

活用編②： シミュレーション活用に関する解説

一般財団法人 計量計画研究所
データサイエンス室 石井 良治

活用編②：シミュレーション活用に関する解説

はじめに

本解説では、都市交通調査ガイダンスの「活用編」のシミュレーション部分に焦点をあてて説明します。

▼表 ガイダンスの全体構成とねらい

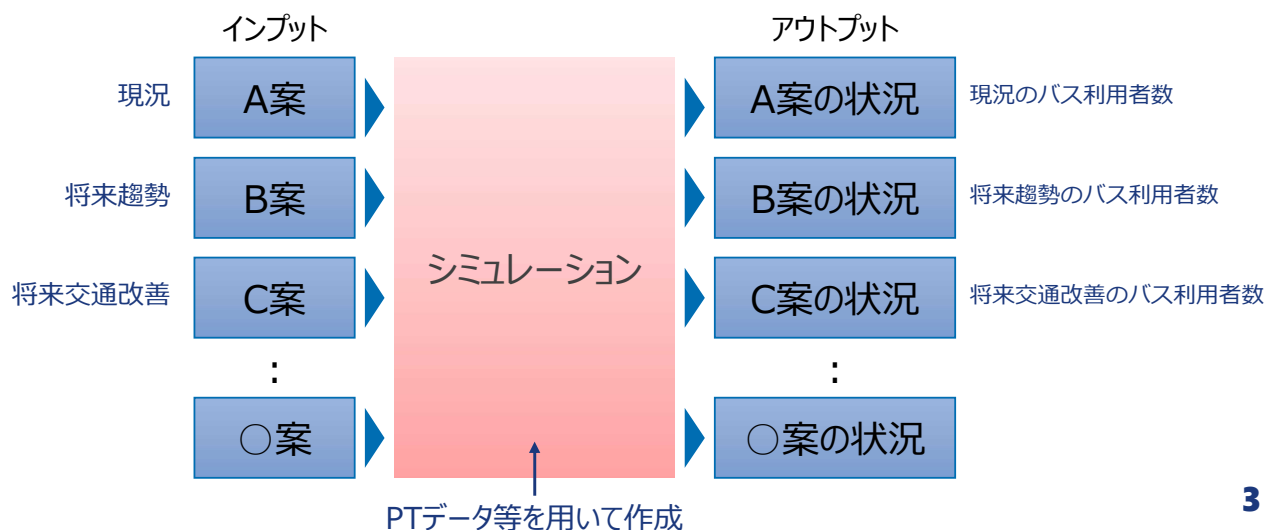
構成	ねらい
第Ⅰ部 導入編	都市交通調査の実施を検討する地方公共団体等に対して、都市交通調査の必要性、有効性等を解説
第Ⅱ部 調査編	パーソントリップ調査を中心とした実態調査の設計、準備、実施、データ整備、公表等に関する基本的な考え方、標準的な手順、留意事項などを解説
第Ⅲ部 活用編	計画立案や施策検討等におけるパーソントリップ調査データやその他データ等の活用の考え方や方策等について解説

本解説の目次

- ・ シミュレーションとは？
- ・ 定量的な評価の意義
- ・ シミュレーションの適用：広域的な人の流動
 - ・ 四段階推定法
 - ・ アクティビティ・ベースド・モデル
- ・ シミュレーションの適用：分野別の事例
- ・ 現況推計としてのシミュレーション活用
- ・ シミュレーション適用上の留意点

シミュレーションとは？

- ・ 将来や施策後の影響を把握するツール
 - ・ 将来の人々の行動がどうなるか？
 - ・ 施策を実施すると人々の行動はどう変化するか？
- ・ 個人の属性や都市の状況により異なる交通行動をシミュレーション上で表現



