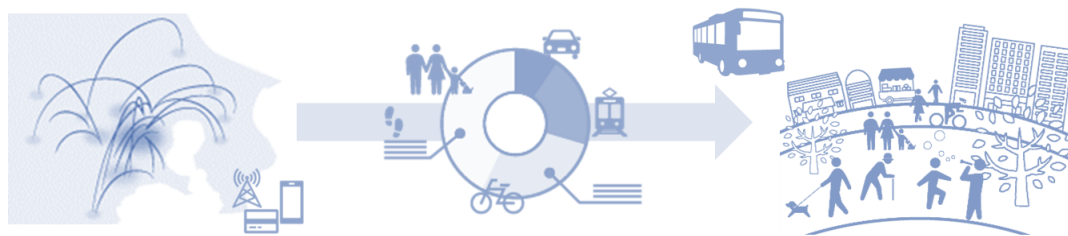


全国都市交通特性調査データを活用した アクティビティ・ベースド・シミュレータ



ver 1.02 2024年 10月

国土交通省 国土技術政策総合研究所
都市研究部 都市施設研究室

アクティビティ・ベースド・シミュレータの検討概要	P2
プロトタイプで開発したシミュレータの概要	P17
個人データ生成モデル	P20
アクティビティ・ベースド・モデル（ABM）	P24
山形都市圏における適用検証	P30
現況再現性の検証	P31
都市構造シナリオ分析のケーススタディ	P40
公共交通シナリオ分析のケーススタディ	P47
検討結果のまとめと今後の方向性	P53

アクティビティ・ベースド・ シミュレータの検討概要

都市交通調査の近年の展開と課題



近年、都市圏における人の移動をマクロレベルで分析するためのシミュレーションとして、アクティビティ・ベースド・シミュレータ（ABS）の開発・活用が進んでいる。



全国の各都市圏におけるパーソントリップ調査（PT調査）の実施は、調査コスト等の調査実施に係る負担が大きい等の要因から、PT調査の実施数自体が減少傾向にある。



ABSを用いることで、多様な評価指標の算出や個人属性の違いを踏まえた分析が可能となるものの、シミュレーション構築に係る検討コストが大きい点がABS活用において課題となっている。



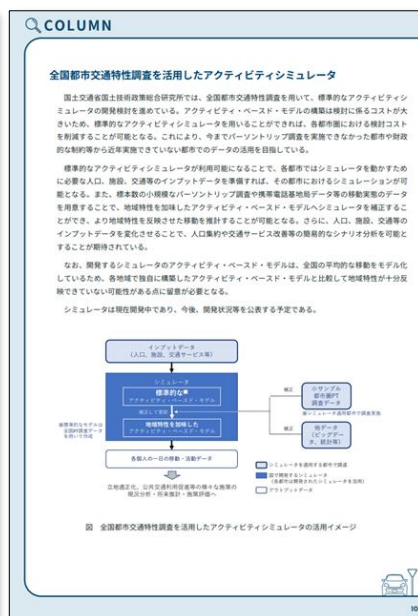
ABSはPT調査のトリップデータに類似した現況推計値を得ることが可能であるため、ABSを利用することで、PT調査を実施できていない都市圏等においても、現況推計データから現況把握や課題分析等を実施できるようになる可能性がある

検討のねらい

効率的で多様な都市交通調査手法の構築のため、調査の選択肢の1つとして「アクティビティ・ベースド・シミュレータとパーソントリップ調査を連携させた調査手法」の構築を目指し、全国都市交通特性調査（全国PT）を用いて、標準的なABSの開発検討を進める。

参考：「都市交通調査ガイダンス」（令和6年6月）等における位置づけ

- ❑ 国土交通省都市局では、近年の都市や交通を取り巻く状況の変化をふまえ、「総合都市交通体系調査の手引き（案）（平成19年9月）」を改訂し、標準的な手法や新しいアプローチ、留意点等を取りまとめた「**都市交通調査ガイダンス**」を令和6年6月に策定。
- ❑ アクティビティ・ベースド・モデル等のシミュレーション技術の積極的な活用、及び、国総研におけるシミュレータ開発の概要に関しても掲載。



p101 全国都市交通特性調査を活用した
アクティビティシミュレータ
…国総研における開発の概要

p 3 新たな都市交通調査体系のあり方に関する検討会
p 14 アクティビティ・ベースド・モデル
p 96 アクティビティ・ベースド・モデル
p 97 東京都市圏におけるアクティビティ・ベースド・モデルの事例
p 98-99 シミュレーションの現況把握への活用

出典：国土交通省都市局「都市交通調査ガイダンス」（令和6年6月）
https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000024.html

A. 交通需要予測等で用いる交通行動分析の手法

- 略称はABS。交通行動分析のための推計（シミュレーション）手法のひとつ。
- 都市内の人々の様々な交通に関わる行動を、現実の都市で観測されたデータから、こういった属性の個人が、こういった場合にどのような選択行動をとるか、効用が最大化する意思決定（合理的に行動する場合）に着目して、離散選択モデルに代表される確率モデル（アクティビティ・ベースド・モデル：ABM）を用い、仮想的に再現するコンピュータプログラム。
- ABMでは、まず活動（アクティビティ）の発生を推計し、その活動を行うための移動が発生する仕組みであることから、アクティビティ・ベースド・シミュレータ（行動シミュレータともいう）と呼ばれる。
- モデルの構築においては、サンプルデータから数理モデルを仮定しその説明変数（パラメータ）を特定する（「パラメータ推定」という）。

結果、データやパラメータを変化させることで、地域性や施策の実施の有無等を表現でき、現況再現だけでなく交通需要予測等で用いることが可能になる。

- 交通需要予測等で用いる交通行動分析では、これまで四段階推計法が一般的に用いられてきたが、これは集計データから交通量を直接に推計する手法であり、近年の多様化する施策検討ニーズに対応した新たな推計手法のひとつとして、個人単位での選択行動（活動や移動等）を確率的に推計し、詳細の非集計データを求めるABSが注目されている。

全国PTを活用したアクティビティ・ベースド・シミュレータの枠組み

主な課題

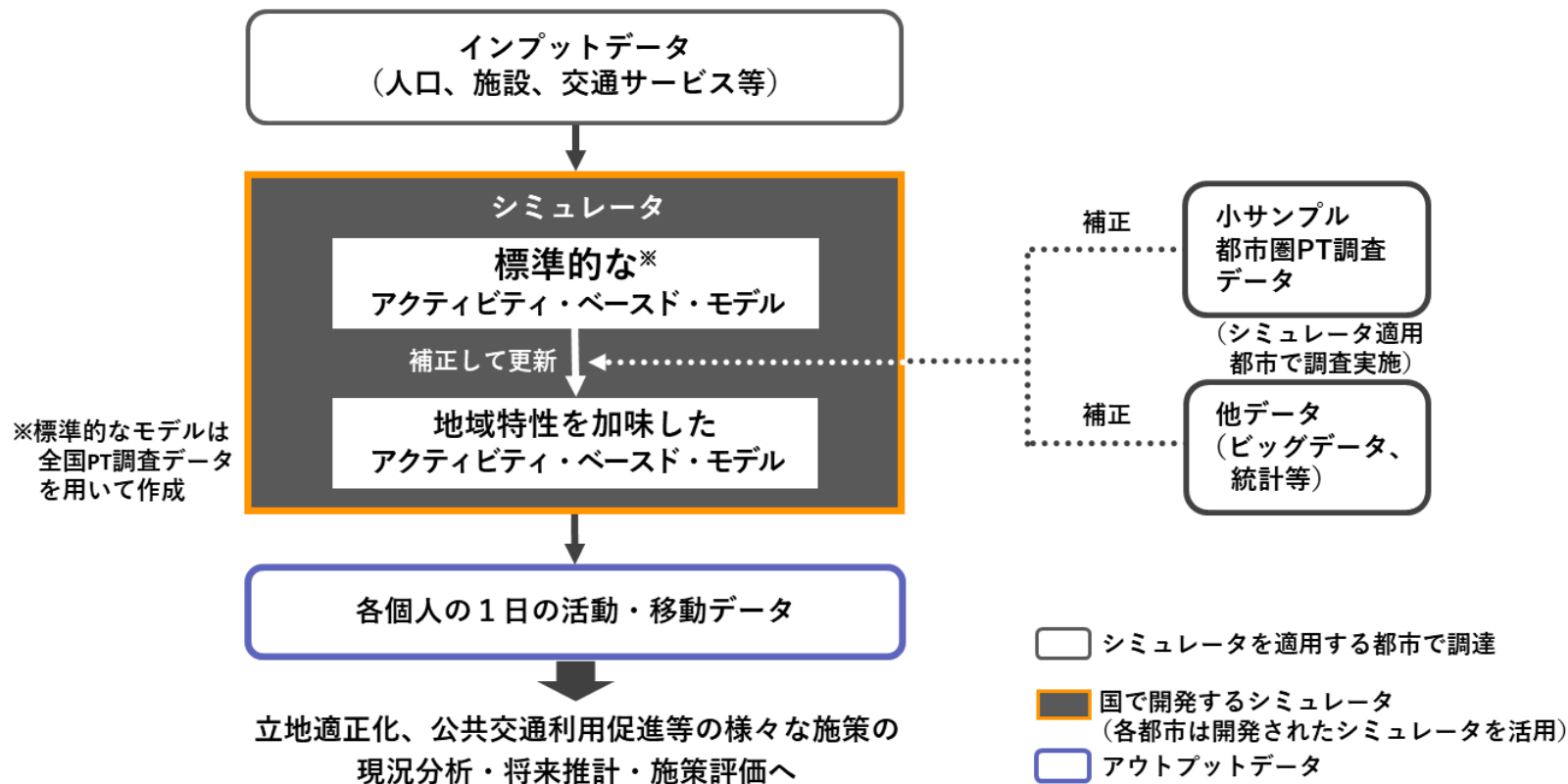
コスト増など調査にかかる負担の増大

施策・評価ニーズの多様化への対応

今回の手法のポイント

全国PTによる標準的なアクティビティ・ベースド・シミュレータを活用した**現況データ推計**

アクティビティ・ベースド・シミュレータによる多様な指標、個人属性の違いを踏まえた分析



全国都市交通特性調査（全国PT）の概要

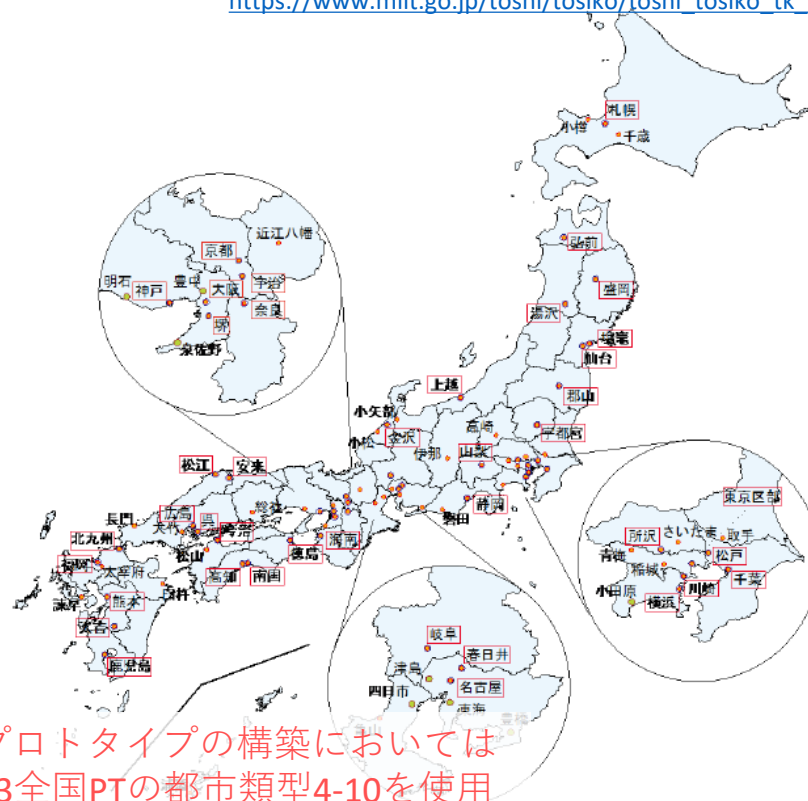
調査年	令和3年、平成27年、平成22年、平成17年、平成11年、平成4年、昭和62年
調査範囲	全国70都市（10の都市類型）
サンプル数	1都市あたり500世帯回収を目標
調査項目	・1人あたりトリップ数、移動目的、交通手段 ・トリップの時刻、トリップ所要時間、移動距離 ・個人・世帯属性や居住地特性と、交通行動特性との関係

■全国PT 調査用都市類型

出典：国土交通省都市局「全国都市交通特性調査ホームページ」

https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000033.html

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	地方中核都市圏	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



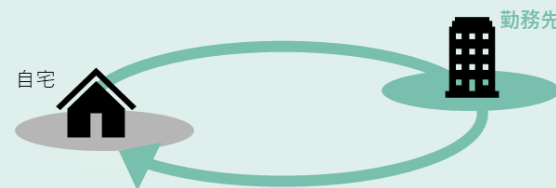
プロトタイプの構築においては
R3全国PTの都市類型4-10を使用

ABM：人の活動・移動の考え方

- ❑ 人の1日の活動・移動を推計するにあたり、1日の全体のスケジュールをふまえながら、各行動を決める個人を想定する。
- ❑ 例えば、働いている人は、おおよその勤務時間が決まっている状態で、朝にカフェで立ち寄りをするか、帰りに買物をして帰るか等の行動を決めていく。
- ❑ そのため、ツアーと立ち寄りという概念を用いて、ツアーが先に決定され、残りの時間内で立ち寄りが発生するように行動をモデル化する。

ツアー

「ツアー」とは、自宅から主要な活動先（勤務先など）へと向かい、そこでの活動を終えて、自宅に帰ってくるまでの一連の行動をさす。



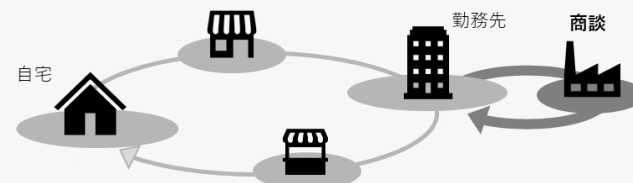
立ち寄り

「ツアー」の行き帰りで、買物や食事等の他の活動を行うことを「立ち寄り」と呼ぶ。



サブツアー

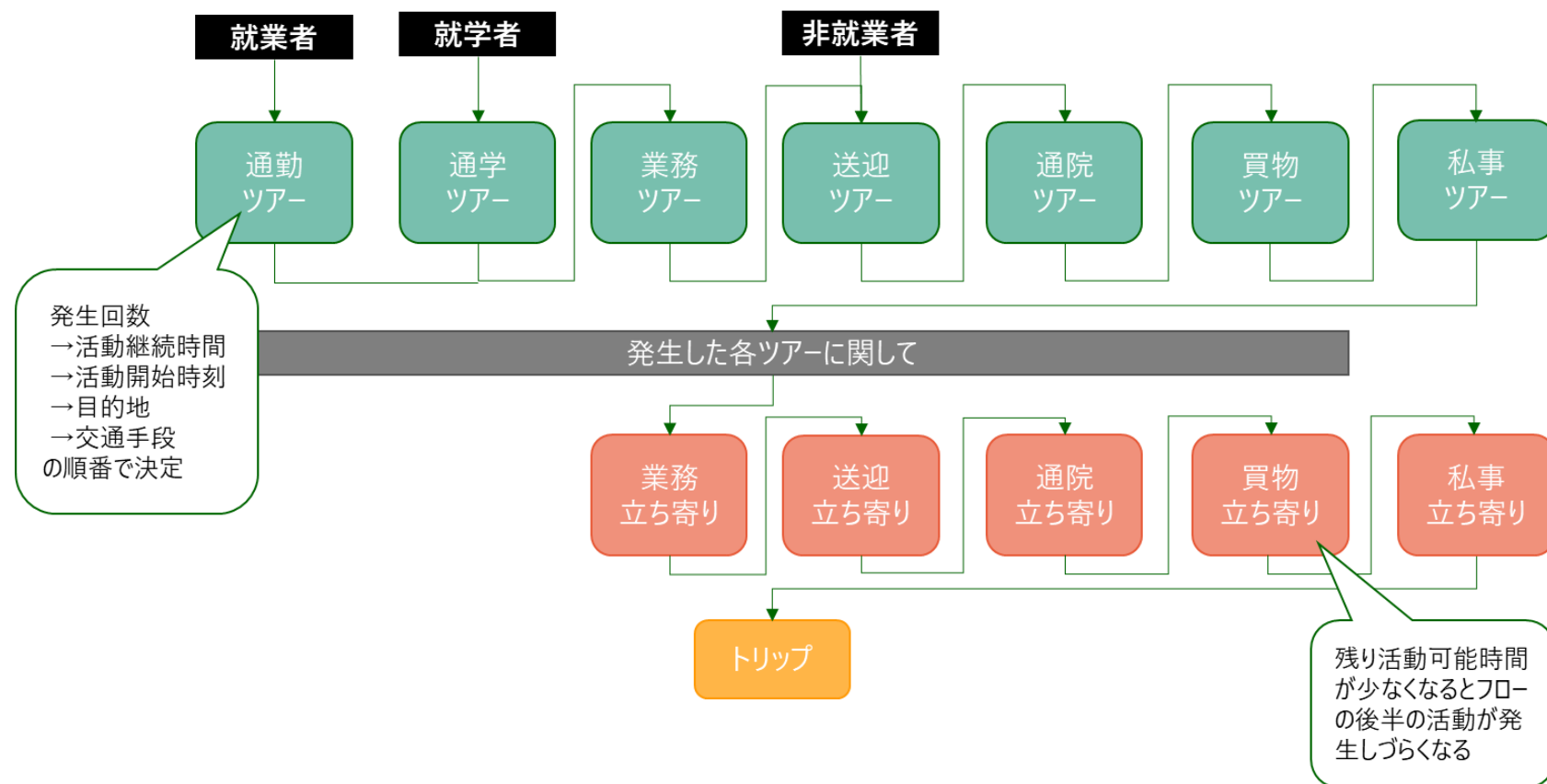
ツアーの行先である勤務先等から取引先の業務等に行き、再度勤務先に帰ってくるような、ツアー目的の地を起終点とした一連の行動を「サブツアー」と呼ぶ。



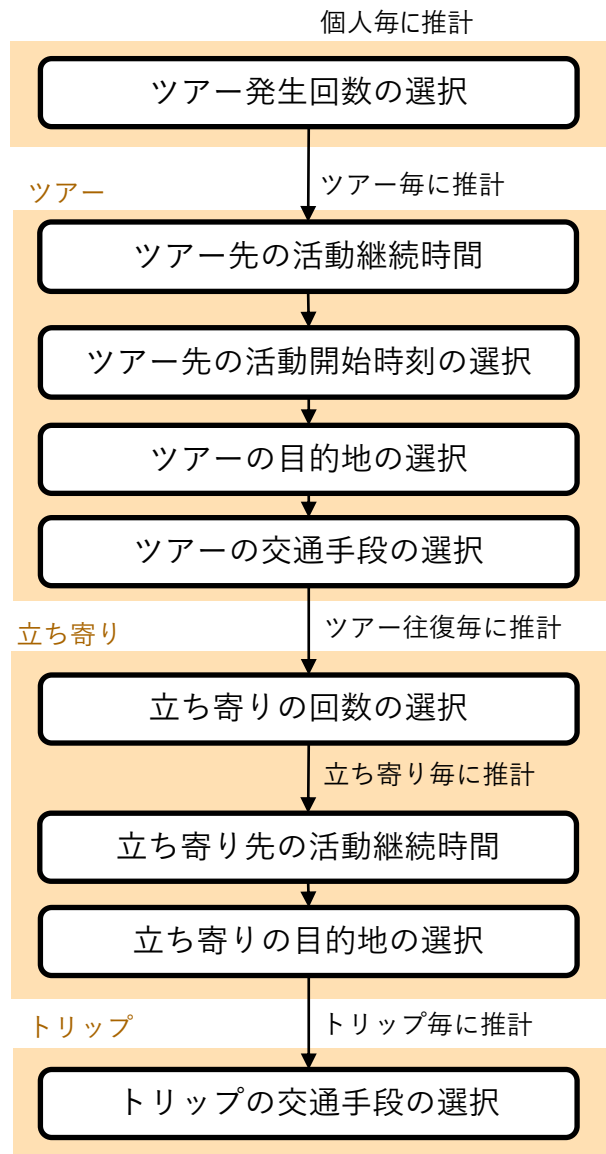
※サブツアーに関しては、プロトタイプ版のシミュレータでは未実装

ABM：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。



ABM：ABM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）
- ・交通手段（鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩）

