

全国PT調査データによる アクティビティベースドモデルの検討

2024.3.28

第6回 都市交通調査の深度化に向けた検討委員会

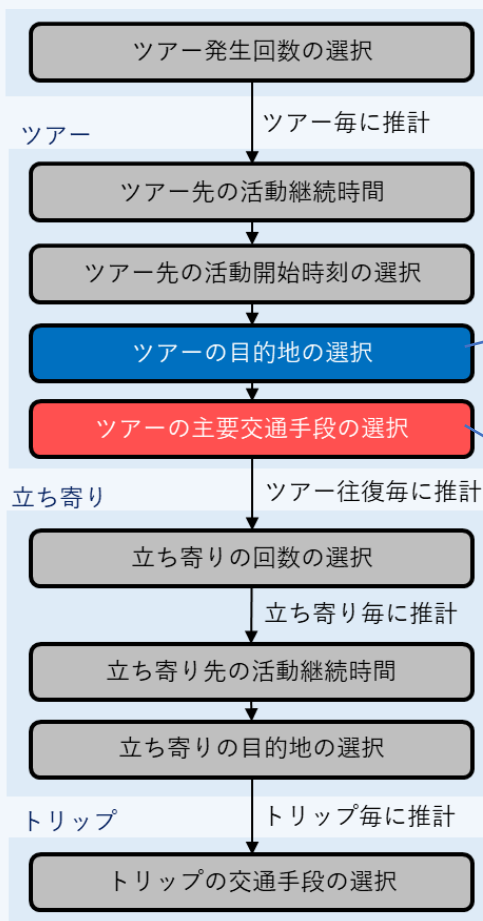
個人データ生成モデル

資料 2

1. 個人データ生成モデル

- ・勤務地選択モデル

アクティビティベースドモデル



資料 2

2. ツアー目的地選択モデルの改良

- ・店舗面積の考慮方法の改良
- ・再現性の確認

3. ツアー交通手段選択モデルの改良

- ・潜在クラスモデルの推定
- ・都市間の再現性の確認
- ・感度分析の実施

このモデルのシミュレータを用いて、

- ・シミュレータの補正
- ・ケーススタディ

を行う（資料3、4）

※ツアー交通手段選択モデルは通常のMNL

※そのほかは以前の委員会で提示したモデル（参考資料参照）

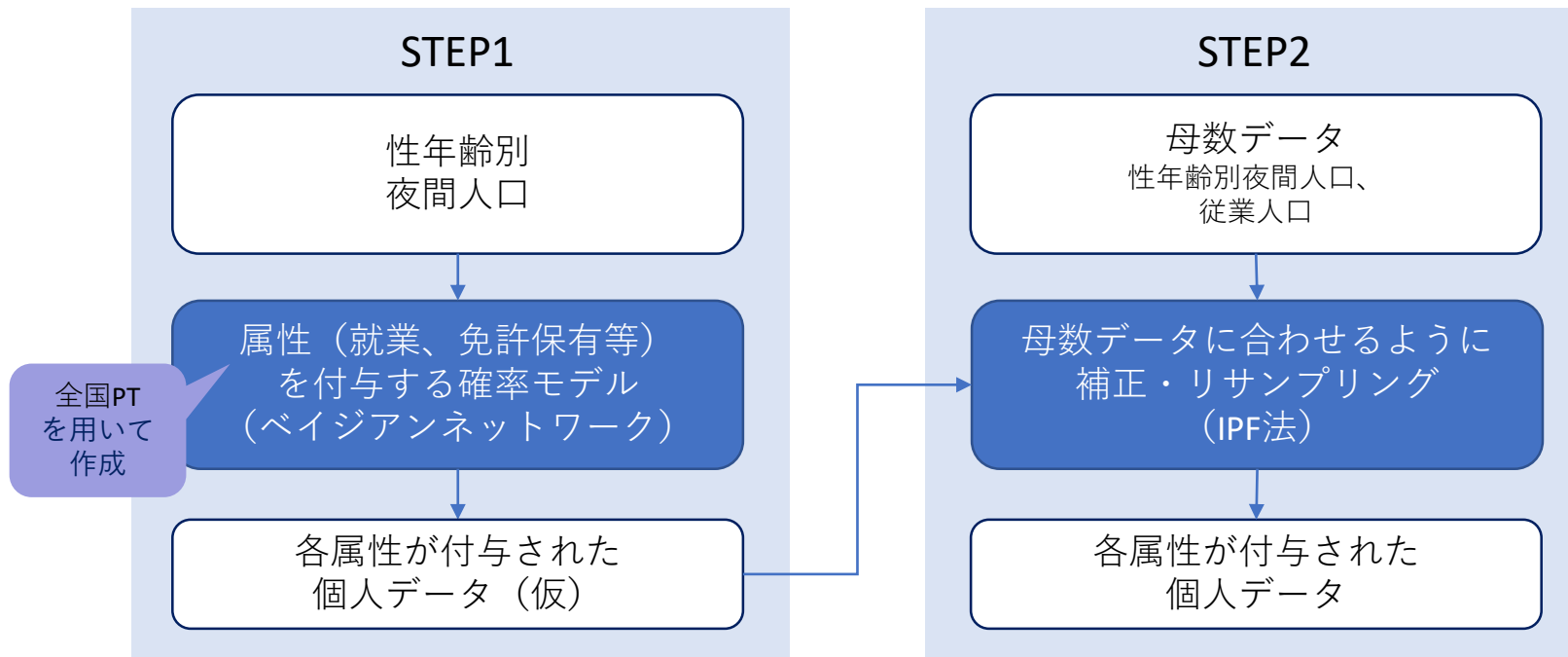
1. 個人データ生成モデル

個人データ生成モデルの概要

- 様々な属性が付与された個人データがアクティビティベースドモデルのインプットデータとして必要
- 以下の2ステップにより個人データを生成する方法を検討する

STEP1 各個人の属性を付与する確率モデルを適用し、各属性が付与された個人データを一度生成する

STEP2 母数となるデータ（夜間人口、従業人口等）に合うよう、個人のウェイトを補正（もしくはリサンプリング）を行う



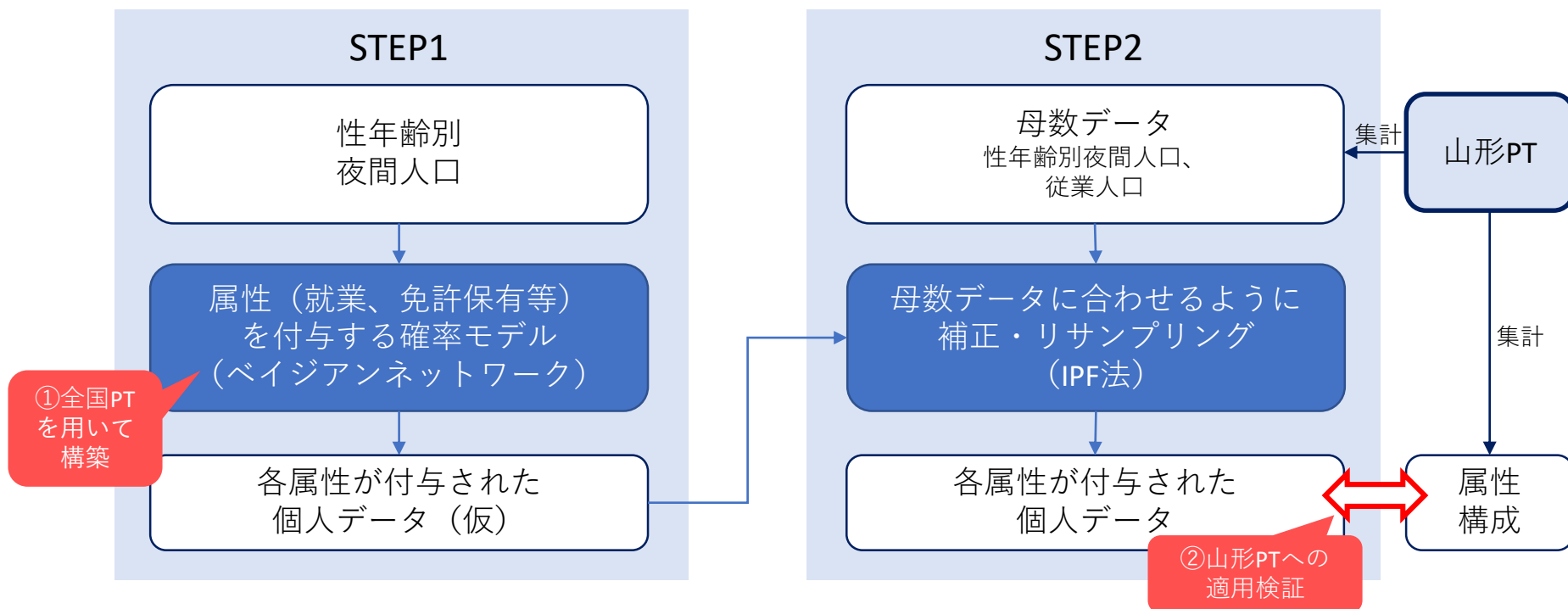
項目	区分	モデル	母数データ
居住地	ゾーン単位（町字単位）	（インプット）	国勢調査
性別	1:男、2:女	（インプット）	国勢調査
年齢	2:5～9歳、3:10～14歳、4:15～19歳、 5:20～24歳、6:25～29歳、7:30～34歳、 8:35～39歳、9:40～44歳、10:45～49歳、 11:50～54歳、12:55～59歳、13:60～64歳、 14:65～69歳、15:70～74歳、16:75～79歳、 17:80～84歳、18:85歳～	（インプット）	国勢調査
世帯主	1:世帯主、2:世帯主以外	BNにより生成	—
就業	1:就業者、2:非就業者	BNにより生成	—
	1:自営業、2:正規職員、3:非正規・パート・アルバイト、4:その他就業者、5:学生、6:主婦、7:無職	BNにより生成	—
勤務先※	ゾーン単位（町字単位）	別モデルで作成	国勢調査
免許	1:免許あり、2:免許なし	BNにより生成	—
自動車	1:自由に使える自動車あり、2:自由に使える自動車なし	BNにより生成	—
世帯属性	<人数>1:1人、2:2人、3:3人以上	BNにより生成	—
	<子ども（10歳未満）>人数	BNにより生成	—

※通学地に関しては、居住地ゾーンと同じゾーンとした

① 全国PTデータを用いた個人データ生成モデルの推定

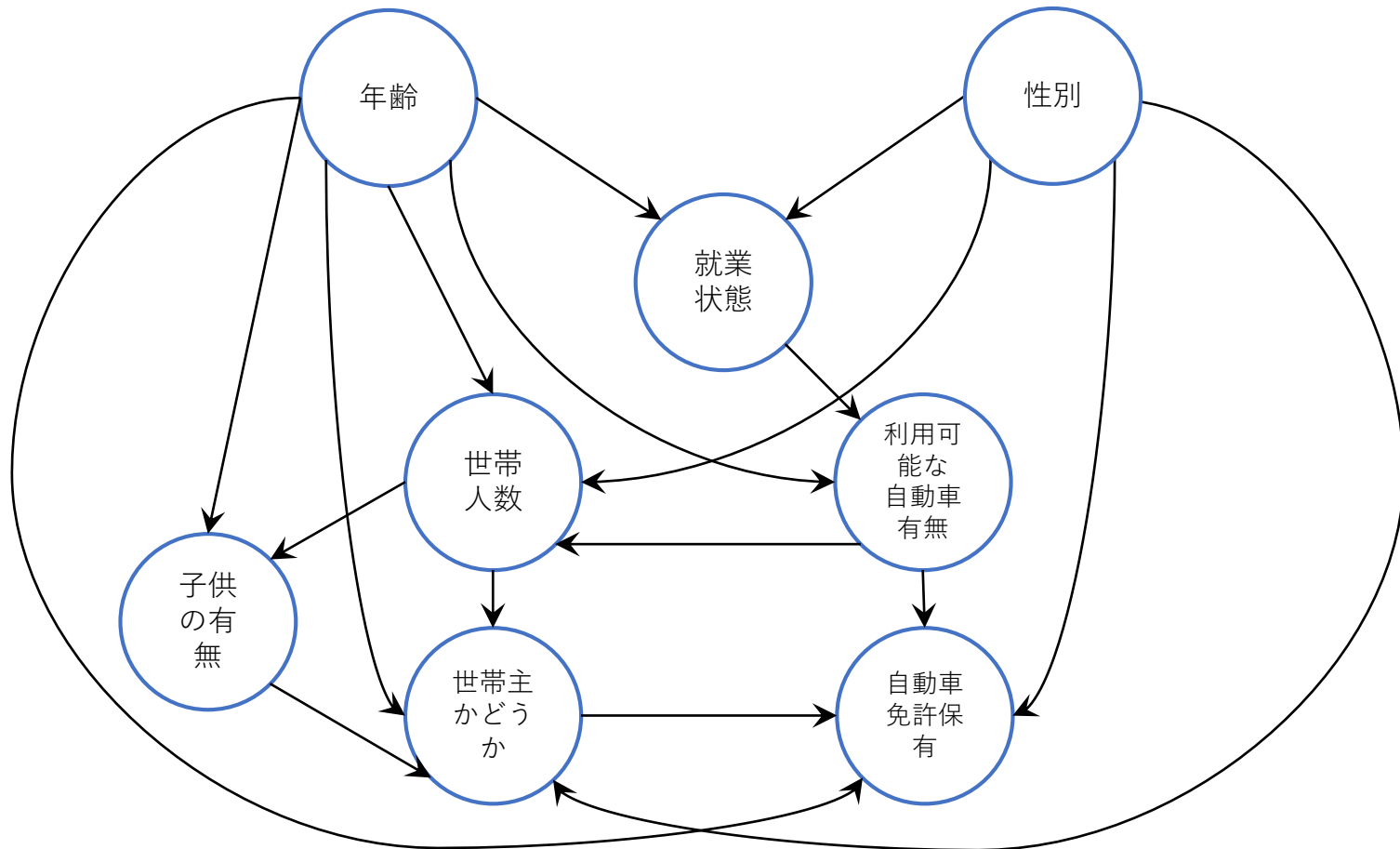
② 山形都市圏におけるP Tデータとの比較によるシミュレータの性能検証結果

- 山形都市圏において、①で構築した個人データ生成モデルを適用してデータを生成
- 山形都市圏PTから集計した性年齢別夜間人口、従業人口に合わせるように生成し、各種属性構成を、山形都市圏PTから集計された属性構成との比較により検証