定量的な評価の意義

数値予測をする

政策のトレード
オフを理解する

将来起こりうる
変化を知る

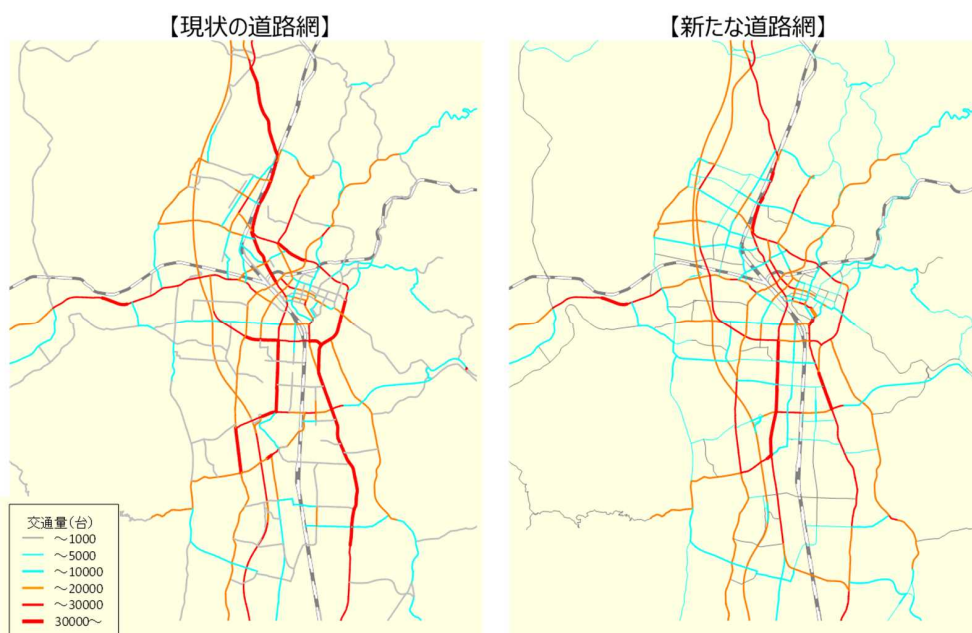
インフラ整備
水準の検討等

施策の
代替案評価

将来課題の
把握・共有

インフラ整備水準の検討への活用イメージ

- 道路網整備後の交通量を予測することで、道路網や道路の整備水準の検討へ活用



施策の代替案評価への活用イメージ

- 複数の都市構造に関して、多様な視点から評価

都市計画の目標	評価指標 (素案)	シナリオ		
		都市構造A	都市構造B	都市構造C
経済	広域的な商業業務機能の強化	○ (32万トリップ)	○ (32万トリップ)	○ (32万トリップ)
	産業力の強化	○ (34.1%)	— (34.4%)	△ (35.2%)
	交流を軸とした活力・魅力の強化	○ (99万人)	— (97万人)	△ (94万人)
社会	安全で安心できる生活	○ (85万人)	— (82万人)	△ (78万人)
	三次医療施設15分カバー人口	○ (85万人)	— (82万人)	△ (78万人)
	交通事故損失額	○ (460億円/年)	— (464億円/年)	△ (468億円/年)
	多様性のある地域コミュニティ	○ (集約的に住むことで年齢の偏りが生じにくくなる)	—	△ (低密度に広がる△、郊外部で高齢化した市街地が形成される恐れ)
	誰もが都市機能を楽しめる環境の充実	○ (鉄道駅から1.5km圏域人口割合)	— (71.8%)	△ (65.5%)
	アメニティの向上と歴史・文化の保全	△ (高質なため、オープンスペースが確保しにくくなる恐れ)	—	○ (オープンスペースが確保しやすい)
	健全な財政の維持	○ (集約的に住むことで公益施設にアクセスし易い)	—	△ (郊外部では公益施設にアクセスしにくくなる恐れ)
環境	自然環境の保全・活用	○ (市街化調整区域に残された自然が保全され、水と緑のネットワーク形成に寄与)	○ (市街化調整区域に残された自然が保全され、水と緑のネットワーク形成に寄与)	△ (市街化調整区域に残された自然が保全され、水と緑のネットワーク形成に寄与)
	都市活動の低炭素化	○ (1,407t-CO2)	— (1,422t-CO2)	△ (1,440t-CO2)
	良好な生活環境の形成	○ (NOx:2,599kg,SPM:235kg)	— (NOx:2,627kg,SPM:235kg)	△ (NOx:2,663kg,SPM:238kg)

都市構造A：南北の鉄道を軸とした都市構造
都市構造C：郊外の開発を許容した都市構造

都市構造B：平坦な密度分布の都市構造

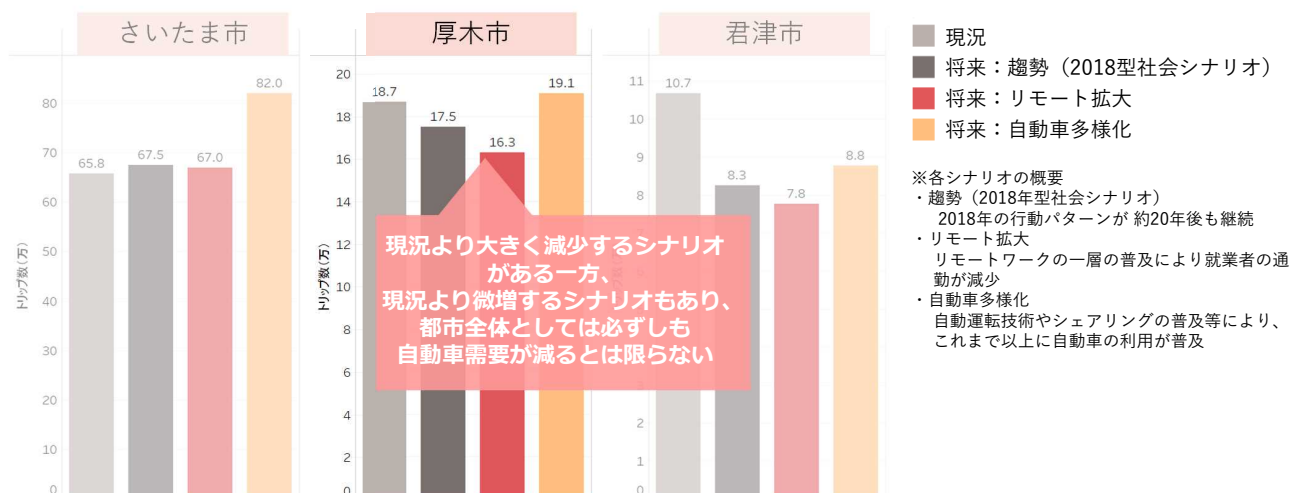
出典：さいたま市「持続可能なまちづくりに向けた今後のさいたま市の都市計画のあり方都市づくりの基本方針（平成23年11月）」

6

将来課題の把握・共有への活用イメージ

- 想定されうる将来シナリオによって、自動車トリップ数の変化が異なり、将来課題が変わってくることを把握

▼ シナリオによる自動車トリップ数の変化



資料：東京都市圏交通計画協議会「東京都市圏ACTの紹介」を基に加工

7

定量的な評価の意義

数値予測をする

政策のトレード
オフを理解する

将来起こりうる
変化を知る

インフラ整備
水準の検討等

- 数値を予測することで、道路や鉄道のインフラ整備計画や収支計算の根拠として利用する

施策の
代替案評価

- 多面的な指標で評価し、施策のトレードオフを理解する
- 施策Aは暮らしは便利になるが環境負荷がかかる、一方で施策Bは環境での改善は見られるが、都市経営のコストが増加する等

