

全国PT調査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表の実務的推計

菊池 雅彦¹・岩館 慶多²・羽藤 英二³・茂木 渉⁴・森尾 淳⁵

¹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

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: iwadate-k22aa@mlit.go.jp

³正会員 東京大学大学院教授 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: hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp

⁴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: wmggi@ibs.or.jp

⁵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: jmorio@ibs.or.jp

地方都市圏では20年以上パーソントリップ調査（PT調査）等が実施できていない都市圏がある。本研究では、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表を推計する手法として、国が5年毎に実施している全国都市交通特性調査（全国PT調査）の都市規模別セグメントデータを用いた発生・分布・帰宅・分担モデルでOD表を推計したうえで、携帯電話基地局データの観測OD交通量を用いて補正を行う実務的な推計手法を開発した。ケーススタディとして高崎市において推計手法を適用してOD推計を行い、実際のPT調査との比較を行った結果、目的別OD表の再現性と立地適正化計画の施策評価の感度が確認でき、OD推計手法の実用可能性を示すことができた。

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

1. はじめに

都市圏の交通計画等を策定するにあたっては、定量的な根拠に基づいて検討を進めることが重要であるが、現実の地方都市圏では大規模で費用がかかることから20年以上パーソントリップ調査（以下、「PT調査」という）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。これまで、大規模なPT調査に代わり小規模調査を行い交通行動モデルを推定しOD表の推計を行う研究が進められており、既往研究としては、小規模サンプルによる簡略的交通需要予測手法¹⁾、アクティビティモデルを活用した予測モデルの開発^{2,3,4,5)}などの蓄積がある。

しかしこれらの手法においても、小規模であっても当該都市圏の実態調査によるサンプルデータの取得が必要であり、また、これらのOD推計モデルの目的地選択は

多くの選択肢を含みモデルの精度が低くなるという問題があり、地方自治体担当者が実務上使うには課題が多い。

一方で、国土交通省が5年に一度全国で実施している全国都市交通特性調査（以下、「全国PT調査」という）は、全国の都市における人の行動を統計的に把握しており^{6,7)}、都市規模別のセグメントデータを有している。このデータを用いることにより、実態調査を行うことなく、類似都市群の既存データにより推定した交通行動モデルによりOD交通量を推計できる可能性があるが、既往研究ではこのような取り組みはみられない。

また、モデルの精度改善については観測データを用いたデータ同化の手法がある。既往研究としては、Ge and Fukuda⁸⁾が、PT調査データによるOD表と携帯電話基地局データの在籍人口情報をモデルベースで融合させ、勤務地・通学先に関するトリップのOD交通量を推計する方法を提案し、坂ら⁹⁾は、これを発展させ、全ての目的を

網羅できるようにモデル式の拡張を行っている。また、澤田ら^{10), 11)}は交通行動モデルと携帯電話基地局データの在圏人口分布情報や観測OD分布を融合させたOD推計を実施している。また、観測データに応じて最適なODゾーンによりデータ同化を行う手法¹²⁾や観察データの寄与を識別してモデル化する手法¹³⁾等も提案されている。これらの手法は、実務的にはモデルによる推計の労力の負荷、計算負荷の課題があるが、近年、携帯電話基地局データが充実してきており、ここから提供される属性別の観測OD交通量を用いることにより、行政ニーズの高い1時点の目的別OD表に関して比較的簡易に補正を行い、OD推計の精度を改善できる可能性がある。

そこで、本研究においては、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PT調査の都市規模別セグメントデータを用いて、類似都市群のデータにより発生・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、携帯電話基地局データによる観測OD交通量を用いて補正を行う実務的推計手法を開発する。

さらに、ケーススタディとして、2015年に都市圏PT調査が実施された高崎市を対象としてOD推計の試算を行い、実際のPT調査との比較や感度分析を通じて、推計手法の妥当性、携帯電話基地局データによる補正の効果、施策評価の感度を検証する。

この開発にあたっては、行政実務で必要となるゾーン区分で目的別OD表等のデータを提供すること、実際の立地適正計画等の施策の定量的評価の感度を有すること、地方自治体やコンサルタントの実務担当者が扱えるような簡易なシステムであること、必要となる諸データも一般的に入手可能なもので構築すること、という実用性を条件として、実務的な推計手法を目指したい。

本研究は、6章で構成される。第2章では全国PT調査データを用いたOD推計システムの構築を行う。第3章では地方中核都市の類似都市群を対象としてOD推計モデルのパラメータ推定や補正等に使用するデータの整理を行い、第4章でOD推計モデルの推定を行う。第5章で高崎市におけるOD推計を実施し、現況再現性の確認と施策評価の結果を考察する。第6章で本研究の成果と今後の課題についてまとめる。

2. 全国PT調査データを用いたOD推計システム

(1) 全国PT調査データの特性

全国PT調査は国土交通省が5年に一度全国で実施している調査^{6), 7)}であり、全国の都市における人の行動の傾向を統計的に把握している唯一の調査である。その概要は

表-1 全国PT調査における都市類型

都市類型	調査対象都市
三大都市圏	
a 中心都市	さいたま市、千葉市、東京区部、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市
b 周辺都市	取手市、所沢市、松戸市、稲城市、堺市、奈良市
c 周辺都市	青梅市、小田原市、岐阜市、春日井市、豊橋市、津島市、東海市、龜山市、四日市市、近江八幡市、宇治市、豊中市、泉佐野市、明石市
地方中枢都市圏	
d 中心都市	札幌市、仙台市、広島市、北九州市、福岡市
e 周辺都市	小樽市、千歳市、塩竈市、吳市、大竹市、太宰府市
地方中核都市圏 (中心都市40万人以上)	
f 中心都市	宇都宮市、金沢市、静岡市、松本市、熊本市、鹿児島市
g 周辺都市	小矢部市、小松市、磐田市、総社市、諫早市、臼杵市
地方中核都市圏 (中心都市40万人未満)	
h 中心都市	弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市
i 周辺都市	高崎市、山梨市、海南市、安来市、南国市、浦添市
地方中心都市圏, その他の都市	
j	湯沢市、伊那市、上越市、長門市、今治市、人吉市

以下のとおりである。

- ・5年に1度実施（1987年～2015年の6回）
- ・全国の都市を10の都市類型のセグメントに分割し、各3,000世帯のサンプルを割当（表-1）。
- ・各セグメント毎に約6都市の調査市区町村を選定し（合計70都市）、各都市500世帯のサンプルを割当（表-1）。
- ・調査市区町村内で調査区域を30地区選定して、地区内より無作為に調査対象世帯を抽出

全国PT調査が一般的な都市圏PT調査と大きく異なる点として、都市圏PT調査のようなトリップ数の調査ではなく都市規模別の生成原単位や交通分担率等の分析や傾向把握を目的とした調査であること、このため各都市で30地区の調査区を選定して調査を行うものであり全地域の居住者のサンプルは得られていないこと、従ってOD交通量を把握することができないことが挙げられ、これらの特徴を踏まえてOD推計システムを検討する必要がある。

(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、目標性能、使用データ等について整理する。

a) 想定するユーザー

立地適正化計画や地域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性能

ゾーン区分は、行政実務で使用することが多いPT調

査の中ゾーン、道路交通起終点調査（旧：道路交通センサス）のBゾーン単位を基本として、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。

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、帰宅モデル、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）。

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。

また、帰宅トリップについては、ホームベース目的トリップから帰宅モデルによって推計する。

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、携帯電話基地局データの観測OD交通量を用いて推計したOD表の補正を行い、実績値との差を減らし再現力を高める。

(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・帰宅・分担の各段階における推計方法について以下に示す。カテゴリ区分は、性別 k 、年齢階層 ℓ 、就業有無 m 、世帯属性 n とする。

