

全国PTデータを用いた 地方中小都市でのOD表推計の改善

加藤 昌樹¹・森尾 淳¹・越智 健吾²・関 信郎²・岩舘 慶多³・菊池 雅彦⁴

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: masakikato@ibs.or.jp, jmorio@ibs.or.jp

²正会員 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

E-mail: ochi-k8310@milit.go.jp, seki-n2dq@milit.go.jp

³正会員 国土交通省道路局企画課道路経済調査室 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

前 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室

E-mail: iwadate-k22aa@milit.go.jp

⁴正会員 国土交通省大臣官房付(併)復興庁 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関3-3-1)

E-mail:masahiko.kikuchi.f3y@cas.go.jp

PT調査等が実施できていない地方の中小規模の都市において、立地適正化計画や公共交通網形成計画の作成にあたっての基礎的データとして、国土交通省都市局が5年に一度全国で実施している全国都市交通特性調査の都市セグメントデータを用いて発生・分布・帰宅・分担モデルを構築しOD表を作成する方法を、先行研究において開発した。

本研究では、先行研究のモデルの課題に対応するため、モデル推定における詳細ゾーンLOSの活用、施設集積に関する説明変数の改善、政策変数となる公共交通LOSの改善について検討を行った。

さらに、ケーススタディーとして近年PT調査が実施された群馬県の都市を対象に、モデルから推計したOD表と実際のOD表と比較を行い、推計手法の妥当性を検証した。

Key Words : *OD matrix estimation, nationwide person trip survey data, big data, location optimization plan, local public transportation network plan*

1. はじめに

立地適正化計画や地域公共交通網形成計画の作成等、都市圏の諸計画を策定するにあたっては定量的な根拠に基づいて交通事業者や民間事業者、市民等と問題意識を共有することが重要である。例えば、立地適正化計画の手引き¹⁾は、都市が抱える課題の現状及び将来の見通しについて分析することを推奨しており、これらの結果を踏まえて、居住誘導区域、誘導施策の検討することが想定される。また、地域公共交通網形成計画の手引き²⁾は、公共交通の利用状況、利用環境、経営状況、住民・利用者等の意向に加えて、将来の予測の重要性を指摘しており、地域のニーズを把握するための既存の統計資料の一つとして、パーソントリップ調査（以下、「PT調査」という）を紹介しており、現況分析、将来予測の手法が確立していることをメリットとしている。

しかし、地方都市圏では大規模で費用がかかることからPT調査20年以上が実施されていない都市圏もあり、目的別OD表や交通分担率等の必要なデータが十分ではない状態にある。また、携帯基地局データをはじめとす

る交通関連ビッグデータが急速に普及しつつあり、これらの交通関連ビッグデータと交通行動モデルを活用したOD交通量の推計手法を適用することで、長期間PT調査が実施できていない地方都市圏においても、都市交通の現況を把握できるようになる可能性がある。

筆者ら³⁾は、大規模で費用がかかるPT調査の実態調査を行わず、既存データを活用して全国の地方都市においてPT調査と同等のOD表を推計することを目指して、全国都市交通特性調査（以下、「全国PT調査」という）データを用いて、発生・分布・帰宅・分担モデルを推定して目的別OD表を推計したうえで、交通関連ビッグデータによる観測OD交通量を用いて補正を行う実務的推計手法を開発した。その結果、①規模の小さい都市の評価では、詳細なゾーンが必要である、②立地適正化計画に適用するために、施設の集積状況に対する感度を高める必要がある、③同様に、公共交通サービスに対する感度を高める必要があるという課題が確認された。

本研究では、上記の課題に対応するため、詳細なゾーンを対象とし、施設集積の説明変数、公共交通LOSデータを改良し、より規模の小さい地方都市で検証を行った。

(2) OD推計システムの基本要件

OD推計のシステムを構築していくにあたり、実務的に使えるシステムを目指し、想定するユーザーや提供データ、目標精度、使用データ等について整理する。

a) 想定するユーザー

立地適正化計画や公共交通網形成計画の作成担当者やコンサルタントの実務担当者が扱うことを想定する。

b) システムの提供データと目標精度

目的別OD表や分担率の推計結果の現況再現性がある程度担保され、立地適正化計画で想定する居住誘導・施設立地や公共交通の再編等の施策を交通面から評価できるレベルを目指す。本研究では、全国PT調査の町丁字単位でのモデル化を基本とすることとした。

c) 使用するデータ

全国PT調査や国土数値情報等、一般に入手可能な既存データや自治体保有のデータを最大限活用できるシステムとする。

(3) OD推計システムの分析フロー

a) OD推計システムのモデル構造

本研究において構築するOD推計システムのモデル構造は、地方自治体において活用することを想定し、地方コンサルタントの担当者も利用可能となるよう一般的なトリップベースの四段階推計モデルを基本とし、生成・発生モデル、分布モデル、分担モデルにより目的別手段別OD表を推計する構造とする(図-1)。

また、先行研究においては、帰宅目的OD表はホームベース目的のOD交通量を説明変数とした重回帰モデルによって推計していたが、本研究では、帰宅目的トリップもホームベース目的と同様のモデル体系で推計する。具体的には、ホームベース目的トリップは発生モデルと目的地選択モデルの組み合わせで推計する方式に対して、帰宅目的トリップは集中モデルと出発地選択モデルの組み合わせで推計する。さらに、分布モデルについては、分担モデルから得られる合成効用(ログサム変数)を説明変数に組み込む構造とする。

b) ホームベース目的とノンホームベース目的の分離

全国PT調査は、都市別に調査区が30地区設定され、その調査区の居住者を対象とした調査であるため、ノンホームベース目的トリップ(自宅以外を出発地とするトリップ)については、調査区内の居住者のホームベース目的トリップ(自宅を出発地とするトリップ)の移動先からの発生しかサンプルが存在しない。このようにノンホームベース目的の発生交通量は原単位による推計が困難であることから、ホームベース目的の集中量から推計

することとし、目的区分をホームベース目的とノンホームベース目的に明示的に分けた構造とする。

c) 観測交通量を用いた推計OD表の補正

分布交通量を推計した段階で、交通関連ビッグデータの観測OD交通量を用いて推計したOD表の補正を行い、精度を高める。

(4) OD推計モデルの構築

図-1に示した推計フローチャートに従い、発生・分布・分担の各段階における推計方法について以下に示す。なお、モデルのカテゴリ区分は、性別 k 、個人属性 l 、就業有無 m 、世帯属性 n を基本とする。