将来課題の
把握・共有

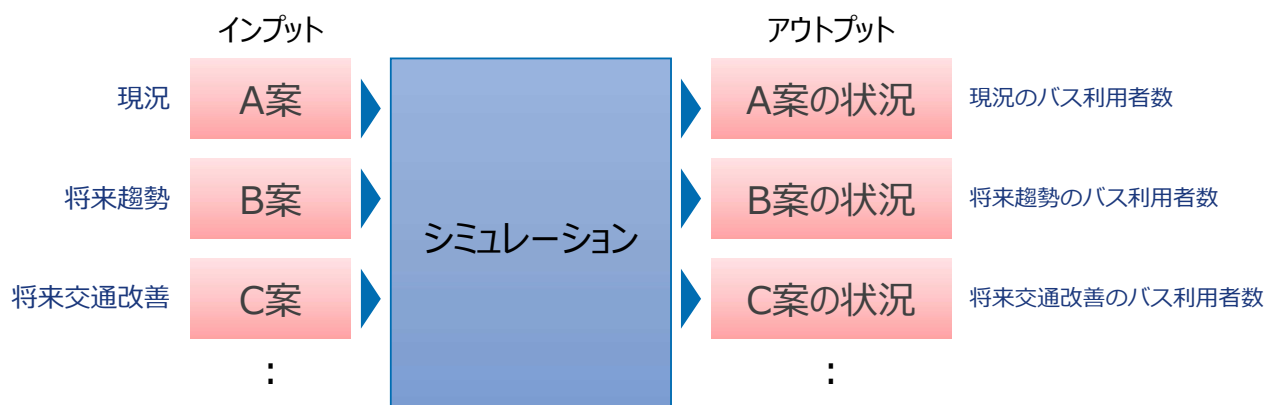
- 将来、どのような変化が起こるか課題を把握する
- さらに多様なシナリオの変化を幅でみることで、都市における脆弱な点などを明らかにする

**課題把握や施策の優先度の検討の材料、
関係者での共通理解醸成や合意形成への活用**

8

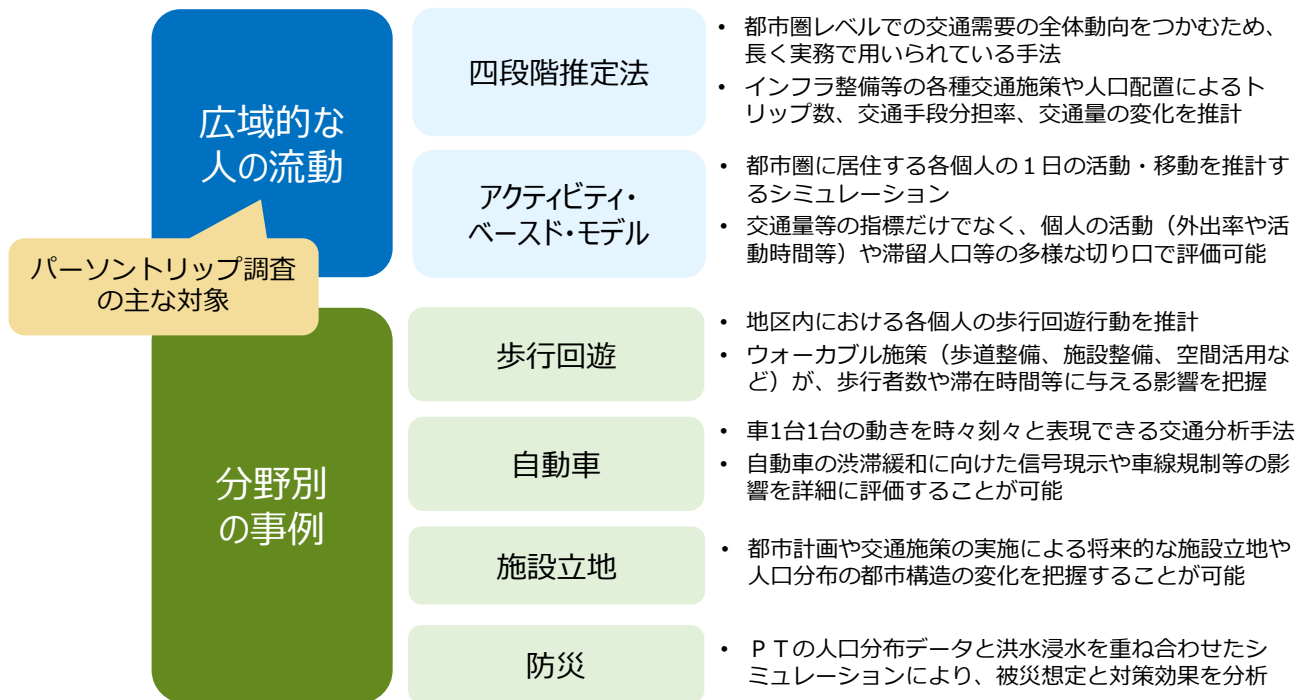
シミュレーション活用前に決定すべき事項

- インプットの前提条件（年次、将来の想定、対象施策等）、アウトプットとして算出したい指標（目標）を明確にする
- シミュレーションの種類によってインプットやアウトプットが異なってくるため、上記の事項を明確にした上で、適切なシミュレーションを選択する必要がある