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生成原単位を集計し、これにゾーン別の夜間人口を乗じることにより、目的別ゾーン別発生交通量を推計する。

$$G_{ti}^{k\ell mn} = \alpha_t^{k\ell mn} N_i^{k\ell mn} \quad (1)$$

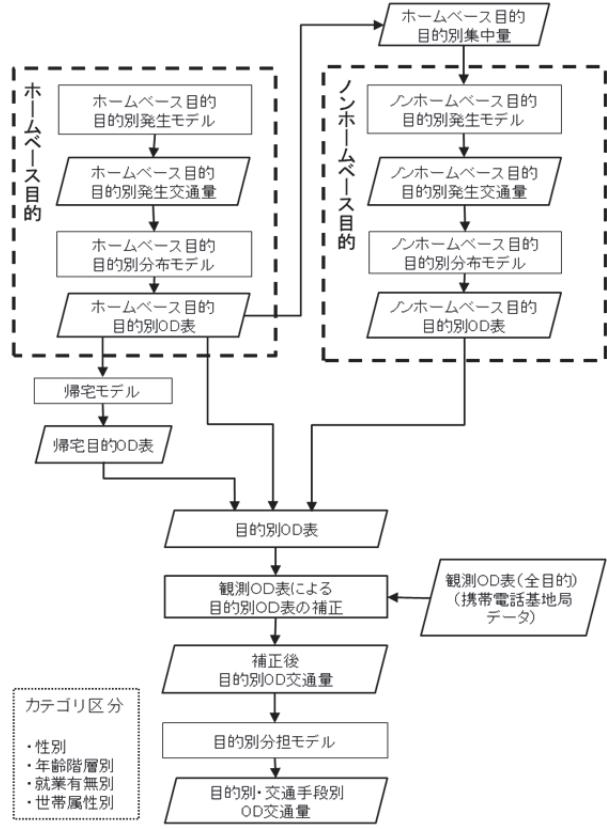


図-1 推計フローチャート

ここに、

- $N_i^{k\ell mn}$: ゾーン*i*の夜間人口
- $G_{ti}^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分*t*, ゾーン*i*の発生交通量
- $\alpha_t^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分*t*の生成原単位

b) ホームベース目的分布モデル

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で分布交通量を推計する。

目的地選択モデルの効用の関数形については、吉田・原田^{[14][15]}でも有効性が示されている、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援用する。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。

$$X_{tij}^{k\ell mn} = G_{ti}^{k\ell mn} \frac{\exp(V_{tij}^{k\ell mn})}{\sum_j \exp(V_{tij}^{k\ell mn})} \quad (2)$$

ここに、

- $X_{tij}^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分*t*, ODペア*ij*のOD交通量
- $V_{tij}^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分*t*, 発ゾーン*i*において、着ゾーン*j*を選択する効用

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については、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、全国PT調査マスターデータからサンプル集計したホームベース目的別ゾーン別集中交通量を説明変数、同じくサンプル集計したノンホームベース目的別ゾーン別発生交通量を被説明変数として重回帰モデルのパラメータ推定を行い、ノンホームベース目的の目的別ゾーン別発生交通量を推計することとする。パラメータのカテゴリ区分については、年齢階層（高齢・非高齢）と就業有無（就業者・非就業者）の組み合わせの4種類とする。

$$G_{ti}^{k\ell mn} = \sum_{t' \in T_H} \lambda_{t'}^{k\ell mn} A_{t'i}^{k\ell mn} \quad (3)$$

ここに、

- $A_{ti}^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分 t 、ゾーン*i*の集中交通量
- $G_{ti}^{k\ell mn}$: 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
- $\lambda_t^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分 t の発生パラメータ
- T_H : ホームベース目的の目的区分集合

d) ノンホームベース目的分布モデル

ノンホームベース目的の分布モデルは、ホームベース目的の分布モデルと同様に、目的別の目的地選択ロジットモデルを構築して推計を行う。

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

ここに、

- $X_{ti}^{k\ell mn}$: ノンホームベース目的の目的区分 t 、ODペア*ij*のOD交通量
- $V_{tij}^{k\ell mn}$: ノンホームベース目的の目的区分 t 、発ゾーン*i*において、着ゾーン*j*を選択する効用

e) 帰宅モデル

帰宅目的トリップの推計については、一般的にはホームベース目的トリップの裏返しで行うことが多いが、本検討では往復トリップ以外の交通量が発生することを考慮し、ノンホームベース目的発生モデルと同様に、ホームベース目的の目的別OD交通量を説明変数とする重回帰モデルにより、帰宅目的トリップを推計する構造とした。本手法では、往復トリップ以外の立ち寄りを考慮して重回帰モデルのパラメータで表現しており、一定の妥当性はあると考えられるが、あくまで帰宅交通量がホームベース目的交通量だけに依存する仮定を置いているため、例えば拠点性の高いゾーン等への立ち寄りが多い場

合等には限界があると考えられる。

パラメータのカテゴリ区分は、ノンホームベース目的の発生モデルと同様に、年齢階層（高齢・非高齢）と就業有無（就業者・非就業者）の組み合わせの4種類とする。

$$X_{tij}^{k\ell mn} = \sum_{t' \in T_H} \mu_{t'}^{k\ell mn} X_{t'ji}^{k\ell mn} \quad (5)$$

ここに、

- $X_{tji}^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分 t 、ODペア*ji*のOD交通量
- $X_{tij}^{k\ell mn}$: 帰宅目的、ODペア*ij*のOD交通量
- $\mu_t^{k\ell mn}$: ホームベース目的の目的区分 t の帰宅パラメータ

f) 携帯電話基地局データの観測OD交通量による推計OD表の補正

交行動態モデルによるOD推計は予測精度に限界があるうえ、本研究では類似都市群のデータでパラメータ推定を行うことから、対象都市の携帯電話基地局データの観測OD交通量を用いて、OD推計の補正を行い、実績値との差を減らし再現力、説明力を高める。

推計OD表を観測データによって補正する方法としては、様々なデータ同化の方法^{8,9,10,11,12,13}が提案されており、布施ら¹⁶は研究の状況をまとめ一般フレームの提案をしているが、本研究においては、行政ニーズの高い1時点の目的別OD表を比較的簡単に改善することを目指して、分布モデルのロジットモデルの外に観測OD交通量と推計OD交通量の差分を補正係数として導入し、推計OD交通量を観測OD交通量に整合させる方式を採用し、この方式による現況再現性及び施策評価の感度が実務的に有効であるかを検証したい。この補正方法は簡易でありながら、分布モデル式自体を補正しているため、公共施設の移転等の施策評価を行うためのOD推計が可能となり、行政実務上も実用性が高い。

本研究で使用を想定している代表的な携帯電話基地局データであるNTTドコモ社のモバイル空間統計（人口流動統計）データ¹⁷は、性別年齢階層別の観測OD交通量であり、就業有無別と世帯属性別、目的別には分かれていらない。一方で、発生・分布・帰宅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、分布モデル式(2),(4)を式(7)のように修正する。

$$\psi_{tij}^{k\ell mn} = \left(\hat{Z}_{ij}^{k\ell} - \sum_{m'} \sum_{n'} \sum_{t'} X_{t'ij}^{k\ell m'n'} \right) \frac{X_{t'ij}^{k\ell mn}}{\sum_{m'} \sum_{n'} \sum_{t'} X_{t'ij}^{k\ell m'n'}} \quad (6)$$

$$X_{tij}^{k\ell mn} = G_{ti}^{k\ell mn} \frac{\exp(V_{tij}^{k\ell mn})}{\sum_{j'} \exp(V_{tij'}^{k\ell mn})} + \psi_{tij}^{k\ell mn} \quad (7)$$

ここに、

- $\hat{Z}_{ij}^{k\ell}$: ODペア ij の観測 OD交通量（携帯電話基地局データ）
 $\psi_{tij}^{k\ell mn}$: 目的区分 t , ODペア ij の補正係数

g) 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、携帯電話基地局データで補正したOD表に交通手段選択確率を乗じることで推計を行う。

$$Y_{tijh}^{k\ell mn} = X_{tij}^{k\ell mn} \frac{\exp(V_{tijh}^{k\ell mn})}{\sum_h \exp(V_{tijh}^{k\ell mn})} \quad (8)$$