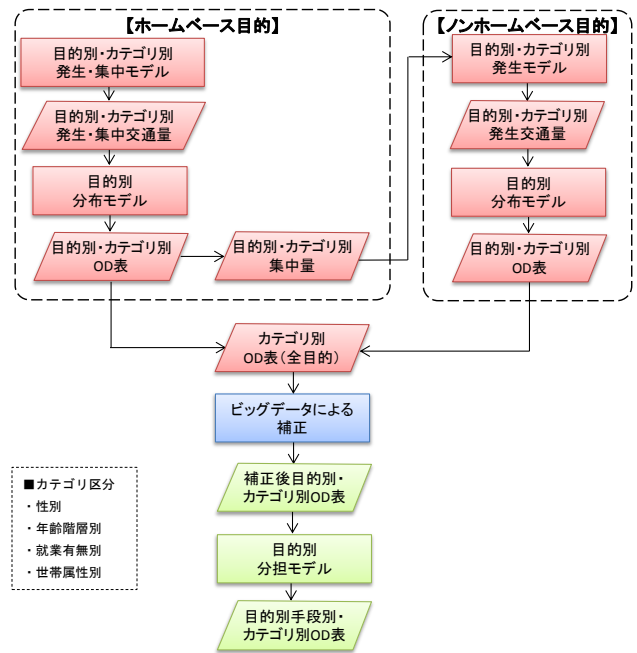


図-1 推計フローチャート

a) ホームベース目的発生モデル

ホームベース目的の発生モデルでは、全国PT調査データから類似の対象都市群における全域の目的別発生原単位を集計し、これにゾーン別の夜間人口を乗じることで、目的別ゾーン別発生交通量を推計する。

$$G_{ti}^{klmn} = C_t^{klmn} \cdot N_i^{klmn} \quad (1)$$

ここに、

N_i^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、ゾーン i の居住人口

G_{ti}^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、ホームベース目的(出発系)の目的区分 t 、ゾーン i の発生交通量

C_t^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、ホームベース目的(出発系)の目的区分 t の発生原単位

なお、私事目的については、後述するゾーンの拠点性を考慮するため、夜間人口と拠点ランクを説明変数とした重回帰モデルにより私事目的ゾーン別発生交通量を推計する。また、重回帰モデルのパラメータ推定をするため、サンプル数の関係から、カテゴリ区分を集約したうえで適用する。

$$G_{ti}^{l'm} = \alpha^{l'm} N_i^{l'm} + \sum_g v^{l'mg} \cdot r_i^g \quad (2)$$

ここに、

- $G_{ti}^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、ノンホームベース目的の私事目的 t 、ゾーン i の発生交通量
- $N_i^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、ゾーン i の夜間人口
- r_i^g : ゾーン i の拠点ランク区分 g のダミー変数
- $\alpha^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m の夜間人口に対するパラメータ
- $v^{l'mg}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、拠点ランク区分 g のダミー変数に対するパラメータ

b) ホームベース目的集中モデル

自宅への帰宅トリップについては、ホームベース目的発生モデルと同様に、集中原単位を集計し、これにゾーン別の夜間人口を乗じることにより、帰宅目的ゾーン別集中交通量を推計する。

$$A_{ti}^{klmn} = D_t^{klmn} \cdot N_i^{klmn} \quad (3)$$

ここに、

- A_{ti}^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、ホームベース目的（帰宅系）の目的区分 t 、ゾーン i の集中交通量
- D_t^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、ホームベース目的（帰宅系）の目的区分 t の集中原単位

私事目的については発生モデルと同様に、カテゴリ区分を集約し、夜間人口と拠点ランクを説明変数とした重回帰モデルにより私事目的ゾーン別集中交通量を推計する。

$$A_{ti}^{l'm} = \beta^{l'm} N_i^{l'm} + \sum_g \mu^{l'mg} \cdot r_i^g \quad (4)$$

ここに、

- $A_{ti}^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、ノンホームベース目的の私事目的 t 、ゾーン i の集中交通量
- r_i^g : ゾーン i の拠点ランク区分 g のダミー変数
- $\beta^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m の夜間人口に対するパラメータ
- $\mu^{l'mg}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、拠点ランク区分 g のダミー変数に対するパラメータ

c) ノンホームベース目的発生モデル

ノンホームベース目的の発生モデルは、全国PT調査データから原単位を集計することが困難であることから、先行研究と同様に、当該ゾーンへの自宅発トリップの集中交通量と拠点ランクを説明変数とする次式のような重回帰モデルとする。

$$G_{ti}^{l'm} = \sum_t \theta_t^{l'm} A_{ti}^{l'm} + \sum_g \lambda_t^{l'mg} \cdot r_i^g \quad (5)$$

ここに、

- $G_{ti}^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、ノンホームベース目的の目的区分 t 、ゾーン i の発生交通量
- $A_{ti}^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、ホームベース目的（出発系）の目的区分 t 、ゾーン i の集中交通量
- r_i^g : ゾーン i の拠点ランク区分 g のダミー変数
- $\theta_t^{l'm}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、ホームベース目的（出発系）の目的区分 t の集中交通量に対するパラメータ
- $\lambda_t^{l'mg}$: 高齢非高齢区分 l' 、就業有無 m 、拠点ランク区分 g のダミー変数に対するパラメータ

d) 分布モデル

ホームベース目的（出発系）およびノンホームベース目的の分布モデルでは、全国PT調査のサンプルデータを用いて目的別の目的地選択ロジットモデルを構築し、ゾーン別発生交通量に目的地選択確率を乗じることによって分布交通量を推計する。

$$X_{tij}^{klmn} = G_{ti}^{klmn} \frac{\exp(V_{tij}^{klmn})}{\sum_j \exp(V_{tij}^{klmn})} \quad (4)$$

ここに、

- X_{tij}^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、目的区分 t 、ODペア ij のOD交通量
- V_{tij}^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、目的区分 t 、発ゾーン i において着ゾーン j を選択する効用

一方、ホームベース目的（帰宅系）の分布モデルでは、同じく全国PT調査のサンプルデータを用いて、目的別の出発地選択ロジットモデルを構築し、ゾーン別集中交通量に出発地選択確率を乗じることによって分布交通量を推計する。

$$X_{tij}^{klmn} = A_{tj}^{klmn} \frac{\exp(\hat{V}_{tij}^{klmn})}{\sum_i \exp(\hat{V}_{tij}^{klmn})} \quad (5)$$

ここに、

- \hat{V}_{tij}^{klmn} : 性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n 、目的区分 t 、着ゾーン j において発ゾーン i を選択する効用

目的地選択モデルの効用の関数形については、目的地の規模変数の中で分割・統合の基準となる変数を選定し、他の変数を密度に変換して適用する方法を採用する。また、本研究における規模の基準変数としては、ゾーン面積を用いる。なお、モデルの区分については、目的別を基本とし、個人属性によるカテゴライズは行わない。ただし、交通手段選択モデルには個人属性を表すダミー変数を説明変数に導入するため、ログサム変数については個人属性別に算定されることになる。このため、効用関数のカテゴリ区分も結果的に性別 k 、年齢階層 l 、就業有無 m 、世帯属性 n になる。

e) 観測OD交通量による推計OD表の補正

先行研究⁹⁾では、交通行動モデルによるOD推計は予測精度に限界があるうえ、類似都市群のデータでパラメータ推定を行うことから、対象都市のビッグデータの観測OD交通量を用いて、OD推計の補正を行い、目的地選択の精度が改善することを確認した。

本研究では、前述の先行研究における課題の改良に注力するとともに、今後、多様なビッグデータが提供されることを見据え、対象都市のPT調査データから作成した仮想ビッグデータを用いて補正した。具体的には、PT調査データから、就業有無、世帯属性、目的が区分されていない年齢階層別の観測OD交通量を作成した。