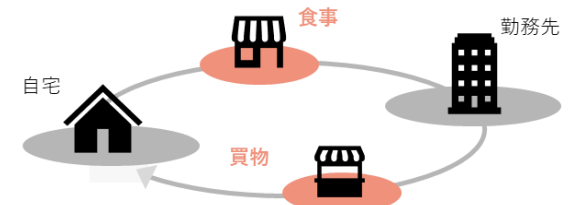
を選択



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）

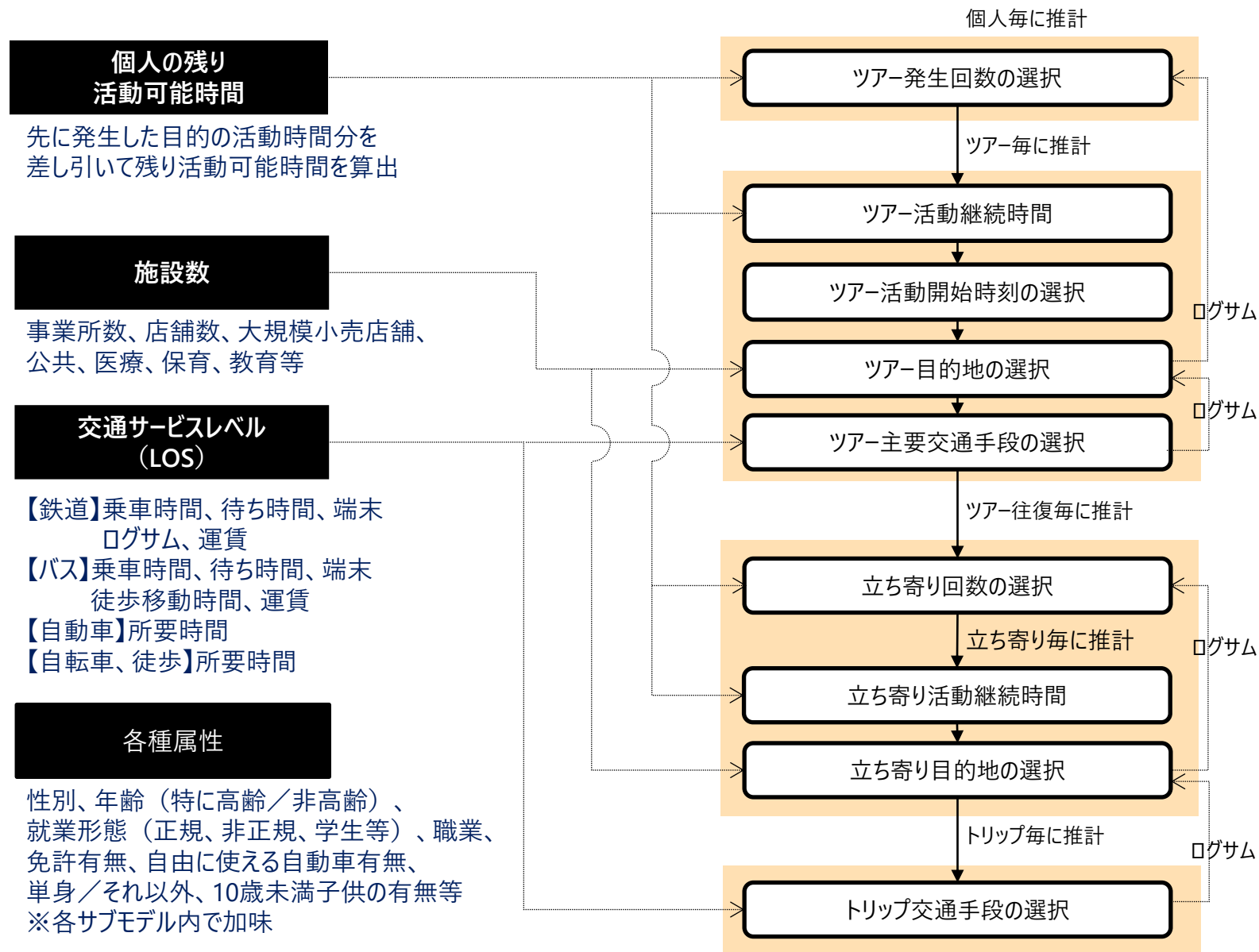
を選択



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）

※各選択モデルは離散選択モデルを使用（活動継続時間のみ生存時間モデル）

ABM：考慮する説明変数



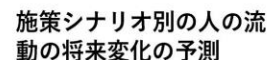
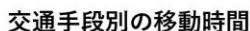
■ アクティビティ・ベースド・シミュレータは、各個人の1日の活動・移動データを推計することができ、これはパーソントリップ調査のトリップデータに該当する

個人ID	属性	居住地	勤務地	地区特性	交通条件	1日の活動(アクティビティ) & 移動の推計																
						...	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	...
2024 0517	男性 40代 正規職員	自動車保有	4001ゾーン	4011ゾーン	地方・中心地	鉄道・バス	自宅		->		[通勤]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[買物]	->		帰宅
2024 0518	男性 40代 正規職員	非保有	4020ゾーン	4022ゾーン	地方・住宅地	自転車	自宅		->		[通勤]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[帰家]	->		帰宅
2024 0519	女性 30代 主婦	非保有	4001ゾーン	-	地方・中心地	鉄道・バス	自宅		->		[私事]	[買物]	[買物]	[買物]	[買物]	[買物]	[買物]	[買物]	[買物]	->		帰宅
2024 0520	男性 40代 非正規	自動車保有	4000ゾーン	4030ゾーン	地方・住宅地	自動車	自宅		<-送迎<<	[通勤]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	[勤務]	->		帰宅
2024 0521	女性 60代 非正規	自動車保有	4015ゾーン	4002ゾーン	地方・中心地	鉄道・バス	自宅		->		[通勤]	[勤務]	[勤務]	[通院]	[通院]	[通院]	[通院]	[通院]	[通院]	->		帰宅
2024 0522	男性 20代 学生	非保有	4030ゾーン	4020ゾーン	地方・住宅地	徒歩	自宅		->		[学業]	[学業]	[学業]	[学業]	[学業]	[学業]	[学業]	[学業]	[学業]	->		帰宅
XXXX XXXX	男性 80代 非就業者	非保有	4020ゾーン	-	地方・住宅地	徒歩	自宅		->		[私事]	[私事]	[私事]	[私事]	[私事]	[私事]	[私事]	[私事]	[私事]	->		帰宅

(※表頭リストは主なものを抜粋)

各個人データを束ね全体の流動を表現

就業形態別の代表移動手段

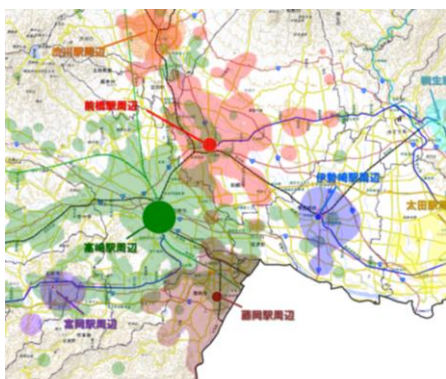


シミュレータ開発により可能になること

1 大サンプルPT調査の実施が困難な場合でも、都市内の人の流動を捉えられる！

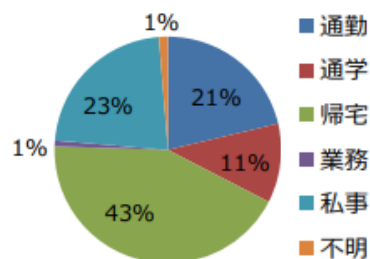
- ・大サンプルPT調査を実施せずに、都市内の人の流動の全体像を、目的とセットでマルチモーダルに捉えられる。
- ・都市機能配置や交通政策の検討（立地適正化計画や地域公共交通計画等）を考えるEBPMの材料になる。

*人口5,000人～数万人程度の大きさのゾーン間の流動を想定
 *人の移動・活動をモデル化し簡易的に表現しているため、実態を直接調査した大サンプルPT調査データの完全な代替とはならない点に留意



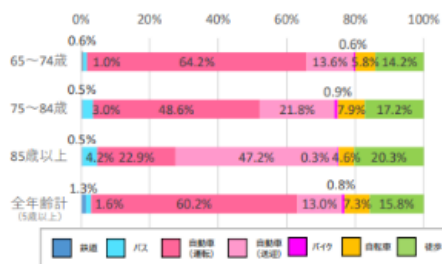
▲拠点と後背圏の分析

(群馬県 パーソントリップ調査 調査結果)



▲バス利用者の目的内訳

(前橋市地域公共交通計画)



▲高齢者の交通手段分担率

(山形市地域公共交通計画)

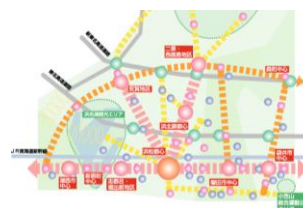
2 施策効果（将来の人の流動変化）を予測できる！

- ・人の流動の現況推計だけでなく、施策案に対する効果予測としての将来推計が簡便に実施できるようになる。
- ・アクティビティ・ベースド・モデルを用いているため、交通量だけでなく、1人1人の移動・活動の質を評価できる。

将来起こりうる変化



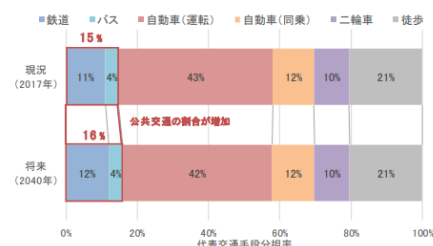
将来の都市像



各シナリオの影響を多面的に把握

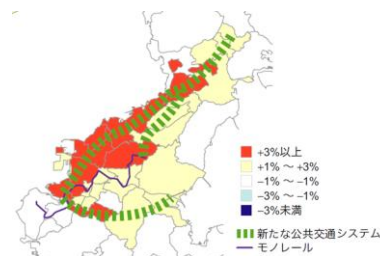
	シナリオ A	シナリオ B	シナリオ C
暮らし：外出率	○%	□%	△%
交通：利用者数	○人	□人	△人
環境	...	...	...
防災	...	...	...
健康	...	...	...

(第4回西遠都市圏総合都市交通体系調査報告書)



▲代表交通手段分担率の将来変化

(第5回仙台都市圏 パーソントリップ調査 報告書 提案編)



▲公共交通導入による地域別利用者の変化

(沖縄本島中南部都市圏PT調査)

シミュレータ開発により可能になること

3 追加の実態データやモデル拡張で、より多様な施策を検討できる！

- ・GPSや公共交通等の多様なデータや他シミュレータ等と組み合わせることで、多様な視点からの評価やミクロな施策等への活用可能になる。
- ・最新の实態データで更新することで、経年的な変化の分析等への活用ができる。

(例①) 立地シミュレータとの組み合わせ

都市構造を多様な指標から評価

(立地適正化計画・地域公共交通計画等)

- ・都市機能配置や幹線交通NWによる、建物分布や人口分布の集約化、地価の変化を捉える

人口
分布

建物
分布

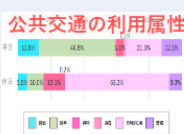
地価

(例②) 公共交通の利用実態で補正

公共交通の路線再編や利用促進への活用

(利便増進事業、新モビリティ導入等)

- ・詳細な地域での居住者特性や公共交通利用の把握
- ・誰が何の目的で利用かを把握し利用促進に活用



(山形市 地域公共交通計画)

(例③) 移動軌跡を追加で推計

まちなかの回遊促進施策への活用

(ウォーカブル、道路空間再編、駐車場配置等)

- ・来訪者の属性や目的、交通手段をとらえ、地区の特性を理解
- ・地区内での人の集まる場所や回遊状況を把握



(国土交通省 スマート・プランニング実践の手引き)

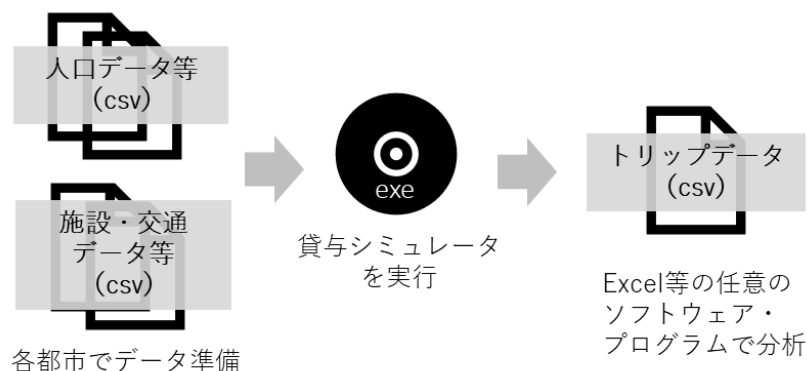
4 民間も含めた多様な主体が、まちづくりにデータを活用できる！

- ・シミュレータを国が提供することで、各主体は必要なインプットデータを用意することで、低コストで1人1人の移動・活動の推計データが活用可能になる。
- ・シミュレータの推計データは、個人情報に該当しないため、データのオープン化、民間活用促進にもつながる。

STEP① シミュレータを国から入手

STEP② 必要なデータの準備

STEP③ シミュレータによるデータ生成・施策評価へ



▲シミュレータ活用のステップと必要となるデータ

シミュレータから得られる現況推計データの留意点

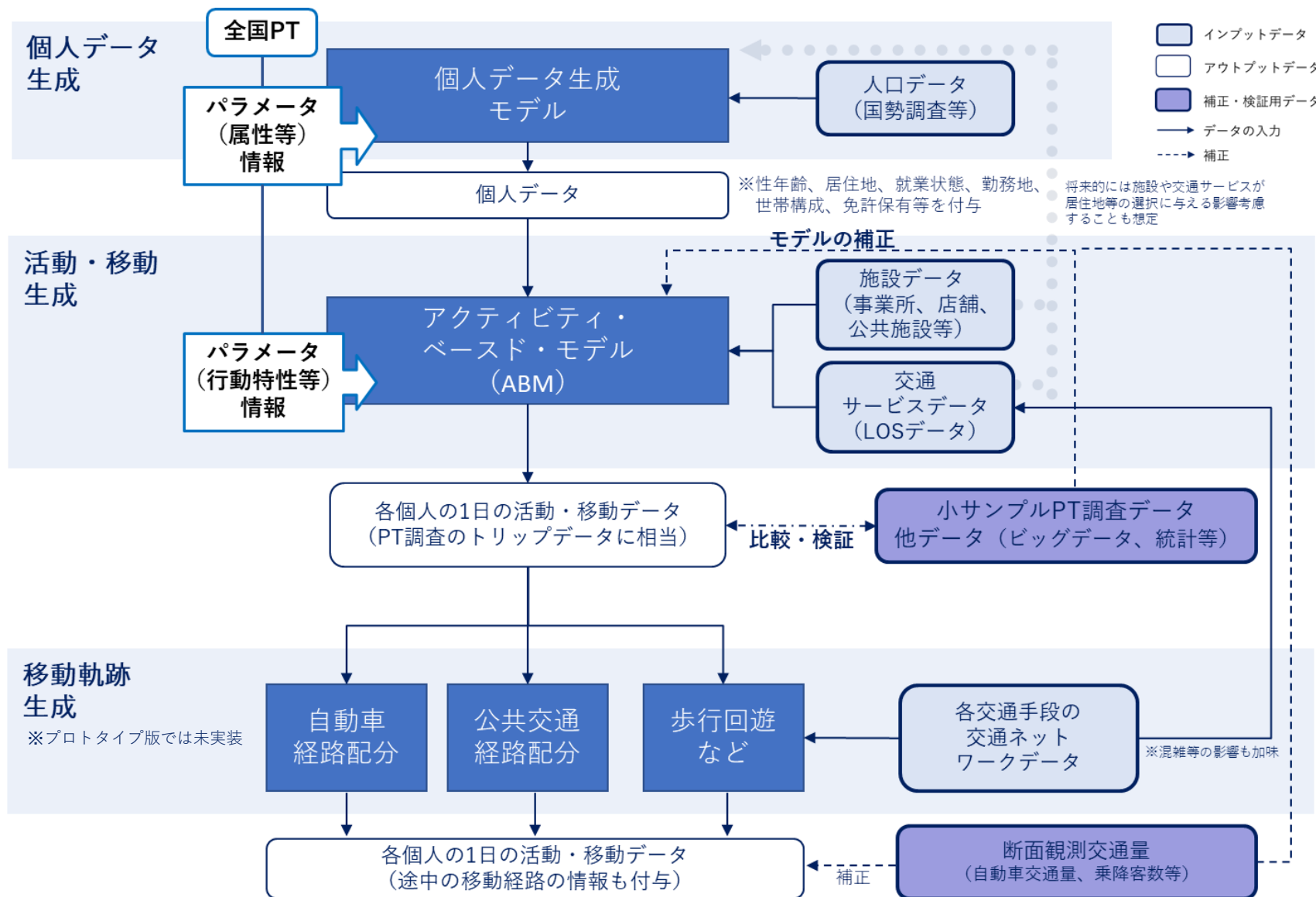
- シミュレータにより得られるデータはあくまで推計値であり、ゾーン単位等の統計的精度は必ずしも保証されない点に留意が必要である。
- 全国の平均的な行動特性を用いて推計しているため、地域特性が十分に反映されない可能性がある点に留意が必要である。

	データの取得・生成方法	統計的精度	地域性	コスト	多様な施策検討	オープン化
大都市圏PT 大サンプル	大サンプル 都市圏PT	◎ ・ゾーン単位での統計的精度を説明することが可能	◎ ・ゾーン単位で地域の活動・移動の実態を把握可能	△ ・必要なサンプル数が多くなるため、調査コストは大きくなる	△ マクロな施策への活用が主 ・ゾーン単位の流動 ・広域的な都市機能配置や交通ネットワークの検討が主眼	△ ・調査結果の1人1人の活動・移動データは、オープン化が難しい
都市圏PTのシミュレータ	小サンプル都市圏PT × 小サンプル都市圏PTで構築されたシミュレータ ビッグデータ等	△ ・大きな地域単位で統計的精度を説明可能 ・ゾーン単位は地域の行動特性を用いて推計されたデータであるため、統計的な精度の説明は難しい	○ ・ゾーン単位は推計値となるが、地域で取得されたPTデータにより把握された地域の行動特性が反映された推計値となる	○ ・必要なサンプル数が少なくなるため調査コストは小さくなる ・モデル構築のコストが別途必要	○ ミクロな施策へ活用が広がる ・推計データではあるが、詳細なゾーンやメッシュでの流動を把握可 ・ウォークابلや公共交通再編等のよりミクロな施策へ活用が広がる可能性	○ ・推計データは個人情報にあらず、データのオープン化に対応しやすい
全国PTのシミュレータ	小サンプル都市圏PT × 全国PTで構築されたシミュレータ ビッグデータ等	△ ・大きな地域単位で統計的精度を説明可能 ・ゾーン単位は全国の平均的な行動特性を用いて推計されたデータであるため、統計的な精度の説明は難しい	△ ・ゾーン単位は推計値となり、全国の平均的な行動特性を用いるため、地域特性が反映されない可能性がある	◎ ・必要なサンプル数が少なくなるため調査コストは小さくなる ・モデル構築のコストを抑えることも可能	○ ミクロな施策へ活用が広がる 同上	○ 同上

