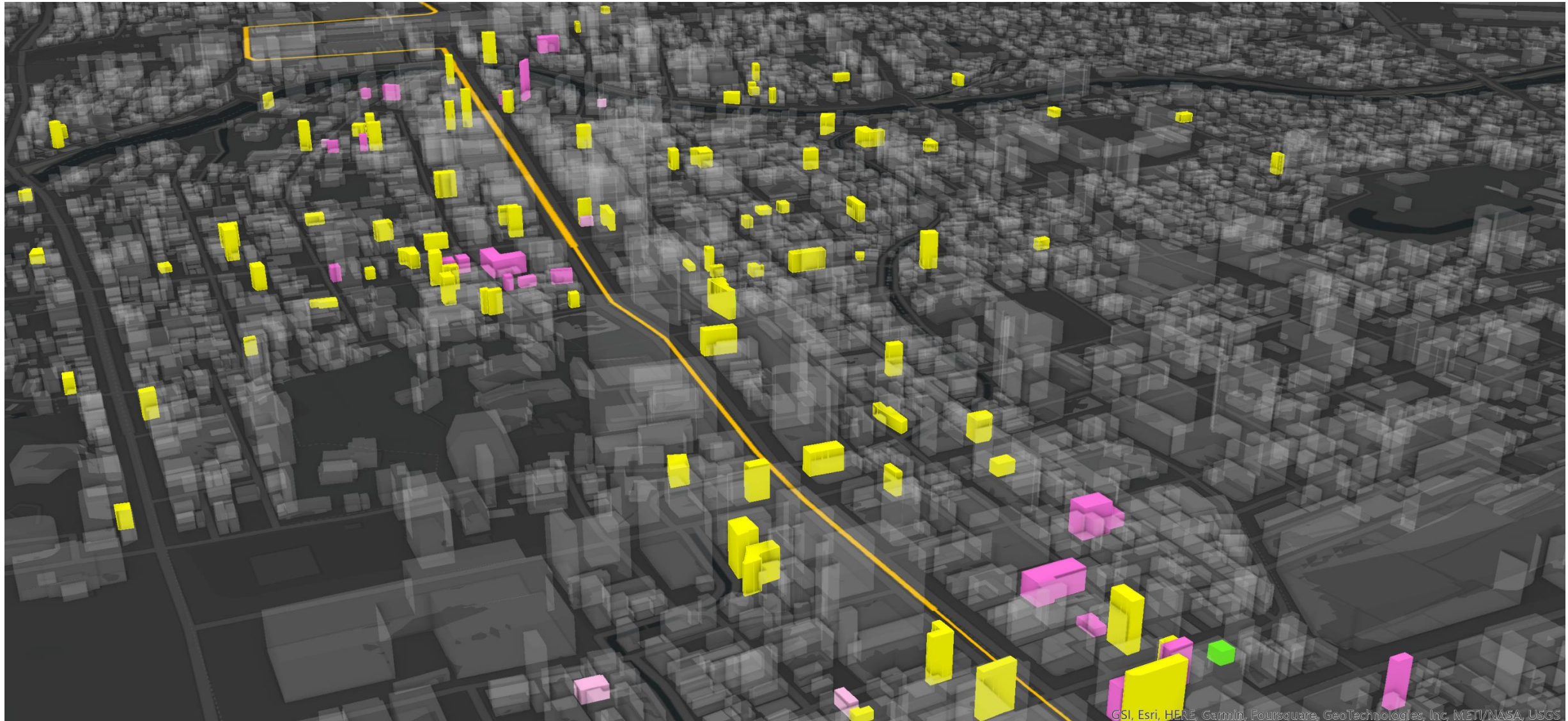


都市構造シミュレーション技術検証レポート

Technical Report for Methodology on Urban Structure Simulation



PLATEAU
by MLIT



GSI, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS

目次

I. 実証概要		
1. 全体概要	3	
2. 実施体制	5	
3. 実証エリア	6	
4. スケジュール	7	
II. 実証技術の概要		
1. 活用技術	9	
2. ArcGISPro	10	
3. FME	11	
4. Python	12	
5. R	13	
6. QGIS	14	
III. 実証システム		
1. 実証フロー	16	
2. 業務要件	17	
3. アーキテクチャ全体図	18	
4. システム機能	20	
5. アルゴリズム	33	
6. データ		
① 活用データ		61
② データ処理		73
③ 出力データ		101
7. ユーザインタフェース		105
8. システムテスト結果		106
IV. 実証技術の検証		
1. システム検証		
① 検証内容		116
② 検証結果		118
2. 政策活用に向けた検証		
① 検証内容		145
② 検証結果		146
V. 成果と課題		
1. 今年度の実証で得られた成果		
① 3D都市モデルによる技術面での優位性		148
② 3D都市モデルによる政策面での優位性		149
2. 今後の取り組みに向けた課題		150
用語集		151

I. 実証概要

II. 実証技術の概要

III. 実証システム

IV. 実証技術の検証

V. 成果と課題

I. 実証概要 > 1. 全体概要

全体概要 (1/2)

ユースケース名	都市構造シミュレーション
実施場所	栃木県宇都宮市
目標・課題 ・創出価値	<p>ICTの進展による人々の活動、移動の変化や将来の高い不確実性を背景に、将来予測にもとづいた従来の都市政策から、共有共感を生むビジョンリード型のプランニングプロセスへの転換が求められている。</p> <p>人々のウェルビーイングを実現しつつ、安定的な都市経営を可能とするためには、これまで以上に官民連携による都市づくりの取り組みが不可欠であり、その前提として、目指すべき都市構造を、その意義とともに多様なステークホルダー間で共有することが不可欠である。</p> <p>本取り組みでは、立地適正化計画における都市機能や居住の誘導など、短期的に成果が見えにくい取り組みに対する意義を関係者間で共有する観点から、コンパクト・プラス・ネットワーク等、目指すべき都市構造の実現に向けて取り組むべき施策を評価し、可視化することができる都市構造シミュレータを開発する。</p>
ユースケース の概要	多様なステークホルダー間で都市のビジョンを共有するためのツールとして、機能誘導や交通施策の実施による都市空間の変化を3D都市モデルで表現可能な都市構造シミュレータを開発する。開発した都市構造シミュレータを用いてケーススタディを行い、都市計画の実務における都市構造シミュレータの活用可能性について検討する。

I. 実証概要 > 1. 全体概要

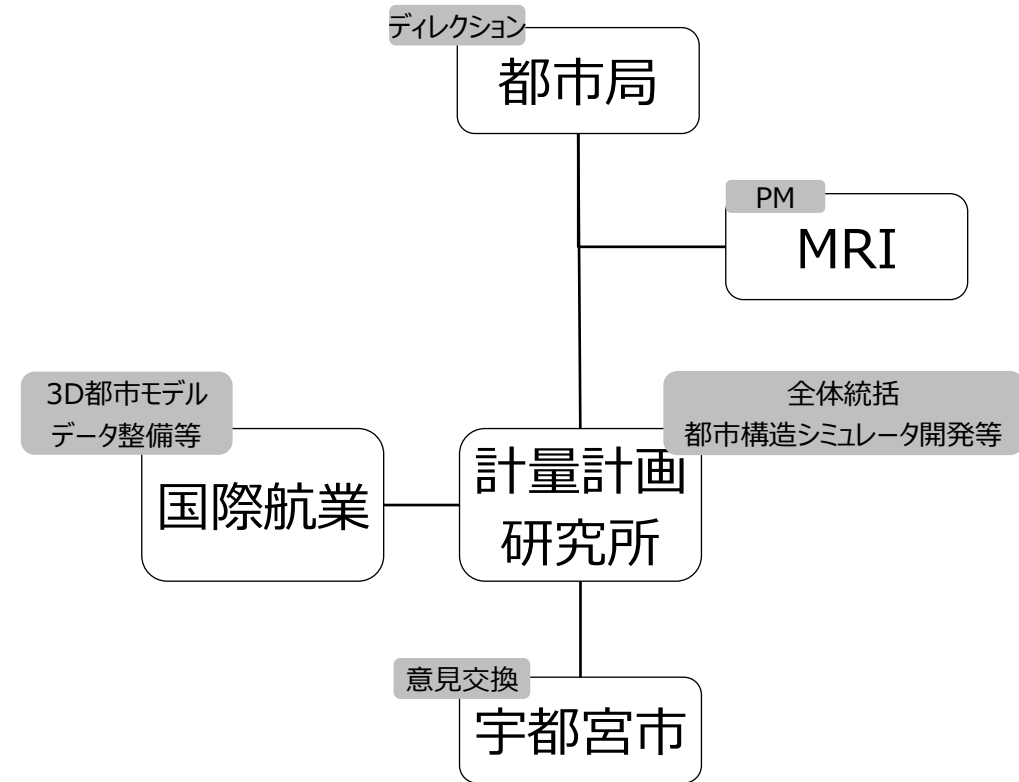
全体概要 (2/2)

実証仮説	都市構造シミュレータにより、将来の建築物や地価、人口分布、空き家等の変化を可視化できるようにすることで、立地適正化計画における都市機能や居住の誘導など、短期的に成果が見えにくい取り組みに対する意義を関係者間で共有することができる。
検証ポイント	<p>【都市構造シミュレーション結果の妥当性の検証】</p> <ul style="list-style-type: none">都市構造シミュレータ内の各サブモデルのパラメータ設定においては、実データをもとに統計的手法によりパラメータ推定を行う。その際、パラメータ推定結果の尤度比等を確認するとともに、実績値と推計値の比較を行うことで再現性の検証を行う。都市構造シミュレータ全体のシステムテストとして、地価の再現性、建築物数の再現性、人口の再現性を実績値と推計値を比較することにより行う。 <p>【都市構造シミュレータの施策への活用可能性の検証】</p> <ul style="list-style-type: none">宇都宮市の職員と意見交換を行い、自治体職員の都市施策や交通施策への活用希望度を把握することで検証する。

I. 実証概要 > 2. 実施体制 実施体制

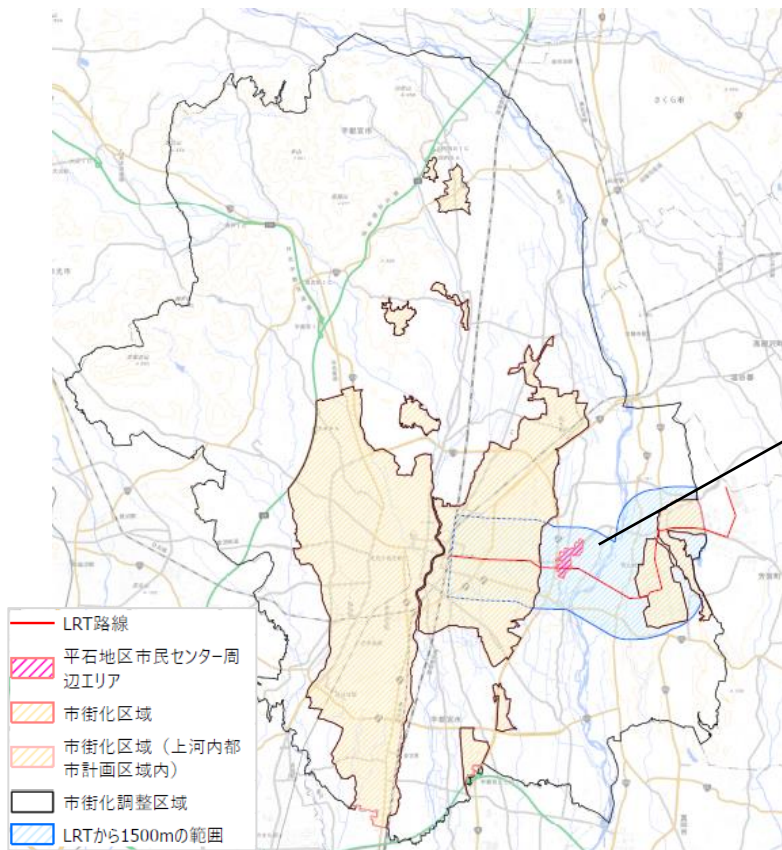
表 各主体の役割

主体	役割
一般財団法人 計量計画研究所	<ul style="list-style-type: none"> ・全体統括 ・その他のデータ整備 ・立地関連モデルの構築 ・都市構造シミュレータの開発 ・ケーススタディの実施
国際航業株式 会社	<ul style="list-style-type: none"> ・3D都市モデルデータ整備 ・ケース別3D都市モデルの作成
株式会社三菱 総合研究所 (MRI)	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトマネジメント ・ユースケース実証に係る連絡・調整
宇都宮市	<ul style="list-style-type: none"> ・資料提供 ・意見交換



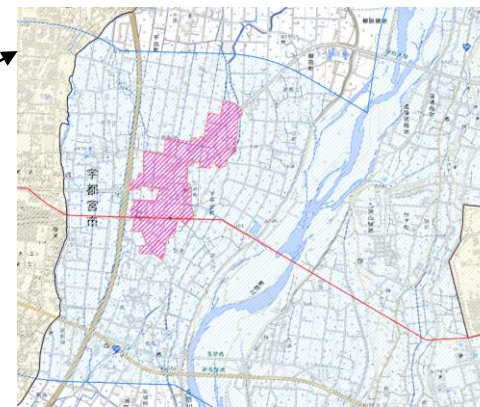
I. 実証概要 > 3. 実証エリア 実証エリア

栃木県 宇都宮市 (市街化区域+LRT沿線地域1.5km : 111.23km²)



※3D都市モデルの整備範囲：宇都宮市全域

※1.5kmは徒歩圏かつ平石地区市民センター周辺エリア
が含まれるよう設定
平石地区市民センター周辺エリア



出所) 国土地理院淡色地図

I. 実証概要 > 4. スケジュール スケジュール

実施事項	令和4年										令和5年		
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 3D都市モデルデータ整備	■												
2. その他のデータ整備	■												
3. サブモデル推定				■									
4. シミュレーションの開発					■								
5. ケース設定							■						
6. シミュレーションの実施									■				
7. ケース別3D都市モデルの作成									■				
8. シミュレーション結果の可視化											■		
9. 技術資料とりまとめ												■	
10. 宇都宮市との意見交換等のタイミング		●						●			●		

I. 実証概要

II. 実証技術の概要

III. 実証システム

IV. 実証技術の検証

V. 成果と課題

Ⅱ. 実証技術の概要 > 1. 活用技術 活用技術 | 一覧

活用技術	内容
ArcGISPro 2.7.0	地理空間情報の編集・分析が可能な地理情報システム（GIS）。データ加工の効率化、可視化の速さを考慮して選定。3D都市モデルの加工、シミュレーション結果の可視化に活用。
FME2022 Ver1.3.0	データ変換エンジン。3D都市モデルの加工に活用。
Python 3.9.12 (OSS)	汎用プログラミング言語。シミュレータの構築やデータの処理の多くをpythonで統一して記述することにより効率化できるため選定。
R 4.2.2 (OSS)	統計解析向けのプログラミング言語。ロジットモデルの推定に長けているライブラリが存在するため選定。
QGIS 3.26.6 (OSS)	地理空間情報の編集・分析が可能な地理情報システム（GIS）。OSSであり、地理空間情報の処理が容易であるため選定。

Ⅱ. 実証技術の概要 > 2. ArcGISPro

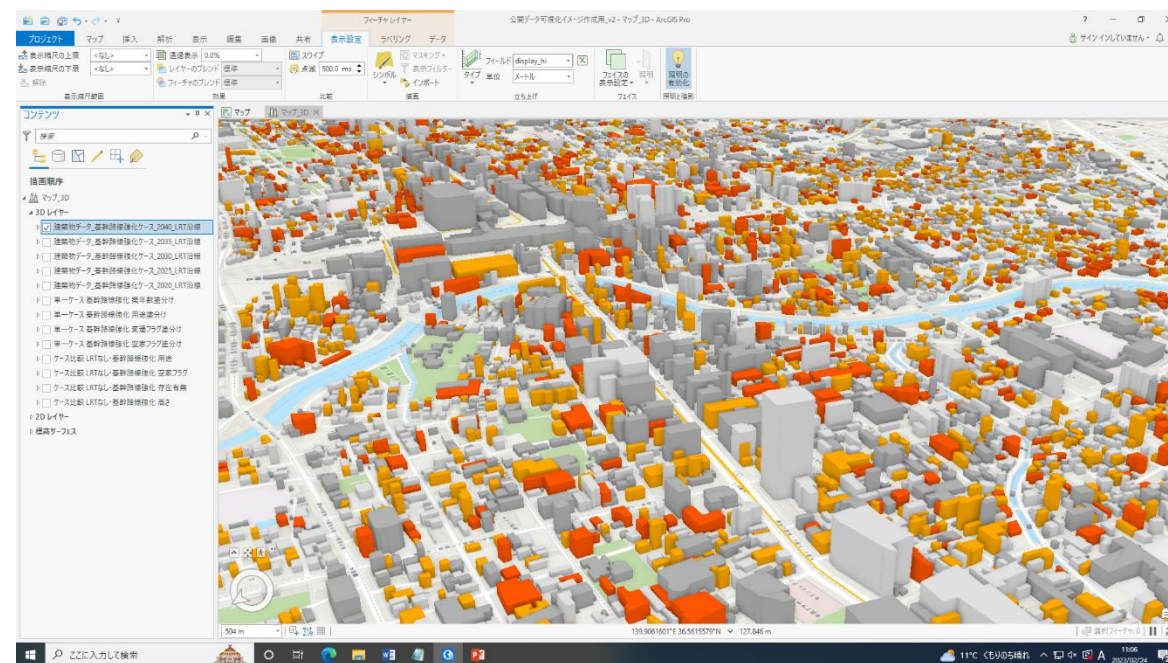
ArcGISPro 2.7.0

- 地理空間情報の編集・分析・可視化可能な地理情報システムである。

概要

項目	内容
名称	ArcGISPro 2.7.0
概要	<ul style="list-style-type: none"> 地理空間情報の編集・分析が可能な地理情報システム（GIS）。
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> 地理空間情報の2次元・3次元の可視化 空間解析
利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> 地理空間情報の2次元・3次元の可視化 空間解析

ArcGISProによるシミュレーション結果の可視化例



II. 実証技術の概要 > 3. FME2022

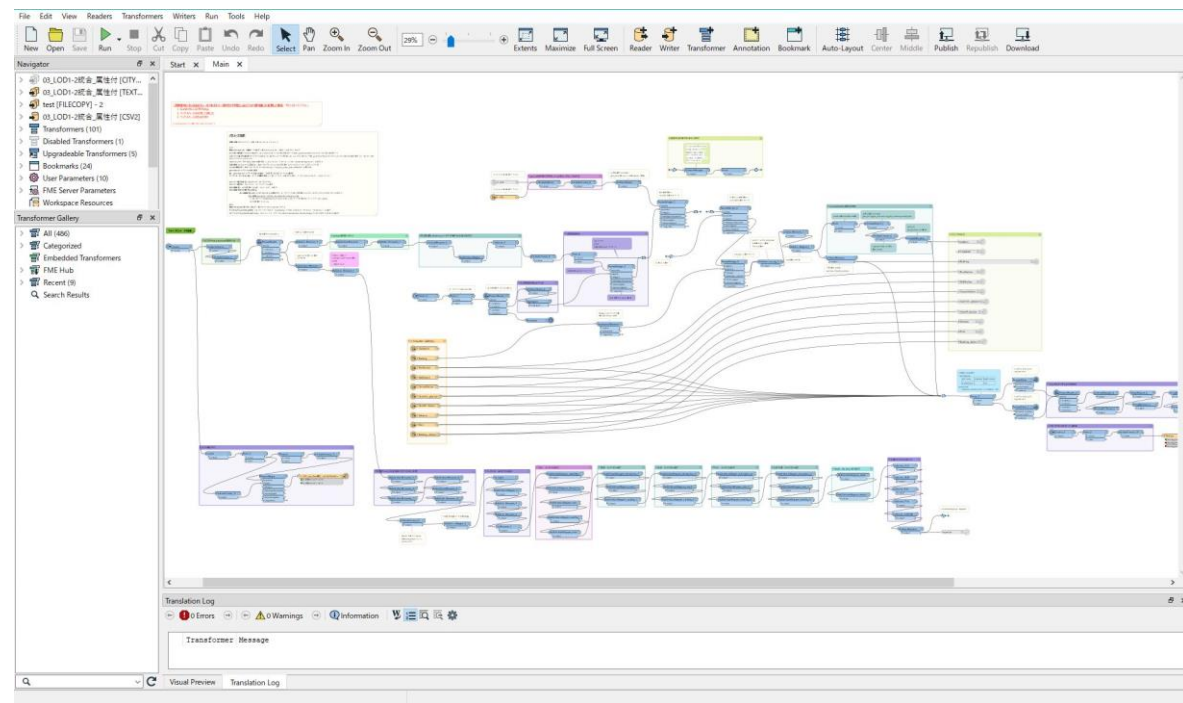
FME2022

- データを変換または再構築し統合出力するシステムである。

概要

項目	内容
名称	FME2022
概要	<ul style="list-style-type: none"> 複数のデータを読み取り、ユーザーのニーズに合わせてデータを変換または再構築し、データ統合を行い出力する。
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> データの読み取り データ変換 データ統合 データの書き込み
利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> データの読み取り データ変換 データ統合 データの書き込み

FMEによるCityGML変換設定例



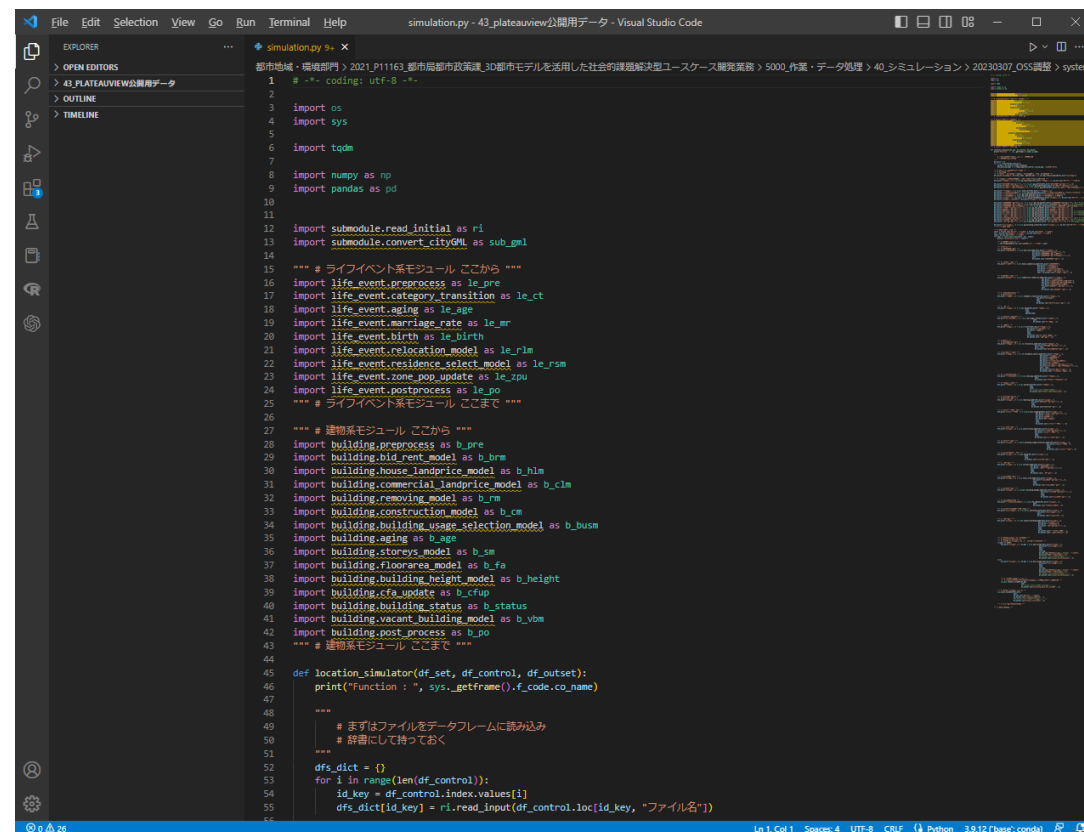
II. 実証技術の概要 > 4. Python Python 3.9.12

- 汎用プログラミング言語である。ライブラリを用いてデータの加工・解析等が可能である。

概要

項目	内容
名称	Python 3.9.12
概要	<ul style="list-style-type: none">汎用プログラミング言語。ライブラリを用いてデータの加工・解析等が可能。
主な機能	<ul style="list-style-type: none">表形式データや地理空間情報の加工・解析数値計算図化
利用する機能	<ul style="list-style-type: none">都市構造シミュレータの構築（pandas 1.4.3, numpy 1.21.5を使用）パラメータ推定（statsmodels 0.13.2を使用）データ加工（pandas 1.4.3, geopandas 0.9.0を使用）図化（geopandas 0.9.0, matplotlib 3.5.2を使用）

Pythonによるシミュレーション開発画面例



```
simulation.py - 43_plateauview公開用データ - Visual Studio Code
EXPLORER
43_PLATEAUVIEW公開用データ
OUTLINE
TIMELINE
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
simulation.py
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 import os
4 import sys
5
6 import tqdm
7
8 import numpy as np
9 import pandas as pd
10
11
12 import submodule.read_initial as ri
13 import submodule.convert_cityGML as sub_gml
14
15 """ # ライフイベント系モジュール ここから """
16 import life_event.preprocess as le_pre
17 import life_event.category_transition as le_ct
18 import life_event.aging as le_age
19 import life_event.marriage_rate as le_mr
20 import life_event.birth as le_birth
21 import life_event.relocation_model as le_rm
22 import life_event.residence_select_model as le_rsm
23 import life_event.zone_pop_update as le_zpu
24 import life_event.postprocess as le_po
25 """ # ライフイベント系モジュール ここまで """
26
27 """ # 建物系モジュール ここから """
28 import building.preprocess as b_pre
29 import building.bid_rent_model as b_br
30 import building.house_landprice_model as b_hlm
31 import building.commercial_landprice_model as b_clm
32 import building.removing_model as b_rm
33 import building.construction_model as b_cm
34 import building.building_usage_selection_model as b_bsm
35 import building.aging as b_age
36 import building.storeroom_model as b_sm
37 import building.floorarea_model as b_fa
38 import building.building_height_model as b_height
39 import building.cfa_update as b_cfu
40 import building.building_status as b_status
41 import building.vacant_building_model as b_vbm
42 import building.post_process as b_po
43 """ # 建物系モジュール ここまで """
44
45 def location_simulator(df_set, df_control, df_outset):
46     print("Function : ", sys._getframe().f_code.co_name)
47
48     """
49     # まずはファイルデータフレームを読み込み
50     # 辞書にして持っておく
51     """
52     dfs_dict = {}
53     for i in range(len(df_control)):
54         id_key = df_control.index.values[i]
55         dfs_dict[id_key] = ri.read_input(df_control.loc[id_key], "ファイル名")
56
```

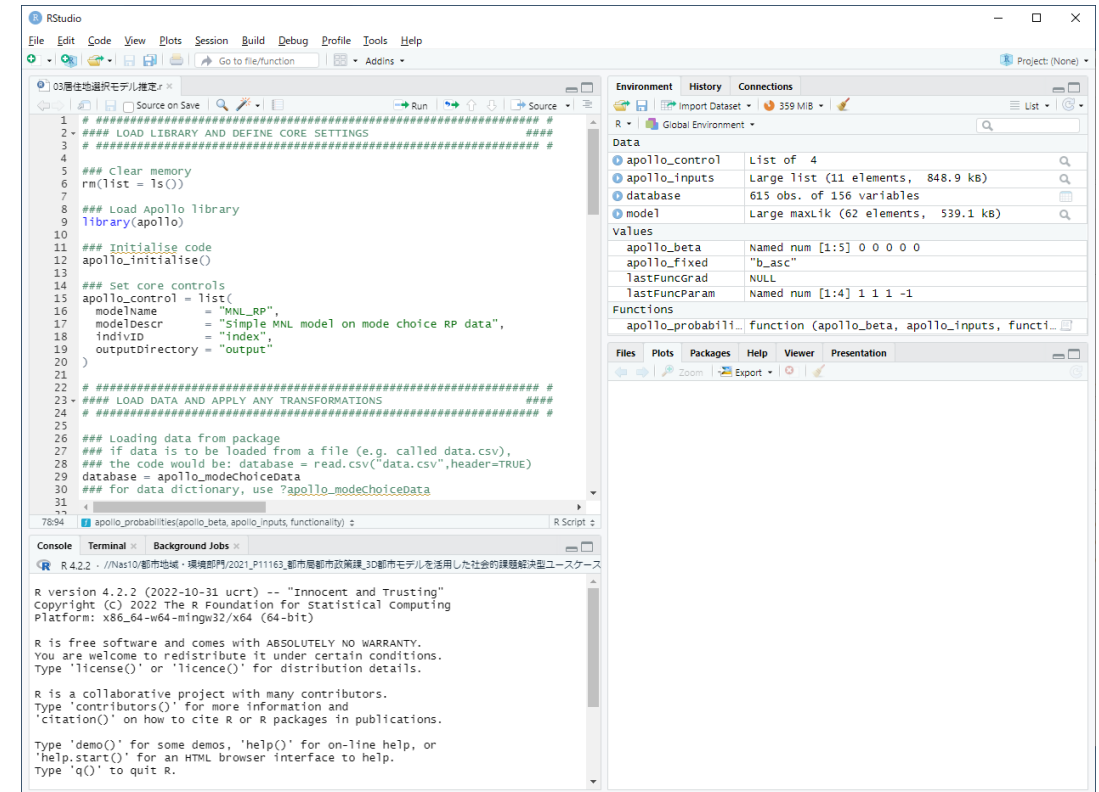
II. 実証技術の概要 > 5. R R 4.2.2

- 統計解析向けのプログラミング言語である。

概要

項目	内容
名称	R 4.2.2
概要	<ul style="list-style-type: none"> 統計解析向けのプログラミング言語
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> 統計解析 機械学習 データの可視化
利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> 離散選択モデルのパラメータ推定 (Apollo 0.2.9を使用)

Rによるパラメータ推定画面例



II. 実証技術の概要 > 6. QGIS

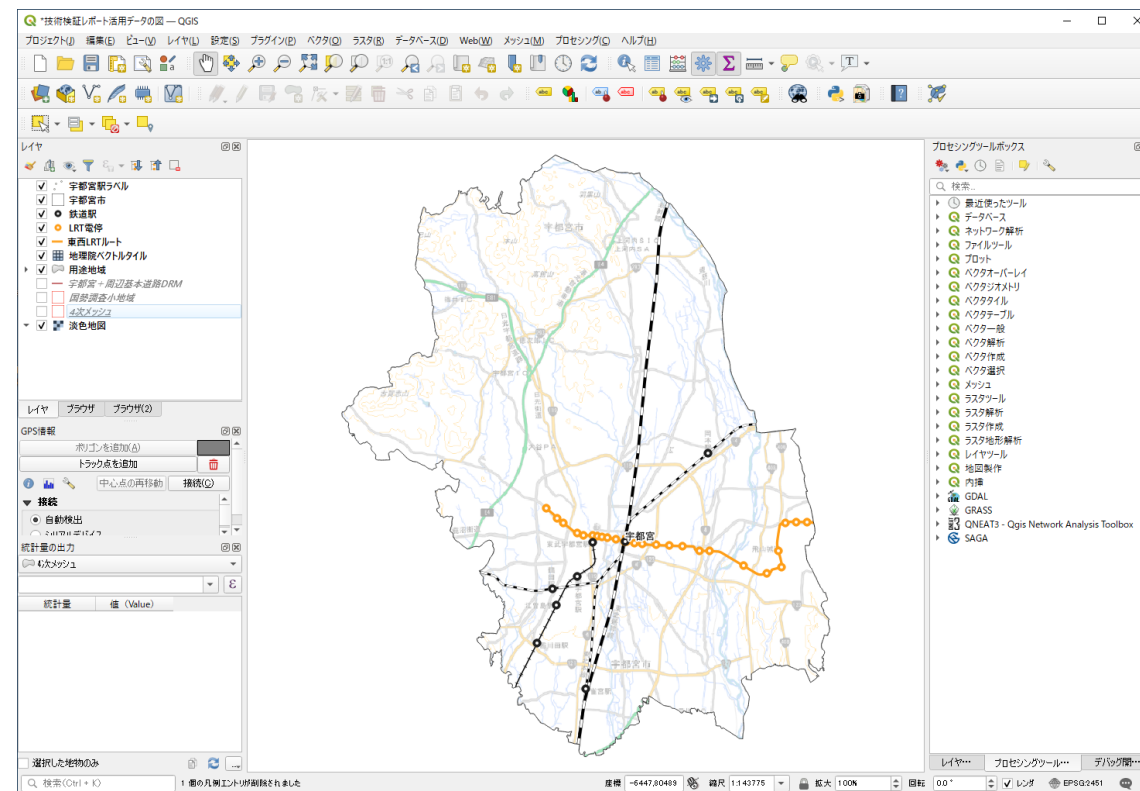
QGIS 3.26.6

- 地理空間情報の編集・分析・可視化可能な地理情報システムである。

概要

項目	内容
名称	QGIS 3.26.6
概要	<ul style="list-style-type: none"> 地理空間情報の編集・分析が可能な地理情報システム (GIS) OSSであり、地理空間情報の処理が容易であるため選定
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> データの閲覧、検索、地図の作成 データの作成、編集、管理とエクスポート データの解析 インターネットでの地図の公開 プラグインによるQGIS機能の拡張 Pythonコンソールの利用
利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> 入力データの整備に活用

QGISによるデータ閲覧例



I. 実証概要

II. 実証技術の概要

III. 実証システム

IV. 実証技術の検証

V. 成果と課題

Ⅲ. 実証システム > 1. 実証フロー

実証フロー

- 実証フローは、以下のとおりである。

シミュレータの構築

- 既存統計や市提供データをもとに、シミュレータの構造や各種パラメータを決定し、開発した。

3D都市モデルデータの
加工

- 3D都市モデルデータを、都市構造シミュレータのインプットとして使用できるよう、csv形式に変換し、一部属性を補完した。

シミュレーションの実施

- 開発したシミュレータと作成したインプットデータを用いて、シミュレーションを実施した。

CityGML型式への変換

- シミュレーション結果を、CityGML型式のデータへ変換した。

システム検証
政策活用に向けた検証

- システムの妥当性の検証、自治体（宇都宮市）との意見交換による政策活用に向けた検証を行った。

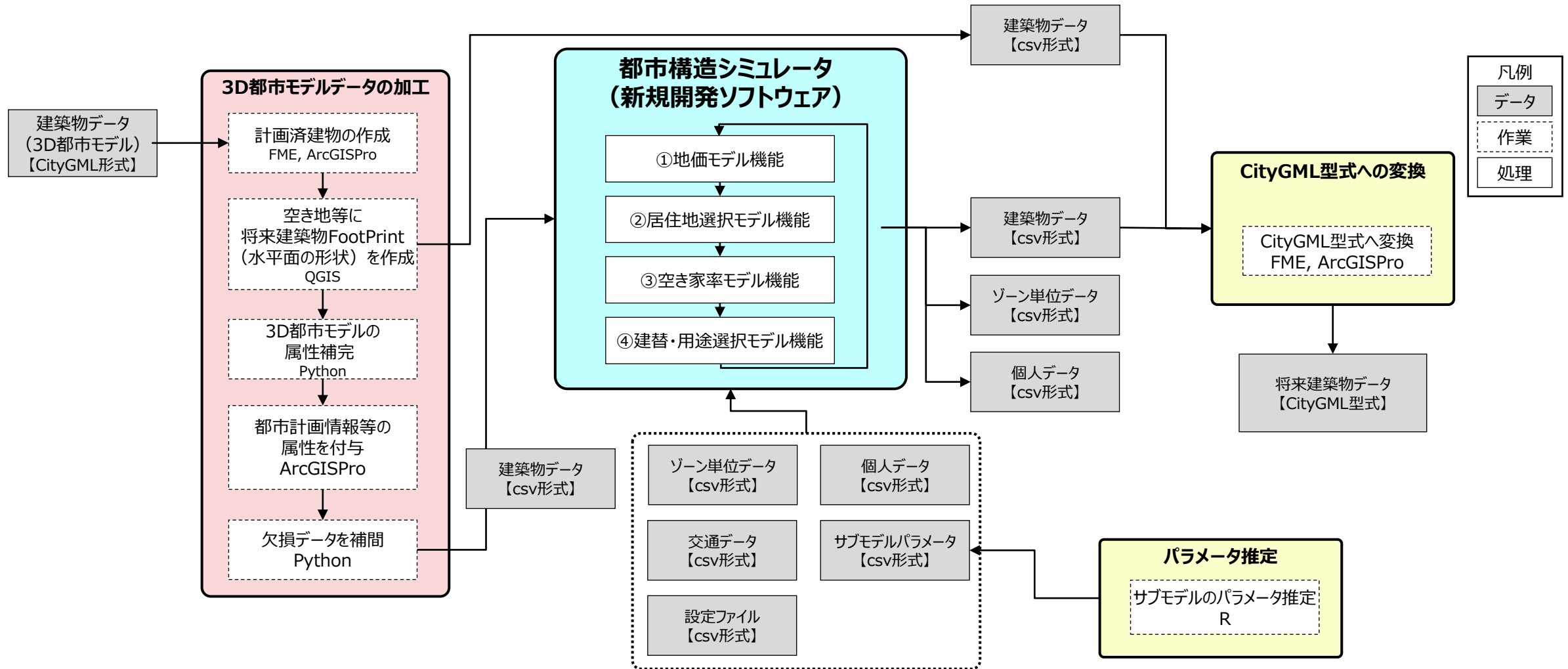
Ⅲ. 実証システム > 2. 業務要件 業務要件

- 本システムによって、短期的に成果が見えにくい都市交通施策の効果を可視化することで、検討の効率化・高度化や、関係者との取り組みの意義の共有を行いやすくする。
- 例えば、立地適正化計画策定における業務フローは以下のとおりであり、評価やコミュニケーションの段階での活用を想定する。

	従来の業務フロー	本システムが目指す業務フロー
現況分析	<ul style="list-style-type: none"> • 人口や施設の現状の立地状況等を分析 	
都市構造・誘導施策の検討	<ul style="list-style-type: none"> • 現況の施設の立地状況、今後予定されている開発、将来の趨勢人口をもとに検討・内部調整 	<ul style="list-style-type: none"> • 誘導施策等を実施したことによる人口の変化、施設の立地の変化を見ながら施策検討 • 複数パターンの施策による影響を見ながら、施策の優先順位の検討・内部調整
関係者や住民とのコミュニケーション	<ul style="list-style-type: none"> • 関係する主体へのヒアリング・意見交換 • パブリックコメントの実施 	<ul style="list-style-type: none"> • 様々な施策による効果を見ながら、関係する主体と目指すべき都市構造や取り組みに関して議論 • パブリックコメントや、住民とのワークショップの中で、シミュレーション結果を見ながら、まちづくりのあり方に関してコミュニケーション
とりまとめ	<ul style="list-style-type: none"> • 検討結果をふまえて計画書等をとりまとめ 	

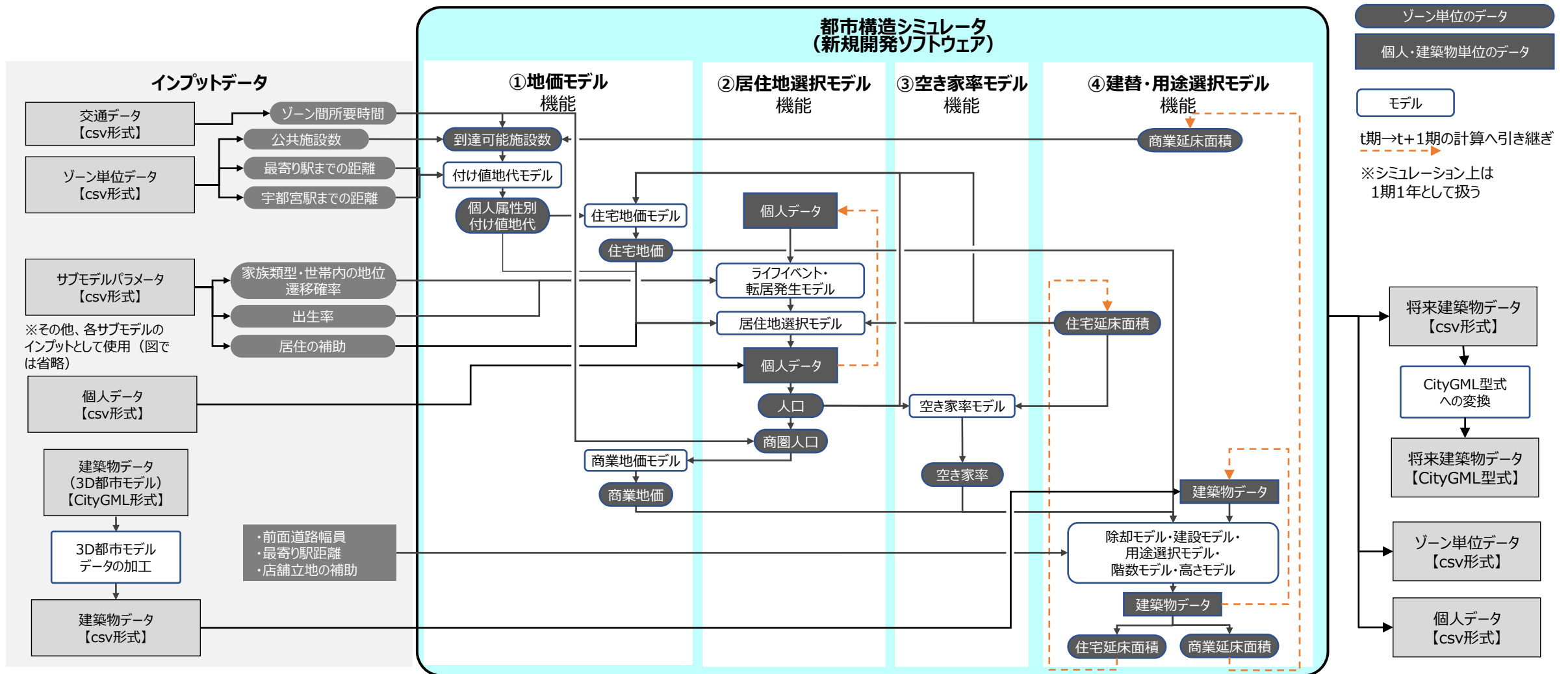
Ⅲ. 実証システム > 3. アーキテクチャ全体図

システムアーキテクチャ全体図



Ⅲ. 実証システム > 3. アーキテクチャ全体図

データアーキテクチャ全体図



Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

システム機能

機能名	説明
都市構造シミュレータ全体	<ul style="list-style-type: none"> 「3D都市モデルデータの加工」で作成した建築物データ、ゾーン単位データ、交通データ、個人データのcsvデータを読み込む。 各サブモデルのパラメータとシミュレーションの設定を、外部から変更できるように、csvデータとして読み込む。 シェルで実行すると、各入力データ及びパラメータを基に、1年毎に各サブモデルを適用し推計を行い、将来の建築物データ、ゾーン単位データ、個人データをcsv形式で出力する。 実装言語はPythonを使用し、データの入出力、システム内部でのデータ受け渡しはpandas 1.4.3を用いた。
①地価モデル機能	<ul style="list-style-type: none"> 推計対象の年次について、ゾーン単位の地価を出力する。 実装言語はPythonを使用し、演算には、pandas 1.4.3, numpy 1.21.5を用いた。
②居住地選択モデル機能	<ul style="list-style-type: none"> 推計対象の年次について、個人単位の転居発生・居住地選択後の居住地を出力する。 実装言語はPythonを使用し、演算には、pandas 1.4.3, numpy 1.21.5を用いた。
③空き家率モデル機能	<ul style="list-style-type: none"> 推計対象の年次について、ゾーン単位の空き家率と、建物単位の空き家かどうかのフラグを出力する。 実装言語はPythonを使用し、演算には、pandas 1.4.3, numpy 1.21.5を用いた。
④建替・用途選択モデル機能	<ul style="list-style-type: none"> 推計対象の年次について、建築物単位の建替・用途選択後の建築物の有無・用途・地上階数・高さ・延床面積を出力する。 実装言語はPythonを使用し、演算には、pandas 1.4.3, numpy 1.21.5を用いた。

