

# 中小都市でのコンパクトプラスネットワーク施策を評価するための交通量の簡易推計手法に関する考察

川松 祐太<sup>1</sup>, 栄徳 洋平<sup>2</sup>, 渋川 剛史<sup>2</sup>, 吉田 純土<sup>3</sup>, 新階 寛恭<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 非会員, 前 株式会社 福山コンサルタント (〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-21)

E-mail: [y.kawamatsu@fukuyamaconsul.co.jp](mailto:y.kawamatsu@fukuyamaconsul.co.jp)

<sup>2</sup> 正会員 株式会社 福山コンサルタント (〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-21)

E-mail: [eitoku@fukuyamaconsul.co.jp](mailto:eitoku@fukuyamaconsul.co.jp) [shibu@fukuyamaconsul.co.jp](mailto:shibu@fukuyamaconsul.co.jp)

<sup>3</sup> 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市施設研究室 (〒305-0802 茨城県つくば市立原1)

E-mail: [yoshida-j23j@nilim.go.jp](mailto:yoshida-j23j@nilim.go.jp)

<sup>4</sup> 正会員 前 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市施設研究室 (〒305-0802 茨城県つくば市立原1)

E-mail: [h.shingai1494@city.niigata.lg.jp](mailto:h.shingai1494@city.niigata.lg.jp)

コンパクトシティプラスネットワークの実現のためには、評価指標（都市のサービスレベルを表すK P I 指標）をもとに、達成度評価とともに実施施策が有効であるかを事前に検討する必要がある。そのために都市交通の定量的なデータが必要であるが、中核都市規模以上の都市ではPT 調査等が実施され、都市交通のデータが収集されているもの、小さい規模の都市では、データ入手コストの問題もあり、PT 調査等が実施されていない。

本稿は、そのような中小規模都市でも交通流動の概略予測が簡易に行えるよう、PT 調査や今後取得が可能となるであろう交通 ICT データ等に依存せずに、ネットワークや施設配置等の条件をもとに現況目的別手段別簡易 OD 表の作成を試みる。また、施策導入による効果量を全国共通のモデルを用いて簡易に推計する手法を提案する。推計手法については、四段階推計手法の各段階別に全国共通の原単位、モデルを既存 PT 調査データにより算出する。

*Key Words* : OD Estimation, compact city planning, Person trip survey, traffic flow analysis

## 1. はじめに

集約型の都市構造形成と公共交通の充実(コンパクト・プラス・ネットワーク)は、急激な少子高齢化に直面する我が国における持続可能性・生産性向上のための効果的な施策として、都市行政の重要な課題となっている。

都市政策の検討に際しては、従来、大都市圏においては交通流動を把握するためにパーソントリップ(PT)調査が実施されてきた。一方で、予算制約などの理由から PT 調査が実施困難な中小都市においては、都市圏の交通流動を把握するデータが乏しいのが現状である。

平成26年の都市再生特別措置法・地域公共交通活性化再生法の改正以来、立地適正化計画や公共交通網形成計画の策定など、中小都市においても都市機能集約や移動性向上によるコンパクト化施策が必要に迫られており、簡易に都市圏の交通流動が推定できる環境の構築は、機動的な政策立案支援において効果的であると考える。

本研究では人口指標や公共交通のサービス水準(LOS)、観測交通量などの既存データを活用して、簡易に現況目的別手段別 OD 表を作成する手法を検討し、中小都市において都市施策評価が可能となる、汎用的なモデルを構

築する。推計手法として、まず、ICT、PT 調査データを使わずに、対象都市の人口フレーム・交通条件から、現況目的別手段別 OD 表を作成する簡易手法を提案する。

次に、道路断面交通量・駅・バス乗降客数データ等の観測交通量を用いて推定精度向上を図る手法を提案する。

本研究の目的は、都市間で汎用性のある、簡易かつ適切な推計手法を提案することであるため、従来手法との違いとして以下の点に留意した(図1)。

- ① 都市機能の立地誘導による集客力向上を考慮
- ② 交通機関のアクセシビリティ向上による外出活動の活発化、地域間流動の増加を考慮
- ③ 推計手法の他都市への転移性を考慮
- ④ 観測データにより推計値を補正し精度向上を図る