作成したベイジアンネットワークの構造

- 全国PTデータ（都市類型4-10）を対象にベイジアンネットワークの構造推定を行ったところ、以下のネットワークが得られた



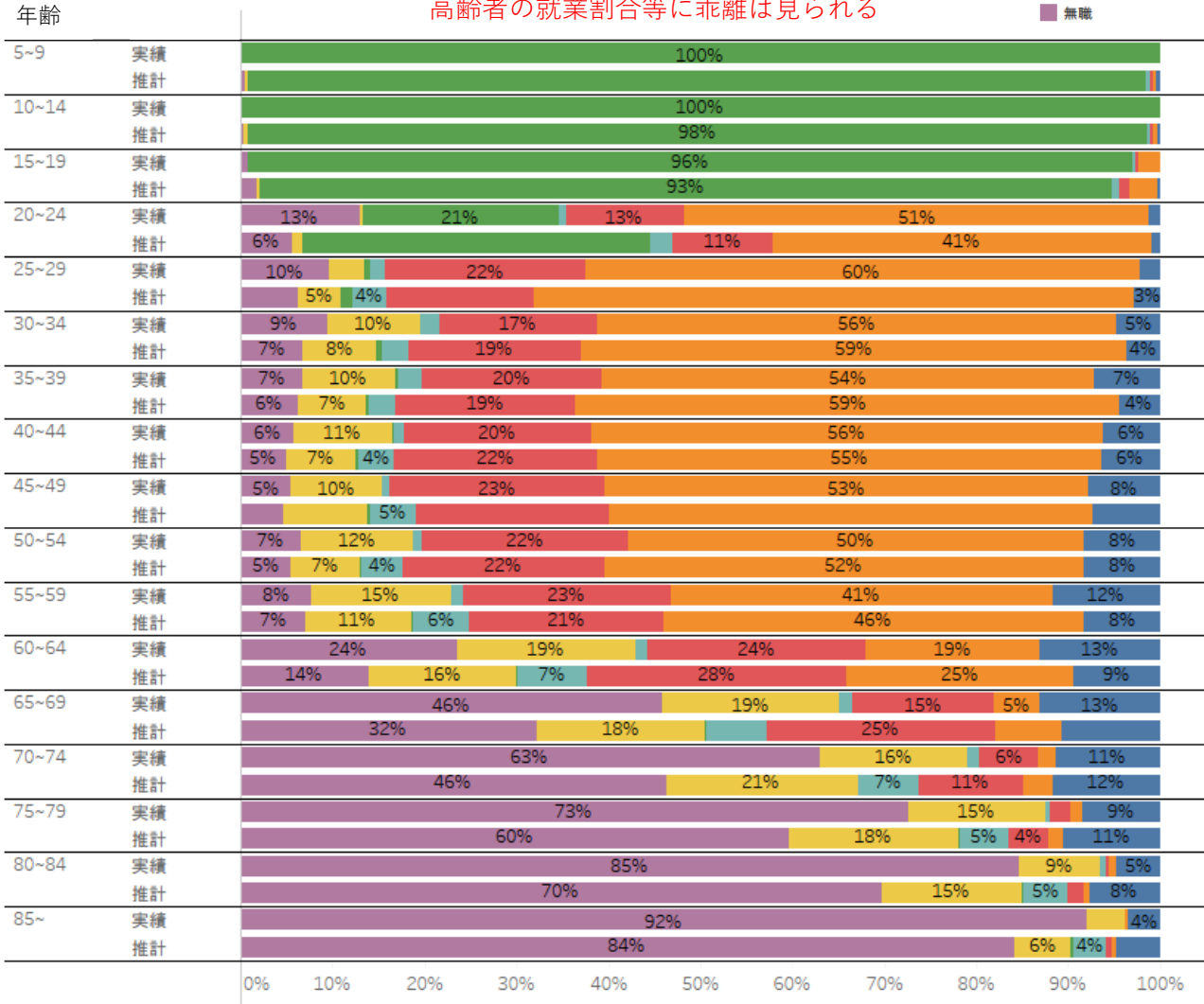
※全国PTの都市類型4-10の全てのデータを用いて構造推定を行った結果

■各属性の構成比の再現性
(実績は山形PTの数値)

属性		実績	推計
就業形態	自営業	7%	7%
	正規職員	24%	26%
	非正規	13%	14%
	その他就業	1%	4%
	学生	13%	16%
	主婦主夫	11%	10%
	無職	29%	23%
免許有無	あり	69%	69%
	なし	31%	31%
自動車有無	あり	68%	64%
	なし	32%	36%
世帯人数	1人	7%	13%
	2人	22%	31%
	3人以上	71%	57%

各属性現況を再現、
自動車有無や世帯人数等は若干乖離あり

■年齢別就業形態構成比の再現性
(実績は山形PTの数値)



全国PTによる勤務地選択モデルの生成 & 山形PTでの検証

作成した勤務地選択モデル

- 全国PTのゾーンを選択肢にした勤務地選択モデルを多項ロジットモデルで推定

	推定値	t値
ゾーン間距離	-0.2062	-60.37
Ln(ゾーン別従業者数)	0.8258	101.49
ゾーン面積	1.0000 ※固定	

サンプル数	8189
初期尤度	-49904.9
最終尤度	-34916.2
尤度比	0.3603

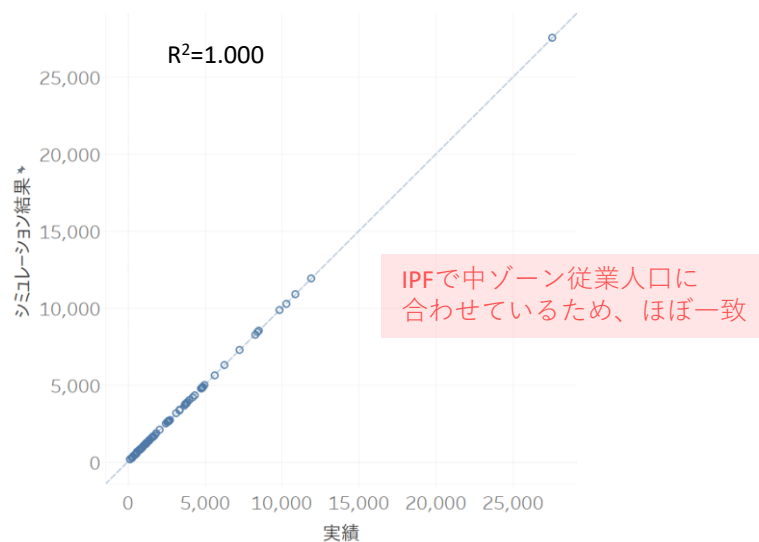
※全国PTの都市類型4-10の全てのデータを用いて推定を行った結果

※選択肢集合は200ゾーンで推定

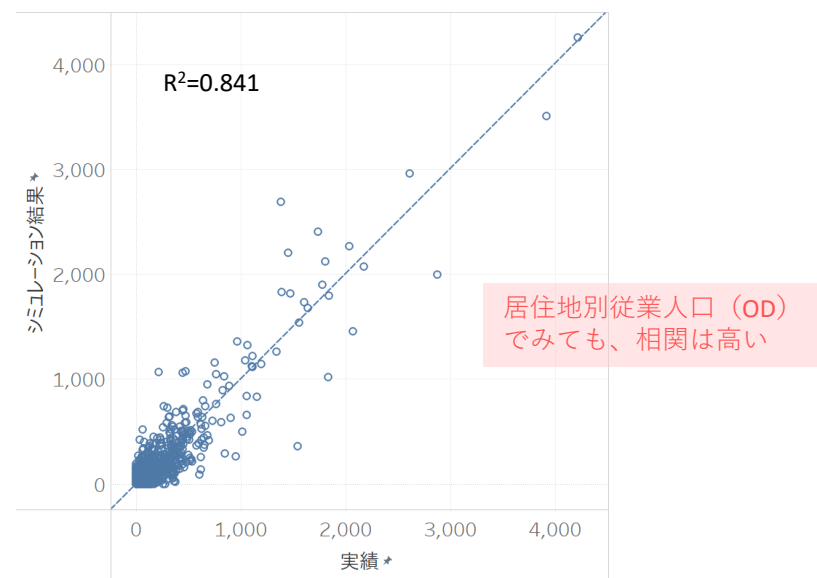
※ゾーン間距離は居住地と対象の勤務地ゾーンの距離

山形都市圏で勤務地モデルを適用し作成した個人データの結果

■中ゾーンの勤務地別の人口の比較



■中ゾーンの居住地別勤務地別の人口の比較

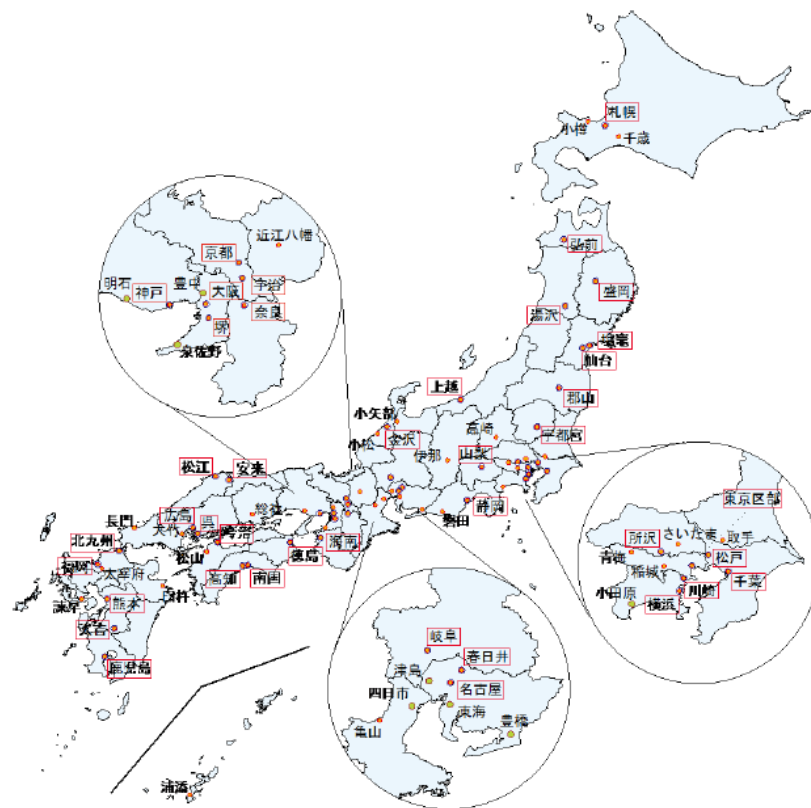


参考：全国都市交通特性調査（全国PT）の概要

調査年	令和3年、平成27年、平成22年、平成17年、平成11年、平成4年、昭和62年
調査範囲	全国70都市（10の都市類型）
サンプル数	1都市あたり500世帯回収を目標
調査項目	・1人あたりトリップ数、移動目的、交通手段 ・トリップの時刻、トリップ所要時間、移動距離 ・個人・世帯属性や居住地特性と、交通行動特性との関係

■全国PT 調査用都市類型

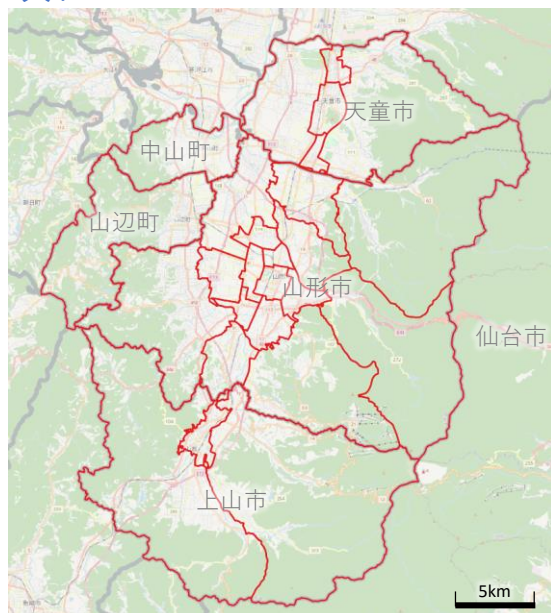
都市類型			調査対象都市
1	三大都市圏	中心都市	さいたま市、千葉市、東京区部、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市
2		周辺都市※1	取手市、所沢市、松戸市、稲城市、堺市、奈良市
3		周辺都市※2	青梅市、小田原市、岐阜市、豊橋市、春日井市、津島市、東海市、四日市市、亀山市、近江八幡市、宇治市、豊中市、泉佐野市、明石市
4	地方中枢都市圏	中心都市	札幌市、仙台市、広島市、北九州市、福岡市
5		周辺都市	小樽市、千歳市、塩竈市、呉市、大竹市、太宰府市
6	地方中核都市圏 中心都市 40万人以上	中心都市	宇都宮市、金沢市、静岡市、松山市、熊本市、鹿児島市
7		周辺都市	小矢部市、小松市、磐田市、総社市、諫早市、臼杵市
8	地方中核都市圏 中心都市 40万人未満	中心都市	弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市
9		周辺都市	高崎市、山梨市、海田市、安来市、南国市、浦添市
10	地方中心都市圏 その他の都市	—	湯沢市、伊那市、上越市、長門市、今治市、人吉市



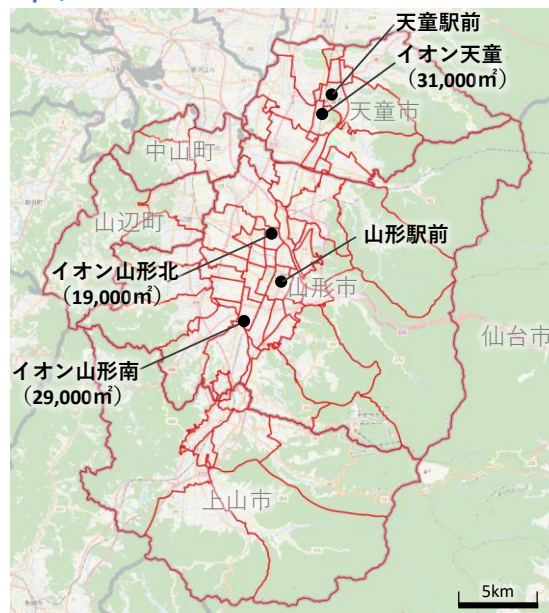
参考：山形都市圏PTデータの概要

調査時期	平成29年 10～11月
調査範囲	山形広域都市圏（山形市・天童市・上山市・山辺町・中山町） 人口：358,606人 ※平成27年国勢調査、5歳以上人口 面積：828km ²
サンプル数	回収サンプル数 23,100人 標本率 6.55% ※サンプル設計の考え方：道路交通センサスBゾーンの目的別手段別発生集中量 ゾーン数37、目的4区分、交通手段4区分
ゾーン数	大ゾーン：26 中ゾーン：73 小ゾーン：898

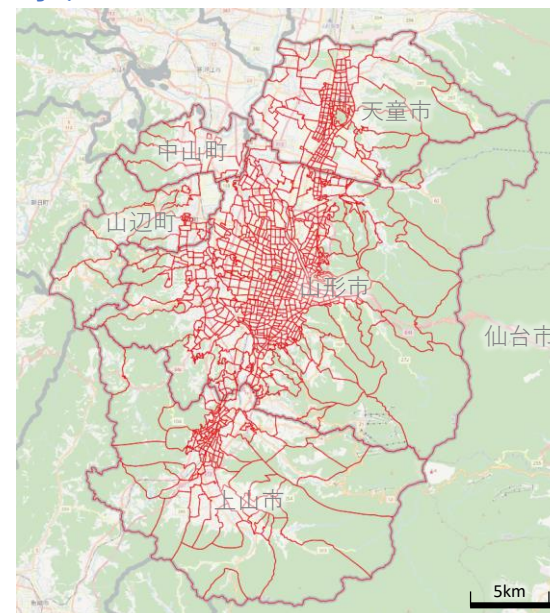
大ゾーン



中ゾーン



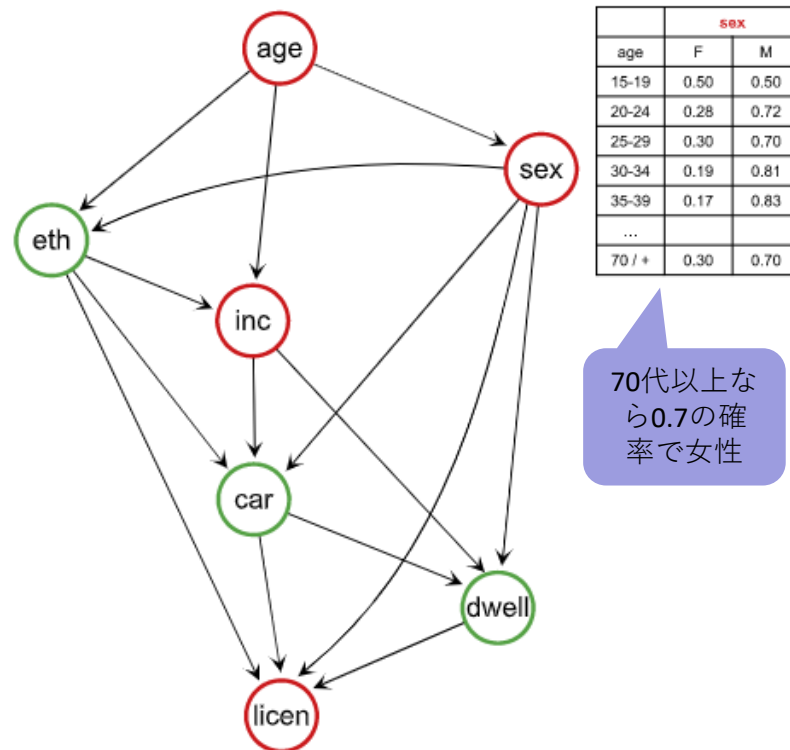
小ゾーン



参考：属性を付与する確率モデル（ベイジアンネットワーク）

- 各属性の依存関係を有向非巡回グラフ（DAG: Directed acyclic graphs）で表現するとともに、個々の変数の関係を条件付き確率で表現する確率モデル
- 推定の手順
 - ① 構造推定：グラフのトポロジーを探索
 - スコア関数（AIC, BIC等）の最適化 ※Tabu search法で探索
 - ② パラメータ推定：
 - ベイズ推定
- Bayesian Networkの強み
 - BICの導入によってoverfittingを防ぐ
 - 条件付き確率の使用により、属性の数が多い場合にも「次元の呪い」に嵌りづらい

<ベイジアンネットワークのイメージ>



参考：

Sun and Alexander. "A Bayesian network approach for population synthesis." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 61 (2015): 49-62.