ここに、

- $Y_{tijh}^{k\ell mn}$: 目的区分 t , ODペア ij , 交通手段 h のOD交通量
 $V_{tijh}^{k\ell mn}$: 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

なお、帰宅目的の分担交通量に関しては、帰宅目的以外の目的の往路交通と分担率がほぼ等しいことを想定して、モデルを構築せず、カテゴリ別ODペア別に、往路の分担率を復路の交通量に乗じて推計することとした。

$$Y_{tijh}^{k\ell mn} = X_{tij}^{k\ell mn} \frac{\sum_{t' \neq t} Y_{t'jih'}^{k\ell mn}}{\sum_{t' \neq t} \sum_{h'} Y_{t'jih'}^{k\ell mn}} \quad (9)$$

ここに、

- $Y_{tijh}^{k\ell mn}$: 帰宅目的, ODペア ij , 交通手段 h のOD交通量

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) モデル推計・パラメータ推定の対象都市

本推計モデルは地方都市におけるOD推計を行うことを目的としており、高崎市を対象に検討を進める。対象に選定した高崎市は、2015年度の全国PT調査と同時期に都市圏PT調査（群馬PT調査）を実施し、推計結果と実際の都市圏PT調査データとの比較が可能である。

モデルのパラメータ推定は、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）」の都市群を対象とし、人口規模が比較的近い弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市、高崎市の計7都市を類似都市群として、このサンプルデータによりパラメータ推定を行う。

表-2 モデルのカテゴリ区分と7都市におけるサンプル数

年齢階層	世帯属性	全国PT調査サンプル数	
		就業者	非就業者
男性	区分なし	0	254
	15~24歳	70	188
	25~44歳	695	53
	45~64歳	1,003	126
	65~74歳	30	43
	単身である	289	327
	単身でない	12	47
75歳~	単身である	77	385
女性	区分なし	0	251
	15~24歳	72	208
	25~44歳	133	94
	子供有（0~5歳）	98	42
	子供有（6~11歳）	335	90
	子供無または12歳以上	803	425
	45~64歳	39	89
	65~74歳	140	469
	単身である	12	150
	単身でない	47	399

b) 高崎市における対象地域の検討

パラメータ推定を行う際、隣接する都市の影響を考えられ、対象都市の交通状況を確認して推定・推計対象とする都市圏を設定する必要がある。本研究においては、高崎市のトリップ数の概ね90%をカバーできる高崎市・前橋市・藤岡市の3市を都市圏として推定・推計対象とする（前橋市、藤岡市は単一のゾーンとして扱う）。

c) ゾーン区分

ゾーン区分は、高崎市における2015年道路交通起終点調査のBゾーンの21ゾーンに、前橋市、藤岡市の単一ゾーンを加えて23ゾーンとする。

d) 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する。

以上の個人属性・世帯属性により、パラメータ推定を行う7都市のデータを確認したところ、子育て女性についてはサンプル数が少ないので区分があったため、表-2のとおり統合を行い、モデルのカテゴリ区分とする。

e) 目的区分

モデルの目的区分は、先述したとおり、ホームベース目的とノンホームベース目的を明示的に分け、表-3のとおりの7区分とする。

f) 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。

表3 モデルの目的区分

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

(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) 交通サービス水準 (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に、交通サービス水準 (Level of Service : 以下、「LOS」という) 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4)。

分布モデルのLOSデータとしては、ゾーン間距離、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する。

ゾーン間距離については、デジタル道路地図 (Digital Road Map : DRM) のネットワークデータを用いてゾーン間最短経路距離を算定し、その他の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。

なお、研究目的にあるとおり、本モデルは立地適正化計画の策定への活用を想定しているため、都市機能の集積を評価したい。私事目的の分布モデルの説明変数として、ゾーンの拠点性を表す指標である「拠点ランク」を定義して、説明変数に加えることとする。拠点性については、立地適正化計画の手引き¹⁸⁾に示されている拠点機能を踏襲して、ゾーンごとに0~6ポイントのランク付けを行うものとする(表5)。

また、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、DRMのネットワークデータに交通手段別のリンク旅行速度を与えて、ゾーン間最短経路所要時間

表4 人口フレーム・交通サービス水準(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
歩行LOS	DRM2703
標高	2011年国土数値情報(標高・傾斜3次メッシュ)

表5 拠点性の定義

拠点機能	本モデルにおける拠点性の定義
行政機能	ゾーン内に本庁(市役所・区役所・町役場・村役場)が存在すれば1、そうでなければ0
介護福祉機能	ゾーン内に老人福祉施設が存在すれば1、そうでなければ0
子育て機能	ゾーン内に幼稚園または保育所が存在すれば1、そうでなければ0
商業機能	ゾーン内の卸売業・小売業事業所密度が200(件/km ²)以上であれば1、そうでなければ0
医療機能	ゾーン内に病院(診療所や歯科診療所は除く)が存在すれば1、そうでなければ0
教育・文化機能	ゾーン内にホールまたは図書館が存在すれば1、そうでなければ0

※ ただし、高崎市における域外ゾーンである前橋市と藤岡市については、拠点ランクは0とする

を算定する。また、自転車と歩行の説明変数として、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。

(4) 携帯電話基地局データの観測OD交通量

本研究の高崎市を対象としたケーススタディにおいて、推計OD表の補正に用いる携帯電話基地局データの観測OD交通量としては、NTTドコモ社のモバイル空間統計(人口流動統計)データ¹⁷⁾を用いる。既に、このデータの都市交通調査への活用可能性の研究¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾が多く行われ、有用性や活用上の留意点が報告されている。

このデータは性別年齢階層別の観測OD交通量を持っており、本研究に用いた仕様を表6に示す。なお、モバイル空間統計データについては既存研究¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾において

表-6 モバイル空間統計データの仕様

対象期間	2015年11月10日～2015年11月12日 (3日間積算値を1日当たりに換算)
対象時間帯	日単位
対象者	高崎市居住者
対象地域	高崎市、前橋市、藤岡市
年代	15歳～74歳（5歳階級）
性別	男性、女性
ゾーン区分	高崎市内：Bゾーン単位、その他：市町村単位

て、中ゾーン間レベルではPT調査のOD表と概ね整合が図られている一方で、短距離交通については乖離が大きいことが確認されている。本研究では、比較的整合が取られている中ゾーンの内外交通に着目して補正後の結果の検証を行なう。一方で、既往研究²²⁾において短距離交通に関するPT調査との乖離の改善方法が提案されており、将来的には改善される可能性が高いことから、ゾーン内々交通についても現時点では乖離があることに留意しつつ、参考に結果の考察を行う。

4. OD推計モデルの推定

本章では、全国PT調査データを用いたOD推計モデルについて、各モデルのパラメータの推定を行う。なお、携帯電話基地局データによる補正是、ケーススタディにおいて第5章(2)で実施する。

(1) ホームベース目的分布モデル

説明変数としては、ゾーン間距離とゾーン内々ダミー、基準変数（ゾーン面積）を基本として、自宅-勤務と自宅-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、ゾーン間距離に75歳以上・未満ダミーを乗じることで、年齢による移動特性の違いを表現する。また、それ以外の説明変数としては、夜間人口密度と従業人口密度を加え、立地適正化計画の評価への活用を踏まえて、拠点ランクを加えることとした。

パラメータの推定結果は表-7のとおりである。尤度比は高く、モデルの適合度は高い。またいずれの変数のt値も高く、統計的に有意である。それぞれの符号も妥当で符号条件も合理的である。

(2) ノンホームベース目的発生モデル

説明変数については、勤務・業務については、自宅-勤務と自宅-業務の2つとする。その他私事については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、決定係数が最大のものを採用する。