一方で、発生・分布モデルにより推計されたOD表は目的別に分かれているため、補正係数は、性別年齢階層別の観測OD交通量と推計OD交通量の差分を求め、これを推計したOD表の就業有無・世帯属性・目的構成比で分割して求める。得られた補正係数を用いて、分布モデル(4),(5)式を(7),(8)式のように修正する。

$$\psi_{tij}^{klmn} = \left(\hat{Z}_{ij}^{kl} - \sum_{m'} \sum_{n'} \sum_{t'} X_{t'ij}^{klm'n'} \right) \frac{X_{tij}^{klmn}}{\sum_{m'} \sum_{n'} \sum_{t'} X_{t'ij}^{klm'n'}} \quad (8)$$

$$X_{tij}^{klmn} = G_{ti}^{klmn} \frac{\exp(V_{tij}^{klmn})}{\sum_j \exp(V_{tij}^{klmn})} + \psi_{tij}^{klmn} \quad (9)$$

$$X_{tij}^{klmn} = A_{tj}^{klmn} \frac{\exp(\hat{V}_{tij}^{klmn})}{\sum_i \exp(\hat{V}_{tij}^{klmn})} + \psi_{tij}^{klmn} \quad (10)$$

ここに、

\hat{Z}_{ij}^{kl} : OD ペア ij の観測 OD 交通量 (携帯電話基地局データ)

ψ_{tij}^{klmn} : 目的区分 t , OD ペア ij の補正係数

f) 分担モデル

分担モデルについては、目的別に交通手段選択ロジットモデルを構築し、仮想ビッグデータで補正したOD表に交通手段選択確率を乗じることで推計を行う。

$$Y_{tijh}^{klmn} = X_{tij}^{klmn} \frac{\exp(V_{tijh}^{klmn})}{\sum_{\hat{h}} \exp(V_{tijh}^{klmn})} \quad (11)$$

ここに、

Y_{tijh}^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 l , 就業有無 m , 世帯属性 n , 目的区分 t , OD ペア ij , 交通手段 h のOD交通量

X_{tij}^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 l , 就業有無 m , 世帯属性 n , 目的区分 t , OD ペア ij において、交通手段 h を選択する効用

3. ケーススタディの対象都市と使用データ

(1) ケーススタディの対象都市とシステム要件

a) 対象都市

本手法は、PT調査が実施されていない都市規模の地方都市での適用を想定して開発した。本研究では、PT調査の実施状況等を踏まえ、比較的規模の小さい地方都市として、全国PT調査の都市セグメントの地方中核都市圏(中心都市40万人未満)と地方中心都市圏を対象とする。地方中核都市圏(中心都市40万人未満)モデルのパラメータ推定では、中心都市の弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市、周辺都市の高崎市の7都市、地方中小都市モデルのパラメータ推定では、全国PTの地方中心都市圏の湯沢市、伊那市、上越市、長門市、今治市、人吉市の6都市を対象とする。

ケーススタディにおいては、PT調査に基づく仮想ビッグデータに基づく補正、推計結果のPT調査との比較を想定し、近年PT調査が実施された群馬県から地方中核都市圏として高崎市、地方中心都市圏として沼田市と選定した。

b) ゾーン区分

過年度の検討では、道路交通センサスのBゾーン単位としていたが、公共交通の利用可能性を比較的精緻に反映するため、出発地・目的地区分は、全国PTでコード化されている町丁字単位とする。

c) カテゴリ区分

モデルのカテゴリ区分としては、個人属性と世帯属性をクロスした分類とする。個人属性については、性別・年齢階層別・就業有無別を基本とする。世帯属性については、子育て世代や単身高齢者をサポートする施策評価を行うことを想定し、女性の子供の有無や、高齢者の単身状況を分けて設定し、サンプル数の少ない一部について、カテゴリの統合を行った。

d) 目的区分

発生・集中交通量推計モデルと分布交通量推計モデルは、発生交通量推計モデルと目的地選択モデル、集中交通量推計モデルと出発地選択モデルを組み合わせる推計する構造とし、帰宅系の目的は、集中交通量推計モデルと出発地選択モデルの構築による推計を基本とした。

表-1 モデルの目的区分

ホームベース目的	発生	自宅-通勤
		自宅-通学
		自宅-業務
		自宅-私事
ノンホームベース目的	集中	通勤-帰宅
		通学-帰宅
		業務-帰宅
		私事-帰宅
ノンホームベース目的		勤務・業務 その他私事

e) 交通手段区分

モデルの交通手段区分としては、鉄道、バス、自動車、2輪車、自転車、徒歩の6区分とする。

(2) 人口フレーム

人口フレームデータについては、夜間人口と従業人口を整備する。夜間人口については2010年国勢調査の性別年齢階層別人口をベースとして、就業比率や世帯属性比率によりカテゴリ区分を分割する。従業人口については2012年経済センサスから産業別従業者数を整理する。

(3) LOSデータ

本検討におけるモデルは、地方自治体の立地適正化計画・公共交通網形成計画の担当者が扱えるようにするため、LOSデータは国土数値情報などの一般的に入手可能なものを使用することとし、可能な限り2015年に近い最新時点のものについて整備する(表-2)。

分布モデルのLOSデータとしては、面積、学校、人口密度といった指標以外に、立地適正化計画等の都市機能誘導の政策評価に関係する施設として、病院、福祉施設(幼稚園・保育所、老人福祉施設)、ホール、図書館、役場のデータを整備し、拠点ランクを設定した。具体的には、当該ゾーンが属するBゾーンに立地する施設種類数でランク分けしてダミー変数を導入する。施設データは国土数値情報や経済センサスからデータを収集・整理する。

分担モデルでは交通手段別にゾーン間所要時間や費用等のデータ整備が必要となる。鉄道LOSに関しては、全国総合交通分析システム(NITAS: National Integrated Transport Analysis System)の出力結果を用いることとし、バスLOSについては、国土数値情報のバスルートとバス停からバスネットワークデータを作成し、経路所要時間や費用、運行頻度を算定する。その他の交通手段のLOSについては、NITASから算出された距離に交通手段別の旅行速度を与えて、ゾーン間最短経路所要時間を算定する。また、自転車と徒歩の説明変数として、標高差を用いることを検討するため、標高データについても整備する。

表-2 人口フレーム・LOSデータの一覧

データ項目	出典・元データ
人口フレーム	
夜間人口	2010年国勢調査
従業人口	2012年経済センサス
分布モデルLOS	
病院	2014年国土数値情報(医療機関(点))
学校	2013年国土数値情報(学校(点))
福祉施設	2015年国土数値情報(福祉施設(点))
集客施設(ホール)	2014年国土数値情報(集客施設(点))
文化施設(図書館)	2013年国土数値情報(文化施設(点))
事業所	2012年経済センサス
商業施設	2012年経済センサス
役場	2014年国土数値情報(市町村役場等・公的集会施設(点))
距離	DRM2703
分担モデルLOS	
鉄道LOS	NITAS
バスLOS	2010年国土数値情報(バスルート(線)、バス停留所(点))
自動車LOS	DRM2703
2輪車LOS	DRM2703
自転車LOS	DRM2703
徒歩LOS	DRM2703
標高	2011年国土数値情報(標高・傾斜3次メッシュ)

4. OD推計モデルの構築

(1) ホームベース発生・集中モデル

以降では、本研究で新たに対象とした、地方中心都市圏を対象に作成したモデルについて示す。

ホームベース目的の発生モデル、集中モデルは、原単位モデルを基本とし、私事目的については、拠点ランクを考慮する回帰モデルとした。パラメータの推定結果は、表-3, 4, 5のとおりである。