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 各モデルで主に表現する内容



モデル	アウトプット	主な説明変数	説明変数とアウトプットの主な関係
①地価モデル機能： 付け値地代モデル	ゾーン別個人属性別付け値地代 (ゾーンに対する居住地としての魅力度を表す指標)	公共施設数、公共交通40分圏内商業延床面積	一定時間内でアクセスできる施設の数が増えれば、居住地としての魅力が向上する。 LRTの整備、高次都市機能の新規配置、商業用途の建築物の増加等により、左記の施設数や商業延床面積が増加したゾーンでは、付け値地代が増加する。
		最寄り駅までの距離	駅に近いほど、居住地としての魅力が高い。 LRTの整備により、LRT電停周辺のゾーンでは、付け値地代が増加する。
②地価モデル機能： 住宅地価モデル	ゾーン別住宅地価	付け値地代	住宅地価は、個人属性別の付け値地代を反映して定まる。 付け値地代が増加したゾーンでは、住宅地価が増加する。
③地価モデル機能： 商業地価モデル	ゾーン別商業地価	商圏人口（公共交通20分・40分圏域人口）	商圏人口が多いゾーンほど、商業用地としての魅力が高い。 LRTの整備や、居住誘導区域への人口集中等により、左記の人口が増加したゾーンでは、商業用地としての魅力が高まり、商業地価が増加する。
④居住地選択モデル機能： 転居発生モデル	個人別転居発生有無	配偶関係・家族類型・世帯内地位の遷移	独立や結婚等のライフイベントが転居発生の要因になっている。 国立社会保障・人口問題研究所作成の遷移確率に応じて左記の遷移有無を計算し、異なる配偶関係・家族類型・世帯内地位への遷移があった場合には転居が生じやすい。
⑤居住地選択モデル機能： 居住地選択モデル	個人別居住地	付け値地代、住宅地価、住宅延床面積	その属性の個人にとって居住地として魅力が高く、かつ地価が安いほど、居住地として選ばれやすくなる。 LRTの整備、高次都市機能の新規配置、商業用途の建築物の増加等により、単身世帯や夫婦と子の世帯等、世帯類型ごとに居住地としての魅力度がそれぞれ上昇し、特に大きな魅力度をつけた属性の個人から、居住地として選ばれやすくなる。
⑥空き家率モデル	ゾーン別空き家率	人口、建築物数	人口に対して建築物が多い場合、空き家が多い。
⑦建替・用途選択モデル	建築物別用途・高さ・除却及び新規建設の有無	住宅地価、商業地価	地価が高い場所ほど、高度利用がされやすい。 LRTの整備、都市機能の配置、人口の増加等により地価が増加したゾーン内では、建替えや新規建設がされやすく、また戸建て住宅よりも共同住宅や商業施設が新たに建設されやすい。
		最寄り駅までの距離	駅に近いほど、高度利用がされやすい。 LRTの整備により、LRT電停に近接する土地では、建替えや新規建設がされやすく、また戸建て住宅よりも共同住宅や商業施設が新たに建設されやすい。

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ①地価モデル機能

付け値地代・住宅地価モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	図書館数	箇所	ゾーンの図書館数	施設の位置情報をもとに、QGISを用いてゾーンと交差を取って作成。	左記をまとめたcsvファイルのファイルパスを指定。
2	診療所数	箇所	ゾーンの診療所数		
3	病院数	箇所	ゾーンの病院数		
4	診療所（内科）数	箇所	ゾーンの診療所（内科）数		
5	病院（内科）数	箇所	ゾーンの病院（内科）数		
6	小学校数	箇所	ゾーンの小学校数		
7	中学校数	箇所	ゾーンの中学校数		
8	幼稚園・こども園数	箇所	ゾーンの幼稚園・こども園数		
9	最寄り駅距離	m	ゾーン中心から最寄り駅までの距離	ゾーン中心と鉄道駅重心位置のポイントデータをもとに、QGIS3.26.6の「最寄りのハブへの距離」を用いて付与。鉄道駅重心は国土数値情報よりダウンロードして使用。	
10	宇都宮駅距離	m	宇都宮駅までの距離		
11	公共交通40分圏到達可能商業延床面積	m ²	ゾーンから公共交通で40分以内で到達できるゾーンに存在する商業の延床面積	ゾーン間所要時間データと建築物データから集計。	
12	自動車5分圏到達可能商業延床面積	m ²	ゾーンから自動車で5分以内で到達できるゾーンに存在する商業の延床面積		

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ①地価モデル機能

付け値地代・住宅地価モデル

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	ゾーンコード	なし	ゾーンごとに振られたユニークなコード	システム内でデータを保持、出力はしない。
2	単身世帯付け値地代	なし	当該ゾーン当該世帯類型の付け値地代	
3	夫婦のみの世帯付け値地代	なし	当該ゾーン当該世帯類型の付け値地代	
4	夫婦と子の世帯付け値地代	なし	当該ゾーン当該世帯類型の付け値地代	
5	その他の世帯付け値地代	なし	当該ゾーン当該世帯類型の付け値地代	
6	付け値地代ログサム変数	なし	当該ゾーンのログサム変数	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ①地価モデル機能 商業地価モデル

インプットデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	商圏人口 (自動車/公共交通)	人	当該ゾーンに一定時間内で到達できる人口の合計 ゾーン間所要時間データから各ゾーンから一定時間内で到達できる ゾーン一覧を算出し、そのゾーンの人口を合計。	csvファイルを手動 作成しファイルパスを 指定。
2	宇都宮駅までの距離	m	宇都宮駅までの直線距離 ゾーン中心と宇都宮駅重心位置のポイントデータをもとに、 QGIS3.26.6の「最寄りのハブへの距離」を用いて付与。	

モデルを適用する対象データ・モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	ゾーンコード	なし	ゾーンごとに振られたユニークなコード。	システム内でデータ を保持、出力はしな い。
2	商業地価	円/m ²	商業用途の場合の地価。	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ②居住地選択モデル機能 ライフイベント・転居発生モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	フィールド名	単位	詳細	入力方法
1	個人ID	なし	個人ごとに振られたユニークなコード。	左記をまとめたcsvファイルのファイルパスを指定。
2	配偶関係	なし	1:未婚, 2:有配偶, 3:死離別	
3	家族類型・世帯内の地位	なし	1:単身世帯のマーカ, 2:夫婦のみの世帯のマーカ, 3:夫婦と子の世帯のマーカ, 4:一人親と子の世帯のマーカ, 5:その他の世帯のマーカ, 6:配偶者, 7:非マーカ・その他の非マーカ	
4	遷移前カテゴリ	なし	1桁目は配偶関係、2桁目は家族類型・世帯内の地位	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	個人ID	なし	個人ごとに振られたユニークなコード。	システム内でデータを保持、出力はしない。
2	配偶関係	なし	1:未婚, 2:有配偶, 3:死離別	
3	家族類型・世帯内の地位	なし	1:単身世帯のマーカ, 2:夫婦のみの世帯のマーカ, 3:夫婦と子の世帯のマーカ, 4:一人親と子の世帯のマーカ, 5:その他の世帯のマーカ, 6:配偶者, 7:非マーカ・その他の非マーカ	
4	遷移前カテゴリ	なし	1桁目は配偶関係、2桁目は家族類型・世帯内の地位	
5	転居有無	なし	1:転居あり 0:転居なし	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ②居住地選択モデル機能

居住地選択モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	住宅地価	円/㎡	ゾーンの地価	地価モデルの出力結果を使用。	システム内で保持・更新したゾーンデータを受け取り。
2	付け値地代	なし	選択者の属性に応じた付け値地代	付け値地代モデルの出力結果を使用。	
3	ゾーン内住宅延床面積	㎡	ゾーン内の住宅延床面積の合計	建替・用途選択モデルの出力結果である建築物データから集計。	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	ゾーンコード	なし	ゾーンごとに振られたユニークなコード	左記を更新した個人データをcsvで出力。
2	住宅地価	円/㎡	住宅用途の場合の地価。	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ③ 空き家率モデル機能

空き家率モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	ゾーン別人口	人	小ゾーン別の夜間人口	システム内で個人データを集計して作成。	システム内で保持・更新したゾーンデータを受け取り。
2	ゾーン別住宅建築物数	棟	小ゾーン別住宅建築物数	システム内で建築物データを集計して作成。	
3	ゾーン別集合住宅建築物数	棟	小ゾーン別集合住宅建築物数	システム内で建築物データを集計して作成。	
4	ゾーン別店舗併用住宅建築物数	棟	小ゾーン別店舗併用住宅建築物数	システム内で建築物データを集計して作成。	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	システム内でデータを保持、出力はしない。
2	空き家フラグ	なし	モデルから計算される空き家数	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ④ 建替・用途選択モデル 除却モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	建築物ID	なし	建築物または建築物が建ちうる土地ごとに振られたユニークなコード。	なし	システム内で保持・更新した建築物データを受け取り
2	築年数	年	新築時点からの経過年数	前期の建築物データに付属する属性を使用。	
3	用途	なし	建築物の用途	前期の建築物データに付属する属性を使用。	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	システム内でデータを保持、出力はしない。
2	除却フラグ	なし	除却有無の選択結果。	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ④ 建替・用途選択モデル 建設モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	用途選択モデル ログサム変数	なし	用途選択モデルのログサム変数	当地域の用途選択モデルの出力結果を使用。	システム内で保持・更新したゾーンデータを受け取り。
2	建築面積	m ²	建築物が建っている部分のポリゴンの面積	建築物が建っている部分のポリゴンに対して、QGIS3.26.6の演算機能を用いて作成。	
3	最寄り駅まで200m内 タミー	m	建築物が建っている部分のポリゴンの重心位置から最寄り鉄道駅重心までの直線距離が200m以内なら1、それ以外0	建築物が建っている部分のポリゴンの重心位置と鉄道駅重心位置のポイントデータをもとに、QGIS3.26.6の「最寄りのハブへの距離」を用いて付与。鉄道駅重心は国土数値情報よりダウンロードして使用。	
4	地価	円/m ²	建築物が建っている部分のポリゴンの重心位置が存在するゾーンの地価	地価モデルの出力結果を使用。	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	システム内でデータを保持、出力はしない。
2	建設フラグ	なし	建設有無の選択結果。	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ④ 建替・用途選択モデル 用途選択モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	3D都市モデルの属性情報を使用。将来建築物FootPrintについてはユニークなコードを付与。	システム内で保持・更新したゾーンデータ・建築物データを受け取り。
2	建築面積	m ²	建築物が建っている部分のポリゴンの面積	建築物が建っている部分のポリゴンに対して、QGIS3.26.6の演算機能を用いて作成。	
3	最寄り駅までの距離	m	建築物が建っている部分のポリゴンの重心位置から最寄り鉄道駅重心までの直線距離	建築物が建っている部分のポリゴンの重心位置と鉄道駅重心位置のポイントデータをもとに、QGIS3.26.6の「最寄りのハブへの距離」を用いて付与。鉄道駅重心は国土数値情報よりダウンロードして使用。	
4	地価	円/m ²	建築物が建っている部分のポリゴンの重心位置が存在するゾーンの地価	地価モデルの出力結果を使用。	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	システム内でデータを保持、出力はしない。
2	建設フラグ	なし	用途の選択結果。	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ④ 建替・用途選択モデル 階数モデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	3D都市モデルの属性情報を使用。将来建築物FootPrintについてはユニークなコードを付与。	システム内で保持・更新したゾーンデータ・建築物データを受け取り。
2	用途地域	m	建築物が建っている部分のポリゴンの主な用途地域	QGIS3.26.6の交差（intersect）機能でゾーンポリゴンと用途地域ポリゴンを重ね合わせ、最も面積割合の大きい用途にフラグ付与。	
3	用途	なし	建築物の用途	今期の建築物データに付属する属性を使用。	
4	前面道路幅員	m	建築物の全面道路幅員	QGIS3.26.6を用いて、建築物の接する道路の道路幅員のうち最大の値を取るよう作成。	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	建築物コード	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	システム内でデータを保持、出力はしない。
2	階数	階数	建築物の地上階数	

Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 ④ 建替・用途選択モデル 高さモデル

インプットデータ・モデルを適用する対象データ

	データ名称	単位	概要	作成方法	入力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	3D都市モデルの属性情報を使用。将来建築物FootPrintについてはユニークなコードを付与。	システム内で保持・更新したゾーンデータ・建築物データを受け取り。
2	用途	なし	建築物の用途	今期の建築物データに付属する属性を使用。	

モデルでアウトプットするデータ

	フィールド名	単位	詳細	出力方法
1	建築物ID	なし	建築物ごとに振られたユニークなコード	左記を更新した建築物データ・ゾーンデータをcsvで出力。
2	高さ	m	建築物の表示高	

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 付け値地代・住宅地価モデル | 概要

- あるゾーンを人口の分だけの土地（ロット）に分け、ロットに関する付け値競争モデルを構築し、付け値地代関数の推定を行った。ここでは、ロットに対して世帯が互いに異なる付け値を示し、土地所有者は最大付け値を付けた世帯を立地させる、という考え方をを用いた。
- 世帯類型ごとに居住地選択において特に重視する項目が異なると仮定し、世帯類型ごとに異なる付け値地代関数を求めた。
- 付け値地代関数に多様なゾーン特性を考慮できるよう、ゾーンの施設数等に対して主成分分析を行ったうえで、得られた主成分を付け値地代関数の説明変数として用いた。

付け値地代モデル：多項ロジットモデル

ゾーン*i*に世帯類型*k*が最も高い付け値をつける確率

$$\exp(\pi_i^k) / \sum_k \exp(\pi_i^k)$$

効用関数

選択肢*k*:世帯類型*k* $\pi_i^k = \sum_m \beta_m^k X_{im}^k$

※選択肢集合は、

「単身世帯」「夫婦のみ世帯」「夫婦と子の世帯」「その他の世帯」

ただし、

X : 説明変数（ゾーンの説明変数をもとに主成分分析を行い、主成分を使用。）

β : パラメータ

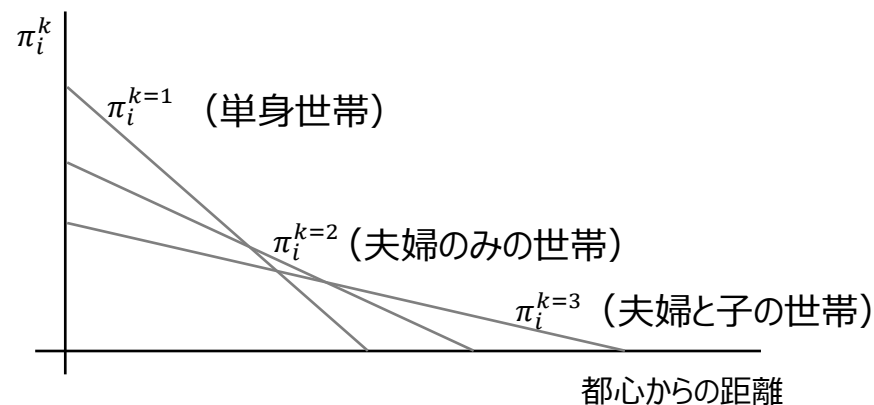
住宅地価モデル：線形回帰

ゾーン*i*の住宅地価 $\ln \sum_k \pi_i^k + \sum_m \beta_m X_{im}$

ただし、

X : 説明変数（ゾーンの説明変数を主成分分析して用いる）

β : パラメータ



付け値地代関数のイメージ

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 付け値地代・住宅地価モデル | 手法

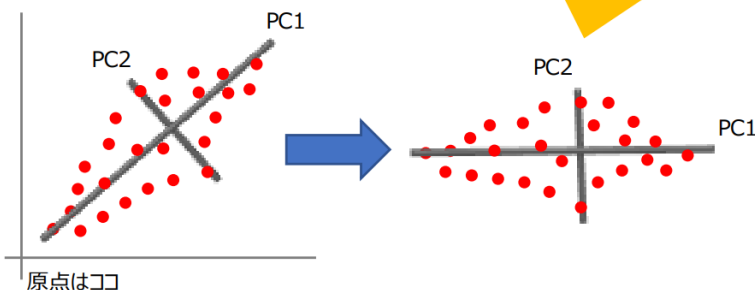
付け値地代モデルの説明変数として用いる主成分分析の手法

- 主成分分析とは、多数の変数の持つ情報をできるだけ失うことなく、互いに相関のない少ない変数に要約する手法である。

主成分分析のイメージ

主成分得点

横軸にPC1
縦軸にPC2を置いた時の
X座標 = 第一主成分得点
Y座標 = 第二主成分得点



データの情報を削減してデータの特徴を可視化し解釈しやすくするために用いられる。主成分とはデータの特徴を表す要素で、元のデータの持つ情報を多く含む主成分から順に、説明変数の数だけ主成分が生成される（第一主成分、第二主成分、…）。

第 k 主成分の主成分得点 Z_n は、主成分負荷量 a_{nk} ($n = 1, 2, \dots$)と説明変数 X_n の積を合計したものである。

$$Z_k = \sum_n a_{nk} X_n$$

※詳細は総務省統計局・統計研究研修所「高校生のための統計学習教材 第2講多変量データの扱い（令和2年）を参照ください。

出所) 総務省統計局・統計研究研修所「高校生のための統計学習教材 第2講多変量データの扱い」(令和2年)

<https://www.stat.go.jp/teacher/comp-learn-03.html>

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 付け値地代・住宅地価モデル | 主成分分析の結果 1/2

付け値地代モデルの説明変数として用いる主成分分析の結果

- 推定された第一主成分、第二主成分、第三主成分の主成分負荷量は以下の通りである。
- 各主成分負荷量の値の大小関係を見ると、第一主成分は「駅と商業施設への空間的近接性」、第二主成分は「駅と各種施設への空間的近接性」、第三主成分は「病院への空間的近接性」を概ね表現していると解釈できる。特徴的な箇所を下表にて太字で示す。

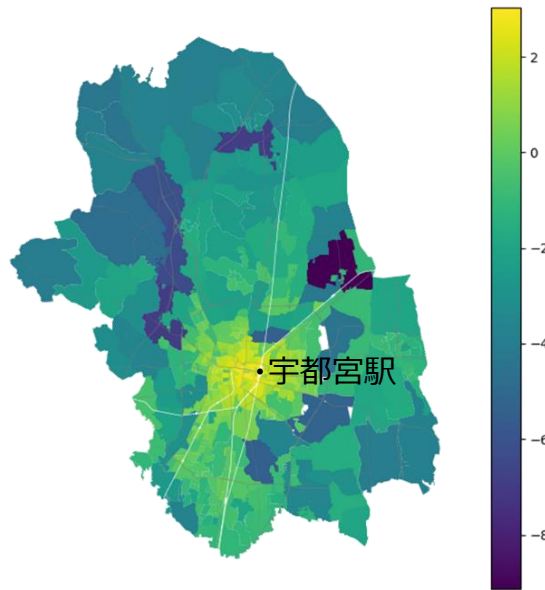
主成分分析の結果

	第一主成分 駅と商業施設への近接性	第二主成分 駅と各種施設への近接性	第三主成分 病院への近接性
図書館数	-0.092	-0.095	-0.310
診療所数	-0.202	-0.407	-0.190
病院数	-0.162	-0.379	0.532
診療所（内科）数	-0.231	-0.405	-0.158
病院（内科）数	-0.169	-0.374	0.533
小学校数	-0.256	-0.210	-0.268
中学校数	-0.174	-0.173	-0.363
幼稚園・こども園数	-0.190	-0.200	-0.238
最寄り駅距離（m）	-0.372	0.231	0.037
宇都宮駅距離（m）	-0.431	0.290	0.074
公共交通40分圏到達可能商業延床面積（㎡）	0.442	-0.265	-0.064
自動車5分圏到達可能商業延床面積（㎡）	0.436	-0.237	-0.070

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 付け値地代・住宅地価モデル | 主成分分析の結果 2/2

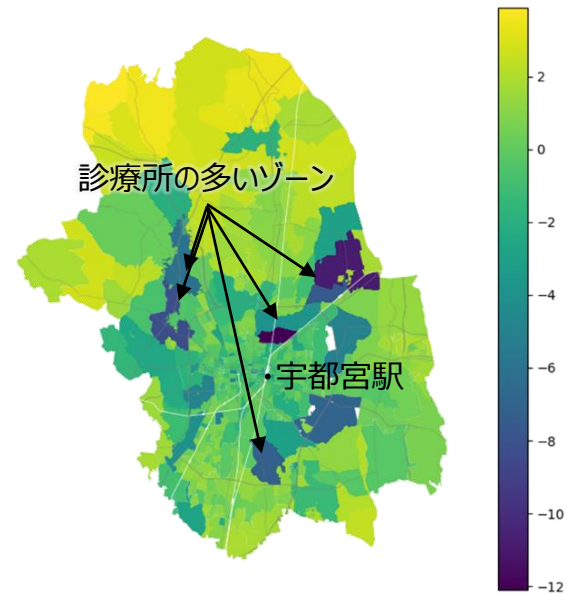
- 第一主成分から第三主成分まで、各主成分負荷量と説明変数の積の合計をとって主成分得点を計算すると、その分布は以下の通りとなった。

第一主成分の分布



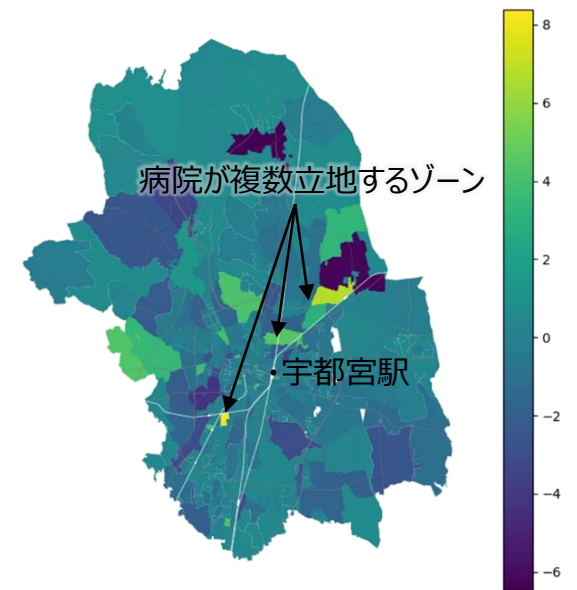
駅と商業施設への近接性と解釈

第二主成分の分布



駅と各種施設への近接性と解釈

第三主成分の分布



病院への近接性と解釈

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能

付け値地代・住宅地価モデル | パラメータ推定結果

付け値地代モデル パラメータ推定結果

- 鉄道駅や商業施設、各種機能へのアクセスがしやすい所ほど付け値地代が高く、各アクセス性の重要度合が世帯類型ごとに異なる、という関係を表現した。

付け値地代モデルパラメータ

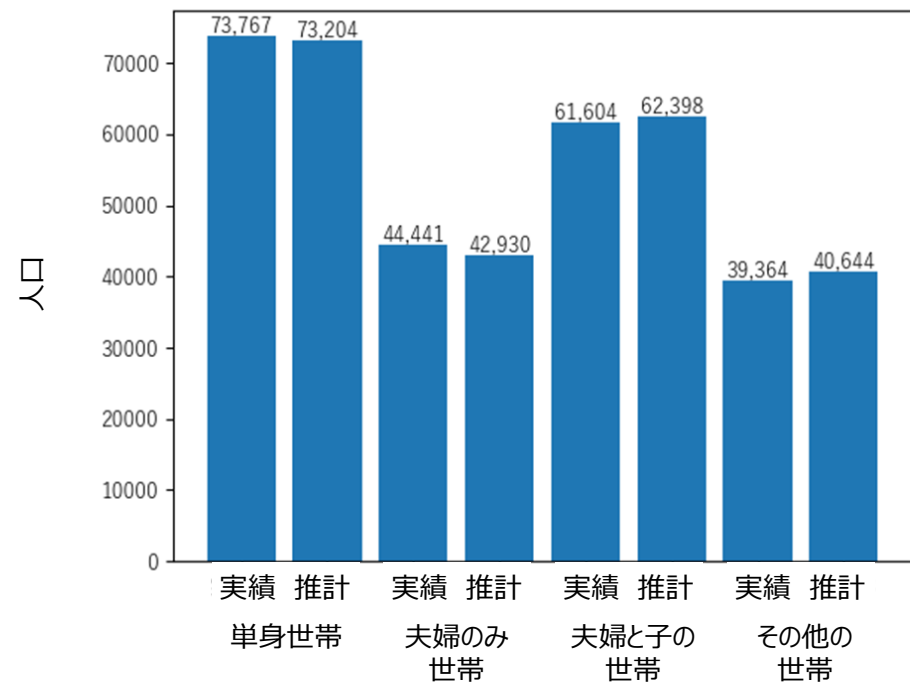
	単身世帯		夫婦のみ世帯		夫婦と子の世帯		その他の世帯	
	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
定数項	0.69	16.85	0.12	2.66	0.42	9.87	0.00 ※固定	NA
主成分1 （駅と商業施設への近接性） ※数字が大きいほど近接している →パラメータが正なら、近接しているほど付け値が高い	0.37	17.38	0.20	8.69	0.17	7.94	0.10 ※固定	NA
主成分2 （駅と各種施設への近接性） ※数字が小さいほど近接している →パラメータが負なら、近接しているほど付け値が高い	-0.25	-13.78	-0.18	-9.60	-0.17	-9.94	-0.10 ※固定	NA
主成分3 （病院への近接性） ※数字が大きいほど近接している →パラメータが正なら、近接しているほど付け値が高い	-0.05	-2.95	-0.05	-2.97	-0.04	-2.57	-0.01 ※固定	NA
調整済み 尤度比	0.0338							

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 付け値地代・住宅地価モデル | 現況再現の確認

付け値地代モデルの現況再現の確認

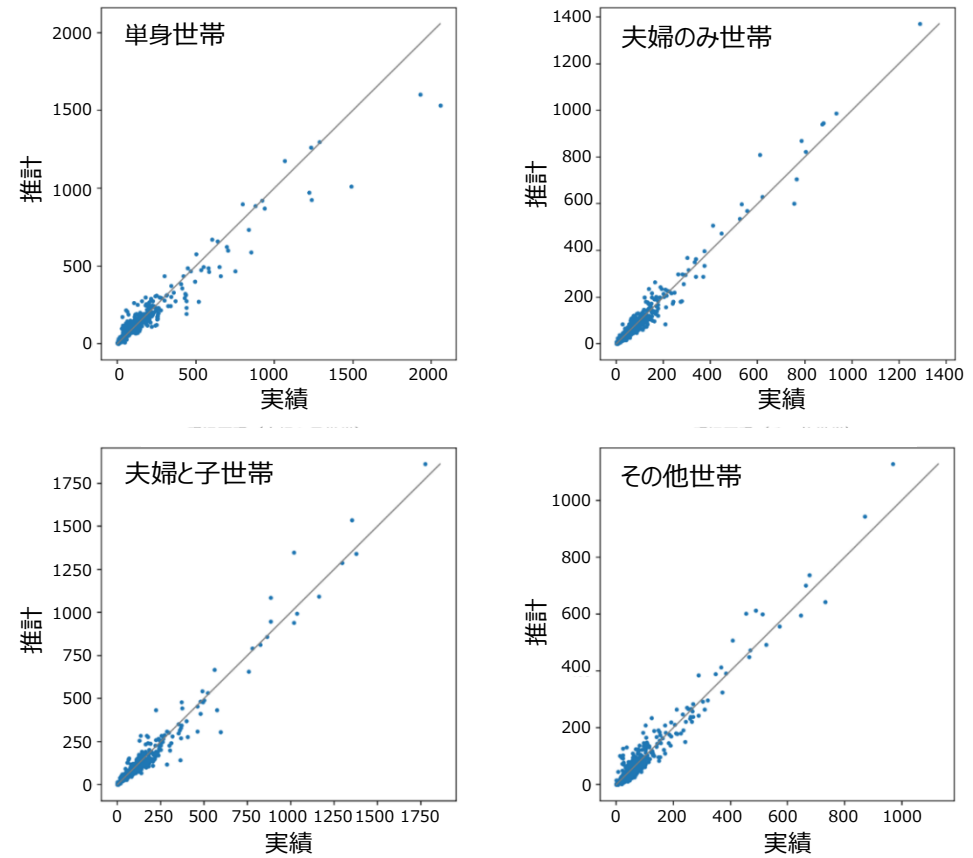
- 各小地域の人口の実績値と推計値を比較した。全域での傾向、小地域別の傾向を概ね再現している。

市全域の人口の現況再現



市全域の人口の現況再現

小地域別の人口の現況再現

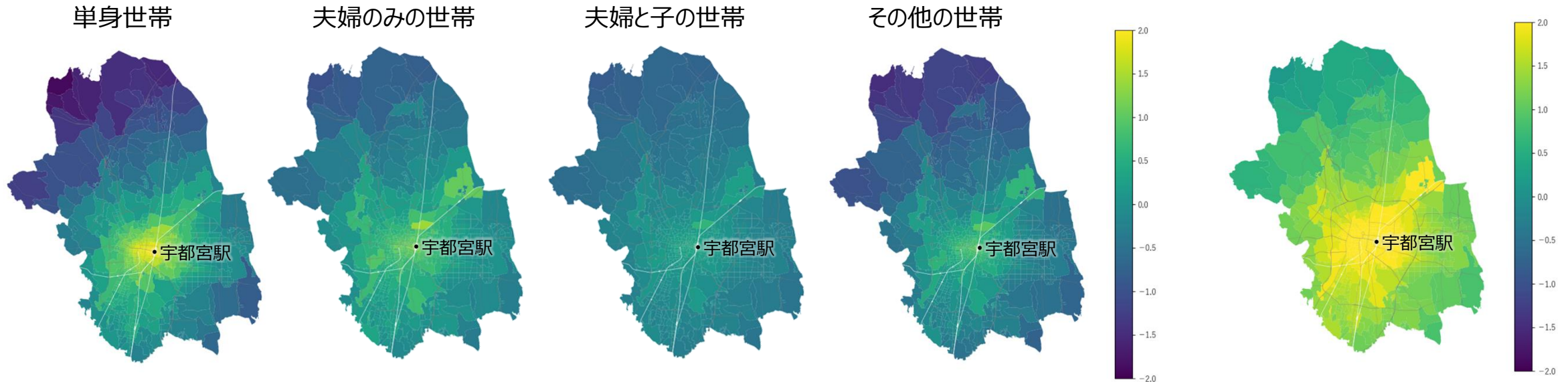


Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 付け値地代・住宅地価モデル | 付け値地代の分布

- いずれの世帯類型においても中心市街地の付け値地代が高く、中でも単身世帯はその傾向がある結果となった。

付け値地代の分布

付け値地代の
ログサム変数の分布



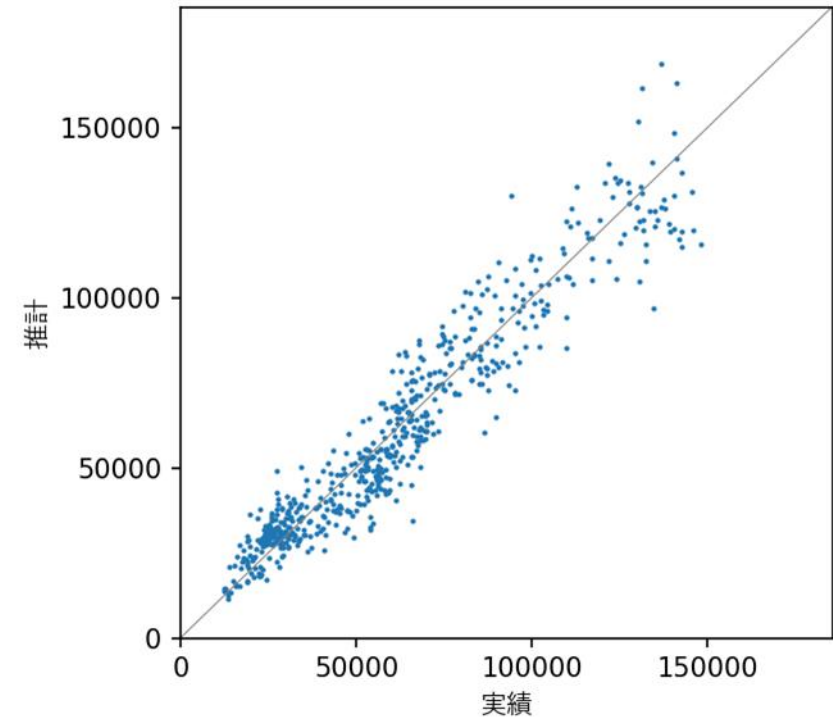
Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 付け値地代・住宅地価モデル | 住宅地価モデルパラメータ推定結果

- 付け値地代が高いゾーンほど地価が高い、という関係を表現した。
- ゾーン別の住宅地価の実績値を概ね再現している。

パラメータ推定結果

	推定値	t値
定数項	9.219	305.10
付け値地代モデル ログサム変数	0.862	39.04
人口密度 (人/ha)	0.001	3.01
ゾーン 住宅延床面積 (ha)	-0.005	-3.12
住居専用地域 ダミー	0.285	10.89
住居地域ダミー	0.248	10.27
決定係数	0.907	

ゾーン別の住宅地価の現況再現



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 商業地価モデル | 概要

- ゾーンごとの商業地価を目的変数、ゾーンごとの特性（交通利便性など）を説明変数とした重回帰分析を行った。
- 公共交通と自動車の商圈人口を変数とすることで、周囲の人口が増加するか各交通手段のゾーン間所要時間が短縮されると商業地価が上がる構造を表現した。

商業地価モデル：線形回帰

ゾーン k の地価 $\ln(Y) = \sum_m \beta_m X_m^k$

ただし、

Y ：目的変数（商業地価）

X ：説明変数（商圈人口、駅までの距離など 次ページで詳述）

β ：パラメータ

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ①地価モデル機能 商業地価モデル | パラメータ推定結果・現況再現の確認

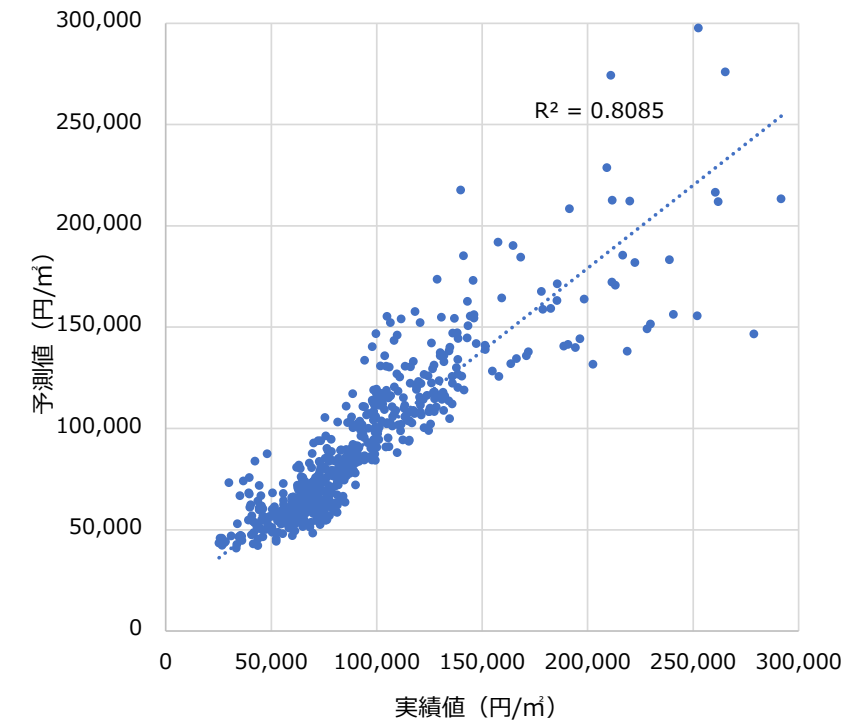
- 商圏人口が多いほど商業地価が高い、という関係を表現した。
- 概ね現況を再現している。

パラメータ推定結果

	推定値	t値
公共交通40分圏人口	1.10E-07	0.638
公共交通20分圏人口	2.80E-06	3.246
自動車5分圏人口	3.10E-06	6.318
Ln (宇都宮駅までの距離)	-0.295	-13.96
定数項	13.53	70.357
決定係数	0.81	

※目的変数はLn (商業地価)

ゾーン別の商業地価の実績値と予測値の比較



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ②居住地選択モデル機能 推定用データの整備

- 転居発生モデル、居住地選択モデルのパラメータ推定にはWEBアンケート調査データを用いた。

WEBアンケート調査の実施

結婚や独立などのライフイベントが発生したときに転居が発生するか、どのような場所へ転居するのか明らかにする。

項目	内容
対象	宇都宮市民 (n=1,000)
調査項目	現在と過去の世帯構成、配偶者の有無 現在の住所 過去の転居理由と転居先、転居する場合の理由と転居先 自動車保有、世帯年収、通勤先
調査時期	2022年8月1日～7日

パラメータ推定用データの整備

個人別5年以内転居有無

個人ごとに、5年以内の転居実績有無と、世帯類型（単身、夫婦のみ、夫婦と子、ひとり親と子、その他）、住居形態（持ち家、賃貸）、ライフイベント発生有無等の説明変数候補を付与したもの。

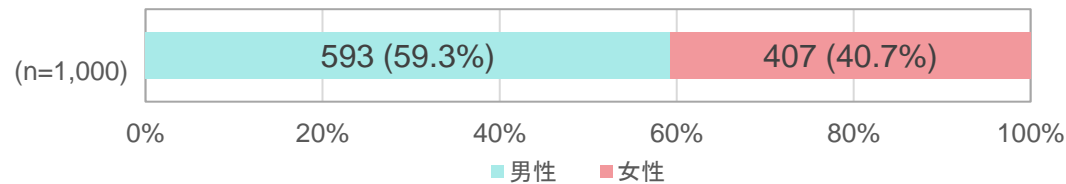
5年以内転居個人別居住地選択実績

5年以内に転居した個人に絞って、個人ごとに居住地選択したゾーンと、世帯類型（単身、夫婦のみ、夫婦と子、ひとり親と子、その他）、住居形態（持ち家、賃貸）等の説明変数候補を付与したもの。

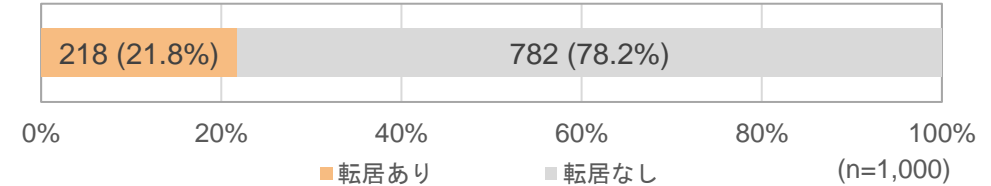
Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ②居住地選択モデル機能 (参考) WEBアンケート結果の概要

- WEBアンケート調査の結果の一部を抜粋して示すと、以下のとおりである。
- 5年以内に転居した人は全体の約21.8%であり、居住地選択では日用品の買物の利便性が最も重視され、次いで地価・家賃の安さが重視されている。

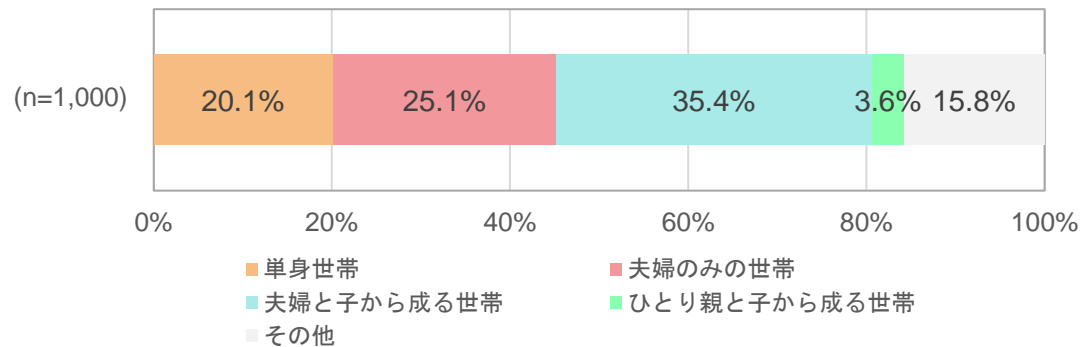
性別



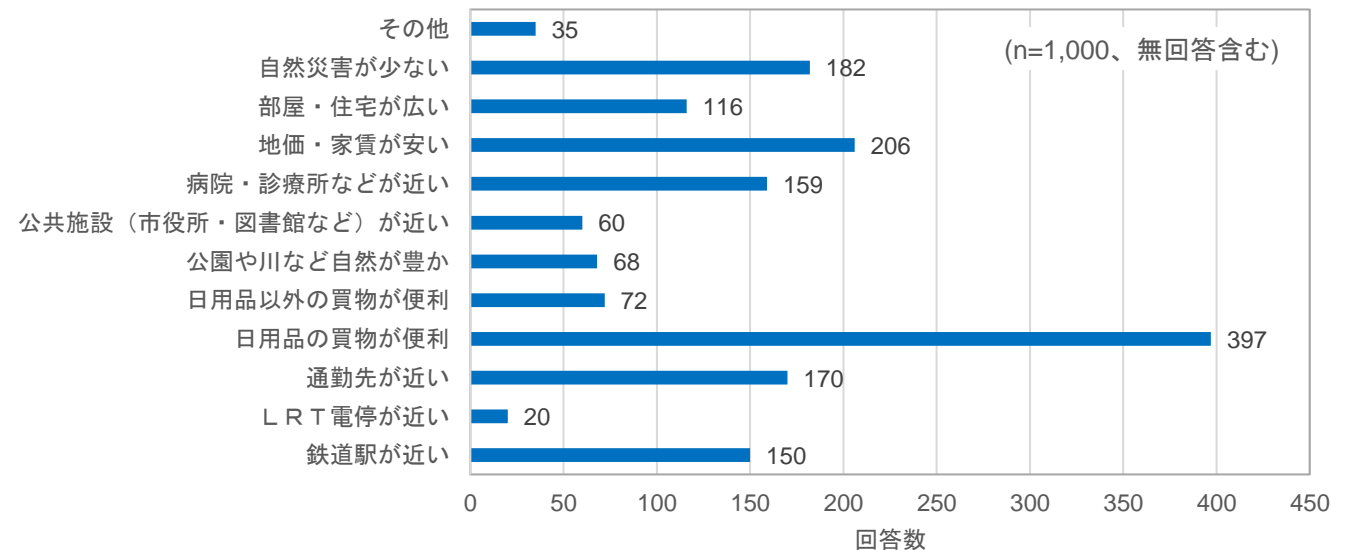
5年以内の転居有無



世帯類型



居住地選択で重視すること



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ②居住地選択モデル機能 転居発生モデル | 概要

- 独立や結婚等に起因する転居の発生を表現するため、個人の配偶関係の変化や家族類型・世帯内地位の変化と、その変化を考慮した転居の有無を選択するモデルとした。

転居発生モデル

転居の選択確率 $\exp(\pi)/(\exp(\pi) + 1)$
転居の効用関数 $\pi = \sum_m \beta_m X_m$

ただし、
 X : 説明変数 (次ページで詳述)
 β : パラメータ

ライフイベント

国立社会保障・人口問題研究所のHP※にて公開されている、
配偶関係・家族類型・世帯内地位の遷移確率を乗じる。
社人研の遷移確率は5年間の遷移を対象としているため、遷移確率を乗じる操作は1/5の確率で行うものとする。