9

シミュレーションの適用分野



10

①四段階推定法

四段階推定法（四段階推計法）の考え方

- 都市圏全体の交通量を4つのステップに分けて推計
→ 最終的には幹線交通施設の交通量を予測
- 交通需要の全体動向をつかむための実用的な方法であり、古くから実務で用いられてきた手法

開発の経緯

- 1950年代にアメリカで開発され、広島都市圏（1967年）、東京都市圏（1968年）のパーソントリップ調査において本格的に適用
- その後全国に普及し様々な改良が加えられ現在に至る

11

①四段階推定法

代表的なアウトプット

OD表

- どのゾーンから、どのゾーンへ、どれだけのトリップがあるのかを集計したもの
- 目的別（通勤、通学、業務、私事等）や交通手段別（自動車、鉄道、バス等）に算出
- 交通手段分担率等も算出可能

O \ D	ゾーン1	ゾーン2	ゾーン3	合計
ゾーン1	450	180	220	850
ゾーン2	180	330	130	640
ゾーン3	220	130	280	630
合計	850	640	630	2,120

※OD=Origin & Destination（出発地と目的地）

交通量配分結果

- 自動車の場合はリンク単位での交通量や混雑度、旅行速度等を算出可能

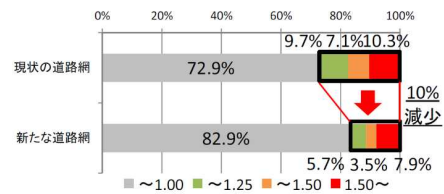


図 23 混雑度ランク別延長



図 24 市街地環状道路内混雑状況

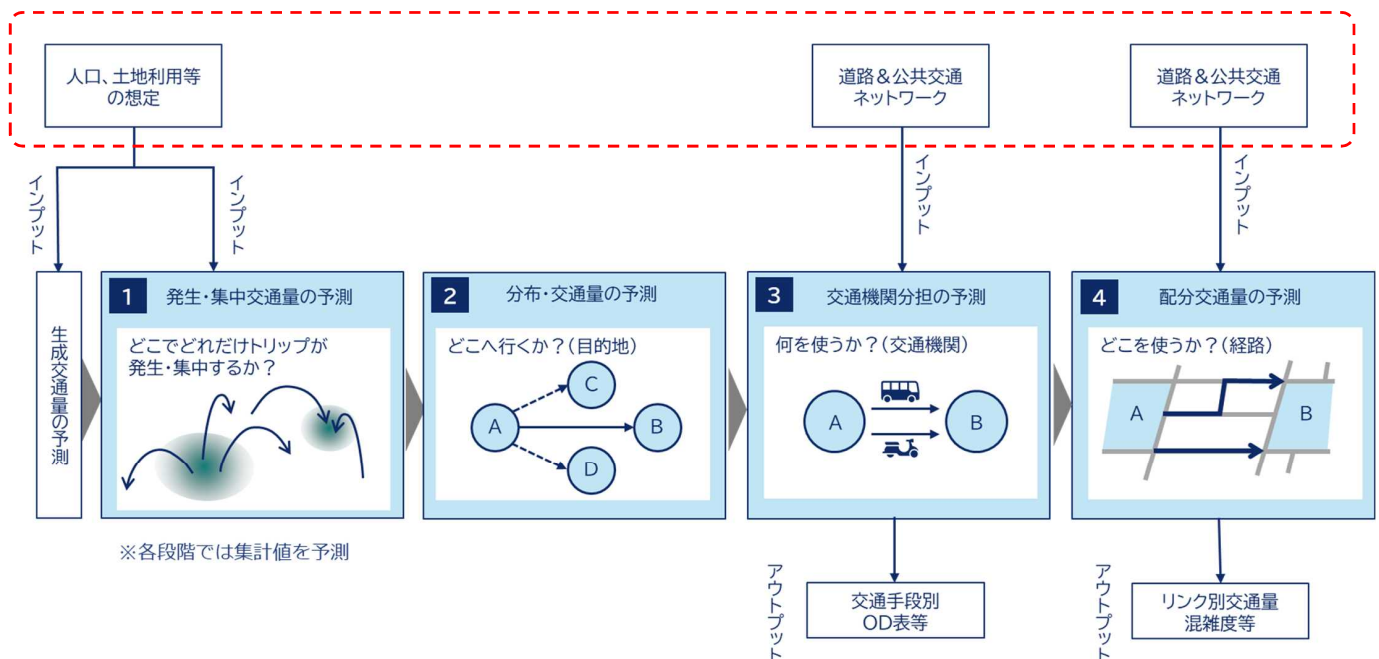
出典：岩手県Webサイト「第3回盛岡広域都市圏将来道路網計画検討委員会」資料2

