

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表の推計

菊池 雅彦¹・井上 直²・岩舘 慶多¹・茂木 渉³・森尾 淳⁴

¹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: kikuchi-m28x@mlit.go.jp, iwadate-k22aa@mlit.go.jp

²正会員 国土交通省総合政策局公共事業企画調整課環境・リサイクル企画室

（〒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: inoue-t263@mlit.go.jp

³非会員 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: wmoji@ibs.or.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: jmorio@ibs.or.jp

地方都市圏では20年以上PT調査等が実施できていない都市圏もあり、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本的データが不足している状況にある。本研究では、これらの地方都市において定量的なデータに基づき、各種計画の検討ができるように、大規模なPTの実施調査を行わずに、OD表を推計できる方法の開発を行った。具体的には、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表を作成したうえで、携帯基地局データによる移動量により補正を行う方法を開発した。さらに、ケーススタディーとして近年PT調査が実施された高崎市の実際のOD表と比較を行い、推計手法との比較検証を行い、推計手法の妥当性を検証した。

Key Words : *OD matrix estimation, nationwide person trip survey data, mobile phone base stations data, urban facility location 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。しかし、地方都市圏では20年以上PT調査等が実施されていない都市圏もあり、必要なデータが十分そろっていない状態にある。特に、OD表や分担率がデータとしてないことが問題である。

一方、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、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（以下、全国PTという）の都市セグメントデータを用いて構築した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。さらに交通系ICカードと組み合わせることで、

PT調査では把握が難しいゾーン内の公共交通の動きについても分析できる可能性がある。

そこで、本研究においては立地適正化計画や公共交通網形成計画を検討するための都市交通に関するOD表、分担率等のデータ整備や、計画に係る施策を定量的に評価するため政策変数を施策評価できるようなツールの構築を目的として検討を行う。検討にあたっては、立地適正化計画・公共交通網形成計画の作成を行う地方自治体や地方の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を構築することを目指し、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を条件とする。

具体的には、平成27年度の全国PT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表を作成したうえで、携帯基地局データ（本研究においては、NTTドコモ社のモバイル空間統計を用いる）による移動量により補正を行う方法を開発する。

さらに、ケーススタディーとして、近年、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、実績のOD表との比較や感度分析を通じて、推計手法の妥当性を検証する。

2. 全国PTデータの特性

全国PTは国土交通省都市局が5年に一度全国で実施している調査であり、一般の都市圏PT調査とは異なる点があるため、全国PTのデータ特性とそれを踏まえた推計モデルの構造について検討する。

(1) 全国PTデータの概要

- ある1日（平日・休日の各1日）の交通調査を全国で同時期に実施する実態調査
- 5年に1度実施（昭和62～平成27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（図-1）
- 調査世帯に対して、世帯属性、世帯員の平日休日の各1日の移動について、調査票により回答を依頼し、郵送又はWEBにより回収

(2) これまでの全国PT調査データの活用

- 都市規模別の生成原単位や交通分担率等の傾向を把握
- 都市圏PT調査のようにトリップ数（量）ではなく、原単位（平均値）の分析が基本

以上より、都市圏PTと大きく異なる点として、都市圏内で調査区を設定して調査を行うため、非調査区が存在し、すべての地域の居住者に関するサンプルが得られているわけではないことと、全国PTではOD交通量を把握することができないことに注意が必要となる。

(3) 調査区・非調査区の考慮

全国PTでは、都市別に30の調査区とそれ以外のエリアである非調査区が設定されている（図-1）。全国PTデータにおいては、調査区の居住者を対象とした調査であるため、出発地とするホームベース目的トリップについては十分なサンプルがある一方で、調査区以外の居住者は調査の対象外であるため、調査区以外のホームベース目的のサンプルは存在しない。また、ノンホームベース目的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の移動先からの発生しかサンプルが存在しない。このため、モデル構築するうえでは、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る必

要があり、さらにそれぞれのゾーン区分をどの程度の大きさに設定するか検討する必要がある。

表-1 全国PTにおける都市類型

都市類型		調査対象都市
a	三大都市圏	中心都市
b		周辺都市※1
c		周辺都市※2
d	地方中枢都市圏	中心都市
e		周辺都市
f	地方中核都市圏 (中心都市40万人以上)	中心都市
g		周辺都市
h	地方中核都市圏 (中心都市40万人未満)	中心都市
i		周辺都市
j	地方中心都市圏 その他の都市	—

注) 三大都市圏の周辺都市は、以下の定義で都市類型 b と都市類型 c に分けている。

	中心からの距離		
	都市圏		
	東京	京阪神	中京
※1 都市類型b	40km未満	30km未満	-
※2 都市類型c	40km以上	30km以上	全域

本研究においては、パラメータ推定における発着ゾーン区分は、ホームベース目的の出発地は全国PTの調査区ゾーン単位とし、それ以外（ホームベース目的の目的地、ノンホームベース目的の出発地・目的地）はH27道路交通起終点調査（旧：道路交通センサス）のBゾーン単位とする。（図-2、図-3）

なお、ケーススタディーのモデル推計においては、出発地・目的地ともにBゾーン単位で行う。ケーススタディとして選定した高崎市の場合、人口371,300人、全国PTの調査区ゾーンは236、H27道路交通起終点調査のBゾーンは21である。

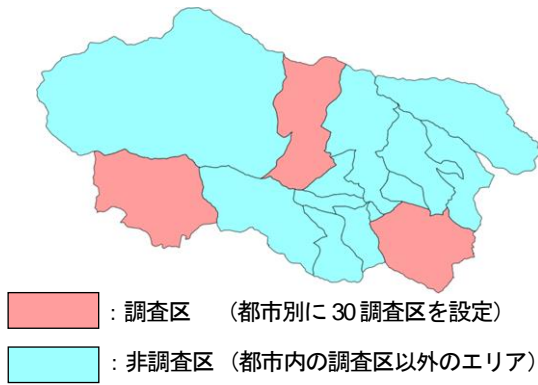


図-1 全国PTの調査対象都市の調査区のイメージ

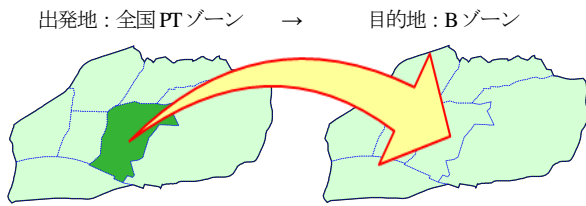


図-2 出発地・目的地区分 (ホームベース目的のパラメータ推定)

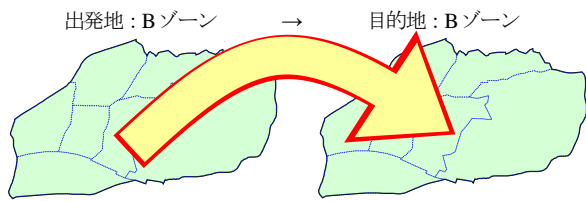


図-3 出発地・目的地区分 (ノンホームベース目的のパラメータ推定とホームベース・ノンホームベース目的のモデル推計)

3. 全国PTデータを用いた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、想定するユーザーやアウトプットデータ、および、その目標精度、システム作成の前提条件などについて以下のように整理する。

(1) 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地方のコンサルタントの実務担当者が扱うことを想定する。

(2) 提供データ

PT調査の中ゾーンレベルのOD表や分担率など、現況交通実態の把握や施策評価ができるものを提供する。

(3) データの目標精度

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、居住誘導・施設立地による交通への影響の評価や公共交通の再編・サービス水準の違いによる交通需要を把握できるレベルを目指す。

(4) 既存データを最大限活用したシステム

国土数値情報等の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。

4. 全国PTデータを用いたOD推計システムの構築

OD推計システムのモデル構造については、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四段階推計法をベースとし、全国PTデータの特徴を踏まえた推計フローと、携帯電話基地局データによる補正方法について検討する。

(1) OD推計の分析フロー

本研究において構築するモデルは、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。全国PTデータの特長上、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する。このため、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。さらに、分布交通量を推計した段階でモバイル空間統計データによる補正を行うこととする (図-4)。