加齢

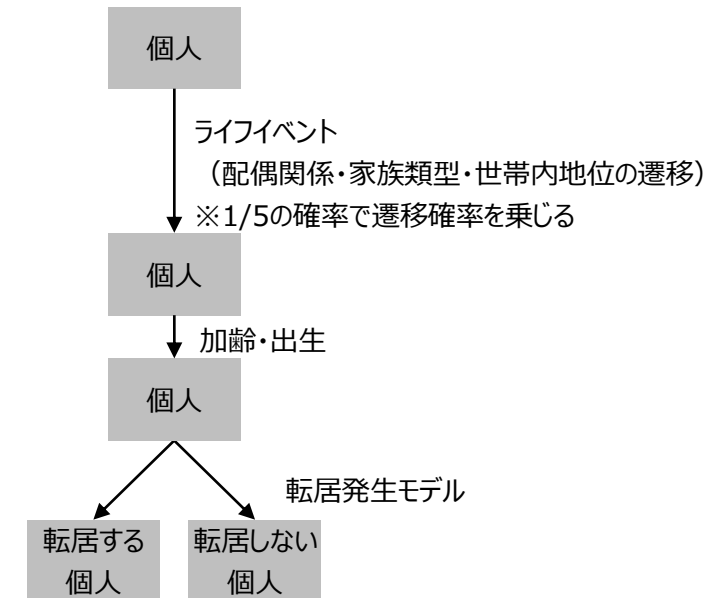
ライフイベントにおいて「死亡」に遷移しなかった個人の年齢及び最小子供年齢に1を加える。

出生

有配偶者を対象に、各歳別年次別出生率に応じて確率的に出生イベントを生じさせる。
出生イベントが生じた有配偶者と同一居住地の子供を個人データに加え、
出生イベントが生じた有配偶者の属性「最小子供年齢」を0で上書きする。
各歳別年次別出生率は、国立社会保障・人口問題研究所のHPにて公開されている、
女性の各歳別年次別出生率（中位）を2で割った値を使用する。

※出所) <https://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2018/t-page.asp>

モデルのイメージ



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ②居住地選択モデル機能 転居発生モデル | パラメータ推定結果・現況再現の確認

- ライフイベントが生じると転居しやすい、という関係を表現した。
- 推定用データであるWEBアンケート結果の実績確率を再現しており、別統計調査の実績値とも近い水準にある。

パラメータ推定結果

	推定値	t値
夫婦のみor夫婦と子の世帯→単身世帯への遷移ダミー	2.00	3.76
単身→単身以外への遷移ダミー	2.62	4.97
世帯構成の変化なしダミー	0.06	0.23
定数項	-1.47	-6.06
調整済み尤度比	0.27	

現況再現の確認

	転居発生確率
アンケート結果実績値	22%
推計値	22%
R2国勢調査実績値	18%

転居する場合の効用関数のパラメータを推定。
 転居しない場合の効用関数は0で固定。

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ②居住地選択モデル機能 転居発生モデル | (参考) ライフイベント生起確率

- 国立社会保障・人口問題研究所HPにおいて、配偶関係・家族類型・世帯内地位の遷移確率が公表されている。この遷移確率を用いて個人データに遷移の有無の情報を付与し、転居発生モデルの説明変数として用いた。
- この確率で用いられている配偶関係・家族類型・世帯内地位の分類は以下の通りである。「マーカ」とは、世帯の解体・形成の鍵とされる成員であり、通常は世帯主を指す。世帯と世帯主の組み合わせを削減するために設定されている。

マーカ
の規則

- 夫婦のみの世帯および夫婦と子の世帯では夫をマーカとする。
- ひとり親と子の世帯では親をマーカとする。
- 夫と同居する妻がその他の世帯の世帯主の場合、夫をマーカとする。
- 未婚者が親夫婦を含むその他の世帯の世帯主の場合、父親をマーカとする。

配偶関係と
世帯内地位の
組み合わせ

男性	配偶関係	家族類型・世帯内地位	女性	配偶関係	家族類型・世帯内地位
S: hS	未婚	単独世帯のマーカ	S: hS	未婚	単独世帯のマーカ
S: hO	〃	その他の世帯のマーカ*	S: hO	〃	その他の世帯のマーカ*
S: nh	〃	非マーカ	S: nh	〃	非マーカ
M: hS	有配偶	単独世帯のマーカ**	M: hS	有配偶	単独世帯のマーカ
M: hC	〃	夫婦のみの世帯のマーカ	M: hP	〃	ひとり親と子の世帯のマーカ
M: hN	〃	夫婦と子の世帯のマーカ	M: sp	〃	配偶者
M: hO	〃	その他の世帯のマーカ	M: nh	〃	その他の非マーカ
M: nh	〃	非マーカ			
W: hS	死離別	単独世帯のマーカ	W: hS	死離別	単独世帯のマーカ
W: hP	〃	ひとり親と子の世帯のマーカ	W: hP	〃	ひとり親と子の世帯のマーカ
W: hO	〃	その他の世帯のマーカ	W: hO	〃	その他の世帯のマーカ
W: nh	〃	非マーカ	W: nh	〃	非マーカ

* 親夫婦を含まない世帯

** ひとり親と子の世帯のマーカを含む

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ②居住地選択モデル機能

居住地選択モデル | 概要

- 転居することが確定した個人を対象に、新たな居住地ゾーンを選択するモデルである。
- 居住地選択の際に鉄道駅及び施設への近接性と地価の両方を考慮していると仮定してパラメータ推定を行った。

モデルのイメージ

居住地選択モデル：多項ロジットモデル

ゾーン k の選択確率 $\exp(\pi_h^k) / \sum_k \exp(\pi_h^k)$

効用関数

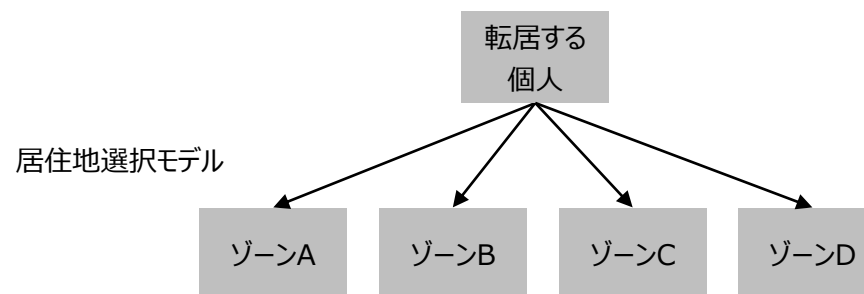
選択肢 k :ゾーン k $\pi^k = \sum_m \beta_m^k X_m^k$

※選択肢集合は、ゾーン全て。

ただし、

X : 説明変数 (次ページで詳述)

β : パラメータ



※推定時の選択肢集合は、中ゾーンごとにランダムに1ゾーン抽出。うち1つは実績ゾーン。

※推計時の選択肢集合は全ゾーン

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ②居住地選択モデル機能

居住地選択モデル | パラメータ推定結果

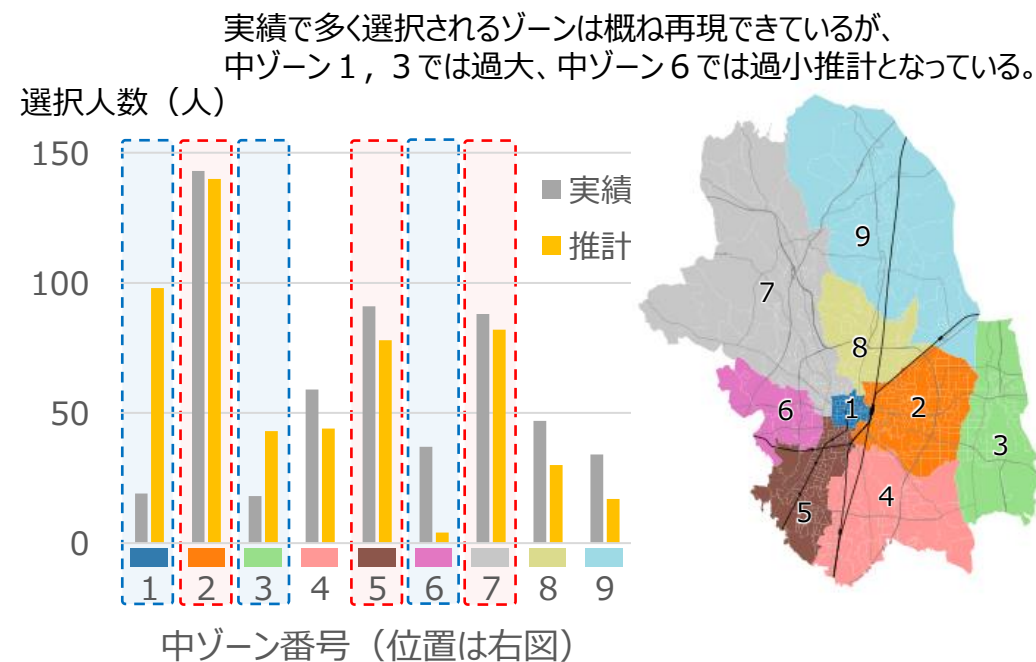
- 住宅地価に対して付け値地代が比較的高いほど、居住地として選択しやすい、という関係を表現した。
- 現況再現の結果では、WEBアンケートで多く選択されているゾーン（中ゾーン番号2, 5, 7）については概ね同程度の選択人数が推計できているものの、都心部のゾーン等、一部ゾーンではWEBアンケート結果と乖離があり、課題が残る。

パラメータ推定結果

	推定値	t値	標準化用 平均値	標準化用 標準偏差
付け値地代 (当該個人の世帯属性の 付け値地代)	0.44	0.06	1.66	0.40
住宅地価	-0.07	0.06	62610.83	35195.29
住宅延床面積	0.10 ※固定	NA	16080.51	28133.16
調整済み尤度比				0.075

効用関数は上記表に記載の平均値と標準偏差を用いて標準化の処理を行ってから計算。

現況再現の結果



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ③ 空き家率モデル機能 概要

- 建築物数に対して人口が少ないほど空き家が多い、という関係を表現した。

空き家数モデル：線形回帰

$$n_0 = \beta_m X_m^k$$

ただし、

X ：説明変数（次ページで詳述）

β ：パラメータ

空き家フラグ

ゾーン内の住宅・店舗等併用住宅を対象に、モデルから計算されるゾーン内の空き家数の分だけ、建築年数が古い順に空き家フラグを付与する。

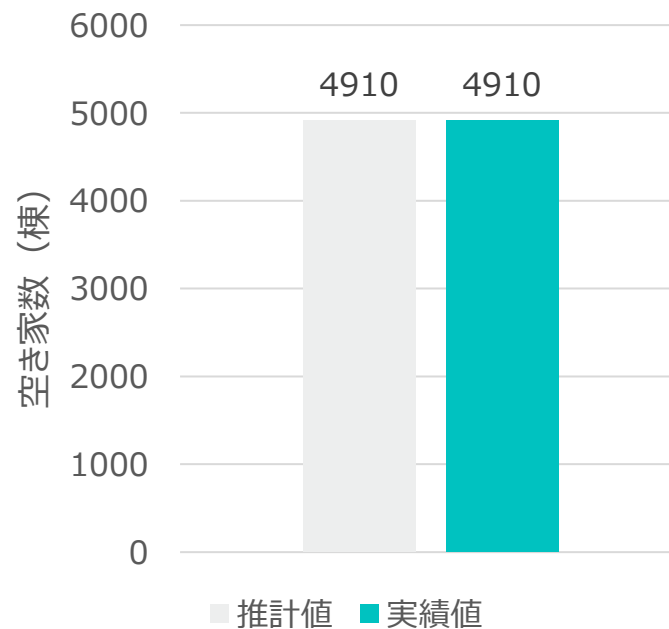
Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ③ 空き家率モデル機能 パラメータ推定結果

- 人口に対して住宅が多いほど、空き家数が多い、という関係を表現した。
- 市全域の空き家数や、ゾーン別の空き家数を概ね再現している。

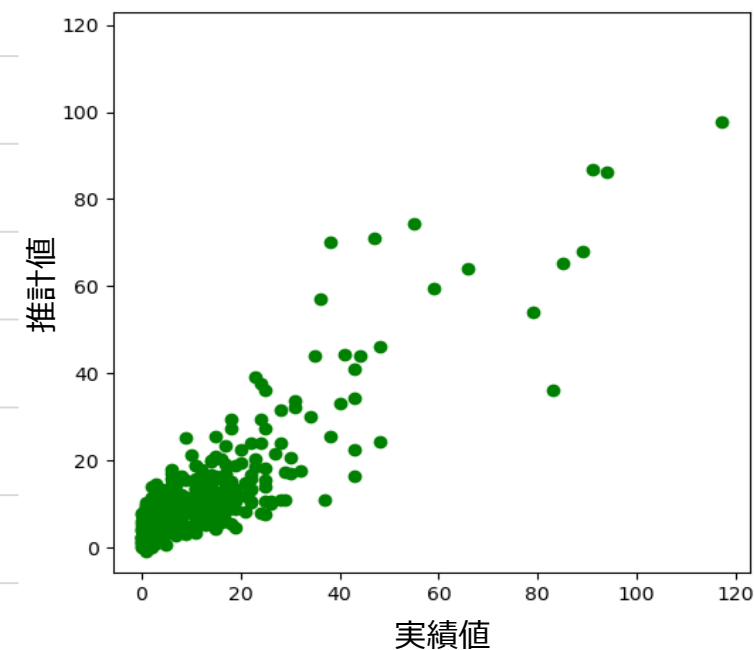
パラメータ推定結果

	推定値	t値
定数項	1.71	3.47
総人口（人）	-0.0004	-0.51
住宅建築物数	0.03	10.81
共同住宅建築物数	-0.08	-5.16
店舗併用住宅建築物数	0.21	6.40
調整済み尤度比	0.78	

現況再現の確認
全域の空き家数



現況再現の確認
ゾーン別の空き家数



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 概要

- 建築物及び建築物が建ちうる土地に対して、建築物の除却・建設の有無を出力、建築物を建設する場合はその用途を出力する。
- 地価が高い場合や鉄道駅が近い場合に建設が生じやすく、共同住宅や商業等が選択されやすくなる構造を表現した。
- 地域の特性によって各確率の形成要因が異なると考えられるため、用途地域別でモデルの推定を行った。

除却モデル（建築物がある場合）：二項ロジットモデル

用途 k の除却確率 $\frac{\exp(\pi_{remove}^k)}{\exp(\pi_{remove}^k) + 1}$

用途 k の除却の効用関数 $\pi_{remove}^k = \sum_m \beta_m^k X_m^k$

建設モデル：二項ロジットモデル

用途地域 k の建設確率 $\frac{\exp(\pi_{build}^k)}{\exp(\pi_{build}^k) + 1}$

用途地域 k の建設の効用関数 $\pi_{build}^k = \sum_m \beta_m^k X_m^k$

用途選択モデル：多項ロジットモデル

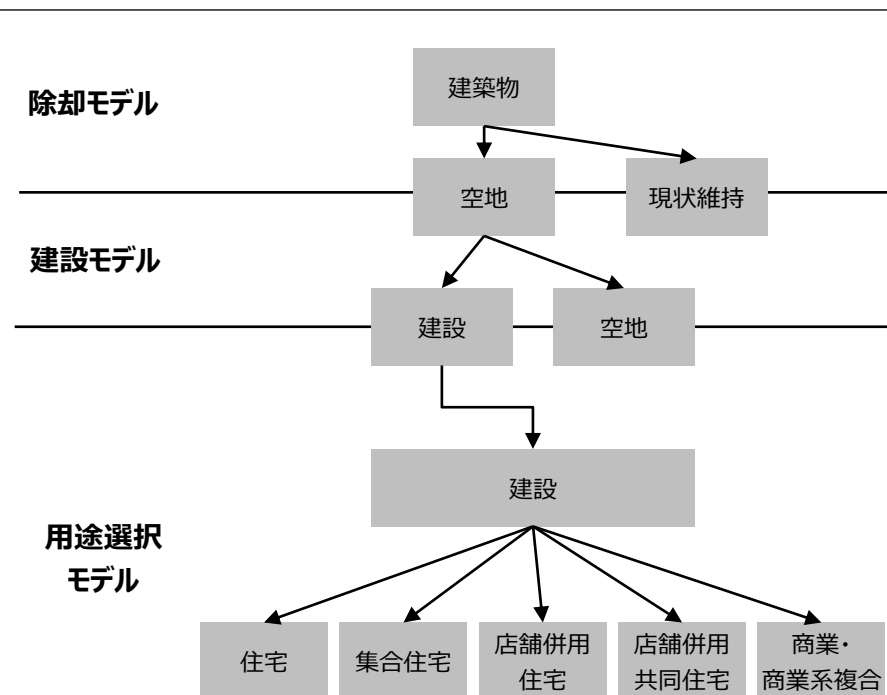
用途 k の選択確率 $\frac{\exp(\pi_h^k)}{\sum_k \exp(\pi_h^k)}$

効用関数 $\pi^k = \sum_m \beta_m^k X_m^k$

選択枝 k :用途 k
 ※選択枝集合は右図に記載の通り

ただし、
 X : 説明変数（次ページで詳述）
 β : パラメータ

モデルのイメージ



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 除却モデル | パラメータ推定結果

- 建築年数がたっているほど、除却されやすい関係を表現した。

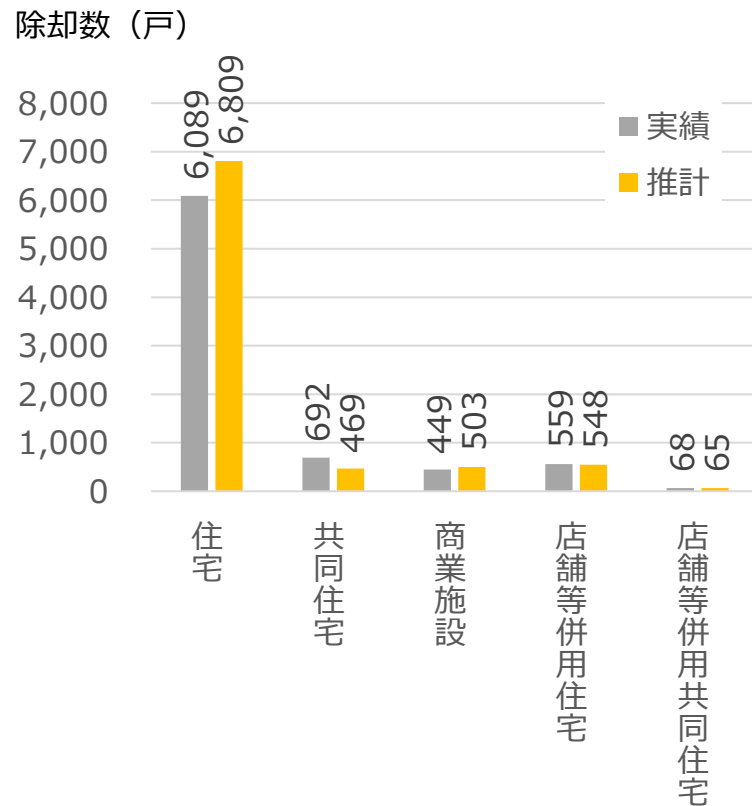
パラメータ推定結果

	住宅		共同住宅		商業施設		店舗等併用住宅		店舗等併用共同住宅	
	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値
築年数 (年)	0.0423	4.41	0.099	4.94	0.019	2.69	0.022	2.83	0.007	0.42
定数項	-4.033	-9.94	-5.873	-8.36	-2.651	-9.36	-3.356	-9.28	-2.657	-5.57
尤度比	0.6677		0.7805		0.4864		0.6081		0.5994	

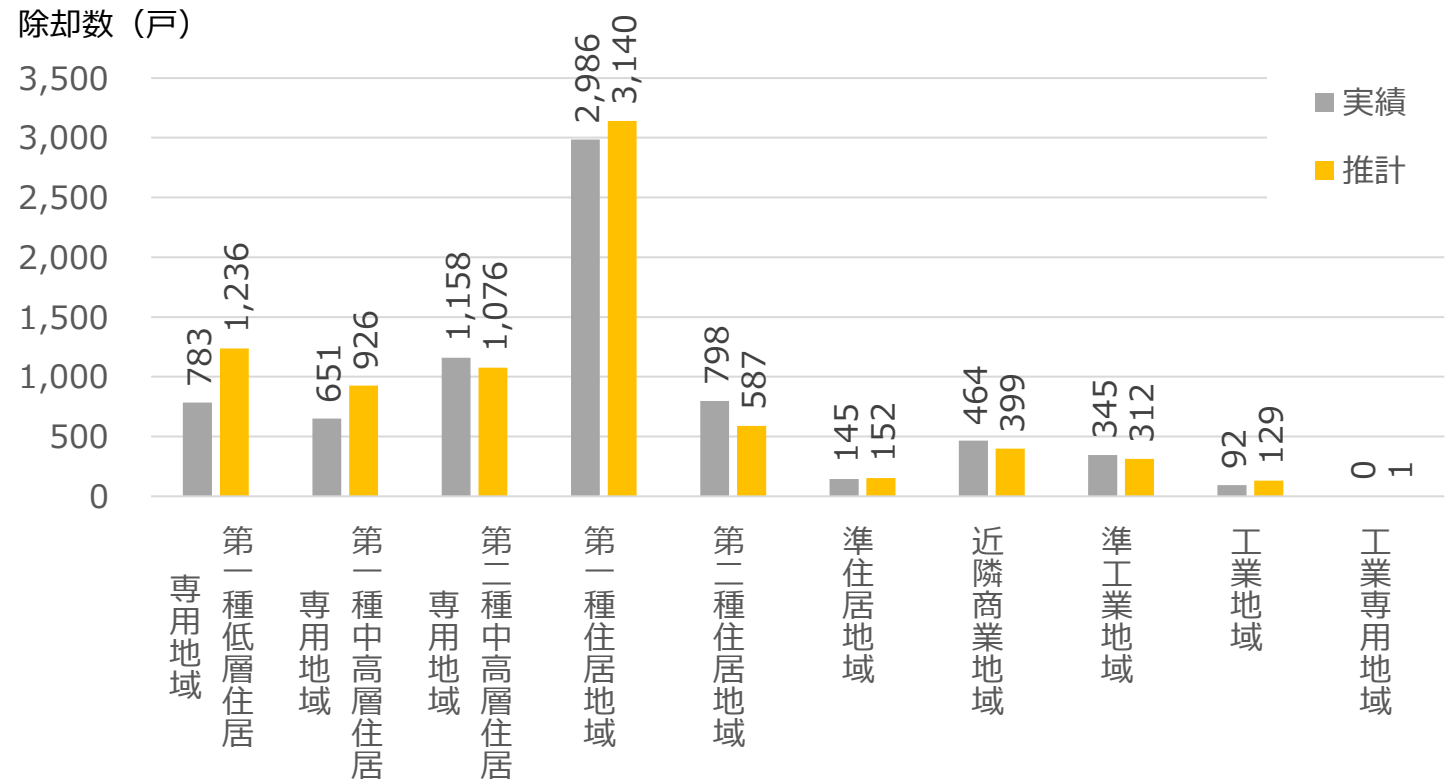
Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 除却モデル | 現況再現の確認

- 除却数は、概ね現況を再現している。
- 実績と比べると、住宅が除却されやすく、第一種・第二種低層住居専用地域で除却されやすいモデルとなっている。

用途別の除却割合の比較



用途地域別の除却割合の比較



Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 建設モデル | パラメータ推定結果

- 市域を用途地域で5つに分け、それぞれ建設確率のパラメータ推定を行った。

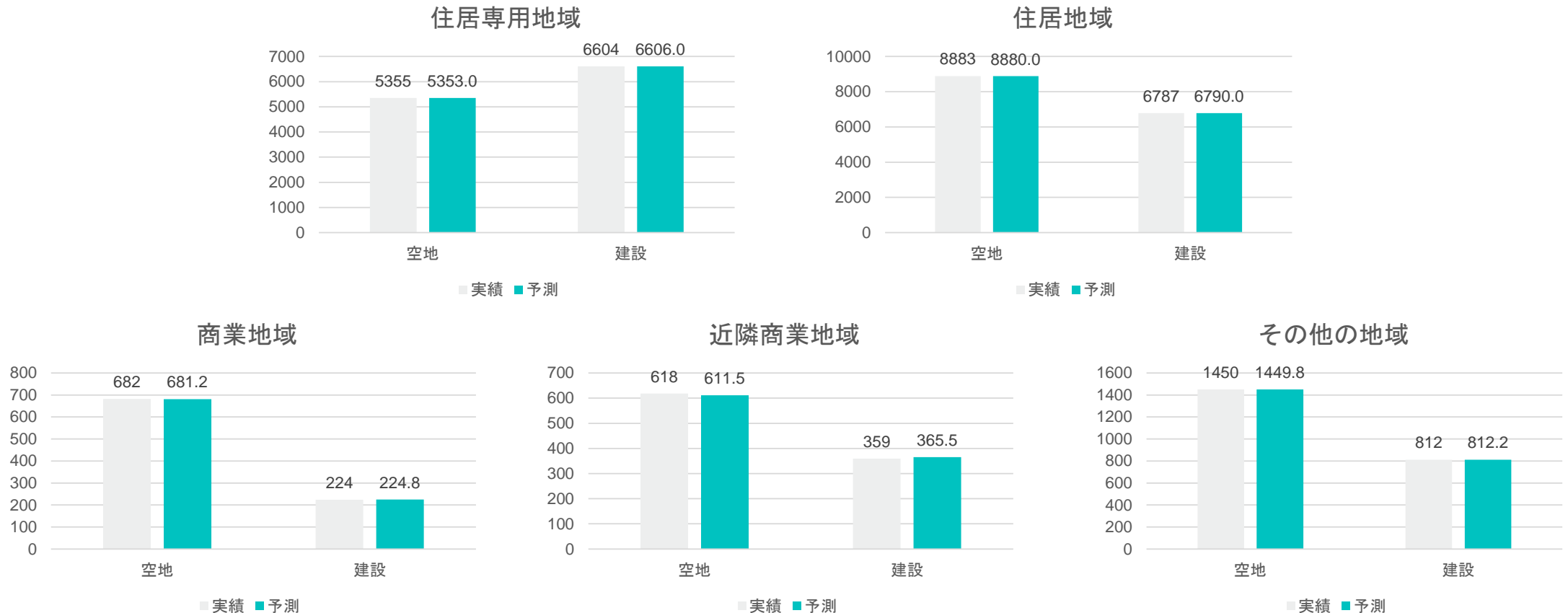
パラメータ推定結果

	住居専用地域		住居地域		商業地域		近隣商業地域		その他の地域	
	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値	パラメータ 推定値	t値
定数項	0.2	10.96	-0.3	-14.84	-1.13	14.32	-0.54	2.83	-0.75	-12.67
用途選択モデルログサム変数	0.037	1.63	-	-	-	-	-	-	-	-
地価×面積 (百万円・㎡)	-	-	0.0048	2.37	-	-	-	-	0.026	4.08
最寄り駅200mダミー	-	-	-	-	0.34	0.88	-	-	-	-
調整済み尤度比	0.14		0.01		0.00		0.05		0.07	

住居専用地域：第一種低層住居専用地域・第二種低層住居専用地域・第一種中高層住居専用地域・第二種中高層住居専用地域をさす。
住居地域：第一種住居地域・第二種住居地域・準住居地域をさす。

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 建設モデル | 現況再現の確認

- 地域別空地・建設の建物数の実績値とモデル予測値を比較し、ほぼ一致していることが確認された。



住居専用地域：第一種低層住居専用地域・第二種低層住居専用地域・第一種中高層住居専用地域・第二種中高層住居専用地域をさす。

住居地域：第一種住居地域・第二種住居地域・準住居地域をさす。

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル

用途選択モデル | パラメータ推定結果

- 地価が高いほど、また商業・近隣商業地域では駅が近いほど、住宅以外の用途が選択されやすい関係となった。

パラメータ推定結果

		住居専用地域		住居地域		商業・近隣商業地域		その他の地域	
		推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
定数項	住宅	Ref.	NA	Ref.	NA	Ref.	NA	Ref.	NA
	共同住宅	-4.31	-41.59	-3.52	-48.87	-0.38	-0.28	-2.58	-16.24
	商業	-6.62	-32.06	-4.59	-46.08	2.87	2.53	-2.88	-15.78
	店舗等併用住宅	-3.99	-21.69	-3.78	-30.80	-0.64	-0.42	-3.82	-13.68
	店舗等併用共同住宅	-10.45	-11.07	-6.59	-31.51	-2.72	-1.02	-5.66	-11.54
駅距離 (m)	住宅					Ref.	NA		
	共同住宅					-0.88	-1.78		
	商業					-1.96	-4.64		
	店舗等併用住宅					-0.64	-1.17		
	店舗等併用共同住宅					-0.55	-0.58		
地価(百万円)×面積 (m ²)	住宅	Ref.	NA	Ref.	NA	Ref.	NA	Ref.	NA
	共同住宅	0.29	21.31	0.19	25.17	0.10	7.88	0.14	7.99
	商業	0.23	18.92	0.17	25.71	0.06	7.51	0.16	9.35
	店舗等併用住宅	0.03	0.74	0.10	6.28	0.04	2.00	0.12	4.73
	店舗等併用共同住宅	0.32	17.21	0.20	20.58	0.10	7.92	0.14	7.79
調整済み尤度比		0.79		0.63		0.35		0.48	

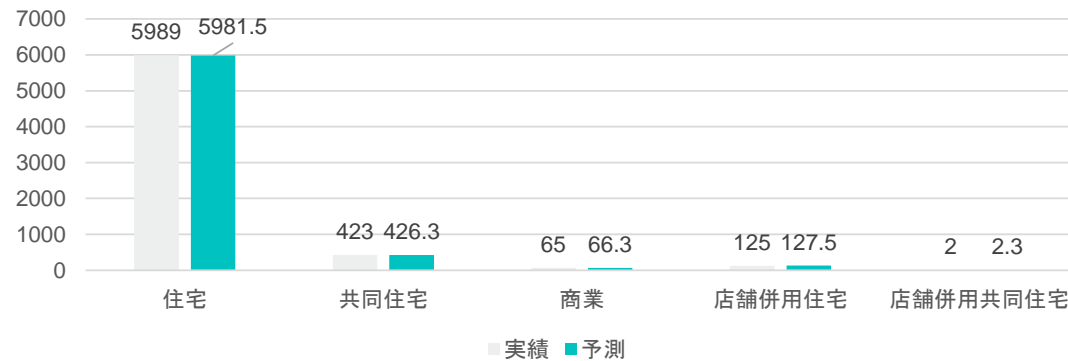
住居専用地域：第一種低層住居専用地域・第二種低層住居専用地域・第一種中高層住居専用地域・第二種中高層住居専用地域をさす。

住居地域：第一種住居地域・第二種住居地域・準住居地域をさす。

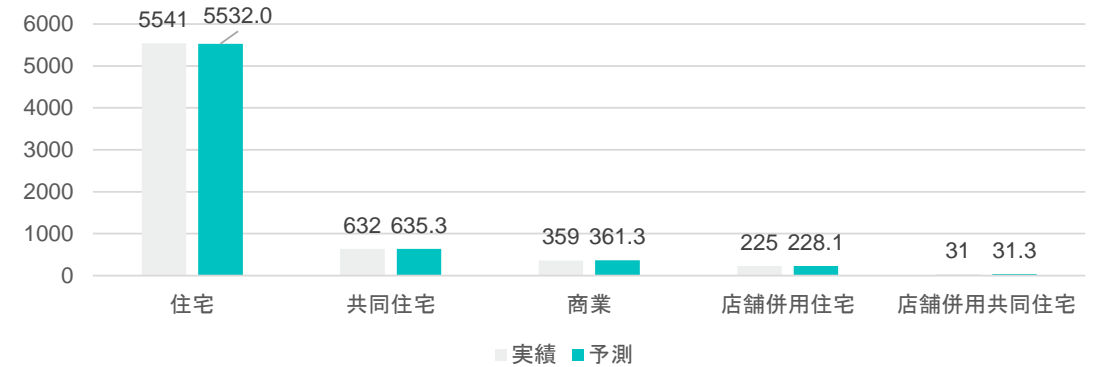
Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 用途選択モデル | 現況再現の確認

- 地域別用途別の建物数の実績値とモデル予測値の比較。ほぼ一致していることが確認された。

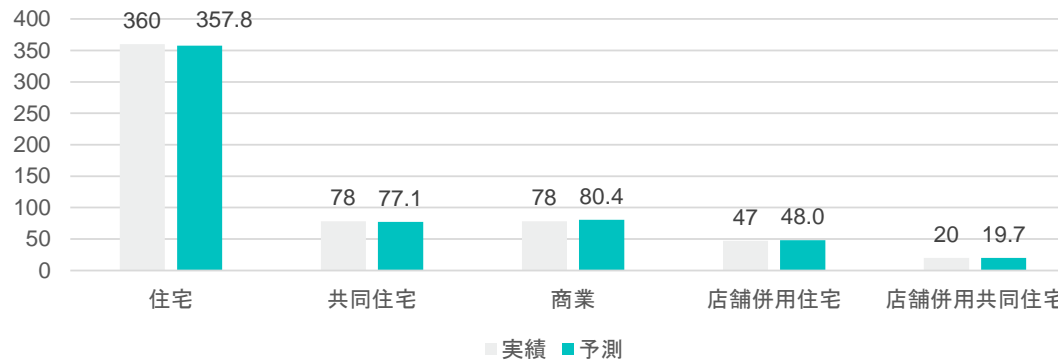
住居専用地域



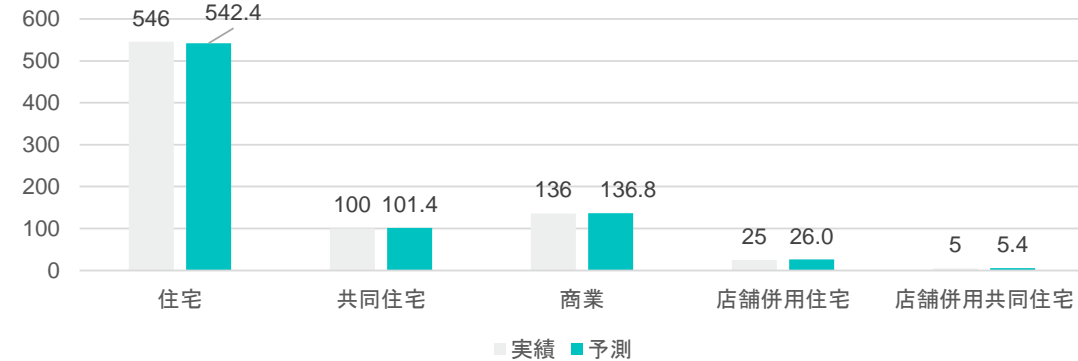
住居地域



商業・近隣商業地域



その他の地域



住居専用地域：第一種低層住居専用地域・第二種低層住居専用地域・第一種中高層住居専用地域・第二種中高層住居専用地域をさす。
住居地域：第一種住居地域・第二種住居地域・準住居地域をさす。

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 階数モデル | 概要

- 建築物の用途と、建築物の立地する場所の用途地域に応じて、以下の方法で階数を付与した。

階数の設定方法

		建築物の用途	
		住宅 店舗等併用住宅	集合住宅 店舗等併用集合住宅 商業施設
用途地域	一低・一中	2階建て（固定）	2階建て（固定）
	二中・一住・二住・ 準住・近商	2階建て（固定）	実績の階数分布に合わせて ランダムに付与 （多くは2~5階）
	商業	実績の階数分布に合わせて ランダムに付与 （多くは2~3階）	階数モデルで計算 →
	準工・工業・工専	2階建て（固定）	実績の階数分布に合わせて ランダムに付与 （多くは2~3階）

■ 階数モデル

階数を説明変数とするpoisson回帰モデル

	パラメータ (t値)
定数項	1.25
	(16.15)
前面道路幅員	0.02
	(3.99)

Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム > ④ 建替・用途選択モデル 高さモデル | 概要

- 建築物用途別の1F階高と2F以上階高を、宇都宮市の3D都市モデルの高さと階数の属性情報を用いて推定し、階数モデルで付与した階数に応じて高さを付与した。

高さの設定方法

用途	1階部分 高さ (m)	2階以上部分 高さ (m)
住宅	4.25	3.37
共同住宅	4.72	2.96
商業施設	4.65	3.46
店舗等併用住宅	4.43	3.09
店舗等併用共同住宅	4.24	3.32

Ⅲ. 実証システム > 6. データ

① 活用データ | 3D都市モデル一覧

活用データ（3D都市モデル）一覧

地物	地物型	属性区分	属性名	内容
建築物LOD1	bldg:Building	主題属性	gml:id	建築物ID
			bldg:usage	用途
			bldg:yearOfConstruction	建築年
			bldg:measuredHeight	計測高さ
			bldg:storeysAboveGround	地上階数
			uro:buildingDetailAttribute/uro:totalFloorArea	延床面積
			uro:buildingDetailAttribute/uro:buildingRoofEdgeArea	図形面積
			bldg:yearOfDemolition	解体年

Ⅲ. 実証システム > 6. データ

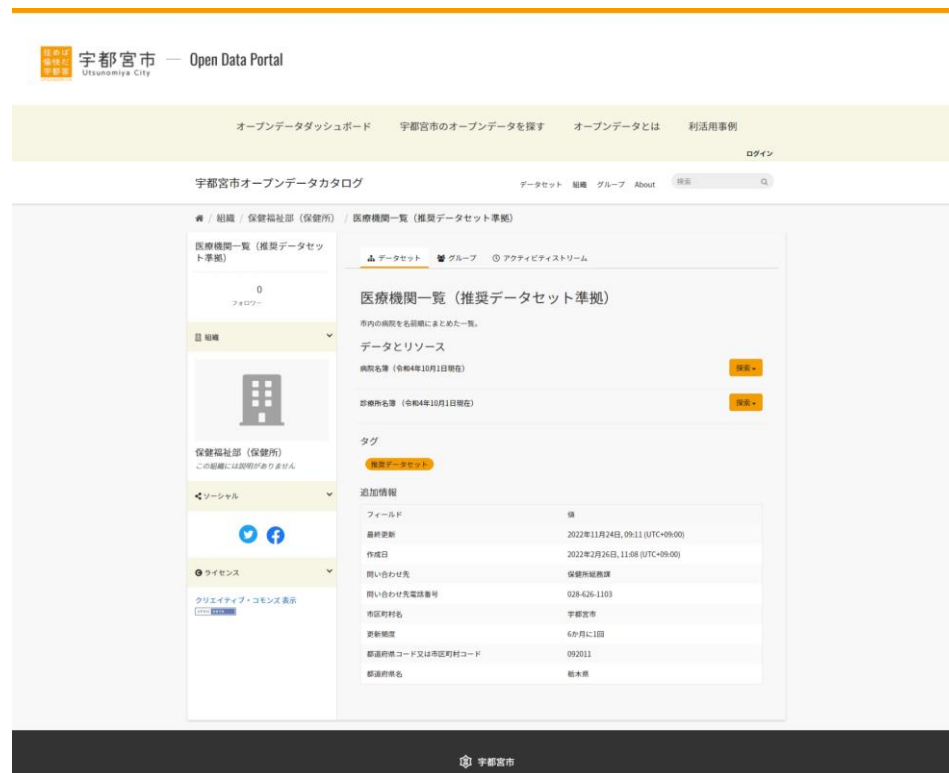
① 活用データ | その他の活用データ一覧

活用データ	内容	データ形式	出所
施設位置情報データ	宇都宮市内の図書館、診療所、病院、診療所（内科）、病院（内科）、小学校、中学校、幼稚園・こども園の位置のデータ。	csv形式	宇都宮市オープンデータカタログ
鉄道駅位置データ	宇都宮市内の鉄道駅の位置のデータ。	shp形式	国土数値情報
用途地域ポリゴンデータ	宇都宮市内の用途地域のポリゴンデータ。	shp形式	宇都宮市提供
デジタル道路地図データベース（DRM）	日本デジタル道路地図協会が提供する、道路をノードとリンクで表現したデータ。	shp形式	日本デジタル道路地図協会
配偶関係・家族類型・世帯内地位遷移確率	国立社会保障・人口問題研究所「日本の世帯数の将来推計（全国推計）」（平成30年推計）で使用される仮定値「推移確率行列（男）」「推移確率行列（女）」のデータ。	csv形式	国立社会保障・人口問題研究所
年次別年齢別出生率	国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」（平成29年推計）で使用される仮定値のうち、「表 1 1 - 2. 女性の年齢各歳別出生率および合計特殊出生率（3 仮定）」のデータのうち、中位の値。	csv形式	国立社会保障・人口問題研究所
時刻表データ	鉄道駅間、バス停間の時刻表データ。	csv形式	各鉄道会社、バス会社ホームページ
県央広域都市圏生活行動実態調査データ	平成27年に実施されたパーソントリップ調査のマスターデータ。	csv形式	宇都宮市提供
国勢調査小地域ポリゴン	平成27年国勢調査の小地域。総務省統計局作成。	shp形式	G空間情報センター
標準地域メッシュポリゴン	標準地域メッシュのポリゴンデータ。	shp形式	G空間情報センター

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ 施設位置情報データ

宇都宮市オープンデータカタログのページ

位置情報データの例（病院名簿データ）



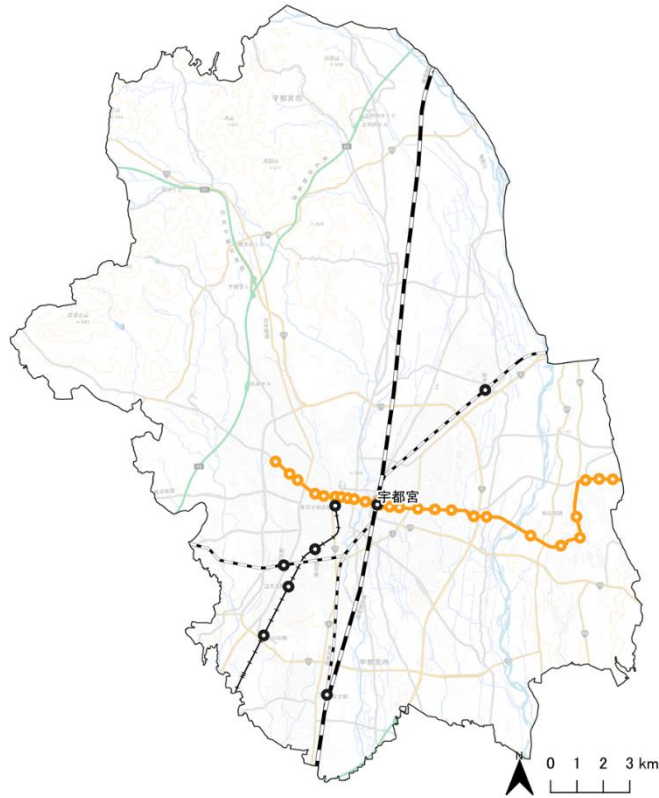
出所) 宇都宮市オープンデータカタログ (<https://city.utsunomiya.tochigi.jp>)

_id	都道府県...	NO	都道府県名	市区町村名	名称	名称カナ	医療機関...	住所	方書	緯度	経度	電話番号	内線番号	FAX番号	法人番号	法人の名
1	92011		栃木県	宇都宮市	飯田病院	イダビ...	病院	宇都宮市...		36.562914	139.887...	028-622-...				
2	92011		栃木県	宇都宮市	上野病院	ウエノビ...	病院	宇都宮市...				028-636-...				
3	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮病院	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-658-...				
4	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮記...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-622-...				
5	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮第...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-665-...				
6	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮中...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-635-...				
7	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮内...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-648-...				
8	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮西...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-621-...				
9	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮東...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-664-...				
10	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮南...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-658-...				
11	92011		栃木県	宇都宮市	宇都宮リ...	ウツノミ...	病院	宇都宮市...				028-662-...				
12	92011		栃木県	宇都宮市	皆藤病院	カイトウ...	病院	宇都宮市...				028-661-...				
13	92011		栃木県	宇都宮市	倉持病院	クラモチ...	病院	宇都宮市...				028-657-...				
14	92011		栃木県	宇都宮市	済生会宇...	サイセイ...	病院	宇都宮市...				028-626-...				
15	92011		栃木県	宇都宮市	佐藤病院	サトウビ...	病院	宇都宮市...				028-633-...				
16	92011		栃木県	宇都宮市	栄病院	シバビョ...	病院	宇都宮市...				028-621-...				
17	92011		栃木県	宇都宮市	白澤病院	シラサワ...	病院	宇都宮市...				028-673-...				
18	92011		栃木県	宇都宮市	新直井病院	シンナオ...	病院	宇都宮市...				028-656-...				
19	92011		栃木県	宇都宮市	第2宇都...	ダイニウ...	病院	宇都宮市...				028-666-...				
20	92011		栃木県	宇都宮市	滝澤病院	タキザワ...	病院	宇都宮市...				028-633-...				
21	92011		栃木県	宇都宮市	独立行政...	ドクリツ...	病院	宇都宮市...				028-673-...				
22	92011		栃木県	宇都宮市	独立行政...	ドクリツ...	病院	宇都宮市...				028-622-...				