2. ツアー目的地選択モデル

- 大規模商業施設の説明変数変更
- 山形PTでの再現性の確認

ツアー目的地選択モデル推定結果

			買物			私事		
			全国PT		山形PT	全国PT		山形PT
			都市類型4・6・8	参考_全体		都市類型4・6・8	参考_全体	
ゾーン内外	交通手段選択モデルログサム		0.927	1.053	1.000	0.942	0.569	0.731
			(7.56)	(14.04)	-	(8.17)	(9.13)	(7.59)
	ゾーン間距離(km)		-0.135	-0.086	-0.141	-0.013	-0.087	-0.095
			(-4.15)	(-4.44)	(-7.41)	(-0.55)	(-5.70)	(-5.05)
	距離帯ダミー	0km-1km未満	1.684	1.335	1.517	2.020	1.810	1.502
			(6.71)	(8.18)	(8.67)	(8.21)	(11.38)	(9.16)
		1km-2km未満	1.160	1.098	1.387	1.410	1.337	1.232
			(5.71)	(8.37)	(9.24)	(7.54)	(10.81)	(9.32)
		2km-3km未満	0.781	0.779	0.853	1.083	0.922	0.828
			(4.39)	(6.69)	(6.24)	(6.57)	(8.16)	(7.07)
	3km-4km未満	0.402	0.395	0.549	0.831	0.688	0.477	
		(2.42)	(3.57)	(4.31)	(5.29)	(6.37)	(4.28)	
	4km-5km未満	0.133	0.247	0.092	0.415	0.294	0.240	
		(0.80)	(2.25)	(0.69)	(2.53)	(2.60)	(2.13)	
ゾーン内々	ゾーン内々ダミー		3.203	2.646	3.114	3.653	3.419	3.666
			(11.82)	(14.82)	(13.24)	(14.23)	(21.88)	(21.11)
	ゾーン内々距離(km)		-1.488	-0.856	-1.093	-1.480	-0.990	-0.716
		(-6.42)	(-5.76)	(-3.14)	(-6.95)	(-8.74)	(-3.91)	
ln(施設数(文化)密度(/km2))			-	-	-	0.045	0.039	0.112
			-	-	-	(4.32)	(5.59)	(12.84)
ln(施設数(集客)密度(/km2))			-	-	-	0.033	0.046	0.084
			-	-	-	(2.55)	(5.40)	(7.43)
ln(施設数(行政)密度(/km2))			-	-	-	0.011	0.020	0.043
			-	-	-	(0.58)	(1.78)	(1.80)
ln(大規模小売店面積密度(/km2))	業態別		0.164	0.146	0.363	0.081	0.086	0.169
			(15.47)	(17.38)	(35.09)	(5.67)	(7.71)	(8.95)
		ショッピングセンター	0.018	-0.006	0.086	0.101	0.109	0.013
			(1.22)	(-0.45)	(4.03)	(6.82)	(8.99)	(0.57)
		百貨店	-	0.029	0.175	-	-	0.025
			-	(2.99)	(15.21)	-	-	(0.98)
		ホームセンター	0.016	0.017	0.187	-	-	0.052
			(1.31)	(1.72)	(11.10)	-	-	(2.13)
		専門店	0.029	0.092	-0.126	-	-	-0.071
	(1.79)	(10.23)	(-2.71)	-	-	(-1.26)		
	総合スーパー	0.101	0.120	0.274	-	-	0.027	
		(8.14)	(14.81)	(32.08)	-	-	(1.66)	
	食品スーパー							
ln(店舗数密度(/km2))			0.553	0.601	0.217	0.231	0.246	0.062
			(15.28)	(27.59)	(7.28)	(6.64)	(12.19)	(3.20)
店舗数アクセシビリティ (対象ゾーン徒歩所要時間20分以内、β=-0.1)			-	-	0.047	0.074	0.107	0.352
			-	-	(1.05)	(1.88)	(4.07)	(9.78)
駅アクセス可能ダミー (ゾーンから駅まで道路距離500m以内)			-	-	-	0.304	0.201	-0.181
			-	-	-	(2.56)	(2.02)	(-1.66)
ln(ゾーン面積(km2))			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
			-	-	-	-	-	-
初期尤度			-7023.957	-14307.013	-13692.739	-5647.999	-11846.965	-13186.563
最終尤度			-3423.459	-7281.619	-5840.105	-3359.626	-7147.301	-7472.821
尤度比			0.513	0.491	0.573	0.405	0.397	0.433
修正済尤度比			0.510	0.490	0.572	0.402	0.395	0.432
的中率(合計)			15%	13%	14%	11%	12%	10%
サンプル数(合計)			1,153	2,484	1,931	937	2,119	2,041

買物ではショッピングセンターが最も大きく、次いで食品スーパーが大きい

私事ではショッピングセンター及び百貨店がパラメータ有意に

周辺施設へのアクセシビリティは私事では有意に

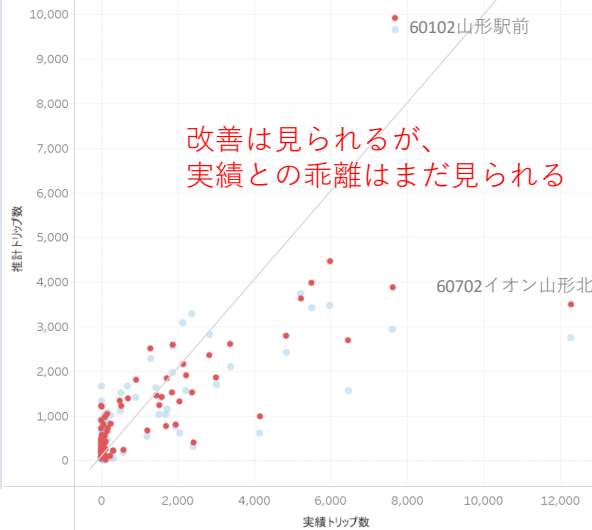
再現性の確認：中ゾーン別トリップ数 買物、その他私事、私事合計

- 全国PTモデル改善により、イオンの立地するゾーン等を中心に再現性は改善
- 立ち寄りが過少となっており、立ち寄り回数の補正を行う必要があると考えられる

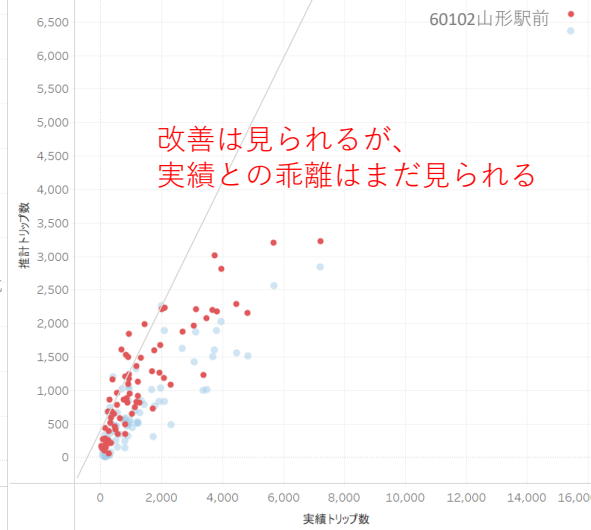
* 都市類型4・6・8で推定したモデル * ツアー目的地選択のみ山形PTモデルを適用

全国PTモデル*

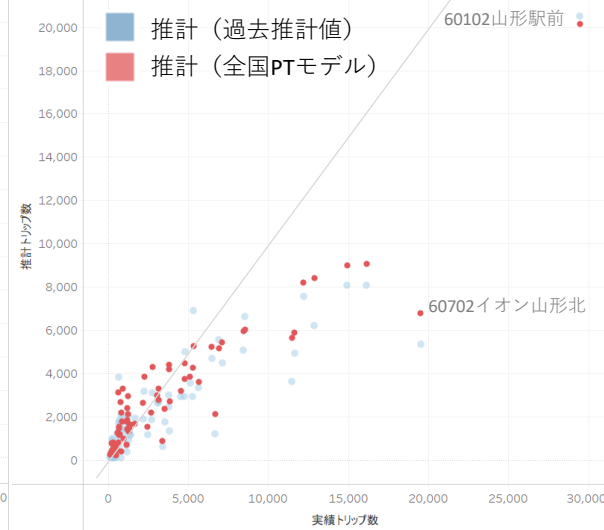
買物



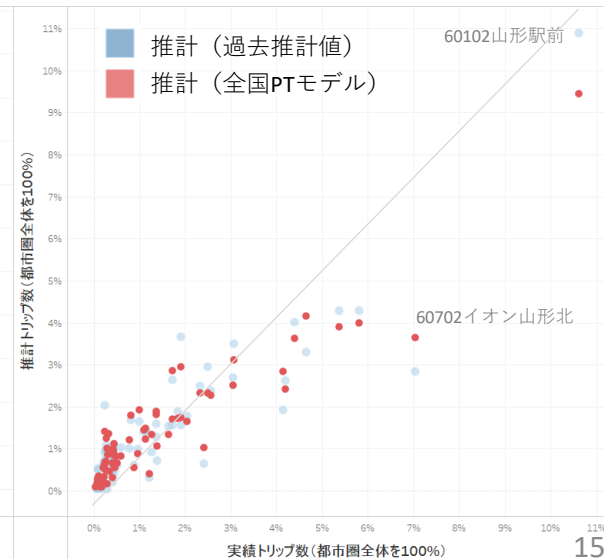
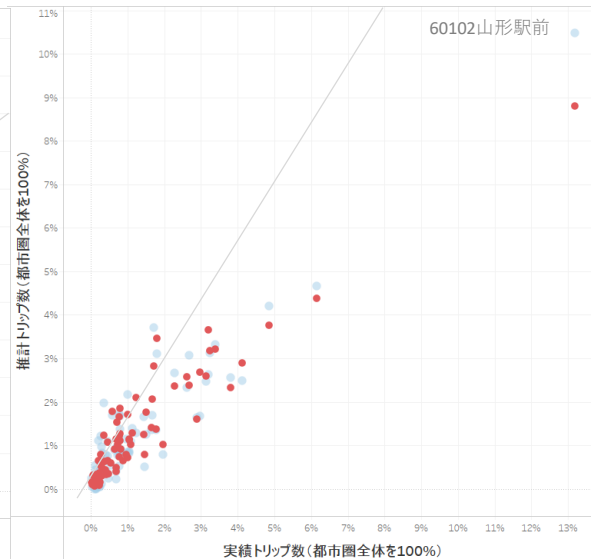
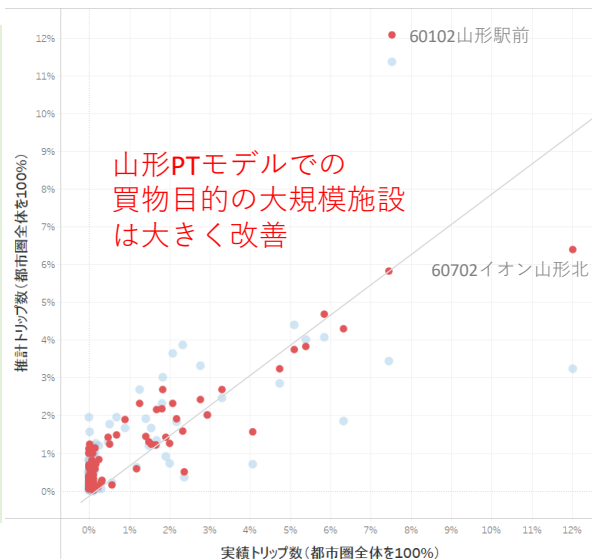
その他私事



参考：私事合計



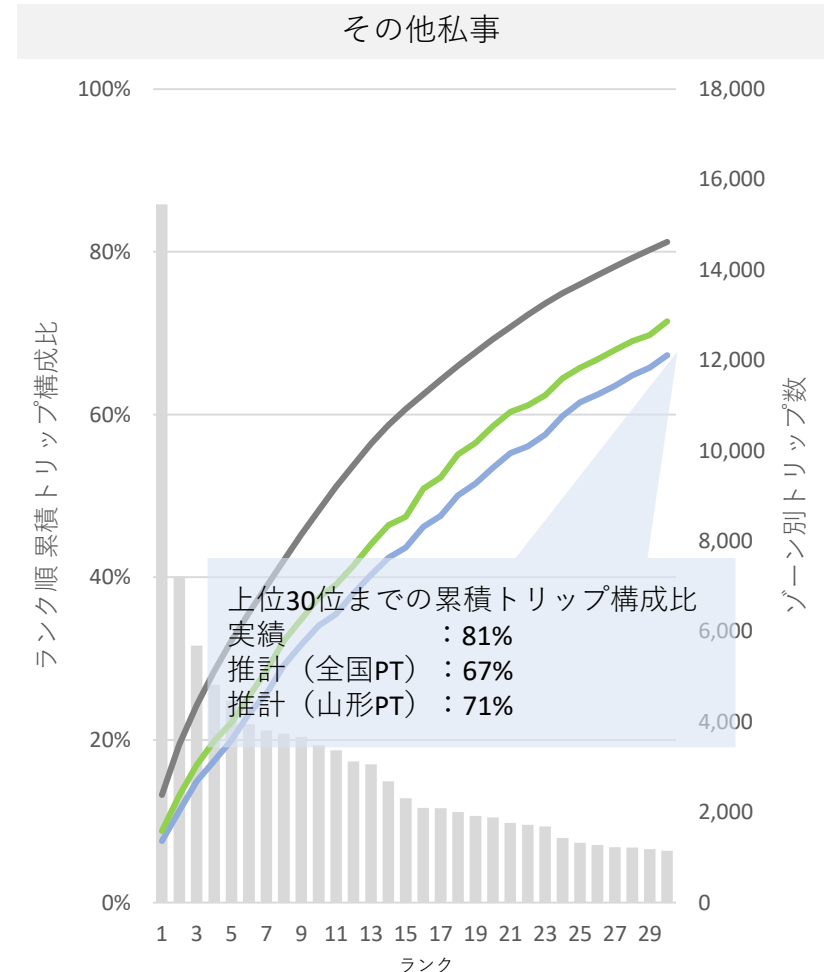
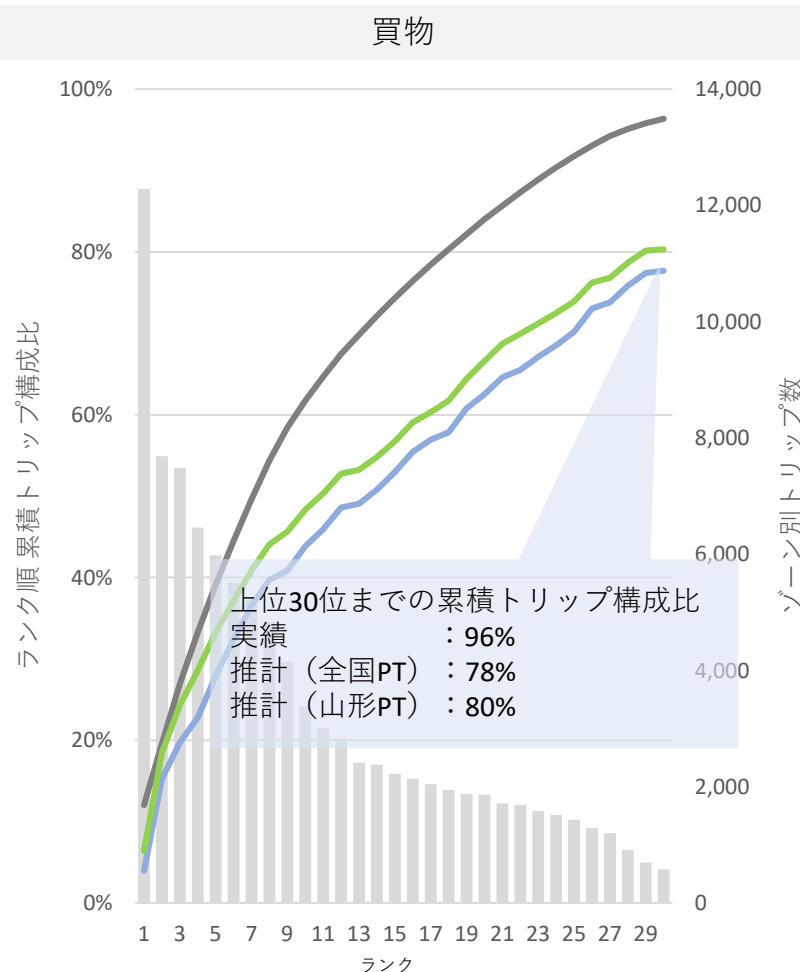
山形PTモデル*