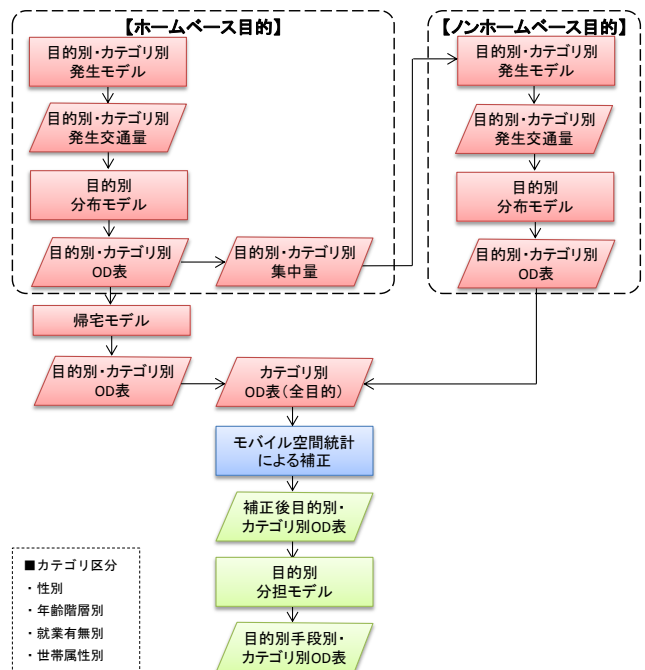


図-4 推計フローチャート

(2) 携帯電話基地局データを用いた補正方法

発生・分布・帰宅モデルにより推計されたOD表を、携帯基地局データによって補正する方法について、本研究においては、以下の3つを考案し、採用する方式について検討を行った。なお、OD表の補正を行うタイミングは、分布モデルを適用した後であるため推計OD表は目的別に分かれているが、補正に用いるモバイル空間統計のOD表は目的別に分かれていないことなどに注意する必要がある。

a) 携帯基地局データ交通量のボリュームに整合させる (分布モデル式をモバイル空間統計により補正)

分布モデルの式自体を補正する。具体的には、ロジットモデルの中にダミー変数を導入することで目的地選択確率を補正することや、もしくは、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することで、観測OD交通量のボリュームに整合するようにする。

b) 携帯基地局データ交通量のボリュームに整合させる (分布モデルで推計したOD表の分布を保持する現在パターン法)

分布モデルで推計したOD表を現在パターンとして、モバイル空間統計のOD表から集計した観測発生交通量と観測集中交通量のボリュームに合うように、フレーター法などにより補正する。

c) 推計交通量のボリュームに整合させる (モバイル空間統計の分布を保持する現在パターン法)

モバイル空間統計のOD表を現在パターンとして、推計発生交通量と推計集中交通量のボリュームに整合するように、フレーター法などにより補正する。

これら3つの方式の特徴を表-2に整理する。各方式にはそれぞれ長所と短所があるが、本研究において適用する補正方法としては、施策評価を行うことを想定し、将来推計が可能である方式a)の、ロジットモデルの外に補正係数を導入する方法を採用することとした。

5. 使用するデータの整備

推計モデルのパラメータ推定やモデル推計、OD表の補正などの処理において、本検討で必要となるデータについて整理する。

(1) 全国PTデータ

本研究において構築するモデルの対象都市や、カテゴリ、目的、交通手段の区分について検討する。

表-2 補正方法の特徴

		方式a)	方式b)	方式c)
方式の特性	予測可能な項目	生成・発生量の変化 分布量の変化 分担率の変化	分布量の変化 分担率の変化	生成・発生量の変化 分担率の変化
	時点更新への対応	夜間人口の更新、 原単位の更新	モバイル空間統計の量の更新	夜間人口の更新、 原単位の更新
	LOSの整備	ゾーンのLOS (分布モデルに使用) 交通手段のLOS (分担率モデルに使用)	ゾーンのLOS (分布モデルに使用) 交通手段のLOS (分担率モデルに使用)	交通手段のLOS (分担率モデルに使用)
長所		・新たな分布モデル式が得られる (将来推計が可能)	・技術的難易度が比較的低い	・モバイル空間統計の短トリップの定義合わせが不要 ・技術的難易度が比較的低い
課題		・モバイル統計を用いるため、全国PTから短トリップ分を抜く定義合わせの必要あり ・補正に用いるモバイル統計の生成量を全国PTの原単位に基づいた生成量に合わせる必要あり ・ロジットモデルの中にダミー変数を導入する方法は技術的難易度が高い ・ロジットモデルの外に補正係数を導入する方法は差分の補正係数の影響が大きくなりすぎるとモデル式の意義が薄れる	・モバイル統計を用いるため、全国PTから短トリップ分を抜く定義合わせの必要あり ・一般に精度の高い分布モデルの分布パターンが保持されてしまう ・分布モデル式自体は補正されない ・生成量はモバイル統計の量であるため、短トリップ分が抜けてしまう	・短トリップが含まれていないモバイル統計の分布で、短トリップも含まれる全国PTの総量を引き延ばすことになる ・全目的で補正するため、いずれの目的でも同じ分布パターンが適用されてしまう ・全国PTから集中量を作成する際の工夫が必要 ・生成量が観測値ではなく、全国PTからの推計値を適用することになる

a) パラメータ推定・モデル推計の対象都市

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、高崎市を対象とする。高崎市は、平成27年度の全国PT調査と同時期に群馬PT調査を実施し、推計結果と、実際の都市圏PTデータとの比較が可能であり、モデル推計として選定した。

モデルのパラメータ推定は、全国PTの都市セグメントにおいて高崎市を含む「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、本研究においては人口規模が高崎市に比較的近い弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市、に高崎市を加えた計7都市のサンプルデータにより、パラメータ推定を行うこととする。

表-3 地方中核都市圏（中心都市40万人未満）の都市別のゾーン数および夜間人口

都市類型	都市名	H22 国勢調査ゾーン数	H27 全国PTゾーン数	H27 Bゾーン数	H22 国勢調査夜間人口
中心都市	弘前市	532	284	14	183,473
	盛岡市	967	160	16	298,348
	郡山市	1,663	227	23	338,712
	松江市	438	198	26	194,258
	徳島市	445	196	18	264,548
	高知市	434	307	27	343,393
	周辺都市	高崎市	428	236	21
山梨市		116	53	3	36,832
海南市		84	70	4	54,783
安来市		93	93	6	41,836
南国市		107	75	4	49,472
浦添市		79	20	7	110,351

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も少なからず存在することが考えられる。このため、対象都市の交通状況を確認し、そのうえで高崎市における推定・推計対象とする都市圏を設定することとする。

全国PTデータから対象都市の居住者について、トリップの目的地構成を集計したところ、都市内居住者の総トリップ数の概ね90%程度が都市内々トリップであることが確認できる(表-4)。これに対し、高崎市居住者の都市内々トリップは約82%であった。従って、高崎市についてはトリップ数の概ね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(表-5, 図-5)。

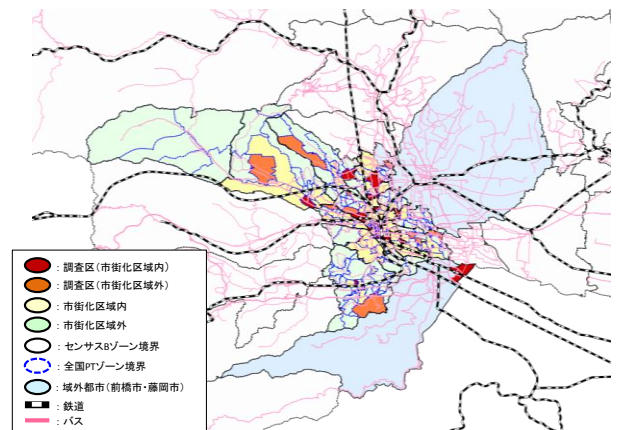
高崎市は全国PTの対象都市であるため都市内々トリップが分かるためこの手法で行ったが、全国PTの対象都市でない場合は、国政調査の通勤実態等を勘案して、推定・推計対象とする区域を設定する必要がある。