パラメータの推定結果は表-8のとおりである。勤務・

表-7 ホームベース目的分布モデルのパラメータ推定結果

説明変数	自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事
ln(ゾーン間距離(km)+1)	-1.1603 (-16.53)	-2.6067 (-21.64)	-1.9018 (-10.43)	-
75歳未満ダミー ×ln(ゾーン間距離(km)+1)	-	-	-	-2.1731 (-30.19)
75歳以上ダミー ×ln(ゾーン間距離(km)+1)	-	-	-	-2.2558 (-21.21)
内々ダミー	0.4965 (5.59)	0.7935 (6.27)	1.0441 (5.06)	0.5827 (8.21)
ln(着ゾーン夜間人口密度(人/km ²)+1)	-	-	-	0.2504 (5.67)
ln(着ゾーン従業人口密度(人/km ²)+1)	0.8338 (40.78)	-	0.5004 (9.66)	0.4264 (12.40)
ln(着ゾーン学校密度(件/km ²)+1)	-	1.8150 (15.13)	-	-
着ゾーン拠点ランク	-	-	-	0.2088 (8.50)
ln(着ゾーン面積(km ²))	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	-	-	-	-
初期対数尤度	-7,591	-3,034	-1,309	-10,063
最終対数尤度	-4,633	-1,313	-677	-4,824
対数尤度比	0.390	0.567	0.483	0.521
自由度調整済み対数尤度比	0.389	0.566	0.480	0.520
的中率	0.215	0.527	0.530	0.434
サンプル数	1,811	747	366	2,355

※ 上段：パラメータ値、下段：t値

表-8 ノンホームベース目的発生モデルのパラメータ推定結果

カテゴリ区分	自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事	決定係数	サンプル	サンプル	ゾーン数	発生量
年齢階層就業有無	集中量	集中量	集中量	集中量	R ²				
勤務・業務									
非高齢 就業者	0.1404 (13.02)	-	0.1273 (1.97)	-	0.663	141	267		
非高齢 非就業者	-	-	-	-	-	-	-	1	
高齢 就業者	0.2610 (5.75)	-	0.1010 (2.53)	-	0.355	119	72		
高齢 非就業者	0.1685 (3.35)	-	0.0489 (2.81)	-	0.145	126	4		
その他私事									
非高齢 就業者	0.1739 (7.05)	-	-	0.7295 (9.69)	0.835	141	667		
非高齢 非就業者	-	0.0804 (2.40)	-	0.4107 (8.90)	0.723	126	325		
高齢 就業者	0.4432 (4.97)	-	-	0.4297 (5.79)	0.573	119	168		
高齢 非就業者	-	-	-	0.4511 (24.31)	0.825	126	468		

※ 上段：パラメータ値、下段：t値

業務の非高齢・非就業者については被説明変数である発生量が1トリップしかなかったため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発生量は4トリップであるため決定係数は非常に低い。全国PT調査ではサンプル数的にモデル構築が難しい部分があるので、カテゴリ統合やサンプルデータのブーリングなどパラメータ推定する際の工夫や、説明変数に人口指標を入れる等より精度向上を図る工夫が必要と考えられる。

(3) 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、ゾーン間距離とゾーン内々ダミー、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、ゾーン間距離に75歳以上・未満ダミーを付与し、それ以外としては、夜間人口密度と従業人口密度、拠点ランクを加える。

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

説明変数	勤務・業務	その他私事
ln(ゾーン間距離(km)+1)	-1.3645 (-8.07)	-
75歳未満ダミー×ln(ゾーン間距離(km)+1)	-	-2.0263 (-23.25)
75歳以上ダミー×ln(ゾーン間距離(km)+1)	-	-2.2624 (-14.50)
内々ダミー	0.2362 (1.18)	0.3662 (4.13)
ln(着ゾーン夜間人口密度(人/km ²)+1)	-	0.2429 (5.10)
ln(着ゾーン従業人口密度(人/km ²)+1)	0.7164 (15.03)	0.4513 (12.07)
ln(着ゾーン学校密度(件/km ²)+1)	-	-
着ゾーン拠点ランク	-	0.1287 (4.71)
ln(着ゾーン面積(km ²))	1.0000 -	1.0000 -
初期対数尤度	-1.361	-6.980
最終対数尤度	-854	-3.566
対数尤度比	0.372	0.489
自由度調整済み対数尤度比	0.370	0.488
的中率	0.247	0.393
サンプル数	328	1606

※ 上段：パラメータ値、下段：t値

表-10 帰宅モデルのパラメータ推定結果

カテゴリ区分	自宅-勤務 OD交通量	自宅-通学 OD交通量	自宅-業務 OD交通量	自宅-私事 OD交通量	決定係数 R ²	サンプル ゾーン数	
						就業者	非就業者
非高齢 就業者	0.9661 (69.96)	0.9912 (3.60)	0.9361 (20.62)	0.9973 (37.24)	0.926	1,170	
非高齢 非就業者	0.9164 (5.27)	1.0231 (68.10)	0.8039 (5.06)	0.9525 (43.77)	0.966	611	
高齢 就業者	0.8332 (14.62)	0.5958 (1.04)	0.9713 (20.51)	0.8084 (16.87)	0.780	384	
高齢 非就業者	1.2875 (4.06)	0.5392 (0.82)	1.0915 (9.28)	0.9216 (57.84)	0.887	586	

※ 上段：パラメータ値、下段：t値

パラメータの推定結果は表-9のとおりである。尤度比は高く、モデルの適合度は高い。また内々ダミーの変数を除き、変数のt値も高く、統計的に有意である。それぞれの符号も妥当で、符号条件も合理的である。

(4) 帰宅モデル

パラメータの推定結果は表-10のとおりである。ホームベース目的の4目的すべてを説明変数としても、符号はすべて正であり、t値もそれほど低くない。

(5) 分担モデル

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）、ゾーン間距離（歩歩）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。自宅-私事やその他私事については、標高差を説明変数に追加している。

自宅-通学は、費用が有意にならなかったため、説明変数から除いた。また、勤務・業務やその他私事については、モデル推定用のサンプル数が少なかったため、業務系、私事系で目的区分を束ねてサンプルをプーリング

表-11 高崎市居住者のホームベース目的生成交通量の推計／実績比

目的	推計値	実績値	推計値/実績値
就業者			
自宅-勤務	91,930	99,157	0.927
自宅-通学	571	20	28.554
自宅-業務	12,257	9,883	1.240
自宅-私事	33,969	44,634	0.761
就業者計	138,728	153,694	0.903
非就業者			
自宅-勤務	1,386	119	11.644
自宅-通学	52,576	48,472	1.085
自宅-業務	3,741	3,537	1.058
自宅-私事	78,444	83,921	0.935
非就業者計	136,147	136,049	1.001
合計	274,874	289,743	0.949

表-12 全国PT調査類似7都市と群馬PT調査の発生原単位の比較

年齢階層	世帯属性	発生原単位	
		全国 PT	類似市群
		群馬 PT	
就業者：自宅-勤務			
男性	25～44歳 区分なし	0.5338	0.5751
	45～64歳 区分なし	0.5095	0.5440
女性	25～44歳 子供有 (0～5歳)	0.2707	0.2510
	子供有 (6～11歳)	0.5714	0.6896
	子供無または12歳以上	0.5851	0.6697
	45～64歳 区分なし	0.5679	0.6485
就業者：自宅-私事			
男性	25～44歳 区分なし	0.1108	0.1362
	45～64歳 区分なし	0.1157	0.1457
女性	25～44歳 子供有 (0～5歳)	0.6090	0.9332
	子供有 (6～11歳)	0.3367	0.5654
	子供無または12歳以上	0.1433	0.1804
	45～64歳 区分なし	0.2354	0.3226