12

①四段階推定法

推計の手順

人口や交通ネットワークの変化の影響を評価可能



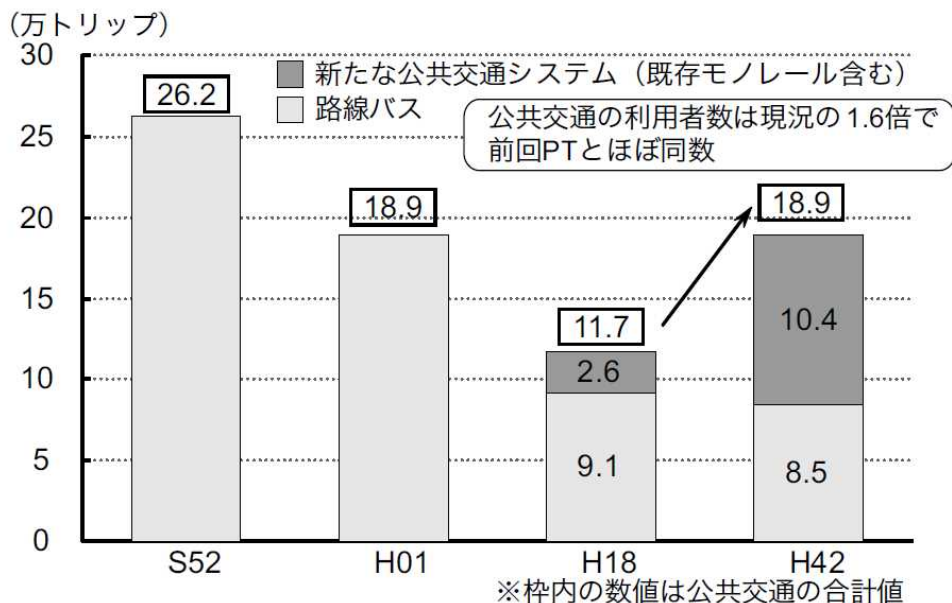
13

①四段階推定法

事例：公共交通利用者数の推計

・ 沖縄本島中南部都市圏PT調査の事例

▼ 公共交通分担率の推移



出典：沖縄本島中南部都市圏PT調査報告書

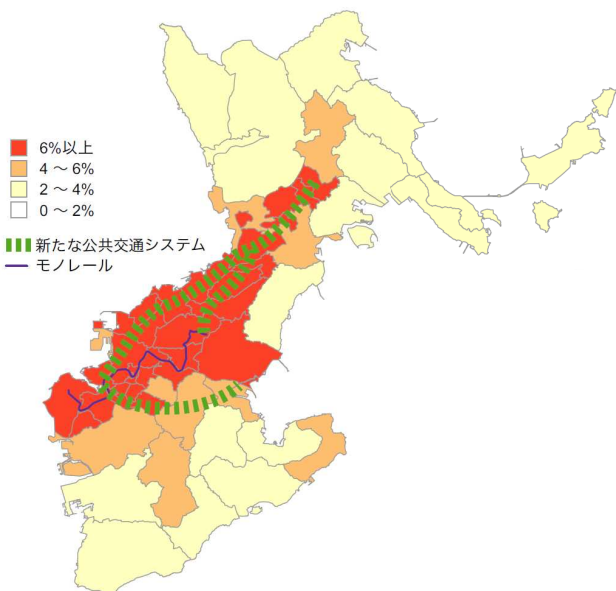
14

①四段階推定法

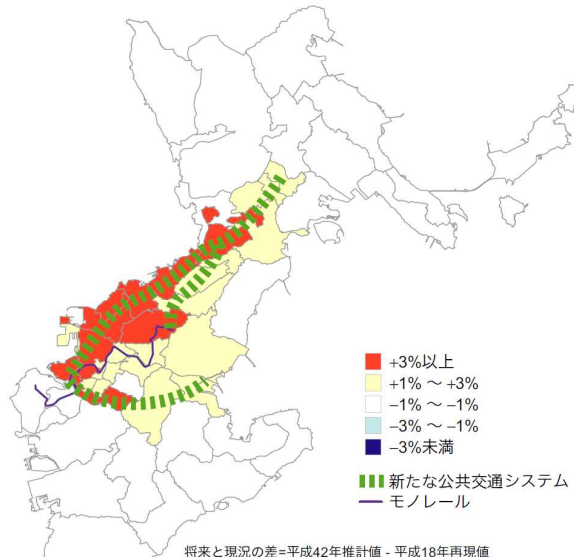
事例：地域別の公共交通利用率の推計

・ 沖縄本島中南部都市圏PT調査の事例

▼ 将来の公共交通利用率



▼ 将来と現況の公共交通利用率の差



出典：沖縄本島中南部都市圏PT調査報告書

15

②アクティビティ・ベースド・モデル

アクティビティ・ベースド・モデルの考え方

- 個人単位での活動・移動を確率的に推計し、推計された個々の活動・移動を積み重ねて全体の流動を表現する手法
- トリップ数だけでなく外出率や滞留人口等の多様な指標が算出でき、個人属性に応じた分析を詳細に行うことが可能

<各個人の活動・移動のイメージ>



※各個人に関して上記のような活動・移動を推計

多様な指標を集計可

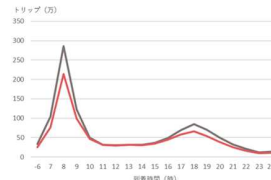


図 時間帯別のトリップ数

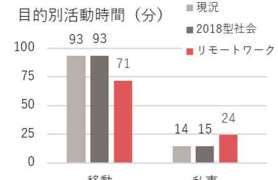
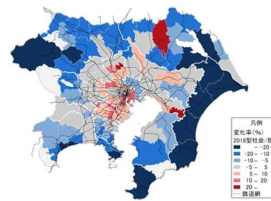