再現性の確認：ゾーン別ランク順 累積トリップ構成比

- トリップ数の多いゾーンから順番に、トリップ構成比を積み上げていくと、買物目的の実績では上位30位で96%になるのに対し、推計（全国PTモデル）では78%と小さく、実績では選択されないゾーンが選択されている割合が多い（私事も同様）

■ゾーン別トリップ数・ランク順累積トリップ構成比



トリップ数 ■
※実績のトリップ数

累積トリップ構成比 — 実績

— 推計 (全国PTモデル) * 都市類型4・6・8で推定したモデル

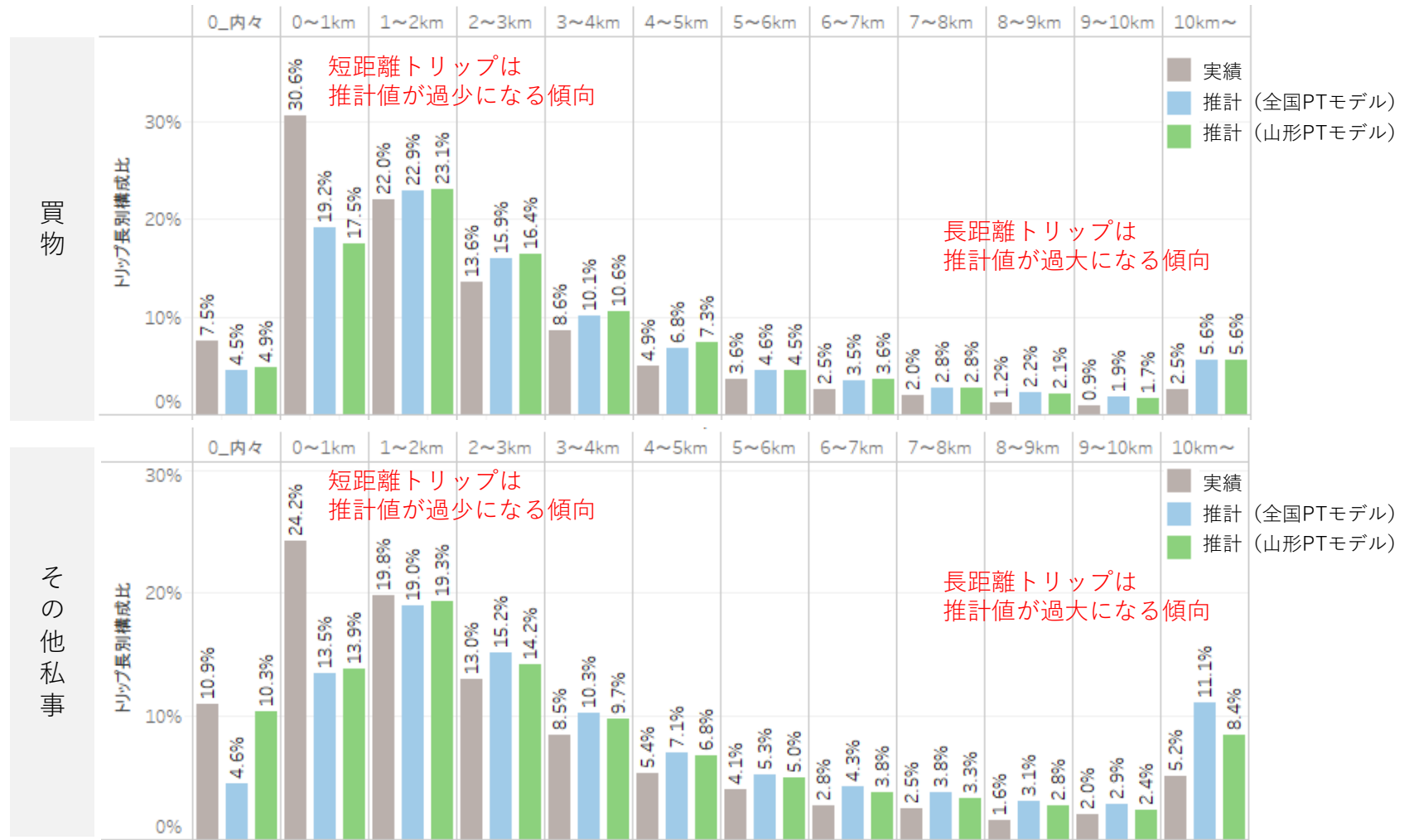
— 推計 (山形PTモデル) * ツアー目的地選択のみ山形PTモデルを適用

※実績のトリップ数が多い
30位までを表示

再現性の確認：トリップ長別構成比

- 買物目的、その他私事で共通して、短距離トリップでは推計値が過少になるが、長距離トリップでは推計値が過大になる傾向

■トリップ長別構成比



参考：大規模商業施設のデータ（大型小売店舗総覧）

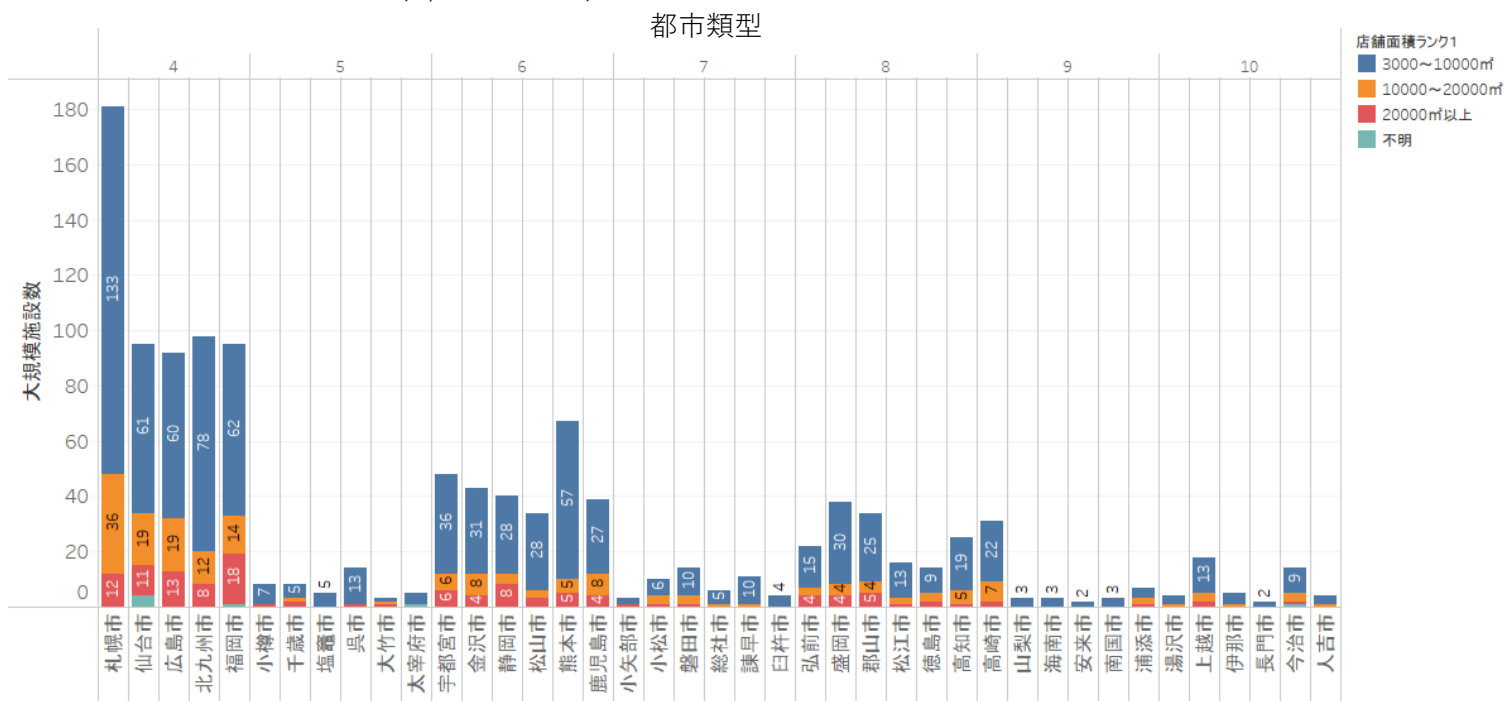
- 大規模商業施設毎の住所、店舗面積、業態等の情報が完備されているデータとして、大型小売店舗総覧を利用（有償データ）

■大型小売店舗総覧の収録情報

- 基礎情報** [店舗名、郵便番号・住所・TEL、設置者]
- 開店情報** [店舗面積、変更（増床）予定（年月・面積）、新設届出年月、開店予定年月、撤退予定年月]
- 営業情報** [業態、小売業者数、主要取扱販売品、開店・閉店時刻]
- 核店舗情報** [核店舗の企業名・店舗面積]
- 立地情報** [店舗の立地、駐車場・駐輪場収容台数、最寄駅・近接幹線道路]

全国大型小売店舗総覧HP https://str.toyokeizai.net/databook/dbs_ogatakouri/

■都市毎の大規模商業施設数（3,000㎡以上）



参考：周辺施設への徒歩による店舗アクセシビリティ

- 中心市街地や駅前では、ゾーンの施設数（密度）自体は大きくなくても、周辺ゾーンへ徒歩等でアクセスしやすいことが追加的な魅力となって、人が集まることが考えられる
- そのため、アクセシビリティ指標を算出し、目的地選択モデルに考慮する

■周辺施設への徒歩による店舗アクセシビリティの算出方法

$$A_j = \ln \left[\sum_k S_k \times e^{\beta' \times t_{jk}} \right] \quad (\text{Vince Bernardin, 「How-To: Model Destination Choice」より})$$

Ln(0)を回避するため、以下のように修正して利用

$$A_j = \ln \left[\sum_k S_k \times e^{\beta' \times t_{jk}} + 1 \right]$$

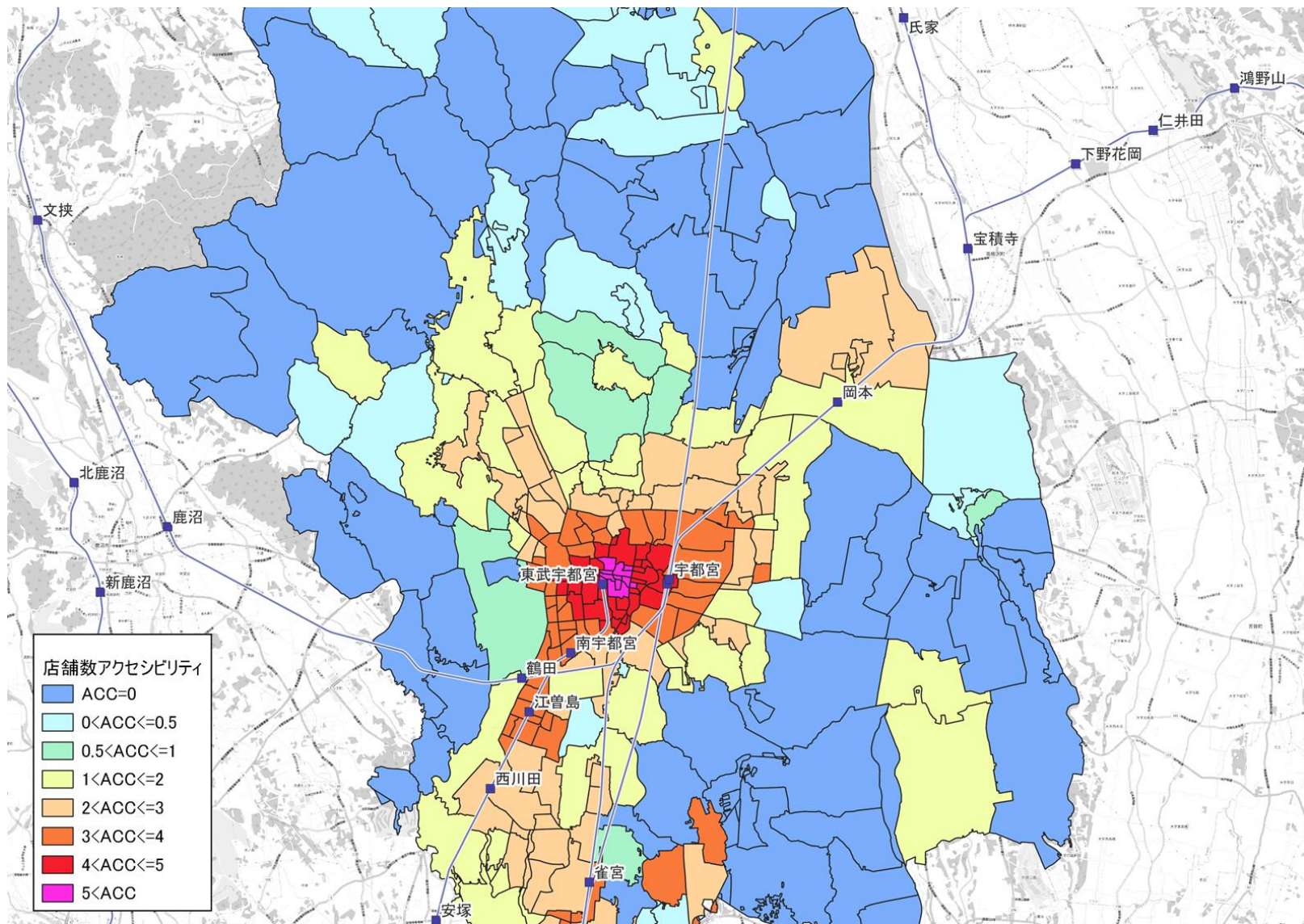
S：店舗数、t：所要時間（徒歩）

β：パラメータ（指標の分布、モデルへの当てはまりをみて-0.1で設定）

K：対象ゾーン（徒歩20分以内に到達可能なゾーンを対象）

参考：周辺施設への徒歩による店舗アクセシビリティの分布

宇都宮市 徒歩による店舗アクセシビリティ（20分以内、 $\beta = -0.1$ ）



ツアー目的地選択モデルの今後の課題

大規模施設・中心市街地の変数の改善

- 大規模施設は、業種別店舗面積を用いることで改善。目的別の特徴も捉えやすく変数としては良好（別途築年数等との関係は課題）。
- 中心市街地は、周辺施設（商業店舗）の徒歩によるアクセス性、駅へのアクセス性を考慮し一定改善はみられたが、山形駅前の再現改善には至っていない。
- 中心市街地等の変数として、主成分による特徴抽出等による**施設種類の多様性指標（商業施設だけでなく公共施設や医療施設等）**を加味することが考えられる。
- 中心市街地は周辺ゾーンにも人が訪れやすく、大規模施設等は特定ゾーンに人が集まりやすいため、**空間的な相関を加味**することが考えられる。

距離の説明変数の構造化

- 出発地から遠くの目的地が推計では選ばれる傾向
- 距離帯ダミーの考慮ではなく、**距離によってパラメータを変更する等の構造化**が必要

選択肢集合の絞り込み

- 例えば、買物では上位30位ゾーンで96%の実績トリップが占められているのに対し、推計では8割程度と低く、**効用の低い選択肢を切る等の選択肢集合の絞り込み**が必要（IAP等）

都市間の汎化性能の検証

- 大規模施設が立地する人口規模の大きい都市圏の中心都市とそれ以外の都市では、大規模施設等に対する感度（パラメータ）が異なる
- また、山形パーソントリップ調査で推定した目的地選択モデルも感度が異なる（全国PTよりも感度が高い）
- 他の都市圏パーソントリップ調査実施都市での**ケーススタディを増やし**ながら、目的地選択モデルの汎化性能の検証を行うことが必要