本検討が対象とする領域

目指すシミュレータの全体像

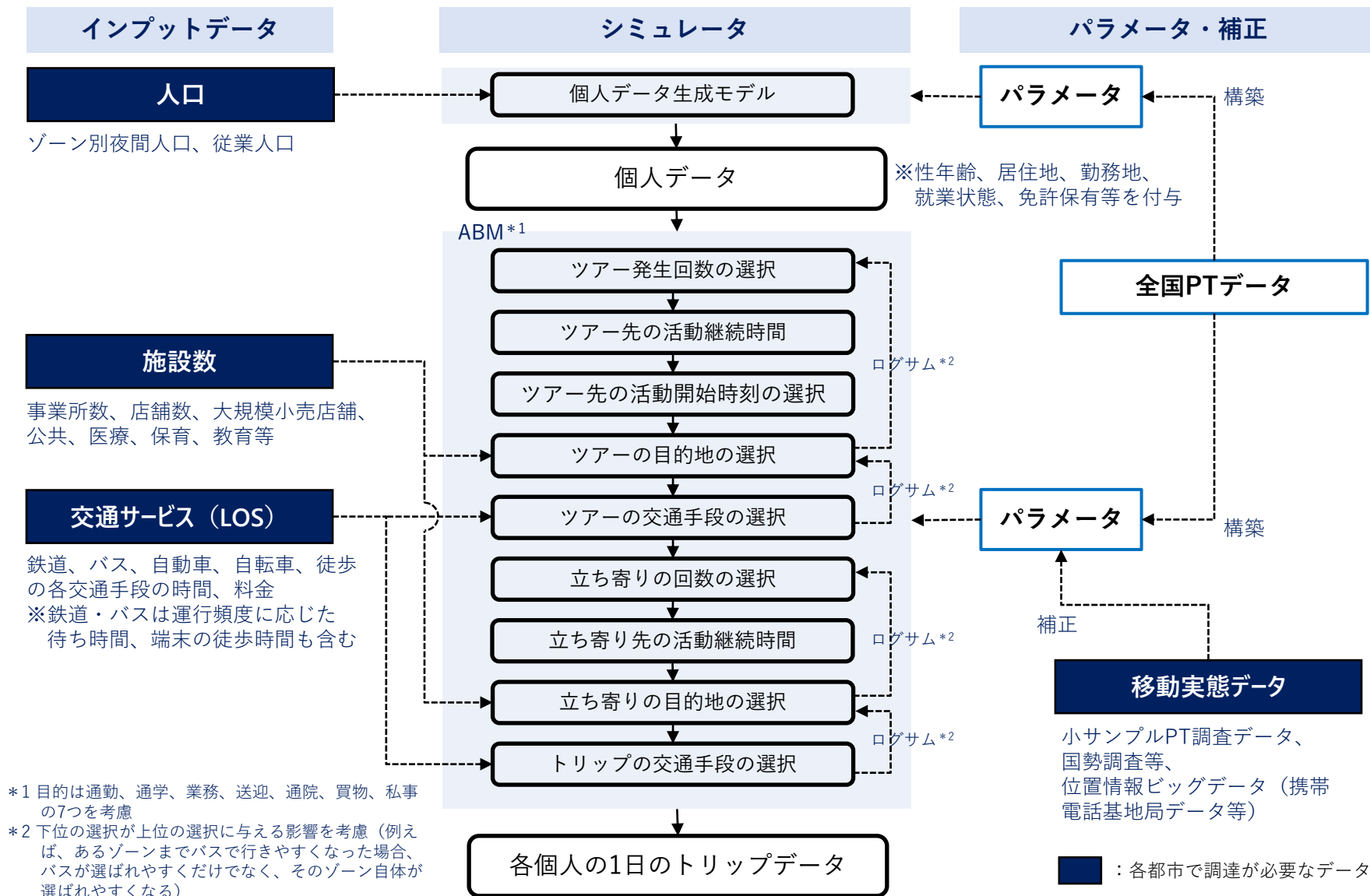
- 個人データ生成、活動・移動生成、移動軌跡生成を組み合わせ、小サンプルPT調査やビッグデータ等の移動実態データと整合するよう、人の活動・移動を生成するシミュレータを目指す。



プロトタイプで 開発したシミュレータの概要

プロトタイプのシミュレータの概要

- 人口、施設、交通サービス等のデータを用意することで、プロトタイプ版でも、**各都市で1日の活動・移動データ（PT調査のトリップデータに相当）を推計することが可能**となる。



シミュレータで表現可能な施策や人の活動・移動

シミュレータで表現可能な施策や人の活動・移動



- ・ 人口の変化（居住の集約等） に対して、トリップ数や交通手段分担率等の変化を分析することができる



- ・ 道路、鉄道、バス等の 交通ネットワークの変化、商業施設や公共施設等の 都市機能配置等 に関して、交通手段の変更、目的地の変更、活動の発生回数の変更等の行動変化を分析することができる



- ・ ゾーン別のトリップ数だけでなく、属性別のトリップ数、属性別の外出率や移動回数、そのほか 環境・防災等に係る多様な指標 を算出できる

現時点では表現していない施策や人の活動・移動

- ・ インプットとして考慮できていない交通施策や機能配置の施策を詳細に表現することはできない（バス専用レーンによる効果、時間帯別運賃、駐車料金施策、ゾーン内の詳細な機能配置の変更等）
- ・ 移動経路まで推計してないため、路線別やバス停別等の利用者数の変化、道路交通量や歩行者数の変化等を詳細に評価することはできない
- ・ 移動を伴わない活動（オンライン活動、自宅での活動、在宅勤務）は明示的に表現してないため、これらの活動の違いによるトリップの違いは表現できない

インプットデータ

人口

ゾーン別夜間人口、従業人口

施設数

事業所数、店舗数、大規模小売店舗、公共、医療、保育、教育等

交通サービス（LOS）

鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩の各交通手段の時間、料金
※鉄道・バスは運行頻度に応じた待ち時間、端末の徒歩時間も含む

シミュレータ（簡略化して表現）

個人データ

※性年齢、居住地、勤務地、就業状態、免許保有等を付与

ABM

発生回数の選択

目的地の選択

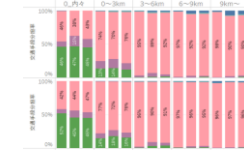
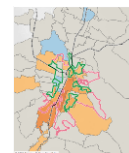
交通手段の選択

各個人の1日のトリップデータ

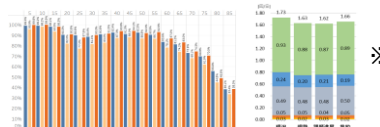
可能な分析・指標

PTデータで可能な分析や指標は算出可能

ゾーン別のトリップ数・分担率



属性別（年齢、免許有無等）の外出率や移動回数、トリップパターン*



※公共交通の改善等による外出の増加も分析可

そのほか人の移動を基にした分析*

- ・ 環境：CO₂排出量
- ・ 防災：帰宅困難者数
- ・ 健康：1日の歩数・歩行距離 等

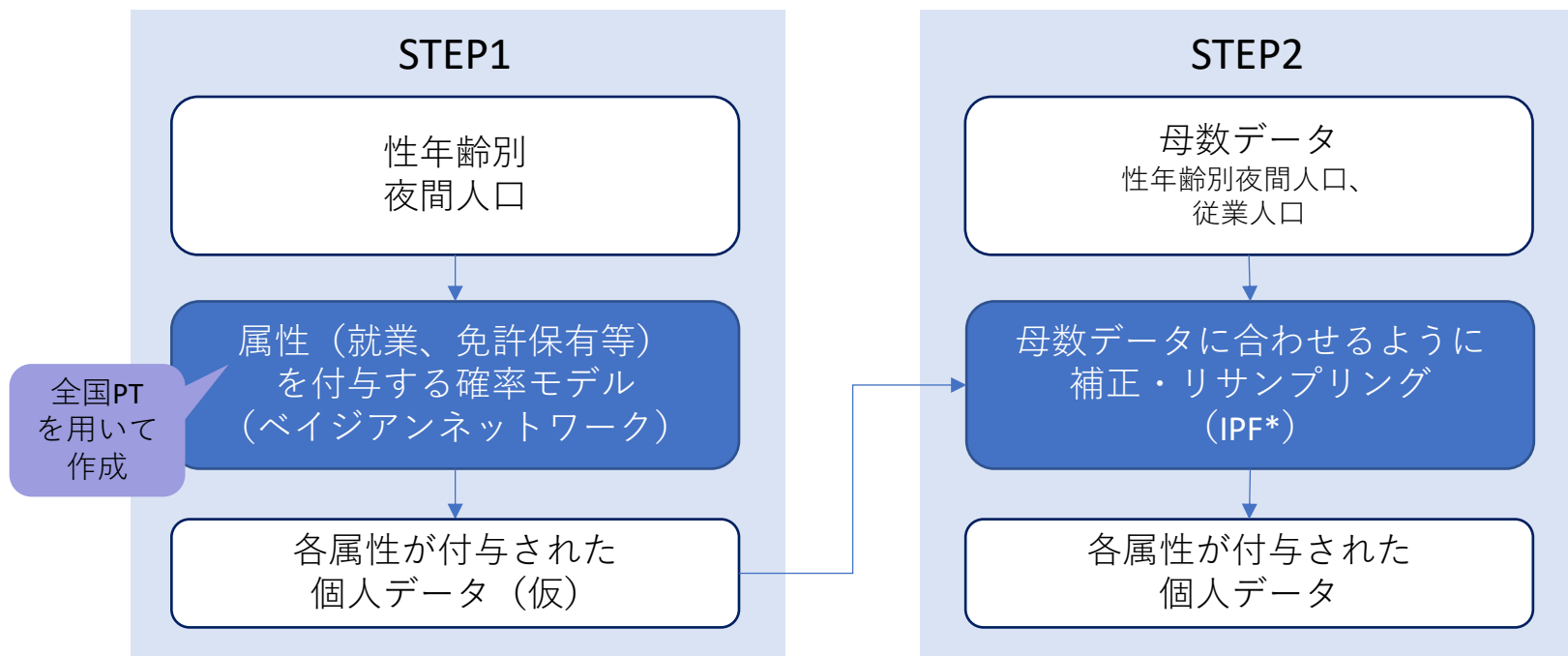
*従来の四段階推定法等では難しい分析 19

個人データ生成モデル：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となるため、大きく2つのステップにより個人データを生成する。

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し、リサンプリングを行う



*IPF（Iterative Proportional Fitting）

個人データ生成モデル：付与する個人属性

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※1により生成	—
就業	1:就業者、2:非就業者	BN※1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※1により生成	—
勤務先・通学先	ゾーン単位（町字単位）	MNL※2により作成	国勢調査
免許	1:免許あり、2:免許なし	BN※1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※1により生成	—
世帯属性	<人数> 1:1人、2:2人、3:3人以上	BN※1により生成	—
	<子ども（10歳未満）の有無> 1:子どもあり、2:子どもなし	BN※1により生成	—

※1 ベイジアンネットワーク（Bayesian Network）の略

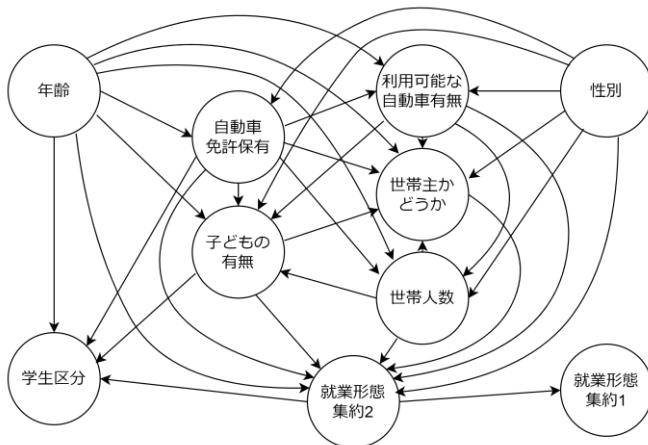
※2 多項ロジットモデル（Multinomial Logit）の略

- ・ベイジアンネットワークでは、ゾーン毎の特性（従業員数や学校数等）を加味した選択確率を作成することが困難であるため、ベイジアンネットワークとは別にMNLモデルを構築した
- ・勤務先選択モデル・通学先選択モデルをそれぞれ構築、都市圏内の全てのゾーンを選択肢とし、説明変数は以下のとおり
 - 勤務先選択モデル：自宅からの距離、ゾーンの従業員数密度
 - 通学先選択モデル：自宅からの距離、ゾーンの学校数（小学校、中学校、高校、大学の区分を考慮）

個人データ生成モデル：ベイジアンネットワークの構築

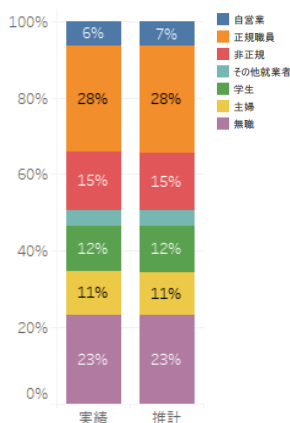
■構築したベイジアンネットワーク

- R3全国PTデータを用いて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

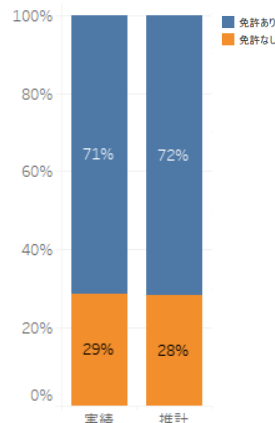


■R3全国PTに対する再現性の検証結果

就業形態
割合

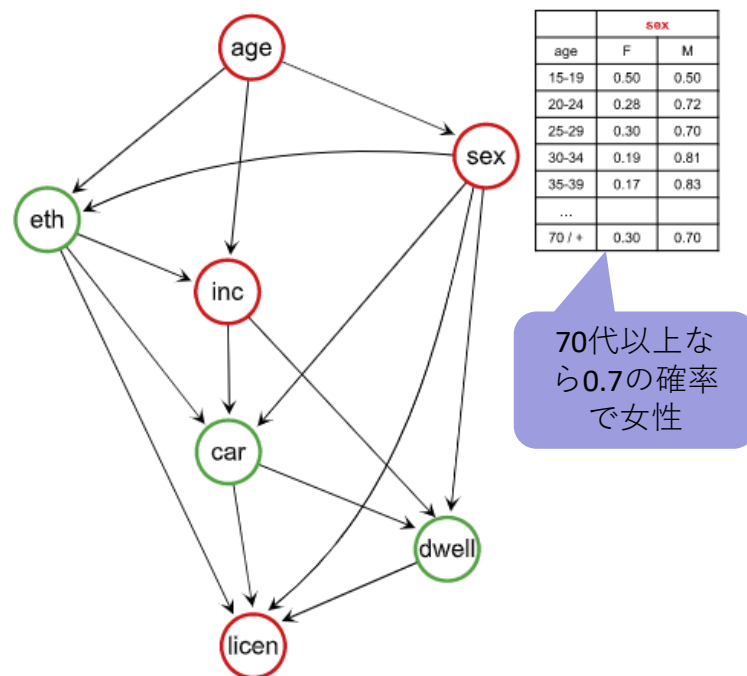


免許有無
割合



参考：ベイジアンネットワークの概要

- 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



参考：

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

個人データ生成モデル：IPF法による補正・リサンプリング

- ベイジアンネットワークを用いて、各属性が付与された個人データを生成した後、IPF法により夜間人口や従業員人口等の母数データに合うように、各個人の重み（拡大係数）を更新する。
- その後、重みに合わせてリサンプリングすることで母数と整合した個人データを得る。

■IPF法の計算イメージ

IPF（Iterative Proportional Fitting）法では、非集計データを、複数の断面に合うよう個別に重みづけを繰り返すことで、複数の断面と整合した重みを得るように計算する。

非集計データ

個人	年齢	住所	トリップ番号	O	D	...	拡大係数
1	45	〇〇	1	自宅	通勤先		80
1	45	〇〇	2	通勤先	自宅		80
2	24	●●	1	自宅	通勤先		110
2	24	●●	2	通勤先	買物先		110
2	24	●●	3	買物先	自宅		110
...	...	...	...	...	...	...	...

②拡大係数の更新

※断面1つずつ更新

③収束するまで
繰り返し計算

性年齢別人口×滞留人口（13時）

		性年齢別人口			合計
		男性 ~15歳	女性 ~15歳	...	
滞留人口	Zone A	1,000	800	...	50,000
	Zone B	1,500	1,600	...	70,000
	...	...	...	...	...
合計		8,000	10,000	...	

滞留人口（ビッグデータ）

55,000
60,000
...

7,000	11,000	...
-------	--------	-----

母集団人口（国勢調査）

ステップ0：初期値の設定

- ・ 繰り返し回数 $m = 0$ とする。
- ・ 拡大係数 $w_{ps}^{(m=0)}$ の初期値をつぎのように設定する。

$$w_{ps}^{(0)} = 1 \quad \forall p \in P, s \in S$$

p : 夜間人口 s : 滞留人口

ステップ1：集計データの作成

- ・ 初期の拡大係数を用いて、ゾーン別性年齢階層別人口およびゾーン別滞留人口の仮値を集計する。

ステップ2：拡大係数の更新

- ・ 真の合計値 N に対する仮値の比率から拡大係数を更新する。
- ・ まず、 N_p : ゾーン別性年齢階層別人口、 n_p : ゾーン別性年齢階層別のサンプル数として、拡大係数を以下のように更新する。

$$w'_{ps}{}^{(m)} = w_{ps}^{(m)} \frac{N_p}{\sum_{s \in S} w_{ps}^{(m)} n_p} \quad \forall p \in P, s \in S$$

- ・ 次に、上記で更新した拡大係数 $w'_{ps}{}^{(m)}$ を用いて、 N_s : ゾーン別滞留人口、 n_s : ゾーン別滞留人口のサンプル数として、拡大係数を以下のように更新する。

$$w_{ps}^{(m+1)} = w'_{ps}{}^{(m)} \frac{N_s}{\sum_{p \in P} w'_{ps}{}^{(m)} n_s} \quad \forall p \in P, s \in S$$

ステップ3：収束判定

- ・ 例えば、次の収束条件を満たせば計算を終了とする

$$w_{ps}^{(m+1)}; w_{ps}^{(m)} \quad \forall p \in P, s \in S$$

- ・ 条件を満たさなければ、 $m = m + 1$ としてステップ1へ
- ・ 例えば、以下のような条件を満たした段階で終了
 - a. KL情報量の変化率 < 変化率上限（0.0001など）
 - b. 拡大係数変化率 < 変化率上限（0.001など）
 - c. 収束回数 ≤ 回数上限（500など）

ABM：各サブモデルの概要

モデル概要		説明変数（目的毎に異なる）
ツアー発生回数	7つの目的毎にツアーの発生回数を選択 0回、1回、2回、 ※目的ごとに全国PTを基に上限回数を設定 - 多項ロジットモデル（MNL）	- 個人属性：性別、年齢（65-74歳、75歳以上、15歳未満等）、就業形態（正規、非正規、学生等）、免許有無、自由に使える自動車有無 - 世帯属性：単身／それ以外、10歳未満子供の有無 - 時間制約：残り活動可能時間 - アクセシビリティ：ツアー目的地選択モデルのログサム変数
ツアー活動継続時間	7つの目的毎に活動継続時間を推計（1分単位） - 生存時間モデル(コックス比例ハザードモデル)	- 個人属性：性別、年齢（高齢／非高齢）、就業形態（正規、非正規、学生等） - 時間制約：残り活動可能時間、第1ツアーかどうか
ツアー活動開始時刻	7つの目的毎にツアーの活動開始時刻を1時間単位で選択 - 多項ロジットモデル（MNL）	- 個人属性：年齢（65歳以上、15歳未満等）、就業形態（正規、学生等） - 世帯属性：10歳未満子供の有無 - 時間制約：活動継続時間
ツアー目的地	5つの目的毎にツアーの目的地をゾーン単位で選択 ※都市内の全てのゾーンを選択肢集合とする ※通勤と通学に関しては、個人データで付与した勤務地・通学先を利用するためモデル化しない - プリズム制約を加味（残り活動可能時間でたどり着けるゾーンを対象） - 多項ロジットモデル（MNL）	- ゾーンの魅力度：事業所数、店舗数、業態別大規模小売店床面積、文化施設数、集客施設数、行政施設数、保育施設数、医療施設数、教育施設数、店舗数アクセシビリティ（周辺店舗へのアクセス性） - 移動抵抗：ツアー交通手段選択のログサム変数、ゾーン間距離、ゾーン内々距離、距離帯ダミー、ゾーン内々ダミー、駅アクセス可能ダミー - 都市特性：調査用都市類型（調査用都市類型で異なるモデル）
ツアー交通手段	- 目的を以下の2区分にわけ、それぞれでツアーの交通手段を選択 通勤系：通勤、通学、業務 私事系：送迎、通院、買物、私事 - 交通手段の選択肢は以下 鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩 ※鉄道端末交通手段に関しては別モデル作成 - プリズム制約を加味（残り活動可能時間でたどり着ける手段を対象） - 潜在クラスロジットモデルにより、多様な属性や都市特性による選択行動の違いを表現	<クラスメンバーシップ関数> - 個人属性：性別、年齢（65-74歳、75歳以上）、就業形態（学生等）、免許有無、自由に使える自動車有無 - 世帯属性：単身／それ以外 - 都市特性：居住地鉄道利便性、居住地バス利便性 <交通手段効用関数> - 鉄道：乗車時間、待ち時間、端末ログサム、運賃（時間価値で時間換算して考慮） - バス：乗車時間、待ち時間、端末徒歩移動時間、運賃（時間価値で時間換算して考慮） - 自動車、自転車、徒歩：所要時間