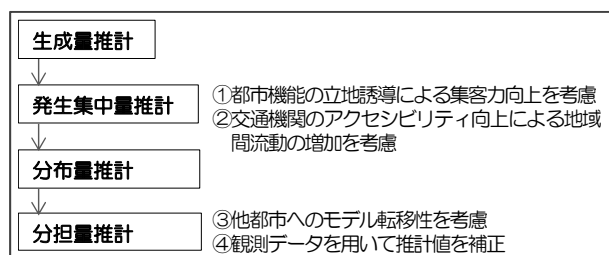


図1 従来手法に対する改良点

また、本研究では、平成 24 年熊本都市圏 PT 調査データ、平成 25 年宇都宮都市圏 PT 調査データを活用し検討を行った。目的構成においては、高齢人口の増加が予想されることから、通勤、通学、業務、私用(高齢者)、私用(非高齢者)としている。両都市圏のデータを基に作成したモデルが、今後、多くの都市圏で汎用的に利用されることを目指している。

## 2. 推計モデルの検討

### (1) アクセシビリティ指標の算出

#### a) 換算時間の算出

熊本都市圏 PT 調査データを用いた非集計 Logit モデルの機関分担モデルにより、効用値  $V^{km}$  のパラメーターを算出し(表 1)、公共交通機関の待ち時間とアクセス・イグレス時間を換算時間に変換する係数を導出した。また表 2 に式(1)に示す公共交通機関の換算時間係数を整理した。公共交通機関の換算時間

$$= \text{交通機関利用時間} + a \times \text{待ち時間} + b \times \text{アクセス時間} \quad (1)$$

待ち時間換算係数は、通勤・通学目的で 1.0 程度であるが、私用目的では高くなっている。これは、通勤・通学時は規則性のある移動であるため、列車のダイヤに合わせた移動をしている一方、私用目的は移動時刻が確定していないことから公共交通の利用タイミングが低下していることが要因と思われる。

アクセス時間等換算係数は、すべての目的で 1.0 を上回っている。特に、私用目的の高齢者で 3.5 となり、駅までの移動距離による身体的抵抗感が公共交通利用に影響を及ぼしていると想定される。

#### b) 換算時間と利用 OD との関係

所要時間、待ち時間やアクセス時間を説明変数とした公共交通機関換算時間を設定し、多項 Logit モデルにより、交通手段別分担率の算出を行った。

また図 2 は、熊本市中心部に関して、公共交通換算時間と利用 OD との関係を表したものであり、自動車や公共交通の利便性が高い地域ほど来街者数が増加している状況が確認できる。

#### c) 機関分担モデルの地域移転性分析

本論文では、複数の都市で汎用可能なモデルを構築することが目的であるため、熊本都市圏 PT 調査で算出した分担モデルが宇都宮都市圏で移転可能であるかの検証を実施する。

図 3 は、自動車トリップに関して熊本都市圏 PT 調査データで作成した非集計 Logit モデルを用いた宇都宮都市圏の推計値と PT 調査での実値を比較したものである。モデル値と実値の相関は高く、式(2)に示す Logit モデルの効用値  $V^{km}$  のパラメーターは、熊本、宇都宮の異なる都市において傾向が近似していることを示している。

表 1 機関分担モデルの効用値パラメーター

		所要時間	待ち時間	アクセス・イグレス時間	定数項鉄道	定数項バス
通勤	パラメータ	-0.038	-0.040	-0.043	-0.530	-0.453
	T値	-9.01	-14.45	-2.63	-2.62	-3.48
通学	パラメータ	-0.014	-0.014	-0.026	0.077	-0.247
	T値	-1.94	-3.77	-1.22	0.26	-1.12
業務	パラメータ	-0.044	-0.044	-0.106	-0.195	-0.597
	T値	-3.11	-5.08	-2.05	-0.32	-1.53
私用(非高齢)	パラメータ	-0.019	-0.025	-0.059	-0.823	-1.340
	T値	-2.91	-5.85	-2.81	-2.84	-7.73
私用(高齢)	パラメータ	-0.025	-0.028	-0.090	-0.426	0.014
	T値	-4.77	-8.64	-4.83	-1.73	0.10

