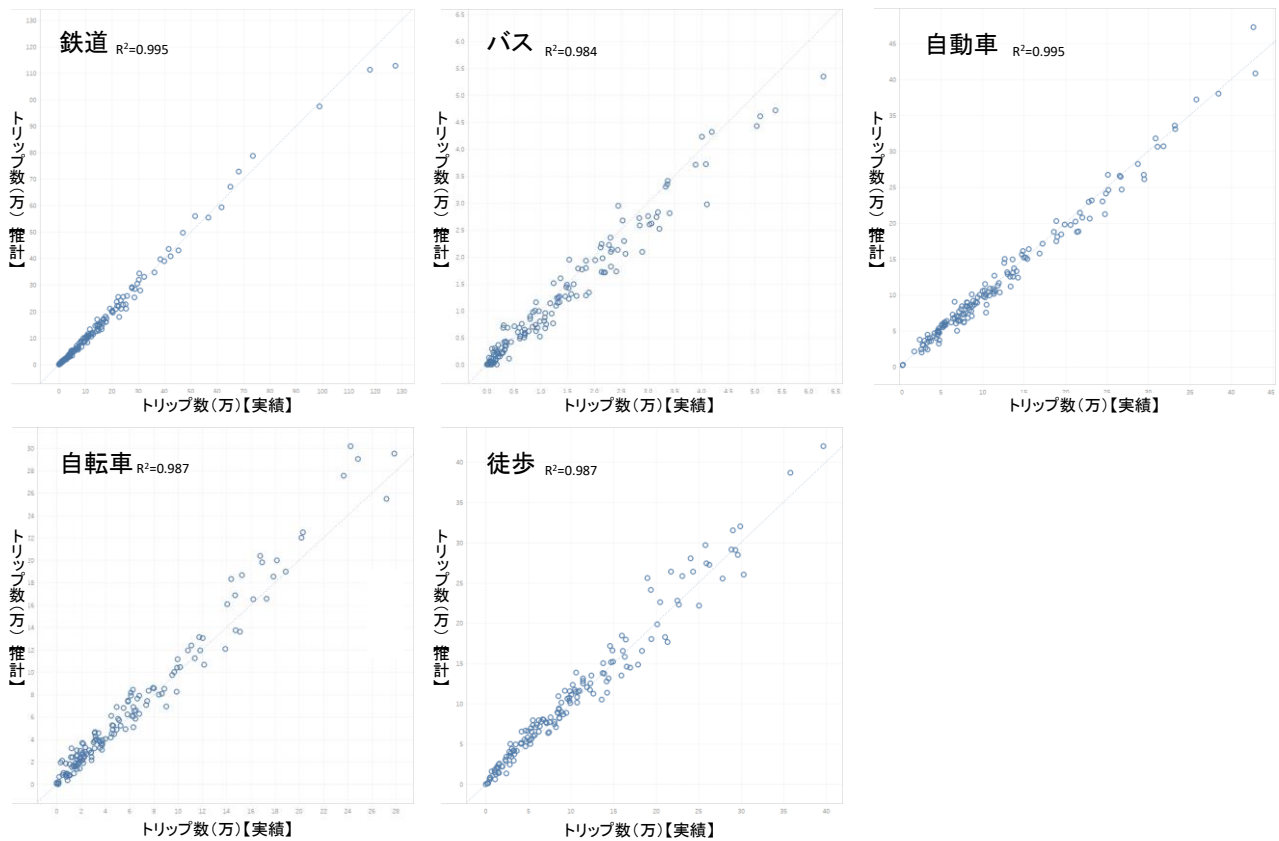


図-10 中ゾーン別の交通手段別トリップ集中量の現況再現結果

(1) リモートワークの拡大シナリオ

a) シナリオの設定

リモートワーク（在宅勤務）の普及が進み、人の行動パターンがすることにより、鉄道トリップ数や個人の移動時間や活動時間がどのように変化するかを分析する。

リモートワークを ABM 上での表現するために、まず個人にリモートワーク該当者フラグを付与し、リモートワーク該当者に関しては、強制的に通勤ツアーが発生しないとした（在宅で勤務をする想定）。この場合、通勤ツアーが発生しなかった人は、1 日の「残り活動可能時間」が減少しないため、買物や私事等の他の目的のツアーが発生しやすくなる。実際、リモートワークをしている人も、買物等で外出することから、モデル上の表現としては妥当であると考えられる。