表-3 発生モデル(私事目的以外)のパラメータ推定結果

性別	年齢階層	世帯属性	発生原単位					
			就業者			非就業者		
			自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務
男性	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9369	0.0000
	15~24歳	区分なし	0.5352	0.0000	0.0141	0.0075	0.6541	0.0075
	25~44歳	区分なし	0.5159	0.0000	0.0545	0.0426	0.0000	0.0213
	45~64歳	区分なし	0.5005	0.0010	0.0888	0.0000	0.0000	0.0227
	65~74歳	単身である	0.3043	0.0000	0.1739	0.0500	0.0000	0.0250
		単身でない	0.2500	0.0000	0.2763	0.0159	0.0000	0.0889
女性	75歳~	単身である	0.0000	0.0000	0.1429	0.0000	0.0000	0.0208
		単身でない	0.1374	0.0000	0.2290	0.0109	0.0000	0.0381
	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9364	0.0000
	15~24歳	区分なし	0.6078	0.0000	0.0000	0.0000	0.5526	0.0066
	25~44歳	区分なし	0.3273	0.0182	0.0091	0.0000	0.0704	0.0000
		子供がいる(0~5歳)	0.6042	0.0000	0.0313	0.0000	0.0938	0.0313
男性	45~64歳	単身である	0.5884	0.0000	0.0225	0.0000	0.0000	0.0145
		単身でない	0.5659	0.0037	0.0549	0.0232	0.0029	0.0174
	65~74歳	単身である	0.2813	0.0000	0.2188	0.0000	0.0000	0.0161
		単身でない	0.2606	0.0000	0.1702	0.0070	0.0000	0.0443
	75歳~	単身である	0.1818	0.0000	0.0909	0.0000	0.0000	0.0108
		単身でない	0.0345	0.0000	0.2414	0.0000	0.0000	0.0267

表-4 集中モデル(私事目的以外)のパラメータ推定結果

性別	年齢階層	世帯属性	集中原単位					
			就業者			非就業者		
			自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務
男性	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8604	0.0000
	15~24歳	区分なし	0.4930	0.0000	0.0141	0.0000	0.5789	0.0150
	25~44歳	区分なし	0.4811	0.0000	0.0635	0.0426	0.0000	0.0213
	45~64歳	区分なし	0.4180	0.0010	0.1022	0.0000	0.0000	0.0303
	65~74歳	単身である	0.2174	0.0000	0.1739	0.0500	0.0000	0.0250
		単身でない	0.2316	0.0000	0.2684	0.0095	0.0032	0.0921
女性	75歳~	単身である	0.0000	0.0000	0.1429	0.0000	0.0000	0.0208
		単身でない	0.0992	0.0000	0.2290	0.0082	0.0000	0.0381
	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8941	0.0000
	15~24歳	区分なし	0.6275	0.0000	0.0000	0.0000	0.5132	0.0132
	25~44歳	区分なし	0.2727	0.0182	0.0091	0.0000	0.0563	0.0000
		子供がいる(0~5歳)	0.5104	0.0000	0.0313	0.0000	0.0313	0.0000
男性	45~64歳	単身である	0.5113	0.0000	0.0289	0.0000	0.0000	0.0145
		単身でない	0.4524	0.0024	0.0561	0.0232	0.0029	0.0174
	65~74歳	単身である	0.2188	0.0000	0.0938	0.0000	0.0000	0.0161
		単身でない	0.1915	0.0000	0.1702	0.0047	0.0000	0.0490
	75歳~	単身である	0.1818	0.0000	0.0909	0.0000	0.0000	0.0054
		単身でない	0.0000	0.0000	0.2414	0.0000	0.0000	0.0246

表-5 発生モデル（私事目的）のパラメータ推定結果

目的	年齢階層	就業有無	パラメータ			決定係数 R ²	サンプル数	
			夜間人口	拠点ランク4以上	拠点ランク4-5			拠点ランク6
自宅私事	非高齢	就業者	0.1324 (19.78)	0.8926 (5.25)	-	-	0.8588	340
	非高齢	非就業者	0.2749 (21.04)	0.8543 (4.97)	-	-	0.8454	302
	高齢	就業者	0.2738 (15.75)	-	0.3778 (2.76)	0.6319 (1.90)	0.7348	296
	高齢	非就業者	0.4506 (25.66)	0.8951 (3.36)	-	-	0.8592	330
私事帰宅	非高齢	就業者	0.1999 (29.86)	0.8926 (5.25)	-	-	0.8588	340
	非高齢	非就業者	0.3028 (23.17)	0.8543 (4.97)	-	-	0.8454	302
	高齢	就業者	0.2935 (16.88)	-	0.3778 (2.76)	0.6319 (1.90)	0.7348	296
	高齢	非就業者	0.4475 (25.48)	0.8951 (3.36)	-	-	0.8592	330

※ 上段：パラメータ値，下段：値

(2) ノンホームベース発生モデル

説明変数の選定にあたり，全ての説明変数の組み合わせについて推定を実施し，説明変数の符号が全て正，かつ，t値が全て有意な組み合わせのうち，決定係数が高いものを選定した。その他私事目的については，拠点ランクを考慮することとした。パラメータの推定結果は，表-6, 7のとおりである。勤務・業務の非高齢・非就業者についてはモデル推定ができず，高齢についても推定はできたものの決定係数は非常に低い。

(3) ホームベース目的分布モデル

説明変数としては，分担モデルのログサム変数を導入するとともに，ゾーン内々ダミー，基準変数（ゾーン面積）を基本として，自宅-通勤と自宅-業務については従業人口密度を説明変数として加え，自宅-通学については学校密度を説明変数として加える。自宅-私事については，Bゾーン単位の拠点ランクを設定し，夜間人口密度，従業人口密度を加える。パラメータの推定結果は表-8のとおりである。尤度比，t値ともに概ね良好な結果が得られ，それぞれの符号も妥当である。

表-6 勤務・業務目的の発生モデルのパラメータ推定結果

目的	年齢階層	就業有無	パラメータ				決定係数 R ²	サンプル数
			自宅-勤務 集中量	自宅-通学 集中量	自宅-業務 集中量	自宅-私事 集中量		
勤務・業務	非高齢	就業者	0.1408 (18.62)	-	0.2589 (4.57)	-	0.6651	397
	非高齢	非就業者	-	-	-	-	-	-
	高齢	就業者	0.2769 (7.02)	-	0.2267 (6.53)	0.0897 (2.71)	0.5946	228
	高齢	非就業者	-	-	0.1257 (10.42)	-	0.2891	268

※ 上段：パラメータ値，下段：値

表-7 その他私事目的の発生モデルのパラメータ推定結果

目的	年齢階層	就業有無	パラメータ					決定係数 R ²	サンプル数	
			自宅-勤務 集中量	自宅-通学 集中量	自宅-業務 集中量	自宅-私事 集中量	拠点ランク4以上			拠点ランク5以上
その他私事	非高齢	就業者	0.1855 (12.88)	1.1861 (2.08)	-	0.4423 (10.74)	-	0.2941 (1.20)	0.7902	388
	非高齢	非就業者	0.3779 (1.83)	0.0575 (3.21)	-	0.3130 (10.85)	0.1394 (1.52)	-	0.6246	243
	高齢	就業者	0.2434 (4.83)	-	0.1301 (3.02)	0.2725 (6.47)	-	0.2130 (2.19)	0.6111	223
	高齢	非就業者	-	-	0.6366 (5.06)	0.3974 (22.00)	-	-	0.7968	280