表-4 全国PTデータにおける中心都市の都市内居住者の着都市別トリップ構成比

都市名	トリップ構成比	
	都市内々	都市内外
弘前市	90.83%	9.17%
盛岡市	89.95%	10.05%
郡山市	91.17%	8.83%
松江市	91.09%	8.91%
徳島市	84.82%	15.18%
高知市	90.19%	9.81%

表-5 全国PTデータにおける高崎市内居住者の着都市別トリップ構成比

都市名	着都市	トリップ構成比
高崎市	高崎市	82.00%
	前橋市	5.62%
	藤岡市	2.01%
	玉村町	1.26%
	伊勢崎市	0.82%
	特別区	0.74%
	富岡市	0.67%
	本庄市	0.63%
	太田市	0.56%
	渋川市	0.48%
其他都市	5.21%	



※ 前橋市と藤岡市はそれぞれ単一のゾーンとして扱う

図-5 高崎市の推定・推計対象範囲

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。ただし、年齢階層については、モバイル空間統計データによってOD表を補正することを踏まえて、15歳未満と75歳以上を分けて設定する。

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「子供がいる(子供の年齢別)/子供がいない」や、高齢者の「単身である/単身でない」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都市の全国PTデータのサンプル数を確認したところ、子育て女性についてはサンプル数が少ない区分があったため、表-6のとおり統合を行い、モデルのカテゴリ区分とする。

表-6 モデルのカテゴリ区分と7都市におけるサンプル数

性別	年齢階層	世帯属性	全国 PT サンプル数	
			就業者	非就業者
男性	～14 歳	区分なし	0	254
	15～24 歳	区分なし	70	188
	25～44 歳	区分なし	695	53
	45～64 歳	区分なし	1,003	126
	65～74 歳	単身である	30	43
		単身でない	289	327
	75 歳～	単身である	12	47
		単身でない	77	385
女性	～14 歳	区分なし	0	251
	15～24 歳	区分なし	72	208
	25～44 歳	子供がいる (0～5 歳)	133	94
		子供がいる (6～11 歳)	98	42
		子供がいないまたは子供が 12 歳以上	335	90
	45～64 歳	区分なし	803	425
	65～74 歳	単身である	39	89
		単身でない	140	469
	75 歳～	単身である	12	150
		単身でない	47	399

d) 目的区分

モデルの目的区分としては、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た、表-7のと通りの7区分とする。

表-7 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
帰宅	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、表-8のとおり6区分とする。

表-8 モデルの交通手段区分

鉄道
バス
自動車
2輪車
自転車
徒歩

(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H22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H24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、これらのデータは国土数値情報などの一般的に入手可能なものから、可能な限り最新時点のもの (H27) について整備する (表-9)。

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NW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、私事目的の分布モデルの説明変数としては、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¹⁾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-10)。

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 (National Integrated Transport Analysis System : NITAS) の出力結果を用いることとする。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NW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NW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-9 人口フレーム・LOSデータの一覧

データ名	データ項目	出典・元データ
人口フレーム	夜間人口	H22国勢調査
	従業人口	H24経済センサス
分布モデル LOS	病院	H26国土数値情報（医療機関（点））
	学校	H25国土数値情報（学校（点））
	福祉施設	H27国土数値情報（福祉施設（点））
	集客施設（ホール）	H26国土数値情報（集客施設（点））
	文化施設（図書館）	H25国土数値情報（文化施設（点））
	事業所	H24経済センサス
	商業施設	H24経済センサス
	役場	H26国土数値情報（市町村役場等及び公的集会施設（点））
	距離	DRM 2703
	分担モデル LOS	鉄道LOS
バスLOS		H22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		DRM 2703
自転車LOS		DRM 2703
徒歩LOS		DRM 2703
標高		H23国土数値情報（標高・傾斜3次メッシュ）

表-10 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

(4) モバイル空間統計データ

本研究の高崎市を対象としたケーススタディーにおいて、OD表の補正に用いる携帯基地局データとしては、NTTドコモ社のモバイル空間統計（人口流動統計）データ⁵⁾を用いる。その仕様を以下に示す。

表-11 モバイル空間統計データの仕様

対象期間	平成27年11月10日～平成27年11月12日 (3日間積算)
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

補正の際には、3日間積算値を3で除して1日あたりに換算し、また、年代についてはモデルのカテゴリ区分の年齢階層に集約して適用する。

モバイル空間統計のデータは、

- ・移動の定義が全国PTと異なり、短トリップ(1km未満)、短時間(1時間未満)の移動が対象となっていないこと
 - ・目的別に分かれていないこと
 - ・性別と年齢階層別には分かっているが就業有無別と世帯属性別には分かれていないこと
- 等の特徴があり、これらに注意して補正を行う必要がある。

6. 交通需要推計モデルの構築

図-4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とパラメータ推定結果について以下に示す。

(1) 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データから7都市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。

$$G_i^{k\ell mn} = \alpha_i^{k\ell mn} N_i^{k\ell mn} \tag{1}$$

ここに、

$N_i^{k\ell mn}$: 性別 k , 年齢階層 ℓ , 就業有無 m , 世帯属性 n , ゾーン i の夜間人口

$G_i^{k\ell mn}$: 性別 k , 年齢階層 ℓ , 就業有無 m , 世帯属性 n , ホームベース目的の目的区分 t , ゾーン i の発生交通量

$\alpha_i^{k\ell mn}$: 性別 k , 年齢階層 ℓ , 就業有無 m , 世帯属性 n , ホームベース目的の目的区分 t の生成原単位

表-12 ホームベース目的発生モデルの生成原単位 (就業者)

性別	年齢階層	世帯属性	生成原単位(就業者)				
			自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事	
男性	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	15~24歳	区分なし	0.4429	0.0000	0.0286	0.1000	
	25~44歳	区分なし	0.5338	0.0043	0.0446	0.1108	
	45~64歳	区分なし	0.5095	0.0020	0.0678	0.1157	
	65~74歳	単身である	0.2333	0.0000	0.0333	0.4667	
		単身でない	0.3114	0.0035	0.2249	0.3010	
	75歳~	単身である	0.0833	0.0000	0.2500	0.3333	
		単身でない	0.1818	0.0130	0.1818	0.4156	
	女性	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		15~24歳	区分なし	0.5278	0.0000	0.0139	0.1667
25~44歳		子供がいる(0~5歳)	0.2707	0.0226	0.0075	0.6090	
		子供がいる(6~11歳)	0.5714	0.0000	0.0510	0.3367	
45~64歳		子供がいないまたは子供が12歳以上	0.5851	0.0000	0.0358	0.1433	
		区分なし	0.5679	0.0025	0.0722	0.2354	
65~74歳		単身である	0.4103	0.0000	0.0513	0.2821	
		単身でない	0.2357	0.0000	0.2500	0.3214	
75歳~		単身である	0.2500	0.0000	0.0833	0.2500	
		単身でない	0.0851	0.0000	0.3191	0.2553	

表-13 ホームベース目的発生モデルの生成原単位 (非就業者)

性別	年齢階層	世帯属性	生成原単位(非就業者)				
			自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事	
男性	~14歳	区分なし	0.0000	0.9528	0.0000	0.1417	
	15~24歳	区分なし	0.0160	0.6649	0.0106	0.0745	
	25~44歳	区分なし	0.0189	0.0755	0.0566	0.2830	
	45~64歳	区分なし	0.0000	0.0079	0.0317	0.5635	
	65~74歳	単身である	0.0233	0.0000	0.0233	0.7442	
		単身でない	0.0031	0.0000	0.0734	0.6972	
	75歳~	単身である	0.0000	0.0000	0.0213	0.5319	
		単身でない	0.0000	0.0000	0.0208	0.5325	
	女性	~14歳	区分なし	0.0000	0.9203	0.0000	0.0916
		15~24歳	区分なし	0.0096	0.6923	0.0000	0.1010
25~44歳		子供がいる(0~5歳)	0.0000	0.0532	0.0106	0.8085	
		子供がいる(6~11歳)	0.0476	0.0238	0.0000	0.6190	
45~64歳		子供がいないまたは子供が12歳以上	0.0111	0.0111	0.0111	0.4222	
		区分なし	0.0165	0.0000	0.0259	0.6659	
65~74歳		単身である	0.0112	0.0000	0.0674	0.5955	
		単身でない	0.0064	0.0021	0.0235	0.6397	
75歳~		単身である	0.0000	0.0000	0.0200	0.4200	
		単身でない	0.0075	0.0025	0.0125	0.3759	