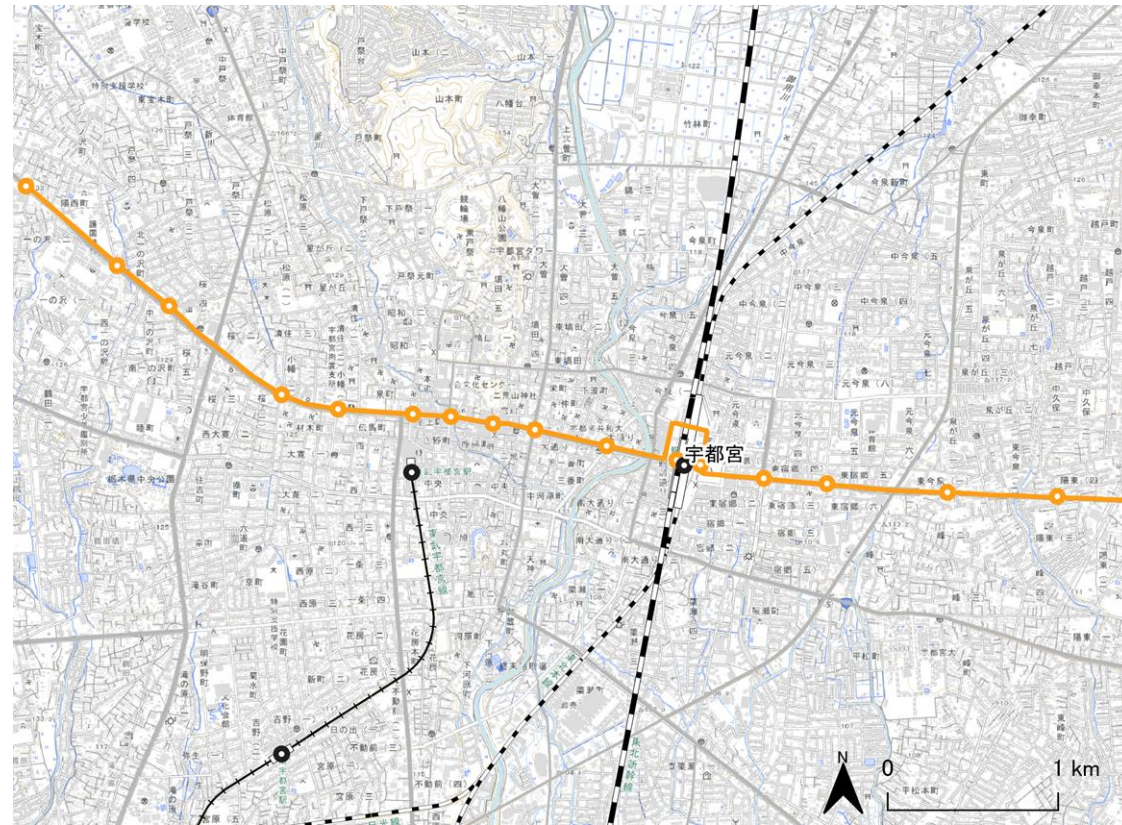
出所) 宇都宮市オープンデータカタログ (<https://city.utsunomiya.tochigi.jp>)

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ 鉄道駅位置データ

用途地域ポリゴンデータ

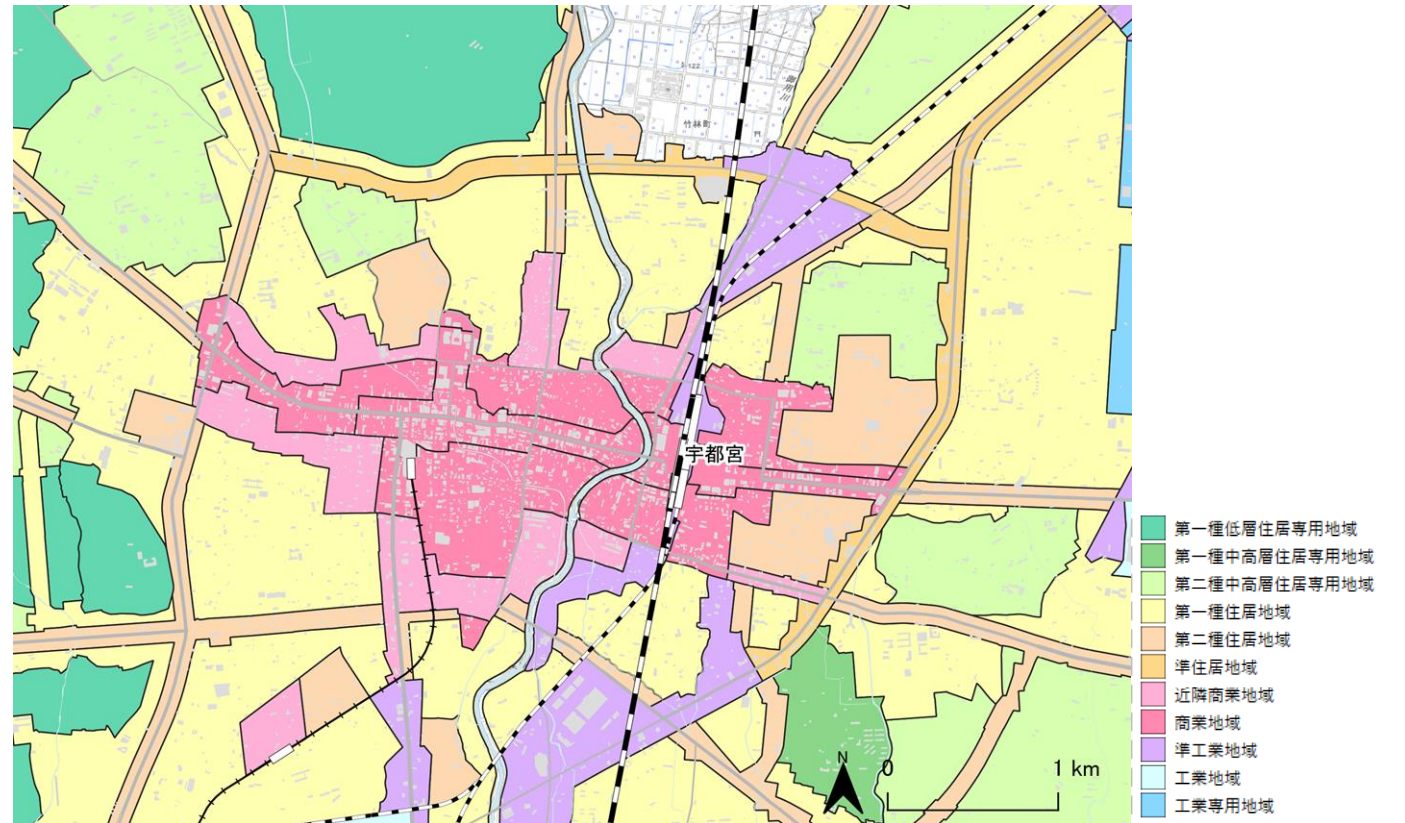
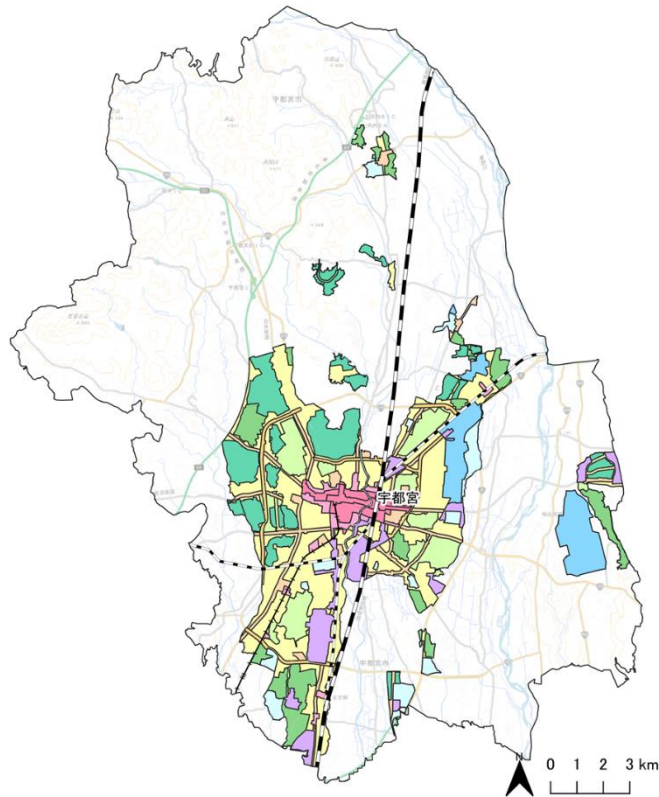


下図の出所) 国土地理院



Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ① 活用データ 用途地域ポリゴンデータ

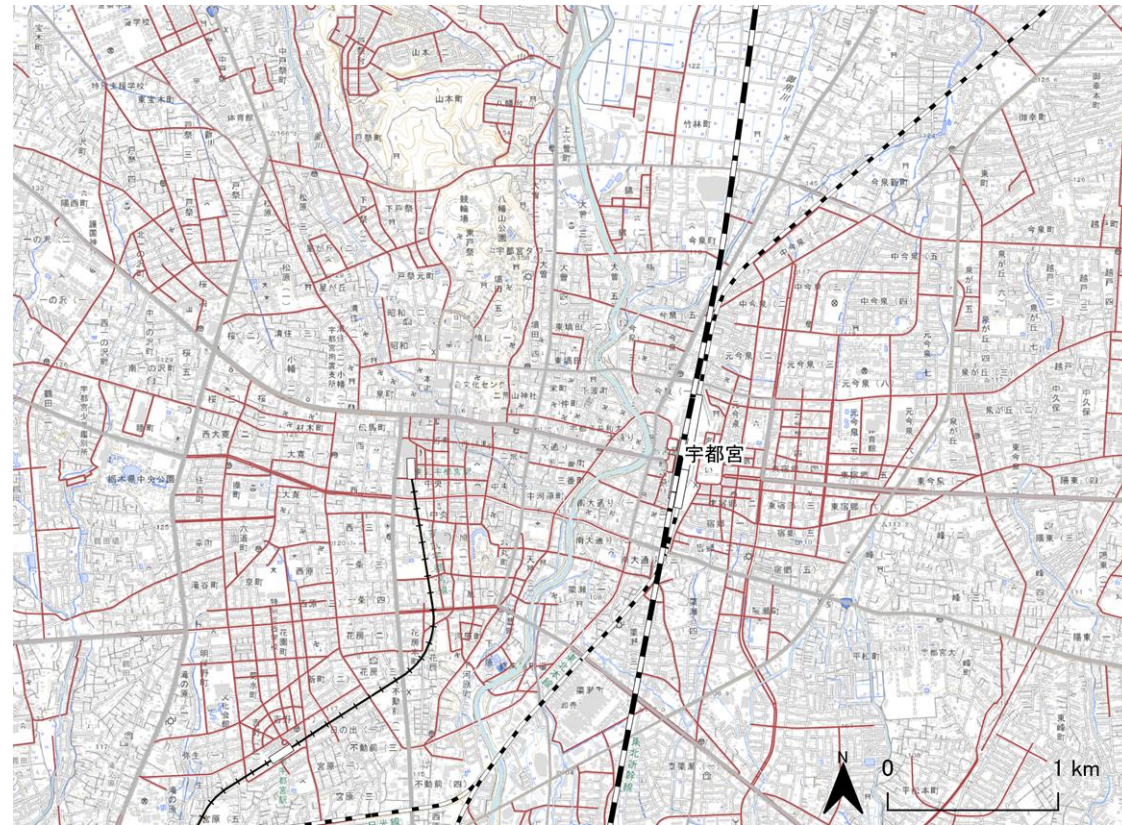
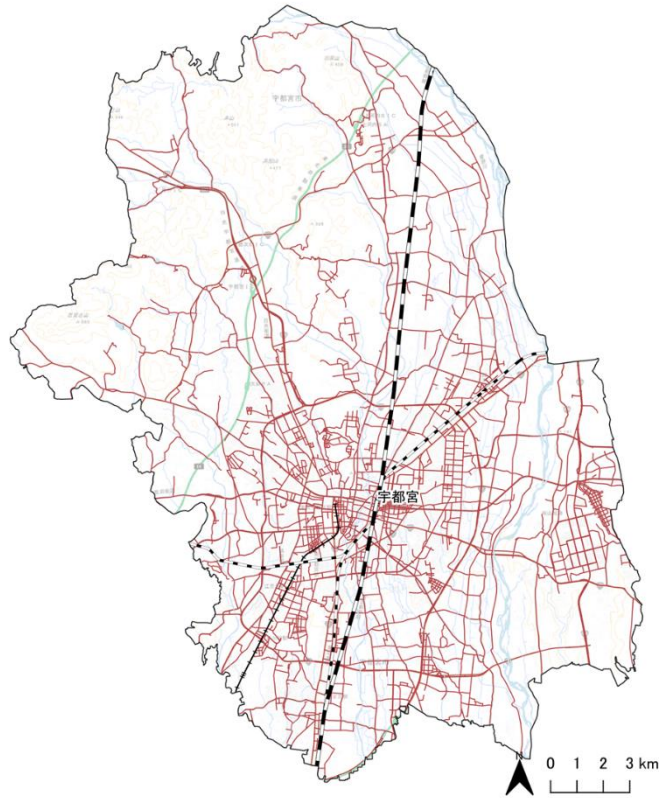
用途地域ポリゴンデータ



下図の出所) 国土地理院

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ デジタル道路地図データベース (DRM)

デジタル道路地図データベース (DRM)



下図の出所) 国土地理院

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ

配偶関係・家族類型・世帯内地位遷移確率

- 国立社会保障・人口問題研究所で公表されている遷移確率は、例示すると以下の通りである。

2015～2020年の男性15～19歳の遷移確率

2015～2020年：男

15-19歳	S:hS	S:h0	S:nh	M:hS	M:hC	M:hN	M:h0	M:nh	W:hS	W:hP	W:h0	W:nh	dead
S:hS	0.2527	0.0000	0.7017	0.0000	0.0197	0.0173	0.0000	0.0024	0.0041	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021
S:h0	0.0000	0.9544	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0394	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0000	0.0021
S:nh	0.3132	0.0035	0.6376	0.0015	0.0110	0.0182	0.0009	0.0078	0.0012	0.0001	0.0001	0.0027	0.0021
M:hS	0.0000	0.0000	0.0000	0.9540	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0438	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022
M:hC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2120	0.7420	0.0000	0.0000	0.0438	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022
M:hN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9540	0.0000	0.0000	0.0219	0.0219	0.0000	0.0000	0.0022
M:h0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9540	0.0000	0.0000	0.0000	0.0438	0.0000	0.0022
M:nh	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9540	0.0000	0.0000	0.0000	0.0438	0.0022
W:hS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3005	0.2253	0.0501	0.0000	0.4175	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066
W:hP	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4175	0.0000	0.0000	0.0066
W:h0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4175	0.0000	0.0066
W:nh	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0823	0.3565	0.1097	0.0274	0.0000	0.0000	0.0000	0.4175	0.0066
dead	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

出所) 国立社会保障・人口問題研究所HP

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ

年次別年齢別出生率

- 国立社会保障・人口問題研究所で公表されている出生率は、例示すると以下の通りである。

年次別年齢別出生率

表2 女性の年齢各歳別出生率および合計特殊出生率

(1)中位

年 齢	平成 27年 (2015)	平成 32年 (2020)	平成 37年 (2025)	平成 42年 (2030)	平成 47年 (2035)	平成 52年 (2040)
15	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
16	0.0010	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
17	0.0030	0.0025	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
18	0.0056	0.0059	0.0058	0.0059	0.0059	0.0059
19	0.0106	0.0109	0.0108	0.0108	0.0107	0.0109
20	0.0166	0.0166	0.0168	0.0167	0.0168	0.0167
21	0.0224	0.0223	0.0223	0.0224	0.0226	0.0225
22	0.0280	0.0285	0.0288	0.0284	0.0285	0.0289
23	0.0355	0.0356	0.0358	0.0358	0.0362	0.0361
24	0.0451	0.0450	0.0450	0.0449	0.0448	0.0443
25	0.0571	0.0566	0.0568	0.0577	0.0572	0.0576
26	0.0703	0.0705	0.0715	0.0713	0.0718	0.0725
27	0.0852	0.0859	0.0853	0.0865	0.0853	0.0857
28	0.0985	0.0984	0.0988	0.0994	0.0993	0.1005
29	0.1104	0.1090	0.1097	0.1097	0.1095	0.1092
30	0.1118	0.1122	0.1126	0.1129	0.1149	0.1139
31	0.1104	0.1105	0.1114	0.1128	0.1126	0.1134
32	0.1053	0.1041	0.1074	0.1065	0.1079	0.1066
33	0.0985	0.0934	0.0960	0.0963	0.0969	0.0969
34	0.0913	0.0837	0.0846	0.0853	0.0853	0.0851
35	0.0817	0.0730	0.0718	0.0720	0.0722	0.0735
36	0.0701	0.0626	0.0598	0.0600	0.0607	0.0607
37	0.0563	0.0523	0.0488	0.0499	0.0495	0.0502
38	0.0449	0.0420	0.0396	0.0401	0.0402	0.0405
39	0.0336	0.0338	0.0322	0.0323	0.0325	0.0325

出所) 国立社会保障・人口問題研究所HP

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ① 活用データ 時刻表データ

時刻表の例

 JR東日本 駅の時刻表



東北本線（宇都宮線） 下り（東京－上野－宇都宮－黒磯）

平日

列車番号	623M	321M	625M	627M	323M	2823M	521M	631M	325M	523M	633M	525M	635M	527M	2555M	637M	327M
列車名	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通
設備							⊗			⊗		⊗		⊗	⊗		
運転日	全日	全日	全日	全日	全日	全日	全日	全日	全日	平日	全日	全日	全日	全日	全日	全日	全日
始発																	
東京普通線																	
東京	発																
上野	着																
上野番線							(5)			(6)		(5)		(6)			
上野	発						0510			0532		0546		0608			
尾久	発						0515			0537		0552		0613			
赤羽	発						0520			0542		0557		0618			
浦和	発						0529			0550		0605		0626			
さいたま新都心	発						0533			0555		0609		0631			
大宮	着						0535			0557		0612		0633			
大宮	発						0536			0558		0612		0634			
土呂	発						0539			0601		0616		0638			
東大宮	発						0542			0604		0619		0640			
蓮田	発						0546			0608		0622		0644			
白岡	発						0550			0612		0626		0648			
新白岡	発						0553			0615		0629		0651			
久喜	発						0556			0618		0633		0655			
東鷲宮	発						0559			0621		0636		0658			
栗橋	発						0604			0626		0641		0703			
古河	発						0611			0633		0648		0710			
野木	発						0615			0637		0652		0714			

出所) JR東日本HP

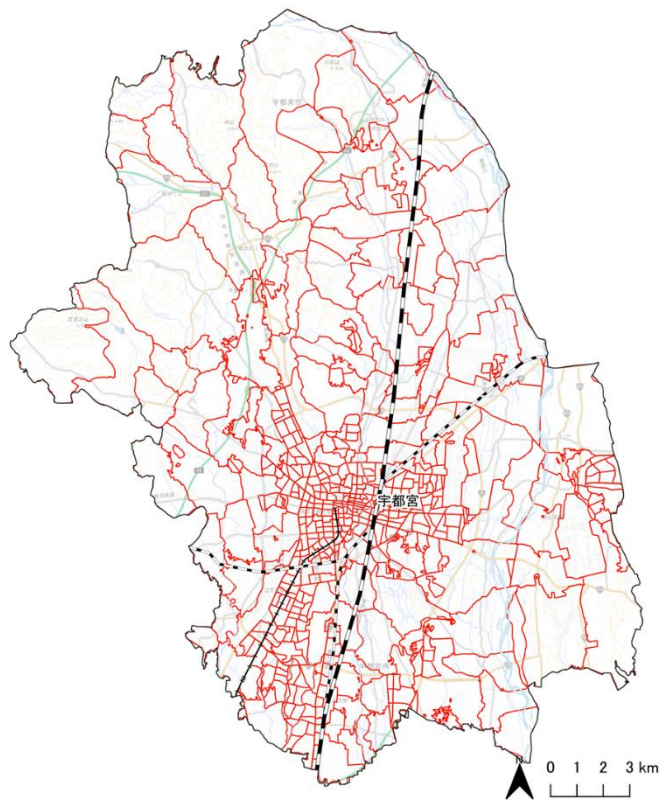
Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ 県央広域都市圏生活行動実態調査データ

県央広域都市圏生活行動実態調査データのイメージ

世帯番号	個人番号	性別	年齢	現住所	...
1	1	男性	60	12345	...
1	2	女性	60	12345	...
2	1	男性	42	23456	...
2	2	女性	38	23456	...
2	3	女性	10	23456	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ① 活用データ 国勢調査小地域ポリゴン

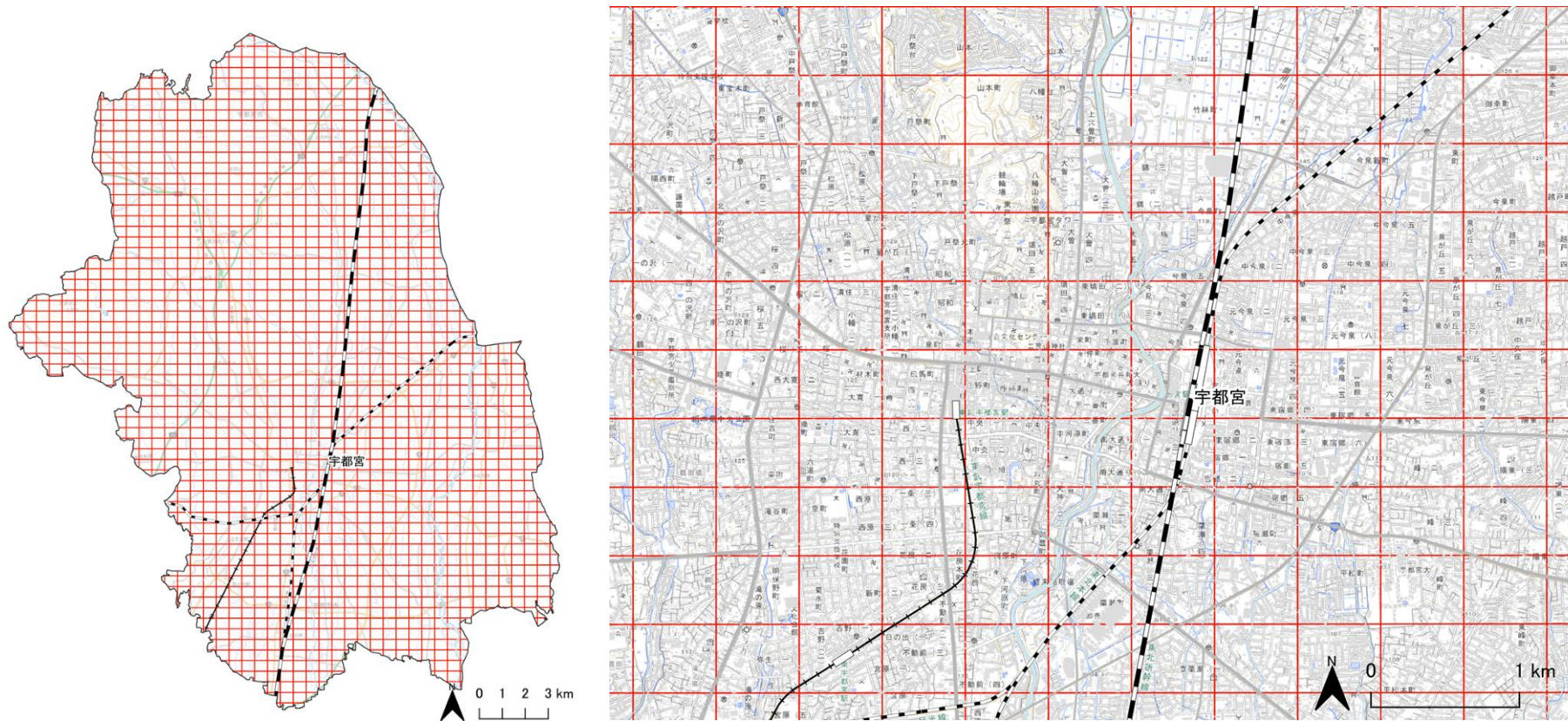
国勢調査小地域ポリゴン



下図の出所) 国土地理院

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ① 活用データ 標準地域メッシュポリゴン

標準地域メッシュ (4次メッシュ)



下図の出所) 国土地理院

Ⅲ. 実証システム > 6. データ

② データ処理 | 一覧

データ名称	用途	作成方法	ソフトウェア	活用データ
建築物データ	各サブモデルで使用	3D都市モデルの属性情報を使用。延床面積は建築面積と階数の属性情報を使用して、その積により計算。階数と用途は不明があれば補完。将来建築物のFootPrintを作成して追加。シミュレーションのインプットとするためcsv形式に変換。	ArcGISPro 2.7.0 FME2022 Ver1.3.0	3D都市モデル (CityGML形式) デジタル道路地図データベース (DRM) (shp形式)
ゾーン単位データ	各サブモデルで使用	ゾーンは、国勢調査小地域を基本とし、LRT沿線の市街化調整区域のうち平石地域拠点は2分割、その他は500mメッシュで分割したうえで微小ポリゴンを統合して作成。 施設数は、施設の位置情報をもとに、QGIS3.26.6を用いてゾーンと交差を取って作成。 最寄り駅距離、宇都宮駅距離、最寄り駅200mダミーは、ゾーンの中心または建築物が建っている部分のポリゴンの重心と、鉄道駅の重心位置のポイントデータをもとに、QGIS3.26.6の「最寄りのハブへの距離」を用いて付与。 用途地域は、QGIS3.26.6の交差 (intersect) 機能でゾーンポリゴンと用途地域ポリゴンを重ね合わせ、最も面積割合の大きい用途にフラグ付与。	QGIS 3.26.6 Python 3.9.12	国勢調査小地域ポリゴン (shp形式) 標準地域メッシュポリゴン (shp形式) 施設位置情報データ (csv形式) 鉄道駅位置データ (shp形式) 用途地域ポリゴンデータ (shp形式)
個人データ	各サブモデルで使用	「県央広域都市圏生活行動実態調査」(平成26年)の世帯マスターデータ(回答者の世帯と個人属性のデータ)に対して、世帯類型を付与して作成。	Python 3.9.12	県央広域都市圏生活行動実態調査データ
交通データ	各サブモデルで使用	ゾーン間の移動時間のデータから、公共交通到達可能ゾーン対応表(20分)、公共交通到達可能ゾーン対応表(40分)、自動車到達可能ゾーン対応表(5分)に変換。	Python 3.9.12	時刻表データ
年次別3D都市モデル	シミュレーション結果のCityGMLへの変換	建築物の地表高さデータを取得し、シミュレーション結果の高さを付与。	FME2022	3D都市モデル (CityGML形式) 年次別建築物データ (csv形式)

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成 3D都市モデルデータ加工フローチャート

- 本実証は2020年の航空写真をもとに作成された3D都市モデルを使用している。その後に計画が予定されている大きな建築物の追加、将来建築物の予測位置の追加、建築物の属性情報を補完した3D都市モデルデータをもとにシミュレーションを行った。次頁以降に3D都市モデルデータ加工の詳細を説明する。

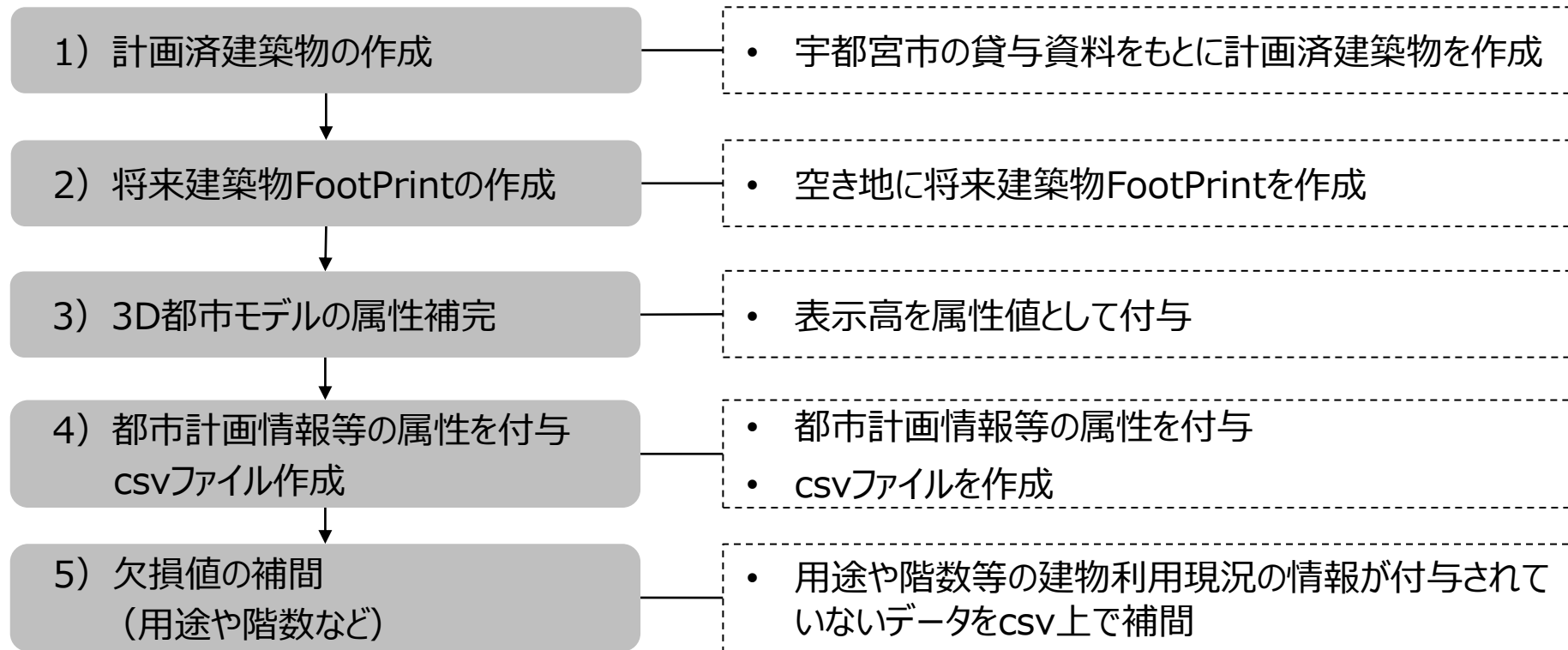


図 3D都市モデルデータの加工の流れ

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

1) 計画済建築物の作成

- 宇都宮市にて把握している大きな再開発事業の建築物を将来建築物として入力した。

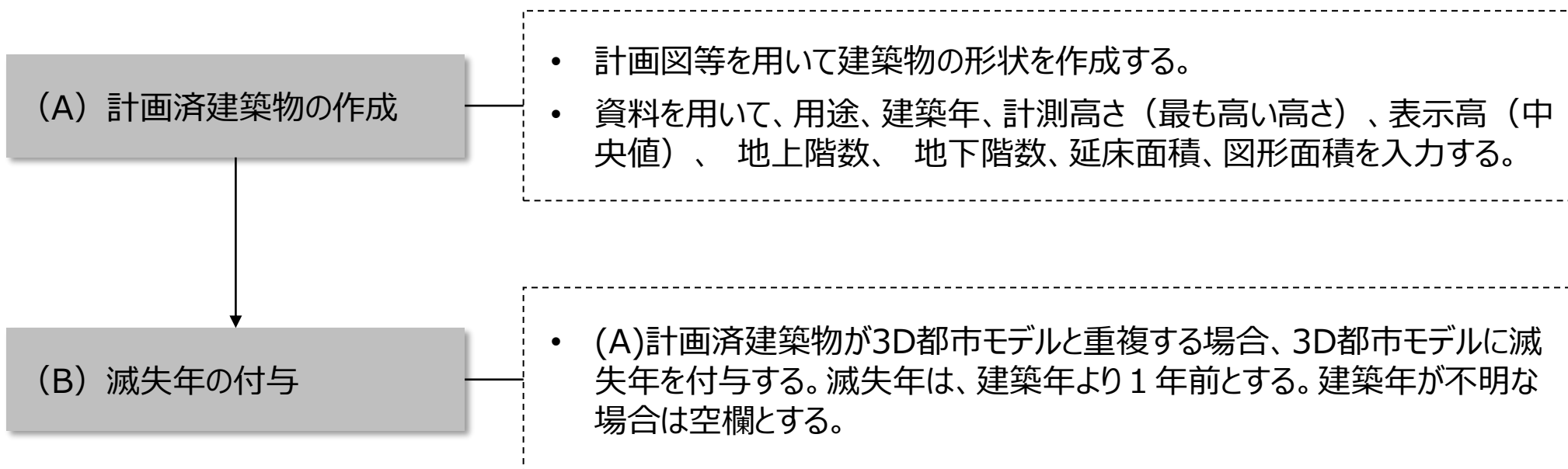


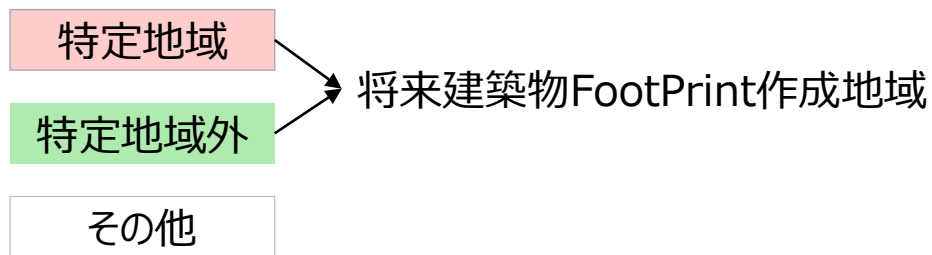
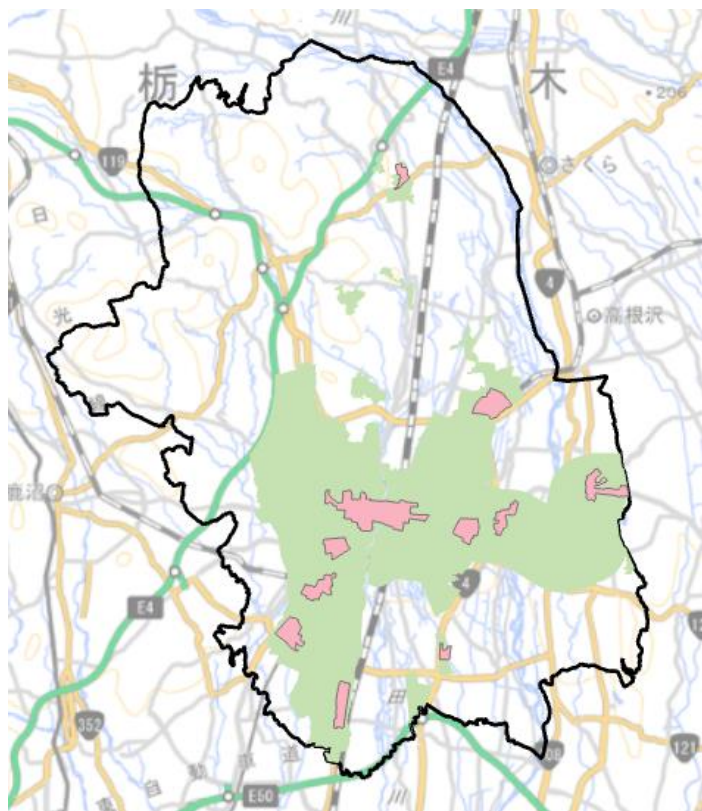
図 計画済建築物の作成

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

2) 将来建築物FootPrintの作成

(A) 将来建築物FootPrint作成範囲を抽出

- シミュレーション結果表示の対象となる将来建築物FootPrint作成範囲を抽出した。



- 特定地域は、以下の区域である。
 - 高次都市機能誘導区域
 - 都市機能誘導区域（都市拠点エリア除く）
 - 地域拠点（平石地区市民センター周辺のみ）
- 特定地域外は、以下の区域である。
 - 「市街化区域 + LRTから両側1500mの範囲」から特定地域を除いた区域

図 将来建築物FootPrint作成範囲

出所) 国土地理院地理院地図を加工して作成

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

2) 将来建築物FootPrintの作成

(B) LRT周辺の将来建築物FootPrintの作成 (手動)

- LRT沿線を中心に将来建築物FootPrintを、基本的に矩形となるように、そのうえで不整形の土地の場合はできるだけ少ない数の複数の矩形の組み合わせとなるよう手動で作成した。

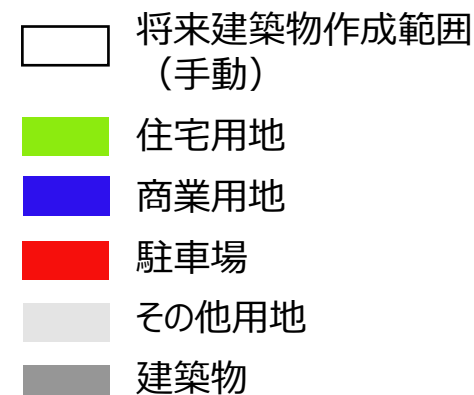


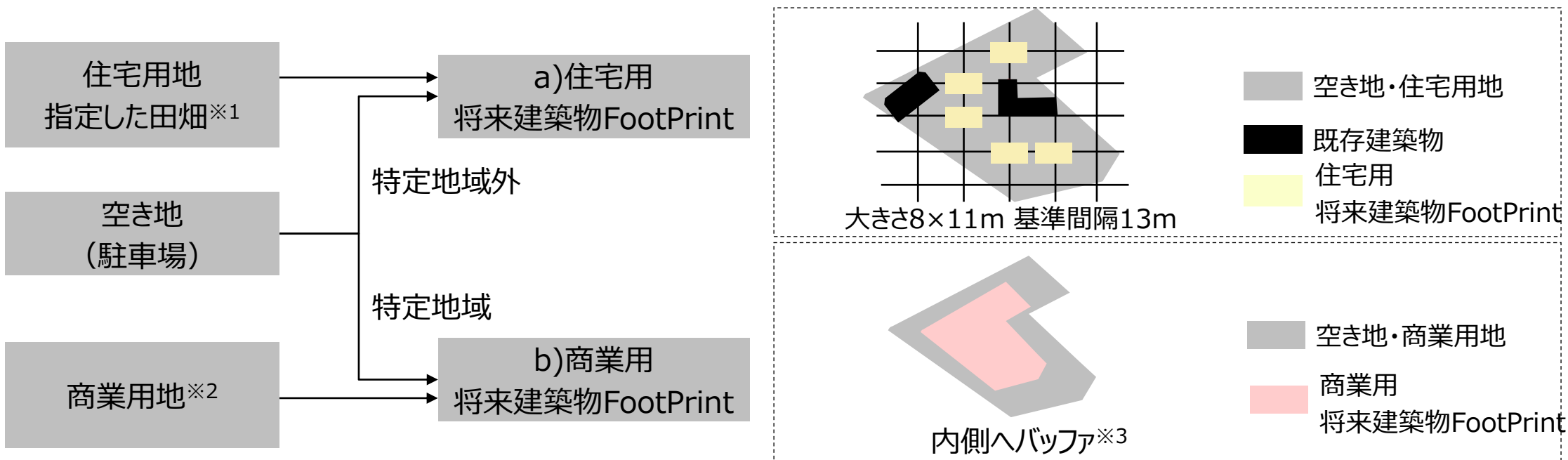
図 将来建築物FootPrint作成範囲 (手動)

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

2) 将来建築物FootPrintの作成

(C) 将来建築物FootPrintの半自動作成

- 住宅用地、商業用地、駐車場に着目し、将来建築物FootPrintを半自動で作成した。将来の住宅用地、将来の商業用地と将来建築物FootPrintの生成概要を以下に示す。



※1 市街化調整区域の拠点内（平石地区市民センター地区内）は田畑に新規建築物が立地することとする。

※2 商業用地：建築物がない商業用地ポリゴン。建築物がある商業用地ポリゴンを除く。

※3 7000㎡以下を対象にする。

図 将来建築物FootPrint（住宅用・商業用）

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

2) 将来建築物FootPrintの作成

(C) 将来建築物FootPrintの半自動作成

- 住宅用将来建築物FootPrintは、宇都宮市の建築物の大きさを統計的に把握し、標準的な大きさを定め、等間隔に配置を行った。

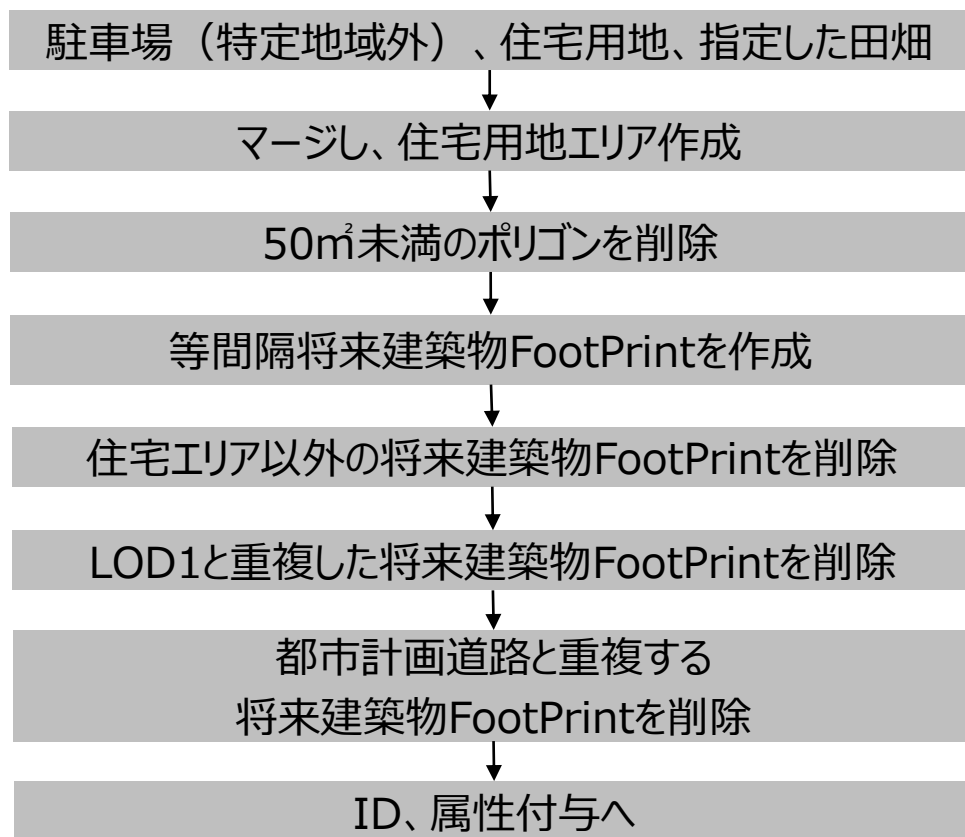
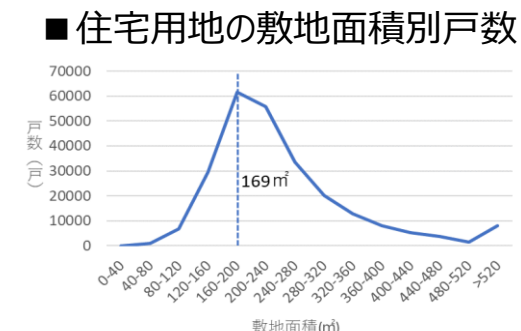
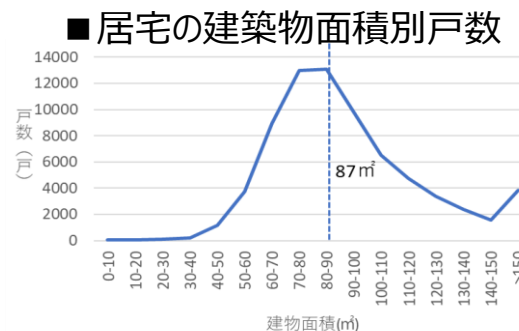