ABM：各サブモデルの概要

モデル概要		説明変数（目的毎に異なる）
立寄発生回数	5つの目的毎に立ち寄り発生回数を選択 0回、1回、2回、、、、 ※目的ごとに全国PTを基に上限回数を設定 - 多項ロジットモデル（MNL）	- ツアーの特性：ツアーの往路／復路、目的 - 個人属性：性別、年齢（65-74歳、75歳以上等）、就業形態（正規、非正規、学生等）、免許有無、自由に使える自動車有無 - 世帯属性：単身／それ以外、10歳未満子供の有無 - 時間制約：残り活動可能時間 - アクセシビリティ：立ち寄り目的地選択モデルのログサム変数
立寄活動継続時間	（ツアー活動継続時間と同じモデルを使用）	（ツアー活動継続時間と同じモデルを使用）
立寄目的地	5つの目的毎に立ち寄り目的地をゾーン単位で選択 ※都市内の全てのゾーンを選択肢集合とする - プリズム制約を加味（残り活動可能時間でたどり着けるゾーンを対象） - 多項ロジットモデル（MNL）	- ゾーンの魅力度：事業所数、店舗数、大規模小売店舗数、文化施設数、集客施設数、行政施設数、保育施設数、医療施設数、教育施設数 - 移動抵抗：トリップ交通手段選択のログサム変数、迂回距離ダミー、内々ダミー、内々距離 - そのほか：居住地ダミー、ツアー目的地ダミー
トリップ交通手段	5つの目的毎にトリップ交通手段を選択（7つの目的の内、通勤・通学はマージ、また、送迎・私事もマージ） - 交通手段の選択肢は以下 鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩 ※鉄道端末手段に関しては別モデル作成 ※ツアー交通手段によって利用可能性を絞る - プリズム制約を加味（残り活動可能時間でたどり着ける手段を対象） - 多項ロジットモデル（MNL）	- 各交通手段：総所要時間 - そのほか：ツアー交通手段の選択結果（ツアーの交通手段がバスの場合は各トリップもバスが選ばれやすい等）
鉄道端末交通手段	3つの目的、アクセス・イグレス毎に交通手段を選択（通勤・業務、通学、私事の3つの目的） - 交通手段の選択肢は以下 バス、自動車、自転車、徒歩 - 多項ロジットモデル（MNL）	各交通手段：総所要時間、高低差

ABM：目的地選択モデル

- ❑ 施設種類毎の施設数の他に、大規模商業施設の説明変数として、大型小売店舗総覧の業態別床面積を利用し、また中心市街地や駅前等の説明変数として、徒歩による周辺店舗へのアクセシビリティを考慮した。
- ❑ 上記を考慮することにより、イオンの立地するゾーン等を中心に再現性は改善し、また、店舗数アクセシビリティ等を考慮することで山形駅前の中心市街地のゾーンにおいても改善した。

■大型小売店舗総覧のデータ

- ・ 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]
- ・ 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]

■徒歩による店舗アクセシビリティの算出方法

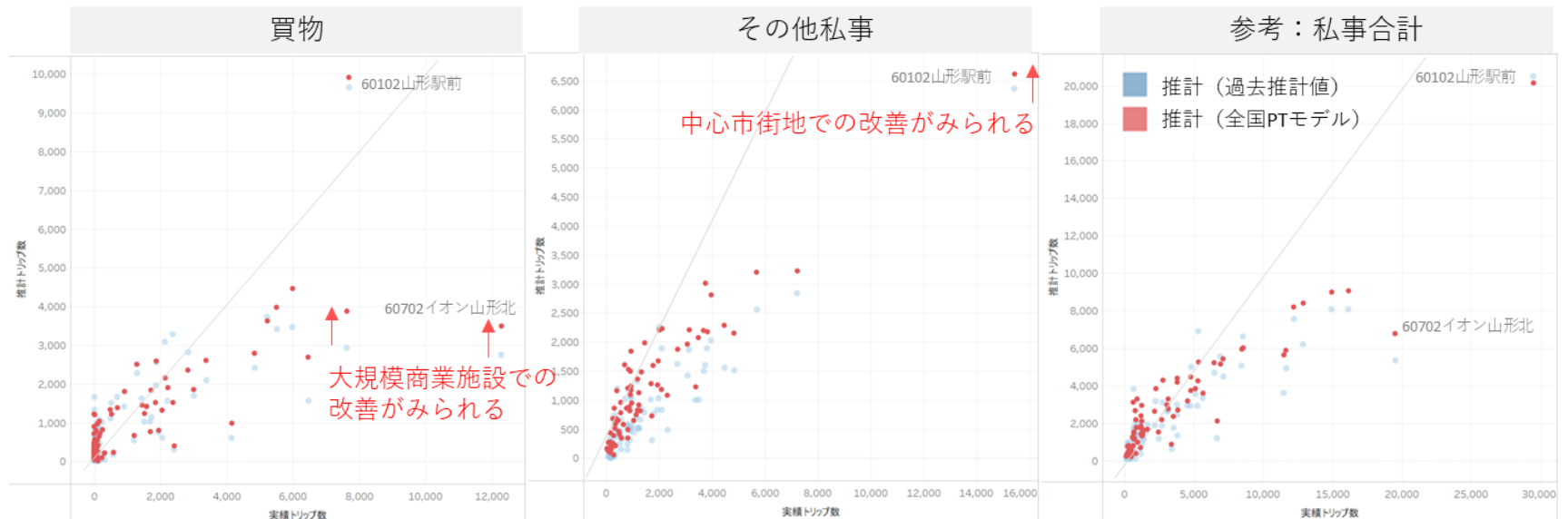
$$A_j = \ln \left[\sum_k S_k \times e^{\beta' \times t_{jk}} + 1 \right]$$

S：店舗数、t：所要時間（徒歩）

β：パラメータ（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）

■説明変数等の改善による再現性の改善結果



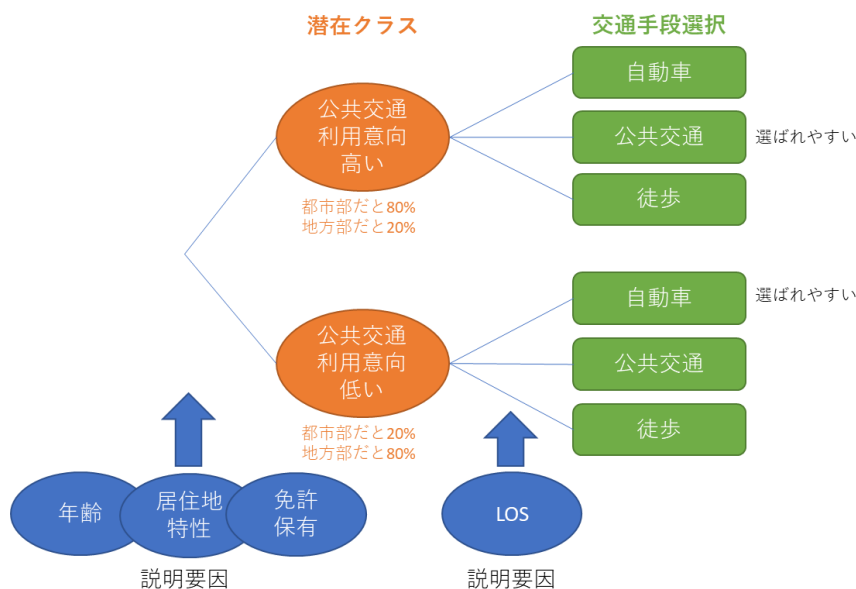
* 詳細は技術検証レポートp58-73を参照

ABM：交通手段選択モデル①

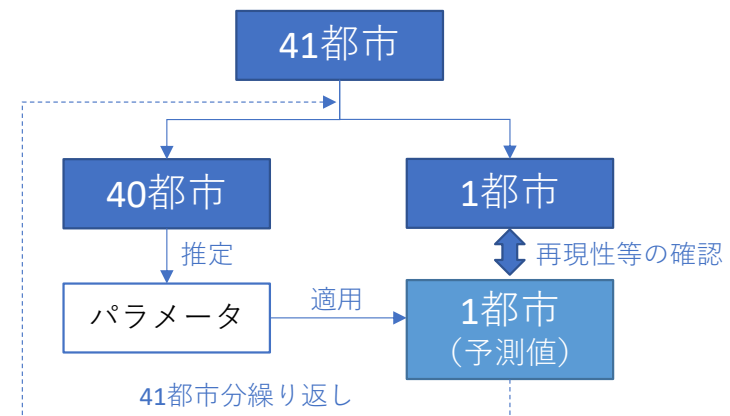
- 交通手段分担率の都市間の再現性を確保するため、潜在クラスロジットモデルを適用した。
- 検証においては、複数パターンの多項ロジットモデルの推定結果と比較することにし、その際、推定に用いた都市と検証用の都市をわけて検証を行うこととした。

■潜在クラスロジットモデルのイメージ

- ・ 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
- ・ 都市によってクラスの構成比が異なることで、都市毎の交通手段分担率等の違いを表現できるようにする



■検証の方法



41都市の再現性の結果からモデルの性能を検証

比較として以下の4つの多項ロジットモデルと比較
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

ABM：交通手段選択モデル②

- 潜在クラスでは、公共交通利用が多いクラス、自動車利用が多いクラス等のクラスに分かれた。
- 潜在クラスロジットモデルはMNLと比較して、各交通手段の分担率の予測誤差が小さく、再現性が改善している。

推定された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	・ペースは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		

クラス毎の交通手段の構成比

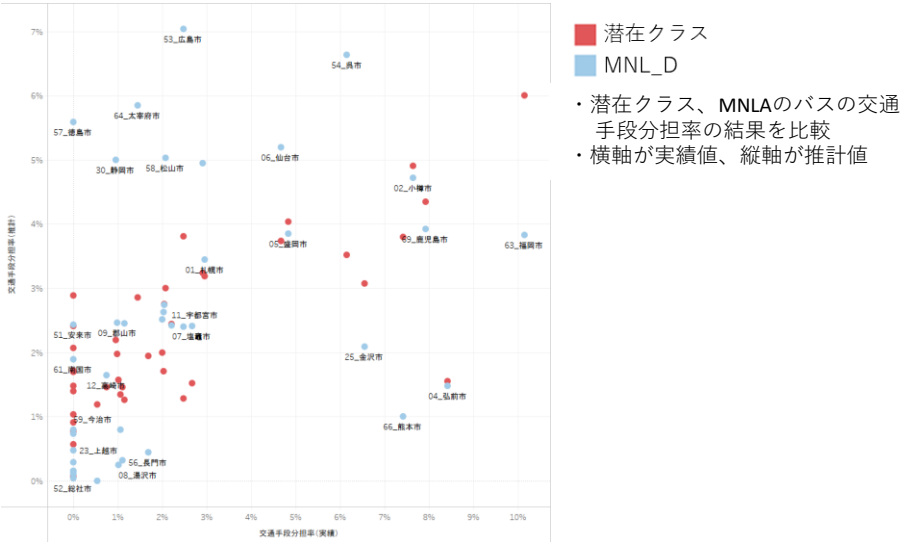
	鉄道	バス	自動車	自転車	徒歩
class1	9.6%	12.9%	31.2%	26.2%	20.2%
class2	2.4%	1.5%	86.7%	5.2%	4.2%
class3	0.0%	0.0%	0.4%	50.2%	49.4%

各モデルの交通手段分担率のRMSE

		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

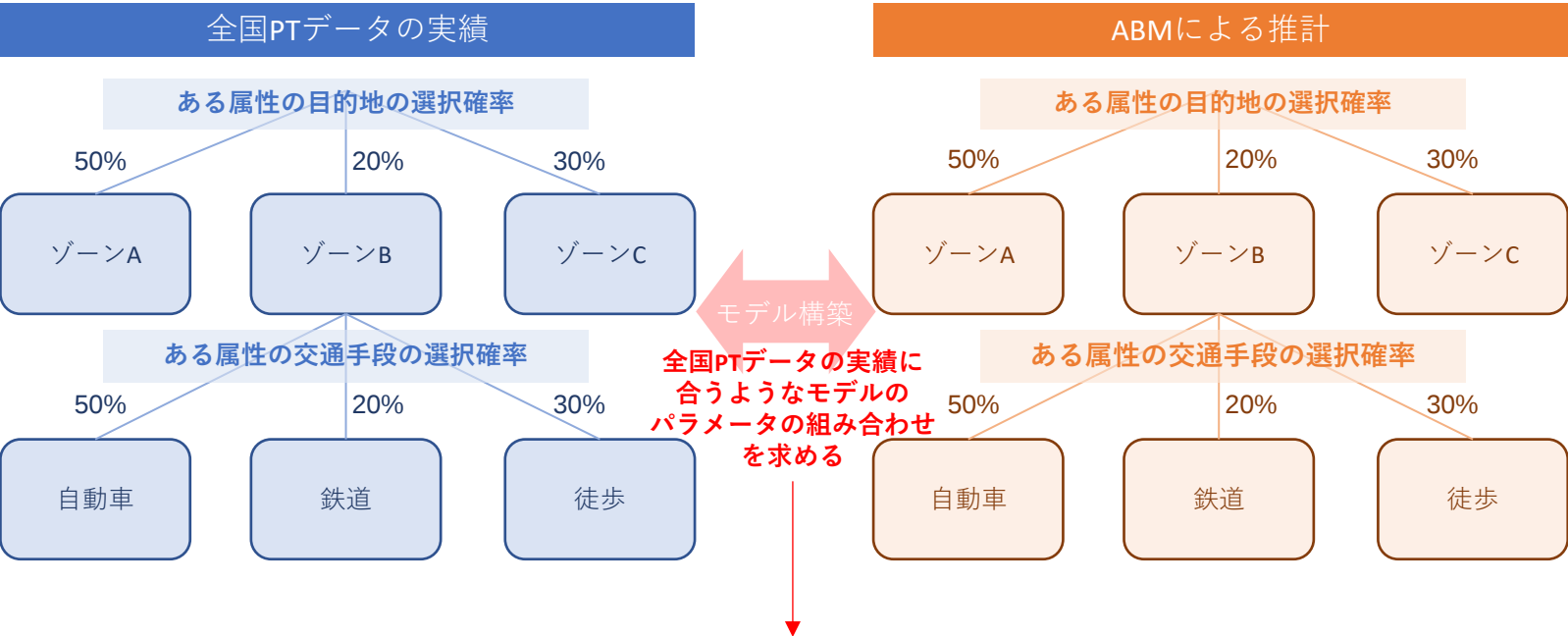
都市別交通手段分担率の例（バス私事合計）



* 詳細は技術検証レポートp74-89を参照

参考：全国PTデータを用いたモデル構築のイメージ

□ 全国PTデータで得られた属性別等の選択実績と合うように、モデル式のパラメータの組み合わせを求める作業をモデル構築（パラメータ推定）と呼んでいる



離散選択モデルによる選択確率の計算イメージ

選択確率

$$P_{\text{自動車}} = f(V_{\text{自動車}}, V_{\text{鉄道}}, V_{\text{徒歩}})$$

各選択枝の V （効用）を比較し、 V が大きい選択枝の P （選択確率）が大きくなる

※効用は各選択枝の満足度を示す

$$V_{\text{自動車}} = \alpha_c + \alpha_1 \times \text{所要時間}_{\text{自動車}} + \alpha_2 \times \text{費用}_{\text{自動車}}$$

$$V_{\text{鉄道}} = \alpha_r + \alpha_1 \times \text{所要時間}_{\text{鉄道}} + \alpha_2 \times \text{費用}_{\text{鉄道}}$$

$$V_{\text{徒歩}} = \alpha_1 \times \text{所要時間}_{\text{徒歩}} + \alpha_2 \times \text{費用}_{\text{徒歩}}$$

説明変数：インプットデータとして外生的に用意

パラメータ（説明変数の重み≒どの説明変数を重視するか）

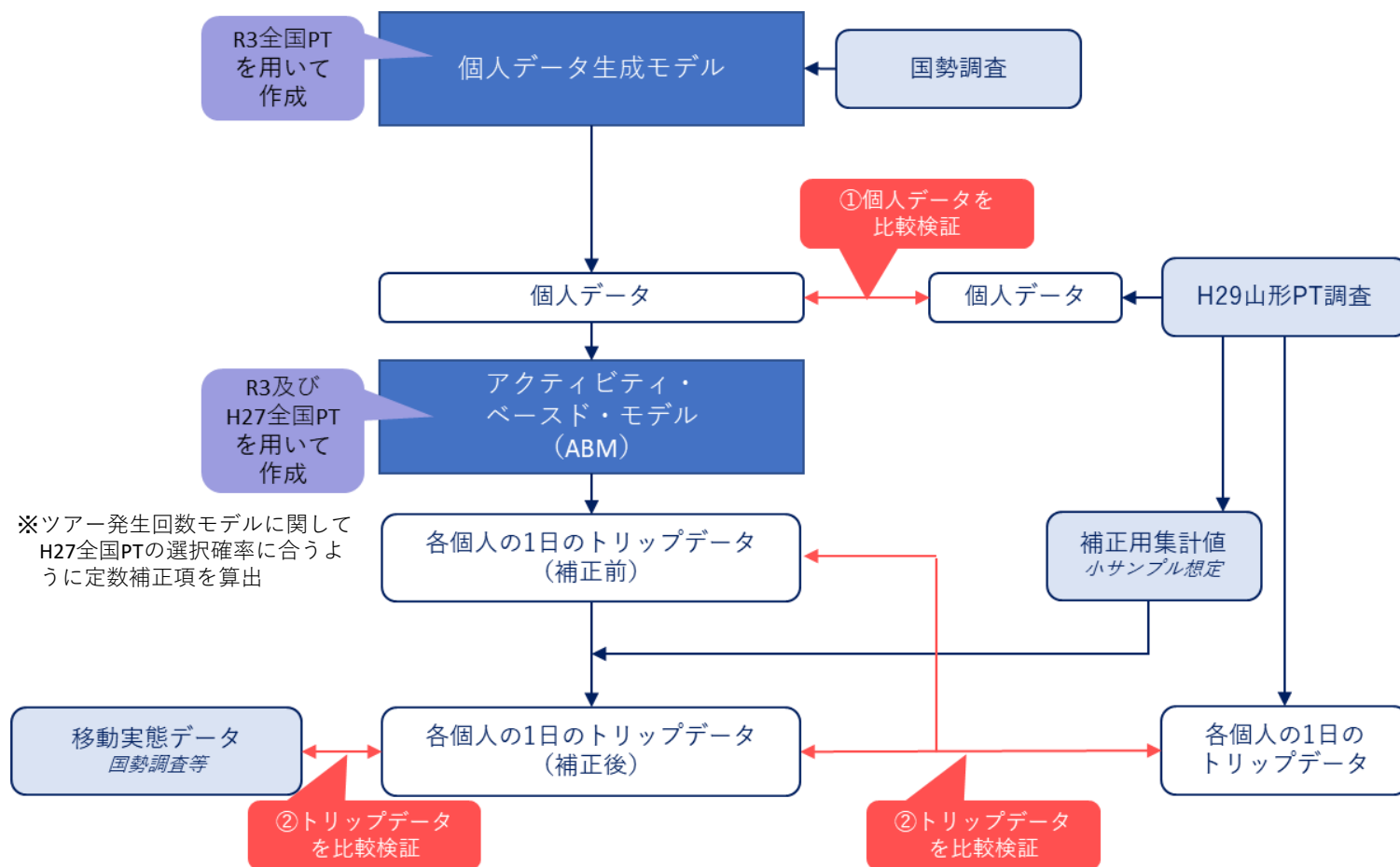
山形都市圏における適用検証

- ・ 現況再現性の検証
- ・ 都市構造シナリオ分析のケーススタディ
- ・ 公共交通シナリオ分析のケーススタディ

※本検証は国総研都市施設研が独自で行ったものであり、
山形市の実施の政策検討に用いられたものではありません

現況再現性の検証：検証方法

- ❑ プロトタイプシミュレータから推計したデータと、平成29年に実施された山形都市圏PT調査等のデータを比較することで、現況推計データの再現性の検証を行う。
- ❑ 具体的には、個人データの段階とトリップデータの段階で検証を行うとともに、トリップデータに関しては、小サンプルのPT調査データを想定した集計値で補正する前後でも検証することで、補正による効果を把握する。
- ❑ また、PT調査以外の移動実態データ（国勢調査等）とも比較検証を行う。



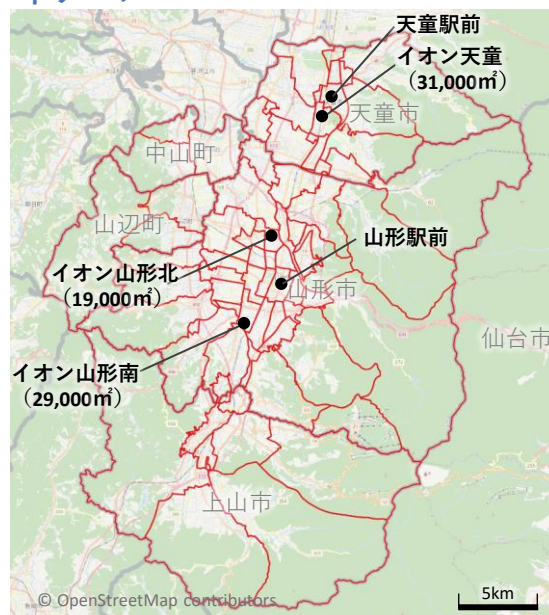
参考：山形都市圏パーソントリップ調査の概要

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%
ゾーン数	大ゾーン：26 中ゾーン：73 小ゾーン：898