※ 上段：パラメータ値，下段：値

(4) ノンホームベース目的分布モデル

説明変数としては，ホームベース目的のものと同様に，分担モデルのログサム変数を導入し，ゾーン内々ダミー，基準変数（ゾーン面積）を基本とする。勤務・業務については，ホームベース目的の自宅-勤務や自宅-業務と同様に，従業人口密度を説明変数として加える。その他私事についても，ホームベース目的の自宅-私事と同様に，従業人口密度，Bゾーン単位の拠点ランクを加える。パラメータの推定結果は表-9のとおりである。尤度比，t値ともに概ね良好な結果が得られ，それぞれの符号も妥当である。

(5) 分担モデル

モデルの推定にあたり，通勤，通学目的は，発生側と集中側をプールし，業務，私事目的は，ホームベースとノンホームベースをプールした。分担モデルの説明変数としては，ゾーン間の交通手段別所要時間や費用（鉄道，バス）を基本として，それ以外に個人属性のダミー変数を導入する。私事目的については，標高差を説明変数に追加している。

表-8 ホームベース目的分布モデルのパラメータ推定結果

	自宅通勤 通勤帰宅	自宅通学 通学帰宅	自宅業務 業務帰宅	自宅私事 私事帰宅
分担モデルログサム変数	0.3484 (4.38)	0.8417 (5.38)	0.9325 (2.10)	0.7434 (5.31)
全国PTゾーン内々ダミー	0.2115 (1.48)	0.2878 (1.78)	2.7052 (2.37)	1.3513 (11.35)
Bゾーン内々ダミー	-	-	0.3667 (1.89)	0.1431 (1.60)
ln(着ゾーン夜間人口密度(人/km ²))	-	-	-	0.1344 (2.17)
ln(着ゾーン従業人口密度(人/km ²))	0.6361 (22.64)	-	0.5901 (9.09)	0.6105 (12.22)
ln(着ゾーン学校密度(人/km ²))	-	0.6036 (11.08)	-	-
Bゾーン拠点ランク 3・4・5・6	-	-	-	0.6554 (3.98)
ln(ゾーン間距離(km)) ※ゾーン内々のみ	-0.1796 (-1.52)	-0.1641 (-0.78)	0.5292 (2.52)	-0.0424 (-0.43)
ln(ゾーン面積(km ²))	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)

※ 上段：パラメータ値，下段：値

表-9 ノンホームベース目的分布モデルのパラメータ推定結果

	勤務業務	その他私事
分担モデルログサム変数	0.1925 (1.42)	0.4799 (1.22)
PTゾーン内々ダミー	1.0142 (1.99)	1.0525 (2.36)
ln(着ゾーン従業人口密度(人/km ²))	0.5946 (6.43)	0.6494 (6.61)
Bゾーン拠点ランク 4・5・6	-	-
ln(ゾーン間距離(km)) ※ゾーン内々のみ	0.7142 (1.17)	-
ln(ゾーン面積(km ²))	1.0000 (-)	1.0000 (-)

※ 上段：パラメータ値，下段：値

5. ケーススタディによる精度検証と感度分析

(1) OD 推計モデルの精度検証結果

構築したOD推計モデルの精度検証として、群馬県沼田市を対象として、現況交通量の推計および感度分析の検証を行う。検証方法としては、推計フローチャートに基づき推計した推計OD表の値と、2015年に実施された群馬PT調査データの集計値との比較を行う。

a) ホームベース目的発生・集中交通量の検証

ホームベース目的のカテゴリ別目的別発生交通量，集中交通量の推計値と実績値を比較すると，カテゴリの合計では，推計値／実績値の比率は，概ね1.0程度であるが，女性の就業者の自宅－私事，私事帰宅は，差異が大きい傾向にある（表-10, 11）。

b) ノンホームベース目的発生交通量の検証

ホームベース目的のカテゴリ別目的別発生交通量，集中交通量の推計値と実績値を比較すると，カテゴリの合計では，推計値／実績値の比率は，概ね1.0程度であるが，男性の就業者の勤務業務，その他私事は，差異が大きい傾向にある（表-12）。

c) ホームベース目的OD表の検証

ホームベース目的の目的別OD交通量の推計値と群馬PT調査の実績値を比較すると，相関係数は比較的高く，全体的な傾向としては整合はとれているものの，乖離の大きい推計値も見られる（図-2, 3）。

目的別トリップ長分布について推計値と実績値を比較すると，いずれの目的も全体的に傾向は近いものの，内々交通量の推計値が大きい傾向にある（図-4, 5）。

表-10 沼田市居住者のホームベース発生交通量の推計／実績比

性別	年齢階層	世帯属性	就業者					非就業者					就業有無計
			自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事	目的計	自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事	目的計	
男性	年齢計	区分計	1.171	0.000	0.809	1.309	1.148	0.000	1.170	1.222	1.101	1.142	1.145
女性	年齢計	区分計	1.022	0.000	1.338	0.634	0.919	0.000	1.131	1.040	0.948	1.020	0.968
男女計			1.098	0.000	0.980	0.885	1.032	0.000	1.150	1.131	1.003	1.071	1.049

表-11 沼田市居住者のホームベース集中交通量の推計／実績比

性別	年齢階層	世帯属性	集中原単位					就業有無計					
			通勤帰宅	通学帰宅	業務帰宅	私事帰宅	目的計	通勤帰宅	通学帰宅	業務帰宅	私事帰宅	目的計	
男性	年齢計	区分計	1.097	0.000	0.842	1.392	1.130	0.000	1.157	1.366	1.057	1.113	1.124
女性	年齢計	区分計	1.047	0.000	1.270	0.650	0.897	0.000	1.187	0.738	0.930	1.005	0.949
男女計			1.074	0.000	0.981	0.919	1.014	0.000	1.172	0.991	0.976	1.050	1.030

表-12 沼田市居住者のノンホームベース発生交通量の推計／実績比

性別	年齢階層	世帯属性	就業者			非就業者			就業有無計
			勤務業務	その他私事	目的計	勤務業務	その他私事	目的計	
男性	年齢計	区分計	0.536	1.899	1.123	0.476	1.208	1.199	1.147
女性	年齢計	区分計	1.291	0.976	1.043	0.218	1.087	1.069	1.054
男女計			0.729	1.322	1.085	0.285	1.134	1.119	1.098