3. ツアー主要交通手段選択モデル

- 潜在クラスロジットモデルの推定・再現性確認
- 山形都市圏での感度分析

潜在クラスモデル：パラメータ推定結果（通勤系：通勤、通学、業務）

■パラメータ推定結果 サンプル数:8,121 尤度比:0.6318 括弧内はt値

			class 1	class 2	class 3
効用関数	鉄道	端末ログサム(アクセス・イグレス)	1.161 (11.64)	1.471 (8.07)	1.963 (0.00)
	バス	端末時間(アクセス・イグレス)	-0.062 (-5.68)	-0.144 (-4.00)	-0.788 (-0.00)
	鉄道・バス共通	待ち時間	-0.053 (-7.15)	-0.134 (-6.46)	-3.265 (-0.01)
		一般化幹線所要時間	-0.029 (-3.85)	-0.047 (-4.57)	-2.191 NA
	自動車	所要時間			
	自転車	所要時間	-0.188 (-15.25)	-0.159 (-12.34)	-0.360 (-6.45)
	徒歩	所要時間			
	定数項	鉄道	-4.454 (-12.44)	-0.588 (-1.67)	2.651 (0.00)
		バス	-5.207 (-13.73)	-1.068 (-2.14)	3.869 (0.00)
		自動車	-5.432 (-14.47)	-0.467 (-2.37)	-52.334 (-5.01)
		自転車	-2.280 (-14.16)	-1.356 (-8.09)	-8.757 (-5.86)
メンバーシップ関数	65歳以上75歳未満ダミー		0.000	1.086 (3.87)	0.231 (0.39)
	75歳以上ダミー		0.000	2.016 (3.52)	-4.963 (-0.23)
	女性ダミー		0.000	0.294 (2.04)	-0.400 (-2.40)
	学生ダミー		0.000	0.256 (0.93)	3.102 (8.23)
	単身世帯ダミー		0.000	-0.252 (-1.30)	-0.235 (-0.57)
	免許保有・自動車保有ダミー		0.000	3.873 (13.91)	1.490 (3.90)
	居住地鉄道利便ダミー ※最寄り駅へのアクセスが10分以下、待ち時間10分以下		0.000	-1.294 (-5.71)	-0.282 (-0.82)
	居住地バス利便ダミー ※最寄りバス停へのアクセスが5分以下、待ち時間10分以下		0.000	-1.173 (-5.47)	-0.099 (-0.34)
	定数項		0.000	-1.709 (-6.02)	-2.992 (-7.65)
	割合率		0.234	0.667	0.099

* 一般化幹線所要時間は運賃を時間価値（36.2円/分、鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル2012（案）より）で換算して幹線所与時間に加算

■クラス毎の交通手段の構成比

	鉄道	バス	自動車	自転車	徒歩
class1	9.6%	12.9%	31.2%	26.2%	20.2%
class2	2.4%	1.5%	86.7%	5.2%	4.2%
class3	0.0%	0.0%	0.4%	50.2%	49.4%

■各クラスの特徴の解釈

	Class1	Class2	Class3
利用交通手段	鉄道・バス	自動車	徒歩・自転車
シェア	23.4%	66.7%	9.9%
Classの属性の特徴	・ 鉄道バス 利便性高 ・ 免許自動車保有無 ・ 65歳未満	・ 鉄道バス 利便性低 ・ 免許自動車保有有 ・ 65歳以上 ・ 女性	・ 学生 ・ 男性
交通手段選択の特徴	・ ベースはclass1が鉄道バスを選択しやすい（定数項が大きい） ・ ただし、自動車等の所要時間に対して公共交通サービスの感度はclass2の方が高い ※待ち時間／自動車等の所要時間のパラメータ class1: 0.283 class2: 0.841		

潜在クラスモデル：パラメータ推定結果（私事系：送迎、通院、買物、私事）

■パラメータ推定結果 サンプル数:8,121 尤度比:0.6251 括弧内はt値

			class 1	class 2	class 3	
効用関数	鉄道	端末ログサム(アクセス・イグレス)	-0.624 (-1.27)	1.103 (5.21)	5.380 NA	
	バス	端末時間(アクセス・イグレス)	-4.831 (-0.01)	-0.080 (-4.03)	-0.292 (-1.24)	
	鉄道・バス共通	待ち時間	-0.690 (-1.89)	-0.020 (-1.93)	-0.515 (-2.28)	
		一般化幹線所要時間	-0.101	-0.099	-0.109	
	自動車	所要時間				
	自転車	所要時間	(-5.21)	(-9.78)	(-12.15)	
	徒歩	所要時間				
	定数項	鉄道				1.940 (1.02)
		バス	2.433 (0.00)	-1.396 (-4.64)	1.235 (0.71)	
		自動車	-1.302 (-1.62)	-6.507 (-8.55)	-0.128 (-0.84)	
		自転車	1.285 (1.89)	-4.796 (-6.17)	-2.615 (-11.46)	
		メンバーシップ関数	65歳以上75歳未満ダミー		0.000	0.397 (1.56)
75歳以上ダミー			0.000	0.461 (1.62)	1.662 (5.98)	
女性ダミー			0.000	0.200 (0.89)	0.702 (3.52)	
学生ダミー			0.000	-1.611 (-2.27)	1.381 (3.99)	
単身世帯ダミー			0.000	0.490 (2.09)	-0.915 (-3.98)	
免許保有・自動車保有ダミー			0.000	-0.723 (-2.10)	2.818 (10.53)	
居住地鉄道利便ダミー ※最寄り駅へのアクセスが10分以下、待ち時間10分以下			0.000	0.075 (0.24)	-0.464 (-1.49)	
居住地バス利便ダミー ※最寄りバスへのアクセスが5分以下、待ち時間10分以下			0.000	0.917 (3.23)	-0.463 (-1.67)	
定数項			0.000	-0.214 (-0.73)	-0.173 (-0.56)	
割合率			0.071	0.088	0.841	

*一般化幹線所要時間は運賃を時間価値（36.2円/分、鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル2012（案）より）で換算して幹線所与時間に加算

■クラス毎の交通手段の構成比

	鉄道	バス	自動車	自転車	徒歩
class1	3.6%	0.0%	29.2%	62.8%	4.4%
class2	9.3%	26.9%	9.0%	3.4%	51.4%
class3	0.0%	0.2%	89.0%	2.1%	8.6%

■各クラスの特徴の解釈

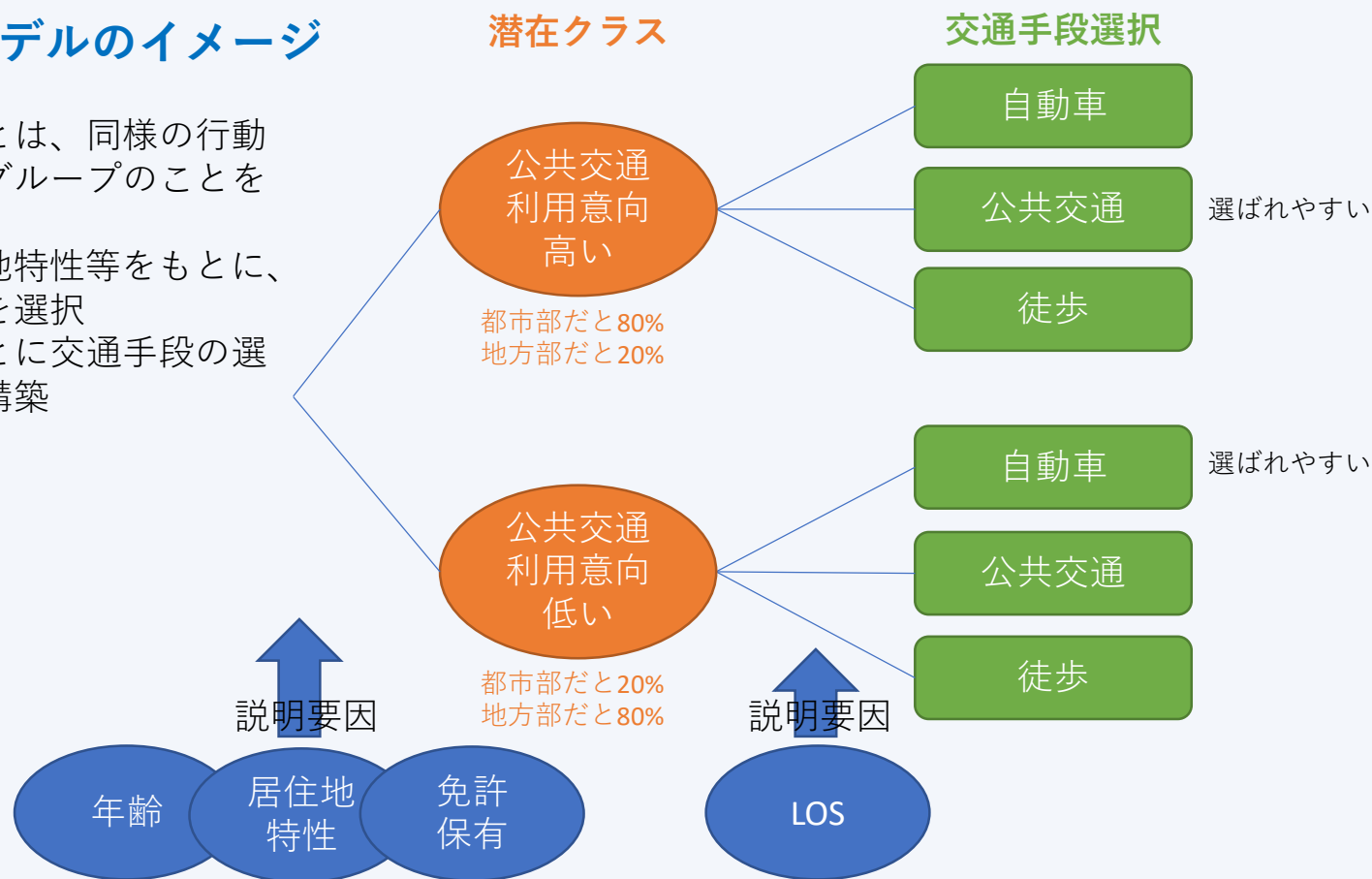
	Class1	Class2	Class3
利用交通手段	自転車等	鉄道・バス	自動車
シェア	7.1%	8.8%	84.1%
Classの属性の特徴	・ 65歳未満	・ 鉄道バス利便性高 ・ 免許自動車保有有	・ 鉄道バス利便性低 ・ 免許自動車保有有 ・ 65歳以上 ・ 女性
交通手段選択の特徴		・ ベースはclass2が鉄道バスを選択しやすい（定数項が大きい） ・ ただし、所要時間に対して公共交通サービスの感度はclass3の方が高い	
※待ち時間／自動車等の所要時間のパラメータ class2: 0.202 class3: 4.714			

参考：潜在クラスモデルの考え方

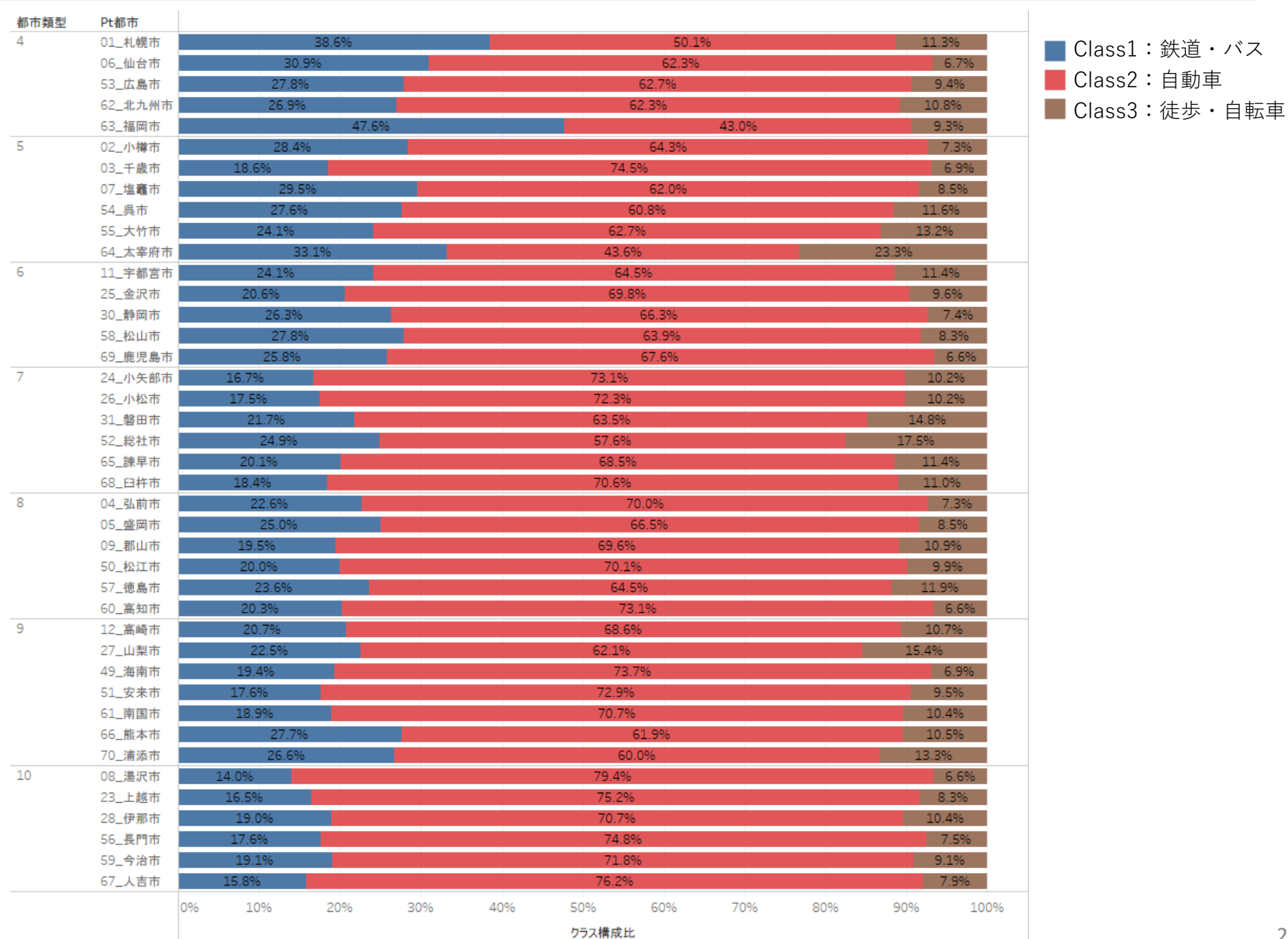
- 居住者や都市の特性を加味した標準的なモデルが構築できる可能性がある
 - 公共交通利用意向が高い／低いクラスにわかれる場合、大都市では意向が高い人が80%、地方都市では意向が高い人が20%と、都市や居住者の特性に応じクラス構成比が変化
 - 1つのモデルで幅広い都市類型をカバーできる可能性がある（モデルの適用範囲が広がるとともに、サンプル数が多くなるためパラメータも安定する）