表 2 公共交通機関の換算時間係数

	通勤	通学	業務	私用(非高齢者)	私用(高齢者)
待ち時間(a)	1.04	1.00	1.01	1.28	1.11
アクセス時間(b)	1.12	1.90	2.47	3.08	3.53

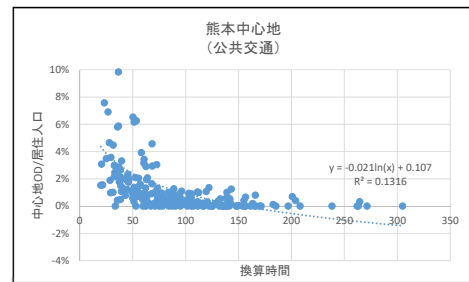
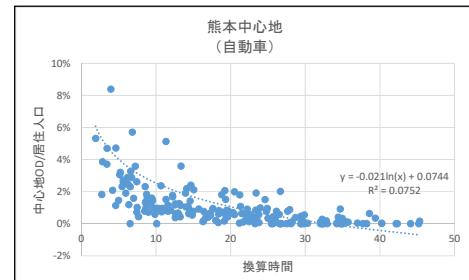


図 2 換算時間と利用 OD との関係

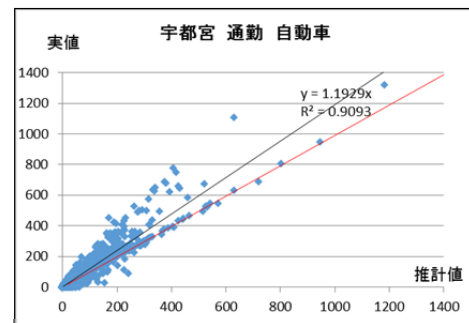


図 3 推計値(熊本 PT モデル)と宇都宮 OD との比較

表 3 宇都宮都市圏の効用値パラメーター推定結果

		通勤	通学	私用非高齢	私用高齢	業務
$\alpha$	パラメータ	1.04	0.14	1.73	1.71	0.56
	t値	58.93	2.33	39.27	50.25	29.65
$\beta$	パラメータ	1.20E-13	5.35E-14	2.79E-13	3.52E-14	-3.10E-14
	t値	5.73E-17	4.51E-18	6.64E-17	1.19E-17	-5.22E-18

表 4 的中率の算出結果

的中率：熊本	的中率：宇都宮
0.712	0.930

そこで、宇都宮都市圏の効用値  $V^{km'}$  を式(3)に示す通り、熊本市圏  $V^{km}$  の線形近似式であると仮定し、熊本市圏と同様に、非集計 Logit モデルの機関分担モデルによりパラメーター推定、的中率の確認を行う。パラメーター推定結果は表 3 の通りとなり、都市間の効用値では  $\alpha$  のみ有意に影響を及ぼしている状況が確認できた。

目的別に  $\alpha$  を乗じた推定効用値を用いて、個人の交通手段選択的中率を算出した結果、表 4 の通り 0.930 と高確率となった。このことから、表 2 で算出した換算時間係数は、都市規模に依存せず採用できる可能性があるかと判断できる。

$$P_{ijn}^{km} = \frac{\exp(V_{ijn}^{km})}{\sum_k \exp(V_{ijn}^{km})} \quad (2)$$

$$V_{ijn}^{km'} = aV_{ijn}^{km} + b \quad (3)$$

(2) 発生量・集中量モデルの構築

a) 生成量モデル

今回の検討においては、モデル作成元のデータが検証対象データであるため、生成量の算出を行っていない(発生集中量の総和を生成量として検証している)。他都市への適用に当たっては現在、国交省で作成を検討している都市類型別目的別属性別原単位表等により生成量を推計することが適当と考える。

b) 発生量モデル

公共交通の利便性の高い沿線地域では、生成量または発生量が高くなるのが既存研究<sup>1)</sup>で明らかとなっている。また、発生量については、対象ゾーンのフレーム人口数を説明変数とする重回帰モデルが一般的に用いられている。このため本研究では、式(4)に示す発生量の簡易関係式を定式化する。

$$\text{発生量} = \alpha_h \times \sum (\text{発生原単位} \times \text{人口フレーム}) \quad (4)$$