図 住宅用将来建築物FootPrint作成の流れ

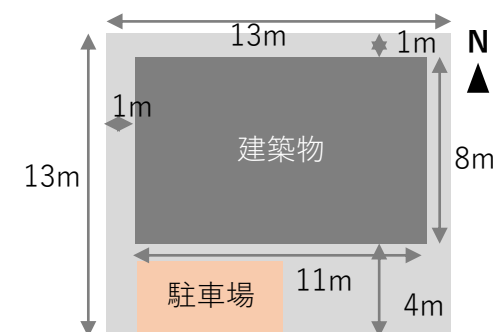
住宅用将来建築物FootPrintの大きさの考え方

- 建築物面積は居宅の建築物ポリゴン面積の中央値（87㎡）から設定
- 住宅用地の建築物当たり面積は最頻値（169㎡）から設定



【住宅用将来建築物FootPrintの大きさ】

建築物面積：88㎡
敷地面積：169㎡
建蔽率：52%



Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

2) 将来建築物FootPrintの作成

(C) 将来建築物FootPrintの半自動作成

- 商業用将来建築物FootPrintは、建築物を建蔽率以下になるように敷地を内側にバッファを行い作成した。

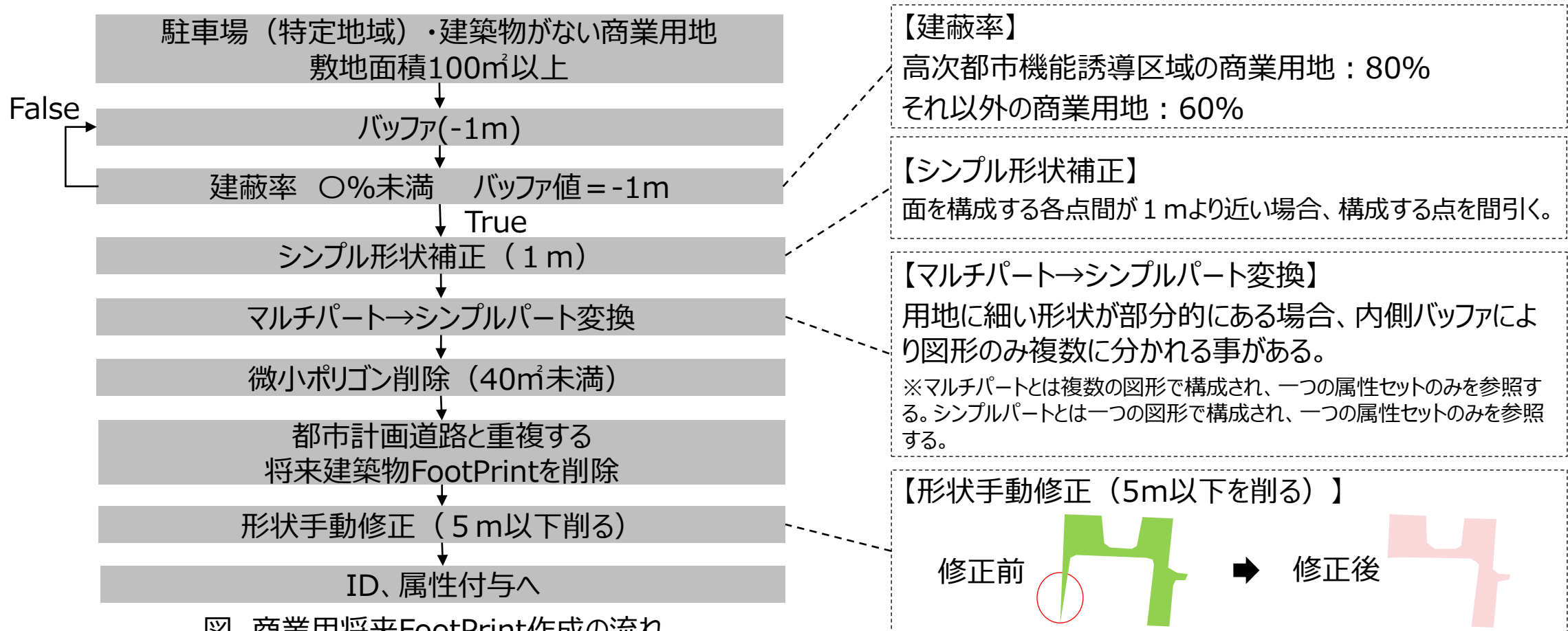


図 商業用将来FootPrint作成の流れ

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

3) 3D都市モデルの属性補完

- シミュレーションで用いる高さをCityGMLから計算により表示上の高さ（中央値）を抽出し、属性として保存した。また、3D都市モデルの高さを精査した。

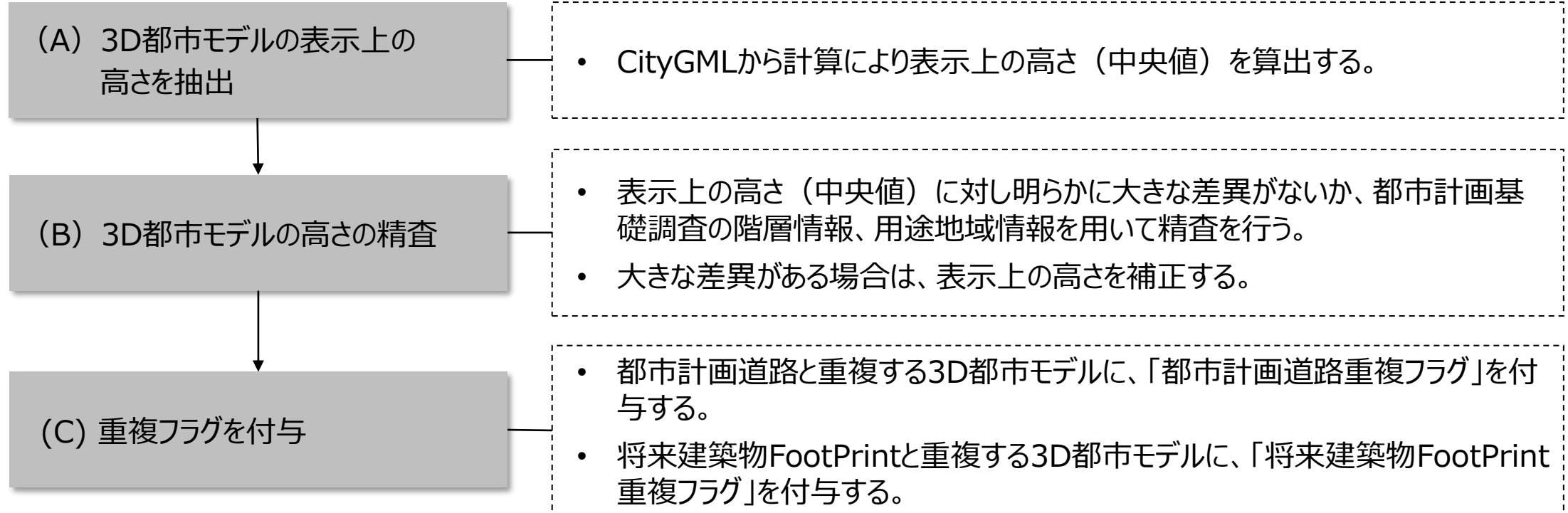


図 3D都市モデルの属性補完

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

3) 3D都市モデルの属性補完

- 3D都市モデルの高さを3D都市モデルが持つ属性を用いて異常値の可能性がある建築物を抽出し、精査を行った。

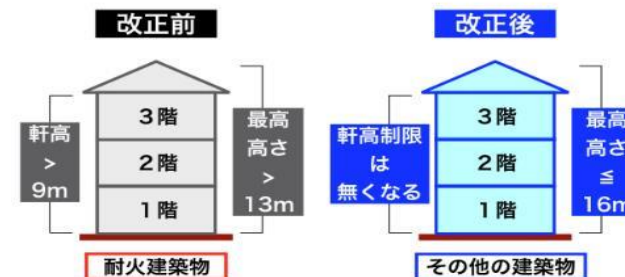
公共測量作業規程の図式規程からみる高さの制限

普通建物とは、3階未満の建物及び3階以上の木造等で建築された建物をいう。
 (作業規程の準則 付録7 公共測量標準図式 国土地理院)

3D都市モデルの高さの検査・修正



普通建物、無壁普通建物であるが16m以上の高さがある建物を検査した。
 異常値があった場合、地上階数×3mで算出し入力し補完した。

高さ16m以下であれば「その他の建築物」で設計可能
 (防火地域、準防火地域以外に計画される建築物)



建築基準法 (2019年6月)

3D都市モデルの高さ異常値の例

項目	図	項目	図
①樹木の高さを取得している3D都市モデル		②隣接する建築物の高さを取得している3D都市モデル	

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

4) 都市計画情報等の属性付与、csvファイル作成

- 土地利用用途等の属性を付与し、シミュレーション用の入力データを作成した。次頁に都市計画情報等の属性付与の詳細を説明する。

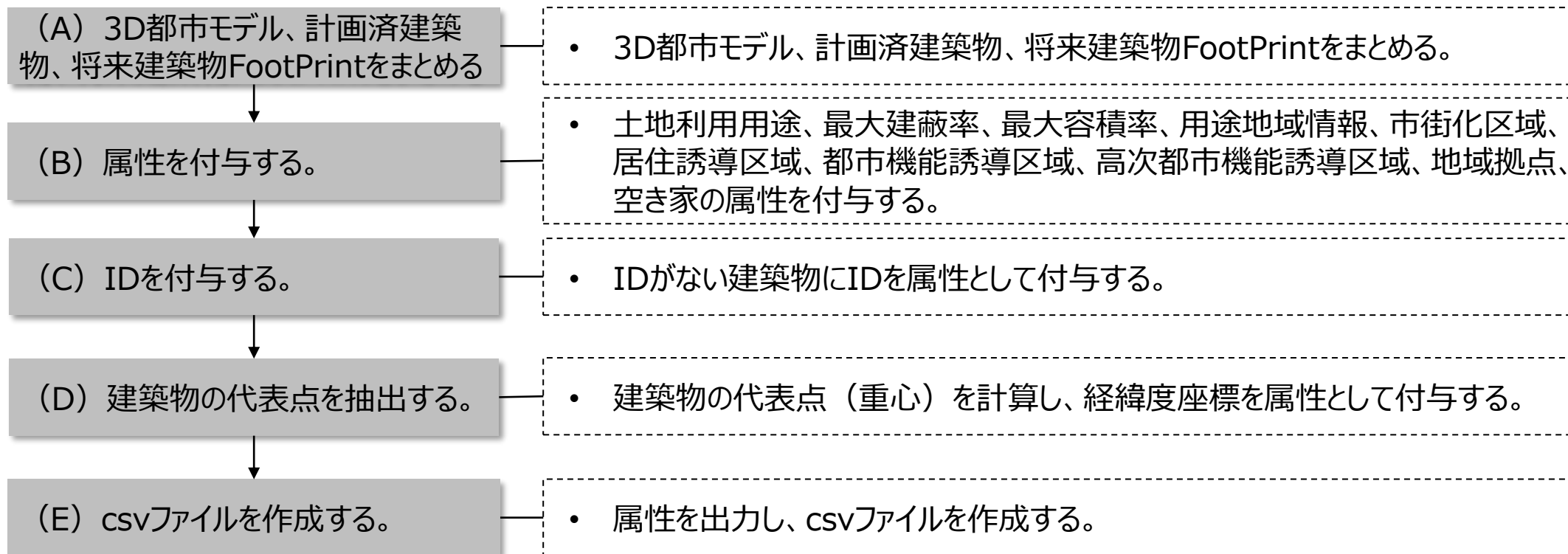


図 シミュレーション用入力データの作成

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

4) 都市計画情報等の属性付与、csvファイル作成

(E) csvファイルを作成

- シミュレーション用の入力データとしてcsvファイルを作成した。csv出力した項目は下表のとおりである。

表 シミュレーション用入力データ項目 (1/3)

項目名	仕様	出典元
建築物ID	建築物ID、将来建築物FootPoint、計画済建築物は3D都市モデルの末番より連番を付与。	3D都市モデル 将来建築物FootPrint 宇都宮市 計画済建築物位置図
建築物中心の緯度	建築物の中心緯度を算出	
建築物中心の経度	建築物の中心経度を算出	
用途	建築物の用途。(例：住宅、共同住宅、商業施設など)	3D都市モデル
土地利用用途	調査時の土地利用用途	宇都宮市 土地利用データ
最大建蔽率	建築面積の敷地面積に対する割合の制限	宇都宮市 用途データ
最大容積率	敷地面積に対する建築延べ面積(延べ床)の割合の制限	宇都宮市 用途データ
用途地域情報	現在の用途地域情報	宇都宮市 用途データ
市街化区域	すでに市街地を形成している区域及びおおむね十年以内に優先的かつ計画的に市街化を図るべき区域(都市計画法第7条) 0:市街化区域外, 1:市街化区域内	宇都宮市 市街化区域データ
居住誘導区域	人口密度を維持することにより、生活サービスやコミュニティが持続的に確保されるよう、居住を誘導すべき区域 0:居住誘導区域外, 1:居住誘導区域内	宇都宮市 居住誘導区域データ
都市機能誘導区域	都市機能誘導区域の名称	宇都宮市 都市機能誘導区域データ 宇都宮市立地適正化計画

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

4) 都市計画情報等の属性付与、csvファイル作成

(E) csvファイルを作成

表 シミュレーション用インプットデータ項目 (2/3)

項目名	仕様	出典元
高次都市機能誘導区域	高次の都市機能誘導区域 0:高次都市機能誘導区域外 ,1:高次都市機能誘導区域内	宇都宮市 高次都市機能誘導区域データ
地域拠点	複数の都市機能を有し、広域的な公共交通アクセスが可能でかつ、一定の都市基盤ストックが整備されている場所の名称。	宇都宮市 地域拠点データ 宇都宮市立地適正化計画 (2021年5月)
都市計画道路重複フラグ	都市計画道路と重なるの有無 0:都市計画道路と重複しない ,1:都市計画道路と重複する	宇都宮市 整備済道路データ 都市計画道路データ
建築物重複フラグ	3D都市モデルと、計画済み建築物・将来建築物FootPrintとの重複の有無。※次年度以降は削除される。 0:計画済み建築物・将来建築物FootPrintと重複しない 1:計画済み建築物・将来建築物FootPrintと重複する 将来建築物FootPrintについて、商業用地の内側バッファ時に重複することがある。	空間演算にて付加
空き家フラグ	空き家調査による空き家の有無 0:居住中 (空き家以外) ,1:空き家	宇都宮市 空き家情報データ
建築年	建築物が建築された年。	3D都市モデル、計画済建築物資料
計測高さ	計測により取得した建築物の地上の最低点から最高点までの高さ。単位は mとする。	3D都市モデル
表示高 (中央値)	「LOD0 の平面の内側に含まれる点群データの中央値」の高さ。	3D都市モデル

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

4) 都市計画情報等の属性付与、csvファイル作成

(E) csvファイルを作成

表 シミュレーション用入力データ項目 (3/3)

項目名	仕様	出典元
地上階数	地上階の階数。	3D都市モデル
地下階数	「0」	3D都市モデル
延床面積	当該建築物の各階の床面積の合計。単位はm ² とする。	3D都市モデル
図形面積	屋根を含む建築物の水平投影面積。単位はm ² とする。	3D都市モデル
解体年	建築物が解体された年。	3D都市モデル
将来建築物 FootPrintフラグ	1:元データ、2:補完1 (資料より)、3:補完2 (バッファ)、4:補完3 (定間隔配置)、5:補完4 (バッファ・既存建築物あり)	データ作成時に付加
用途フラグ	1:元データ、2:補完、3:その他 (空欄)	データ作成時に付加
建築年フラグ	1:元データ、2:補完、3:その他 (空欄)	データ作成時に付加
計測高さフラグ	1:元データ、2:補完、3:その他 (空欄)	データ作成時に付加
表示高フラグ	1:元データ、2:補完、3:その他 (空欄)	データ作成時に付加
地上階数フラグ	1:元データ、2:補完、3:その他 (空欄)	データ作成時に付加
地下階数フラグ	1:元データ、2:補完、3:その他 (空欄)	データ作成時に付加
延床面積フラグ	1:元データ、2:補完、3:その他 (空欄)	データ作成時に付加
図形面積フラグ	1:元データ、2:補完	データ作成時に付加

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

5) 欠損値の補間

- 「4)都市計画情報等の属性付与、csvファイル作成」で作成したcsvファイルをもとに、シミュレーションに必要な属性情報で欠損しているデータを補間した。
- 欠損地の補間を行う項目は以下の表のとおりである。詳細は次ページ以降に記載する。

属性情報	市街化区域		市街化調整区域	
	欠損率	処理方法の概要	欠損率	処理方法の概要
用途	17%	土地利用用途等から補間	100%	土地利用用途等から補間
建築年	40%	用途等から補間	100%	用途等から補間
地上階数	40%	用途、表示高等から補間	100%	用途、表示高等から補間
地下階数	—	(0とする)	—	(0とする)
延床面積	66%	図形面積、地上階数等から補間	100%	図形面積、地上階数等から補間

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

5) 欠損値の補間

- 用途及び建築年の補間方法は以下をもとに実施した。

用途の補間	
処理プロセス	① 用途に欠損のないデータを抽出 ② 土地利用別の用途の割合を作成し、用途が欠損しているデータに割り当てて補間
補間手法	<ul style="list-style-type: none"> 宇都宮市土地利用データの土地利用別に用途の割合を作成 <ul style="list-style-type: none"> 住宅用地及び商業用地に関しては、建築物の高さに応じて、用途が異なることから、土地利用別表示高別に用途の割合を作成 <p>住宅用地の表示高ランク：～5m、5～10m、10～15m、15m～</p> <p>商業用地の表示高ランク：～5m、5～10m、10～20m、 20～30m、30m～</p> 欠損データに対して補間を行う際には、作成した用途別の割合をもとに、乱数を用いて確率的に用途の割り当てを実施

建築年の補間	
処理プロセス	① 用途、建築年に欠損のないデータを抽出 ② ゾーン別用途別の建築年の割合を作成し、建築年が欠損しているデータに割り当てて補間
補間手法	<ul style="list-style-type: none"> ゾーン別用途別に建築年の割合を作成 欠損データに対して補間を行う際には、作成したゾーン別用途別の割合をもとに、乱数を用いて確率的に建築年の割り当てを実施

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

5) 欠損値の補間

- 地上階数は以下の計算式をもとに算出した。

地上階数の補間

処理プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ① 用途、地上階数に欠損のないデータを抽出 ② 抽出した完全データから異常サンプルを除外 ③ 建築物の用途別に、既知属性を説明変数にした関数により地上階数を補間
異常値排除	<ul style="list-style-type: none"> 表示高さ h、地上階数 n から、平均階高の近似値 $\tilde{k} = h/n$ を計算 IQR法（四分位範囲法）※より、異常値を含むサンプルを除外
補間手法	<ul style="list-style-type: none"> 階数を表示高さの線形関数と仮定し、補間式を推定 <ul style="list-style-type: none"> ➤ $h = k(n - 1) + c_1$ h: 表示高さ n: 地上階数 k: 平均階高(1Fを除く) c_1: 定数項(1Fの階高) ➤ k と c_1 を推定し、地上階数を下式により算出 $n = \frac{h}{k} - \frac{c_1}{k} + 1$ ➤ なお、サンプル数が少ない用途に関しては束ねて補間式を推定

※四分位数（Q1,Q2,Q3）の外側でIQR（四分位範囲）の1.5倍の数値より離れたものを除去

表 地上階数補間式の推定結果

用途	推定結果			
	1F 推定階高 c_1	平均 推定階高 k	決定 係数	サンプル数
業務施設	4.18	3.68	0.89	3077
商業施設	4.65	3.46	0.77	3453
宿泊施設	4.45	3.47	0.92	211
商業系複合施設	4.09	3.65	0.88	327
住宅	4.25	3.37	0.72	82221
共同住宅	4.72	2.96	0.92	10221
店舗等併用住宅	4.43	3.09	0.73	6157
店舗等併用共同住宅	4.24	3.32	0.95	707
作業所併用住宅	4.67	2.95	0.70	402
官公庁施設 文教厚生施設	4.8	3.16	0.79	1325
運輸倉庫施設	5.45	2.7	0.53	837
工場	5.74	2.85	0.42	2195
農林漁業用施設 その他	4.74	1.98	0.24	271

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

5) 欠損値の補間

- 延床面積は以下の計算式をもとに算出した。

延床面積の補間

処理プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ① 用途、地上階数、延床面積に欠損のないデータを抽出 ② 建築物の用途別に、既知属性を説明変数にした関数により延床面積を補間
補間手法	<ul style="list-style-type: none"> • 延床面積を図形面積及び地上階数の関数と仮定し補間式を推定 <ul style="list-style-type: none"> ➢ $S = \alpha \times (s(n - 1)) + \beta \times s$ S: 延床面積 n: 地上階数 s: 図形面積 α, β: パラメータ ➢ α, βを推定し、欠損しているデータに対して、地上階数と図形面積をあてはめて延床面積Sを計算 ➢ なお、サンプル数が少ない用途に関しては束ねて補間式を推定

表 延床面積補間式の推定結果

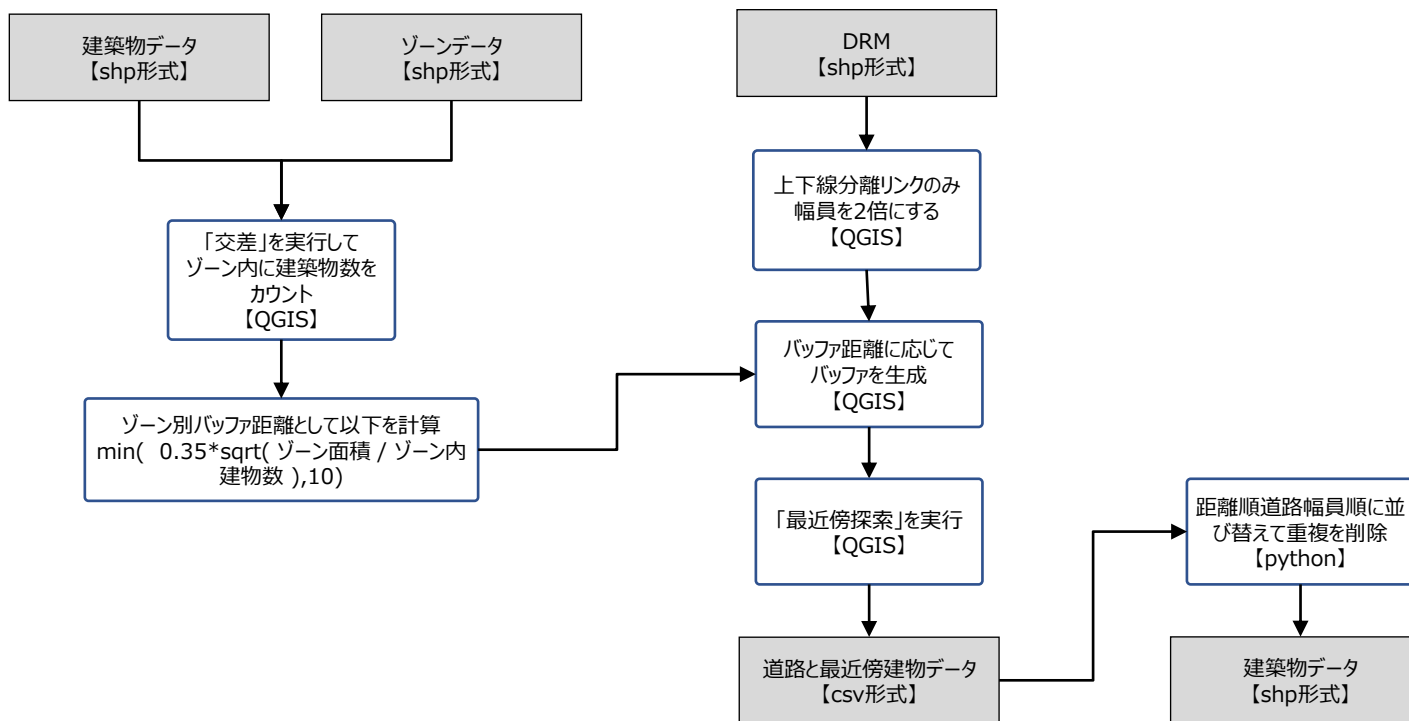
用途	推定結果			
	α	β	決定係数	サンプル数
業務施設	0.79	0.78	0.92	1,250
商業施設	0.75	0.71	0.92	1,556
商業系複合施設	1.00	0.59	0.99	202
住宅	0.53	0.70	0.95	49,673
共同住宅	0.56	1.01	0.95	4,652
店舗等併用住宅	0.76	0.49	0.91	3,189
店舗等併用共同住宅	0.70	0.83	0.92	366
作業所併用住宅	0.49	0.71	0.89	133
官公庁施設 文教厚生施設	0.64	0.65	0.77	452
運輸倉庫施設	0.48	0.81	0.94	136
工場	0.47	0.80	0.66	160
宿泊施設 農林漁業用施設 その他	0.89	0.04	0.98	34

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

6) 前面道路幅員の付与

- 前面道路幅員は、以下のフローで付与した。

前面道路幅員の付与フロー



Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成 加工結果：新設建築物 + 将来建築物FootPrint

- 3D都市モデルデータの加工により新設建築物と将来建築物を下図のように追加した。



3D都市モデル FootPrint



3D都市モデル + 新設・将来建築物FootPrint

	既存建築物
	新設・将来建築物
	建築物の代表点
	田
	畑
	山林
	水面
	その他自然地
	住宅用地
	商業用地
	工業用地
	公益施設用地
	交通施設用地
	公共空地
	その他の公的施設用地
	その他の空地④
	その他の空地②
	その他の空地③
	その他の空地①
	農林漁業施設用地

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 > 建築物データの生成

建築物データの仕様

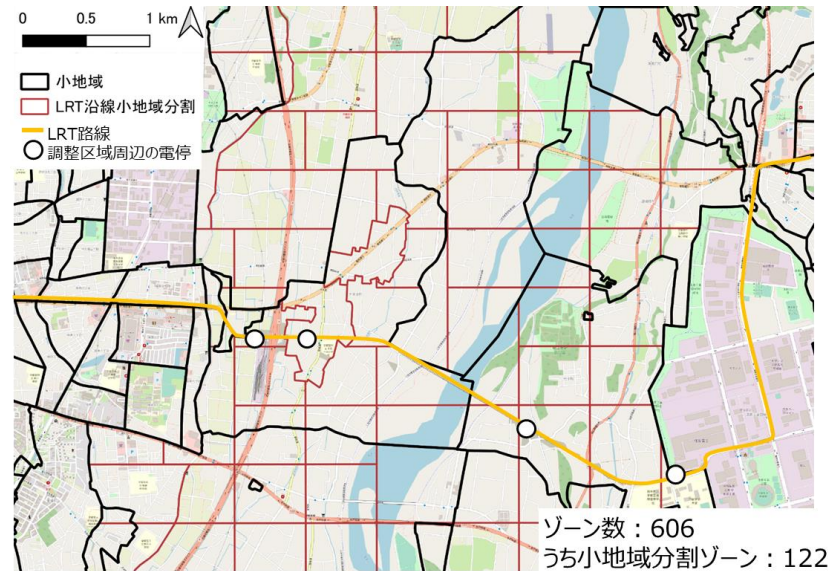
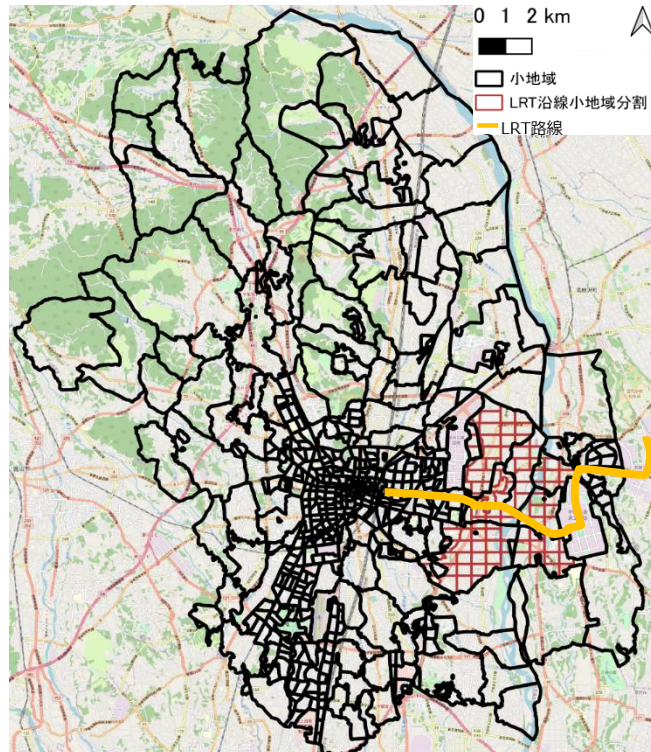
建築物データの仕様

列名	型	概要	単位	詳細
tatemono_code	string	建築物ID	なし	建築物ごとにユニークな任意のコード
yoto	string	建築物の用途	なし	住宅, 共同住宅, 商業施設, 店舗等併用住宅, 店舗等併用共同住宅, 空地, その他
landuse	string	土地利用用途	なし	調査時の土地利用用途 (シミュレーションへの影響はなし)
kenpei	int	最大建蔽率	なし	建築面積の敷地面積に対する割合の制限 (シミュレーションへの影響はなし)
maxfaratio	int	最大容積率	なし	敷地面積に対する建築延べ面積 (延べ床) の割合の制限 (シミュレーションへの影響はなし)
yotochiki	string	用途地域情報	なし	現在の用途地域情報
shigaika	int	市街化区域	なし	0:市街化区域外, 1:市街化区域内 (シミュレーションへの影響はなし)
kyoju_yudo	int	居住誘導区域	なし	0:居住誘導区域外, 1:居住誘導区域内 (シミュレーションへの影響はなし)
toshikino_yudo	string	都市機能誘導区域	なし	医療・福祉・商業といった生活サービス施設等の誘導を図る区域の名称。(シミュレーションへの影響はなし)
high_toshikino_yudo	int	高次都市機能誘導区域	なし	0:高次都市機能誘導区域外, 1:高次都市機能誘導区域内 (シミュレーションへの影響はなし)
building_age	int	築年数	年	建築物が建設されてからの経過年数
display_high_median	real	表示高	m	建築物の高さ
storey	int	地上階数	階	地上階の階数
floorarea	real	延床面積	m ²	当該建築物の各階の床面積の合計
AREA	real	図形面積	m ²	屋根を含む建築物の水平投影面積
kaitai_year	int	解体年	年	解体年 (シミュレーションへの影響はなし)
existing	int	建築物の存在有無	なし	1:存在する, 2:存在しない
dorowidth	real	前面道路幅員	m	建築物が接する道路の幅員の最大値
zone	string	ゾーンコード	なし	建築物の重心が位置するゾーンのゾーンコード
dist_Nsta	real	最寄り駅距離	m	最寄り駅までの直線距離
最寄り駅200mダミー	int	最寄り駅距離200mダミー	なし	最寄り駅までの直線距離が200m以下なら1, そうでないなら0

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ② データ処理 ゾーンの生成

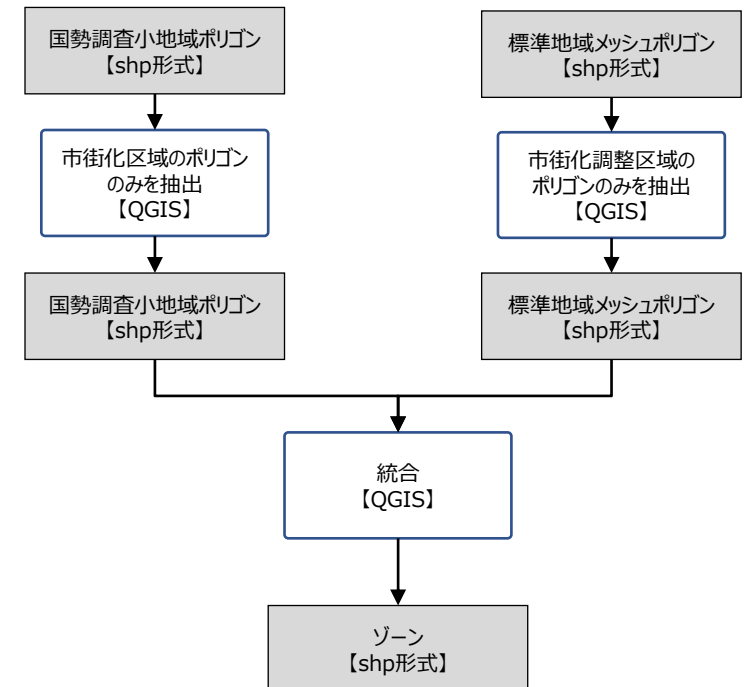
- ゾーンは、国勢調査小地域を基本とし、LRT沿線の市街化調整区域のうち平石地域拠点は2分割、その他は500mメッシュで分割したうえで微小ポリゴンを統合して作成。

ゾーン境界



出所) open street mapを用いて図を作成

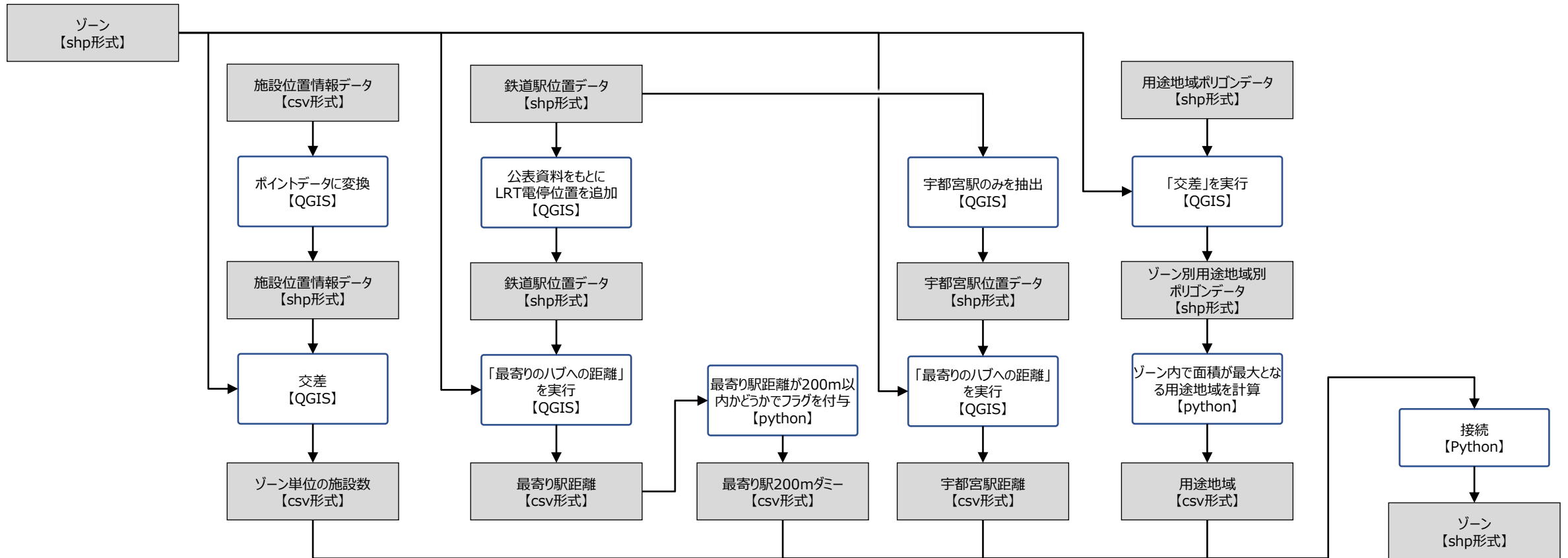
ゾーンの生成フロー



Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理

ゾーン単位データの生成

ゾーン単位のデータの生成フロー



Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ② データ処理

ゾーン単位データの生成

ゾーン単位のデータの仕様

列名	型	概要	単位	詳細
zone_code	string	ゾーンコード	なし	ゾーンごとにユニークなコード
pop_all	real	ゾーン人口	人	ゾーン内の総人口
AREA	real	ゾーン面積	m ²	ゾーンの面積
fnum_library	int	ゾーン内の図書館の数	箇所	ゾーン内の図書館の数
fnum_hospital	int	ゾーン内の病院の数	箇所	ゾーン内の病院の数
fnum_clinic	int	ゾーン内の診療所の数	箇所	ゾーン内の診療所の数
fnum_hospital(internal)	int	ゾーン内の病院（内科）の数	箇所	ゾーン内の病院（内科）の数
fnum_clinic(internal)	int	ゾーン内の診療所（内科）の数	箇所	ゾーン内の診療所（内科）の数
fnum_sygakko	int	ゾーン内の小学校の数	箇所	ゾーン内の小学校の数
fnum_chugakko	int	ゾーン内の中学校の数	箇所	ゾーン内の中学校の数
fnum_yochienkodomoen	int	ゾーン内の幼稚園及びこども園の数	箇所	ゾーン内の幼稚園及びこども園の数
min_dist2sta	real	最寄り駅距離	m	ゾーン重心から最寄り駅までの直線距離
dist2Utu	real	宇都宮駅距離	m	宇都宮駅までの直線距離
yotochiki	string	用途地域	なし	ゾーンの代表的な用途地域
farea_residence	real	住宅部分延床面積	m ²	住宅部分の延床面積
farea_shop	real	商業部分延床面積	m ²	商業部分の延床面積
transit40farea_shop	real	公共交通40分圏の商業延床面積	m ²	公共交通で40分以内に到達できるゾーンに立地する商業延床面積の合計
car5farea_shop	real	自動車5分圏の商業延床面積	m ²	自動車で5分以内に到達できるゾーンに立地する商業延床面積の合計

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理

個人データの生成

- 個人データは、宇都宮市よりPT調査「県央広域都市圏生活行動実態調査」（平成26年）のデータの貸与を受け、その世帯マスターデータ（回答者の世帯と個人属性のデータ）を使用して作成した。
- 世帯マスターデータには、世帯種類の属性が付与されていないため、下表のルールに従って個人ごとに世帯種類を付与した。

配偶関係・家族類型・世帯内地位の付与ルール

世帯類型	世帯人数	その他条件
単身世帯	1	
その他の世帯	3人以上	最年長世帯から見て、20歳以上40歳以内の年の差の世帯構成員と、41歳以上年の離れた世帯構成員がいずれも存在する。
夫婦のみの世帯	2	世帯主 + 配偶者
夫婦と子の世帯	3人以上	世帯主 + 配偶者 + 子、かつ世帯主より20歳以上年上の人がない。
ひとり親と子の世帯	2人以上	世帯主 + 子、かつ世帯主より20歳以上年上の人がない。
夫婦と子の世帯	3以上	世帯主 + 配偶者 + 子（15歳以上：中学生以上） + 世帯主より20歳以上年上の人はいない。
その他の世帯	2以上	上記に該当しない世帯

宇都宮PT世帯マスターに対して、下表のルールに従って個人ごとに世帯種類を付与する。

- 1) H27国勢調査の宇都宮市性年齢別配偶関係別人口をもとに、配偶者以外のうち「未婚」「死離別」の割合を求める
- 2) ひとり親と子の世帯の世帯主は死離別とする
- 3) 家族類型・世帯内地位の付与の結果、配偶者あるいは配偶者のいる世帯の世帯主でない場合に、上記割合に応じて未婚・死離別を割り当てる

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ② データ処理

個人データの生成

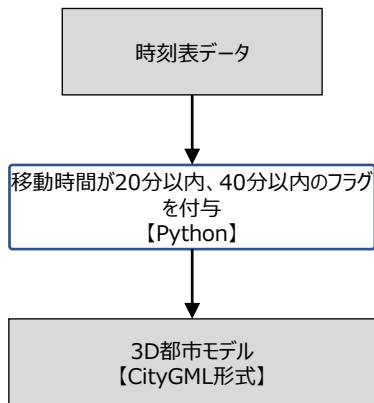
個人データの仕様

列名	型	概要	単位	詳細
個人ユニークID	string	個人ユニークID	なし	重複は認めない
現住所	string	居住地のゾーンコード	なし	居住地のゾーンコード
世帯票 性別	int	個人の性別	なし	1 : 男性、2 : 女性
世帯票 年齢	int	個人の年齢	歳	実年齢（例：28なら28歳、64なら64歳）
拡大係数	int	拡大係数	なし	そのレコードの個人が何人分の市民を代表するかを表す重み
配偶関係	int	個人の配偶有無	なし	1 : 未婚、2 : 有配偶、3 : 死離別
家族類型・世帯内地位	int	個人の属する世帯の家族類型・世帯内地位	なし	1:単身世帯のマーカ、2:夫婦のみの世帯のマーカ、3:夫婦と子の世帯のマーカ、4:一人親と子の世帯のマーカ、5:その他の世帯のマーカ、6:配偶者、7:非マーカ・その他の非マーカ
カテゴリ	int	個人の配偶関係・家族類型・世帯内地位の組み合わせ	なし	1桁目は配偶関係、2桁目は家族類型・世帯内の地位
世帯内最小年齢	int	個人の属する世帯の構成員のうち最小の年齢	なし	実年齢（例：28なら28歳、64なら64歳）
年齢階層	int	個人の年齢階層	なし	1 : 0～4歳、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歳以上

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理

交通データの生成

交通データの生成フロー



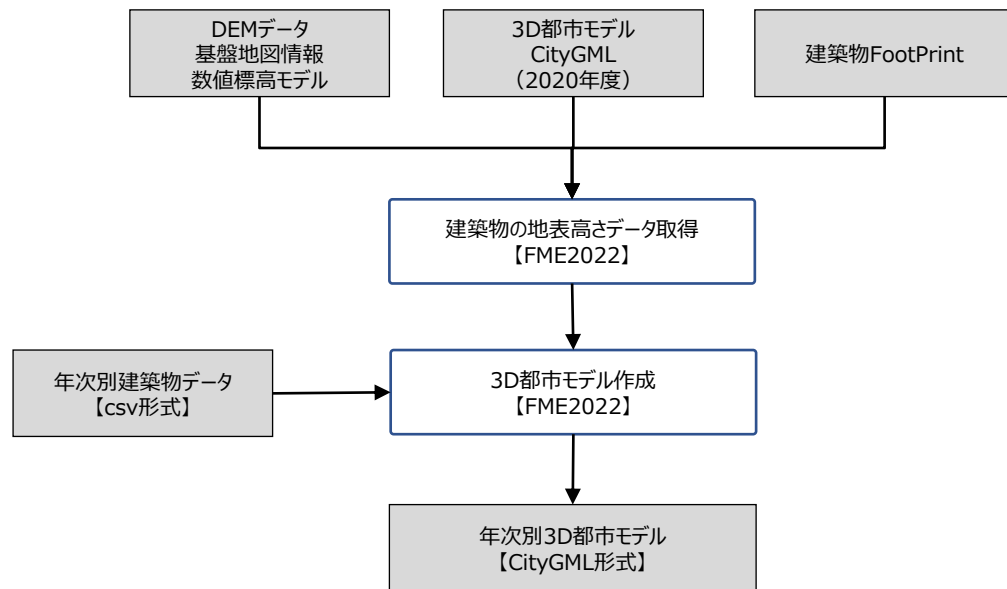
交通データの仕様

列名	型	概要	単位	詳細
ozone	string	出発地ゾーン	なし	出発地のゾーンコード
dzone	string	到着地ゾーン	なし	到着地のゾーンコード
flag	int	到達可能フラグ	なし	(ファイル名に記載の) 時間内に到達できる場合は1、そうでない場合は0