潜在クラスモデルのイメージ

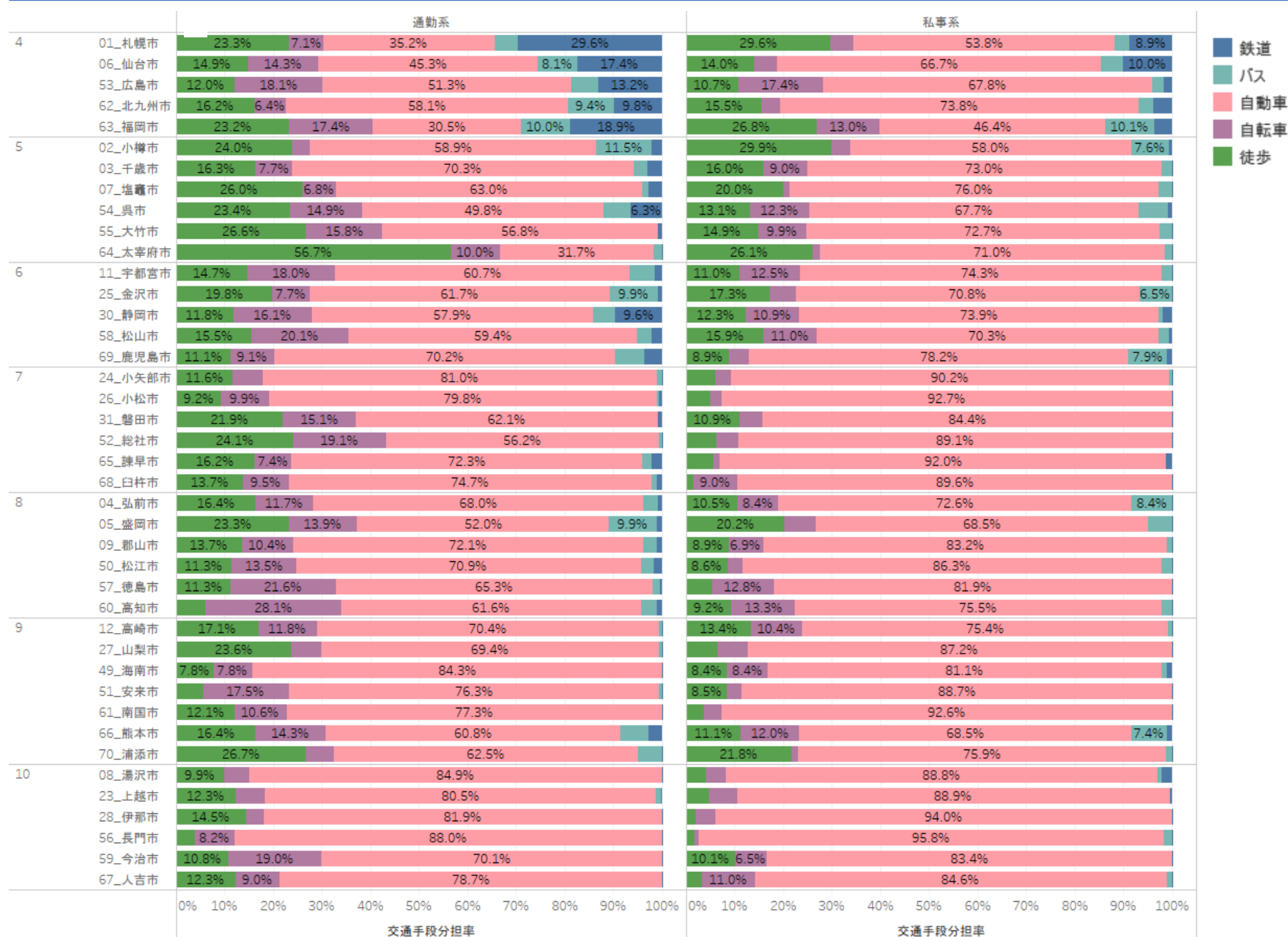
- 潜在クラスとは、同様の行動原理を持つグループのことを指す
- 属性や居住地特性等をもとに、潜在クラスを選択
- 各クラスごとに交通手段の選択モデルを構築



参考：都市別のクラス構成比の一覧（通勤系モデルの例）



参考：都市別の交通手段分担率の一覧（全国PTの実績）



再現性：モデルの正解率（Accuracy）

- 全体の正解率でモデルを比較すると、通常のロジットモデル（MNL）と比較して、潜在クラスモデルの性能が高く出る傾向にある

■各モデルの正解率（Accuracy）

	潜在	MNL_A	MNL_B	MNL_C	MNL_D
通勤系	0.655	0.643	0.648	0.649	0.654
私事系	0.697	0.690	0.690	0.696	0.695

※Accuracyが最も高いモデルを赤、次点で高いモデルをピンクで色付け

潜在：41都市潜在クラスモデル ※潜在クラスはクロスバリデーションではない結果

MNL_A：41都市MNLモデル

MNL_B：41都市MNLモデル（自動車保有／非保有）

MNL_C：41都市MNLモデル＋調査用都市類型毎定数項

MNL_D：41都市MNLモデル（自動車保有／非保有）＋調査用都市類型毎定数項

■混同行列の例（潜在クラスの場合）

（通勤系）

		推計					
		鉄道	バス	自動車	自転車	徒歩	合計
実績	鉄道	98.6	22.8	143.3	42.5	9.8	317
	バス	20.5	41.9	145.0	52.8	20.7	281
	自動車	127.3	150.4	4,254.9	442.2	296.3	5,271
	自転車	39.7	44.6	431.3	232.7	234.7	983
	徒歩	16.0	23.7	292.5	246.8	690.0	1,269
	総計	302.2	283.3	5,267.1	1,017.0	1,251.4	8,121

（私事系）

		推計					
		鉄道	バス	自動車	自転車	徒歩	合計
実績	鉄道	6.6	4.4	37.0	4.0	3.0	55
	バス	6.3	15.8	69.5	13.5	18.9	124
	自動車	30.0	59.7	3,257.8	201.7	342.0	3,891
	自転車	4.0	14.6	198.0	46.4	81.1	344
	徒歩	5.0	22.8	334.9	69.5	172.8	605
	総計	51.9	117.2	3,897.2	335.1	617.6	5,019

※総サンプル数に対する的中した割合（黄色ハッチの割合）をAccuracyとして算出

再現性：都市別交通手段分担率の誤差

- 都市別の交通手段分担率の実績との誤差（RMSE）を比較すると、潜在クラスモデルは、バスをはじめ最も誤差が小さい交通手段が多い
- MNL_CやMNL_Dは都市類型毎の定数項で、都市毎の特性を反映しきれてないためと考えられる

■各モデルの交通手段分担率のRMSE（二乗平均平方誤差）

		潜在	MNL_A	MNL_B	MNL_C	MNL_D
通勤系	鉄道	2.87%	3.23%	3.21%	2.80%	2.65%
	バス	2.21%	2.28%	2.29%	2.48%	2.42%
	自動車	6.47%	7.38%	7.27%	6.16%	6.01%
	自転車	5.74%	5.99%	5.97%	6.01%	5.94%
	徒歩	3.81%	4.40%	4.06%	4.74%	4.47%
私事系	鉄道	1.71%	2.13%	2.14%	1.88%	1.89%
	バス	1.99%	2.23%	2.15%	2.62%	2.68%
	自動車	5.73%	6.20%	6.23%	5.18%	5.23%
	自転車	4.00%	4.16%	4.15%	4.54%	4.44%
	徒歩	4.57%	4.82%	5.02%	4.47%	4.54%

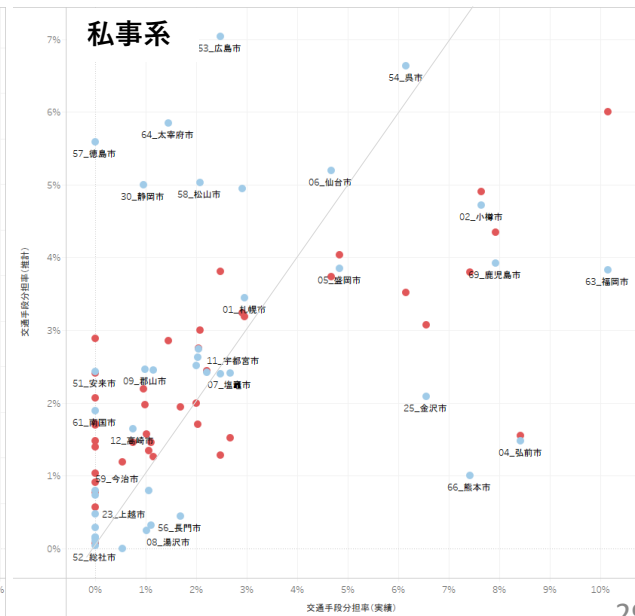
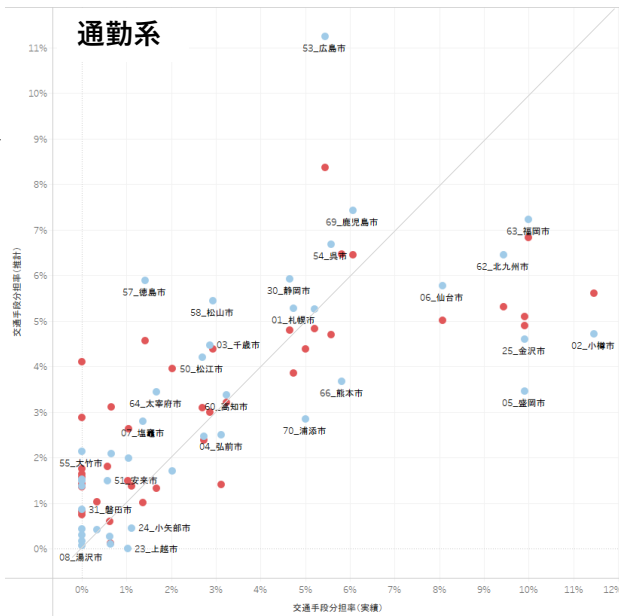
※RMSEが最も小さいモデルを赤、
次点で小さいモデルをピンクで色付け

潜在：41都市潜在クラスモデル
※潜在クラスはクロスバリデーションではない結果
MNL_A：41都市MNLモデル
MNL_B：41都市MNLモデル（自動車保有／非保有）
MNL_C：41都市MNLモデル＋調査用都市類型毎定数項
MNL_D：41都市MNLモデル（自動車保有／非保有）
＋調査用都市類型毎定数項

■都市別交通手段分担率の例（バスの場合）

- 潜在クラス、MNL_Aのバスの交通手段分担率の結果を比較
- 横軸が実績値、縦軸が推計値

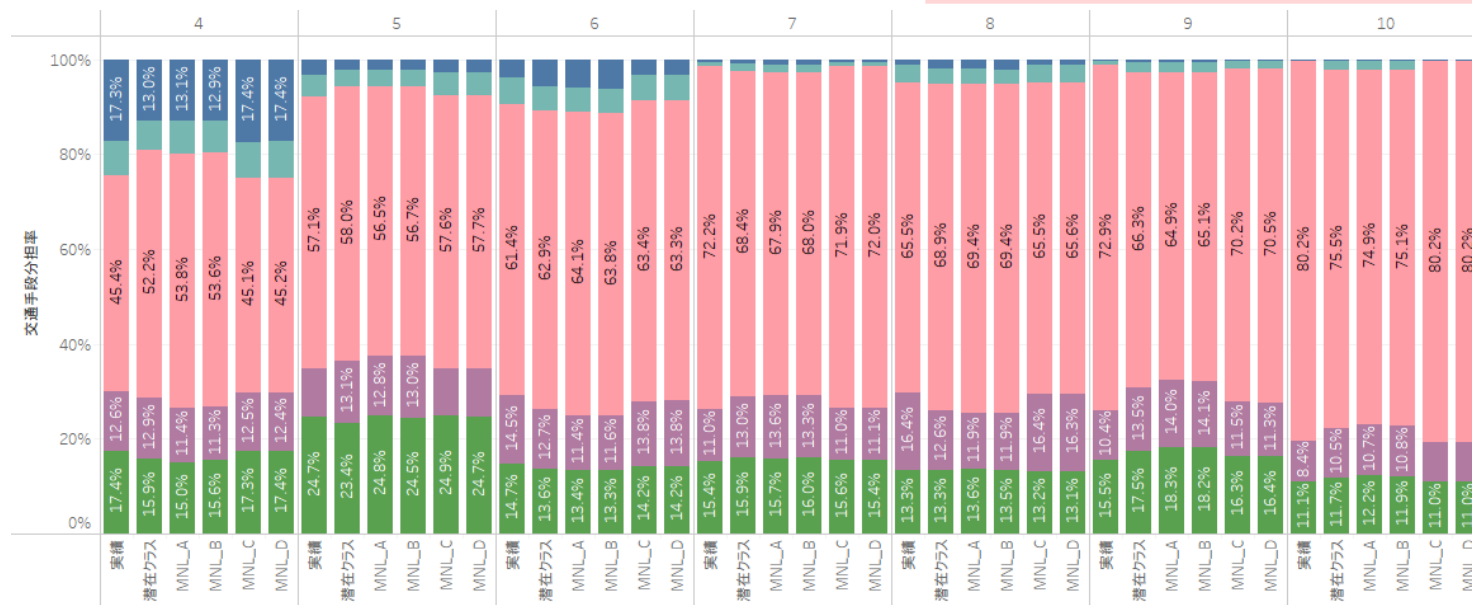
■ 潜在クラス
■ MNL_D



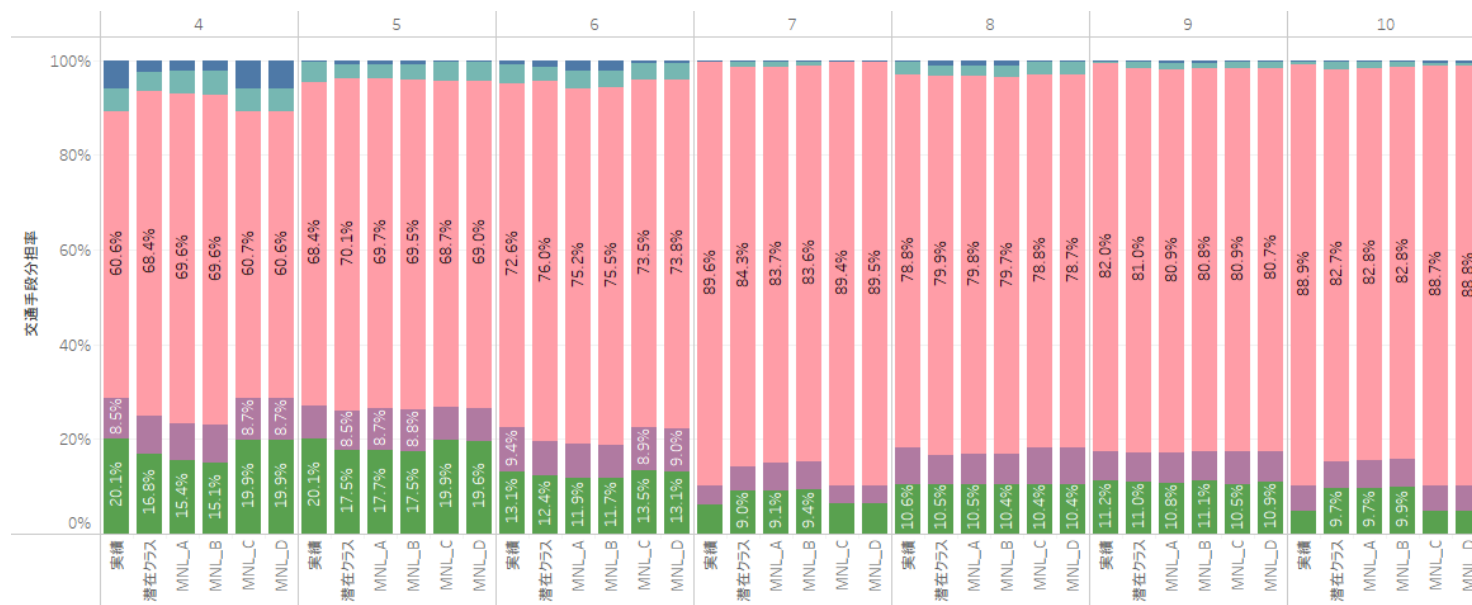
(参考) 調査用都市類型別交通手段分担率

調査用都市類型という括りで確認すると、MNL_CやMNL_Dの再現性が、潜在クラスよりも高い

通勤系

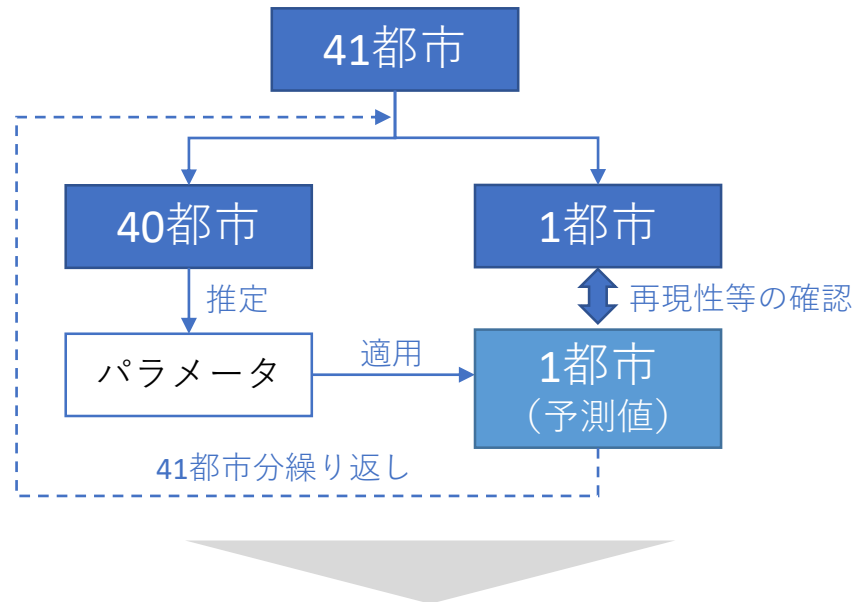


私事系



参考：再現性の検証対象モデル、検証方法

- 潜在クラスモデルの比較対象として、以下の4つの通常のロジットモデル（MNL）と比較する
 - A. 41都市モデルMNL
 - B. 41都市モデルMNL（自動車保有／非保有）
 - C. 41都市モデルMNL + 調査用都市類型毎定数項
 - D. 41都市モデルMNL（自動車保有／非保有） + 調査用都市類型毎定数項
- 推定に用いるデータと検証に用いるデータを切り分け、他都市への適用可能性を検証する
- 1つずつの都市ではサンプル数の関係上、モデルの推定が困難なため、41都市の内1つを除いて推定し、残りの1つの都市に適用することを41回繰り返すことで、他都市への適用可能性を検証する（Leave One Out）
- ただし、潜在クラスは41都市で推定した結果で比較を行う