$\alpha_h$ : 鉄道駅・バス停からアクセス距離による割増率

表 5 は、熊本・宇都宮都市圏の両地域のデータを用いて発生量モデルの重回帰計算の結果であるが、すべての目的で高い相関係数となっている。

図 4 は、高齢者の私用目的の発生量の実値とモデル値をプロットしたものであり、公共交通沿線地域(400m 未満)では、モデル値よりも実値が 4%上振れし、公共交通より 800m 以遠地域では 2%下振れしていることがわかる。この発生量の上下振れを模式化したものが図 5 の左図であり、公共沿線地域の有無によって最大 6%の差が生じている。

c) 集中量モデル

集中量モデルについても、熊本・宇都宮都市圏の両地域データを用いて推計している。また、利便性の高い地

表 5 発生交通量推計モデル(重回帰モデル)

	人口(非高齢)	人口(高齢)	2次従業人口	3次従業人口	相関係数
通勤	0.49				0.98
通学	0.20				0.97
私用(非高齢)	0.39			0.52	0.97
私用(高齢)		0.67		0.15	0.96
業務			0.37	0.48	0.89

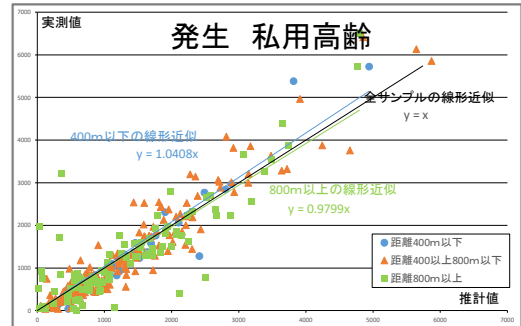


図 4 発生交通量の推計値と実値の比較

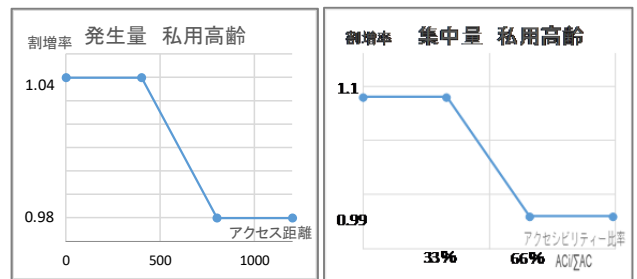


図 5 発生・集中モデルの割増率

表 6 集中交通量推計モデル(重回帰モデル)

	人口(非高齢)	人口(高齢)	総従業人口	2次従業人口	3次従業人口	高次医療病床数	相関係数
通勤			0.73				0.91
通学	0.17						0.76
私用(非高齢)	0.02				0.92		0.93
私用(高齢)		0.32			0.38	0.45	0.93
業務				0.31	0.51		0.91

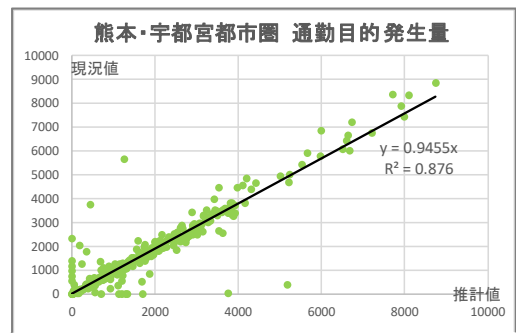


図 6 発生交通量の推計値と実値の比較

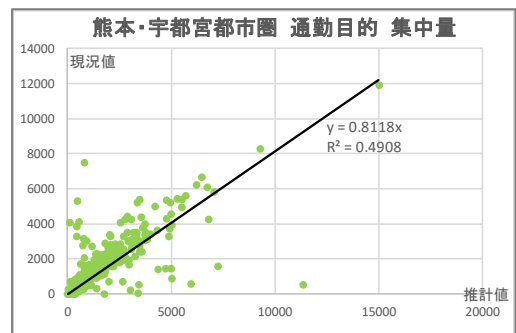


図 7 集中交通量の推計値と実値の比較

域では集中量が高いとの前提を置き、式(5)による簡易関係式を定式化する。換算時間を用いたアクセシビリティ指標を用いて割増率を算出する。

$$\text{集中量} = \alpha_s \times \sum (\text{集中原単位} \times \text{人口フレーム}) \quad (5)$$