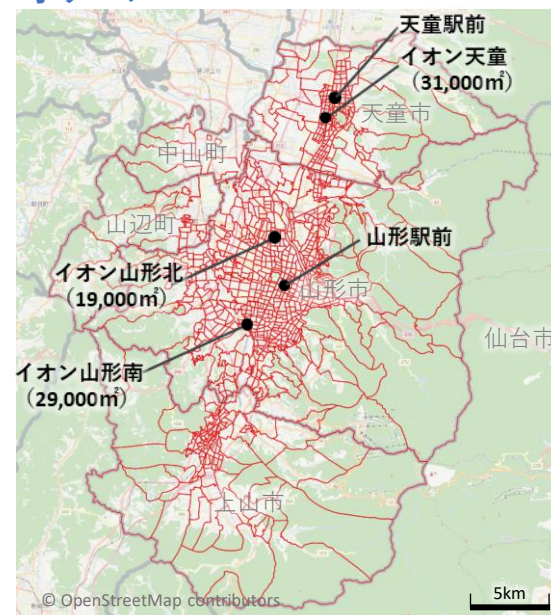
大ゾーン



中ゾーン

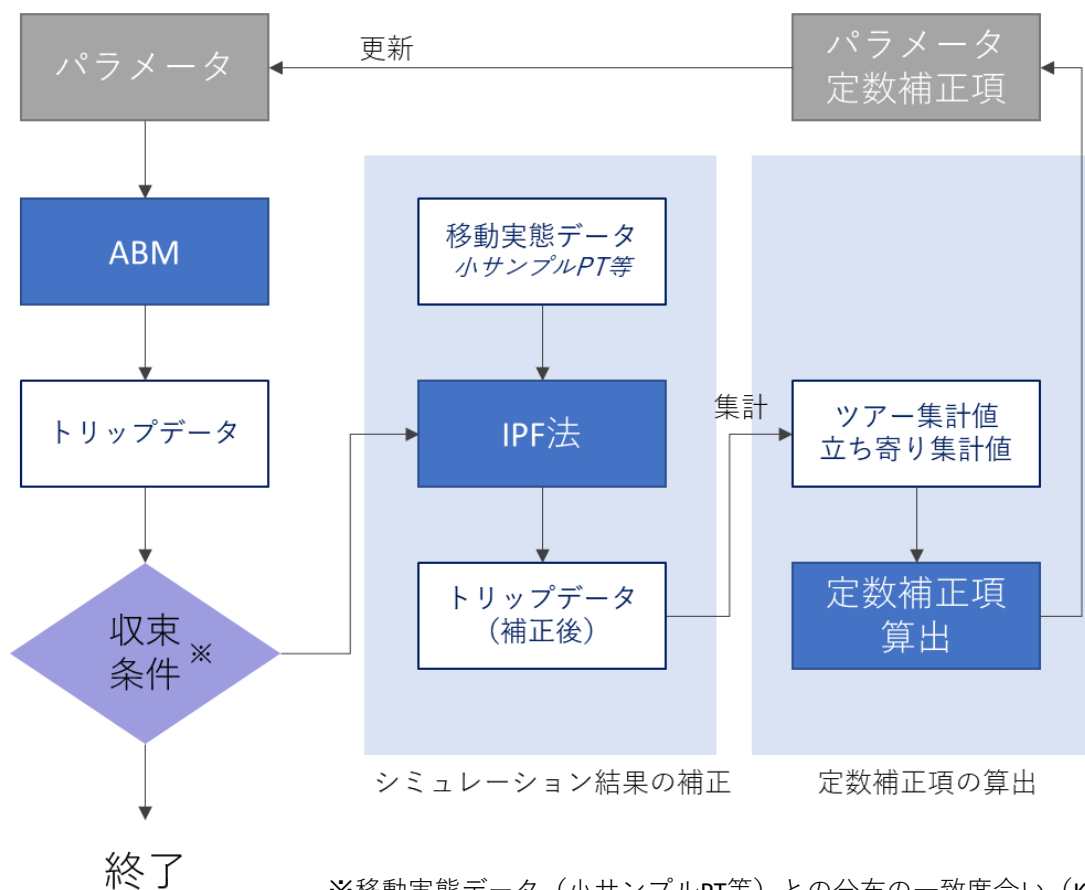


小ゾーン



現況再現性の検証：シミュレータの補正方法

- ❑ シミュレーション結果のトリップデータを、IPF法で小サンプルPT等に合わせるように重み補正した上で、ツアー・立ち寄りの集計値を算出し、ABMの各サブモデルの定数補正項を算出する。
- ❑ 全てのサブモデルの定数補正項を算出すると、計算負荷が大きいため「ツアー発生回数」、「ツアー目的地」、「ツアー交通手段」、「立ち寄り発生回数」のサブモデルの補正を行う。
- ❑ 定数項補正したパラメータを用いて再度シミュレーションを実施、結果が収束するまで繰り返す。



※移動実態データ（小サンプルPT等）との分布の一致度合い（KL情報量）を収束条件とする

現況再現性の検証：補正に利用した移動実態データ

- ❑ 小サンプルPTを想定し、都市圏全体のトリップパターンや交通手段の集計値、市町単位での集中量に合わせるように補正を行った。
- ❑ 加えて、より詳細なゾーン単位での再現性向上を意図して、携帯電話基地局データによる滞留人口を補正值として利用した。

データ	項目	補正内容
国勢調査等※1)	人口	小ゾーン別 性別 年齢階層別 夜間人口
小サンプルPT 4,000サンプル※2)想定	トリップ パターン	就業有無別トリップ数別 人口 高齢非高齢別 就業有無別 目的別 発生量
	目的地	市町別 目的別 集中量
	交通手段	代表交通手段別 トリップ数
携帯電話基地局 データ※3)	滞留人口	中ゾーン別 自宅/自宅以外別 9時～17時 滞留人口 ※4)

※1) 山形都市圏においては、H27国勢調査をもとに作成された「将来推計人口データ（H30国政局推計）」の2020年値を使用（後述のシナリオ分析における将来人口との整合を図るため）

国土数値情報ダウンロードサイト：<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-mesh500h30.html>

※2) 都市圏全域を共通の抽出率で無作為抽出する際に、量の少ないバストリップ数を統計的精度担保するための必要標本数

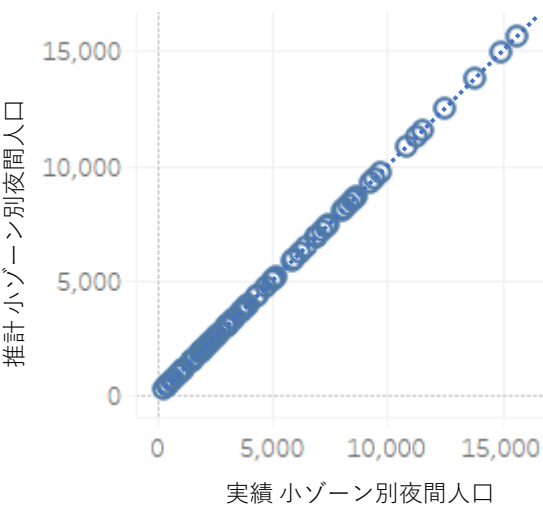
※3) NTTドコモ社のモバイル空間統計を利用

※4) 総滞留人口はPTデータを用いて、中ゾーン比率に携帯電話基地局データを使用、また9時～17時の各時間帯の滞留人口による補正率を算出した後に、平均補正率を算出して補正を実施

現況再現性の検証：個人データの検証

- ゾーン別夜間人口を実績の夜間人口と比較すると、一致して生成されていることが確認できる。
- 各属性の構成比及び年齢別就業形態構成比をH29山形PTデータと比較すると、H29山形PTデータの構成比の傾向を捉えることができている。
- ただし、世帯人数等や高齢者の就業割合等に若干乖離がみられる点は課題である。

■ゾーン別夜間人口の再現性



※実績は「将来推計人口データ（H30国政局推計）」の2020年値

実績に合わせるように推計したため、一致している

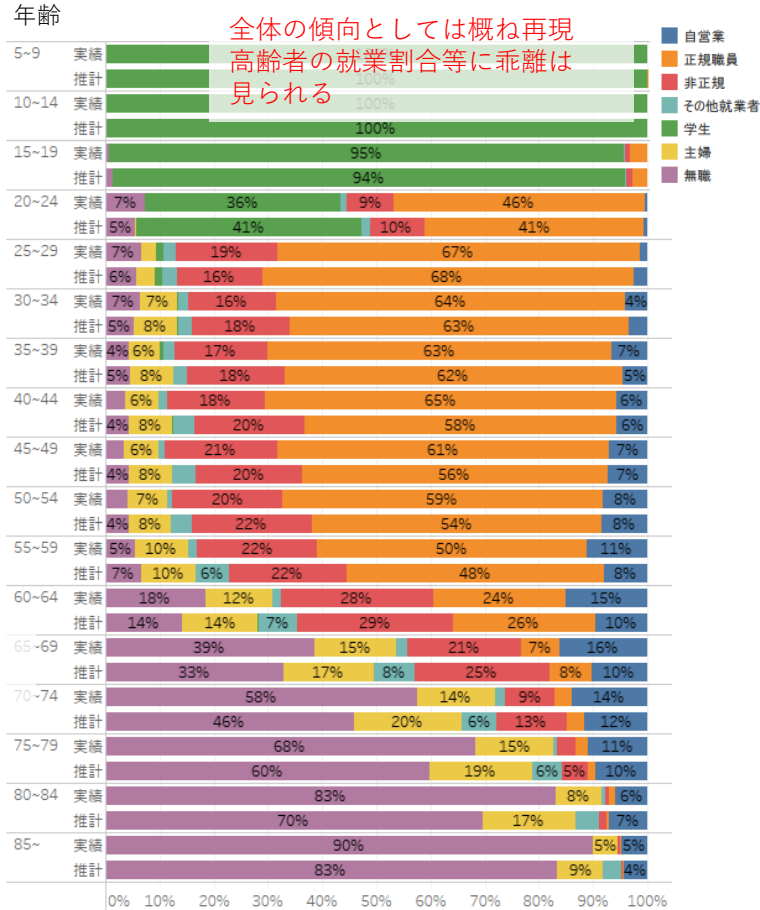
■各属性の構成比の再現性

属性		実績	推計
就業形態	自営業	7%	6%
	正規職員	32%	30%
	非正規	14%	14%
	その他	1%	4%
	就業		
	学生	16%	15%
	主婦主夫	7%	10%
	無職	23%	22%
免許有無	あり	74%	68%
	なし	26%	32%
世帯人数	1人	10%	13%
	2人	19%	30%
	3人以上	71%	57%

※実績はH29山形PTの数値

各属性で概ね現況を再現
免許有無や世帯人数等は若干乖離あり

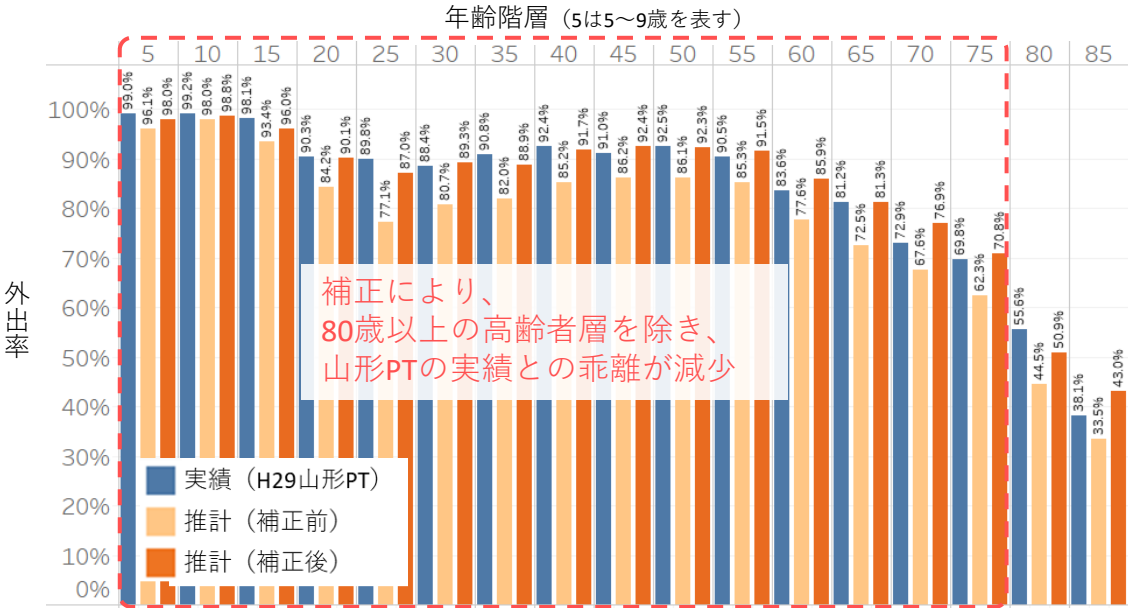
■年齢別就業形態構成比の再現性



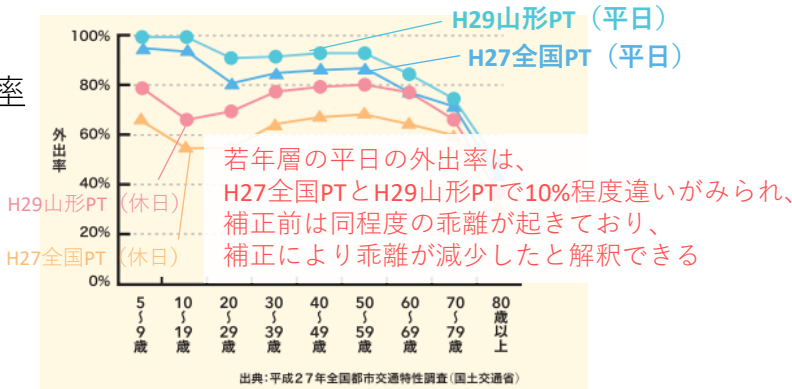
現況再現性の検証：トリップデータ① 外出率、トリップパターン

❑ 全国PTで構築したシミュレータを山形都市圏に適用し、小サンプルを想定した山形PTで補正した結果、一部属性を除き再現性が改善しており、山形PTと同様の傾向を示すようになっている。

外出率の比較



参考：H29山形PT
年齢別外出率



トリップパターンの比較

就業者・65歳未満のトリップパターン別人口

通勤-帰宅	70,906	74,493	73,727
外出なし	6,649	17,301	7,716
通勤-買物-帰宅	8,406	6,639	8,342
通勤-私事-帰宅	3,378	2,871	3,258
通勤-帰宅-私事-... -帰宅	1,359	2,119	2,704
買物-帰宅	1,816	2,902	1,283
業務-帰宅	1,542	3,316	1,102
通勤-送迎-帰宅	1,438	1,269	2,186
送迎-通勤-帰宅	911	1,251	2,057
私事-帰宅	1,484	1,581	808

■ 実績 (H29山形PT)
■ 推計 (補正前)
■ 推計 (補正後)

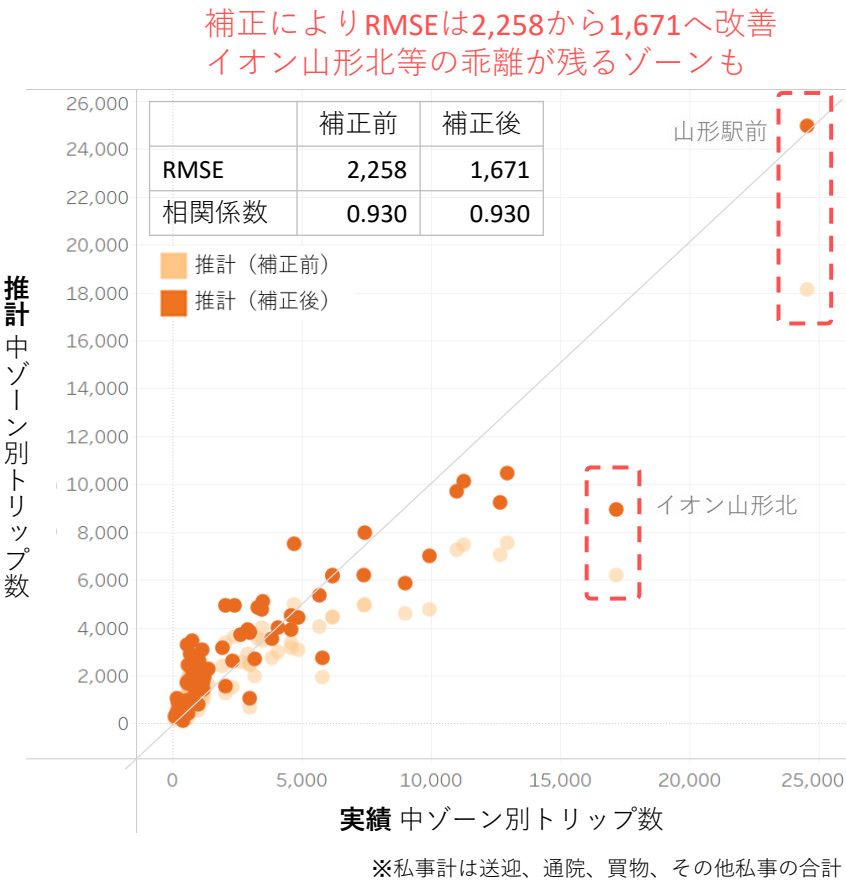
外出なしを始めとし、
補正により、トリップ
パターンが改善

2回帰宅するパターン等、
一部では補正
により乖離が広がる
ものも見られる

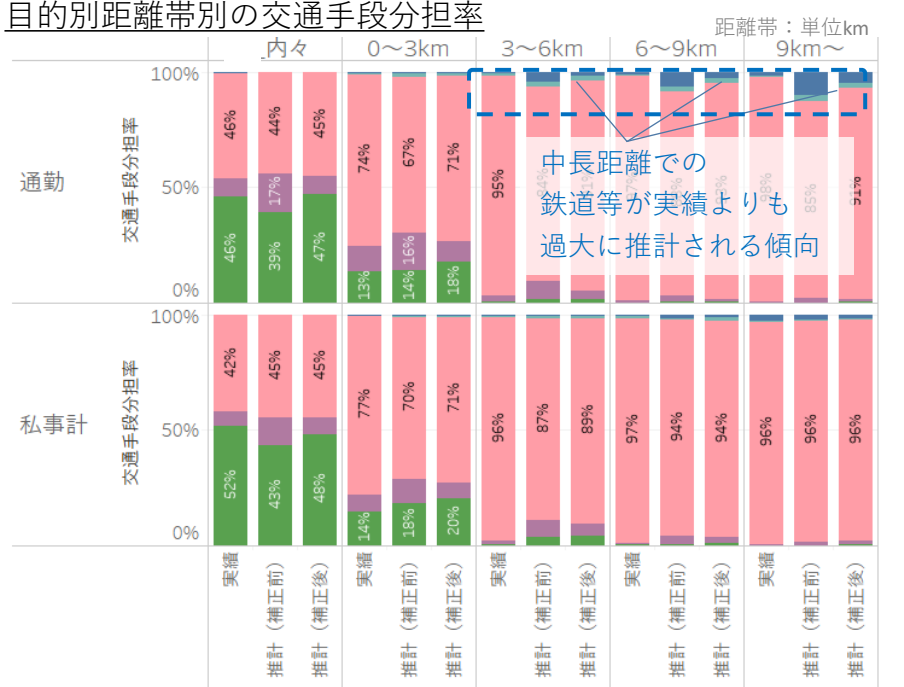
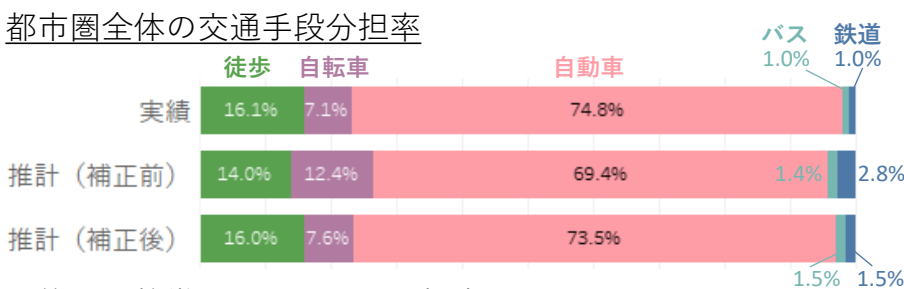
現況再現性の検証：トリップデータ② ゾーン別着トリップ数、交通手段分担率

- ❑ 私事計では、補正によりゾーン別着トリップ数は全体的に増加し、再現性は改善する。一方で、大規模商業施設が立地するゾーン等では、補正後も乖離がみられる。
- ❑ 交通手段分担率の再現性を確認すると、目的別や距離帯別の全体的な傾向は良く捉えられている。公共交通に関しては、通勤の中長距離の鉄道が過大である等、課題がみられる。