図 一日の活動時間の変化

<2018型社会/現況>



<ネット拡大/現況>

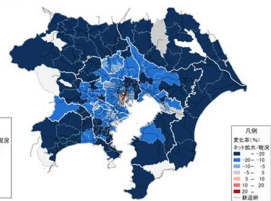


図 買物・私事のトリップ数の地域別の変化

資料：東京都市圏交通計画協議会「東京都市圏ACTの紹介」を基に加工

②アクティビティ・ベースド・モデル

活用場面と評価指標



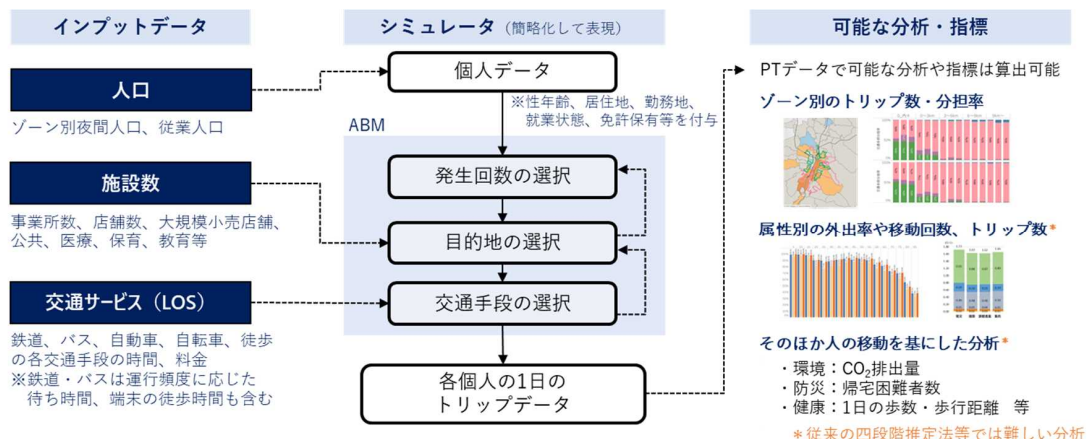
- 人口の変化(居住の集約等)に対して、トリップ数や交通手段分担率等の変化を分析することができる



- 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



資料：国総研都市施設研究室「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」

②アクティビティ・ベースド・モデル

事例：山形都市圏での都市構造シナリオ分析

シナリオの設定

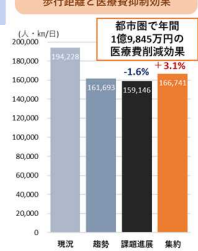
- ✓「現状の都市交通課題が進展した場合」と「各分野で集約に取り組んだ場合」で都市構造や暮らしはどのように変化するか？
ネットワーク型コンパクトシティの評価に活用可能

シナリオ	2020		2040	
	現況	趨勢	課題進展シナリオ ・ 中心市街地の空洞化が進展 ・ 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-	サービス+
人口配置	誘導区域	現況	趨勢	趨勢より増加
	それ以外	現況	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
	それ以外	現況	現況	趨勢より減少



分析結果の概要

- ✓集約を進めることにより、まちなかへのトリップ数やバス利用者数のみならず、高齢者の活動や環境、健康等の多様な観点での改善を確認



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
まちなかの持続可能性	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%)
	② 路線バスは持続的に運行可能か？	バス輸送人キロ	× (28,730人キロ -43.4%)	◎ (75,478人キロ +48.7%)
	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%)
	④ 免許がなくても移動できるか？	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%)
暮らし	⑤ CO2排出は抑えられるか？	自動車輸送量と年間のCO2排出量	△ (236万人キロ 0.6%)	○ (232万人キロ -1.3%)
	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人キロ -1.6%)	○ (166,741人キロ +3.1%)
	⑧ 環境			
健康				

資料：国総研都市施設研究室「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」

18

②アクティビティ・ベースド・モデル

事例：山形都市圏での都市構造シナリオ分析

シナリオの設定

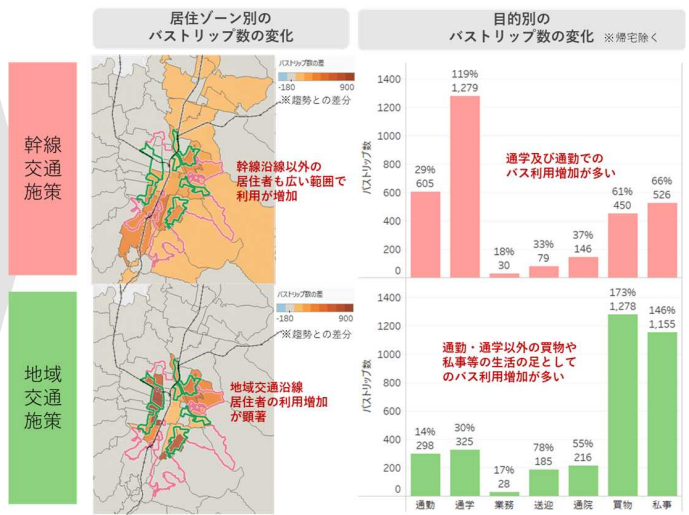
- ✓予算制約のもとで都市圏の将来課題に対応するため、公共交通のネットワーク構築に関する2種類の施策のトレードオフを評価
投資を同水準とした際の効果の違いを把握

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導入
公共交通ネットワーク構築	バス幹線	現況	サービス+	現況
	地域交通	現況	現況	サービス+
人口配置	夜間人口	現況	趨勢	趨勢
	従業人口	現況	趨勢	趨勢