$\alpha_s$ : 集中ゾーンjのアクセシビリティ  $AC_j^{km}$  の対象都市  
 平均値に対する割合による割増率

$$AC_j^{km} = \frac{\sum_i (O_i D_j^{km} / T_{ij}^{km\beta})}{\sum_j \sum_i (O_i D_j^{km} / T_{ij}^{km\beta})}$$

表 6 は、集中量モデルの重回帰計算の結果であるが、高い相関係数となっている。図 5 の右図は、集中量の上下振れを模式化したものであり、対象地域全体のなかでアクセシビリティの高さが上位 3 割地域の地域で、モデル値よりも実値が約 10% 上振れしている。

d) 発生集中量の推計値の検証

上記(4)(5)により算出した推計値と、熊本・宇都宮都市圏の実値の相関を検証した。図 6 は通勤目的での発生量における推計値と現況値の相関、図 7 は通勤目的での集中量における推計値と現況値の相関を分析したものであるが、他の目的においても高い再現性を確認できた。

(3) 分布モデルの構築

従来の分布交通量推計時においては、現況の実績値と推計値が一致しないためゾーン間調整係数を導入したグラビティモデルや現在パターン法が多用されている。

本論文においては、式(6)の通りゾーン間の発生集中量と手段統合の換算時間に応じるグラビティモデルを用いた推計 OD 表を初期 OD パターンとし、フレーター法により目的別 OD 表を補正し、現況 OD と比較を行った。

なお、利用データは熊本 PT と宇都宮 PT の統合データとした。パラメーターにおいては実分布量から推定を行い、表 7 の推定結果を得た。

$$OD_{ij} = G_i^\beta A_j^\gamma (T_{ij}^k)^{-\alpha} \quad (6)$$

$$T_{ij}^k = -\ln \sum_m \exp(-T_{ij}^{km})$$

$G_i$ : ゾーン i の発生量  $A_j$ : ゾーン j の集中量

図 8 は、通勤目的の OD 表におけるトリップ距離帯別の OD 量を、現況値と推計値で比較し再現性の確認を行ったものである。相関係数は宇都宮で 0.84、熊本で 0.94 と一定の精度が確保されている一方で、特に短トリップの再現性は低い。

重力モデルの場合、モデル線形化のための対数変換によってゼロ・トリップの OD が除外されることによる推計バイアスが既存研究でも指摘されており<sup>2)</sup>、トリップ長の短い OD で過小評価、トリップ長の長い OD で過大評価なることが要因であると考えられる。

表 7 グラビティモデルの目的別パラメーター推定結果(通勤目的)

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	相関係数
0.490	0.203	0.329	0.922

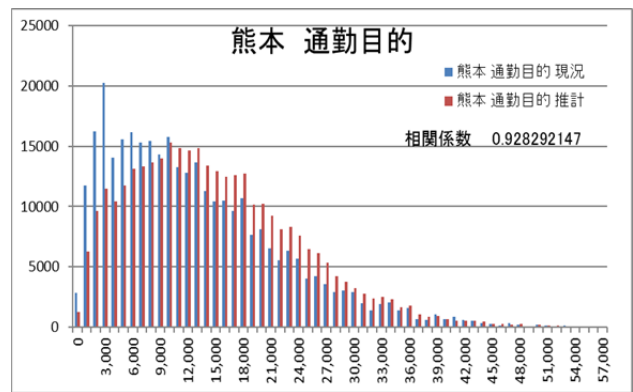
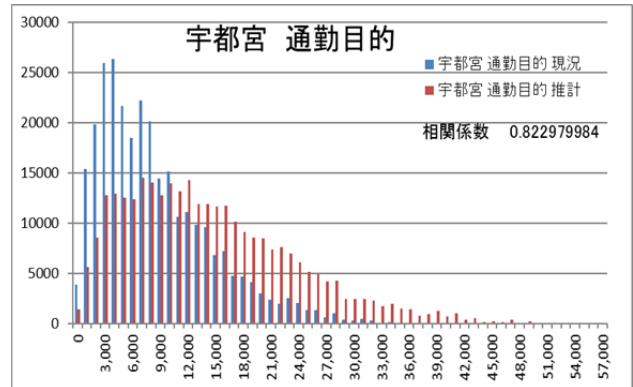