ゾーン別着トリップ（私事計）の比較



交通手段分担率の比較

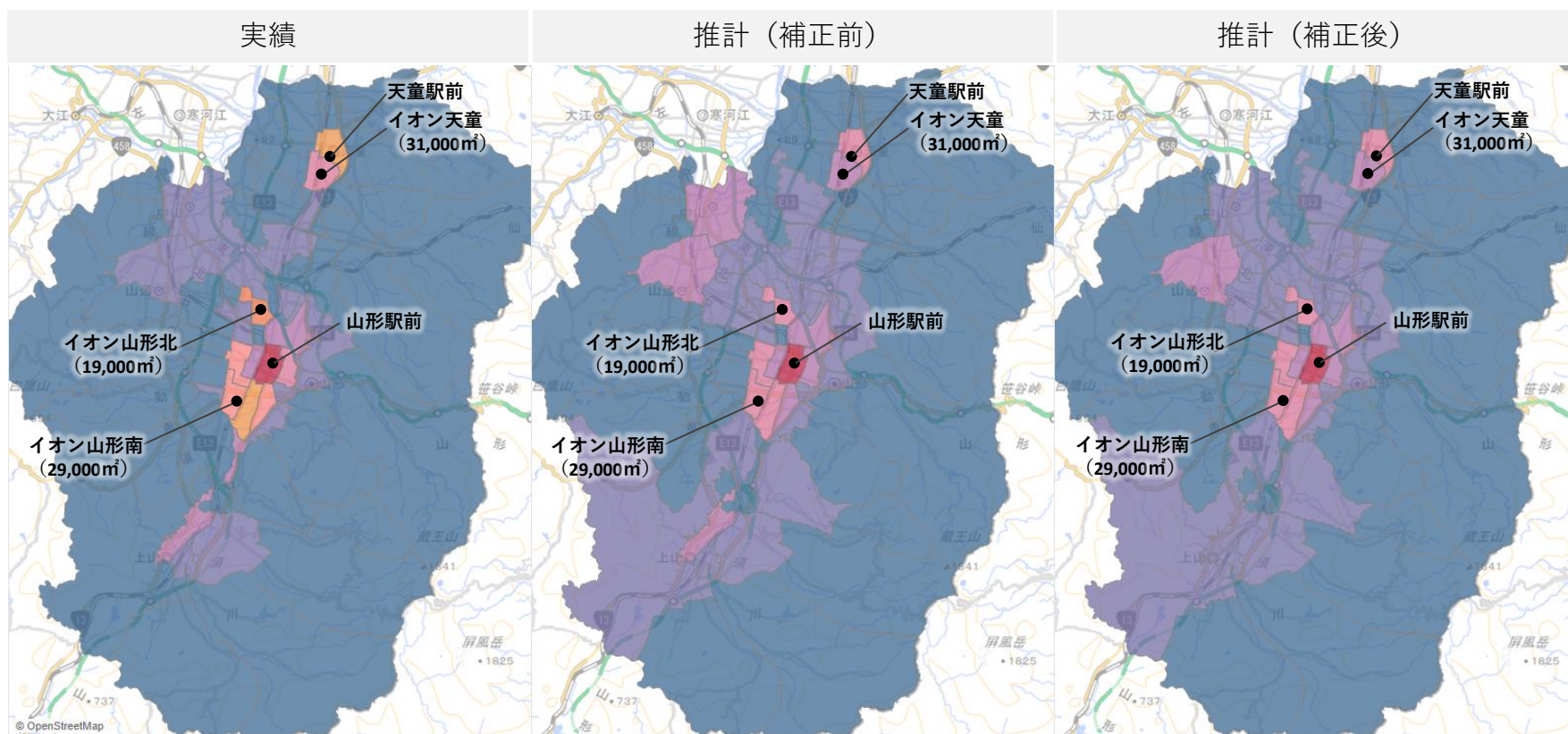


* 詳細は技術検証レポートp213-232を参照

現況再現性の検証：トリップデータ③ ゾーン別着トリップ数 トーン図

- ❑ 実績と補正後の推計値を比較すると、山形駅周辺に最も集中している様子は再現されている。
- ❑ イオン山形北、イオン山形南、天童駅周辺などの私事構成比は実績より小さく、一方でその他郊外部における私事構成比は大きくなっており、実績ではゾーンの特性によるトリップの大小が特徴的に表れているのに対し、推計では特徴がやや見えづらくなっている。

ゾーン別着トリップ構成比（私事計）の比較



※私事計は送迎、通院、買物、その他私事の合計

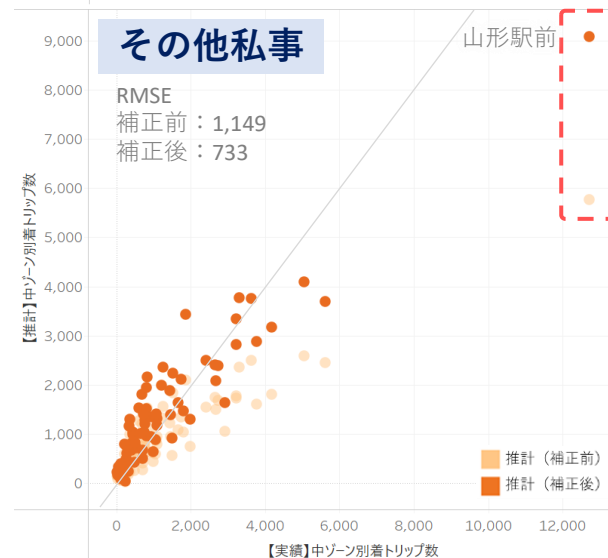
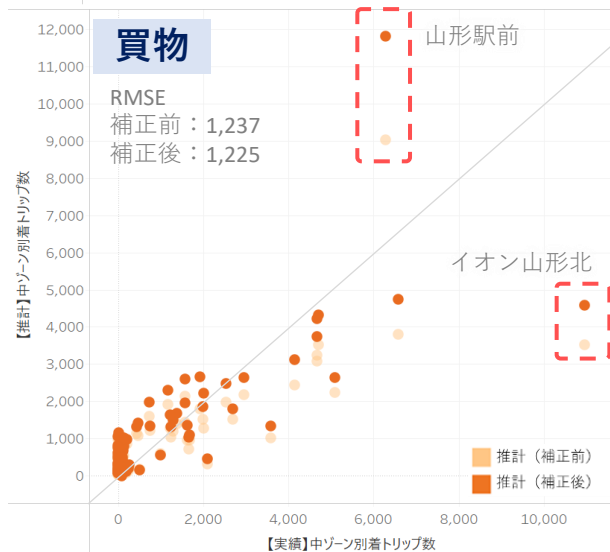
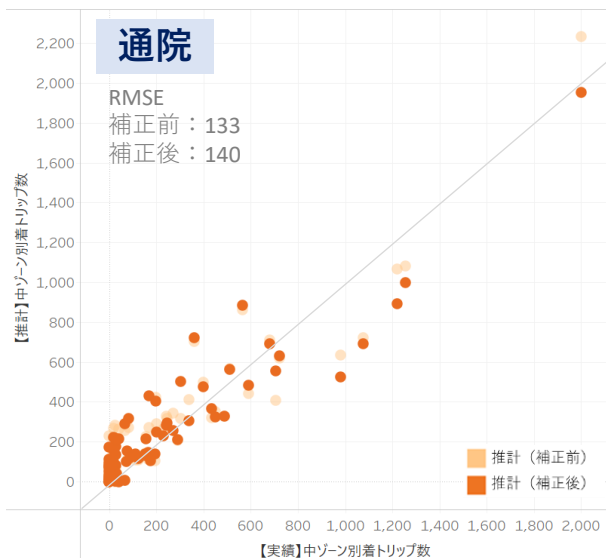
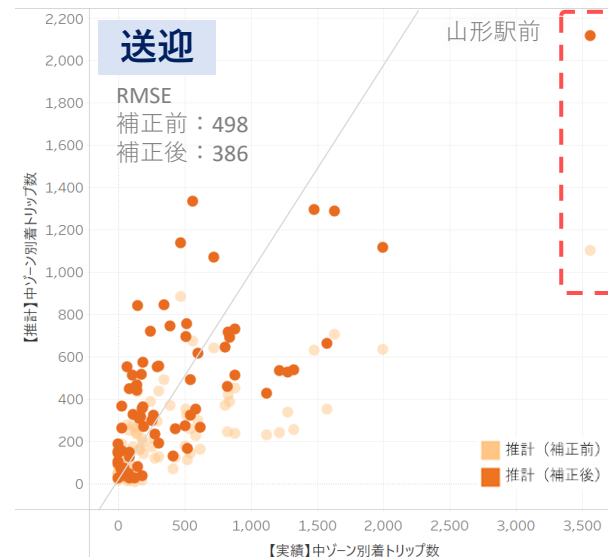
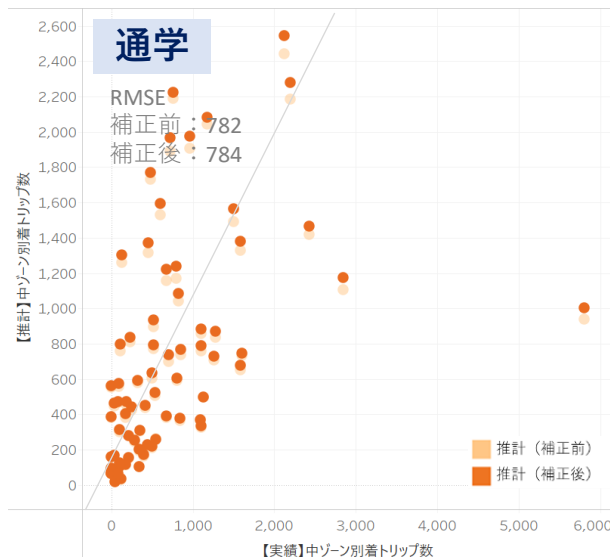
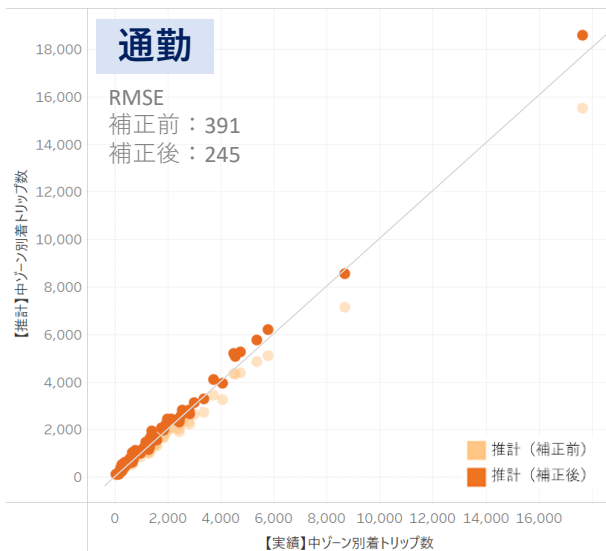
※構成比は都市圏全体のトリップ数を100として各中ゾーンのトリップ数の割合から算出

中ゾーン着トリップ構成比



現況再現性の検証：トリップデータ④ ゾーン別着トリップ数 詳細目的別

- 通勤や通学トリップの再現性は補正前後に関わらず高い。
- 私事の買物や送迎、その他私事では山形駅前や大規模商業施設等のゾーンで乖離が確認される。

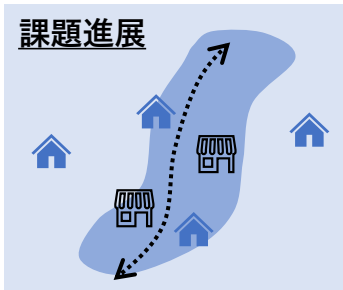


* 詳細は技術検証レポートp213-232を参照

都市構造シナリオ分析：分析の考え方

「現状の都市交通課題が進展した場合」と
「各分野で集約に取り組んだ場合」で、都市構造や暮らしはどのように変化するか？
行政・民間・交通事業者など異なる立場の主体が、コンパクト・プラス・ネットワーク等の都市の目指すべき方向性を共有するために活用可能

シナリオ		2020	2040		
		現況	趨勢	課題進展シナリオ ・ 中心市街地空洞化が進展 ・ バスの運行頻度減少	集約シナリオ ・ 居住集約 ・ 施設集約 ・ バス運行頻度強化
公共交通ネットワーク構築		現況	現況	サービスー	サービス＋
人口配置	誘導区域	現況	趨勢	趨勢	趨勢より増加
	それ以外	現況	趨勢	趨勢	趨勢より減少
商業施設配置	都市機能誘導区域	現況	現況	利用客減により撤退	趨勢より増加
	それ以外	現況	現況	現況	趨勢より減少



都市構造シナリオ分析：シナリオの設定①

課題進展シナリオ

中心市街地空洞化が進展

：都市機能誘導区域の店舗数が減少

<地域毎の店舗数の設定>

	都市機能 誘導区域	それ以外	合計
現状	412	2,450	2,862
課題進展	371	2,450	2,821

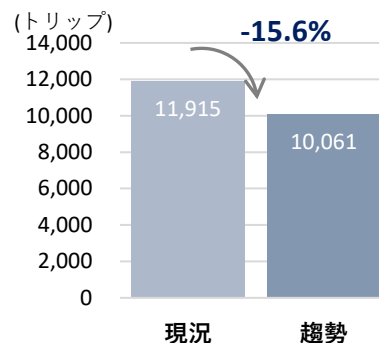
0.9倍

維持

※現状から趨勢で都市機能誘導区域へのトリップ数が約1割減少していることを参考に設定

バスの運行頻度減少

：事業者がバス運行本数を減便



現況から趨勢でのバス
トリップ数の減少率を参考に
全域のバスの運行本数を
0.8倍にする

=待ち時間(端末を含む)を
1.25倍にする

集約シナリオ

居住集約



施設集約



バス運行頻度強化



山形市で策定済みの各計画で位置付けられている取り組みを
シミュレーションの設定に落とし込み

都市構造シナリオ分析：シナリオの設定②

集約シナリオの詳細設定

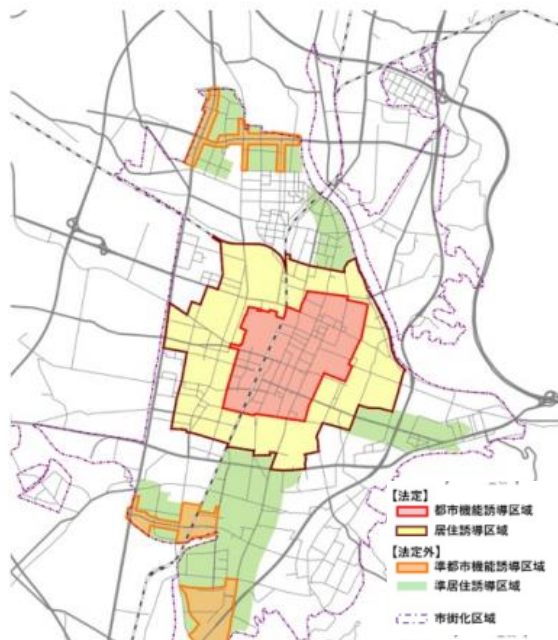
居住集約：誘導区域の人口を維持

< 地域毎の人口の設定 >

	誘導区域	それ以外	合計
現状	44,920	308,087	353,007
趨勢	39,940	266,204	306,144
集約	44,920	261,224	306,144

誘導区域の人口を**維持** 総人口は趨勢に合わせ
それ以外の地域を減少

< 誘導区域の全体図 >



出典：山形市立地適正化計画（令和3年3月）

施設集約：中心市街地の駐車場用地活用等を行い新規出店を誘致
駅前と七日町の商業床面積を増加

< 地域毎の店舗数の設定 >

	都市機能 誘導区域	それ以外	合計
現状	412	2,450	2,862
集約	453	2,409	2,862

店舗数を**1.1倍** 総店舗数は現状に合わせて
それ以外の地域から減少



駅前と七日町に商業床面積を**10,000㎡増加**
(シミュレーション上は大型商業施設で表現)

出典：山形市中心市街地グランドデザイン（令和4年11月）

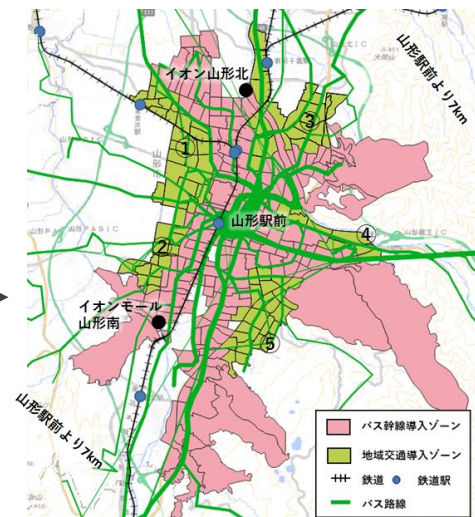


バス運行頻度強化

：バス幹線の運行頻度を増加

幹線沿線（右図のピンクのエリア）を通過
するバス系統等の運行本数を**1.25倍**（**バス
待ち時間を0.8倍**）

※公共交通シナリオの設定と同様のため
詳細はp49を参照



出典：国土地理院ウェブサイト

<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html#pale>

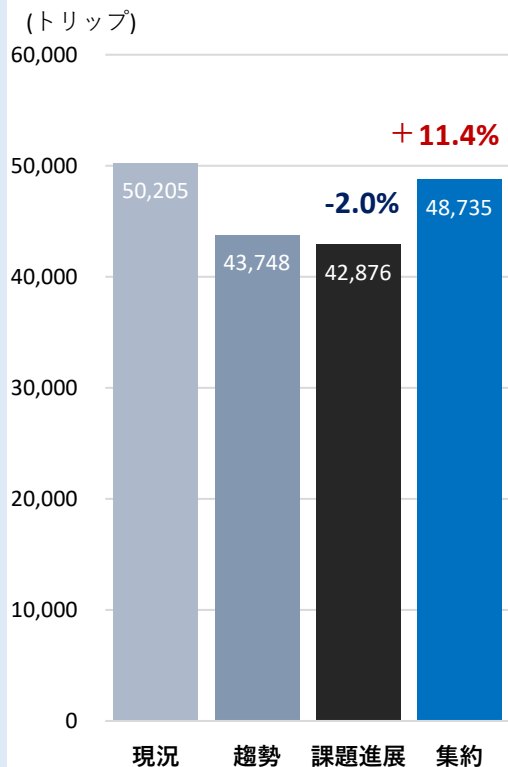
都市構造シナリオ分析：分析結果①

まちの持続可能性

① まちなかに人が集まっているか？ どの手段で来ているか？

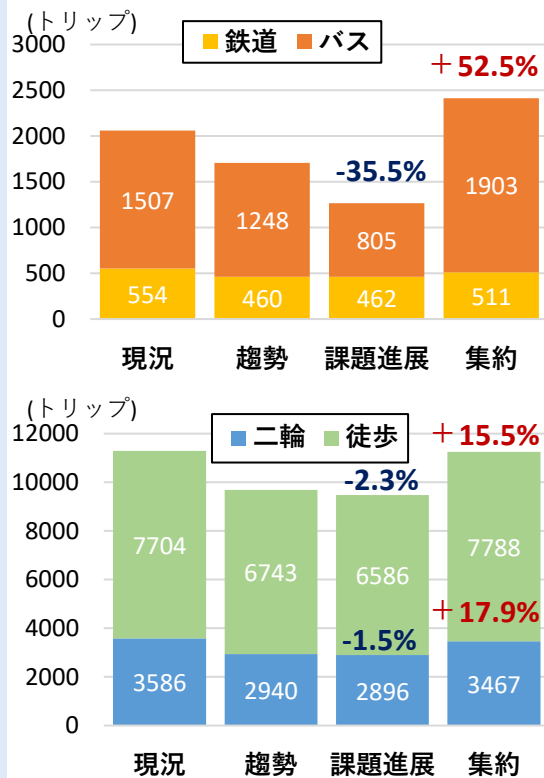
中心市街地へのトリップ数

課題進展シナリオでは微減し、
集約シナリオでは趨勢より大幅に
改善される



中心市街地への手段別トリップ数

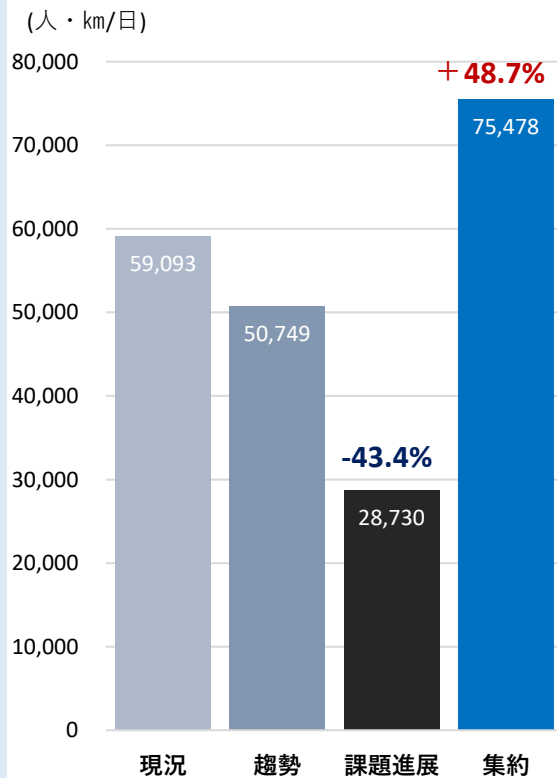
集約シナリオではバスが約5割、
自転車2割、徒歩が約15%来訪ト
リップ数が増える