したうえで一旦パラメータ推定を行い、LOSやダミー変数のパラメータを固定したうえで、定数項のみの再推定を目的別に実施した。

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、高崎市を対象として、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（以下、「実績値」という）との比較を行う。

a) ホームベース目的生成交通量の検証

ホームベース目的のカテゴリ別目的別生成交通量の推計値と実績値を比較すると、推計値/実績値の比率が約0.95となっており、全体的に推計値が若干小さい傾向にある（表-11）。これは、全国PT調査から集計した類似都市群の原単位が、比較的小さいことが影響していると考えられる。全国PT調査類似都市群と群馬PT調査につ

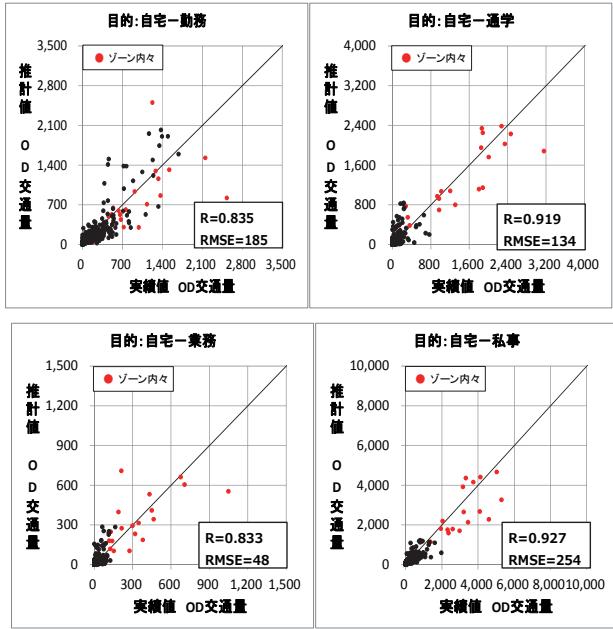


図2 ホームベース目的OD表の実績値と推計値の比較

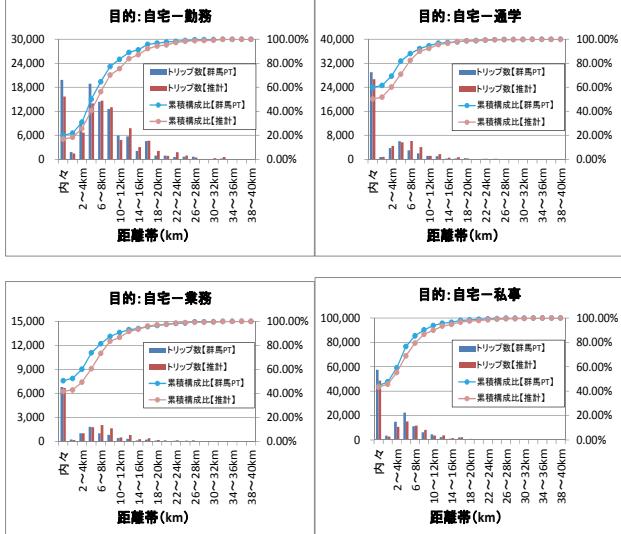


図3 ホームベース目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較

いて、特にボリュームに大きく関係する「就業者：自宅一勤務」「就業者：自宅一私事」の原単位を比較すると、全体的に全国PT調査類似都市群の方が小さい傾向にあることが確認できる（表-12）。

また、サンプルが特に少ないカテゴリはモデルの精度が十分でなく差異が大きい。

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。特に、自宅一勤務は交通量の多い内外交通量は大きく、内々交通は小さく推計されている傾向にある（図-2）。

表-13 高崎市居住者のノンホームベース目的生成交通量の推計／実績比

目的	推計値	実績値	推計値/実績値
就業者	勤務・業務	13,972	0.548
	その他私事	40,275	0.735
	就業者計	54,247	0.676
非就業者	勤務・業務	166	0.348
	その他私事	38,007	0.833
	非就業者計	38,173	0.828
合計	92,420	126,354	0.731

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、自宅一勤務や自宅一私事については4~8km付近で推計値が若干小さい傾向にあるがほぼ近い値になっている。一方で、自宅一通学や自宅一業務については内々交通量の推計値が小さい傾向にある（図-3）。

これらは、目的地選択モデルでトリップ長を充分再現できていないこと、ゾーンがBゾーンと比較的大きいことから内々交通が多くなり、さらに隣接するゾーンに推計された場合推計のトリップ長が大きくなること等が影響していると考えられる。このため、モデルの再現性を高めるためにより適切な指標を説明変数として入れる、さらにはより細かいゾーンにすることで内々交通量が極端に多くならないようにする、また、隣接するゾーンに推計されてもトリップ長が極端に変化しないようにするなどの対応が必要と考えられる。

c) ノンホームベース目的生成交通量の検証

ノンホームベース目的のカテゴリ別目的別生成交通量の推計値と群馬PT調査の実績値を比較すると、推計値/実績値の比率が約0.73と推計値が小さくなっている。特に、就業者の勤務・業務などの全国PT調査でサンプルが少なくモデルの精度が充分でないものは、特に推計値が小さい傾向にある（表-13）。

このため、カテゴリ統合やサンプルデータのプーリングなどパラメータ推定する際に工夫を行うとともに、被説明変数との相関性がより高い説明変数（この場合は拠点性や従業人口等）を入れたりすることで、より精度向上を図る工夫等が必要と考えられる。

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。相関係数は比較的高いが、勤務・業務については内々交通量が小さく推計されている。また、その他私事においても、内々交通量が全体的に小さく推計される傾向にある（図-4）。なお、実績交通量が極端に多いゾーンがあるが該当ODペアは前橋市内々の交通量である。

ノンホームベース目的の目的別トリップ長分布につい

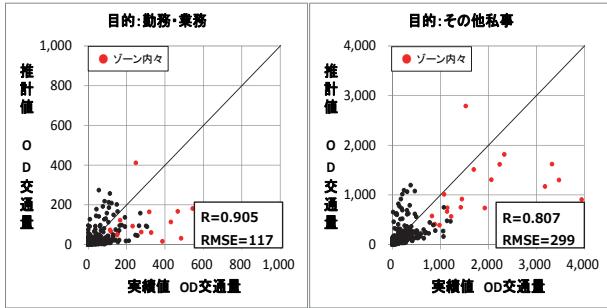


図-4 ノンホームベース目的OD表の実績値と推計値の比較

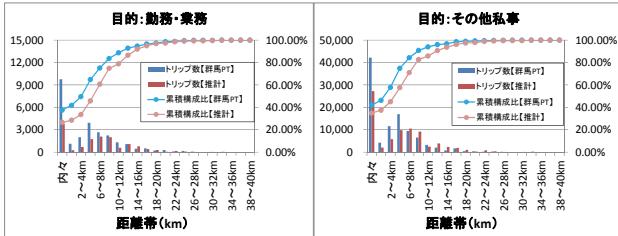


図-5 ノンホームベース目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較

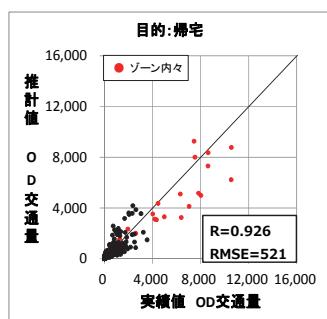


図-6 帰宅目的OD表の実績値と推計値の比較

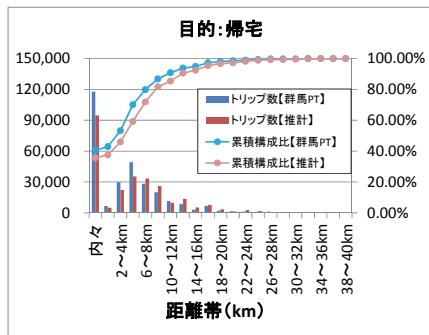


図-7 帰宅目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較

て、推計値と群馬PT調査の実績値を比較すると、勤務・業務やその他私事では、内々や0~8km帯で推計値が小さい傾向にある（図-5）。これらは、b)ホームベース目的OD表の検証で述べたように目的地選択モデルの再現性、ゾーンがBゾーンと比較的大きいこと等が影響していると考えられる。