図 8 トリップ距離帯別の分布量の比較(通勤目的 OD)

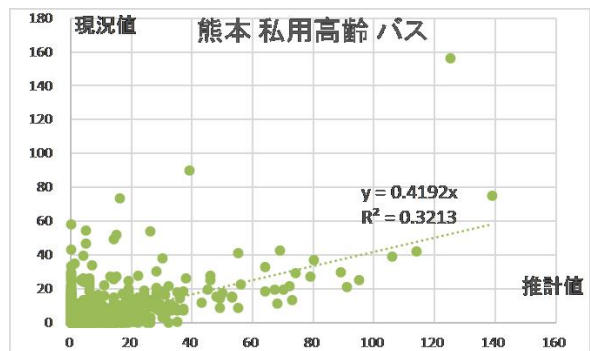
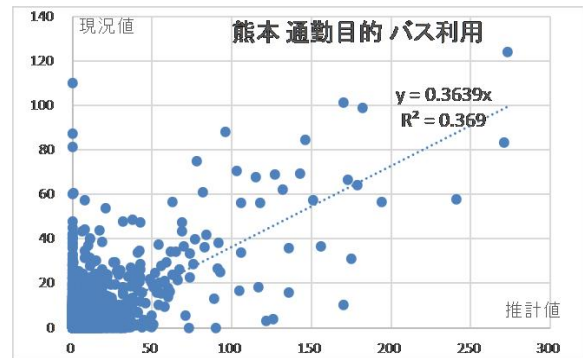


図 9 バス分担交通量の再現性 (分担モデルのみでの推計値と検証)

また今回の検討では簡素化の為、OD 間のグラビティモデルによる推定値を初期分布パターンとしたが、目的別分布パターンに交通 ICT データ等を活用する手法も考えられ、推定精度の向上が期待される。

(4) 分担モデルの構築

a) 観測交通量を用いた OD 逆推計手法の提案

図 9 に示すように分担モデルで算出した手段別 OD 表は、実績値 OD 表の再現性は低い。分担モデルにより算出した目的別手段別 OD 表を、道路断面交通量、鉄道・バス利用者数で補正する OD 表逆推計手法を提案する。

公共交通の観測交通量を用いて、OD 表を逆推計する手法としては、嶋本ら<sup>3)</sup>、栄徳ら<sup>4)</sup>の研究がある。嶋本らは、主要ゾーンの一部の集中交通量を実測観測することで、モバイル移動データを用いて OD 表を推計する手法である。この手法は、単一の OD 表ベースでの逆推計手法である、手段別 OD 表等の複数の OD 表ベースの推計とはなっていない。一方、栄徳らは、PT 調査マスターベースを対象に、観測された公共交通機関 OD 表を用いて補正係数を修正することでマスターデータの精度向上を提案している。このマスターデータを集計することで、手段別 OD 表を算出することが可能となる。

b) 具体的な推計手法の提案

本手法は、栄徳らの手法を活用し、目的別手段別 OD 表を対象に、観測交通量で補正する方法である。具体的には、図 10 に示す手法である。

- ・ 現況目的別手段別 OD 表を集計し、①バス総トリップ数 ②主要ゾーンのバス発生量・集中量 ③目的別 OD 表を算出
- ・ この値と、観測交通量である①バス総トリップ数 ②主要ゾーンのバス発生量・集中量、コントロール値である③目的別 OD 表を比較し、補正率を算出
- ・ この補正値を現況目的別手段別 OD 表(モデル値)に乗ずることで、現況目的別手段別 OD 表を作成