41都市の再現性の結果からモデルの性能を検証

参考：MNLの各モデルのパラメータ推定結果

■通勤系（通勤、通学、業務）の各モデルの推定結果

説明変数		クロスA	クロスB		クロスC	クロスD	
			自動車無	自動車有		自動車無	自動車有
鉄道・バス共通	乗車時間+乗換時間	-0.019	-0.008	-0.032	-0.011	0.001	-0.026
	待ち時間	-0.073	-0.058	-0.088	-0.053	-0.045	-0.064
	運賃	-0.000	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002
鉄道	端末ログサム(アクセス・イグレス)	1.106	1.172	1.100	0.950	1.052	0.942
バス	端末時間(アクセス)	-0.065	-0.054	-0.077	-0.056	-0.046	-0.072
	端末時間(イグレス)	-0.058	-0.053	-0.068	-0.050	-0.049	-0.059
自動車	所要時間	-0.137	-0.168	-0.133	-0.118	-0.168	-0.114
	免許保有・自動車保有ダミー	2.622	-	-	2.728	-	-
自転車	所要時間(65歳未満)	-0.081	-0.077	-0.093	-0.079	-0.080	-0.091
	所要時間(65歳以上)	-0.121	-0.119	-0.142	-0.118	-0.121	-0.138
徒歩	所要時間(65歳未満)	-0.114	-0.114	-0.122	-0.111	-0.115	-0.121
	所要時間(65歳以上)	-0.160	-0.201	-0.138	-0.156	-0.201	-0.135

■私事系（送迎、通院、買物、私事）の各モデルの推定結果

説明変数		クロスA	クロスB		クロスC	クロスD	
			自動車無	自動車有		自動車無	自動車有
鉄道・バス共通	乗車時間+乗換時間	0.037	0.041	0.036	0.051	0.052	0.070
	待ち時間	-0.061	-0.043	-0.130	-0.045	-0.029	-0.104
	運賃	-0.002	-0.002	-0.002	-0.004	-0.003	-0.006
鉄道	端末ログサム(アクセス・イグレス)	0.668	0.850	0.441	0.394	0.574	0.137
バス	端末時間(アクセス)	-0.074	-0.076	-0.068	-0.068	-0.071	-0.070
	端末時間(イグレス)	-0.039	-0.032	-0.082	-0.030	-0.026	-0.070
自動車	所要時間	-0.070	-0.087	-0.064	-0.062	-0.079	-0.054
	免許保有・自動車保有ダミー	1.703	-	-	1.668	-	-
自転車	所要時間(65歳未満)	-0.069	-0.075	-0.062	-0.068	-0.073	-0.059
	所要時間(65歳以上)	-0.098	-0.112	-0.084	-0.095	-0.110	-0.080
徒歩	所要時間(65歳未満)	-0.085	-0.087	-0.086	-0.082	-0.083	-0.084
	所要時間(65歳以上)	-0.085	-0.092	-0.081	-0.081	-0.086	-0.077

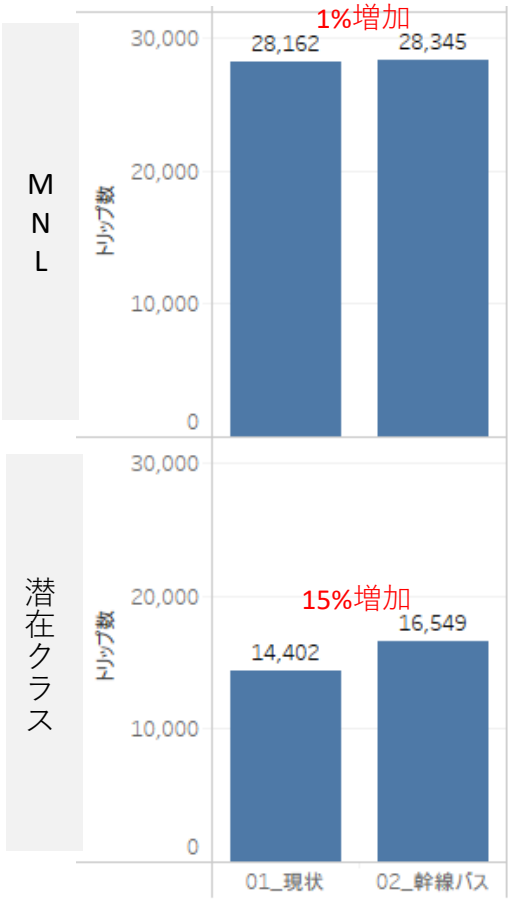
※41回分の推定結果のパラメータの平均値を記載（定数項に関しては省略）

山形都市圏での感度分析

- 山形都市圏の幹線バス路線における運行頻度向上の感度分析を実施
- 通常のロジットモデル（MNL）と比較して、潜在クラスモデルでは、バストリップ数の感度が向上していることが確認できる

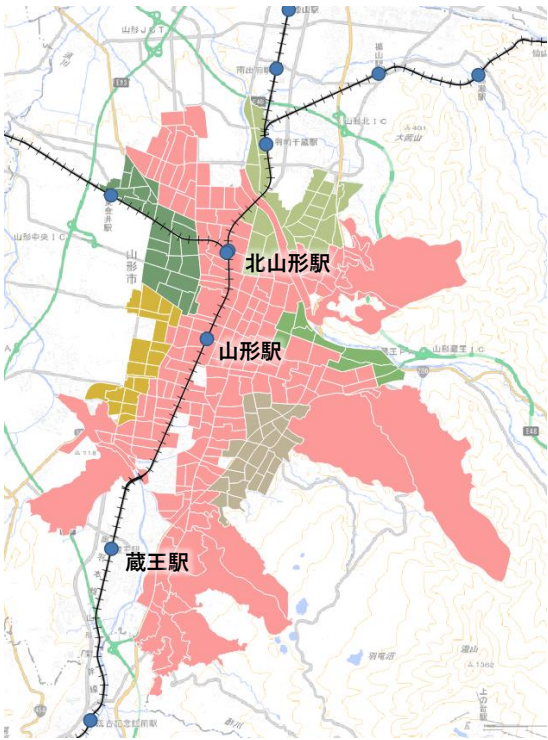
※山形PTのODは所与として、ツアー目的地選択モデル単独で感度分析を実施

■バストリップ数の変化



■感度分析の設定

ピンク色のゾーン間のバス運行本数（平均60本/日）を20本/日増加⇒運行本数1.3倍、待ち時間を3/4



※詳細な設定内容は資料4に記載

■参考：比較対象のMNLモデル

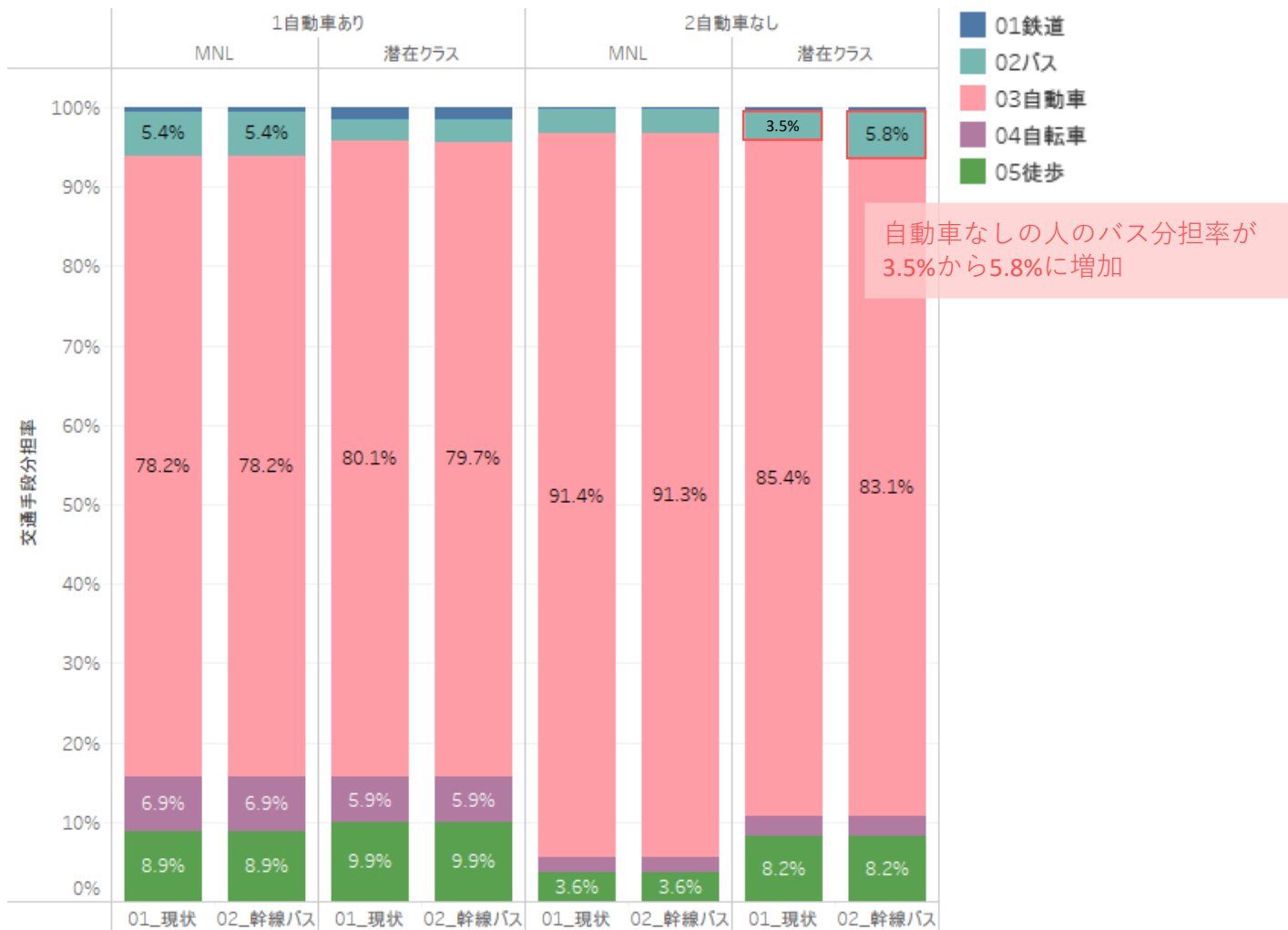
		通勤・業務・通学	送迎・通院・買物・私事
鉄道・バス共通	乗車時間+乗換時間	-0.011	-0.016
		(-1.58)	(-2.36)
	待ち時間	-0.053	
		(-9.15)	
	運賃	-0.001	-0.001
		(-2.39)	(-0.72)
鉄道	端末ログサム(アクセス)	0.950	0.515
		(13.22)	(3.46)
バス	端末時間(アクセス)	-0.056	-0.076
		(-4.50)	(-3.53)
	端末時間(イグレス)	-0.050	-0.035
		(-4.23)	(-2.11)
自動車	所要時間	-0.118	-0.086
		(-13.33)	(-6.65)
自転車	所要時間(65歳未満)	-0.079	-0.076
		(-20.14)	(-9.82)
	所要時間(65歳以上)	-0.118	-0.103
		(-14.55)	(-12.23)
徒歩	所要時間(65歳未満)	-0.111	-0.087
		(-30.67)	(-15.95)
	所要時間(65歳以上)	-0.156	-0.085
		(-19.45)	(-17.80)
免許保有・自動車保有ダミー		2.728	1.673
		(37.94)	(20.53)
定数項	鉄道	-3.260	-11.984
		(-9.48)	(-0.56)
	バス	-3.074	-2.734
		(-11.75)	(-7.36)
	自動車	-3.788	-1.408
		(-24.47)	(-7.86)
	自転車	-1.978	-1.388
		(-13.82)	(-6.37)

山形都市圏での感度分析

- 自由に使える自動車有無別に交通手段分担率の変化をみると、潜在クラスモデルでは、自動車なしの人のバス分担率が向上していることが確認できる

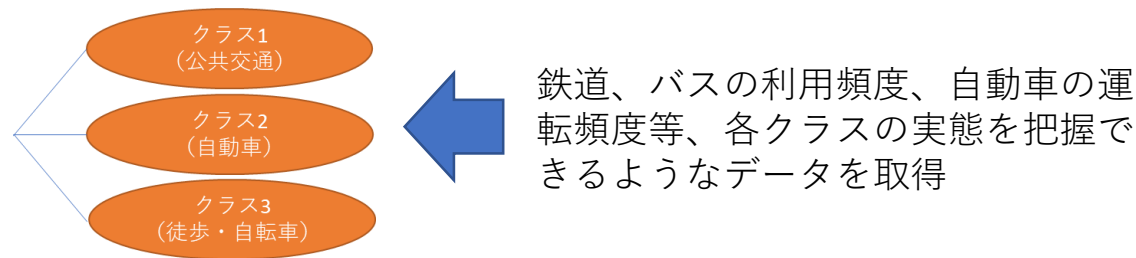
※山形PTのODは所与として、ツアー目的地選択モデル単独で感度分析を実施

■自由に使える自動車有無別の交通手段分担率の変化



ツアー交通手段選択モデルのまとめ

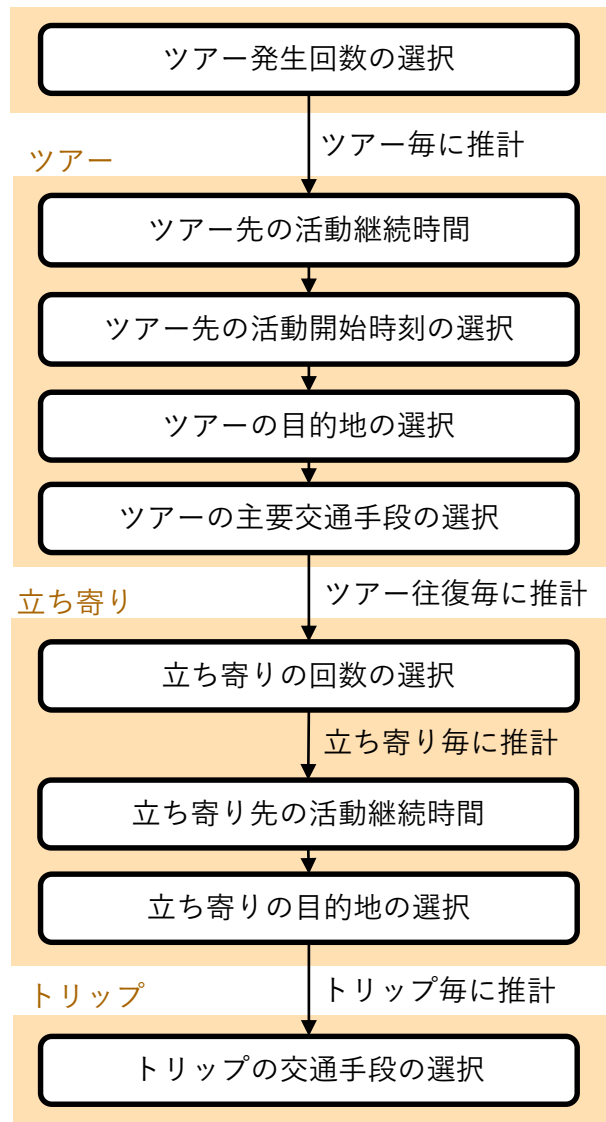
- 再現性、感度ともに通常のロジットモデルと比較して**潜在クラスで改善**が見られることを確認
- ただし、潜在クラスモデルの構築上の課題として以下があげられる
 - 局所解が存在し、初期値によって推定結果が変わる
 - 全てのクラスで説明変数の符号条件やログサム変数の条件等を満たすのが難しい
 - ログサム変数を作成する際に、効用のスケールがクラスによって異なるため、ログサム変数の作成方法が課題（所要時間パラメータで除した一般化所要時間を代わりに使う等）
- 潜在クラスで分類されたクラスは、普段のモビリティの特性が異なるクラスを表現していると捉えられ、全国PTの調査項目として、交通手段の頻度（鉄道、バス、自動車運転等）を把握することで、モデルの改善に活用可能と考えられる
 - 潜在クラスモデルのクラスの検証に活用
 - 交通手段の頻度から、クラスを作成し、クラス毎にモデルを構築する等