個人のリモートワーク該当者フラグの設定を行う際には、国土交通省都市局が令和 2 年 8 月に実施した新型コロナ生活行動調査を参考に設定したリモートワーク率を用いた。具体的には、居住地別産業類型別のリモートワーク率（表-4）、勤務地別産業類型別のリモートワーク率（表-5）を用いて、各個人にリモートワーク該当者フラグを確率的に割り当てた。結果として、東京都市圏に居住する 1,008 万人の正規職員の内、約 31% の 314 万人がリモートワーク該当者という設定となった。

b) 推計結果

シナリオの推計結果として、トリップ数の変化を確認すると、全体のトリップ数は 2018 型社会シナリオに対して 337 万トリップ（5%）減少し、特に通勤目的では 2018 型社会シナリオに対して 271 万トリップ（20%）と大きく減少する（図-13）。交通手段別にみると、2018 型社会シナリオに対して鉄道トリップ数が 358 万トリップ（16%）と大きく減少している（図-14）。図-15 は東京区部着の時間帯別の鉄道トリップであり、ピーク時のトリップは 2018 年型社会シナリオの 286 万トリップから 214 万トリップへ 26% 程度減少する。コロナ禍において、鉄道利用が大きく減少している状況を踏まえると、このシナリオの推計結果は妥当性があると考えられる。

また、暮らしに着目した結果として、図-16 では 60 分以上鉄道で通勤している長時間通勤者の人数の変化を確認している。リモートワークのシナリオでは 244 万人であり、現況や 2018 型社会シナリオと比較して減少していることが確認できる。また、正規職員の一日の活動時間に着目すると、移動時間が平均 93 分から平均 71 分に減少し、私事活動時間が平均 15 分から平均 24 分に増加していることが確認できる（図-17）。これらの結果より、長時間通勤等で移動にかけていた時間が減少し、

表-4 居住地別産業類型別のリモートワーク率（設定値）

地域区分	1	2	3	4	5
地域名称	東京区部	政令市等	中心都市 近郊	郊外部	外縁部
1次産業	0%	0%	0%	0%	0%
2次産業	40%	40%	40%	20%	0%
3次産業 01高出社	20%	20%	20%	10%	0%
3次産業 02中出社	40%	40%	30%	30%	0%
3次産業 03低出社	60%	50%	60%	50%	0%

表-5 勤務地別産業類型別のリモートワーク率（設定値）

地域区分	1	2	3	4	5
地域名称	東京区部	政令市等	中心都市 近郊	郊外部	外縁部
1次産業	0%	0%	0%	0%	0%
2次産業	40%	40%	30%	20%	0%
3次産業 01高出社	20%	10%	20%	10%	0%
3次産業 02中出社	40%	30%	30%	30%	0%
3次産業 03低出社	60%	50%	60%	40%	0%