本論文では、簡便的に路線バス乗降者数の代わりに、代表交通手段であるバス利用者の発生・集中量とし、上位 4 割のみで補正を行った。図 11 に示すように OD 逆推計手法を用いて算出した手段別 OD 表は、実績値 OD 表の再現性が極めて向上している。

3. ケーススタディ (熊本交通センター桜町開発)

ここでは、推計手法を実際の開発計画に適用し、公共交通の利便性の高い地点に新たな施設を整備した際の都市圏内における交通流動の変化を推計する。ここでは、熊本市中心部に予定されている熊本交通センター桜町開発 (2019 年竣工予定) による下記の条件変化を仮定した。

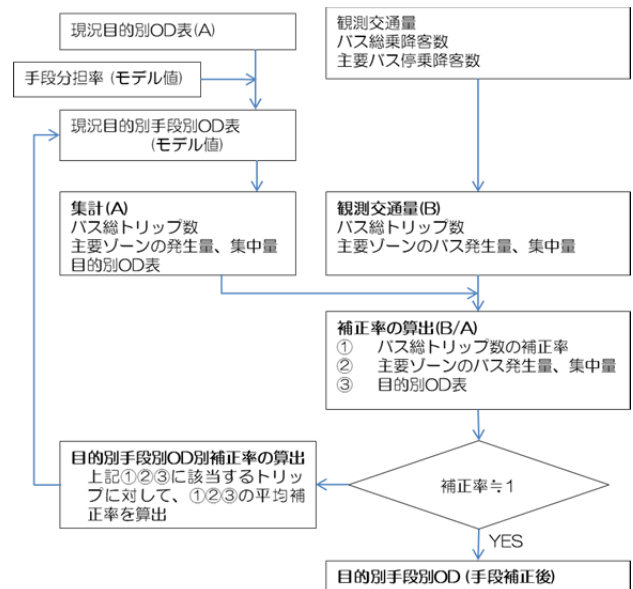


図 10 観測交通量による分担交通量の推計手法

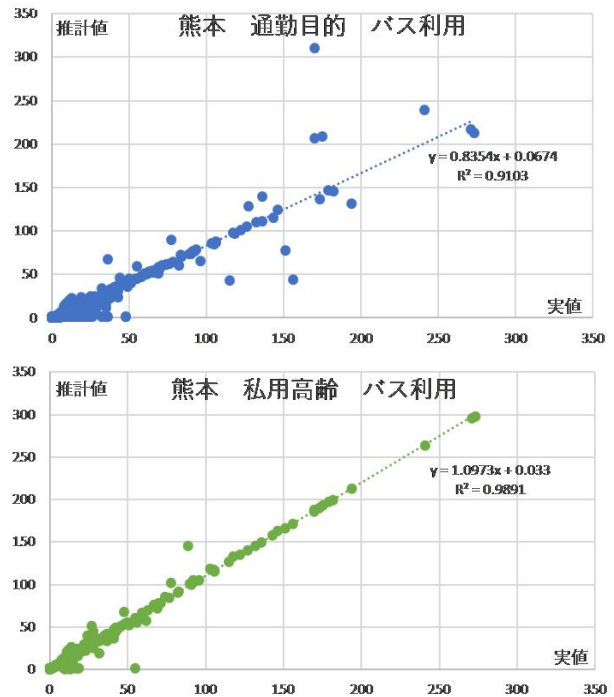


図 11 バス分担交通量の再現性 (OD 逆推計手法の推計値と検証)

開発ゾーン	発生集中量差	徒歩自転車	自動車	バス	鉄道	計	
通勤通学	発生	0	0	0	0	0	
	集中	391	306	54	32	783	
私用 (非高齢)	発生	134	76	33	25	269	
	集中	135	77	34	24	269	
私用 (高齢)	発生	58	40	13	5	115	
	集中	154	105	34	15	309	
業務	発生	283	208	55	19	566	
	集中	511	401	86	25	1,022	
合計	発生	475	324	101	50	949	
	集中	1,191	888	208	96	2,382	
発生集中量差合計		1,666	1,212	309	145	3,332	
		構成比	50%	36%	9%	4%	-
都市圏全体の構成比		50%	46%	3%	1%	-	