- 公共交通のサンプルが少なく、鉄道やバスのパラメータの推定が困難であったため、次回の全国PTで公共交通のサンプルを多く取得するような検討が必要
 - 無作為抽出だけでは取得が困難な、地方中核都市や地方中心都市での公共交通サンプルをできるだけ確保することが望ましく、以下の方は方策が考えられる
 - ① 通常が無作為抽出とは別に公共交通利用者にアンケートを実施
 - ② 公共交通沿線の抽出率をあげてアンケートを実施

参考 アクティビティベースドモデルの概要

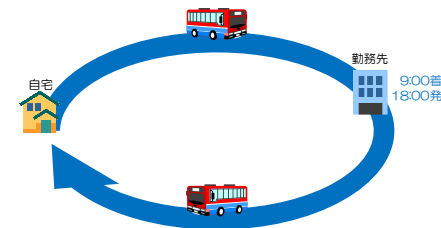
ABMの概要：アクティビティベースドモデルの構造



➡ ツアーの発生回数（0回、1回、2回、、、、）を選択

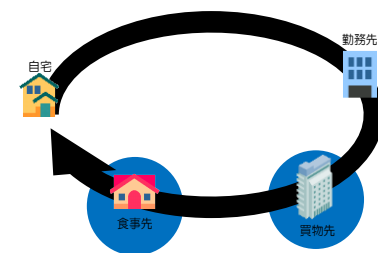
ツアーの

- ・ 活動時間（連続時間）
 - ・ 活動開始時刻（1時間単位）
 - ・ 目的地（ゾーン単位）
 - ・ 主要交通手段（鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩）
- を選択



ツアー内の立ち寄りの

- ・ 回数（0回、1回、2回、、、、）
 - ・ 活動時間（連続時間）
 - ・ 目的地（ゾーン単位）
- を選択



➡ 各トリップ単位での交通手段を選択（鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩）

ABMの概要：考慮する説明変数

各モデルにおいて以下の属性を考慮

性別、年齢（特に高齢／非高齢）、就業形態（正規／非正規等も）、**職業**、免許有無、自由に使える自動車有無、単身／それ以外、10歳未満子供の有無、年収など

施設数

事業所数、店舗数、大規模小売店舗、医療、保育、教育等

交通サービスレベル（LOS）

【鉄道】乗車時間、待ち時間、端末ログサム、運賃

【バス】乗車時間、待ち時間、端末徒歩移動時間、運賃

【自動車】所要時間、燃料費、有料道路料金

【自転車、徒歩】所要時間

アクティビティ

個人毎に推計

ツアー発生回数の選択

ツアー毎に推計

ツアー

ツアー先の活動継続時間※

ツアー先の活動開始時刻の選択

ツアーの目的地の選択

ツアーの主要交通手段の選択

ツアー往復毎に推計

立ち寄り

立ち寄りの回数の選択

立ち寄り毎に推計

立ち寄り先の活動継続時間※

立ち寄りの目的地の選択

トリップ

トリップ毎に推計

トリップの交通手段の選択

：説明変数

先に発生した目的の活動時間分を差し引いて残り活動可能時間を算出

個人の残り活動可能時間

※東京都市圏のモデルから変更箇所は赤字

ABMの概要：考慮する目的と推計フロー

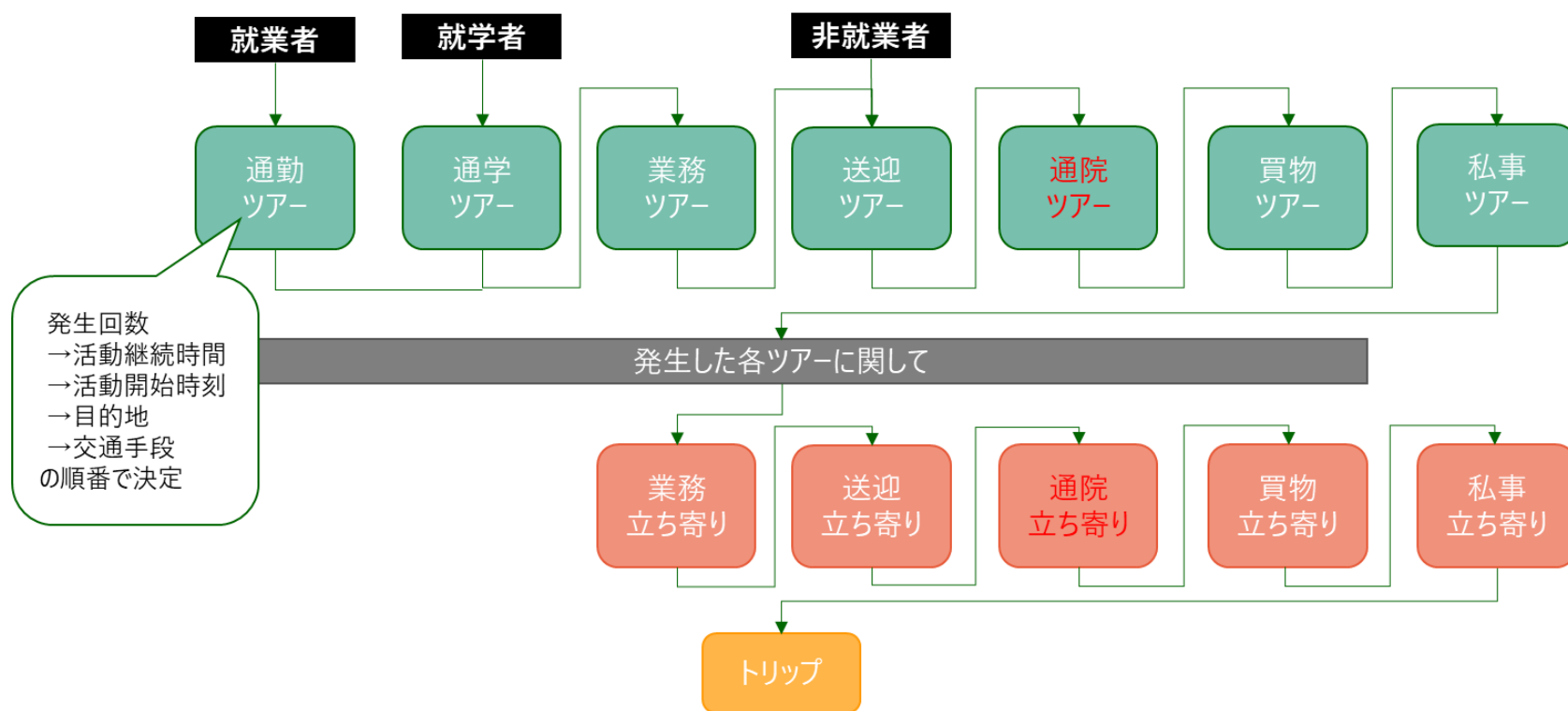
- モデル構築においては7つの目的を加味する

義務的な活動：「通勤」、「通学」、「業務」

生活維持活動：「送迎」、「**通院**」、「買物」

自由活動：「私事」

- 義務的な活動から先に決定したあとで、その他の生活に関わる活動や自由活動を、残った時間の中で割り当てていくと想定し、人の行動を表現する



参考：端末交通手段選択モデルの推定結果

- サンプル数が少ないため、通勤と業務と通学の目的は統合（通学のみ定数項を別で設定）、私事系（送迎、通院、買物、そのほか私事）は統合して推定した
- 符号条件を満たしており、各パラメータも概ね有意である（イグレス私事の総所要時間のみt値の絶対値が小さい）
- 運賃に関しては、有意に効かなかったため、現時点では説明変数から除いている

項目	アクセス			イグレス		
	通勤・業務	通学	私事	通勤・業務	通学	私事
総所要時間(分)	-0.0719			-0.0499		
	(-8.91)			(-5.54)		
高低差(m)	-0.0180			-0.0527		
	(-3.56)			(-5.09)		
バス定数項	-1.1752	-0.4531	-1.2314	-1.5407	-1.8290	-1.6150
	(-8.26)	(-1.59)	(-5.78)	(-10.84)	(-5.97)	(-8.45)
自動車定数項	-3.3698	-2.7138	-3.3038	-3.6966	-3.6263	-3.0625
	(-16.64)	(-8.62)	(-11.34)	(-16.27)	(-9.57)	(-12.95)
自転車定数項	-2.0891	-1.2051	-2.2303	-2.8852	-2.0380	-2.7422
	(-16.07)	(-5.60)	(-11.53)	(-16.79)	(-8.36)	(-13.00)
初期尤度	-941.62			-672.44		
最終尤度	-846.28			-622.04		
尤度比	0.101			0.075		
修正済尤度比	0.093			0.063		
的中率	0.64			0.77		
サンプル数	861			862		
実績-バス	111			104		
実績-自動車	91			42		
実績-自転車	143			63		
実績-徒歩	516			653		

※各説明変数の下段の数値はt値

参考：交通LOSデータの整備内容

整理する項目と元データ

交通手段	項目	元データ	備考
鉄道	幹線時間	鉄道乗車時間、鉄道待ち時間、乗換時間の合計	
	鉄道乗車時間	NITAS v2.8より算出	
	鉄道待ち時間	NITAS v2.8より算出	モデル推定時に問題が発生した場合は時刻表等を用いてピーク、オフピーク別の待ち時間の設定を検討
	乗換時間	NITAS v2.8より算出	
	端末ログサム変数	端末手段選択モデルより算出	NITASのゾーン間経路探索で初乗り最終降車駅となった駅をゾーン間経路の初乗り最終降車駅として設定
	端末所要時間	端末手段選択モデルより算出	
	運賃	NITAS v2.8より算出	全目的ともに普通運賃とする
バス	幹線時間	バス乗車時間、バス待ち時間、バス乗換時間の合計	
	バス乗車時間	ナビタイムの経路検索システム	出発地（緯度経度）、到着地（緯度経度）、時刻を与えて作成
	バス待ち時間	ナビタイムの経路検索システム	乗車バス停について、徒歩でのバス停到着時刻とバス出発時間の差分から算出
	乗換時間	ナビタイムの経路検索システム	乗換バス停について、乗換前区間の乗車バスの到着時刻と次区間のバス出発時間の差分から算出
	端末アクセス/イグレス時間	バス停とゾーン中心の直線距離を速度（4.8km/h）で換算	
	運賃	ナビタイムの経路検索システム	・通常料金は普通運賃で算出 ・定期料金は「通常料金×21日分」で算出
自動車	総所要時間	NITAS v2.8より算出	・一般化費用最小経路の所要時間 ・ピーク、オフピーク別に算出 ・ピークは混雑時旅行速度、オフピークは平均旅行速度により算出
	燃料費	NITAS v2.8より算出	一般化費用最小経路の距離を走行経費（22.7円/km）で換算
	有料道路料金	NITAS v2.8より算出	一般化費用最小経路の通行料金
自転車	総所要時間	DRMネットワークを使用して経路探索	ゾーン間距離を速度（9.6km/h）で換算
徒歩	総所要時間	DRMネットワークを使用して経路探索	ゾーン間距離を速度（4.8km/h）で換算

参考：施設データの整備内容

整理する項目と元データ

項目	元データ	備考
事業所データ	H26経済センサス基礎調査	H26経済センサスから町丁目別事業所数比率を計算し、R01経済センサスの市の合計値をコントロールトータルとしてゾーン別のデータを整備
店舗数データ	H26商業統計	町丁目データへの按分は面積比を用いる
大規模小売店	H26商業統計	・ 500mメッシュ別の大規模小売店数を把握 ・ 500mメッシュからゾーン別のデータへ変換が必要のため、H26経済センサスの町丁目別小売業従業者数の多いゾーンに大規模小売店を設定
文化施設	国土数値情報	データ年次：H25
文化施設（集客施設）		データ年次：H26
行政施設		データ年次：H26
保育施設		データ年次：H27
医療施設		データ年次：H27
教育施設		データ年次：H27

参考：全国PTデータのゾーン

全国PT各都市のゾーン数等

	都市	ゾーン数	総面積(km2)	面積当たり ゾーン数 (ゾーン/km2)
1	札幌市	788	1,121	0.70
2	小樽市	58	244	0.24
3	千歳市	84	595	0.14
4	弘前市	283	524	0.54
5	盛岡市	160	886	0.18
6	仙台市	416	786	0.53
7	塩竈市	65	17	3.74
8	湯沢市	279	791	0.35
9	郡山市	244	757	0.32
10	取手市	64	70	0.92
11	宇都宮市	281	417	0.67
12	高崎市	236	459	0.51
13	さいたま市	304	217	1.40
14	所沢市	82	72	1.14
15	千葉市	234	272	0.86
16	松戸市	111	61	1.81
17	特別区部	941	627	1.50
18	青梅市	44	103	0.43
19	稲城市	10	18	0.56
20	横浜市	764	437	1.75
21	川崎市	254	143	1.78
22	小田原市	84	114	0.74
23	上越市	797	974	0.82
24	小矢部市	133	134	0.99

	都市	ゾーン数	総面積(km2)	面積当たり ゾーン数 (ゾーン/km2)
25	金沢市	581	469	1.24
26	小松市	237	371	0.64
27	山梨市	53	290	0.18
28	伊那市	54	668	0.08
29	岐阜市	874	204	4.29
30	静岡市	589	1,412	0.42
31	磐田市	202	163	1.24
32	名古屋市	1578	326	4.83
33	豊橋市	289	262	1.10
34	春日井市	144	93	1.55
35	津島市	115	25	4.58
36	東海市	18	43	0.41
37	四日市市	293	206	1.42
38	亀山市	92	191	0.48
39	近江八幡市	154	177	0.87
40	京都市	4823	828	5.83
41	宇治市	31	68	0.46
42	大阪市	580	225	2.58
43	堺市	354	150	2.36
44	豊中市	105	36	2.89
45	泉佐野市	51	57	0.90
46	神戸市	826	557	1.48
47	明石市	118	49	2.39
48	奈良市	560	277	2.02

	都市	ゾーン数	総面積(km2)	面積当たり ゾーン数 (ゾーン/km2)
49	海南省	72	101	0.71
50	松江市	199	573	0.35
51	安来市	93	421	0.22
52	総社市	62	212	0.29
53	広島市	467	907	0.52
54	呉市	268	353	0.76
55	大竹市	44	79	0.56
56	長門市	27	357	0.08
57	徳島市	197	191	1.03
58	松山市	363	429	0.85
59	今治市	233	419	0.56
60	高知市	307	309	0.99
61	南国市	83	125	0.66
62	北九州市	734	492	1.49
63	福岡市	411	343	1.20
64	太宰府市	36	30	1.22
65	諫早市	170	342	0.50
66	熊本市	436	390	1.12
67	人吉市	79	211	0.38
68	臼杵市	66	291	0.23
69	鹿児島市	196	548	0.36
70	浦添市	32	19	1.64

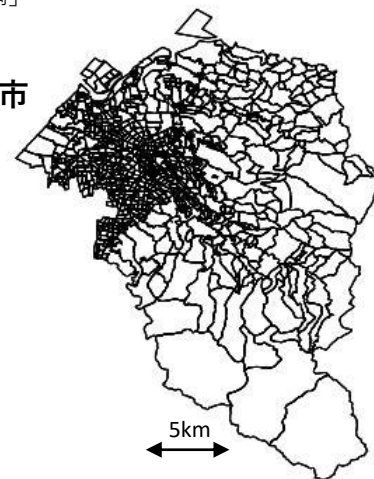
※総面積：総務省統計局「国勢調査報告」、国土交通省国土地理院「全国都道府県市区町村別面積調」

安来市



※地方中核都市圏で
ゾーンの粗い都市

金沢市



※地方中核都市圏で
ゾーンの細かい都市