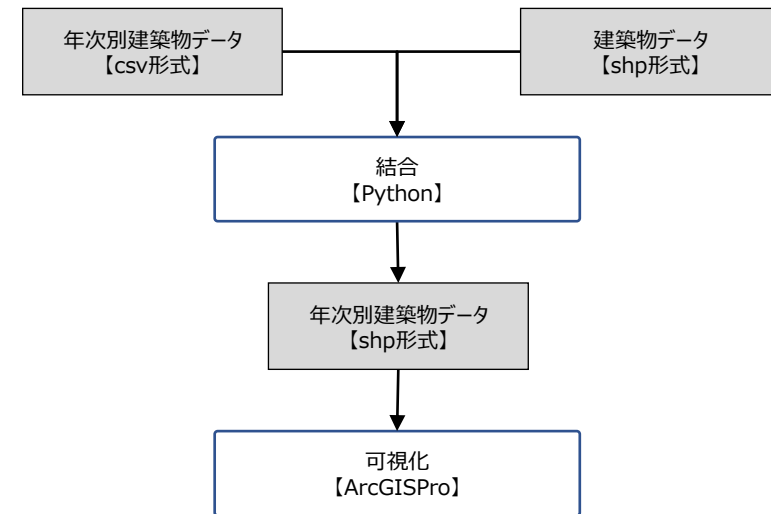
※交通データは、公共交通到達可能ゾーン対応表(20分)、公共交通到達可能ゾーン対応表(40分)、自動車到達可能ゾーン対応表(5分)のそれぞれを別ファイルとして都市構造シミュレータのインプットとして用いる。

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 年次別3D都市モデルの生成

CityGML変換までの作業フロー



ArcGISProでの可視化作業フロー



Ⅲ. 実証システム > 6. データ

③ 出力データ | 一覧

- 出力データは以下の通りである。

出力データ一覧

データ	データ形式	概要
年次別建築物データ	CSV	建築物ごとに、用途、高さ、築年数、空き家フラグのシミュレーション結果を記載したもの。
年次別ゾーンデータ	CSV	ゾーンごとに、地価、人口、建築物数等のシミュレーション結果を記載したもの。
年次別個人データ	CSV	個人ごとに、性年齢、世帯類型、配偶有無、世帯内地位、居住地のシミュレーション結果を記載したもの。
年次別3D都市モデル	CityGML	建築物ごとに、シミュレーション結果において存在する建築物の3D都市モデルに、用途、築年数等の属性を付与したもの。 ※「年次別建築物データ (csv)」を、予め作成した3D都市モデルに手動でマージすることで作成。

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③出力データ 年次別ゾーンデータ

- 年次別ゾーンデータの仕様は以下の通りである。

出力データ仕様（一部抜粋）

列名	型	概要	単位	詳細
zone_code	string	ゾーンコード	なし	ゾーンごとにユニークなコード
建物数_合計	real	ゾーン内の建物数の合計	棟	左記の通り
建物数_住宅	real	ゾーン内の住宅数の合計	棟	左記の通り
建物数_共同住宅	real	ゾーン内の共同住宅数の合計	棟	左記の通り
建物数_商業施設	real	ゾーン内の商業施設数の合計	棟	左記の通り
建物数_店舗等併用住宅	real	ゾーン内の店舗等併用住宅数の合計	棟	左記の通り
建物数_店舗等併用共同住宅	real	ゾーン内の店舗等併用共同住宅数の合計	棟	左記の通り
建物数_空地	real	ゾーン内の空地数の合計	棟	左記の通り
延床面積_合計	real	ゾーン内の延床面積の合計	m ²	左記の通り
延床面積_住宅	real	ゾーン内の住宅の延床面積の合計	m ²	左記の通り
延床面積_共同住宅	real	ゾーン内の共同住宅の延床面積の合計	m ²	左記の通り
延床面積_商業施設	real	ゾーン内の商業施設の延床面積の合計	m ²	左記の通り
延床面積_店舗等併用住宅	real	ゾーン内の店舗等併用住宅の延床面積の合計	m ²	左記の通り
延床面積_店舗等併用共同住宅	real	ゾーン内の店舗等併用共同住宅の延床面積の合計	m ²	左記の通り
商業地価	real	ゾーンの商業地価	円/m ²	左記の通り
住宅地価	real	ゾーンの住宅地価	円/m ²	左記の通り
総人口	real	ゾーンの総人口	人	左記の通り
空家数	real	ゾーンの空家数	棟	左記の通り

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③出力データ 年次別建築物データ

- 年次別建築物データの仕様は以下の通りである。
出力データ仕様（一部抜粋）

列名	型	概要	単位	詳細
tatemono_code	string	建築物ID	なし	建築物ごとにユニークな任意のコード
yoto	string	建築物の用途	なし	住宅, 共同住宅, 商業施設, 店舗等併用住宅, 店舗等併用共同住宅, 空地, その他
existing	int	建築物の存在有無	なし	1:存在する, 2:存在しない
building_age	int	築年数	年	建築物が建設されてからの経過年数
storey	int	地上階数	階	地上階の階数
area_residence	real	住宅部分延床面積	m ²	住宅部分延床面積
area_commercial	real	商業部分延床面積	m ²	商業部分延床面積
floorarea	real	延床面積	m ²	延床面積
display_high_median	real	表示高	m	建築物の高さ
空家フラグ	real	空き家かどうかのフラグ	なし	1:空き家でない, 2:空き家, 3:推計対象外
変遷フラグ	string	2020年からの建替え状況のフラグ	なし	1:建物→建物（維持）, 2:建物→建物（建て替え）, 3:空地→建物（建て替え）, 4:建物→空地, 5:空地→空地, 6:推計対象外

Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③ 出力データ 年次別個人データ

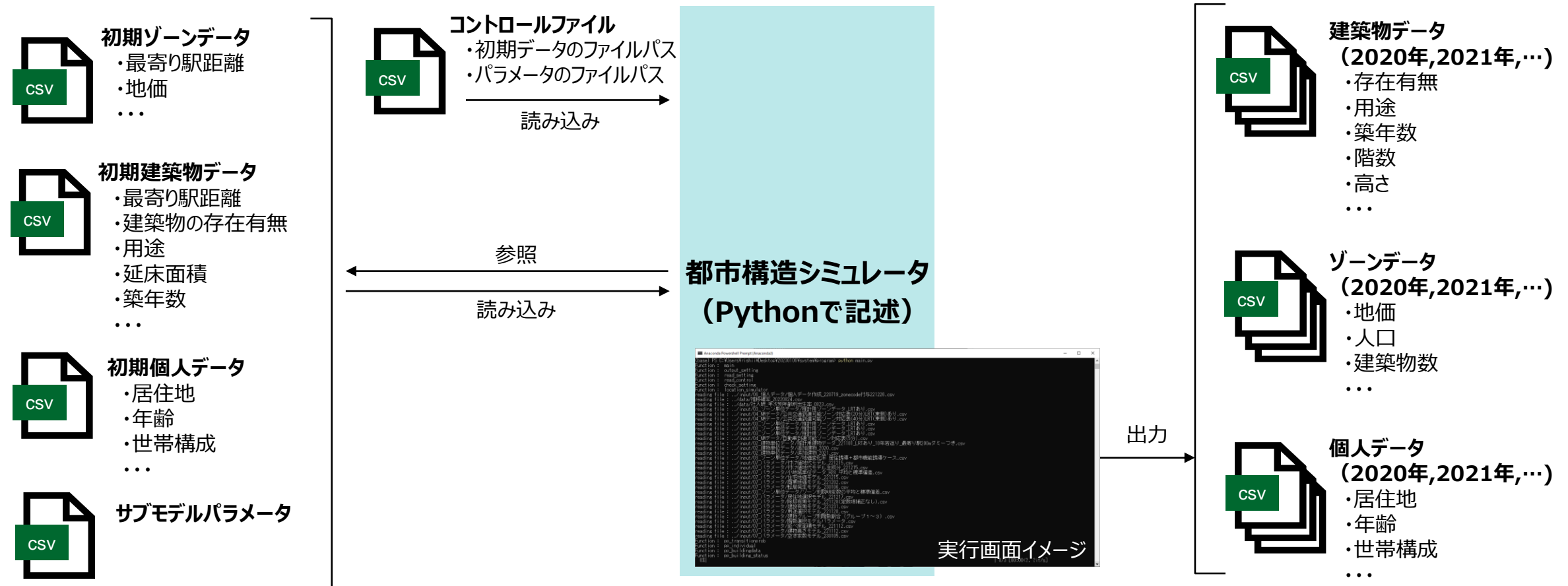
- 年次別個人データの仕様は以下の通りである。

出力データ仕様（一部抜粋）

列名	型	概要	単位	詳細
個人ID	string	個人ユニークID	なし	個人ユニークID
現住所	string	居住地のゾーンコード	なし	居住地のゾーンコード
世帯票_性別	int	個人の性別	なし	1：男性、2：女性
世帯票_年齢	int	個人の年齢	歳	実年齢（例：28なら28歳、64なら64歳）
年齢階層	int	個人の年齢階層	なし	1：0～4歳、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歳以上
拡大係数	int	拡大係数	なし	そのレコードの個人が何人分の市民を代表するかを表す重み
カテゴリ	int	個人の配偶関係・家族類型・世帯内地位の組み合わせ	なし	1桁目は配偶関係、2桁目は家族類型・世帯内の地位
配偶関係	int	個人の配偶有無	なし	1：未婚、2：有配偶、3：死離別
世帯内最小年齢	int	個人の属する世帯の構成員のうち最小の年齢	なし	実年齢
出生有フラグ	int	当該年に当該個人を親とする子供が出生したかどうか。	なし	1:した、2:しない
転居発生有無フラグ	int	当該年に転居をしたかどうか。	なし	1:した、2:しない

Ⅲ. 実証システム > 7. ユーザインタフェース ユーザインタフェース

- 都市構造シミュレータを実行すると、各初期データとパラメータを読み込み、シミュレーション結果を1年毎に出力する。初期データとパラメータのファイルパスはコントロールファイルで指定している。



Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果

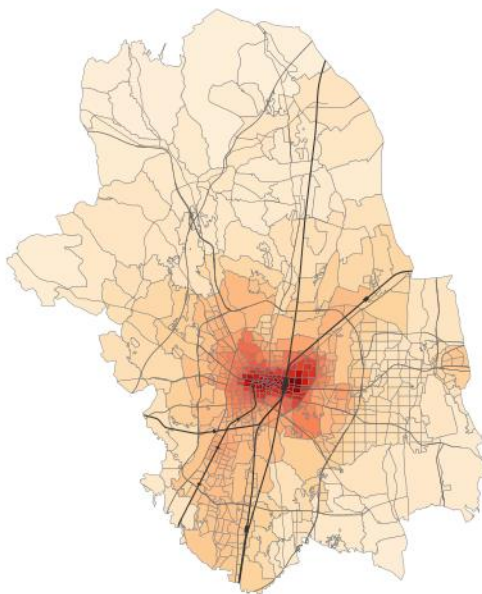
システムテスト結果

- 以下の試験を実施し、概ね問題ない事を確認した。

試験項目	確認内容	結果
地価の再現性	2020年のシミュレーション結果と、2020年の公示地価及び地価調査から地価分布の再現性を確認	・住宅地価は価格が低い地域は、実績を再現するようにシミュレーションが推計されているが、価格が高い地域では過小に推計されている。
建築物数の再現性	2020-2025年のシミュレーション結果と、2016年-2021年の都市計画基礎調査の結果から建築物数の変化の再現性を確認	・ボリュームゾーンの戸建て住宅に関しては、増加傾向を表現できている。 ・商業施設が過大、共同住宅が過小になっている。
人口の再現性	シミュレーション結果と宇都宮市推計人口から再現性を確認	・総人口は概ね同程度で推移するものの、宇都宮市推計人口よりも若干過小に推計されている。

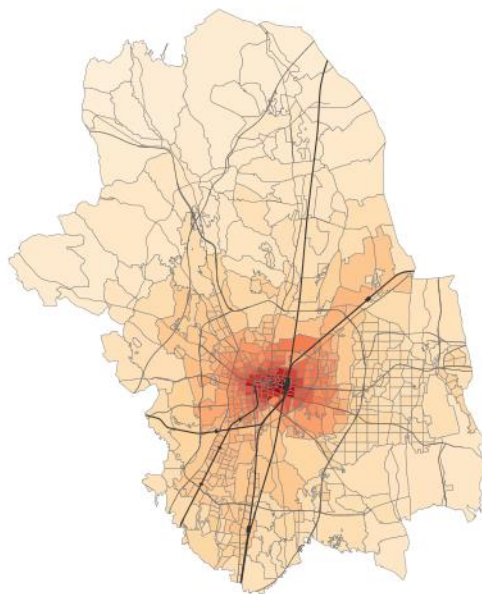
Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 ゾーン別住宅地価

- 住宅地価は、概ね再現できている。

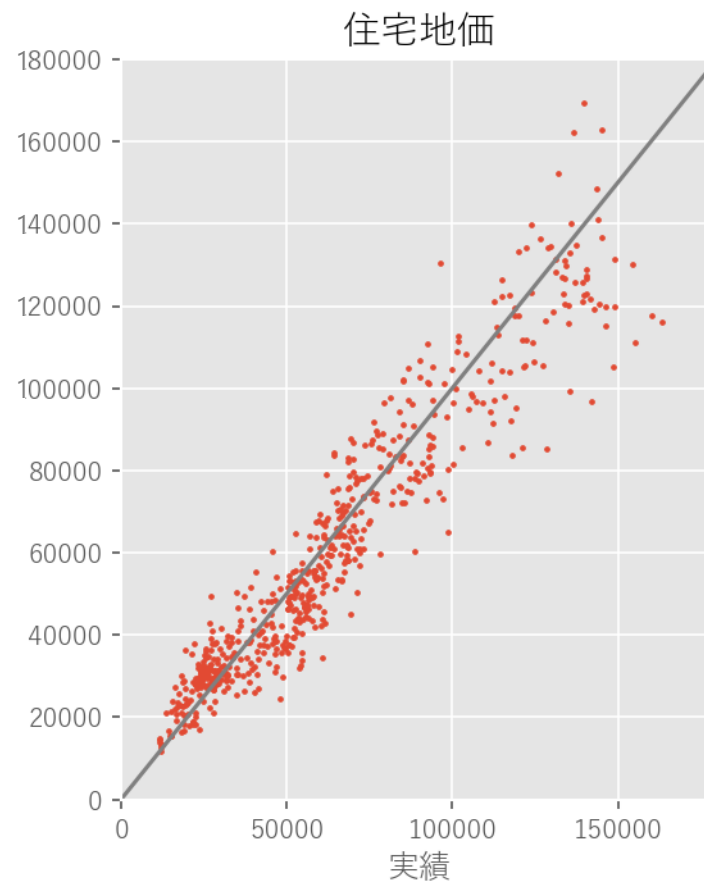
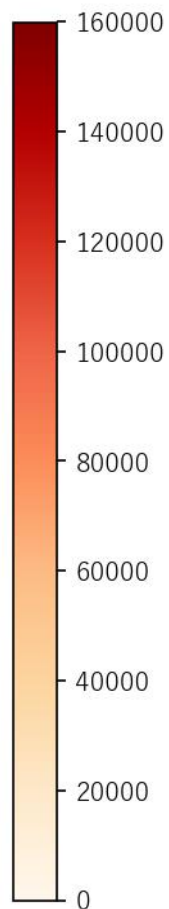


住宅地価2021年実績

※公示地価・地価調査の結果を空間的に補完

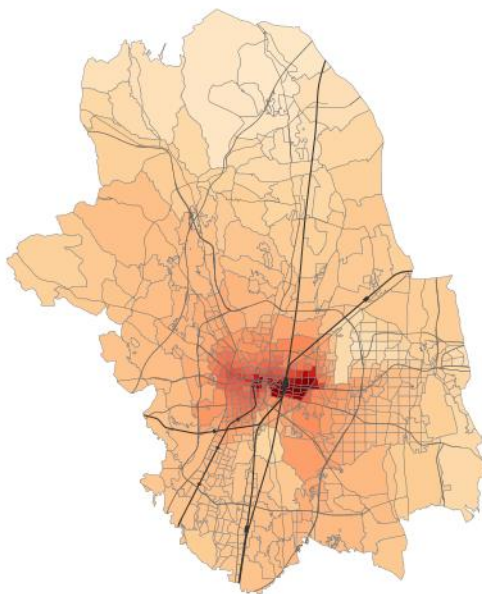


住宅地価2021年推計



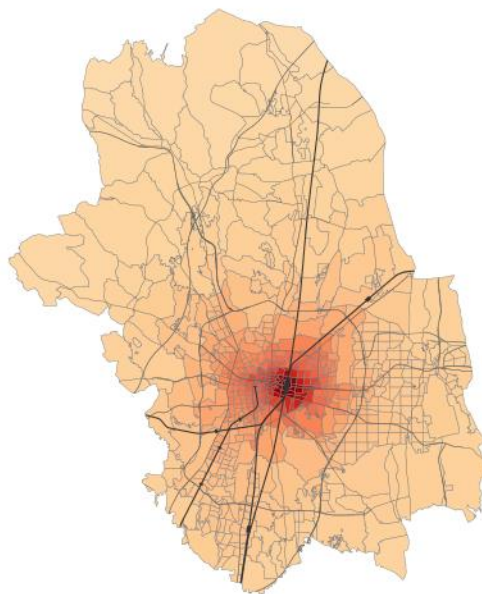
Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 ゾーン別商業地価

- 商業地価は、概ね再現できている。

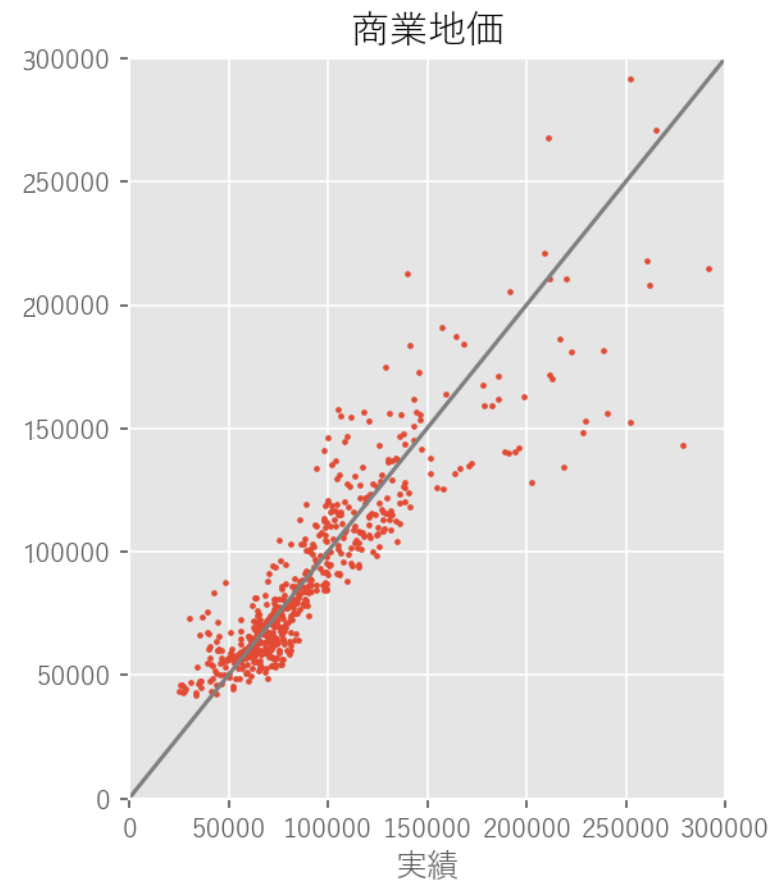
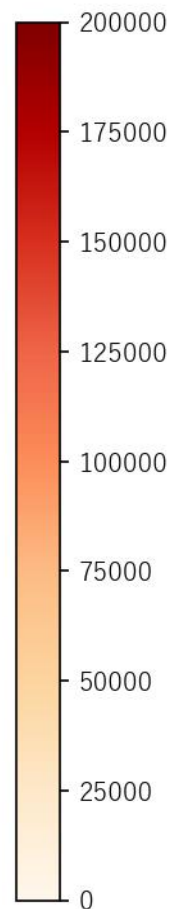


商業地価2021年実績

※公示地価・地価調査の結果を空間的に補完



商業地価2021年推計



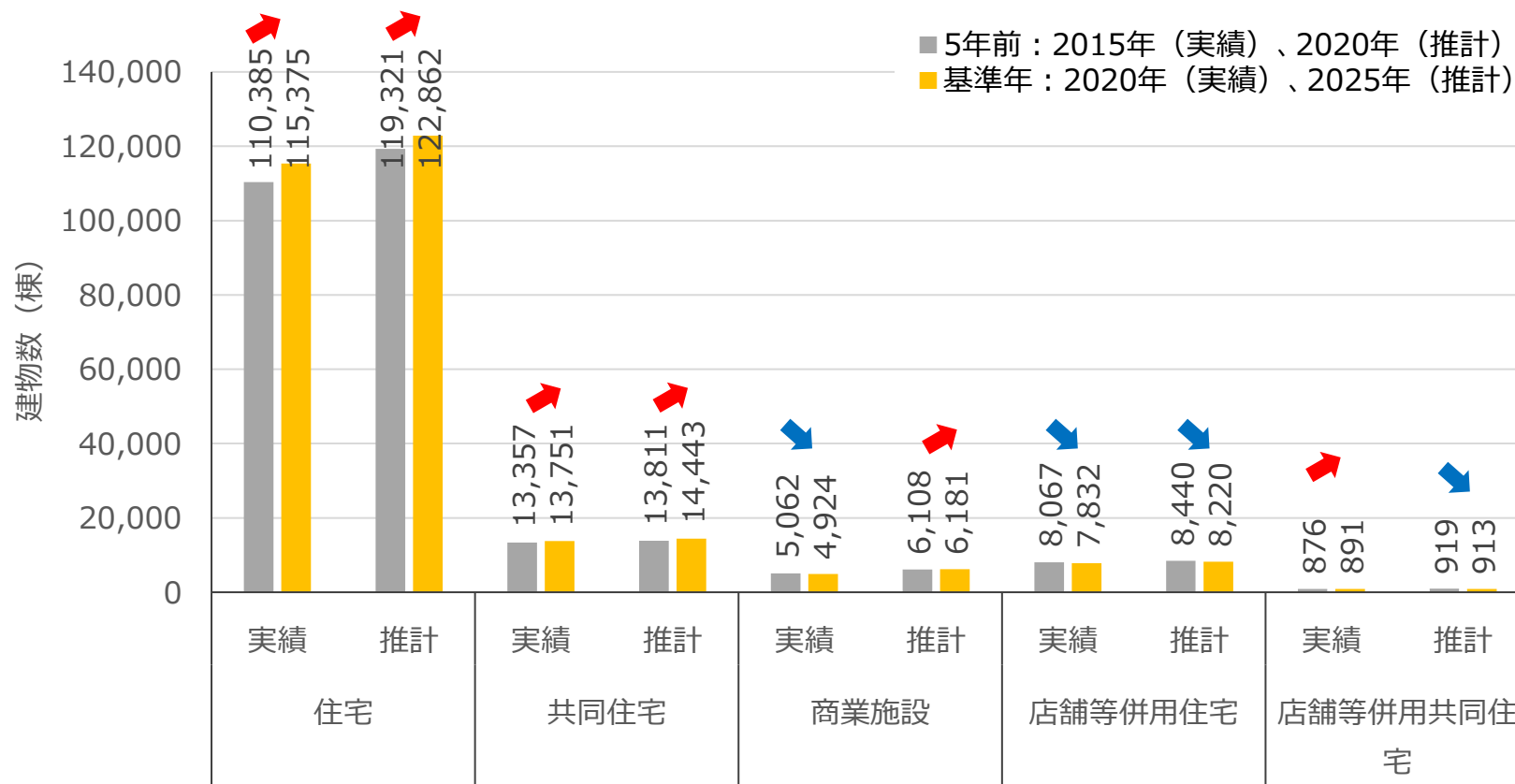
Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 建築物数の5年間の変化

- 建物全体の増加傾向、住宅・共同住宅・店舗等併用住宅の増減傾向は表現できている。

建物数総数の比較



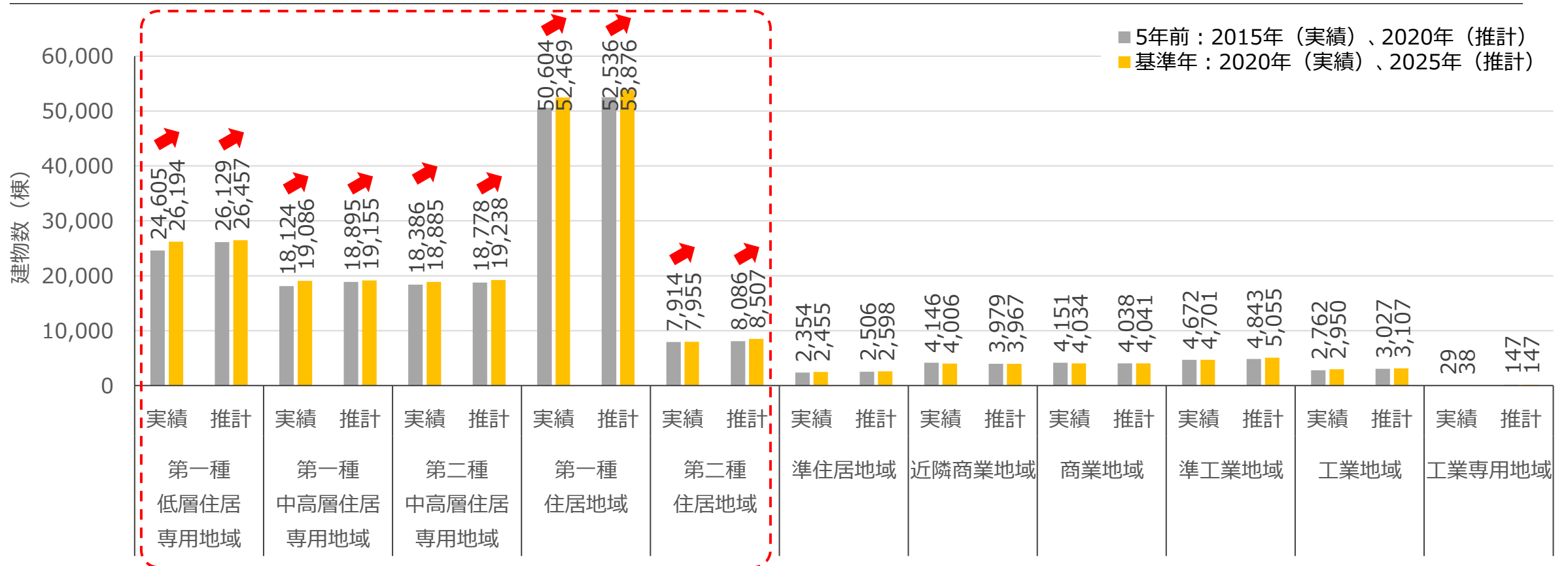
用途別建物数の比較



Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 建築物数の変化

- 特に建築物の多い用途地域では増減の傾向を表現できている。

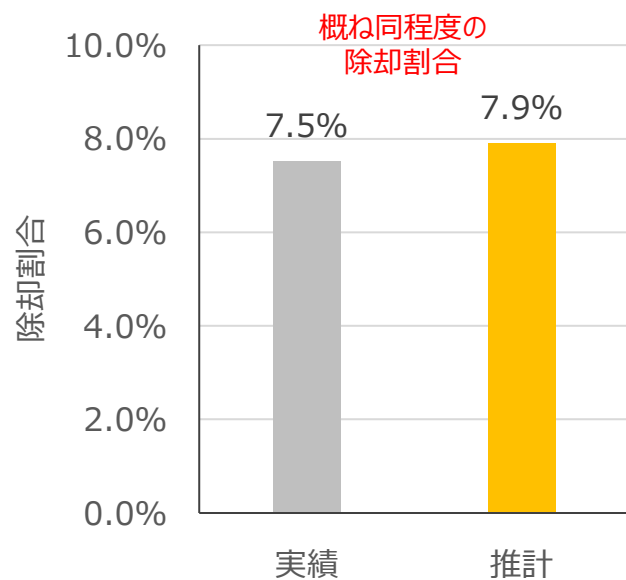
用途地域別建物数の比較



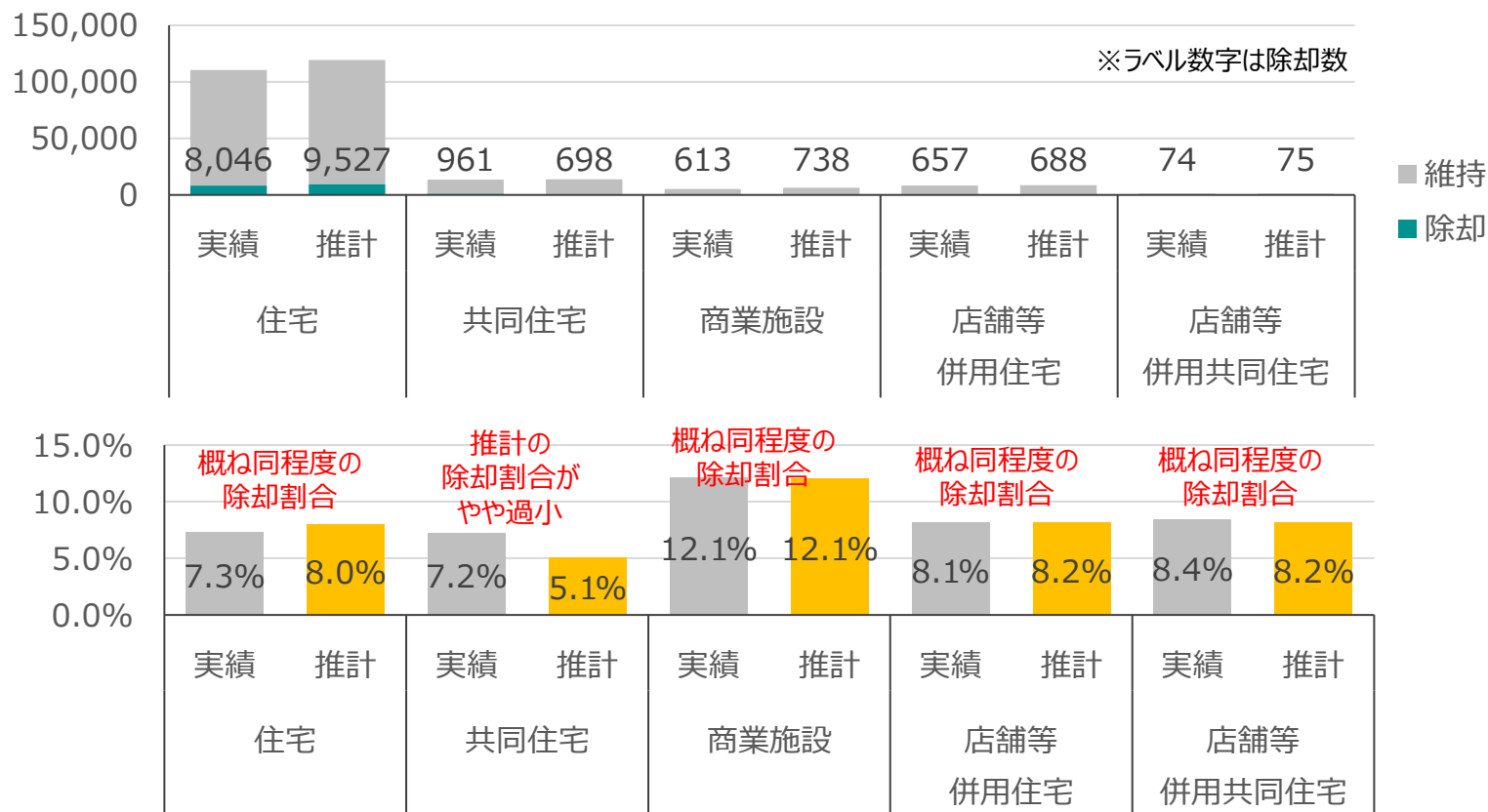
Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 (参考) 建築物の除却割合

- 建物全体、用途別の除却割合は概ね再現できている。共同住宅の除却割合は過小推計となっている。

建物除却割合の比較

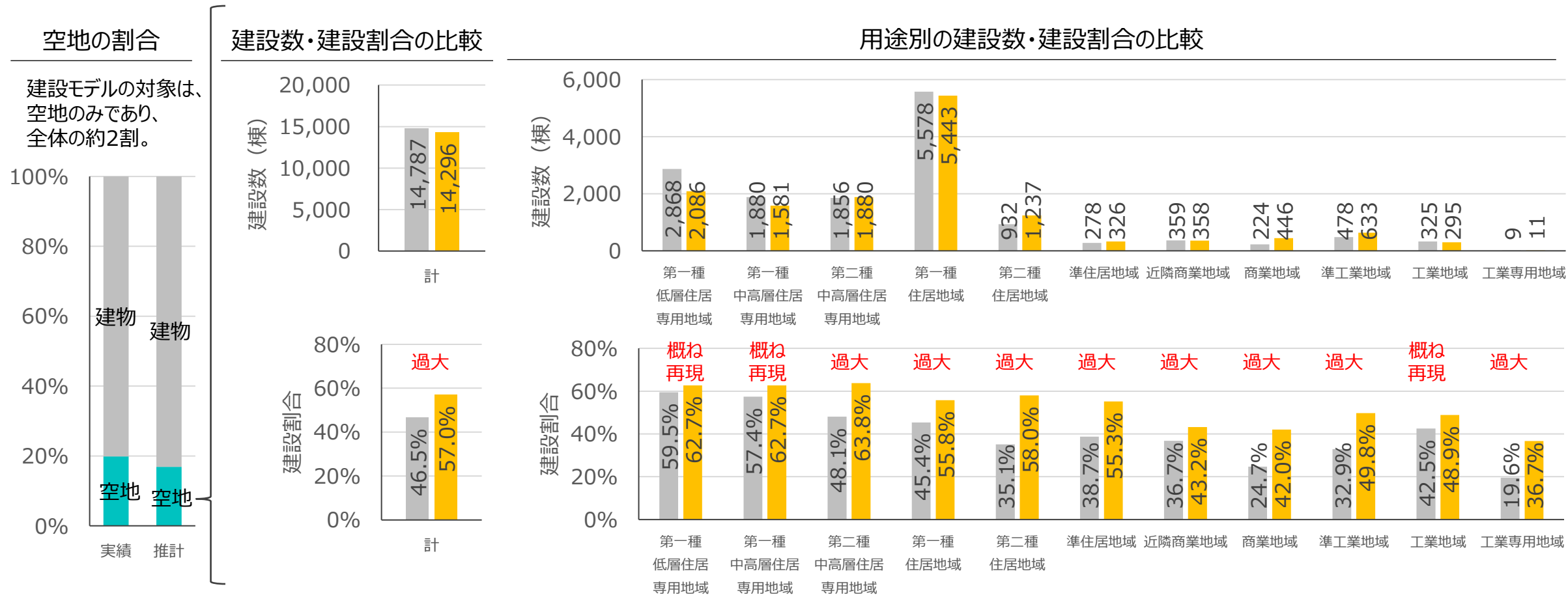


用途別の建物除却割合の比較



Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 (参考) 建築物の建設割合

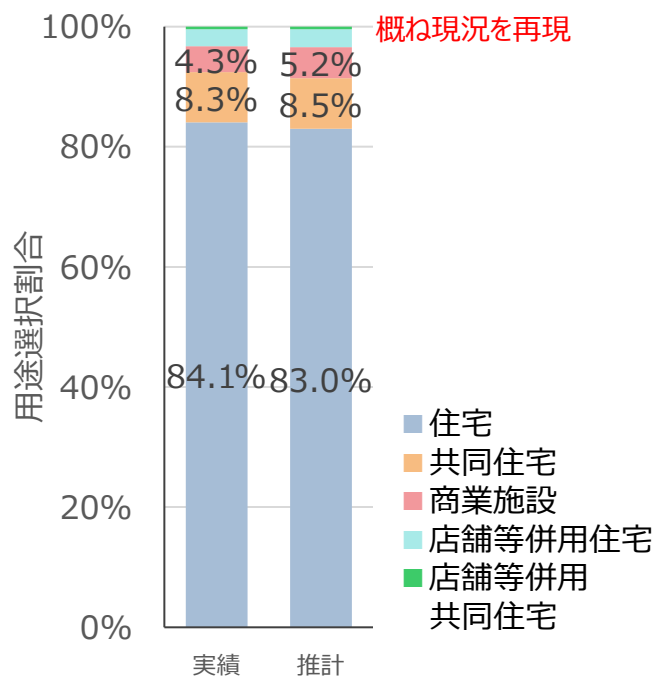
- 建設割合は全体的に若干過大。
- ただし、空地数よりも建築物数の方が多いため、全体に与える影響は軽微。



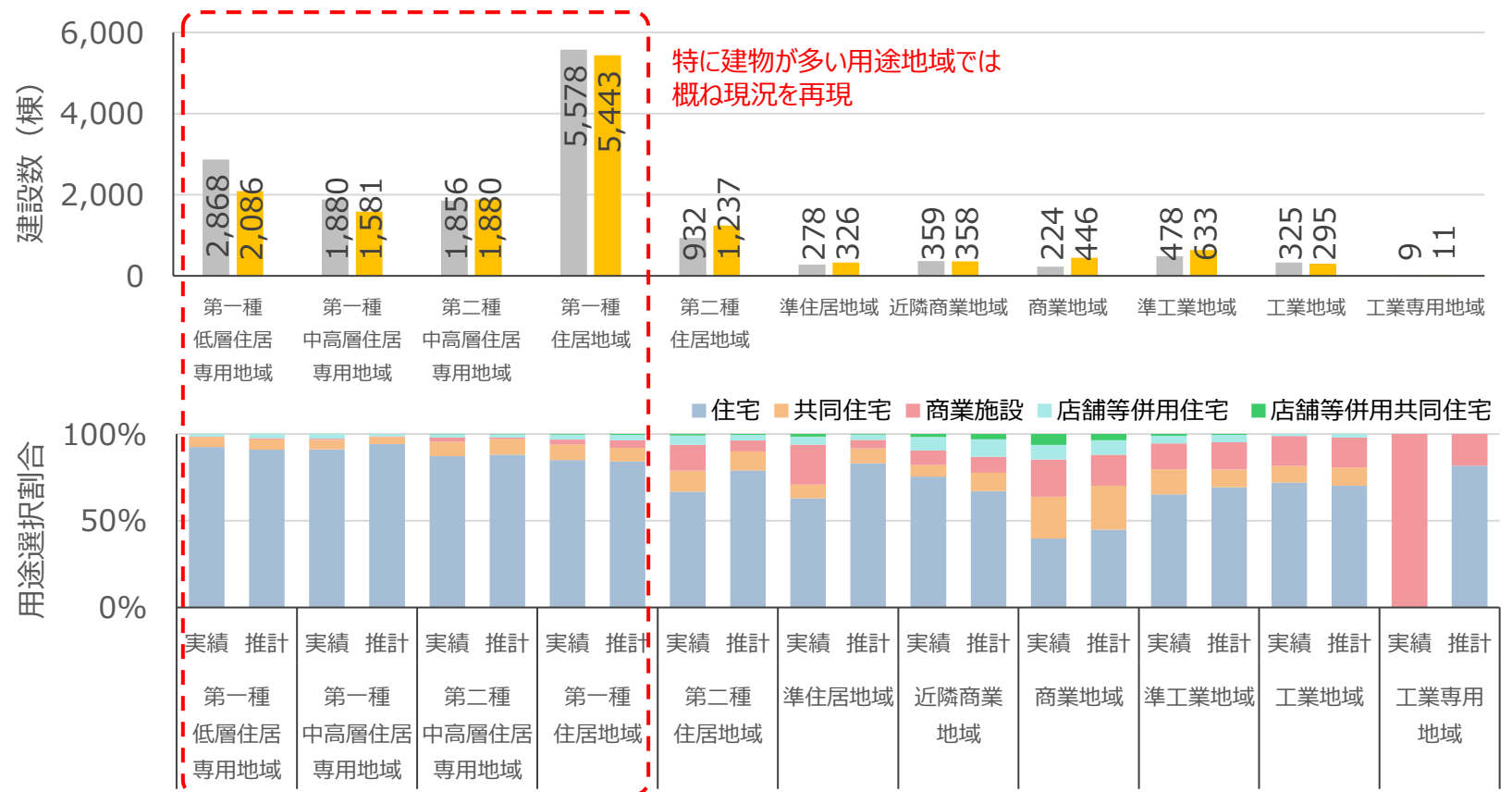
Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 (参考) 用途の選択割合

- 用途の選択割合は概ね現況を再現しており、用途地域別に見ても、特に建物の多い用途地域については、概ね現況を再現している。

用途選択構成比の比較

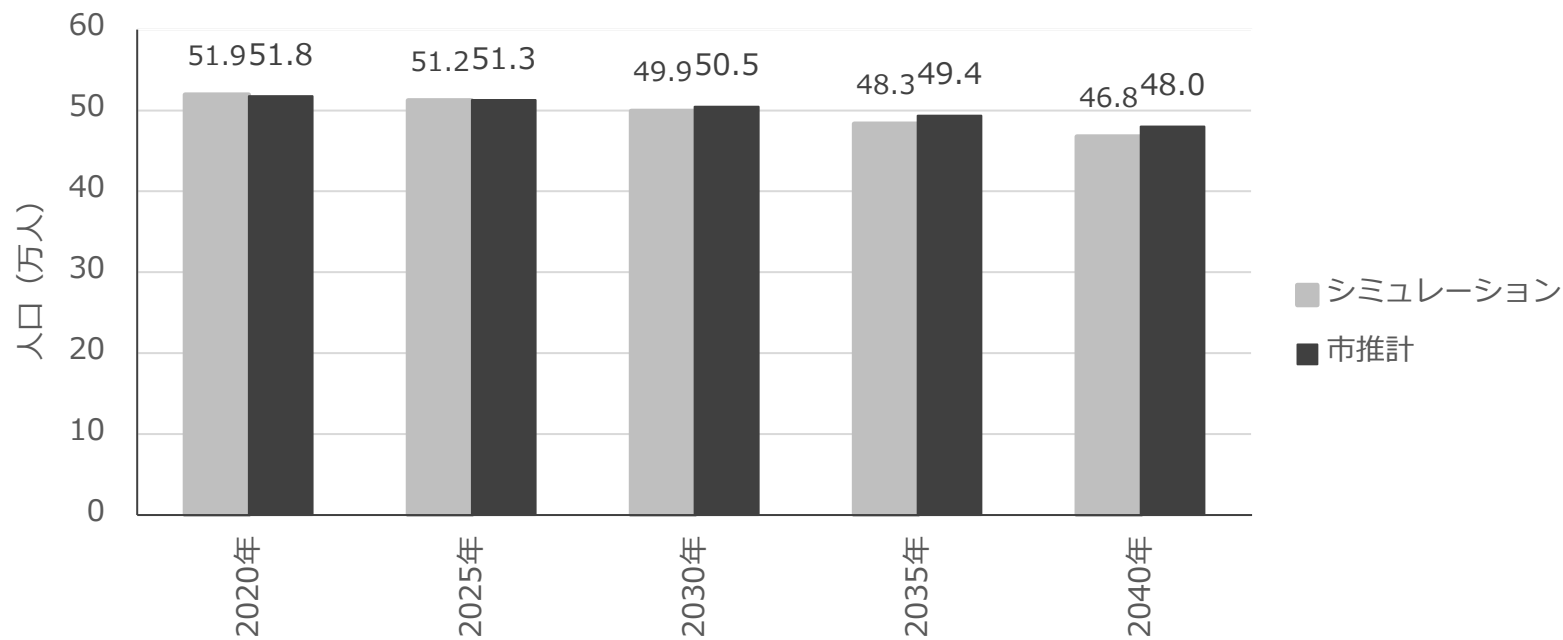


用途地域別の建設数 (再掲) と用途選択構成比の比較



Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 現況再現 総人口の推移

- 総人口の推移は、宇都宮市「ネットワーク型コンパクトシティ形成ビジョン」（平成27年）と概ね近い水準で推移している。
- 推計の設定が異なること、都市間人口移動を考慮していないこと等の要因により、シミュレーションの方が人口減少が進む推計となっている。
 ※シミュレーション上、都市間人口移動を考慮していないため各年次の総人口はケース間で同一である。以降の検証では、同一年次同士でケース間の比較を行った。