② 路線バスは持続的に運行可能か？

バス輸送人キロ

課題進展シナリオでは趨勢より4割減少し、
さらにサービス維持が難しくなる。集約
シナリオでは5割増加し、現況を上回る。



※中心市街地：都市機能誘導区域とする
※帰宅を除く

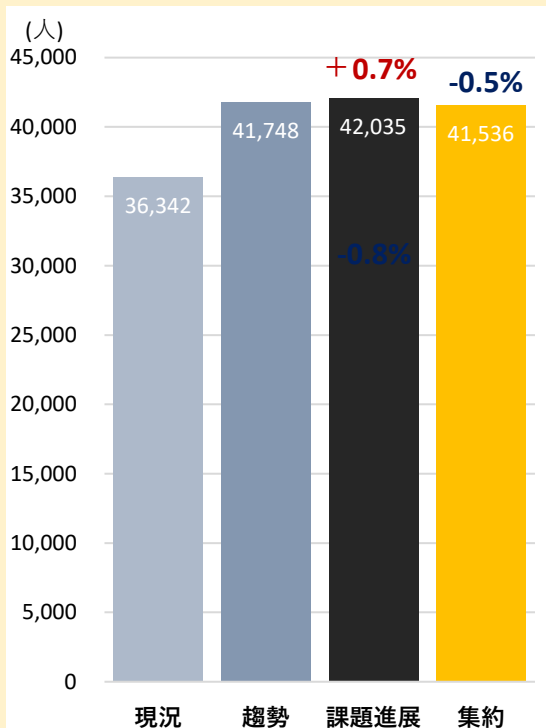
都市構造シナリオ分析：分析結果②

暮らし

③高齢者が外出・活動できているか？

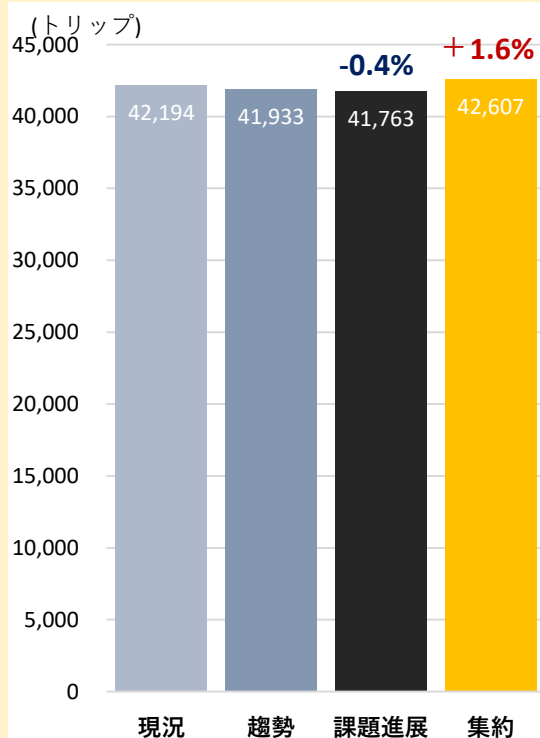
外出しない高齢者数

現況から趨勢にかけて急増するが、集約シナリオでは0.5%ほど増加が抑えられる



高齢者の買物トリップ数

課題進展シナリオでは微減するが、集約シナリオでは1.6%増加し、活動的な高齢者が増加することが示されている。



④免許がなくても移動できるか？

免許なしの人の手段別移動回数

集約シナリオではバスの移動が4割以上増加し、自動車の移動が2%減少する。自動車による送迎から他の手段への転換が見られる。



※65歳以上を高齢者とする

※都市機能誘導区域の居住者のグロス原単位

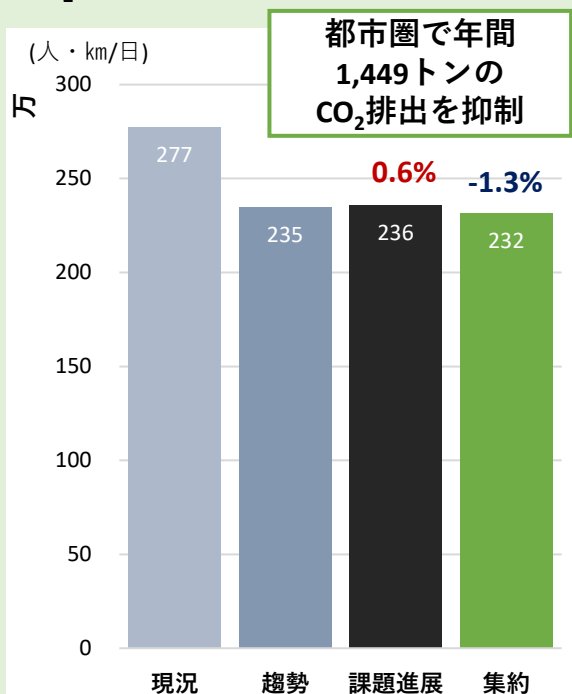
都市構造シナリオ分析：分析結果③

環境

⑤CO₂排出は抑えられるか？

自動車輸送量と年間のCO₂排出量

集約シナリオでは約1.3%自動車輸送量が減少し、これは年間で約1449トンのCO₂を抑制している



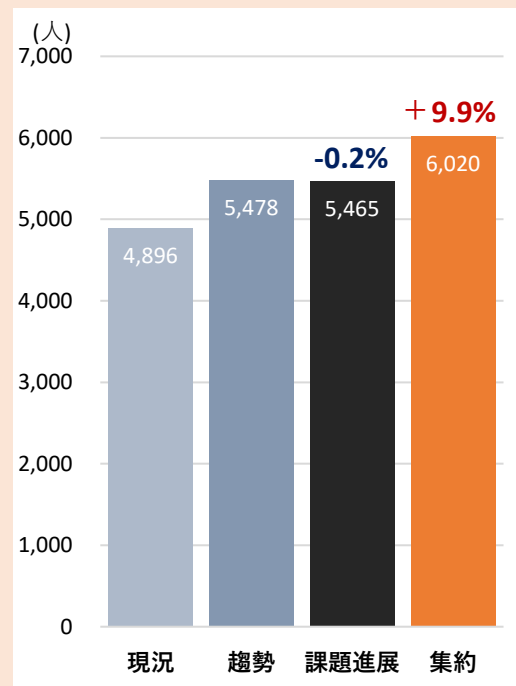
※ゾーン間の直線距離にキロあたりのCO₂原単位 (128g/人キロ) を乗じて算出
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sose_i_environment_tk_000007.html

健康

⑥徒歩で生活できる人の数は？

中心市街地に住んでいる高齢者

集約シナリオでは約10%増加し、徒歩圏で生活できる人口が増えていると考えられる



※「代表交通手段の徒歩(トリップ長)」 + 「バス端末徒歩(アクセス300m、イグレス300m)」 + 「鉄道端末徒歩(アクセス1201.1m、イグレス1283m *H29山形PT実績データより)」

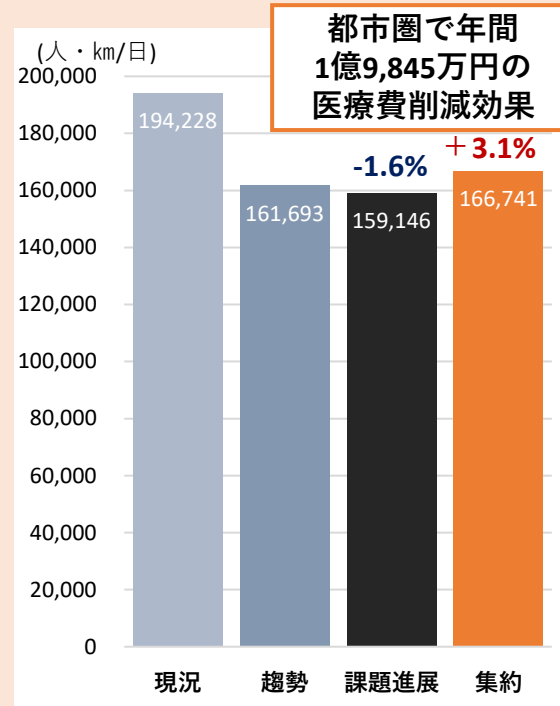
※歩行による医療費削減効果は0.07円/歩とする <https://www.mlit.go.jp/common/001175121.pdf>

※徒歩1kmあたりの歩数は1538.5歩とする <https://www.mlit.go.jp/common/001175121.pdf>

⑦医療費は削減されるか？

歩行距離と医療費抑制効果

集約シナリオでは都市圏の歩行距離が約3%増加し、これは年間で約1億9,845万円の医療費削減効果がある



※1日当たり都市圏全体の歩行キロ

都市構造シナリオ分析：分析まとめ

都市交通施策の目標		評価指標	課題進展シナリオ	集約シナリオ
まちの持続可能性	①まちなかに人が集まっているか？ どの手段で来ているか？	中心市街地へのトリップ数	× (42,876トリップ -2.0%)	◎ (48,735トリップ +11.4%)
		中心市街地への来訪手段	× (バス 805トリップ -35.5%) (二輪 2,896トリップ -1.5%) (徒歩 6,586トリップ -2.3%)	◎ (バス 1,903トリップ +52.5%) (二輪 3,467トリップ +17.9%) (徒歩 7,788トリップ +15.5%)
	②路線バスは持続的に運行可能か？	バス輸送人キロ	× (28,730人km -43.4%)	◎ (75,478人km +48.7%)
暮らし	③高齢者が外出・活動できているか？	外出しない高齢者数	△ (42,035人 +0.7%)	○ (41,536人 -0.5%)
		高齢者の買物トリップ数	△ (41,763トリップ -0.4%)	○ (42,607トリップ +1.6%)
	④免許がなくても移動できるか？	免許なしの人の手段別移動回数	× (バス 0.05回/日 -30.9%)	◎ (バス 0.10回/日 +42.7%)
環境	⑤CO ₂ 排出は抑えられるか？	自動車輸送量と年間のCO ₂ 排出量	△ (236万人km 0.6%)	○ (232万人km -1.3%)
健康	⑥徒歩で生活できる人の数は？	中心市街地に住んでいる高齢者	△ (5,465人 -0.2%)	◎ (6,020人 +9.9%)
	⑦医療費は削減されるか？	歩行距離と医療費抑制効果	△ (159,146人km -1.6%)	○ (166,741人km +3.1%)

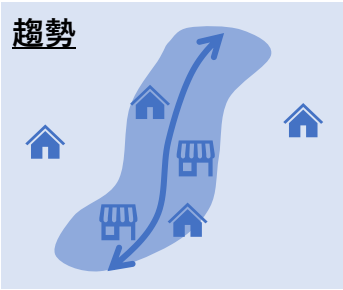
※各項目の変化率は趨勢シナリオからの変化率を表す。また、◎、○、△、×は趨勢シナリオとの変化率で評価。趨勢シナリオよりやや改善している場合は"○"、改善している場合は"◎"、やや悪化している場合は"△"、悪化している場合は"×"とした。

公共交通シナリオ分析：分析の考え方

予算制約のもとで都市圏の将来課題に対応するため、
公共交通のネットワーク構築に関する2種類の施策のトレードオフを評価
必要となる投資量を同水準とした場合に、**どちらの施策がより効果的かを評価可能**



シナリオ		2020	2040		
		現況	趨勢	幹線交通強化 ・バス幹線の導入	地域交通強化 ・公共交通不便地域への デマンド型サービスの導入
公共交通 ネットワーク構築	バス幹線	現況	現況	サービス+	現況
	地域交通	現況	現況	現況	サービス+
人口配置	夜間人口	現況	趨勢	趨勢	趨勢
	従業人口	現況	趨勢	趨勢	趨勢



人口データ出典：国土数値情報 500mメッシュ別将来推計人口データ（H30国政局推計）

公共交通シナリオ分析：シナリオの設定

それぞれ年間約5,000万円程度の投資を行うと仮定して
各シナリオのサービス水準を設定

幹線交通

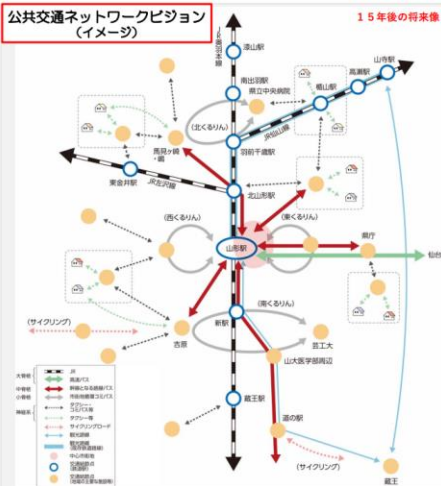
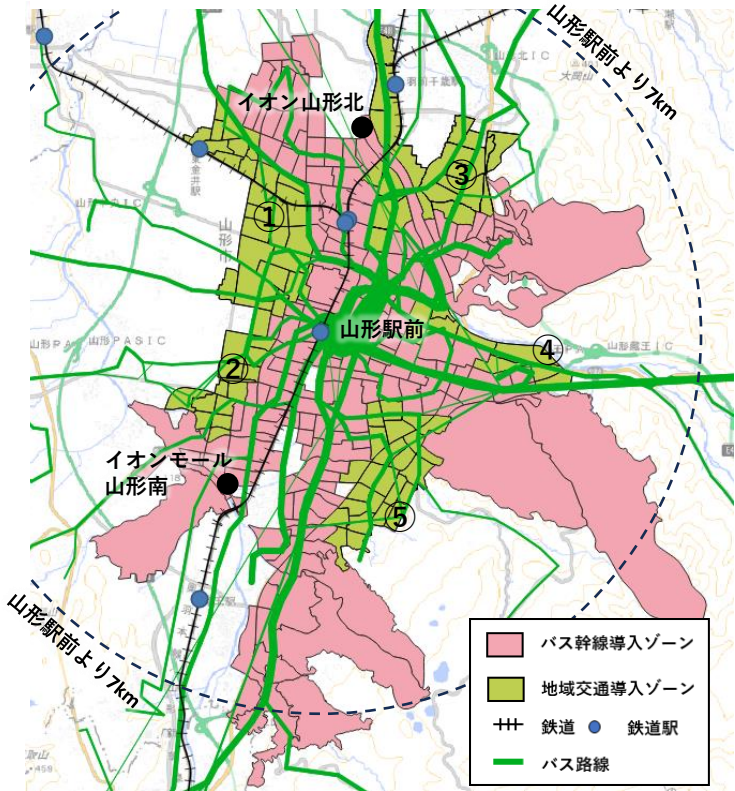
- ・ **幹線バスの運行本数増加**：山形市地域公共交通計画を参考に対象バス停を設定し、バス停300m圏にかかる小ゾーンを抽出
- ・ 対象小ゾーンを通過するバス系統*の**運行本数を1.25倍**（待ち時間を**0.8倍**に）

*7km以上の長距離路線は除く

地域交通

- ・ **フルデマンドタクシー導入**：幹線バスのエリアから外れる人口密度20人/ha以上の小ゾーンから5地区*を抽出
- ・ 地区内のゾーン間の**所要時間を自動車と同じに**
- ・ **事前予約の抵抗も含め待ち時間を10分に**
- ・ 運賃：同一地区内（①～⑤のそれぞれ）500円均一
- ・ 幹線バス路線への接続を表現（幹線交通ゾーンのバスの端末アクセス時間を5分に等）

*抽出において地区内における目的地の有無は考慮していない



出典：国土地理院
<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html#pale>

出典：
山形市地域
公共交通計画
令和3年3月

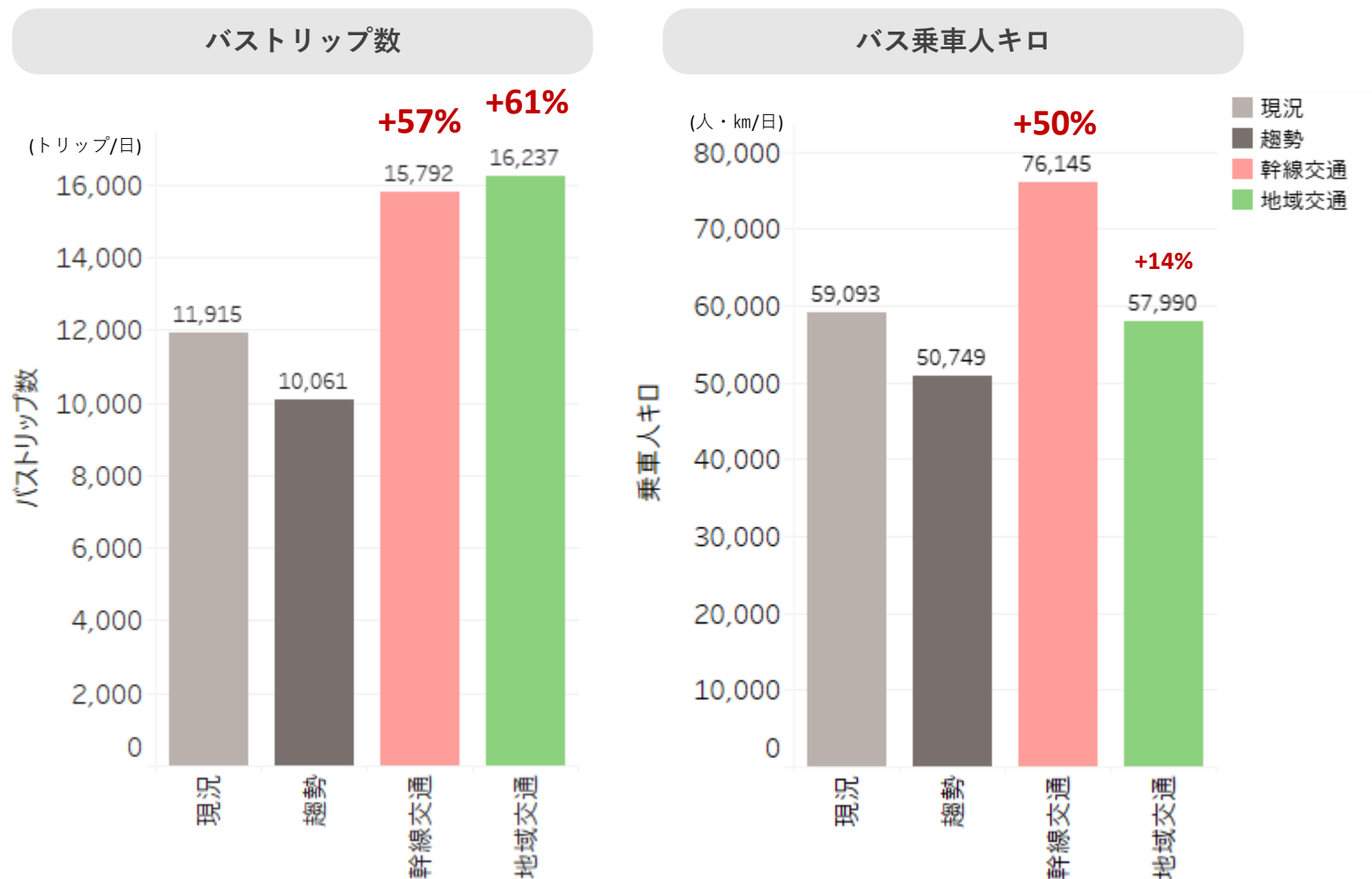
サービス	費用項目	導入地区数	運行キロ (km/日)		運行 日数	原価	合計 (万円/年)
			距離 (km)	運行本数 (本/日)			
幹線バス	運送費	1	580.9		365	282.78 (円/km)	5,996
デマンド タクシー	運送費 (タクシー参考)	5	10	10	365	182.09 (円/km)	3,323
	オペレータ人件費	5	-	-	365	7,200 (円/日)	1,314
	システム費用	5	-	-	365	4,000 (円/日)	730
	合計						5,367

幹線バスの原価：乗合バス（東北運輸局管内平均）

デマンドタクシーの原価：タクシー（全国中核都市平均）＋オペレータ人件費及びシステム費用
（柳川他、http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201511_no52/pdf/52-0184.pdf）

公共交通シナリオ分析：分析結果①

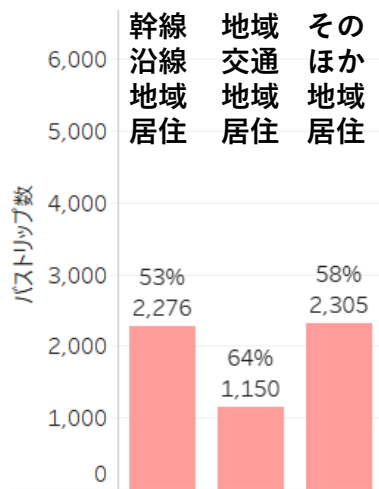
- ・ 幹線交通施策及び地域交通施策のバストリップ数は、趨勢と比較して5割以上増加している。
- ・ 一方で、バスの乗車人キロは地域交通施策では14%と微増であり、地域内等での短距離でのバス利用が増加していると考えられる。