分析結果の概要

- ✓施策によって効果の出る地域や移動目的・属性等が異なることを把握



資料：国総研都市施設研究室「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」

19

②アクティビティ・ベースド・モデル

参考：四段階推定法との比較

アクティビティ・ベースド・シミュレータ

概説

○個人の移動を確率的に推計し、都市圏人口分重ね合わせることで集計したトリップ数等を算出する手法

手法のイメージ

個人属性、居住地、勤務地、交通条件等を考慮し、**個人の活動・移動を表現**



活用

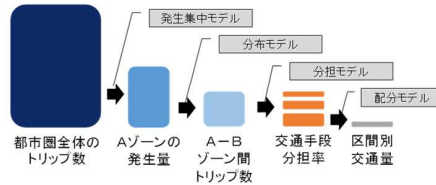
- 個人属性の違いを踏まえた分析**が可能（高齢者と非高齢者による公共交通利用の違い等）
- 確率的に推計した個人の移動から外出率、活動時間、トリップチェーンなどの**多様な評価指標を集計可**
- 集計することでトリップ数や交通量も算出可

ただし、アクティビティ・ベースド・モデルはモデルが複雑となり、構築や適用に係るコストが四段階推定法と比較して大きくなる傾向にある。また、モデルの複雑故に、地域の移動実態に合わせるための補正も煩雑となる。

四段階推定法

○集計したトリップ数や交通量を直接的に推計する手法

都市圏全体のトリップ数を推計した上で、地区特性や交通条件等を考慮して振り分け



- 交通の需給バランスの分析に適する
 - ー道路や鉄道の混雑対策（新規整備、拡幅、新線整備など）
- 交通量（トリップ数）を用いる指標の算出に適する
 - ートリップ数、交通手段分担率
 - ー道路交通量、混雑度

資料：国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室「都市交通調査ガイダンス」を基に加工

20

シミュレーションの適用分野

広域的な人の流動

四段階推定法

アクティビティ・ベースド・モデル

- ・都市圏レベルでの交通需要の全体動向をつかむため、長く実務で用いられている手法
- ・インフラ整備等の各種交通施策や人口配置によるトリップ数、交通手段分担率、交通量の変化を推計

- ・都市圏に居住する各個人の1日の活動・移動を推計するシミュレーション
- ・交通量等の指標だけでなく、個人の活動（外出率や活動時間等）や滞留人口等の多様な切り口で評価可能

分野別の事例

歩行回遊

- ・地区内における各個人の歩行回遊行動を推計
- ・ウォークアブル施策（歩道整備、施設整備、空間活用など）が、歩行者数や滞在時間等に与える影響を把握

自動車

- ・車1台1台の動きを時々刻々と表現できる交通分析手法
- ・自動車の渋滞緩和に向けた信号現示や車線規制等の影響を詳細に評価することが可能

施設立地

- ・都市計画や交通施策の実施による将来的な施設立地や人口分布の都市構造の変化を把握することが可能

防災

- ・P Tの人口分布データと洪水浸水を重ね合わせたシミュレーションにより、被災想定と対策効果を分析

各種施策の検討に活用可能なシミュレーション

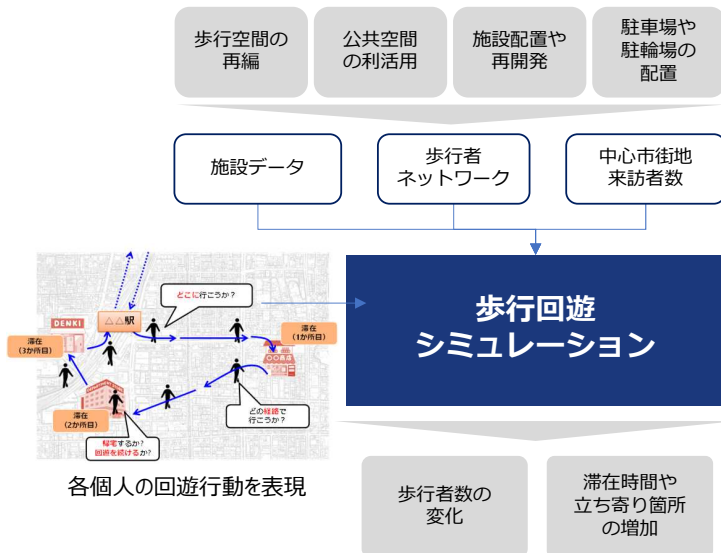
21

③歩行回遊

歩行回遊シミュレーションの考え方

- 地区内における各個人の歩行回遊を推計するシミュレーションにより、ウォーカブル施策等の評価が可能

表現可能な施策と評価可能な指標

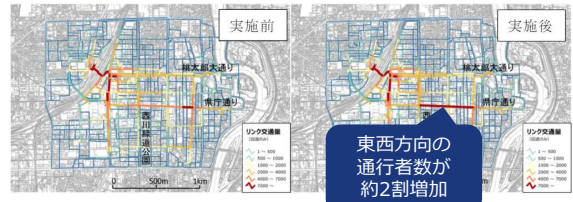


歩行者数や混雑だけではなく、賑わいの変化を把握可

資料：国土交通省「スマート・プランニング実践の手引き」

アウトプットのイメージ等

オープンカフェ実施前後の歩行者数の変化



必要なデータ等

- 地区内の個人の回遊行動を表現するために、詳細な回遊データ（GPSデータ等）が必要
- 一方、シミュレーションを実行するためには、中心市街地来訪者数等がインプットデータとして必要であり、パーソントリップ調査の結果を活用可