e) 帰宅目的OD表の検証

帰宅目的のOD表の推計値と群馬PT調査の実績値を比

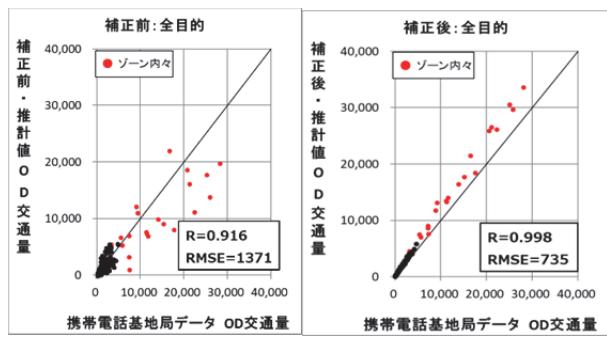


図-8 携帯電話基地局データと補正前・補正後の推計値の比較

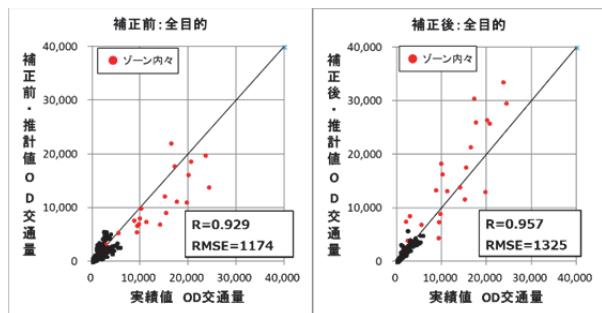


図-9 全目的OD表の実績値と補正前・補正後推計値の比較

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が取れていることが確認できるが、帰宅目的は他の目的のOD交通量を裏返すような推計方法となっているため、他の目的で内々交通量が小さく推計されていることによって帰宅目的の内々交通量も小さく推計されている（図-6）。帰宅目的のトリップ長分布を確認しても、内々や短トリップにおいてやや推計値が小さい傾向にある（図-7）。

(2) 携帯電話基地局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、携帯電話基地局データ（モバイル空間統計データ）の観測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) モバイル空間統計データとの比較

まず、全目的のOD交通量の推計値（補正後）を、モバイル空間統計データと比較する。補正後の相関係数は0.998と大きく、モバイル空間統計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）。全体として補正後推計値が大きくなっているが、モバイル空間統計データの対象は15歳から74歳であり、一方で推計値は15歳未満と75歳以上も含んでいるためトリップ数が多くなっていることが確認できる。

b) 全目的OD表の検証

全目的のOD交通量の推計値（補正後）を、群馬PT調査の実績値と比較する。補正後の相関係数は0.957と大きく、モバイル空間統計データに整合させて補正するこ

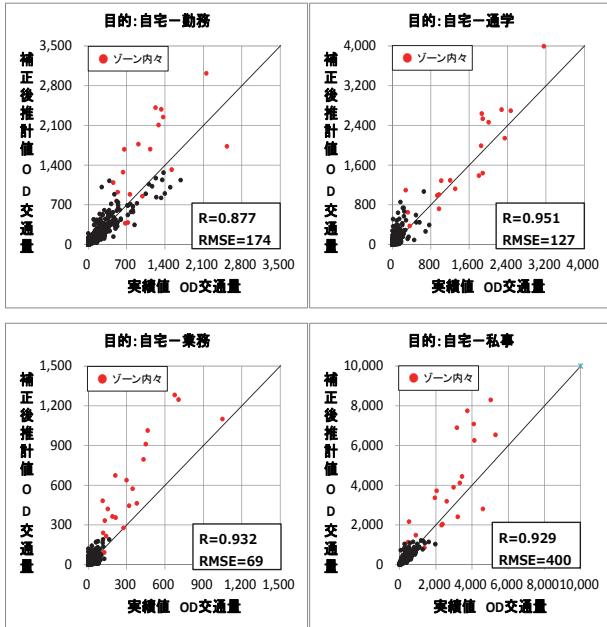


図-10 ホームベース目的OD表の実績値と補正後推計値の比較

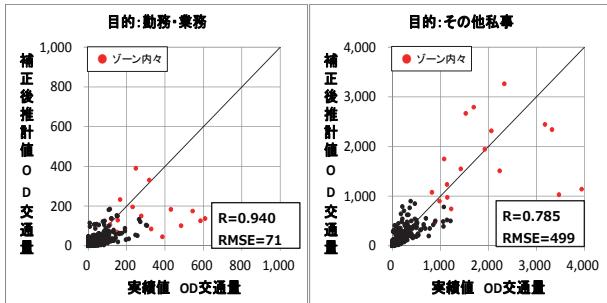


図-11 ノンホームベース目的OD表の実績値と補正後推計値の比較

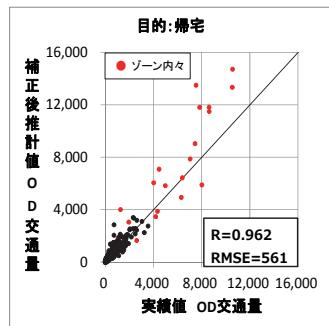
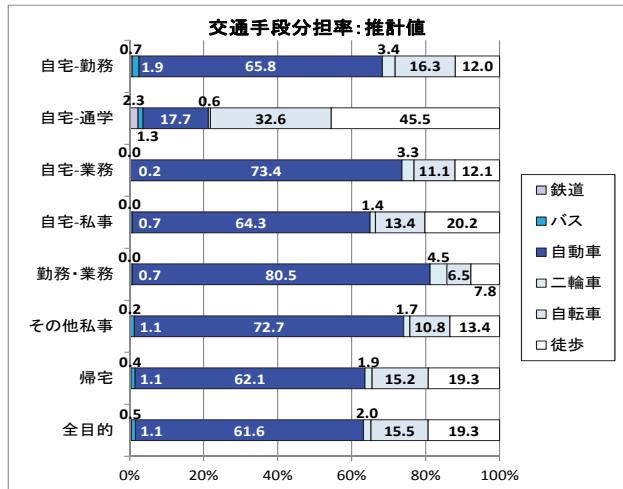
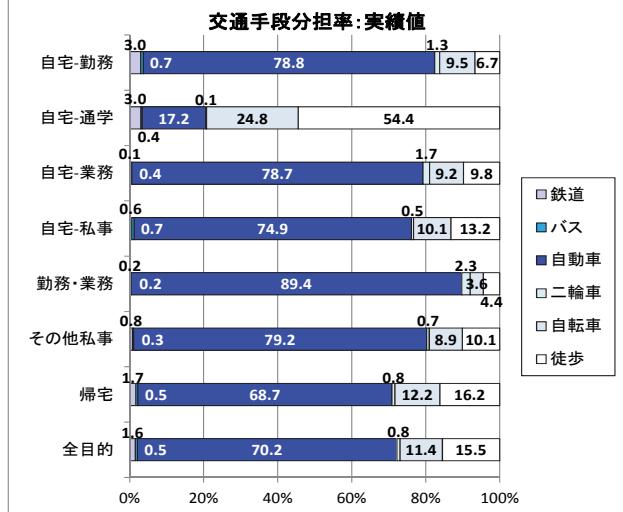


図-12 帰宅目的OD表の実績値と推計値の比較

とにより、実際のOD交通量にも近くなるよう再現性が向上したことが確認できる（図-9）。

特に、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一方で、内々交通は、やや大きく推計される傾向にあり、その結果RMSEも大きくなっている。モバイル空間統計データはPT調査と比較し内々・短距離交通が多い傾向にあることが既存研究^{[19][20][21][22]}でも示されておりこの傾向と一致していることから、モバイル空間統計データの特性により補正結果も内々交通が