(2) 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^{3,4)}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。

$$X_{ij}^{klmn} = G_{ii}^{klmn} \frac{\exp(V_{ij}^{klmn})}{\sum_j \exp(V_{ij}^{klmn})} \quad (2)$$

ここに、

X_{ij}^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 l , 就業有無 m , 世帯属性 n , ホームベース目的の目的区分 t , ODペア ij の OD 交通量

V_{ij}^{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

各目的区分の説明変数としては、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、トリップ長の傾向が75歳以上・未満で異なっていたため、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、先述したとおり、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。

表-14 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		
$\ln(\text{ゾーン間距離}(\text{km})+1)$	-1.1603 (-16.53)	-2.6067 (-21.64)	-1.9018 (-10.43)	-		
75歳未満ダミー $\times \ln(\text{ゾーン間距離}(\text{km})+1)$	0.0000	-	-	-2.1731 (-30.19)		
75歳以上 $\times \ln(\text{ゾーン間距離}(\text{km})+1)$	-	-	-	-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)		
$\ln(\text{着ゾーン夜間人口密度}(\text{人}/\text{km}^2)+1)$	-	-	-	0.2504 (5.67)		
$\ln(\text{着ゾーン従業人口密度}(\text{人}/\text{km}^2)+1)$	0.8338 (40.78)	-	0.5004 (9.66)	0.4264 (12.40)		
$\ln(\text{着ゾーン学校密度}(\text{件}/\text{km}^2)+1)$	-	1.8150 (15.13)	-	-		
拠点ランク	-	-	-	0.2088 (8.50)		
$\ln(\text{着ゾーン面積}(\text{km}^2))$	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	0.369	0.566	0.480	0.520		
的中率	02202) 弘前市	0.233	0.527	0.699	0.408	
	03201) 盛岡市	0.276	0.573	0.469	0.426	
	07203) 郡山市	0.185	0.392	0.452	0.375	
	10202) 高崎市	0.233	0.654	0.400	0.513	
	32201) 松江市	0.145	0.486	0.500	0.403	
	36201) 徳島市	0.233	0.467	0.550	0.451	
	39201) 高知市	0.213	0.552	0.404	0.452	
	総計	0.215	0.527	0.530	0.434	
	サンプル数	02202) 弘前市	210	74	103	292
		03201) 盛岡市	243	117	32	326
07203) 郡山市		275	102	31	341	
10202) 高崎市		287	156	45	382	
32201) 松江市		296	105	68	352	
36201) 徳島市		275	135	40	326	
39201) 高知市		225	58	47	336	
総計		1,811	747	366	2,355	

※ 上段:パラメータ値, 下段:値

(3) 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、ホームベース目的の目的別ゾーン別集中交通量を説明変数とする重回帰モデルにより、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。

$$G_{ii}^{klmn} = \sum_{t \in T_H} \lambda_{i'}^{klmn} A_{i'}^{klmn} \quad (3)$$

ここに、

A_i^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 l , 就業有無 m , 世帯属性 n , ホームベース目的の目的区分 t , ゾーン i の集中交通量

G_i^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 l , 就業有無 m , 世帯属性 n , 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

λ_i^{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

勤務・業務については、自宅-勤務と自宅-業務の2つを説明変数とする。なお、非高齢・非就業者については1トリップしかサンプルが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。

その他私事については、すべての説明変数の組み合わせについて推定を実施し、説明変数の符号がすべて正かつ、 t 値がすべ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した。

表-15 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

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

※ 上段：パラメータ値，下段： t 値

(4) 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。

$$X_{ij}^{klmn} = G_i^{klmn} \frac{\exp(V_{ij}^{klmn})}{\sum_{j'} \exp(V_{ij'}^{klmn})} \quad (4)$$

ここに、

X_{ij}^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 l , 就業有無 m , 世帯属性 n , 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_{ij}^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 l , 就業有無 m , 世帯属性 n , 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

ノンホームベース目的の説明変数としては、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こととした。

表-16 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×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)	-	-		
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	02202) 弘前市	0.175	0.404	
	03201) 盛岡市	0.417	0.400	
	07203) 郡山市	0.231	0.366	
	10202) 高崎市	0.292	0.498	
	32201) 松江市	0.179	0.303	
	36201) 徳島市	0.227	0.436	
	39201) 高知市	0.221	0.372	
	総計	0.247	0.393	
	サンプル数	02202) 弘前市	40	146
		03201) 盛岡市	48	245
07203) 郡山市		13	224	
10202) 高崎市		48	261	
32201) 松江市		67	307	
36201) 徳島市		44	181	
39201) 高知市		68	242	
総計		328	1,606	

※ 上段：パラメータ値，下段： t 値

(5) 帰宅モデル

帰宅目的については、他の目的の裏返しをイメージした推計とするため、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、帰宅目的のOD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。

$$X_{ij}^{klmn} = \sum_{t \in T_H} \mu_t^{klmn} X_{tj}^{klmn} \quad (5)$$

ここに,

X_{ji}^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 ℓ , 就業有無 m , 世帯属性 n , ホームベース目的の目的区分 t , OD ペア ji の OD 交通量

X_{ij}^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 ℓ , 就業有無 m , 世帯属性 n , 帰宅目的, OD ペア ij の OD 交通量

μ_t^{klmn} : 性別 k , 年齢階層 ℓ , 就業有無 m , 世帯属性 n , ホームベース目的の目的区分 t の帰宅パラメータ

帰宅目的については, 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ため, 特に説明変数は外さないこととした.

表-17 帰宅モデルのパラメータ推定結果

目的	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
	年齢階層	就業有無						
帰宅	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 (14.82)	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

(6) モバイル空間統計データによるOD表の補正

モバイル空間統計データによる補正は, 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交通量の差分を加算することにより行う. すなわち, 補正係数は, 性別年齢階層別の観測OD交通量と(現況)推計OD交通量の差分を求め, これを(現況)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. また, 得られた補正係数を用いて, 分布モデル(2),(4)式を(9)式のように修正する.

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

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

ここに,

\hat{Z}_{ij}^{kl} : 性別 k , 年齢階層 ℓ , OD ペア ij の観測 OD 交通量 (モバイル空間統計データ)

ψ_{ij}^{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 の補正係数

(6) 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, モバイル空間統計データで補正した OD 表に交通手段選択確率を乗じることで推計を行う.

$$Y_{ijh}^{klmn} = X_{ij}^{klmn} \frac{\exp(V_{ijh}^{klmn})}{\sum_{h'} \exp(V_{ijh'}^{klmn})} \quad (6)$$

ここに,

Y_{ijh}^{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

V_{ijh}^{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

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(徒歩)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-通学は, 費用が有意にならなかったため, 説明変数から除いており, 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.

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く, パラメータ推定が困難であったため, 業務系(自宅-業務と勤務・業務), 私事系(自宅-私事とその他私事)で目的区分を束ねてサンプルをプーリング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を実施した.