総人口の推移

I. 実証概要

II. 実証技術の概要

III. 実証システム

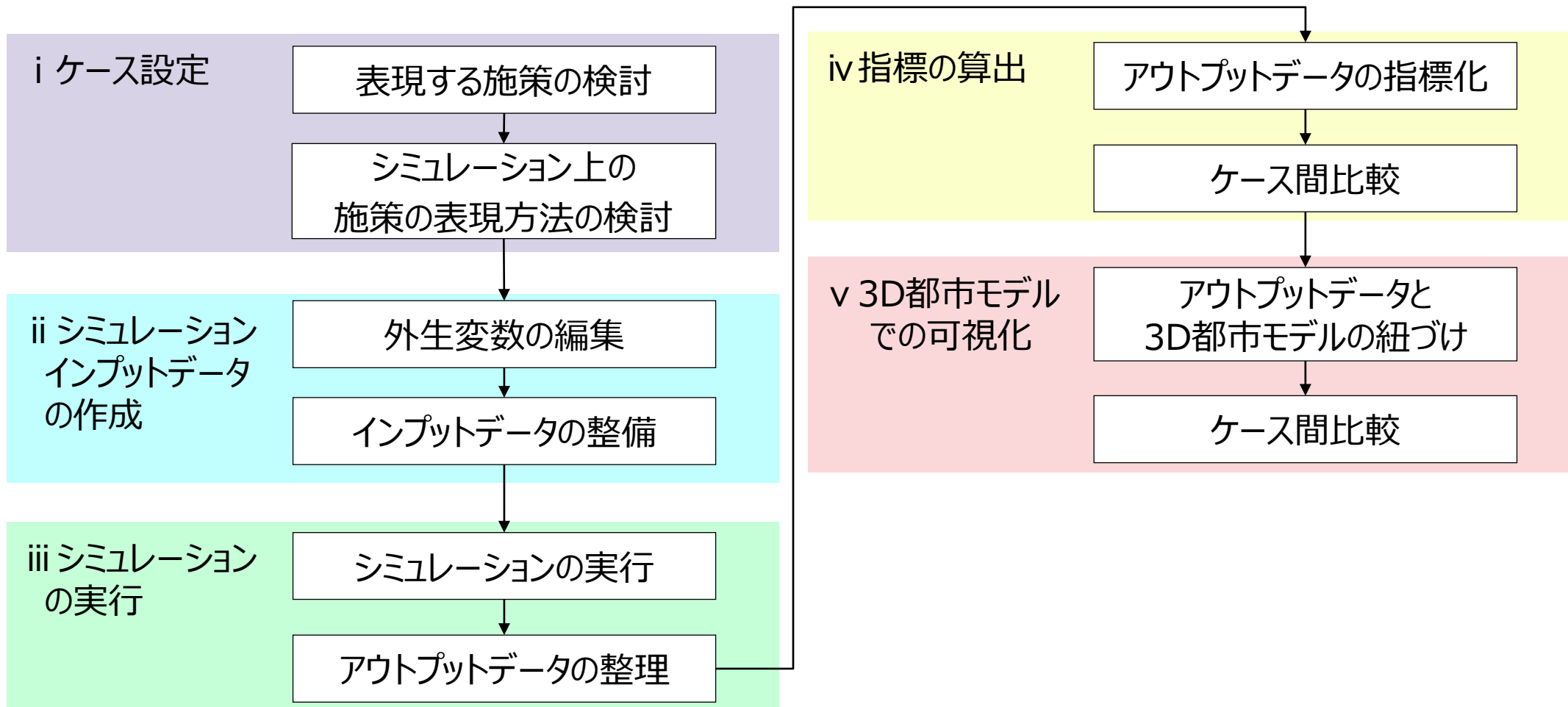
IV. 実証技術の検証

V. 成果と課題

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

① 検証内容 | 全体フロー

- 検証の手順は以下の通りである。



IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

① 検証内容 | i. ケース設定

- 宇都宮市の施策を反映して以下の5ケースを設定した。

ケース名	LRT	表現する施策	入力の変更	結果の概要
LRTなしケース	なし	<ul style="list-style-type: none"> なし 	<ul style="list-style-type: none"> なし 	<ul style="list-style-type: none"> なし
趨勢（LRTあり）ケース	東側あり	<ul style="list-style-type: none"> LRT（東側）の導入 	<ul style="list-style-type: none"> LRT（東側）電停を追加して最寄り駅距離を更新 LRT（東側）を考慮したゾーン間所要時間に変更 	<ul style="list-style-type: none"> 最寄り駅距離の短縮、公共交通で到達できる範囲の拡大によって、沿線の人口増、地価上昇、土地利用の高度化。
基幹路線強化ケース	東側あり 西側あり	<ul style="list-style-type: none"> LRT（東側）の導入 LRTの西側延伸 居住誘導区域を通るバス基幹路線の運行頻度増 	<ul style="list-style-type: none"> LRT（東西）電停を追加して最寄り駅距離を更新 居住誘導区域間の公共交通所要時間のうちバス待ち時間を最大5分に短縮 	<ul style="list-style-type: none"> 最寄り駅距離の短縮、公共交通で到達できる範囲の拡大によって、沿線の人口増、地価上昇、土地利用の高度化。
居住誘導ケース	東側あり	<ul style="list-style-type: none"> LRT（東側）の導入 居住誘導区域への居住に対する税制措置・財政支援等 	<ul style="list-style-type: none"> 居住地選択モデル時の住宅地価を一定割合で割引（需要側にとっての価格低下） ※趨勢（LRTあり）ケースをベースに変更	<ul style="list-style-type: none"> 居住誘導区域が居住地として選ばれやすくなることで、人口増、地価上昇、土地利用の高度化。
都市機能誘導ケース	東側あり	<ul style="list-style-type: none"> LRT（東側）の導入 都市機能誘導区域への商業施設立地に対する税制措置・財政支援 都市拠点への公共施設の立地 	<ul style="list-style-type: none"> 建替・用途選択モデル時の商業地価を一定割合で割増（供給側にとっての価格向上） ゾーン内施設数（病院（内科））増加 ※趨勢（LRTあり）ケースをベースに変更	<ul style="list-style-type: none"> 商業施設が立地しやすくなり、周辺的生活利便性が向上。 商業施設に加えて公共施設の立地により、都市機能誘導区域周辺的生活利便性が向上することで、住宅地価の上昇、居住誘導区域の人口増。

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 趨勢 (LRTあり) ケース

- LRT (宇都宮駅東口～本田技研正門) の駅位置や乗車時間等の想定をもとに、公共交通でのゾーン間所要時間を計算し、シミュレーションのインプットとして使用した。

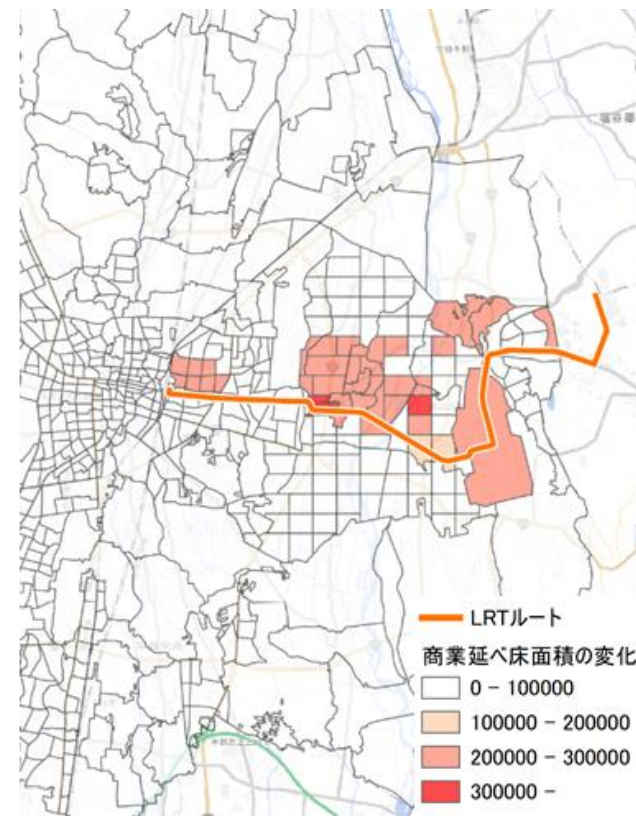
LRTの位置



公共交通での到達可能商業延床面積の変化 (左：20分圏 右：40分圏)



出所) 国土地理院淡色地図を使用



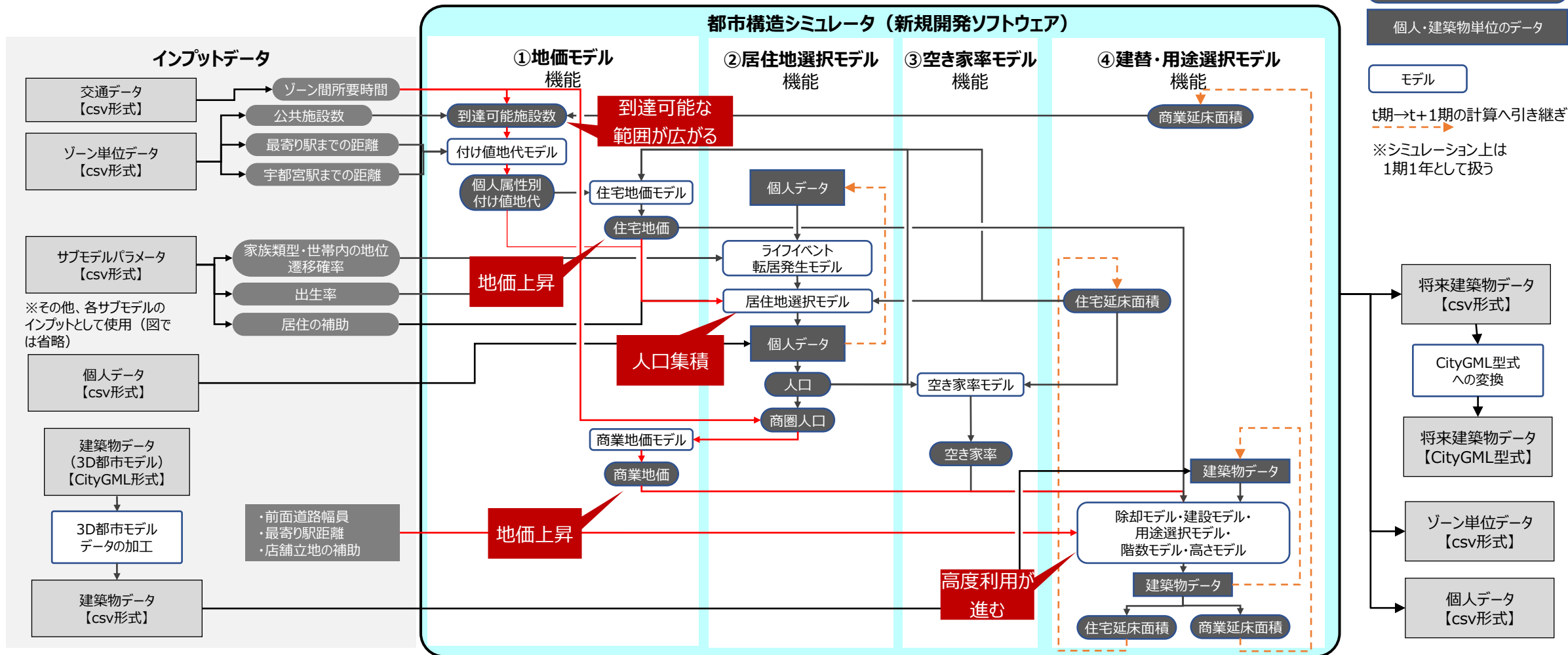
出所) 国土地理院淡色地図を使用



IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 趨勢 (LRTあり) ケース

- LRTの開通でゾーン間所要時間と最寄り駅距離が短縮し、人口の増加、地価の上昇、土地利用の高度化が進む。

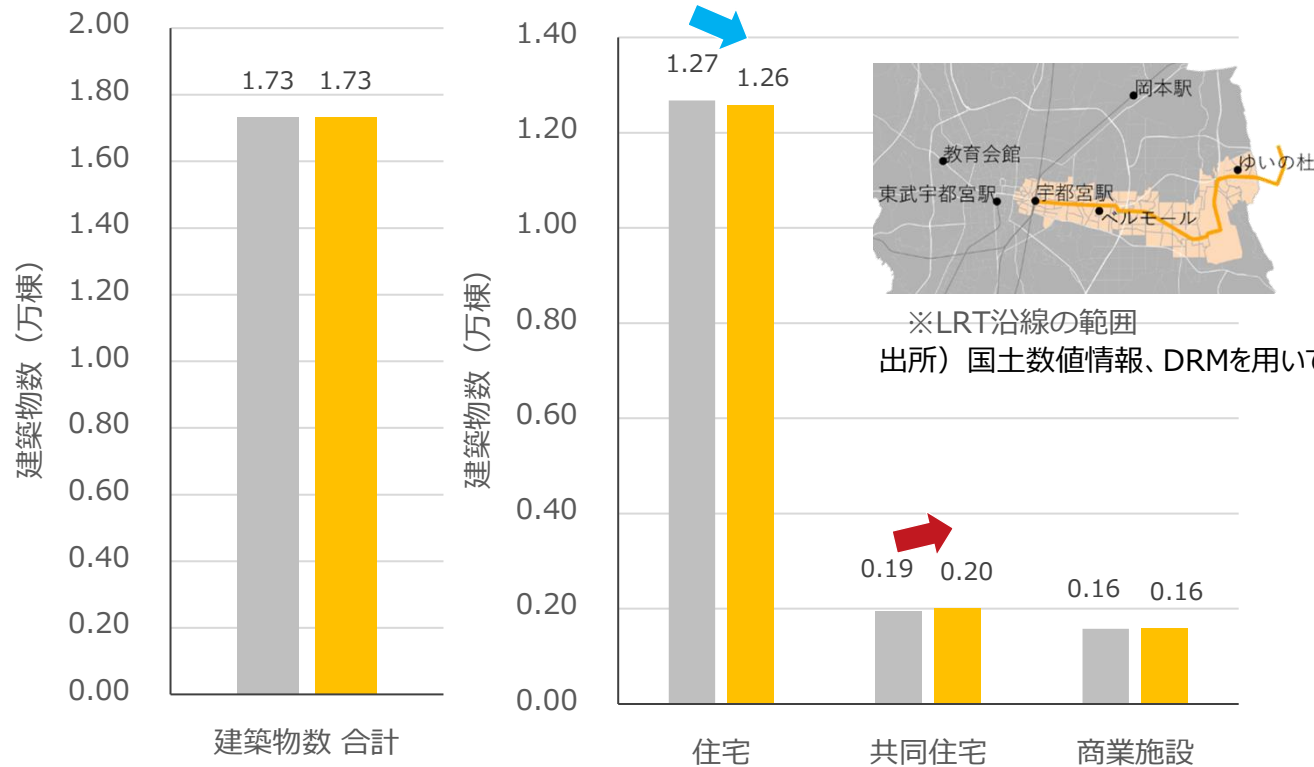


IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

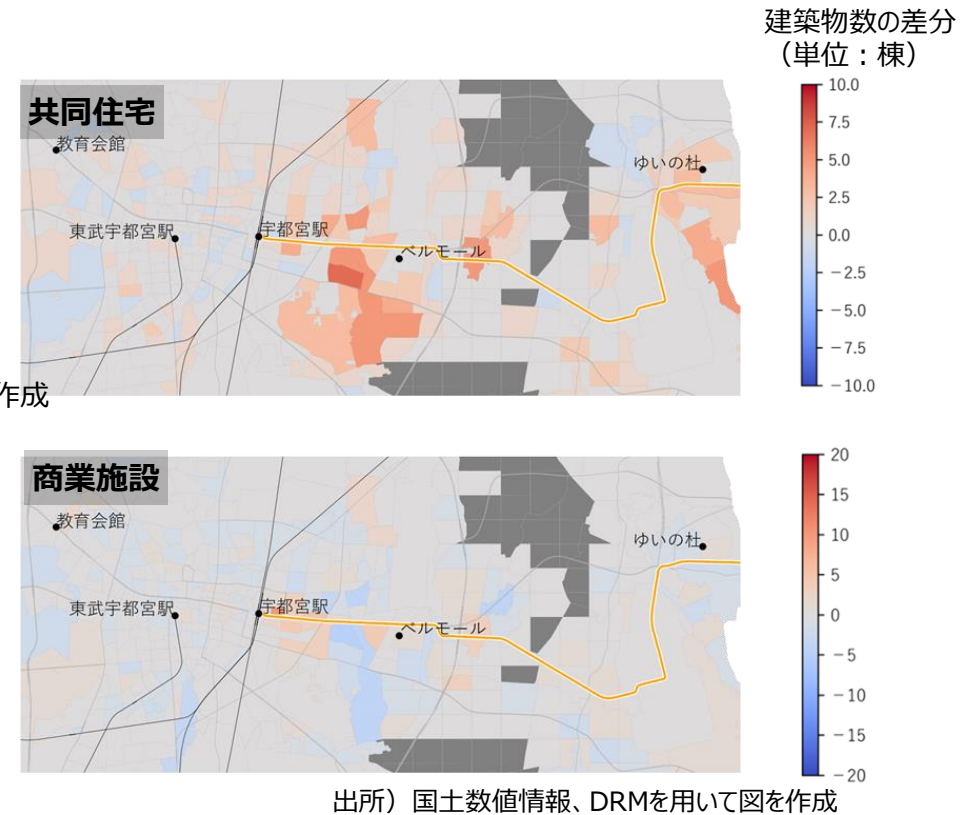
② 検証結果 | 趨勢 (LRTあり) ケース

- 建築物数はLRT有無によらず基本的に変化しない。LRT沿線に注目すると、住宅が減少する一方で共同住宅が増加する。

LRT沿線の建築物数・商業施設数 (左：全域、右：LRT沿線) (2040年)



公共交通での共同住宅・商業施設の数の差分(2040年)
(LRTなしケースからの差分)



IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 趨勢（LRTあり） ケース

- LRTなしケースでは住宅や空地だった場所に、趨勢（LRTありケース）では住宅以外の建築物が立地する。

※住宅以外の建築物：共同住宅・商業施設・店舗等併用住宅・店舗等併用共同住宅

建築物の用途の比較（2040年時点・LRTなしケースケースとの比較）



凡例

趨勢（LRTあり）
ケースからの比較

- 空地→住宅
- 空地→住宅以外
- 住宅→住宅以外
- 住宅以外→住宅
- 空地になる

※趨勢（LRTあり）
ケースの建築物の
表示高を使用

- 変わらない

Sources: Esri, Airbus DS, USGS, NGA, NASA, CGIAR, Li Robinson, NCEAS, NLS, OS, NMA, Geodatastyrelsen, Rijkswaterstaat, GSA, Geoland, FEMA, Intermap and the GIS user community, GSI, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies Inc, NITEL, NASA, USGS

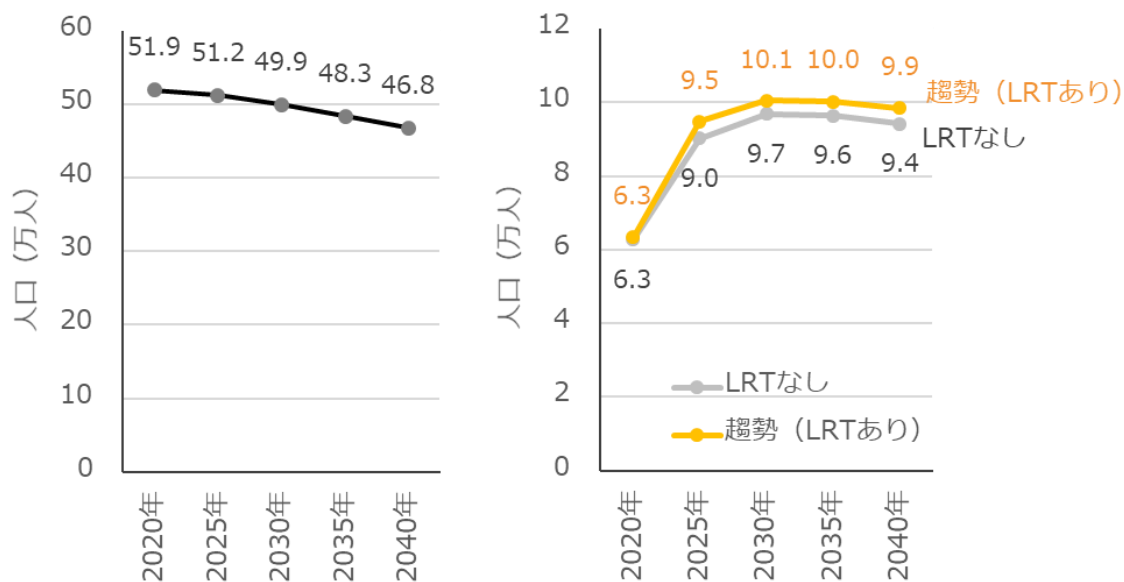
出所) open street mapを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

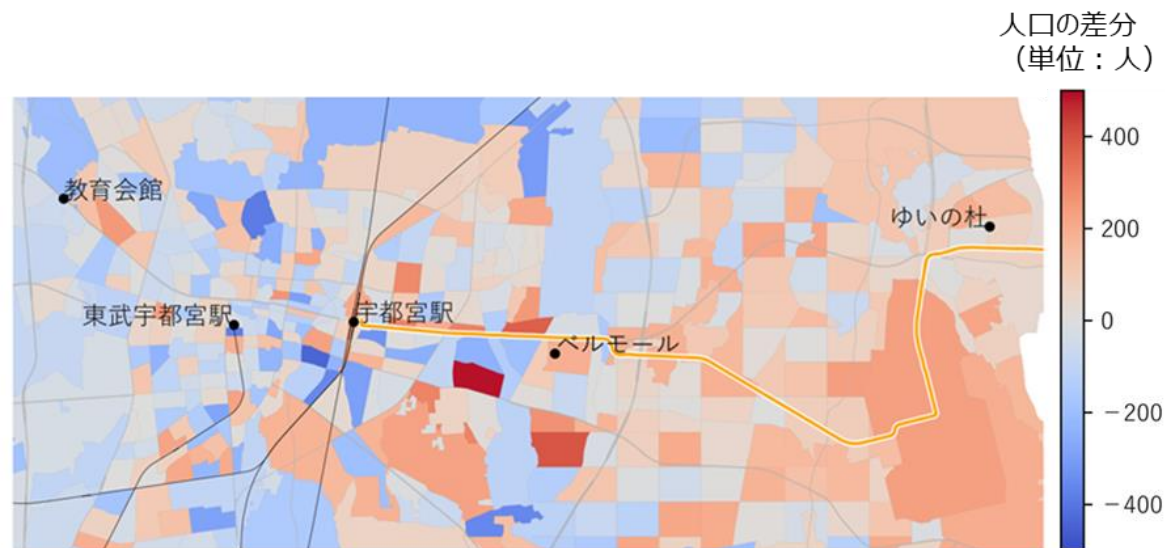
② 検証結果 | 趨勢 (LRTあり) ケース

- 都市間の人口移動を考慮していないため、全域の人口はシミュレーションケース間で変わらない。
- LRT沿線に注目すると、LRTなしケースよりも、趨勢 (LRTあり) ケースの方が、人口が増加する。

人口推移 (左全域、右LRT沿線)



人口の差分(2040年) (LRTなしケースからの差分)



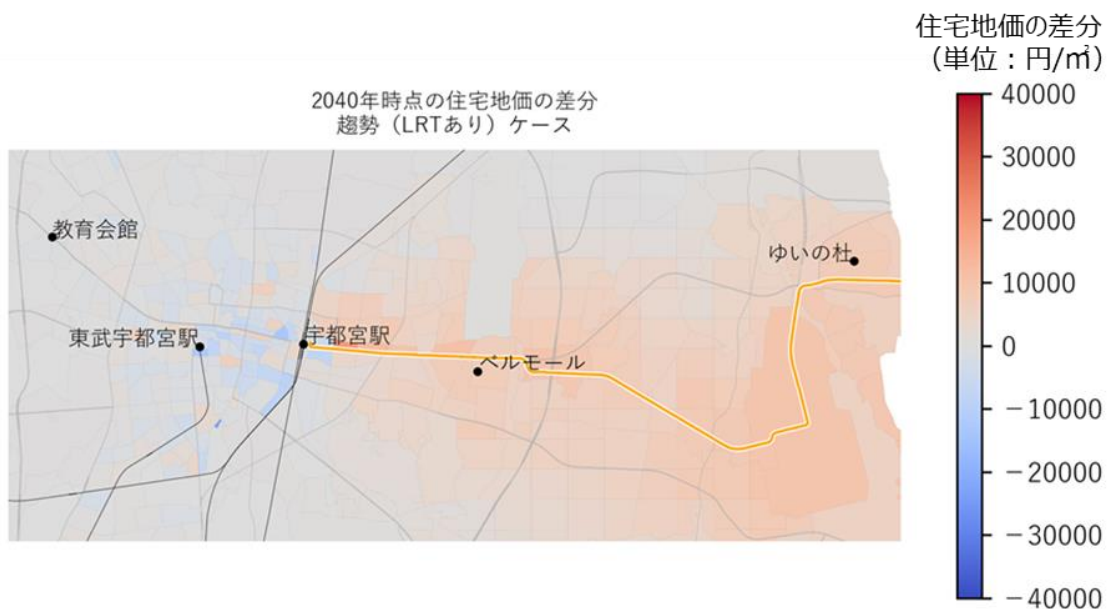
IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 趨勢 (LRTあり) ケース

- LRT沿線で住宅地価・商業地価ともに増加する。
- 人口が増加するLRT沿線では商業地価が増加する一方、その他の地域では商業地価が減少する。

住宅地価の差分(2040年) (LRTなしケースからの差分)

商業地価の差分(2040年) (LRTなしケースからの差分)



出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

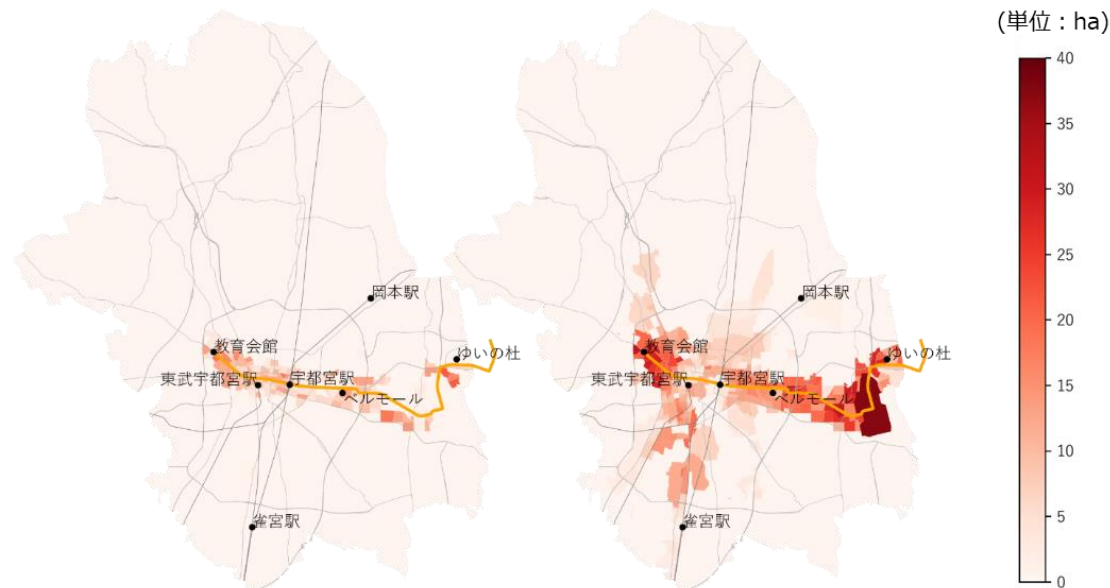
- LRTが西側まで開通し、かつ市内の公共交通の利便性が向上した場合を想定した。
- LRT沿線1km圏に概ね含まれるゾーンのバス乗車時間を半分に、居住誘導区域同士の移動に関してバスの待ち時間を5分に短縮して計算（バスの待ち時間が5分以上の場合のみ）した。公共交通での到達可能範囲が広がる設定とした。

LRTの位置および沿線ゾーンの指定



出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

公共交通での到達可能商業延床面積の変化（左：20分圏 右：40分圏）

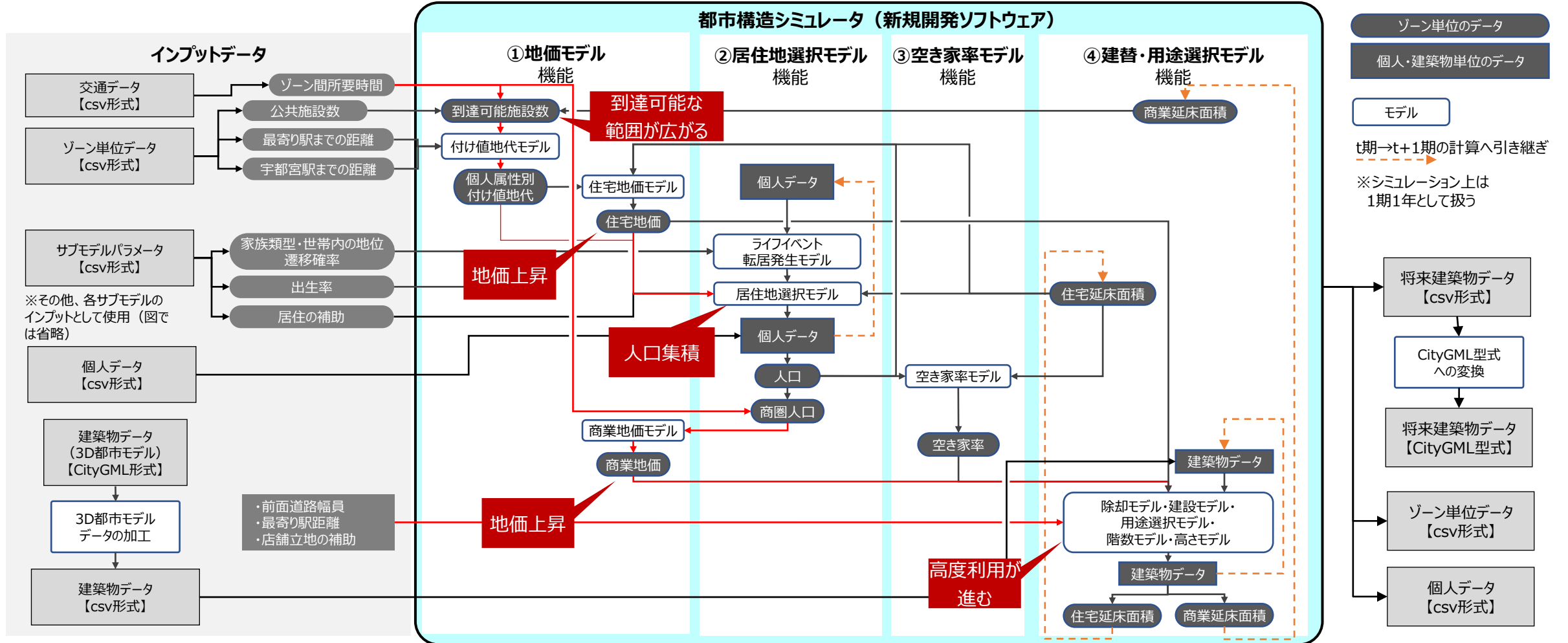


出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

- LRTの開通とバスの高度化で、ゾーン間所要時間と最寄り駅距離が短縮し、人口の増加、地価の上昇、土地利用の高度化が進む。



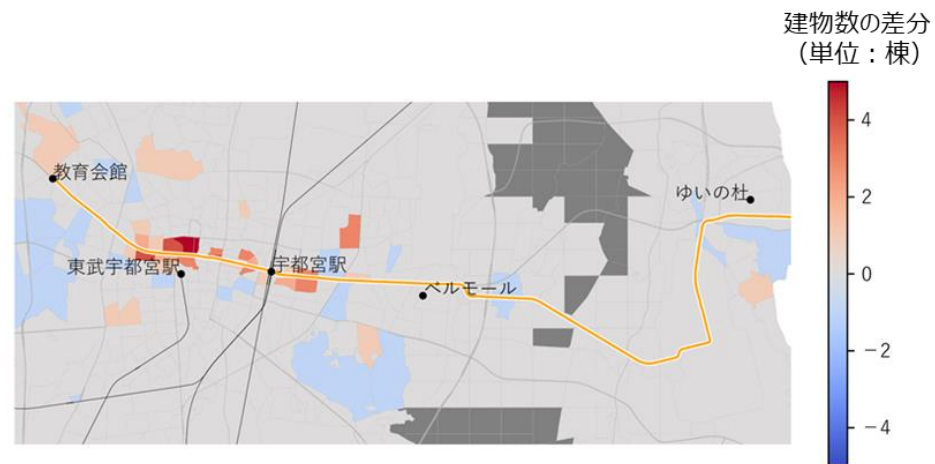
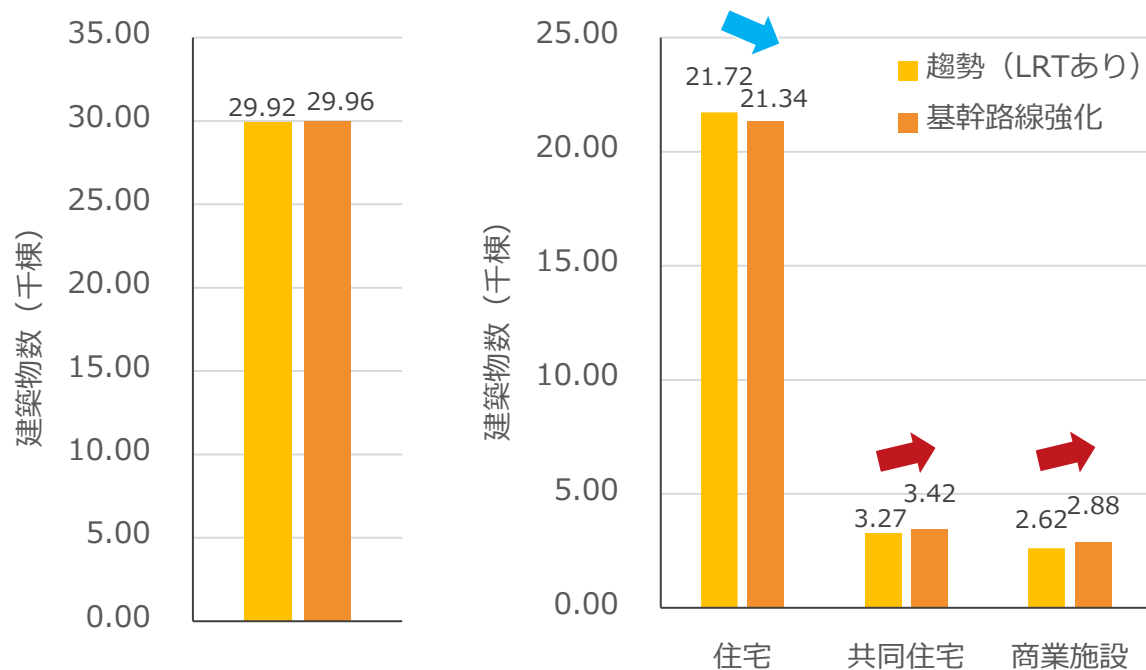
IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

- LRT（東西）沿線の建築物数は、趨勢（LRTあり）ケースから微増する。
- LRT（東西）沿線では、住宅が減少する一方で共同住宅・商業施設が増加し、土地の高度利用がさらに進む。

公共交通での共同住宅・商業施設の数の差分(2040年)
 (趨勢（LRTあり）ケースからの差分)

LRT沿線の建築物数・商業施設数（左：全域、右：LRT沿線）（2040年）



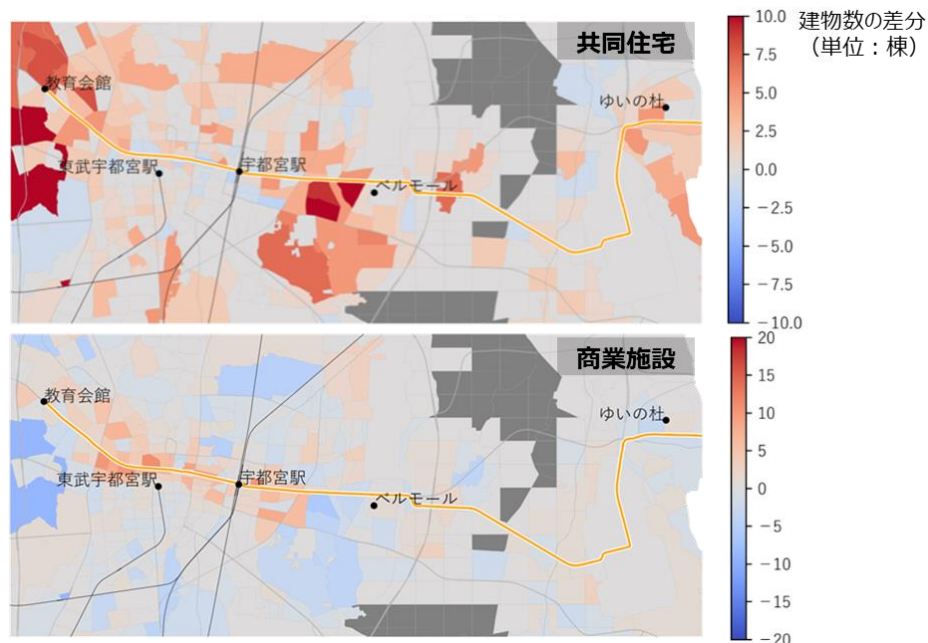
出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

- LRT沿線のうち、宇都宮駅東側から東武宇都宮駅西側までの沿線では、共同住宅・商業施設が増加し、土地の高度利用が進む。

共同住宅・商業施設の数差分 (2040年時点)
(趨勢 (LRTあり) ケースからの差分)



出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

建築物の用途の比較 (2040年時点・LRTなしケースとの比較)



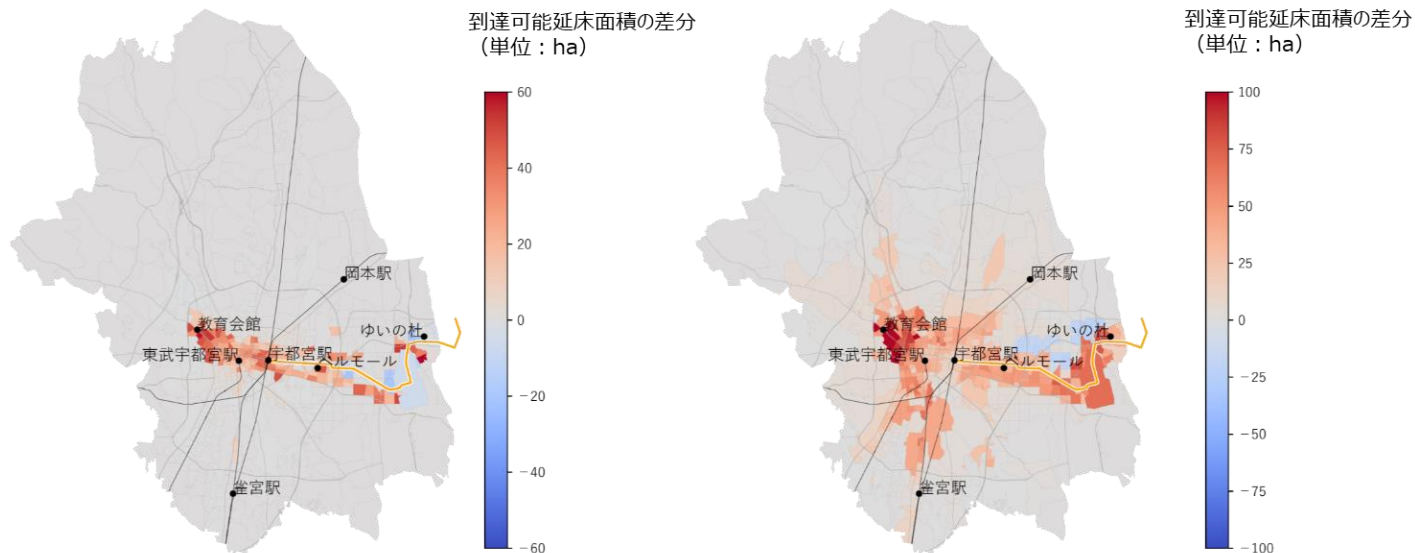
出所) open street mapを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

- LRT沿線では、公共交通で20分・40分移動することで到達できる商業施設の延床面積が増加し、利便性が増す。都心部の商業施設が増加したこととLRTの延伸・バスの利便性が向上したことが要因である。
- 一方、東側では趨勢（LRTあり）ケースよりも商業施設が減少し、到達できる商業施設の延床面積が減少する地区がある。

到達可能商業延床面積の差分（2040年時点）
 （趨勢（LRTあり）ケースからの差分、左：20分圏 右：40分圏）



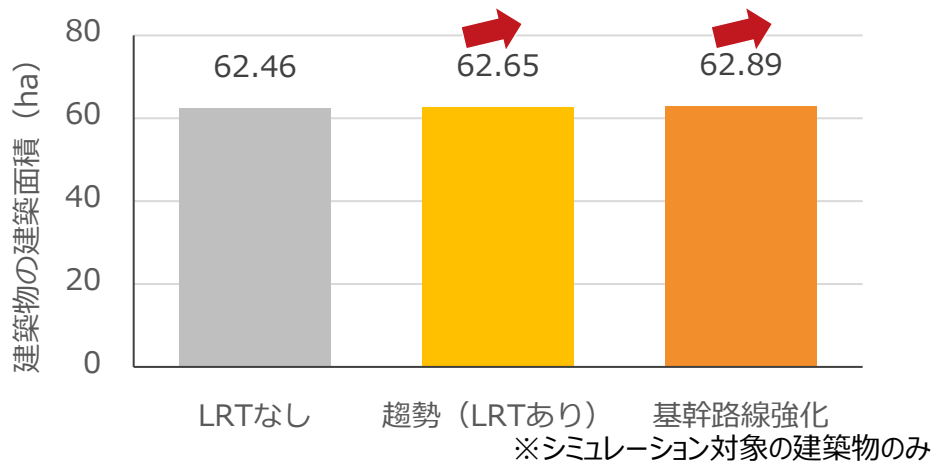
出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

- 高次都市機能誘導区域では、建築物が立地している面積が増加する。
- 高次都市機能誘導区域のLRT沿線では、趨勢（LRTあり）ケースでは空地だった場所に建築物が多く立地する。

建築物の建築面積の合計
(2040年時点・高次都市機能誘導区域)



※高次都市機能誘導区域

出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

建築物の存在有無の比較 (2040年時点・趨勢 (LRTあり) ケースとの比較)