（上段：2015年群馬PT調査実績値、下段：OD推計値）

図-13 目的別の交通手段分担率

大きく推計されたと考えられる。

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（補正後）と群馬PT調査の実績値を比較する（図-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。一方で内々交通は、上記b)の全目的補正と同様に、モバイル空間統計データの特性から、やや大きく推計される傾向にあることが確認できる。

d) ノンホームベース目的・帰宅目的OD表の検証

ノンホームベース目的や帰宅目的の目的別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、図-12）。補正前（図-4、図-6）と比較して、その他私事では改善が見れないが、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、勤務・業務、私事、帰宅の内外交通実績値

表-14 2015年全国PT調査：都市別交通手段分担率(平日)

都市名	鉄道	バス	自動車	二輪車	自転車	徒歩
弘前市	2.2%	2.5%	68.2%	0.7%	13.5%	12.8%
盛岡市	2.9%	4.5%	52.4%	0.8%	14.9%	24.5%
郡山市	2.4%	2.3%	66.7%	0.5%	10.7%	17.5%
松江市	1.0%	2.6%	72.1%	1.3%	8.5%	14.5%
徳島市	0.7%	1.7%	61.2%	3.6%	20.2%	12.7%
高知市	1.4%	0.9%	58.1%	5.3%	19.6%	14.7%
高崎市	3.9%	0.7%	68.5%	0.4%	11.3%	15.1%

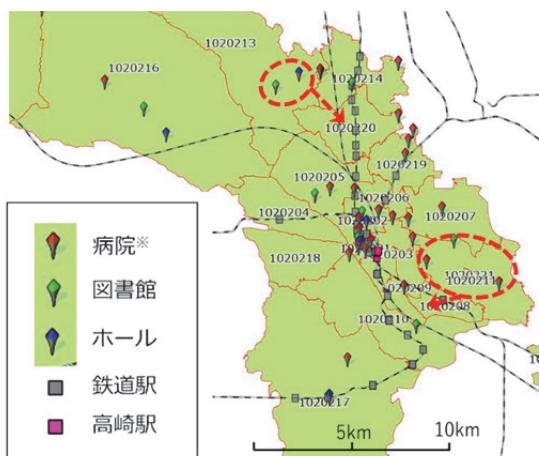


図-14 施設移転のケース設定（高崎市ケーススタディ）

との相関が強くなり、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。また、内々交通については上記b), c)と同様に、モバイル空間統計データの特性から、やや大きく推計される傾向にあることが確認できる。

(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-13）。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、推計値と比べて実績値は自動車分担率が高く、バス、自転車、徒歩の分担率が低い。パラメータ推定に用いた類似都市に比べて高崎市の自動車分担率が高い傾向にあることが影響をしていると考えられる（表-14）。

(4) 政策の感度分析結果

高崎市を対象として、仮想的な立地適正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) 施設移転

図-14のように、医療機能（病院2施設）と教育・文化機能（図書館2施設、ホール1施設）の5施設を、鉄道沿線上のゾーンに移転したことによる分布モデルの感度について分析する。推計フローチャートでは分布モデルの推計後にモバイル空間統計データによる補正が行われるが、施策実施前後の補正是、以下のように行う。

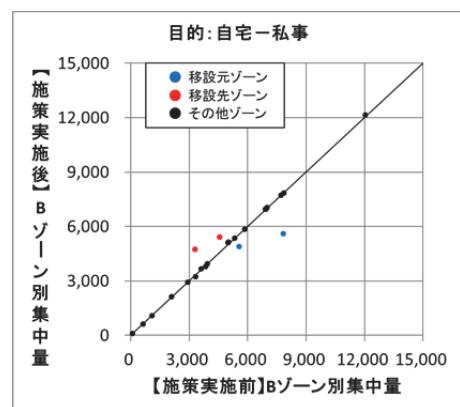


図-15 施設移転による自宅-私事のゾーン別集中交通量（内々交通量を含む）の変化

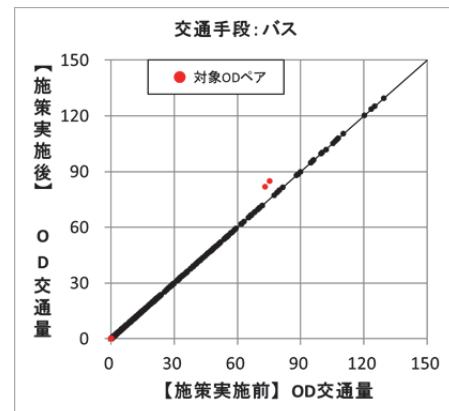


図-16 バスのアクセシビリティの変化によるバスのOD交通量の変化

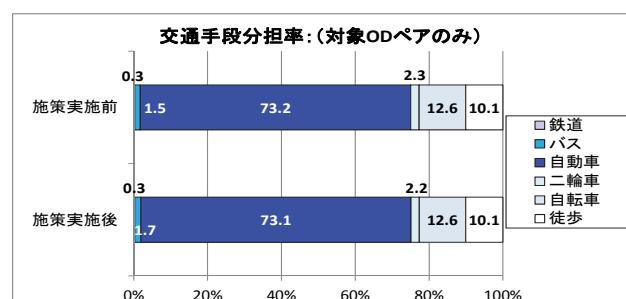


図-17 バスのアクセシビリティの変化による交通手段分担率の変化（対象ODペアのみ）

- 1) 施策実施前の推計においては、施策前の推計OD表と現況モバイル空間統計データOD表との差分を補正係数として施策前の推計OD表に加算し、モバイル空間統計データとの整合を図る。
- 2) 施策実施後の推計においては、施策後の推計OD表に、上記1)で算定した差分を補正係数として加算する。このように、施策前に算定した補正係数を施策後にも共通に用いることで、モバイル空間統計データによる補正による影響を受けずに、施策効果によるOD交通量の差

分による評価を把握することができる。

なおケーススタディでは分布モデルの感度をみるため、施策実施前・実施後とともにモバイル空間統計データによる補正を行う前の段階で感度を確認するが、上記のように補正後であっても効果の差分は同じものとなる。

自宅一私事の集中交通量の変化では、施設の移設によって、移設元ゾーンで減少、移設先でゾーン別集中量が500~1500トリップ増加していることが確認でき（図-15），移設した施設の状況から見て妥当な感度分析の結果が得られたと考えられる。

b) バスのアクセシビリティの変化

施設移転のケース設定（図-14）における、移設元ゾーンと移設先ゾーンを結ぶバスの所要時間を20%短縮したことによる分担モデルの感度について分析する。このケースでは、施設移転自体は行わず、単純な分担モデルのみの感度を確認する。分担モデルはモバイル空間統計データによる補正の後に行うため、施策実施前・後ともにモバイル空間統計データによる補正是行った状態で、分担モデルの感度の確認を行う。

試算結果では、対象ODペアのバスのトリップ数が増加し、分担率が1.5%から1.7%に増えていることが確認できる（図-16、図-17）。元々の自動車分担率が高いこともあり、対象ODペアにおけるバス分担率の増加については微少であるが、トリップ数のボリュームは合計20トリップ程度増加しており、施策による効果が表現できていると考えられる。

6. 本検討の成果と課題

（1）本検討の成果

本研究では、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、携帯電話基地局データによる観測OD交通量により補正を行う方法を開発した。この手法を用いて高崎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) 全国PT調査データの特性から、ホームベース目的とノンホーム目的を分けた発生・分布・帰宅モデルを構築し目的別OD表の推計を行った。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、携帯電話基地局データの観測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。一方で、内々交通量については、携帯電話基地局データの特性からやや大きく補正される傾向が見られた。