なお, 帰宅目的に関してはモデルを構築せず, 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する. つまり, 帰宅以外の目的計のOD交通量の分担率を, 帰宅目的のOD交通量に乗じることで, 帰宅目的の交通手段別OD交通量を推計する.

$$Y_{ijh}^{klmn} = X_{ij}^{klmn} \frac{\sum_{t' \neq i} Y_{t'jh}^{klmn}}{\sum_{t' \neq i} \sum_{h'} Y_{t'jh'}^{klmn}} \quad (7)$$

ここに,

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

表-18 分担モデルのパラメータ推定結果 (自宅-勤務)

説明変数	パラメータ(t値)					
	鉄道	バス	自動車	2輪車	自転車	徒歩
定数項	-0.6691 (-1.64)	-1.7529 (-3.92)	0.3217 (2.22)	-1.8142 (-8.70)	0.0230 (0.14)	-
総所要時間 (分)	-0.0620 (-11.31)					
総費用 (円)	-0.0027 (-3.40)					
距離 (km)	-0.0565 (-11.47)					
女性ダミー	-	0.5749 (1.87)	-	-0.9922 (-3.27)	-	-
高齢者65歳以上ダミー	-	-	-	-	-0.5548 (-2.15)	-
初期対数尤度	-1.795.726					
最終対数尤度	-1,570.949					
対数尤度比	0.125					
自由度調整済み対数尤度比	0.119					
的中率	0.761					
02202) 弘前市	0.761					
03201) 盛岡市	0.532					
07203) 郡山市	0.766					
10202) 高崎市	0.754					
32201) 松江市	0.743					
36201) 徳島市	0.614					
39201) 高知市	0.557					
総計	0.679					
サンプル数	209					
02202) 弘前市	209					
03201) 盛岡市	233					
07203) 郡山市	256					
10202) 高崎市	284					
32201) 松江市	284					
36201) 徳島市	264					
39201) 高知市	221					
総計	1,751					

※ 上段：パラメータ値，下段：t値

表-20 分担モデルのパラメータ推定結果 (自宅-業務)

説明変数	パラメータ(t値)					
	鉄道	バス	自動車	2輪車	自転車	徒歩
定数項	-8.2093 (-0.16)	-2.0667 (-2.84)	2.1895 (11.70)	-0.7630 (-2.19)	0.1943 (0.80)	-
総所要時間 (分)	-0.0537 (-4.08)					
総費用 (円)	-0.0021 (-0.91)					
距離 (km)	-0.0226 (-3.81)					
女性ダミー	-	-	-0.9893 (-4.45)	-0.9911 (-2.10)	-	-
初期対数尤度	-500.301					
最終対数尤度	-452.611					
対数尤度比	0.095					
自由度調整済み対数尤度比	0.075					
的中率	0.848					
02202) 弘前市	0.848					
03201) 盛岡市	0.608					
07203) 郡山市	0.833					
10202) 高崎市	0.837					
32201) 松江市	0.872					
36201) 徳島市	0.778					
39201) 高知市	0.766					
総計	0.800					
サンプル数	138					
02202) 弘前市	138					
03201) 盛岡市	79					
07203) 郡山市	42					
10202) 高崎市	86					
32201) 松江市	133					
36201) 徳島市	81					
39201) 高知市	107					
総計	666					

※ 上段：パラメータ値，下段：t値

表-19 分担モデルのパラメータ推定結果 (自宅-通学)

説明変数	パラメータ(t値)					
	鉄道	バス	自動車	2輪車	自転車	徒歩
定数項	-0.2442 (-0.62)	-1.7061 (-5.01)	0.1566 (0.66)	-3.1836 (-5.84)	0.9765 (4.22)	-
総所要時間 (分)	-0.0138 (-2.85)					
総費用 (円)	-					
距離 (km)	-0.0220 (-6.12)					
15歳未満ダミー	2.9079 (13.04)					
初期対数尤度	-965.944					
最終対数尤度	-675.895					
対数尤度比	0.219					
自由度調整済み対数尤度比	0.210					
的中率	0.644					
02202) 弘前市	0.644					
03201) 盛岡市	0.750					
07203) 郡山市	0.680					
10202) 高崎市	0.719					
32201) 松江市	0.606					
36201) 徳島市	0.719					
39201) 高知市	0.649					
総計	0.690					
サンプル数	73					
02202) 弘前市	73					
03201) 盛岡市	116					
07203) 郡山市	100					
10202) 高崎市	153					
32201) 松江市	104					
36201) 徳島市	135					
39201) 高知市	57					
総計	738					

※ 上段：パラメータ値，下段：t値

表-21 分担モデルのパラメータ推定結果 (自宅-私事)

説明変数	パラメータ(t値)					
	鉄道	バス	自動車	2輪車	自転車	徒歩
定数項	-3.4527 (-3.44)	-2.3485 (-14.74)	0.9848 (16.39)	-2.2743 (-12.12)	-0.2371 (-3.01)	-
総所要時間 (分)	-0.0436 (-9.89)					
総費用 (円)	-0.0015 (-2.69)					
標高差 (m)	-0.0016 (-1.87)					
距離 (km)	-0.0359 (-15.03)					
女性ダミー	-	-	-0.3989 (-4.10)	-1.1110 (-3.82)	-0.3591 (-2.77)	-
後期高齢者75歳以上ダミー	-	0.9972 (3.78)	-0.4645 (-3.86)	-0.8525 (-2.00)	-0.2804 (-1.76)	-
初期対数尤度	-3.637.341					
最終対数尤度	-3,287.892					
対数尤度比	0.096					
自由度調整済み対数尤度比	0.092					
的中率	0.681					
02202) 弘前市	0.681					
03201) 盛岡市	0.585					
07203) 郡山市	0.723					
10202) 高崎市	0.771					
32201) 松江市	0.813					
36201) 徳島市	0.606					
39201) 高知市	0.613					
総計	0.690					
サンプル数	430					
02202) 弘前市	430					
03201) 盛岡市	557					
07203) 郡山市	524					
10202) 高崎市	624					
32201) 松江市	635					
36201) 徳島市	485					
39201) 高知市	551					
総計	3,806					

※ 上段：パラメータ値，下段：t値

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の実績値を比較すると、自宅ー通学については概ね45度線に乗っていることが確認できる。また、自宅ー勤務は内々交通量が特に小さく推計される傾向にある。

目的別トリップ長分布について推計値と群馬PTの実績値を比較すると、自宅ー勤務や自宅ー私事については4~8km付近で推計値が若干小さい傾向にあり、自宅ー通学や自宅ー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。

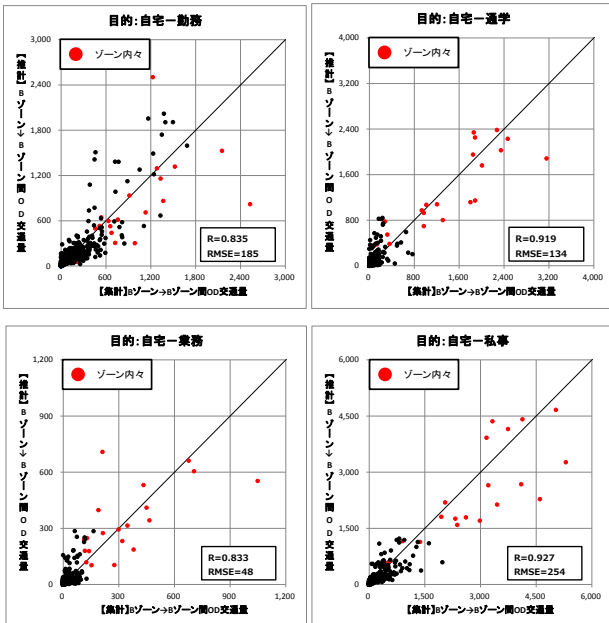


図-6 ホームベース目的OD表の実績値と推計値の比較

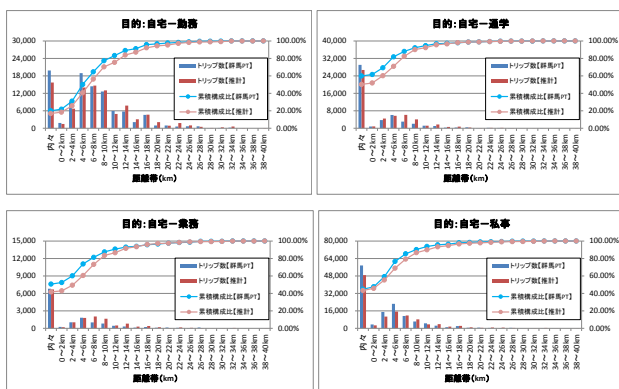


図-7 ホームベース目的のトリップ長分布の実績値と推計値の比較

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の実績値を比較すると、推計値/実績値の比率が約0.73となっており、ホームベース目的と同様に全体的に推計値が小さい傾向にある。

特に、就業者の勤務・業務などの全国PT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-27 高崎市居住者のノンホームベース目的生成交通量【H27群馬PT】