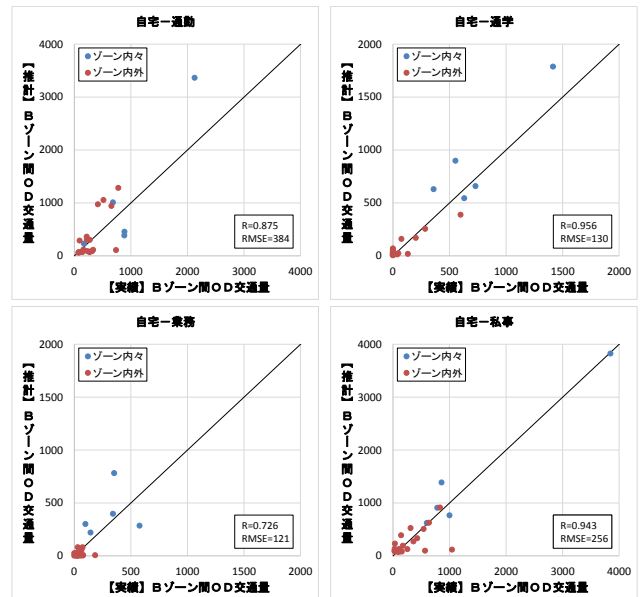


図-2 ホームベース目的OD表の実績値と推計値の比較①

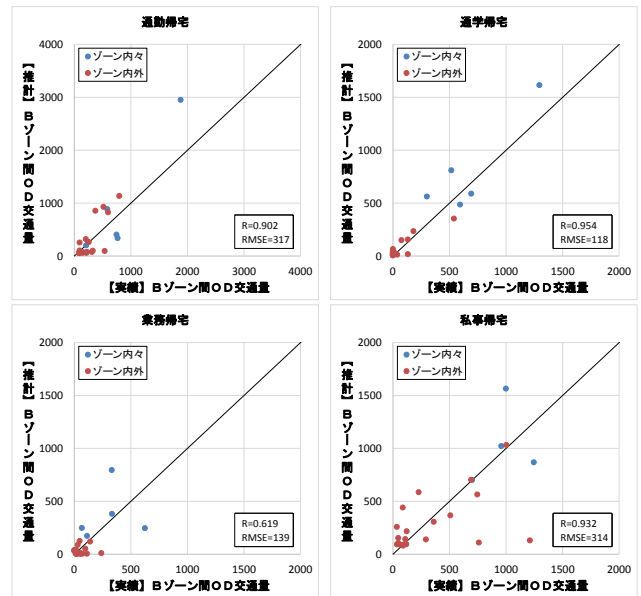


図-3 ホームベース目的OD表の実績値と推計値の比較②

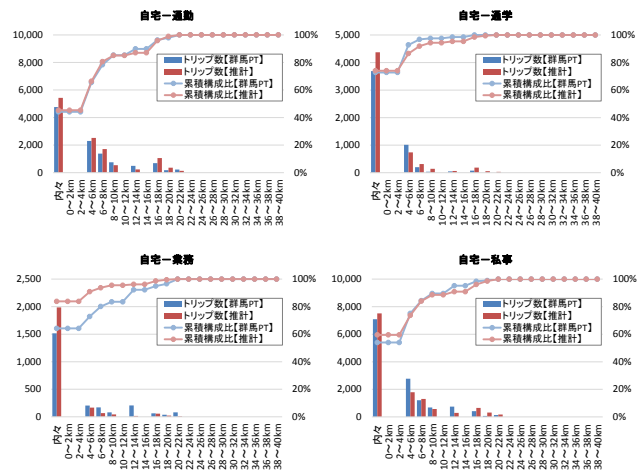


図-4 ホームベース目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較①

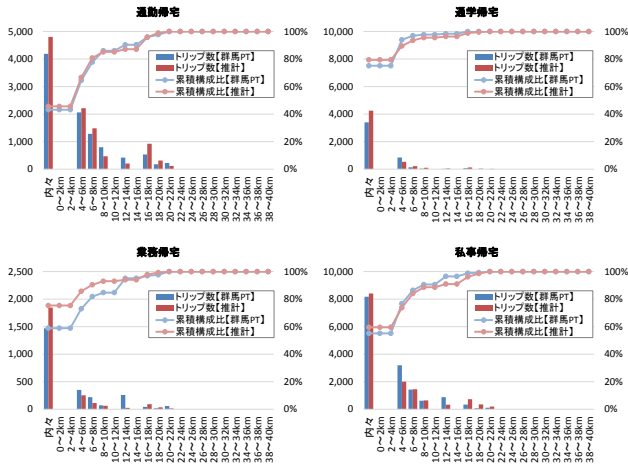


図-5 ホームベース目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較②

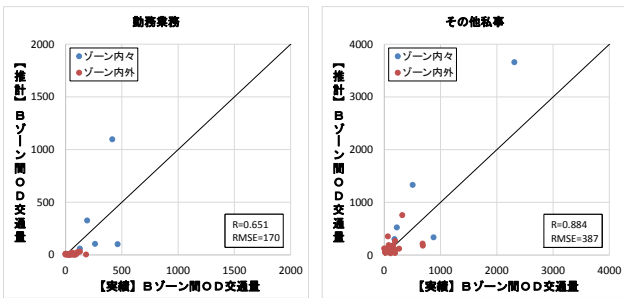


図-6 ノンホームベース目的OD表の実績値と推計値の比較

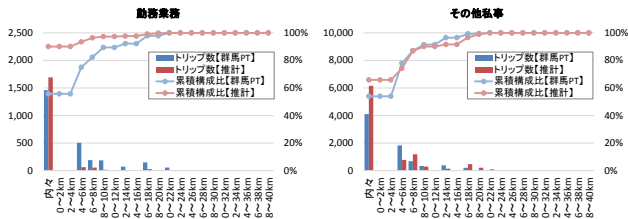


図-7 ノンホームベース目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較

d) ノンホームベース目的OD表の検証

ノンホームベース目的の目的別OD交通量の推計値と群馬PT調査の実績値を比較すると、相関係数は比較的高いものの、いずれの目的も散布図はばらつく傾向がある(図-6)。トリップ長分布をみると、いずれの目的も内々の推計値が多い傾向がある(図-7)。

(2) 仮想ビッグデータによる補正の検証

交通行動モデルによるOD推計結果について、群馬PT調査から作成した仮想ビッグデータのOD交通量を用いて補正を行い、補正前後のデータを群馬PT調査の実績値と比較する。

a) 仮想ビッグデータとの比較

全目的のOD交通量の推計値(補正後)を、仮想ビッグデータの実績値と比較する。補正後の相関係数は1.000となり、仮想ビッグデータに整合させて補正が出来たことが確認できる(図-8)。

b) ホームベース目的OD表の検証

ホームベース目的の目的別OD交通量の推計値(補正後)と群馬PT調査の実績値を比較する(図-9,10)。いずれの目的においても補正前(図-2)と比較して、補正により相関係数が大きくなるとともに、RMSEが小さくなり乖離が少なくなっていることが確認できる。特に、自宅-勤務、自宅-私事等の内外交通量は補正によって、ゾーン内外のOD交通量の再現性が向上していることが確認できる。

c) ノンホームベース目的OD表の検証

ノンホームベース目的の目的別OD交通量の推計値(補正後)と群馬PT調査の実績値を比較する(図-11)。補正前(図-6)と比較して、その他私事では改善が見小さいが、それ以外は補正により実績値との相関係数が大きくなっていることが確認できる。特に、自宅-勤務、自宅-私事等の内外交通実績値との相関が強くなっていることが確認できる。また、ゾーン内々と比較してゾーン内外トリップは補正の結果再現性が向上していることが確認できる。