- 3) 以上から、行政実務上よく使われる目的別OD表のゾーン内外交通量については、十分に実用的な性能で推計、補正をすることができる実務的な手法を開発することができたと考えられる。
- 4) 交通手段分担については、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。
- 5) 政策の感度分析においては、分布モデルについては立地適正化計画の施策である医療機能等の施設移転に対する感度があることが確認できた。また、分担モデルについても、バスの所要時間の変化によるトリップ数や分担率への影響が確認でき、適用施策の定量的評価の感度を有することを示せた。

以上のように、本研究では、地方自治体やコンサルタントの実務担当者が扱える簡易なシステムであり、かつ必要となる諸データも一般的に入手可能な諸データによる実務的なOD推計システムの構築を行うことができ、施設配置や公共交通サービス等の施策の定量的評価への適用可能性を示すことができたと考える。

（2）今後の課題

今後の課題、モデルの改良の方向性として、以下の事項があげられる。

- 1) ケーススタディにおける推計値と実績値との違い（特に分担モデル）については、パラメータ推定に用いた類似都市群と当該都市との差異によると考えられるところから、様々な都市圏のPT調査データをストックし、その中で都市規模以外の要因（産業構造等）により適切なセグメントによりサンプリングしてモデル構築することで精度を高められる可能性がある。
- 2) 全国PTではサンプル数的にモデル構築が難しい部分があるので、カテゴリ統合やサンプルデータのブーリングなどパラメータ推定する際に工夫する必要がある。また、説明変数に拠点性や人口指標を入れたりすることで、より精度向上を図る工夫等が必要と考えられる。
- 3) ゾーンがBゾーンと比較的大きいことから内々交通が多くなり、さらに隣接するゾーンに推計された場合推計のトリップ長が大きくなる等の課題に対して、ゾーン単位をより細かい全国PTゾーンとするなど、適切なゾーニングによるパラメータ推定やモデル推計を行うなどの対応が必要と考えられる。
- 4) 分布モデルについては、ゾーンの拠点性を表す指標と

して「拠点ランク」を導入し施策評価に効果があったが、単純な加算型の指標にする方法以外にも、規模の経済の考え方方に則るような乗算によるランク付けの方法など様々なバリエーションが考えられる。

5)構築したモデル自体は四段階推計をベースとしており、地方コンサルタント職員でも数日の研修で充分使用可能なものであると考えられるが、推計手法や携帯電話基地局データによる補正方法等の工夫の余地がある。またシステム利用者にとってはLOSデータの作成が大きな負担となると考えられるため、簡易的にLOSデータを整備するような仕組み作りについても今後の検討課題と考えられる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、山梨大学の佐々木邦明教授、名古屋大学の山本俊行教授、東京工業大学の福田大輔准教授からは、数多くの有益なご意見・ご示唆をいただきました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 石田東生、黒川洸、中野敦：小規模調査に基づく簡略的交通需要推計方法、土木計画学研究・論文集、No. 6, pp. 225-232, 1988.
- 2) 大塚雄一郎、藤井聰、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奇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・講演集、No. 19 (2), pp. 643-652, 1996.
- 3) 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、藤井聰、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, No. 2, pp. 841-847, 2000.
- 4) 藤井聰、菊池輝、北村隆一：マイクロシミュレーションによる CO₂ 排出削減に向けた交通施策の検討：京都市の事例、交通工学、Vol. 35, No. 4, pp. 11-18, 2000.
- 5) 金森亮、森川高行、山本俊行、三輪富生：総合交通戦略の策定に向けた総合型交通需要予測モデルの開発、土木学会論文集 D, Vol. 65, No. 4, pp. 503-518, 2009.
- 6) 国土交通省：報道発表資料「外出する人が調査開始以来最低に～平成 27 年度全国都市交通特性調査（速報版）の公表について～」，2016 年 12 月 26 日 <www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000101.html> (最終アクセス 2018.2)
- 7) 国土交通省：報道発表資料「20 代男性、休日の外出が 30 年間で半減～第 6 回全国都市交通特性調査結果（とりまとめ）～」，2017 年 11 月 21 日 <www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000117.html> (最終アクセス 2018.2)
- 8) Ge, Q. and Fukuda, D.: Updating origin-destination matrices with aggregated data of GPS traces, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 69, pp. 291-312, 2016.
- 9) 坂匠、薄井智貴、山本俊行：エントロピー最大化法による目的別動的 OD 交通需要予測手法の提案、土木計画学研究・講演集、Vol. 53, 2016.
- 10) 澤田茜、川辺拓也、白洲瑛紀、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.
- 11) 澤田茜、小原拓也、佐々木邦明：アクティビティモデルとモバイル空間統計を用いた都市圏 OD 推計の可能性、土木計画学研究・講演集、Vol. 55, 2017.
- 12) Menon, A. K., Cai, C., Wang, W., Wen, T. and Chen, F.: Fine-grained OD estimation with automated zoning and sparsity regularization, *Transportation Research Part B*, Vol. 80, pp. 150-172, 2015.
- 13) Yang, Y., Fan, Y. and Wets, R. J. B.: Stochastic travel demand estimation: Improving network identifiability using multi-day observation sets, *Transportation Research Part B*, Vol. 107, pp. 192-211, 2018.
- 14) 吉田朗、原田昇：休日の買い回り品買物交通を対象とした買物頻度選択モデルの構築、土木学会論文集、No. 413/IV-12, pp. 107-116, 1990.
- 15) 吉田朗、原田昇：選択肢集合の確率的形成を考慮した集計型目的地選択モデルの研究、土木学会論文集、No. 618/IV-43, pp. 1-13, 1999.
- 16) 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・講演集、Vol. 53, 2015.
- 17) (株) NTT ドコモ：モバイル空間統計ガイドライン、<https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/> (最終アクセス 2018.1)
- 18) 国土交通省都市局都市計画課：立地適正化計画作成の手引き（平成 28 年 4 月 11 日版），2016.
- 19) 今井龍一、藤岡啓太郎、新階寛恭、池田大造、永田智大、矢部努、重孝浩一、橋本浩良、柴崎亮介、関本義秀：携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計の都市交通分野への適用に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol. 52, 2015.
- 20) 新階寛恭、今井龍一、池田大造、永田智大、森尾淳、矢部努、重孝浩一、橋本浩良、柴崎亮介、関本義秀：携帯電話網運用データに基づく人口流動統計とパーソントリップ調査手法との比較による活用可能性に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol. 53, 2015.
- 21) 新階寛恭、池田大造、小木戸涉、森尾淳、石井良治、今井龍一：携帯電話網運用データに基づく人口流動統計を用いた都市交通調査手法の拡充可能性の研究、土木計画学研究・講演集、Vol. 54, 2016.
- 22) 石井良治、新階寛恭、関谷浩孝、池田大造、永田智大、森尾淳、柴崎亮介、関本義秀、今井龍一：携帯電話網の運用データに基づく人口流動統計におけるトリップデータ取得精度の向上に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol. 55, 2017.

(2018. 2. 23 受付)

PRACTICAL METHOD TO ESTIMATE OD MATRIX FOR LOCAL CITIES
USING NATIONWIDE PERSON TRIP SURVEY DATA
AND MOBILE PHONE LOCATION DATA

Masahiko KIKUCHI, Keita IWADATE, Eiji HATO,
Wataru MOGI and Jun MORIO

There are many cities that have not been conducted person trip survey (PT survey) for urban area for more than twenty years. In this study, we developed a practical method to estimate OD matrix without using large-scale and high cost PT survey. Estimating the OD matrix through trip generation model, distribution model, and modal split model formulated by using city size segmented data of nationwide person trip survey and correcting the estimated OD matrix by using mobile phone location data. As a case study, we applied this method to Takasaki city to estimate OD matrix, and compared with OD matrix aggregated by PT survey data conducted at Gunma Prefecture in 2017. As a result, we show the feasibility of this method through confirmation of reproducibility of OD matrix by purpose and the model sensitivity of measures in the location optimization plan.