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	~14歳	区分なし	0	0	0	0	0	3,652	3,652
	15~24歳	区分なし	186	541	727	0	1,850	1,850	2,577
	25~44歳	区分なし	8,359	3,752	17,111	0	6,01	6,01	17,112
	45~64歳	区分なし	8,340	9,232	17,572	20	1,387	1,387	18,959
	65~74歳	単身である	183	432	615	0	599	599	1,214
		単身でない	1,913	2,258	4,171	128	4,651	4,779	8,950
		合計	2,096	2,690	4,786	128	5,250	5,378	11,164
	75歳~	単身である	350	616	966	15	3,327	3,342	4,308
		単身でない	0	0	0	0	0	0	0
	年齢計		19,955	21,997	41,392	163	16,430	16,593	57,945
女性	~14歳	区分なし	0	0	0	0	3,253	3,253	3,253
	15~24歳	区分なし	211	802	1,013	0	2,227	2,227	3,240
	25~44歳	区分なし	389	7,885	7,954	12	3,096	3,096	11,050
	45~64歳	子供がいる(0~5歳)	402	3,425	3,827	0	883	883	4,710
		子供がいる(6~11歳)	1,151	4,196	7,347	0	1,376	1,376	8,723
		子供がいないまたは子供が12歳以上	3,188	12,010	15,198	102	6,548	6,650	21,848
	65~74歳	単身である	140	499	639	34	1,312	1,347	1,986
		単身でない	498	1,516	2,014	121	5,924	6,045	8,059
		合計	638	2,015	2,653	155	7,236	7,402	10,045
	75歳~	単身である	30	337	367	36	1,667	1,703	2,070
単身でない		151	412	563	9	2,897	2,906	3,469	
年齢計		6,140	32,782	38,922	314	28,173	28,487	68,409	
男女計		25,895	54,778	80,274	477	48,603	48,080	126,354	

表-28 高崎市居住者のノンホームベース目的生成交通量【OD推計】

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	~14歳	区分なし	0	0	0	0	2,592	2,592	2,592
	15~24歳	区分なし	0	1,002	1,002	0	1,031	1,031	2,033
	25~44歳	区分なし	3,706	7,885	11,692	0	899	899	12,591
	45~64歳	区分なし	3,399	7,335	10,734	0	2,214	2,214	12,948
	65~74歳	単身である	57	269	326	7	471	478	803
		単身でない	788	2,024	2,812	51	3,903	3,954	6,766
		合計	845	2,293	3,138	58	4,374	4,432	7,569
	75歳~	単身である	12	46	58	1	334	336	393
		単身でない	152	596	750	13	3,033	3,045	3,796
	年齢計		8,113	19,260	27,373	72	14,477	14,549	41,922
女性	~14歳	区分なし	0	0	0	0	2,024	2,024	2,024
	15~24歳	区分なし	0	1,393	1,393	0	1,140	1,140	2,533
	25~44歳	区分なし	267	3,363	3,630	0	2,568	2,568	6,197
	45~64歳	子供がいる(0~5歳)	366	2,231	2,617	0	787	787	3,404
		子供がいる(6~11歳)	1,725	4,106	5,831	0	1,395	1,395	7,227
		子供がいないまたは子供が12歳以上	2,767	5,417	11,184	0	5,848	5,848	17,032
	65~74歳	単身である	83	225	309	16	814	829	1,138
		単身でない	366	1,024	1,390	36	4,696	4,732	6,122
		合計	449	1,249	1,699	52	5,510	5,562	7,260
	75歳~	単身である	22	65	87	5	955	960	1,047
単身でない		63	171	234	37	3,334	3,371	3,605	
年齢計		5,559	21,015	26,574	94	23,530	23,624	50,498	
男女計		13,972	40,275	54,247	166	38,007	38,173	92,420	

表-29 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

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	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7098	0.7098	0.7098
	15~24歳	区分なし	0.0000	1.8525	1.3785	0.0000	0.5572	0.5572	0.7889
	25~44歳	区分なし	0.4434	0.9124	0.6823	0.0000	1.4957	1.4957	0.7108
	45~64歳	区分なし	0.4075	0.7445	0.6188	0.0000	0.6199	0.5985	0.6872
	65~74歳	単身である	0.3105	0.8218	0.5292	0.0000	0.7381	0.7380	0.5618
		単身でない	0.4117	0.8965	0.6741	0.3976	0.8392	0.8274	0.7560
		合計	0.4587	0.7263	0.3044	0.0000	0.8722	0.6760	0.6865
	75歳~	単身である	0.4342	0.9711	0.7786	0.8544	0.9115	0.9112	0.8811
		単身でない	0.4192	0.8756	0.6819	0.4432	0.8811	0.8788	0.7235
	年齢計		0.4192	0.8756	0.6819	0.4432	0.8811	0.8788	0.7235
女性	~14歳	区分なし	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6221	0.6221	0.6221
	15~24歳	区分なし	0.0000	1.7371	1.3793	0.0000	0.5118	0.5118	0.7818
	25~44歳	区分なし	0.2724	0.4433	0.4563	0.0000	0.8328	0.8255	0.5909
	45~64歳	子供がいる(0~5歳)	1.4072	0.5737	0.7381	0.0000	0.8375	0.8375	0.7589
		子供がいる(6~11歳)	1.4990	0.6827	0.7937	0.0000	1.0140	1.0140	0.8285
		子供がいないまたは子供が12歳以上	0.8578	0.7008	0.7358	0.0000	0.8929	0.8792	0.7795
	65~74歳	単身である	0.5960	0.4513	0.4830	0.4620	0.6196	0.6157	0.5730
		単身でない	0.7355	0.6752	0.6991	0.2991	0.7927	0.7828	0.7596
		合計	0.7313	0.1928	0.2388	0.1888	0.5730	0.5838	0.5058
	75歳~	単身である	0.4198	0.158	0.4183	4.1042	1.1507	1.1599	1.0392
単身でない		0.9543	0.8411	0.8505	0.2886	0.8056	0.8012	0.7382	
年齢計		0.5480	0.7352	0.6758	0.3480	0.8334	0.8284	0.7314	

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の実績値を比較する。勤務・業務については内々交通量が小さく推計されており、特に、実績交通量が極端に多いゾーンがあることが確認できる(該当ODペアは前橋市内々の交通量)。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-8)。

ノンホームベース目的の目的別トリップ長分布について、推計値と群馬PT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-9)。

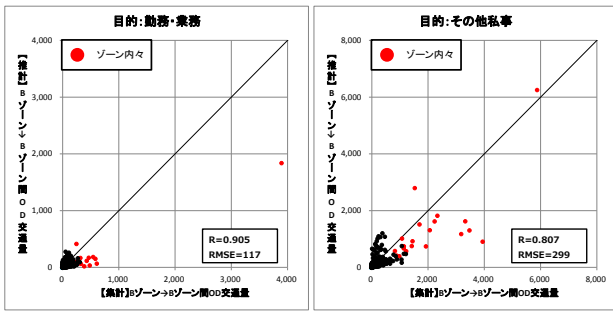


図-8 ノンホームベース目的OD表の実績値と推計値の比較

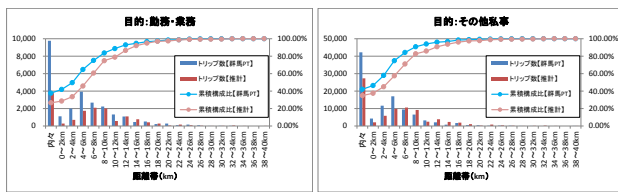


図-9 ノンホームベース目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較

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の実績値を比較すると、全体的な傾向としては45度線に乗っ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い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-10)。

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-11)。

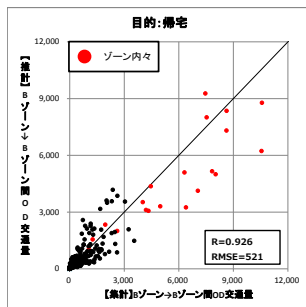


図-10 帰宅目的OD表の実績値と推計値の比較

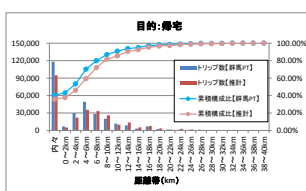


図-11 帰宅目的トリップ長分布の実績値と推計値の比較

f) モバイル空間統計データによる補正の検証

モバイル空間統計データによる補正前と補正後の全目的のOD交通量をモバイル空間統計の実績値と比較する。補正前の全目的OD表は、モバイル空間統計データの実績値に対して、特に内々交通量が若干小さく推計されているが、補正によって、45度線に乗る傾向にあることが確認できる(図-12)。