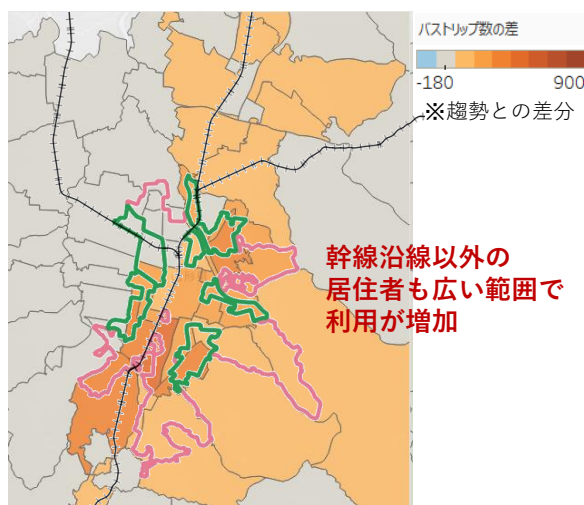
公共交通シナリオ分析：分析結果②

- 幹線交通施策では幹線沿線居住者だけでなく周辺居住者のバス利用も増え、地域交通施策では地域交通沿線居住者のバス利用が大きく増加
- 行先にも違いがあり、幹線交通施策では山形駅前へのバス利用が最も多く増加している

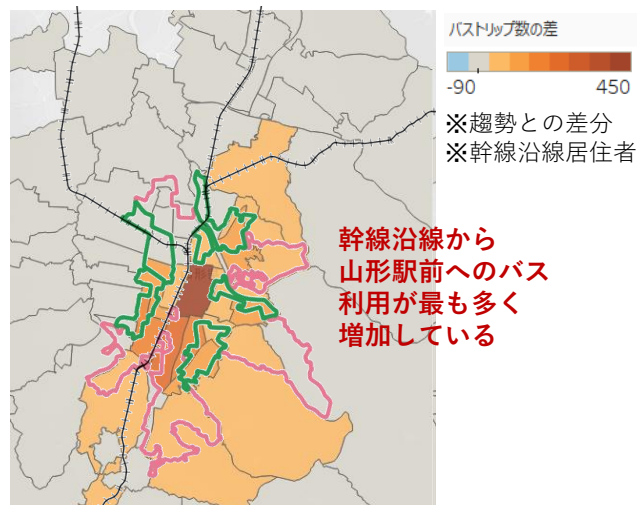
居住地域別の
バストリップ数の変化



居住ゾーン別の
バストリップ数の変化

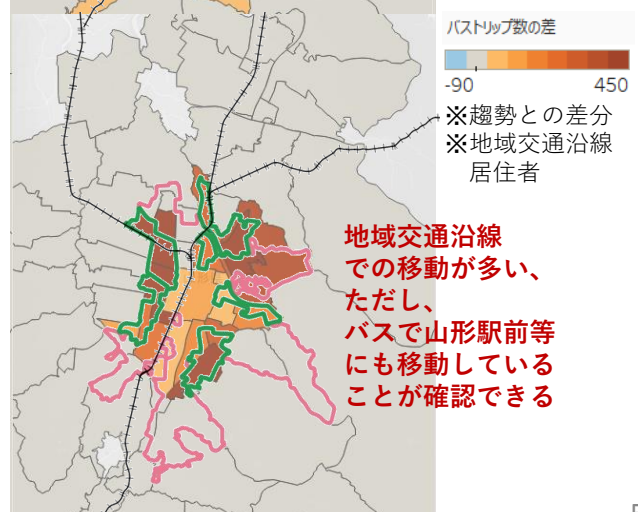
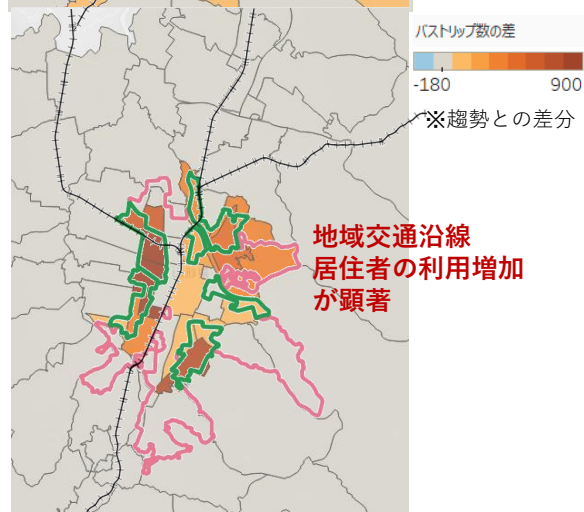
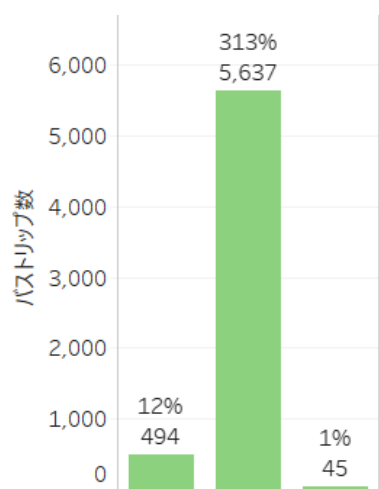


到着ゾーン別の
バストリップ数の変化



幹線
交通
施策

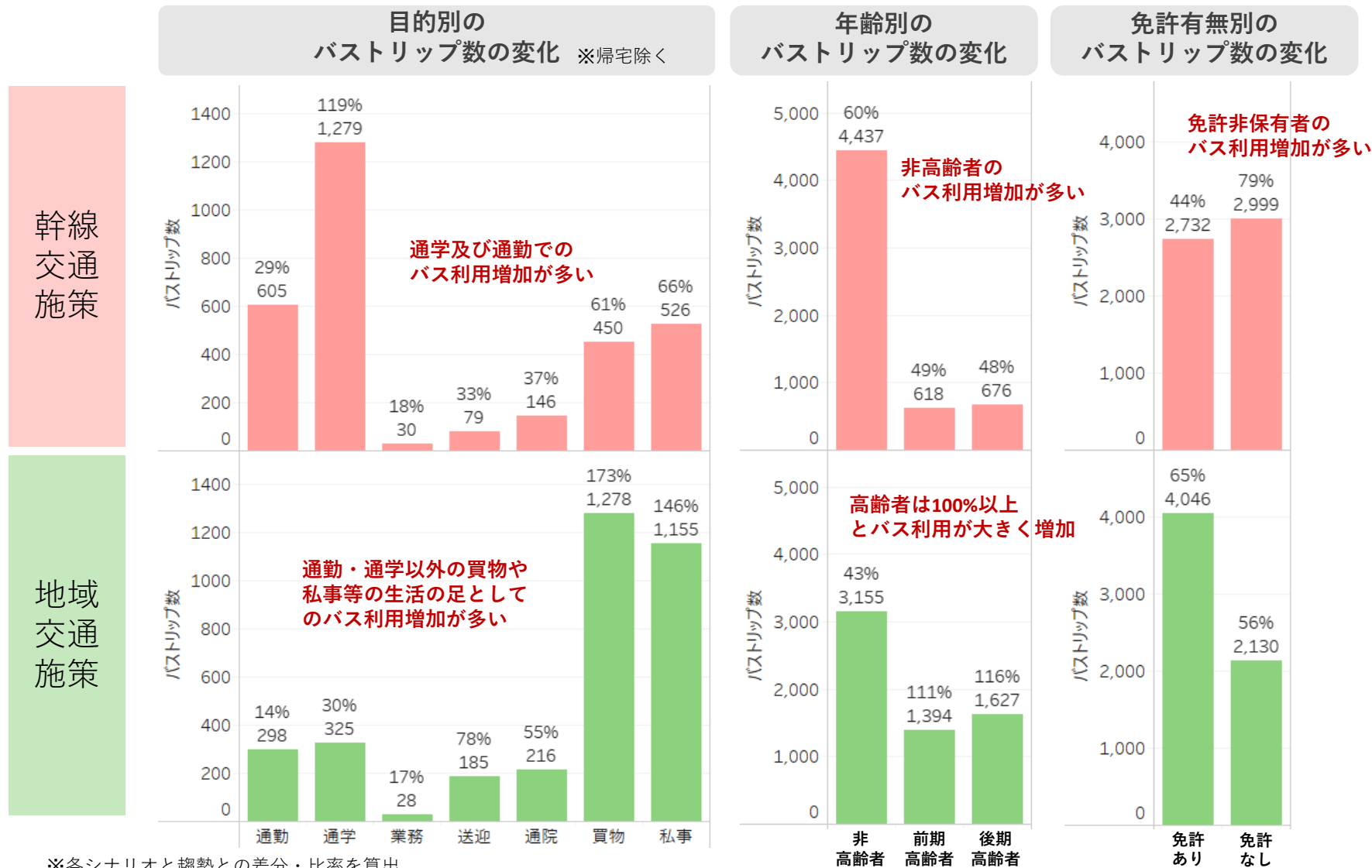
地域
交通
施策



※各シナリオと趨勢との差分・比率を算出

公共交通シナリオ分析：分析結果③

- 幹線交通施策では通学での利用増加が多く、年齢としては非高齢者のバス利用増加が多くなっている。
- 一方で、地域交通施策では、通勤・通学以外の買物や私事等の生活の足としてのバス利用が増加しており、高齢者のバス利用が大きく増加している。



公共交通シナリオ分析：分析まとめ

項目		幹線交通施策シナリオ	地域交通施策シナリオ
山形都市圏全体のバス利用	バストリップ数	○ 趨勢よりも57%増加	○ 趨勢よりも61%増加
	バス乗車人キロ	○ 趨勢よりも50%増加	△ 趨勢よりも14%増加
居住地別到着地別のバス利用	幹線交通沿線 居住者のバス利用	○ 趨勢よりも53%増加	△ 趨勢よりも12%増加
	地域交通沿線 居住者のバス利用	○ 趨勢よりも64%増加	◎ 趨勢よりも313%増加
	山形駅前への バス利用	○ 山形駅前への利用が多く増加	△ 山形駅前への利用がやや増加
目的や年齢ごとのバス利用	通勤通学目的	○ 趨勢からの増加の大部分が 通学及び通勤	△ 幹線交通施策と比較すると 通勤通学の増加は少ない
	私事目的	△ 私事目的系の増加は 相対的に少ない	○ 買物や私事等での利用が 相対的に多く増加
	高齢者	△ 非高齢者の増加が相対的に多い	○ 高齢者のバス利用が 趨勢から100%以上増加

※◎、○、△はシナリオ間での相対評価。基本的には、効果大きい方を“○”、小さい方を“△”とし、同程度の場合は両方“○”とした。突出して効果が出ている項目に関しては“◎”とした。



乗車人キロの増加が大きく、
通学通勤利用や山形駅前利用等、
比較的**需要が大きい部分を
伸ばす効果が大きい**



対象地域に住んでいる人の
バス利用が大きく伸びており、
**買物等の生活の足を
支える面での効果が大きい**

検討結果のまとめと 今後の方向性

現況 データ 生成

検討結果のまとめ

- 外出率や目的別トリップ数、交通手段分担率等の**都市圏全体の移動特性は、補正前でも傾向を表現**
- さらに**補正することにより都市の移動特性・トリップ数の実態に近づける**ことが可能
- **特定目的や特定施設**へのトリップの表現、**公共交通等**の都市全体の中でのボリュームが少ない移動の**表現は課題**

シナリオ 分析

- コンパクト・プラス・ネットワーク等の都市全体の取り組みに対する、**まちの持続可能性、暮らし、環境、健康等の観点での評価**は実施可能
- 都市レベルでの公共交通シナリオ分析（幹線交通と地域交通の違い）に関して、**居住地や行先、目的や利用属性の観点から分析**可能（ただし、ゾーン単位のみ）

検討課題

- **ケーススタディ適用地域を増やし**、再現性の検証を積み重ねることで、より一般的な再現性及び補正方法の知見を得る
- **目的地選択等のモデルの改善**により、特定目的や特定施設への移動を表現できるようにする
- **交通系にカードデータ等**の移動実態データを想定した、**補正方法**を検討する
- **ケーススタディ適用地域を増やし**、ほかの施策での活用例、新たな評価指標、実際の施策による変化との比較検証などを積み重ねる必要がある
- モデル推定に用いる**公共交通サンプルの充実、公共交通配分手法との組み合わせ**等により、より詳細な公共交通等の検討に活用できるように拡充

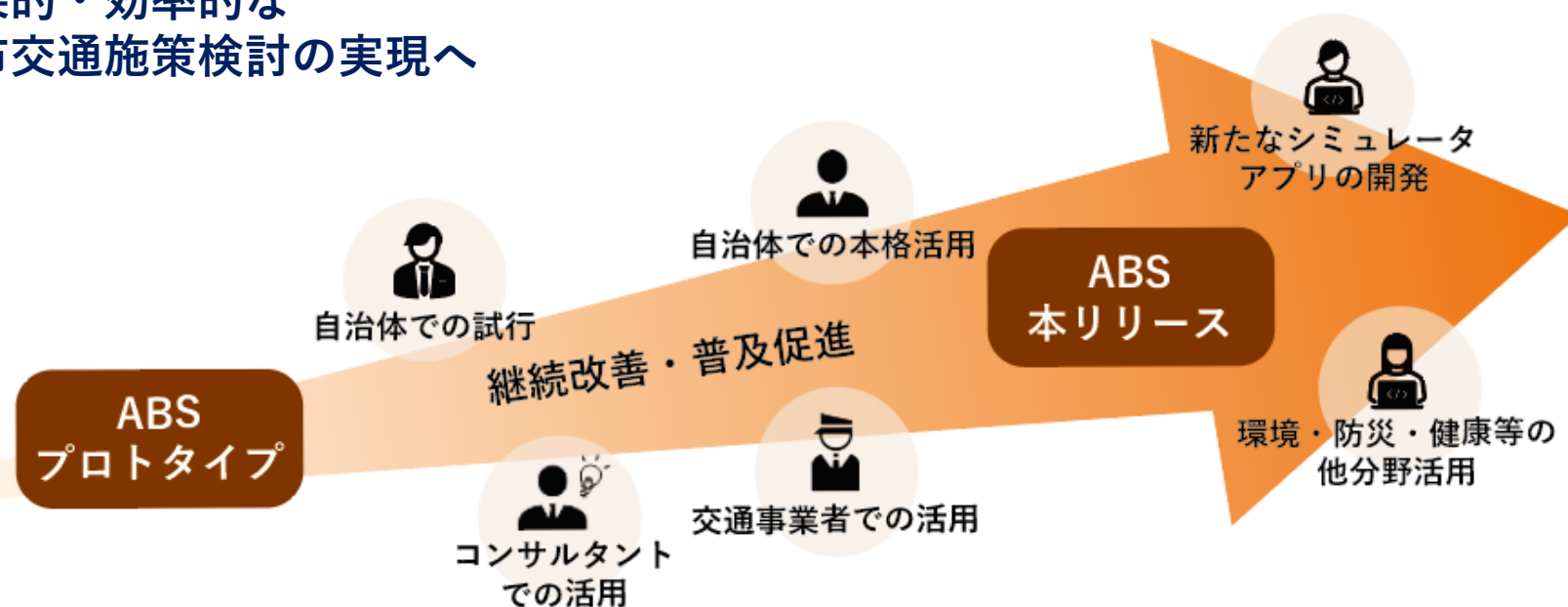
参考：各モデルや補正のこれまでの到達点と検討課題

		これまでの到達点	想定される改善内容	検討課題
個人データ生成モデル		 - 属性（就業や免許保有）等の構成比を概ね再現できるモデルを作成 - 都市別の免許保有状況等には改善の余地あり	- 都市特性を考慮した属性付与モデル（ベイジアンネットワーク）の改良 - 通学先モデルの改善	- 左記の改善検討 - 都市間の汎化性を検証
ABM	移動発生	 - 属性（就業や免許保有）等によるトリップパターンを概ね再現できるモデルを作成 - 時間選択等の精査、モデル構造等には改善の余地あり	- ゾーン等による活動時刻・時間の異質性等の考慮 - ツアー・立ち寄り型のモデル構造自体の検討・評価	- 左記の改善検討 - 都市間の汎化性を検証
	目的地	 - 私事計のレベルでは概ね再現可能だが、買物等の詳細目的の再現には課題 - 大規模商業施設・中心市街地の再現性・施策感度にも課題あり	- 大規模施設・中心市街地の変数の改善 - 選択肢集合の絞り込みによる再現性の改善 - 選択肢の空間的相関の考慮	選択肢集合の設定、相関加味等による再現性及び感度の改善
	交通手段	 - 潜在クラスモデルで、都市間の汎化性を向上させつつ、属性毎の感度の違いを表現できることを確認 - 公共交通のサンプル数の少なさが課題であり、サンプリングを含めて検討が必要	- バス利用のある地域のサンプルを重点的に取得する等の全国PTのサンプリングの工夫 - SMOTE等の小サンプルを合成的に増やす手法の適用	- 全国PTの公共交通サンプル（都市・サンプル数）のサンプリング方法の検討 - 次回の全国PTデータを用いたモデルの改善
補正		 - トリップ数、外出率等のボリューム的な指標は改善可能 - 公共交通の利用目的や利用パターンの再現に課題 - トリップパターンが崩れる課題	- 公共交通利用者数（交通系ICカードを想定）による補正 - トリップパターンを補正断面に加えた検討	トリップパターンや公共交通利用者数を加えた補正の検証

普及促進に向けた今後の方向性

- アクティビティ・ベースド・シミュレータの本格的な公開に向けて、継続的な改善及びケーススタディの蓄積を行うとともに、普及促進を図っていく。
- 本シミュレータを自治体等に活用してもらうだけでなく、民間等の多様な主体が、他分野での活用や、本シミュレータを参考にした新たなシミュレータの開発等を行っていくことで、効果的・効率的に都市交通施策を検討できる世界の実現を目指す。

全国の各都市において
シミュレーション技術を活用した
効果的・効率的な
都市交通施策検討の実現へ



プロトタイプ版シミュレータの貸出

- 改善に向けたフィードバック、シミュレータの普及促進を兼ねて、希望者にはプロトタイプ版のシミュレータを貸出する。

プロトタイプ版シミュレータの活用イメージ

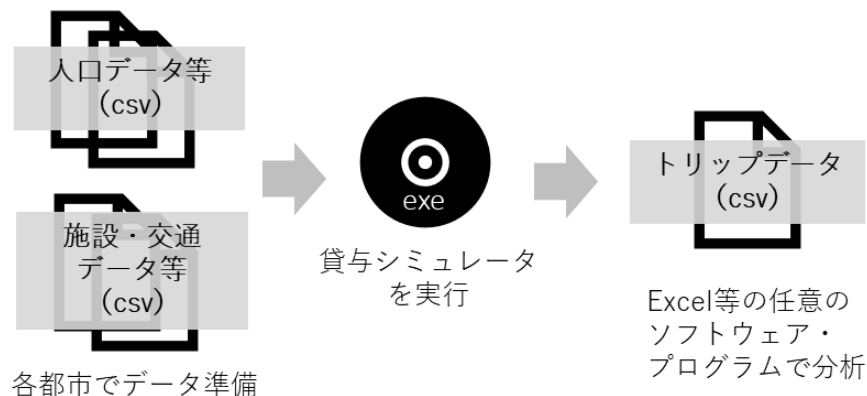
利用者	活用イメージ	フィードバックの例
 ○○市 □□県	立地適正化計画の見直しを行うために、現況の人の移動実態を効率的に把握したい※	現況分析や課題把握への活用可能性、既存のPT調査データ等と比較した課題
 ●● コンサル	公共交通施策の内容や実施エリアの優先順位の検討のため、シミュレータを活用したい	どのような施策の評価に活用できそうか、シミュレータの利便性
 ■■ 交通	将来的な利用者の動向を分析し、自社の中期的な戦略の検討に活用したい	どのような指標が有効であったか、どのような指標が出せると望ましいか

※プロトタイプ版のため、現況推計データとしての活用を想定される場合は、別途調査実施やデータ購入等もご検討いただくことを推奨します

シミュレータの利用方法

- ① インプットデータ（人口データ、施設データ、交通サービスデータ等）の準備
- ② 貸与したシミュレータ（個人データ生成モデル、アクティビティ・ベースド・シミュレータ）を実行
- ③ 出力されたトリップデータ（CSV形式）を使って各自分析

※補正用プログラムはプロトタイプ版には含まれていません



今後の検討スケジュール（案）

- モデル改善及びケーススタディ対象地域を増やししながら、継続的な改良を行う。
- また、プロトタイプ版のシミュレータは希望者に貸出をし、フィードバックを受け改善に活かすとともに、普及促進に向けた機運醸成も同時に行っていく。