図 12 開発による発生集中量の増分

開発による条件の変化	
人口フレーム条件	第3次従業人口の増加(1,000人と設定)
交通条件	変化なし

推計の結果図 12 の通り、都市圏内の発生集中量合計で約 3,300 トリップの増加が見込まれる。また、増分の構成比におけるバス+鉄道の利用率は約 13%となり、都市圏全体の約 4%と比較して高い結果となった。

事業完了前の為検証は難しいが、市内中心部という公共交通利便性が高い立地状況を勘案すると、公共交通の利用率が高い傾向は開発により想定される流動変化と整合していると推測する。

#### 4. 推計モデルの適用と課題

ここでは、推計モデルや推計パラメーターを用いて各地域で立地適正化計画、公共交通網形成計画等の交通施策等を実施する際の推計モデルの適用方法と、推計モデルの課題についてまとめる。

##### a) 換算時間の算出

公共交通機関の待ち時間とアクセス時間を換算時間に変換する係数を算出し、移動時間が固定していない私用目的等で換算時間係数が高めになることが判明した。また、熊本都市圏で算出した換算係数は、モデルの転移性を考慮し宇都宮都市圏で検証を行った結果、他地域でも適用可能であることが検証できた。今後、複数都市での検証がさらに必要であると考ええる。

また、換算時間を用いた OD 推定の手法は、公共交通機関のみならず、パーソナルモビリティや自動運転によるバスなど新たな交通モードの運行本数や運行経路に関する交通条件を考慮することで、集中量推計、分布量推計、分担量推計に反映可能となる為、新たな交通施策の実施による OD 変化の把握に有効な手法と考える。

##### b) 発生量・集中量モデルの算出

公共交通の利便性の高い地域において、発生量・集中量が高くなることを示し、モデルへの反映を行った。施策の効果例としては、公共交通沿線地域に居住人口を誘導することで高齢者の外出活動が活発となる、病院等の施設を交通利便性の高い地域に誘導することで集客力の高い施設となるなど、施策展開の評価に有効な手法となると考える。

##### c) 分布モデルの算出

グラビティモデルを用いた分布量推定を実施したが、ゼロ・トリップの OD が除外されることによる推計バイアスの存在を確認した。今後、現況 OD 表に交通 ICT データの分布パターンを用いるなど、推計手法を工夫することで精度向上を図る検討が必要である。また繰り返しになるが、換算時間を用いたモデルであるため、施策導入による OD の変化を捉える等により施策導入による効果を評価できると考える。

##### d) 分担モデルの算出

全国一律の Logit モデルを用いた分担モデルでは、地域特性等が反映できないため、鉄道・バスの現況 OD 表の再現性が低い。このため、観測されたバス乗降客数等を用いて OD 表を逆推計する手法を提案し、高い現況再現性を確認した。

今回のモデルでは、人口フレームや交通条件のみで発生・集中量、分布交通量を再現できるが、交通 ICT データ等の活用によって精度向上が可能である。その際は、分担量を観測量で逆推計することで再現可能であると考ええる。また、施策導入後の機関交通量推計は、人口フレームや換算時間を用いた交通条件の見直しによるモデル値の変化度合いを考慮することで推計することが可能であると考ええる。

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり、早稲田大学森本教授、東京大学高見准教授には、本論文を作成するにあたって、モデル適用方法等にご指導いただいた。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 池田ら、高齢者の外出活動に与える影響分析と施策に関する提案、第51回土木計画学発表会・講演集 270
- 2) 吉田ら、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.1-13,1999.4
- 3) 嶋本ら、モバイル移動データを活用した交通流動推定手法の提案、第52回土木計画学発表会・講演集 123
- 4) 栄徳ら、熊本都市圏PT調査の概要と今後のPT調査に向けた一考察、第53回土木計画学発表会・講演集 15-09