なお、15歳未満と75歳以上は補正の対象外のため、補正しても完全には45度線に乗らず、補正対象外のカテゴリ区分のトリップ数だけモバイル空間統計の実績値より推計値の方が大きくなっている。

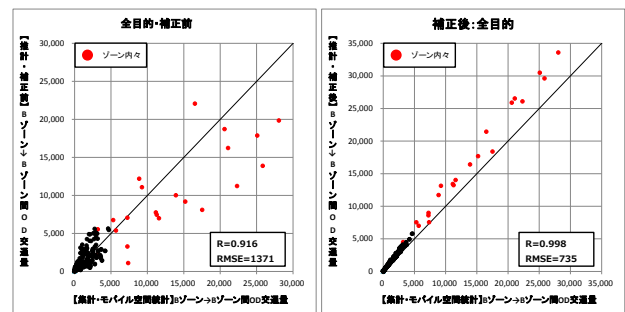


図-12 モバイル空間統計データの実績値と補正前・補正後の推計値の比較

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の実績値を比較する。自宅-勤務や自宅-業務、自宅-私事については、補正後の推計値は実績値よりも大きい傾向にあることが確認できる。自宅-勤務、自宅-私事では補正によって、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(図-13)。

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の実績値を比較すると、その他私事を除いて、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-14、図-15)。

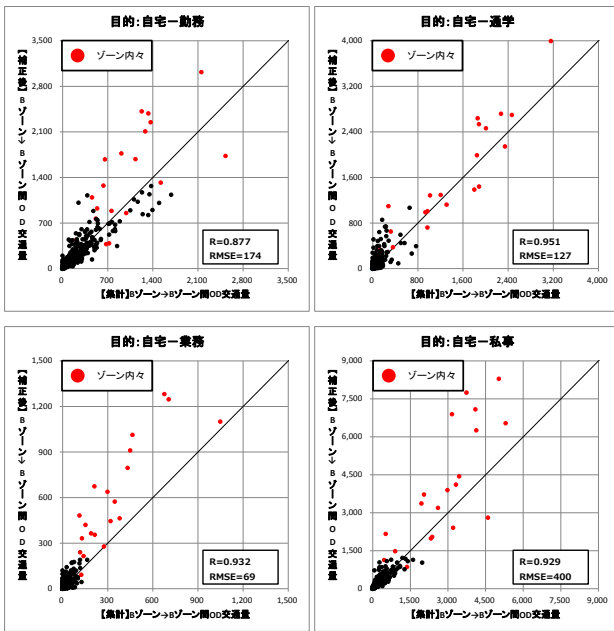


図-13 ホームベース目的OD表の実績値と推計値（補正後）の比較

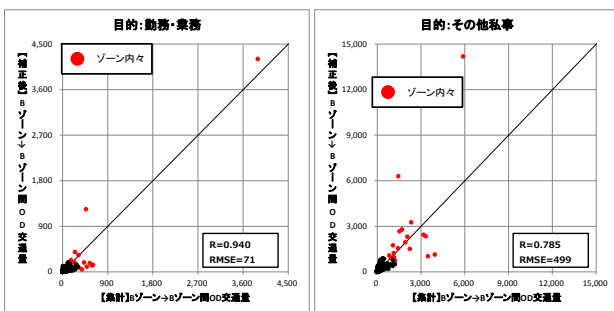


図-14 ノンホームベース目的OD表の実績値と推計値（補正後）の比較

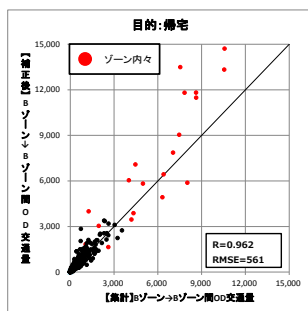


図-15 帰宅目的OD表の実績値と推計値の比較

g) 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の実績値を比較すると、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る。

ただし、実績値よりもバス、自転車、徒歩の分担率が大きく推計される傾向にある。

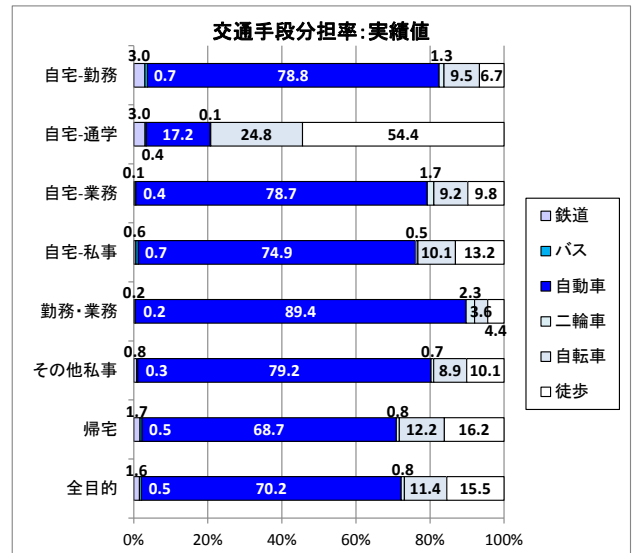


図-16 目的別の交通手段分担率【H27群馬PT】

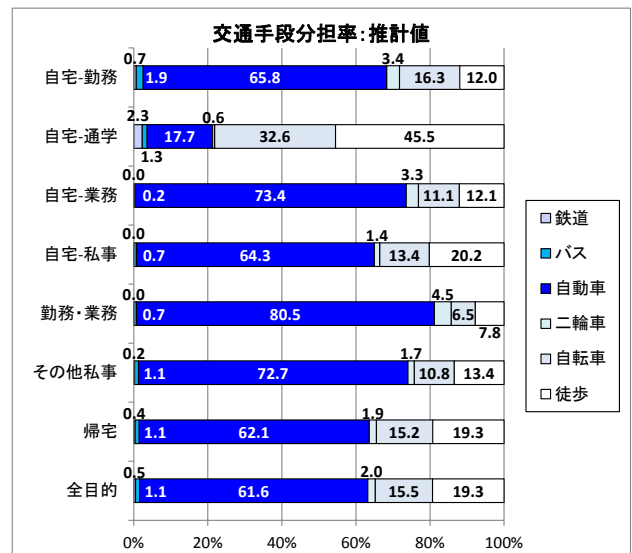


図-17 目的別の交通手段分担率【OD推計】

(2) 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交通量推計の試算を行い、施策実施前後の推計値の比較を行う。

a) 施設移転

図-18のように、医療機能（病院）と教育・文化機能（図書館、ホール）の施設を、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。自宅-私事とその他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、移設先ゾーンで増加していることが確認できる。（図-19、図-20）