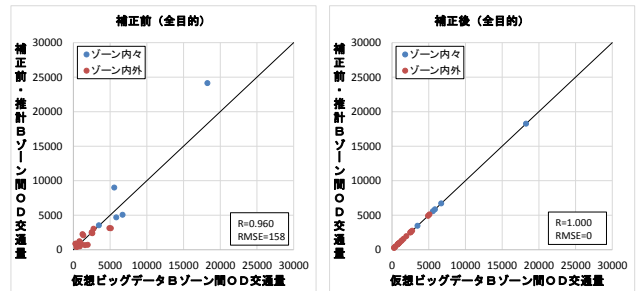


図-8 仮想ビッグデータと補正前・補正後の推計値の比較

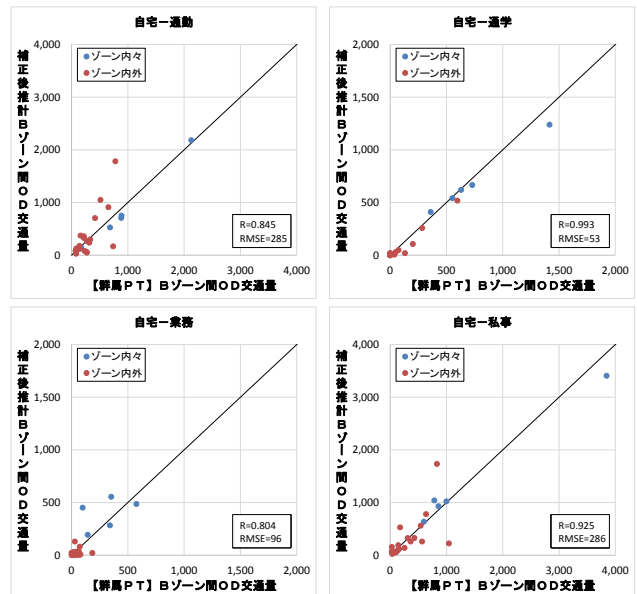


図-9 ホームベース目的OD表の実績値と補正後推計値の比較①

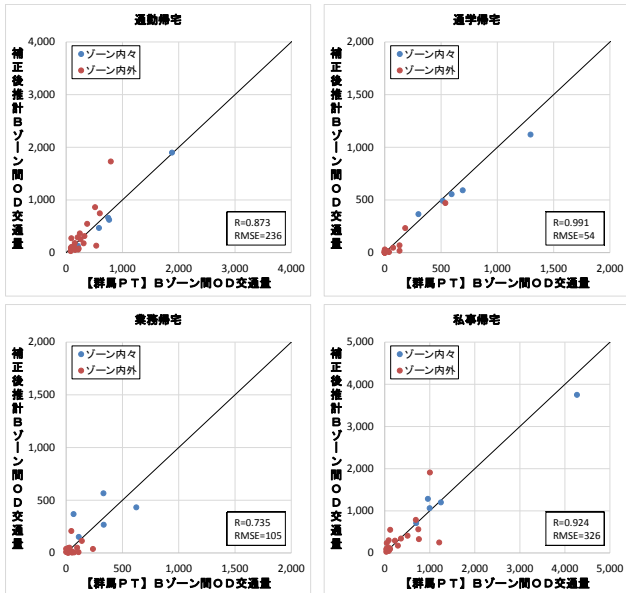


図-10 ホームベース目的OD表の実績値と補正後推計値の比較②

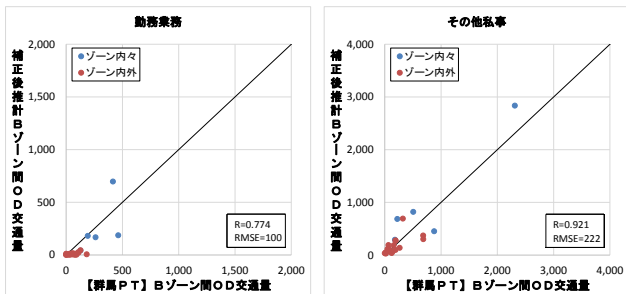


図-11 ノンホームベース目的OD表の実績値と補正後推計値の比較

(3) 交通手段分担率の検証

目的別の交通手段分担率の推計値と群馬PT調査の実績値を比較する(図-12)。分担率の大小関係は、概ね近い傾向にあることが確認できるが、実績値と比べて推計値は自動車分担率が高い目的が多く、バス、自転車、徒歩の分担率が低い傾向にある。パラメータ推定に用いた類似都市に比べて沼田市の自動車分担率が高い傾向にあることが影響していると考えられる。

(4) 政策の感度分析結果

沼田市を対象として、仮想的な立地適正化計画、公共交通網形成計画の施策を設定してOD推計の試算を行い、施策実施前後の推計値の比較を行う。

a) バス運行本数の増加

バスの運行本数が他地域よりも比較的多い地域を幹線公共交通軸と位置づけ、運行本数をさらに増加させるとともに、中心市街地内のバス運行本数を増加させ、中心市街地及び幹線公共交通軸に関連するOD間の公共交通の利便性を高めることを想定する。幹線公共交通軸と位置づけたバスの運行本数を20分に1本に、都市計画区域内のバスの運行本数を10分に1本に増加させる。

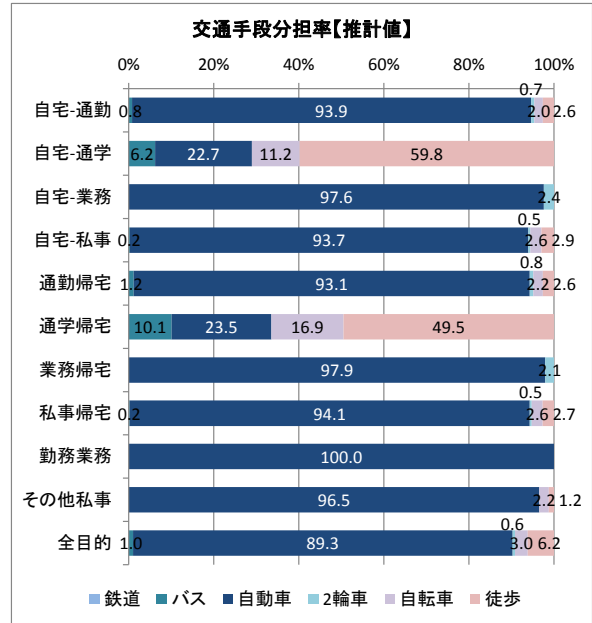
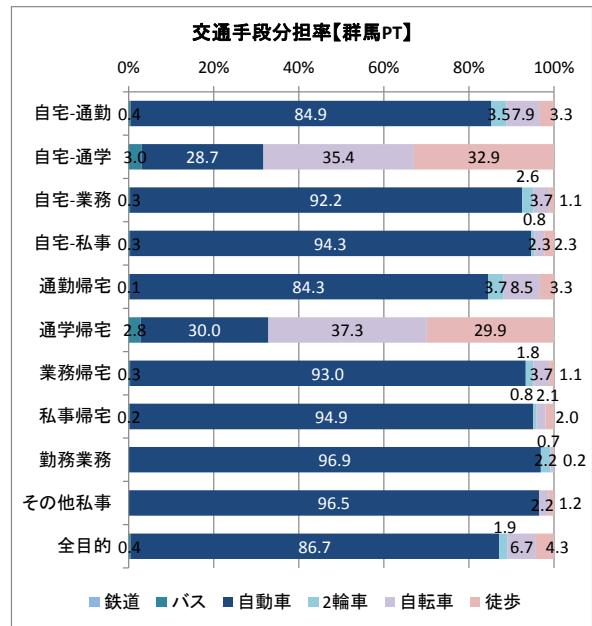


図-12 目的別の交通手段分担率
(上段：2015年群馬PT調査実績値，下段：OD推計値)

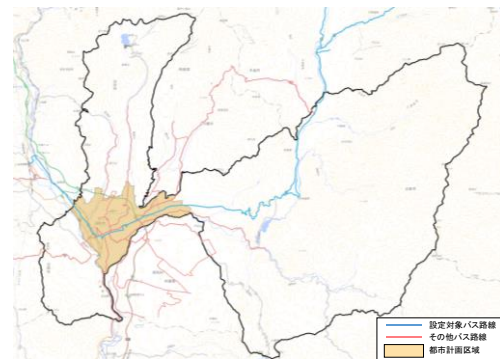


図-13 設定対象の概要(沼田市)