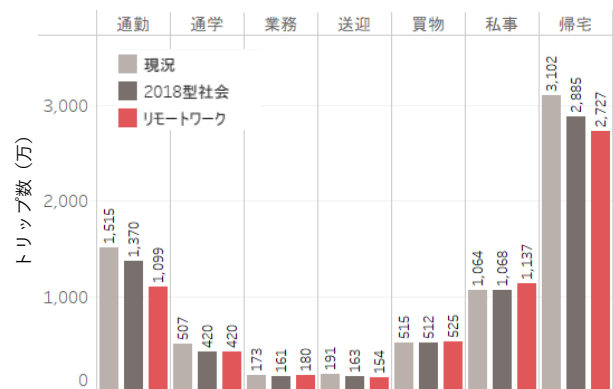


図-13 目的別トリップ数

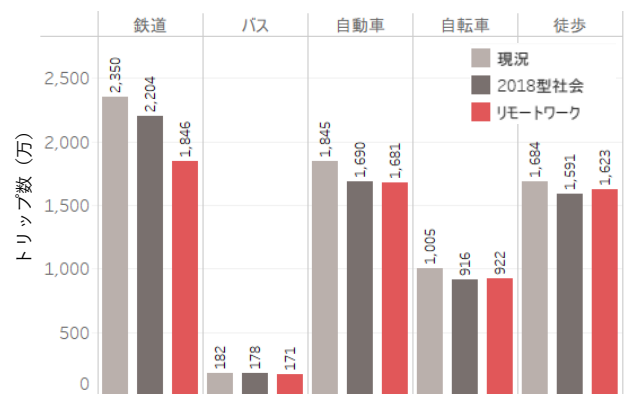


図-14 交通手段別トリップ数

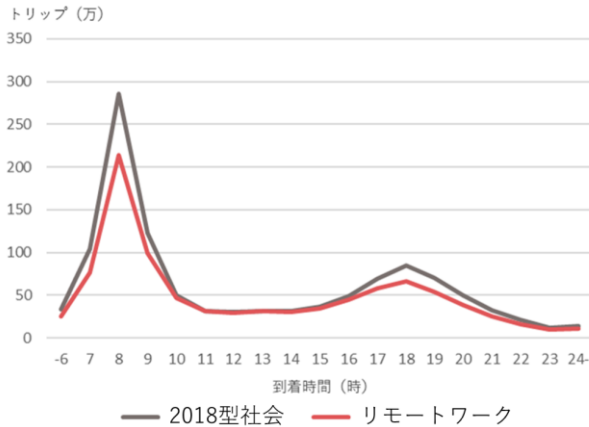


図-15 時間帯別の東京区部着の鉄道トリップ数

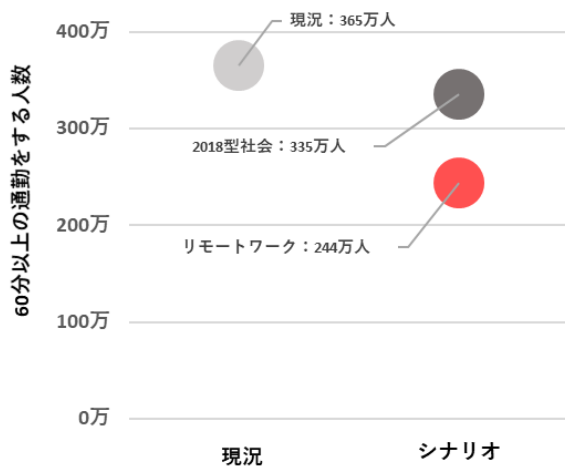


図-16 60分以上鉄道で通勤している人数の変化

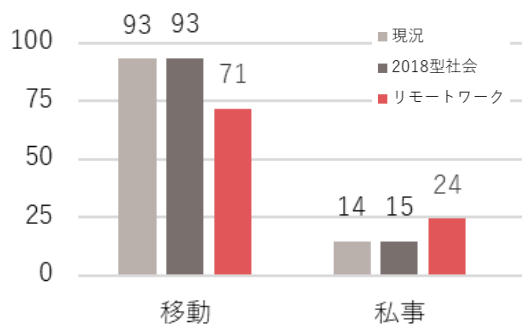
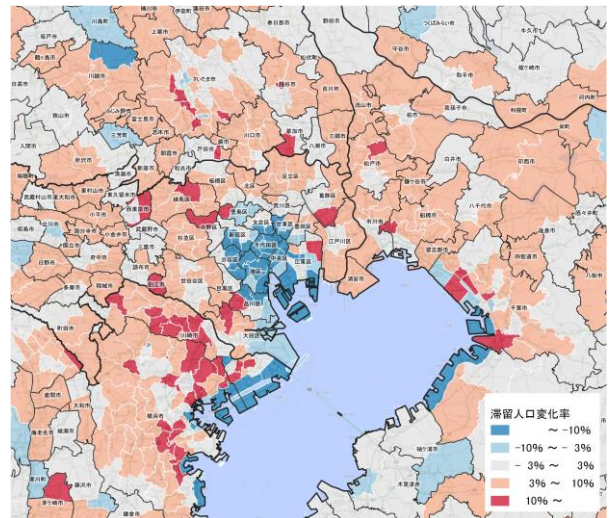


図-17 正規職員の一日の活動時間の変化

私事等の活動に使える時間が増え、生活にゆとりが生まれた人が増加すると考えられる。さらに、13時の滞留人口の2018型社会シナリオからリモートワークの変化シナリオへの変化率を確認すると、東京都心では10%以上減少する一方で、都心周辺地域では10%以上増加している地域がみられる（図-18）。これは、リモートワークをしている人が在宅で活動もしくは家の近くで活動



※変化率は「リモートワーク/2018型社会」で算出

図-18 13時の滞留人口の変化

しているためと考えられる。リモートワークの普及により、自宅周辺で活動する人が増えることから、自宅周りの生活圏での機能を充実させるような政策が重要になることが示唆される。このように、アクティビティシミュレータにより、暮らしに着目した変化を捉えて政策検討につなげることが可能であることが確認できる。