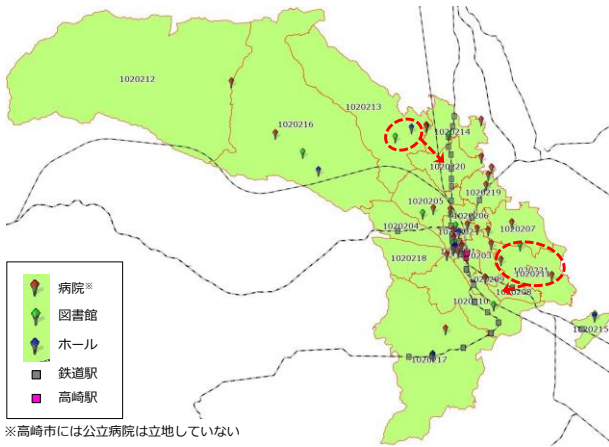


図-18 施設移転のケース設定

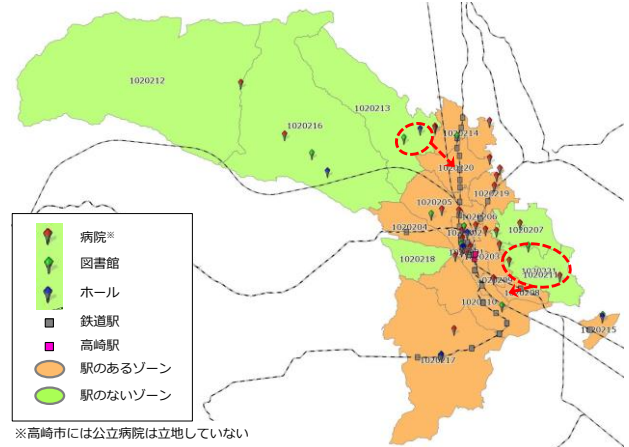


図-21 施設移転と人口集約のケース設定

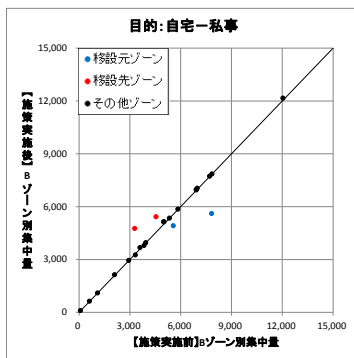


図-19 施設移転による自宅-私事のゾーン別集中交通量の変化

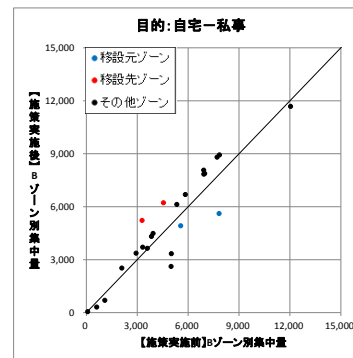


図-22 施設移転と人口集約による自宅-私事のゾーン別集中交通量の変化

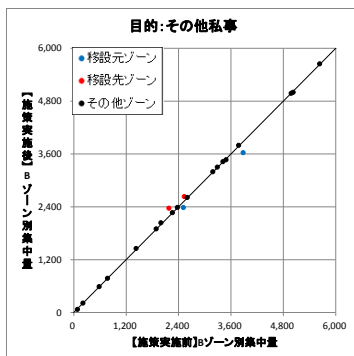


図-20 施設移転によるその他私事のゾーン別集中交通量の変化

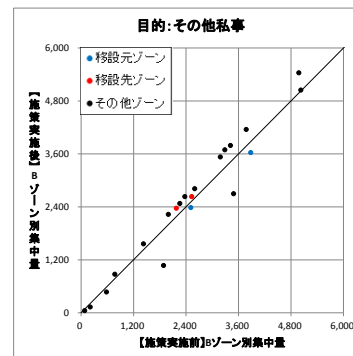


図-23 施設移転と人口集約によるその他私事のゾーン別集中交通量の変化

b) 施設移転および人口の誘導

図-21のように、a)の施設の移転に加えて、鉄道駅のないゾーンの人口を半減させ、その分を鉄道駅のあるゾーンに（人口構成比に応じて）増加させたことによる分布モデルの感度について分析する。自宅-私事とその他私事の集中交通量の変化では、人口の誘導によってすべてのゾーンで増減しているが、特に施設を移設したゾーンの変化が大きいことが確認できる。（図-22、図-23）

c) 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-18）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）。試算結果では、対象ODペアのバスのトリップ数および分担率がともに増加していることが確認できる。（図-24、図-25）

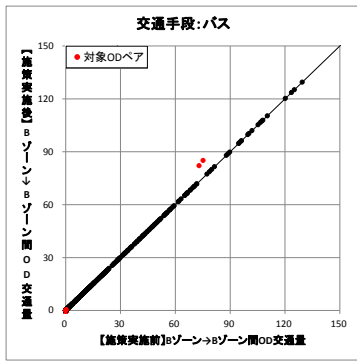


図-24 バスのアクセシビリティの変化によるバスのOD交通量の変化

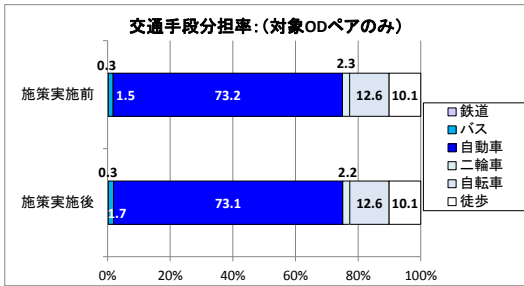


図-25 バスのアクセシビリティの変化による交通手段分担率の変化 (対象ODペアのみ)

8. 本検討の成果と課題

(1) 本検討の成果

全国PTデータを用いて発生・分布・帰宅・分担モデルを構築しOD表を作成し、携帯基地局データによる移動量により補正を行う方法を開発した。その結果を整理・考察すると、以下のとおりである。

- 1) 交通推計モデルを構築し、高崎市を対象に交通量推計の試算を行い群馬PTと比較した結果、一定の現況再現性は得られた。
ただし生成交通量が小さく推計され、特に、ゾーン内々や短距離利用の推計交通量が小さい傾向にあった。ゾーン内々や短距離利用の交通については、都市規模のほか産業構造の違いなどによると考えられ、適切なサンプルデータの都市群を設定する必要があると考えられる。
- 2) OD表の推計については、分布モデルにおいて立地適正化計画への適用性を考慮した拠点ランクを説明変数に導入することにより、私事のOD表について、一定の再現性が得られているものと考えられる。
- 3) 携帯基地局データによる補正については、分布モデルの特性を活かすことのできる、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、OD表の補正を行ったところ、補正後のOD表は群馬PTの実績値に比べて、内外交通量の再現性が向上する一方で、内々交通量はやや大きく推計される傾向にあった。

本推計においては、分布交通量をモバイル空間統計データのOD表に一致させるように補正を行っているため、モバイル空間統計データにはゾーン内々交通量が多く含まれているものと考えられる。

- 4) 交通手段分析については、地方都市では自動車の分担率が大きいなどの、分担率の大小関係の傾向は概ね近いことが確認できたが、推計値の方が群馬PTの実績値よりも自動車の分担率が小さく、バス、自転車、徒歩の分担率が大きく推計される傾向にあった。
- 5) 感度分析においては、高崎市を対象として仮想的な都市構造を設定し、試算を行ったところ、分布モデルについては私事の説明変数として拠点ランクを含めたことにより、施設配置や人口配置による感度があることが確認でき、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た。

(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) 地方中核都市圏のモデル構築においては様々な都市圏のPTデータをストックし、その中で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が考えられ、この場合には、データの時空間的な移転性に注意する必要がある。さらに、全国PTデータを活用する方向でのモデル改善としては、サンプル数を確保するために、小規模都市圏について取得するサンプル数を増やすように、全国PTの調査を変えていく方向性も考えられる。
- 2) 今後のモデルの改良点として、ノンホームベース目的発生モデルは、ホームベース目的の集中量を説明変数としたが（例えば業務については、自宅-業務と勤務・業務はある程度関連することを想定している）が、近隣に存在する施設やアクセシビリティなどを説明変数に含めて、発生量を推計することが考えられる。本推計モデルでは、ノンホームベース目的と帰宅目的はモデル自体を分けており、説明変数もそれぞれ異なっているが、関連させて推計することや、互いにフィードバックを行うなどの工夫することにより、より推計精度を高められる可能性がある。
- 3) 分布モデルにおける私事の説明変数には、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。
- 4) 分担モデルにおいては、本検討では運行頻度が有意に効かなかったため、説明変数から除いているが、データの作成方法を見直すなどの対応が考えられる。

さらに、今回構築した推計モデルを自治体に活用してもらう仕組みについて検討することが必要である。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、推計手法やモバイル空間統計による補正方法、立地適正化計画や地域公共交通網形成計画などへの活用例をマニュアル化する必要がある。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、東京大学の羽藤英二教授、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) 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.
- 2) 国土交通省総合政策局公共交通政策部交通計画課：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（平成28年3月），2016.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) （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2017.4）.

(2017. 4. 28 受付)

OD MATRIX ESTIMATION FOR PROVINCIAL CITIES BY NATIONWIDE PERSON TRIP SURVEY DATA AND MOBILE PHONE BASE STATIONS DATA

Masahiko KIKUCHI, Tadashi INOUE, Keita IWADATE,
Wataru MOGI and Jun MORIO