その結果、運行本数を増加させたOD間でバstriップが増加し、施策実施前後でバスのトリップ数、分担率がともに増加した(図-14,15)。

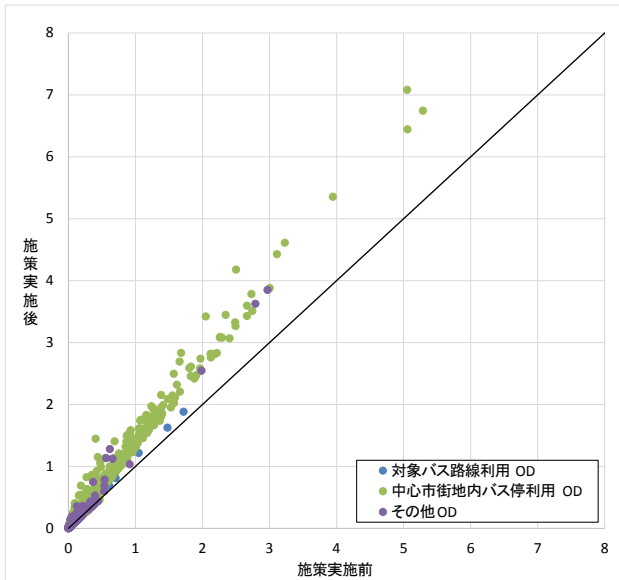


図-14 のバス利用ODの比較
(バス運行本数の増加)

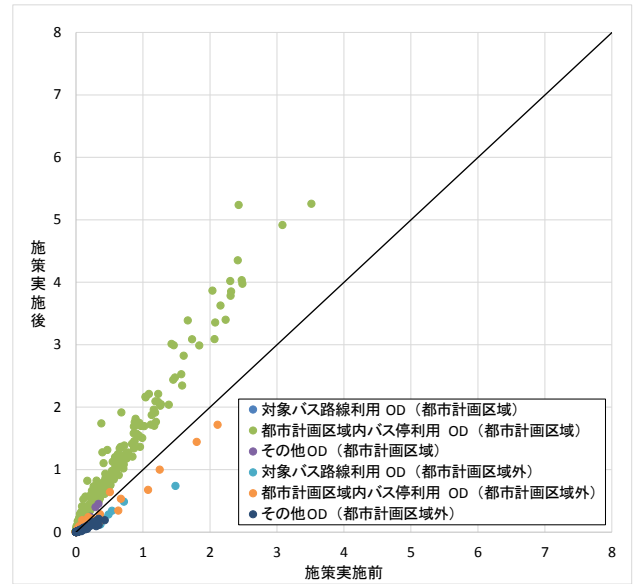


図-16 施策実施前後のバス利用ODの比較
(バス運行本数の増加と人口集約)

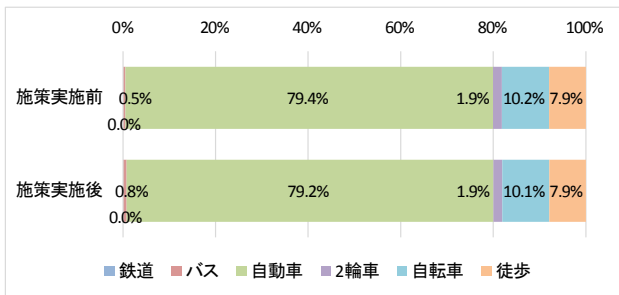


図-15 施策実施前後のバス分担率の変化
(バス運行本数の増加)

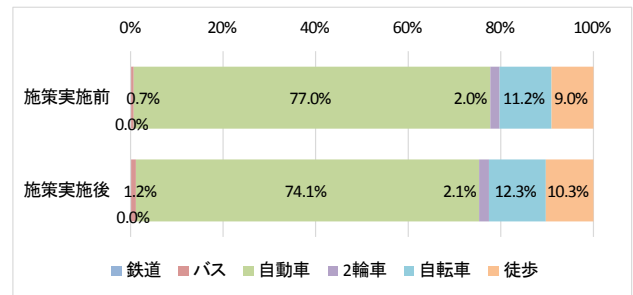


図-17 施策実施前後のバス分担率の変化
(バス運行本数の増加と人口集約)

b) バス運行本数の増加と人口集約

a)のバス運行本数の増加に加えて、都市計画区域内に人口を集約することを想定する。都市計画区域外の人口を半減させ、都市計画区域内に集約した。

その結果、都市計画区域内の発生交通量が増加し、都市計画区域外の発生交通量が減少するとともに、a)の場合と比較して、都市計画区域内を中心にバストリップ数、分担率ともに増加した(図-16,17)。

6. 本検討の成果と課題

(1) 本検討の成果

本研究では、地方中心都市圏を対象に開発した全国PT調査データを用いてOD推計モデルを構築してOD表を推計し、ビッグデータのOD交通量により補正する推計手法を、地方中心都市圏にも拡張した。また、分布モデルでは、分担モデルのログサム変数、拠点ランクによる影響の違いを考慮した拠点ランク変数を導入した。また、公共交通の感度が高まるように、ゾーン区分を全国PTの町丁字単位として、モデルのパラメータ推計を行った。

地方中心都市圏に該当する沼田市を対象に試算を行い、PT調査の実績値と比較した結果を整理・考察すると、以下のとおりである。

- 1) ホームベース目的については全体的な傾向についての再現はされているものの、乖離の大きい推計値も見られた。ノンホームベース目的については、全国PT調査で十分に把握できていないことから再現性が低い傾向が見られた。また、内々交通量の推計に乖離が見られた。
- 2) この推計OD表を、仮想ビッグデータのOD交通量を活用し、分布モデル式のロジットモデルの外に補正係数を導入する方法を用いて補正を行ったところ、補正前に比べて補正後のOD表は実績値との相関が大きくなり、特に内外交通量の再現性が向上した。
- 3) 交通手段分担については、地方中心都市圏においても、目的別の分担率の大小関係は概ね近い傾向にあることが確認できたが、実績値と乖離が見られた。これはパラメータ推定に用いた類似都市と当該都市の交通分担率の違いによる影響と考えられる。
- 4) 政策の感度分析においては、バス利用の少ない地方

中心都市圏においても、バス運行本数を増やすことにより、利用者数が増加すると推計されることが確認できた。

(2) 今後の課題

地方公共団体が、地方コンサルタントに本研究で構築したモデル活用して施策の検討を行うことを促すための方策が必要である。例えば、モデルの構造、推計方法を解説するための方策を重要である。また、推計に必要な LOSを整備する方法の解説も重要である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、東京大学の羽藤英二教授

から数多くの有益なご意見・ご示唆をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：立地適正化計画作成の手引き（平成29年4月10日版），2017.
- 2) 国土交通省：地域公共交通網形成計画及び地域公共交通再編実施計画作成のための手引き（第3版），2016.
- 3) 菊池雅彦，井上直，岩館慶多，茂木渉，森尾淳：全国 PT データと携帯電話基地局データを用いた地方都市での OD 表の推定，土木計画学研究・講演集，Vol.55,2017

(2018.4.27 受付)

IMPROVEMENT OF OD MATRIX ESTIMATION FOR PROVINCIAL SMALL TO MEDIUM CITIES BY NATIONWIDE PERSON TRIP SURVEY DATA

Masaki KATO, Jun MORIO, Kengo OCHI, Nobuo SEKI,
Keita IWADATE and Masahiko KIKUCHI