(2) 多様なモビリティ活用シナリオ

a) シナリオの設定

地域内や近くの鉄道駅までオンデマンド交通やパーソナルモビリティ等で移動しやすい環境が構築されることにより、交通手段の利用や活動回数がどのように変化するかを分析する。

シミュレーション上では、交通サービスレベル等を変更することで交通環境改善を表現する。具体的には、鉄道やバスの待ち時間を無しとし、バス停までの所要時間を4分の1に短縮した（3分未満となる場合は3分とした）。また、鉄道駅までの端末交通手段の自転車の速度を2倍とした。さらに、同一計画基本ゾーン内の移動であれば、自動車保有していない人でも自動車を保有する人と同じパラメータを適用することで、自動車を保有していない人でも移動しやすい環境であることを表現した。

b) 推計結果

シナリオの推計結果として、鉄道駅勢力圏外に住んでいるモビリティの低い高齢者の1人1日当たり私事トリップ数に着目すると、0.58トリップ/人から0.60トリップ/人に増加しており、高齢者の私事活動が促進されることが

確認できる(図-19)。また図-20を確認すると、鉄道駅勢圏外に住んでいる高齢者の自動車の分担率が 33.8%から 30.8%へ減少し、自動車以外の交通手段の利用が増えることが確認できる。以上により、地域内や近くの鉄道駅まで移動しやすい環境を構築することで、高齢者の活動促進や健康増進の効果があることがシミュレーションにより確認できることが示された。

9. おわりに

本研究では都市交通分野で一般的な交通需要推計手法として用いられている四段階推定法に代わり、様々な属性の個人の活動・移動が表現できるアクティビティベースモデル(ABM)によるシミュレータ“東京都市圏 ACT (T-ACT)”を開発し、都市交通政策の検討の実務に適用した。シミュレーション結果の現況再現性は、トリップ数の観点だけでなく、外出率や原単位等の活動の観点からも確保されていることが確認できた。また、リモートワークの拡大シナリオや多様なモビリティ活用シナリオのケーススタディを通じて、アクティビティシミュレータを活用することにより、社会情勢の変化や施策がトリップ数に与える影響だけでなく、個人の活動に

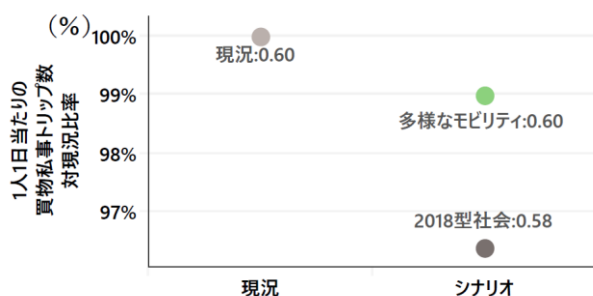
与える影響を分析できることが確認された。これらの分析は、個人の暮らしに着目した新たな都市交通政策の検討へつなげるため、アクティビティシミュレータの有用性が確認できたといえる。

最後に、ABMの実務での更なる展開をふまえ、課題を3点整理する。1つ目として、施策への活用を念頭に置いたモデルの精緻化や改善が挙げられる。例えば、今回のモデルでは利用する交通手段が活動継続時間に影響を与える構造とはなっていない。公共交通利用者は滞在時間が長くなる傾向にある等、利用交通手段と活動継続時間には関係があり、都市交通施策を考える際には重要な視点の1つである。また、オンライン活動と移動の関係等、シナリオ分析にあたって考慮されていることが望ましいメカニズムもある。これらの行動の表現を組み込んだモデルの改善が考えられる。2つ目として、ABMの移転可能性の検証が挙げられる。ABMは構造が複雑であり、構築に多大な労力がかかるため、モデルの更新や他地域での展開は実務的に負担が大きい。ある地域で構築したモデルを他地域へ移転し、簡易的に施策検討等に活用できるようになることで、より一層 ABM の活用が進むと考えられる。そのため、モデルの地域移転性の検証が実務上有用と考えられる。3つ目として、ABMを活用した最新時点の人の活動・移動データの推計手法の確立が挙げられる。アクティビティシミュレータにより、人の活動・移動データは推計可能なため、最新時点のビッグデータ等に合わせる手法が検証・確立されれば、10年ごとの PT 調査の間の年にも人の行動データが活用できるようになり、データに基づいた政策検討がより一層普及することが期待される。