④自動車

自動車ミクロシミュレーション

- 車1台1台の動きを時々刻々と表現できるシミュレーションにより、歩行空間整備に伴う車線数制限、交差点改良等の施策や大規模施設立地の影響評価が可能

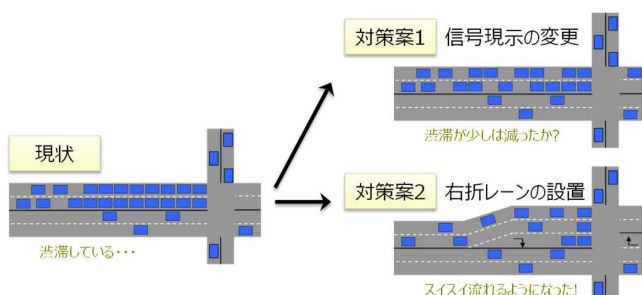
表現可能な施策と評価可能な指標

表現可能な施策

- 特定区間の道路整備、歩行空間整備による車線数削減、右左折レーン、交差点改良、交通規制の変更等を評価
- 大規模施設立地による交通増加が、道路交通に与える影響の把握（大規模施設関連のOD量の増加自体は予測できない）

評価可能な指標

- 特定区間の交通量や渋滞長等への影響分析



アウトプットのイメージ等



自動車1台1台の動きを表現

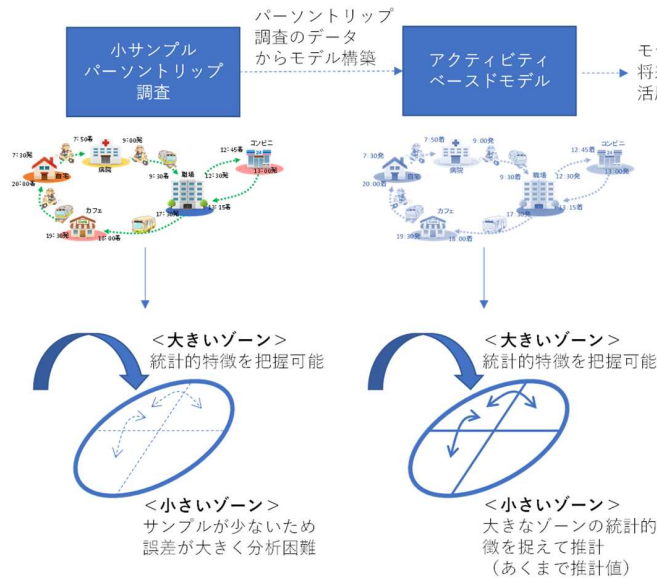
エリア内での混雑発生状況を把握可

必要なデータ等

- 自動車交通のODがインプットデータとして必要であり、パーソントリップ調査データを活用可
- 道路ネットワーク、現状の交差点交通量等のデータもインプットデータとして必要

現況推計としてのシミュレーション活用

- ・ アクティビティ・ベースド・モデルでは形式上個人単位のトリップを算出できるため、パーソントリップ調査のトリップのデータに類似した形の現況推計値を得ることが可能

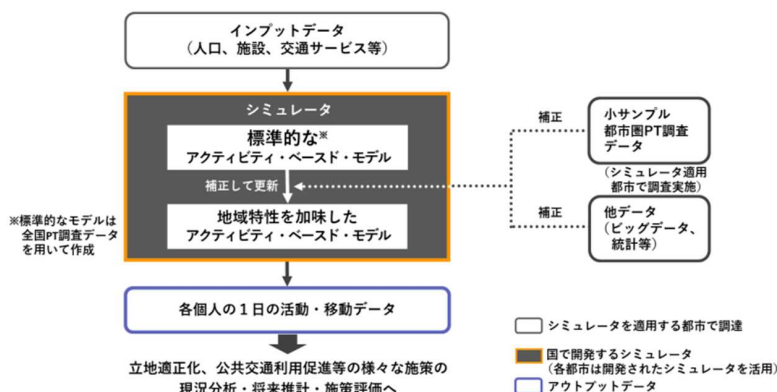


- ・ **あくまで推計値**であり、小さなゾーンの**統計的精度は必ずしも保証されたものでない**ため、活用にあたっては、データの限界に留意する必要
- ・ 小さなゾーン単位で各ゾーンの**移動の特徴を詳細に把握することが必要な場合には、標本数が大規模なパーソントリップ調査を活用**することが現時点では望ましい

26

現況推計としてのシミュレーション活用

- ・ 国総研では、全国都市交通特性調査を用いて、標準的なアクティビティ・ベースド・シミュレータを開発検討
- ・ 人口、施設、交通等のインプットデータを準備すれば、その都市における現況推計、将来シナリオ分析が可能に



27

シミュレーション適用上の留意点

シミュレーションの検証と補正の実施

- ・ 現況再現性（PTや自動車交通量等との整合）のチェック
- ・ 最終的に使いたい指標に合わせたチューニングが必要

シミュレーションの限界とその対応

- ・ インプットデータの不確実性
 - ・ インプットデータとして将来人口を用いる場合、将来人口自体が想定している人口から変わってしまう可能性がある
- ・ モデルの限界
 - ・ 現況のデータから構築したシミュレーションを将来予測に用いるということは、現況の人の行動パターンが将来も継続することを前提条件に置いていることに他ならない
 - ・ インプットとアウトプットの関係性を単純化して表現しており、全ての要因は加味できていない点に留意が必要
- ・ 様々な感度分析の実施、幅をもった結果の提示等が有効

28

まとめ

- ✓ シミュレーションは、インフラ整備等のための予測という使い方だけでなく、**将来の変化を知り、施策のトレードオフを評価することで、関係者間で共通認識を醸成するためのツールとして活用可能**
- ✓ 多様な指標を評価するために、様々なシミュレーションが実務で活用されている
- ✓ 各都市圏において、検討したい**政策課題や把握したい指標を定めた上で、適切なシミュレーションを選択し、構築・適用していくことが重要**

29