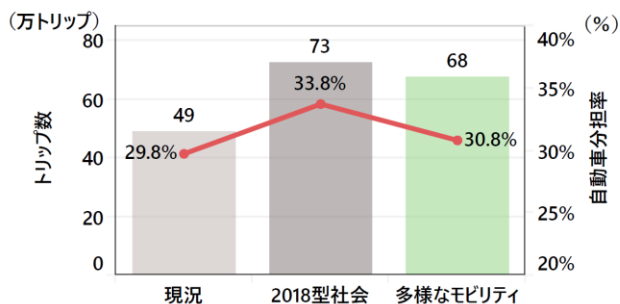
謝辞：本稿の内容は、東京都市圏交通計画協議会における検討成果をとりまとめたものである。協議会の関係各位からは多大なるご支援を賜った。また、第6回東京都市圏パーソントリップ調査技術検討会(座長：筑波大学谷口守教授)、交通行動モデル WG(座長：東京大学福田大輔教授)の各委員からは、様々なご助言を賜った。ここに記し、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 東京都市圏交通計画協議会：新たなライフスタイルを実現する人中心のモビリティネットワークと生活圏、令和3年3月
- 2) 東京都市圏交通計画協議会：第6回東京都市圏 PT 調査(平成30年実施)特設ページ(https://www.tokyo-pt.jp/special_6th)
- 3) 東京都市圏交通計画協議会：第6回東京都市圏パー



※モビリティ水準の低い非就業高齢者を対象に集計
図-19 高齢者の私事トリップ数の変化



※鉄道駅勢圏外に居住する後期高齢者を対象に集計
図-20 高齢者の自動車利用の変化

- ソントリップ調査交通行動シミュレーションに関するテクニカルレポート，令和 3 年 7 月
- 4) 東京都市圏交通計画協議会：パーソントリップ調査からみた東京都市圏の都市交通に関する課題と対応の方向性，平成 24 年 1 月
 - 5) 交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会 東京圏における今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会 需要評価・分析・推計手法ワーキング・グループ：鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート，平成 28 年 7 月 15 日（平成 29 年 6 月 30 日改訂）
 - 6) New York Metropolitan Transportation Council: New York Best Practice Model 2012 Update Final Report, July 26, 2021
 - 7) Bradley, M. and Bowman, J. L., Griesenbeck B.: SACSIM: An applied activity-based model system with fine-level spatial and temporal resolution, *Journal of Choice Modelling*, 3(1), pp.5-31, 2009
 - 8) Puget Sound Regional Council: SoundCast Activity-Based Travel Forecasting Model for PSRC Model System Design, September 25, 2014
 - 9) Atlanta Regional Commission: Activity-Based Model User Guide, April 2016
 - 10) 藤井聡，大塚祐一郎，北村隆一，門間俊幸：時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築，土木計画学研究・論文集，No.14，pp.643-652，1997
 - 11) 飯田祐三，岩辺路由，菊池輝，北村隆一，佐々木邦明，白水靖郎，中川大，波床正敏，藤井聡，森川高行，山本俊行：マイクロシミュレーションアプローチによる都市交通計画のための交通需要予測システムの提案，土木計画学研究・論文集，Vol. 17，pp. 841-847，2000.
 - 12) Bowman, J. L., & Ben-Akiva, M. E. : Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 35, Pt. 1, pp. 1-28, 2001
 - 13) 澤田茜，川辺拓也，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需要予測手法，土木計画学研究・講演集，Vol.53，2016
 - 14) 亀谷淳平，福田大輔：鉄道利用者を対象としたActivity-based交通行動モデルに関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.53，2016
 - 15) Yamada, S., Ishibe, M., Yamashita, Y., Fukuda, D. : Development of an Activity Based Model System for Tokyo Metropolitan Urban Rail Planning, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 2019
 - 16) 山田真也，奥ノ坊直樹，石部雅士，山下良久，福田大輔：Activity-based交通行動モデルを用いた東京都市圏の鉄道駅改良の効果分析に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.60，2019
 - 17) 北村拓也，柳沼秀樹，寺部慎太郎，康楠：活動パターンと時間配分の同時選択を考慮したアクティビティモデルの構築，土木計画学研究・講演集，No.55，2017
 - 18) Transportation Research Board (ed.): Activity-Based Travel Demand Models A Primer, 2015.
 - 19) 道路交通需要予測マニュアル第 I 編，第 5 章利用者均衡配分モデルによる日配分交通量の予測，土木学会平成 15 年 8 月