出所) open street mapを用いて図を作成

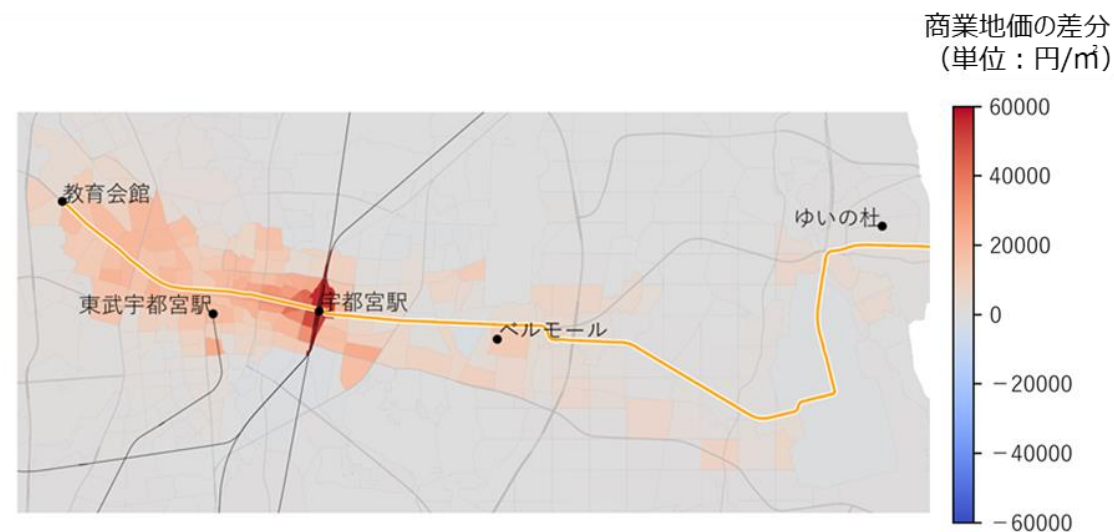
IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

- LRT（東西）沿線で住宅地価、商業地価ともに、趨勢（LRTあり）ケースからさらに増加する。
- 商業地価は、LRTの効果に加え、居住誘導区域のバス路線の利便性増加の効果が重なり、特に商業地価が増加する。

住宅地価の差分(2040年)（趨勢（LRTあり）ケースからの差分）

商業地価の差分(2040年)（趨勢（LRTあり）ケースからの差分）



出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

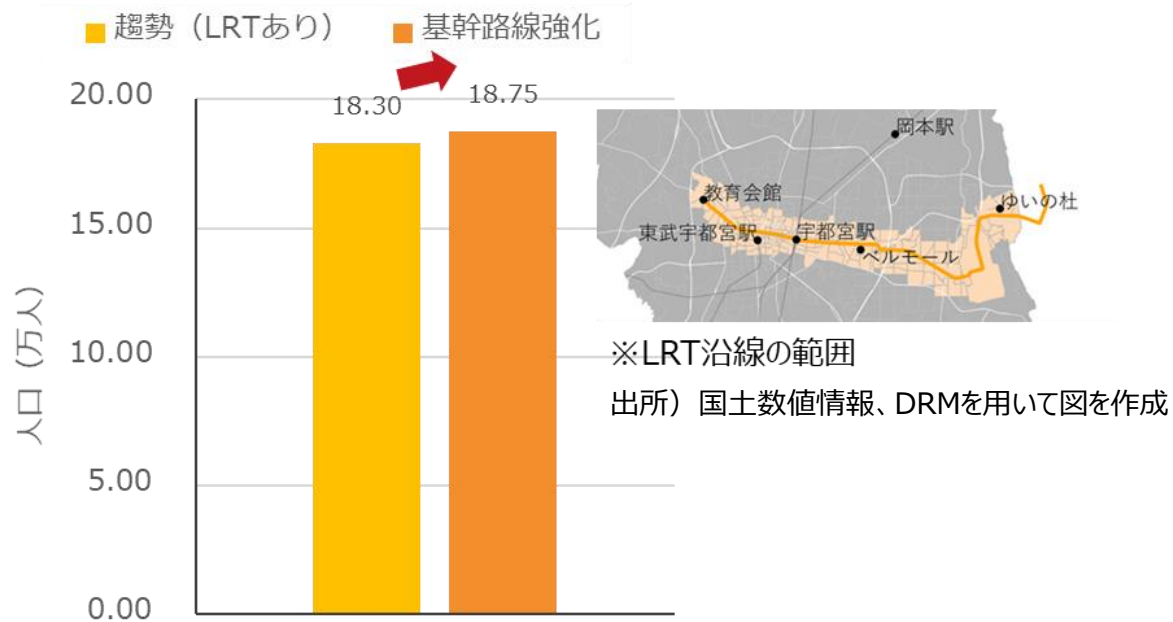
出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

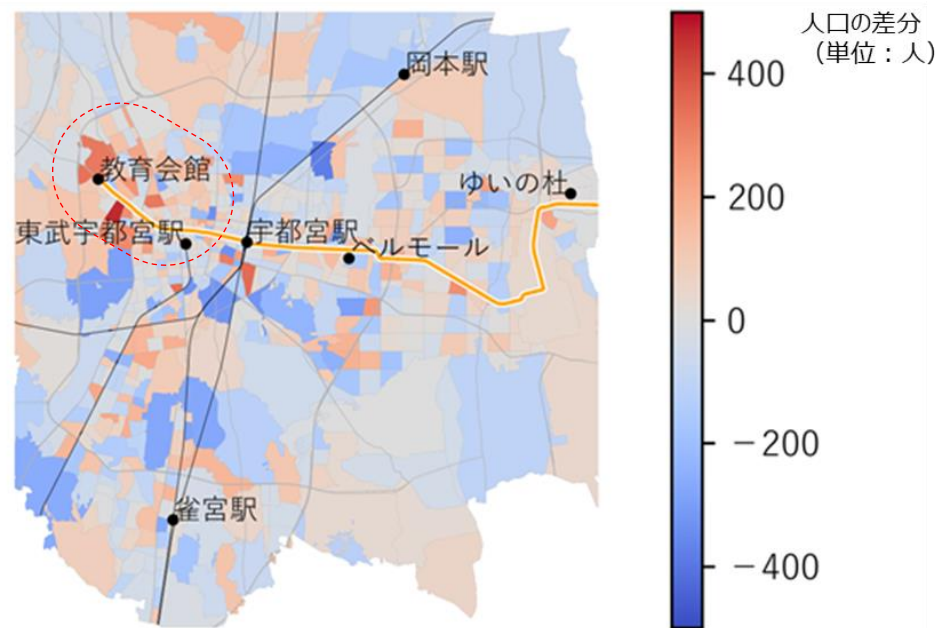
② 検証結果 | 基幹路線強化ケース

- 趨勢（LRTあり）ケースと比較して、公共交通の利便性が増加したLRT沿線で人口が増加する。
- 特に西側のLRT沿線周辺で人口が増加する。

LRT沿線の人口(2040年)



人口の差分(2040年) (趨勢 (LRTあり) ケースからの差分)



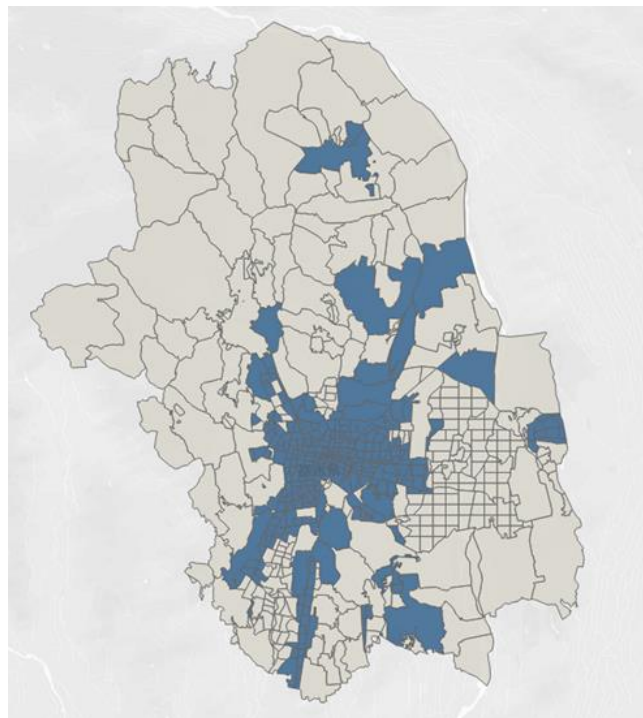
出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 居住誘導ケース

- 居住誘導区域に含まれるゾーンを対象に、用途選択モデルの計算を行う時のみ住宅地価を20%減額させる。
- 住宅取得費用の補助や家賃補助を想定している。

居住誘導対象ゾーン

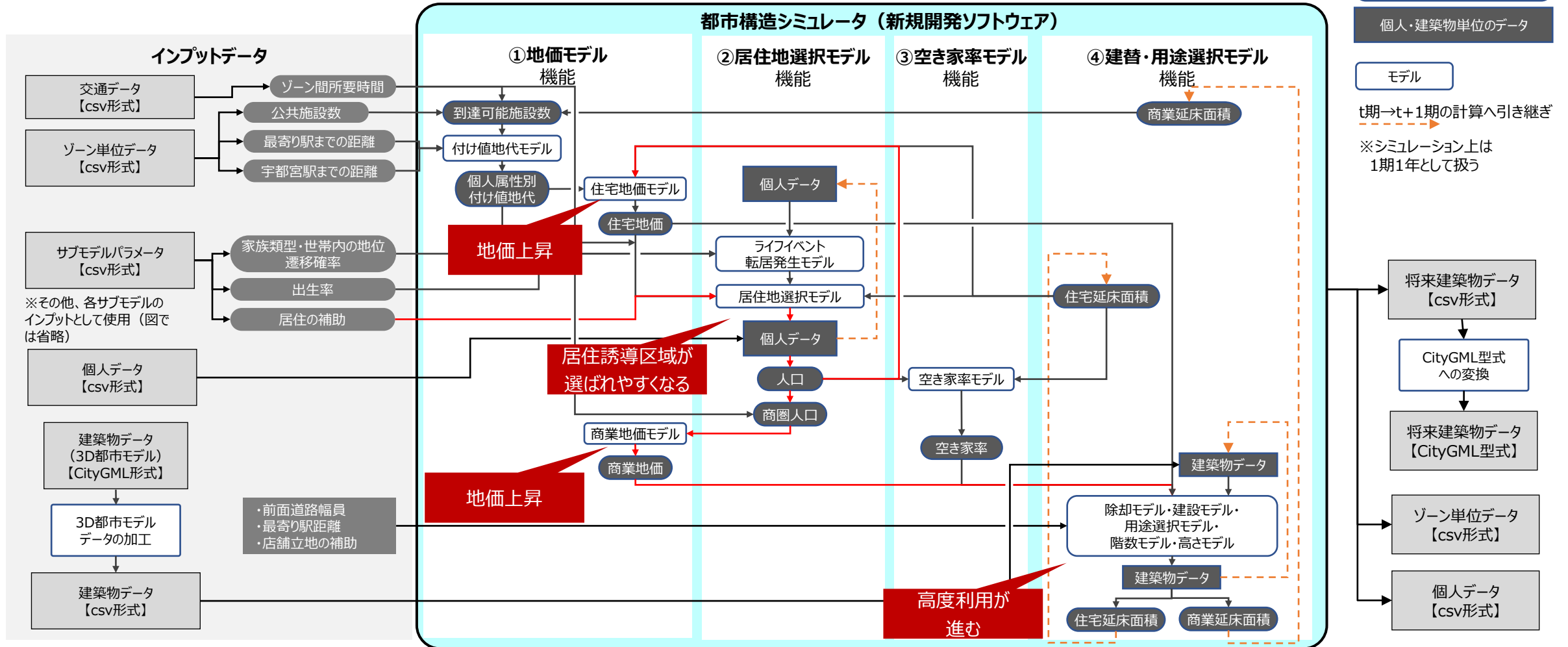


出所) open street mapを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 居住誘導ケース

- 居住地選択モデルにおいて、居住誘導区域の居住にかかる費用の負担の引き下げを住宅地価の引き下げで表現し、選択されやすくする。結果として、居住誘導区域の人口の増加、地価の上昇、土地利用の高度化が進む。

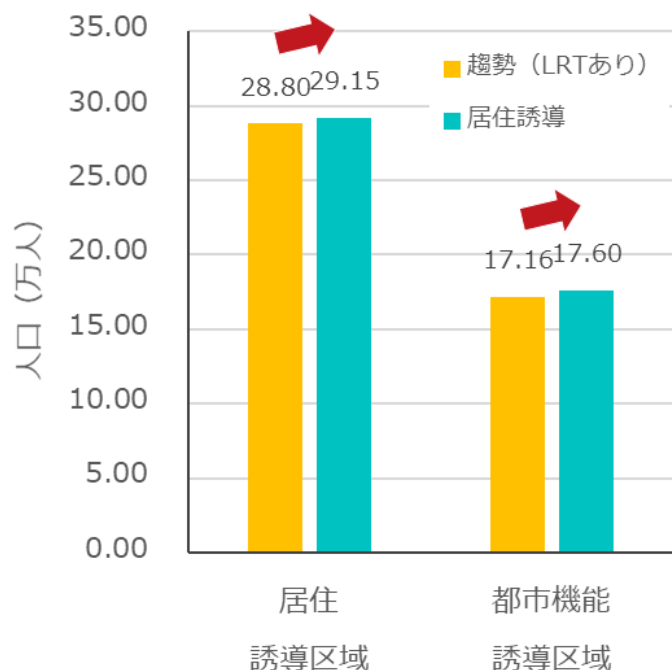


IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

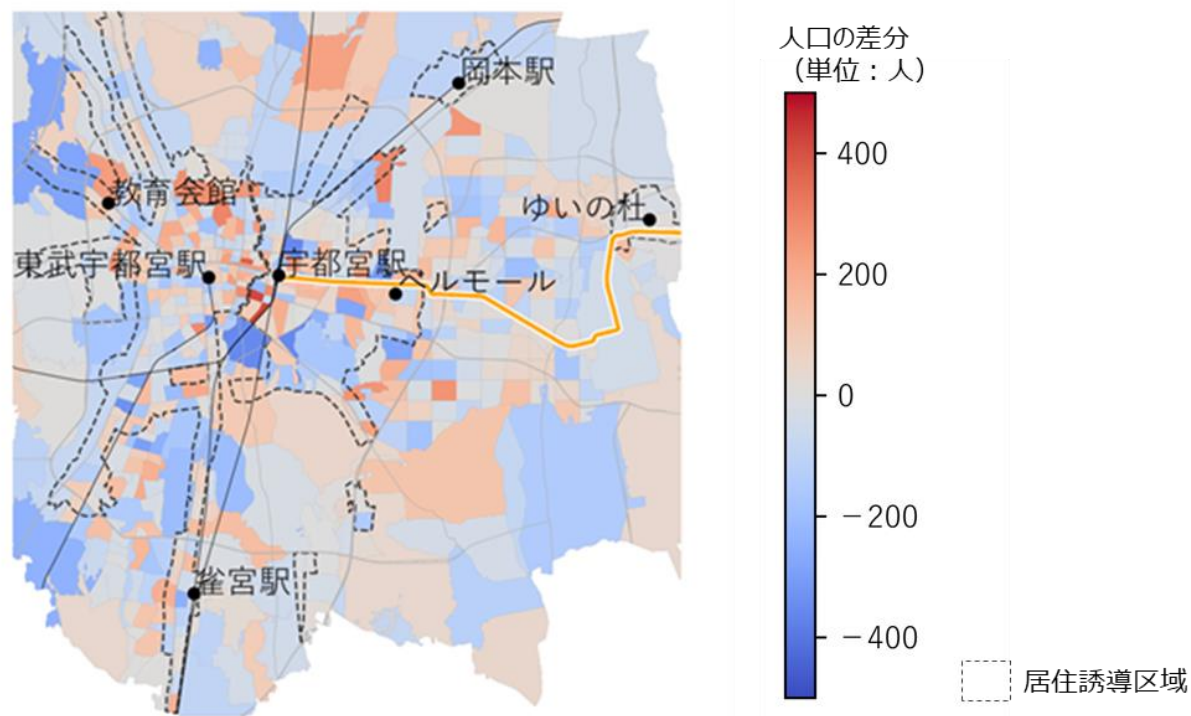
② 検証結果 | 居住誘導ケース

- 趨勢（LRTあり）ケースと比較して、居住誘導区域・都市機能誘導区域で人口が微増する。

居住誘導区域・都市機能誘導区域の人口（2040年時点）



人口の差分(2040年)（趨勢（LRTあり）ケースからの差分）



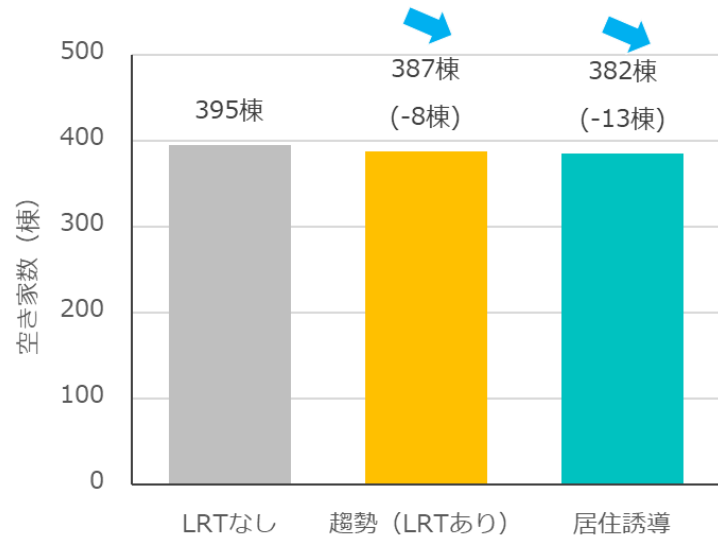
出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 居住誘導ケース

- 住宅・店舗等併用住宅の空き家については、居住誘導ケースにおいて、居住誘導区域かつLRT沿線で微減する。

居住誘導区域かつLRT（東側）沿線の空き家数
（2040年時点）



宇都宮駅西口周辺の空き家状況の比較
（2040年時点・趨勢（LRTあり）ケースとの比較）



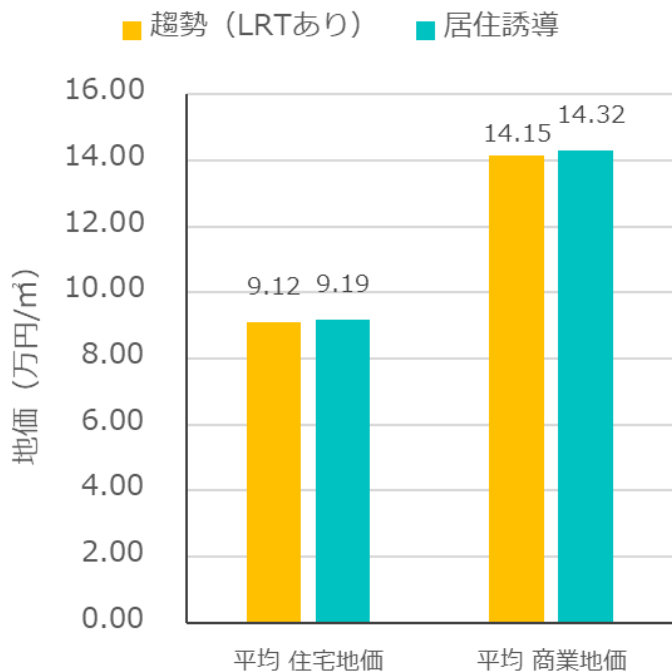
※本ケースは、LRT（西側）は存在しない設定で計算。
出所）open street mapを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

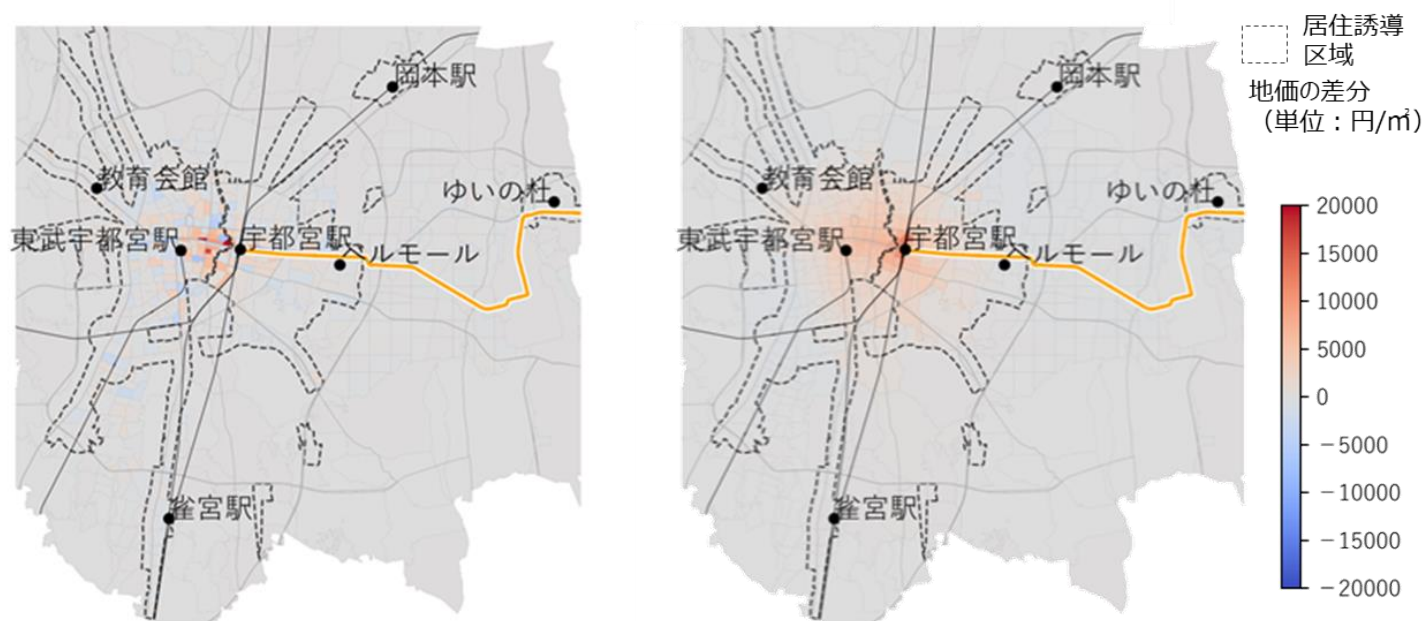
② 検証結果 | 居住誘導ケース

- 住宅地価は、趨勢（LRTあり）ケースと、ほとんど変わらない。人口が微増にとどまったため、地価を大きく上昇させるには至らなかったと考えられる。
- 商業地価は、人口の増加の影響で増加する。主に宇都宮駅周辺で増加する。

住宅地価・商業地価
(2040年時点・居住誘導区域)



地価の差分 (左: 住宅地価、右: 商業地価) (2040年時点)
(趨勢 (LRTあり) ケースからの差分)



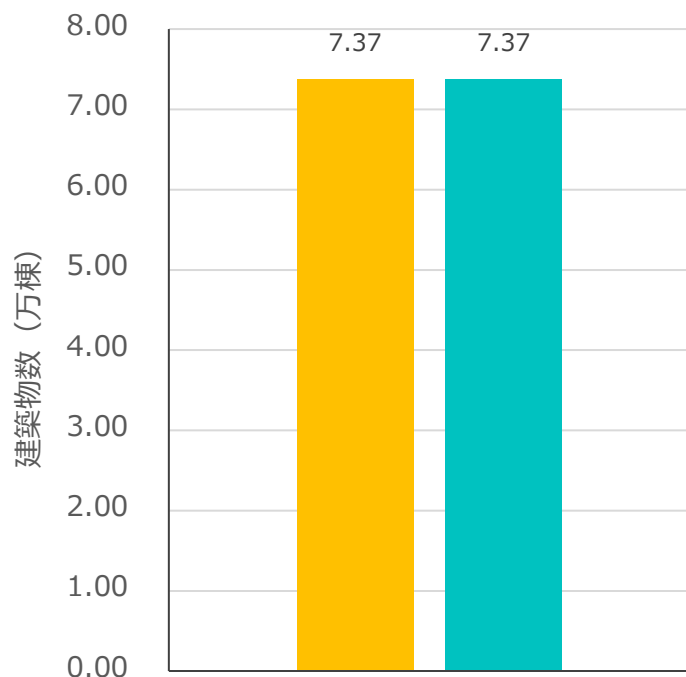
出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

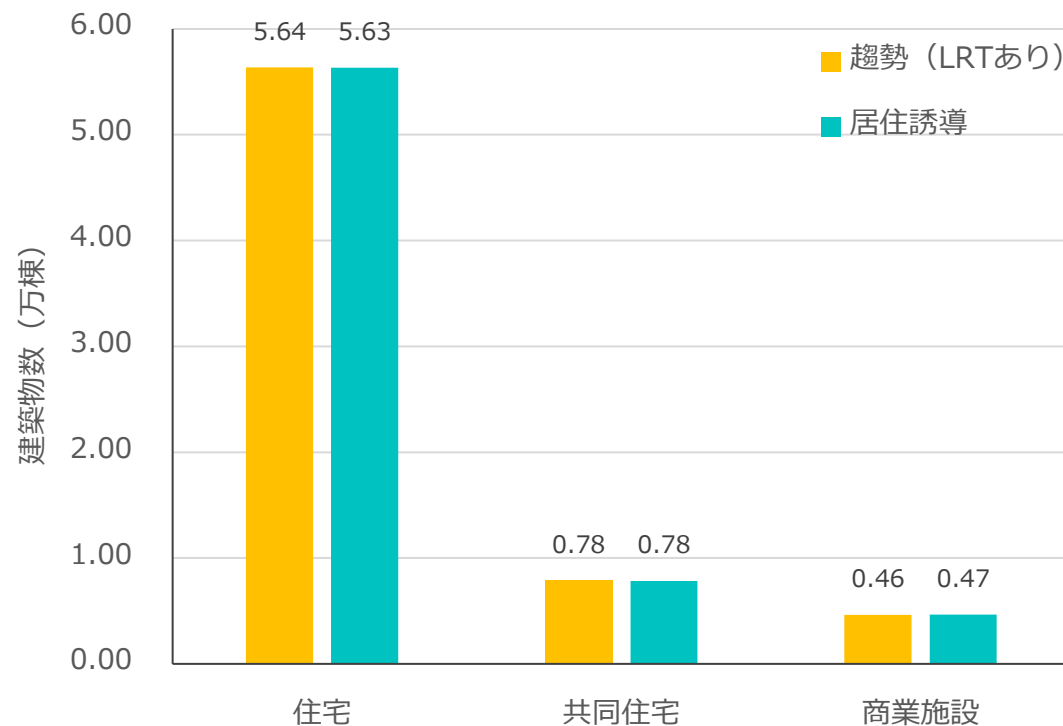
② 検証結果 | 居住誘導ケース

- 居住誘導区域の建築物数は、趨勢（LRTあり）ケースと変わらない。
- 用途別の建築物数を見ると、商業施設数がわずかに増加する。人口が増加することで商業施設が立地しやすくなったことが要因である。

建築物数（2040年時点・居住誘導区域）



用途別建築物数（2040年時点・居住誘導区域）

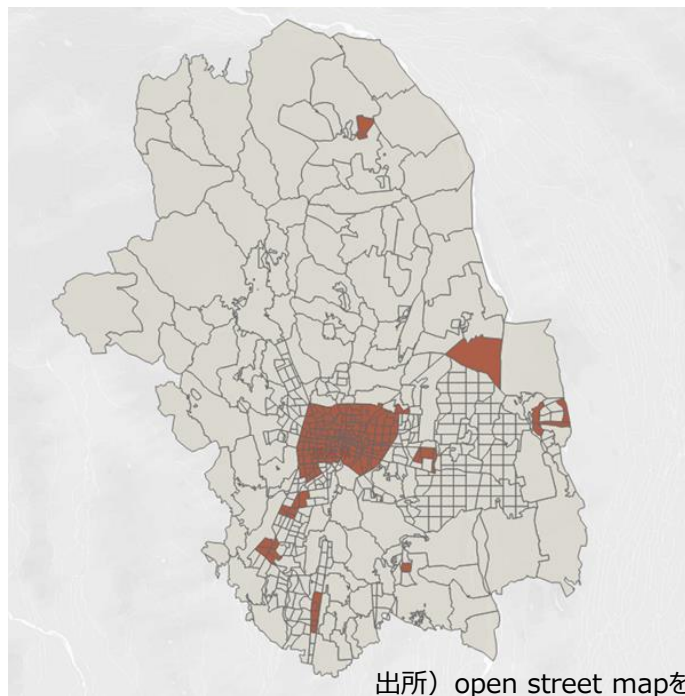


IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

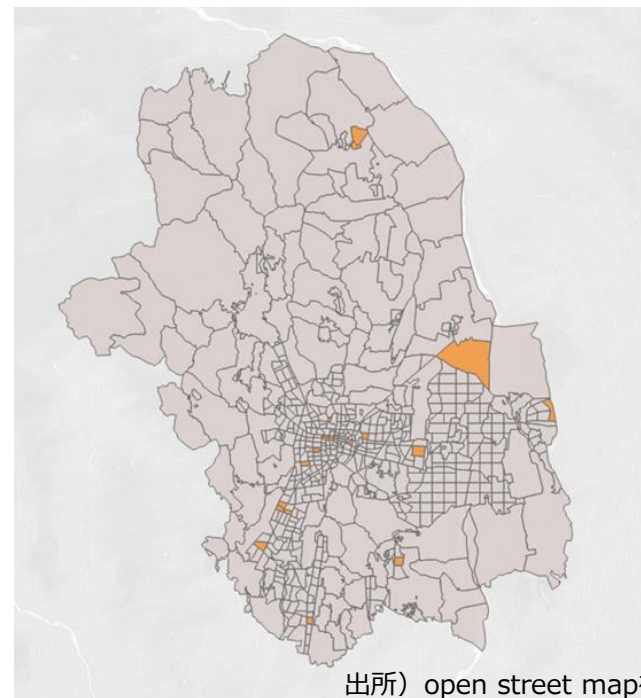
② 検証結果 | 都市機能誘導ケース

- 商業施設誘導対象ゾーンを設定し、用途選択モデルの計算を行う時のみ商業地価を20%増加させた。商業施設の立地に対する税制措置等による収益の増加を、商業施設立地のポテンシャルの増加と読み替えて表現した。
- 都市機能誘導区域の中で代表的なゾーンを設定し、病院（内科）を1施設ずつ追加した。

商業施設誘導対象ゾーン



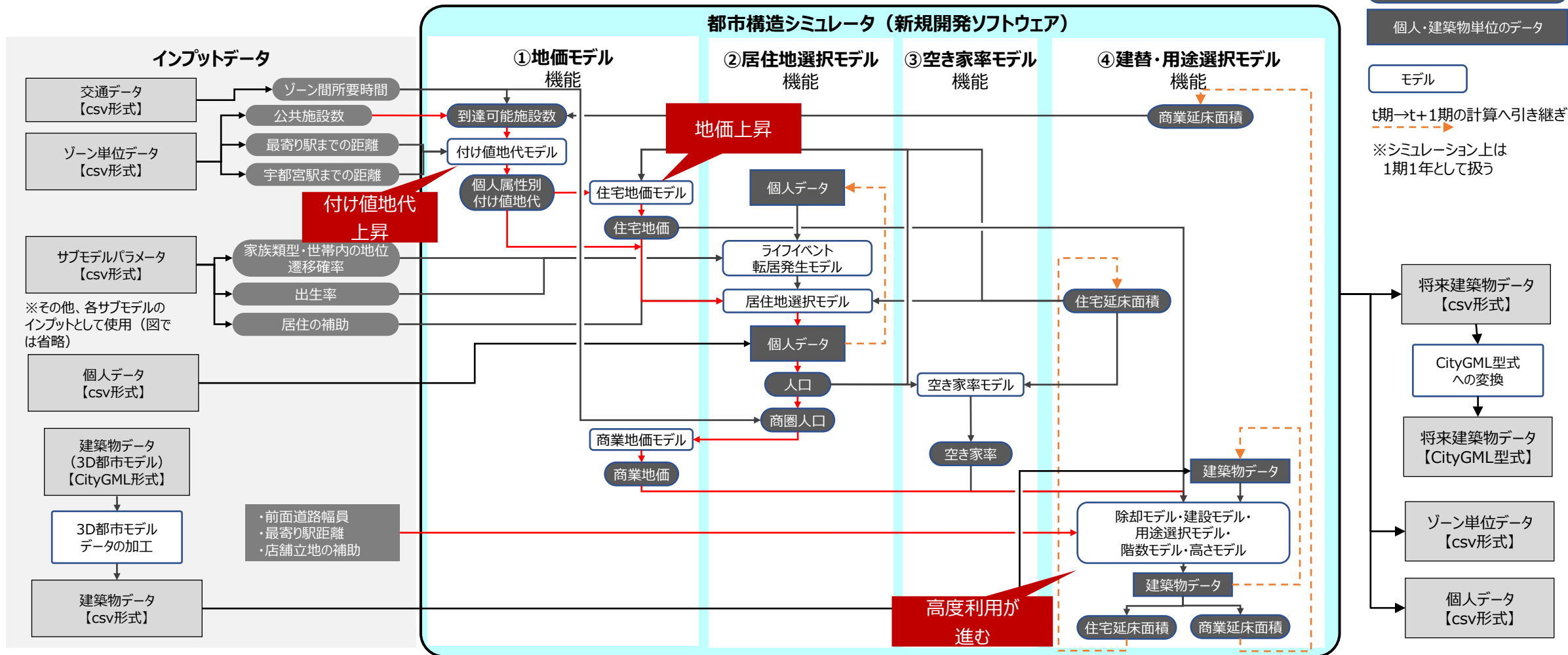
病院（内科）を1施設追加したゾーン



IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 都市機能誘導ケース

- 商業施設の立地に対する税制措置等による収益の増加を商業地価の引き上げで表現し、商業施設が選択されやすくする。さらに、公共施設を追加して居住地としての魅力度を上昇させる。結果として、地価の上昇、土地利用の高度化が進む。

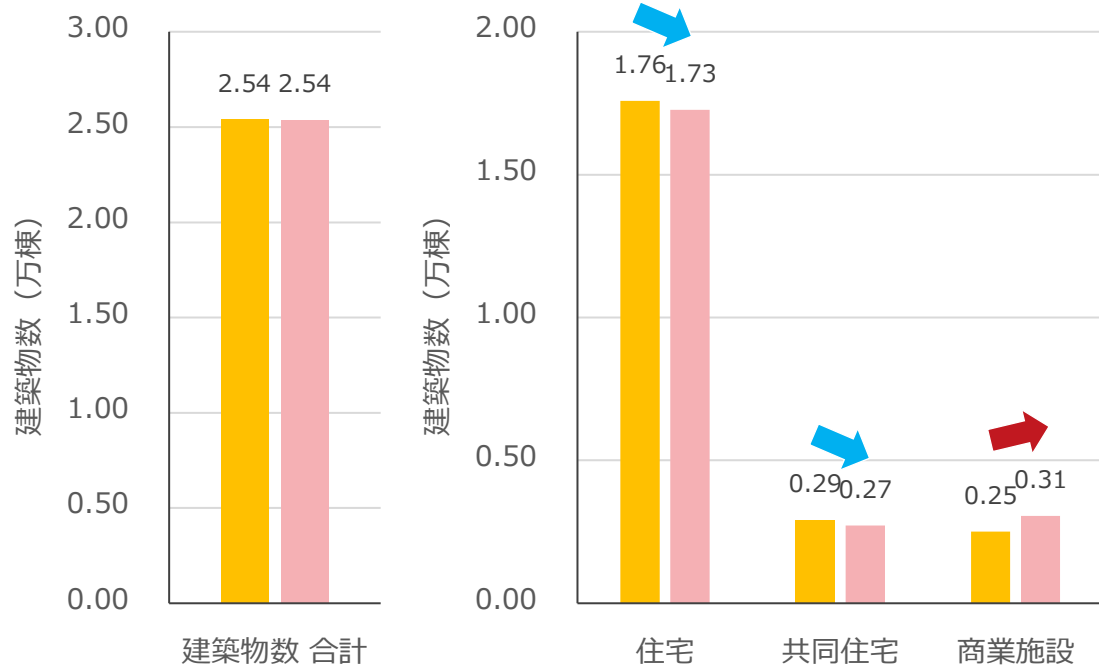


IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

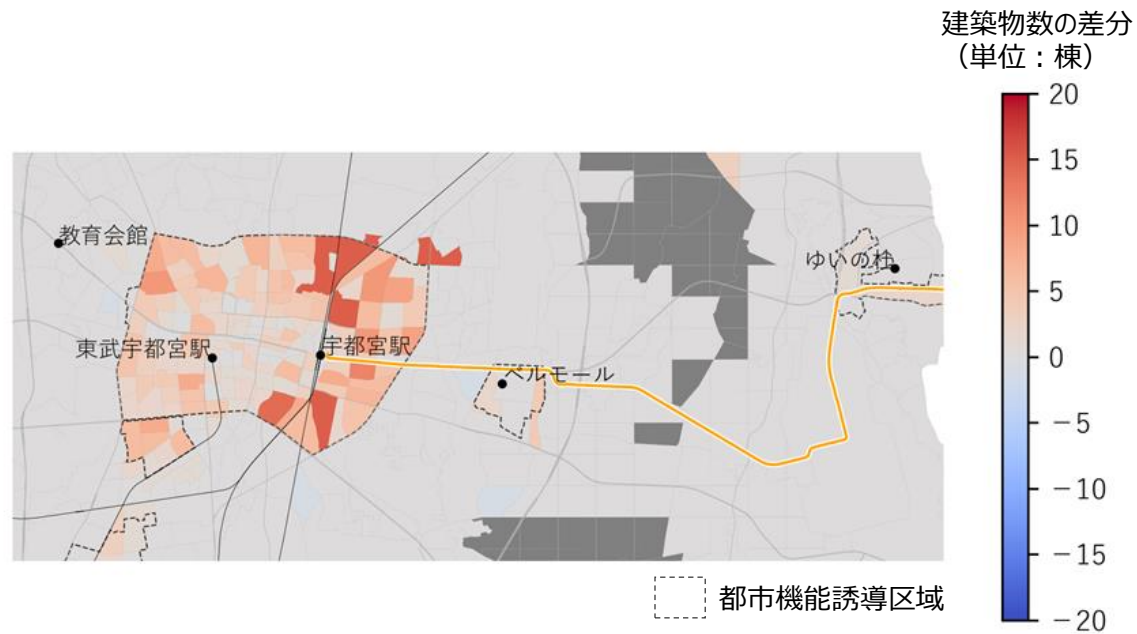
② 検証結果 | 都市機能誘導ケース

- 都市機能誘導区域内の建築物数は、趨勢（LRTあり）ケースと変わらない。
- 都市機能誘導区域内の商業施設数は、趨勢（LRTあり）ケースから大きく増加する。

建築物数（2040年時点・都市機能誘導区域）



商業施設数の差分（2040年時点）
（趨勢（LRTあり）ケースからの差分）



出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

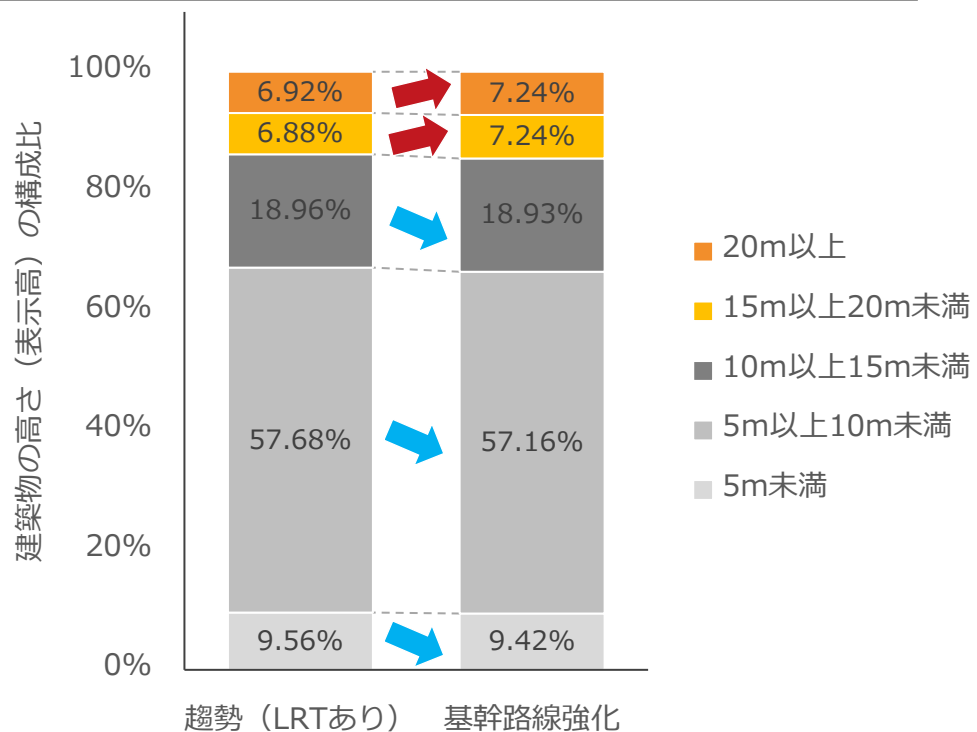
IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 都市機能誘導ケース

- 高次都市機能誘導区域内では、15m以上の建築物の割合が増加する。

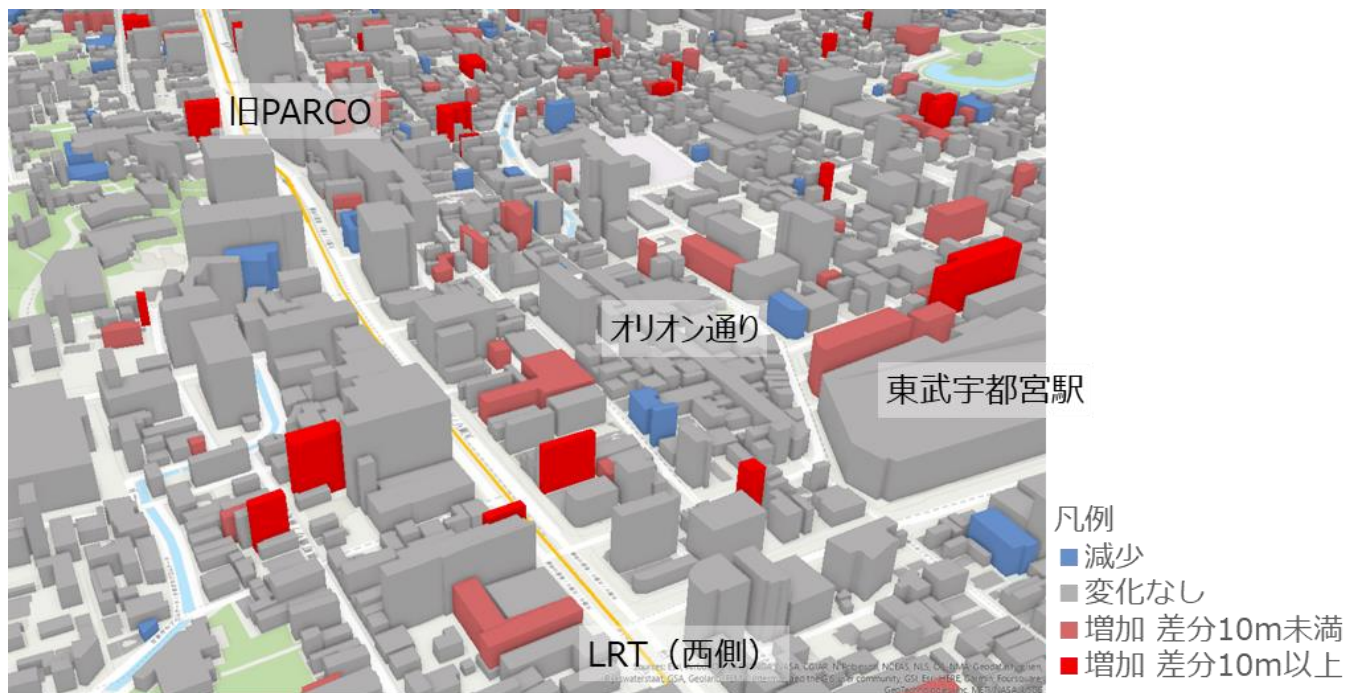
高次都市機能誘導区域の建築物の高さ構成比（2040年時点）

※シミュレーション対象の建築物のみ



中心市街地（オリオン通り）周辺の高さの差分（2040年時点）

（趨勢（LRTあり）ケースからの差分）



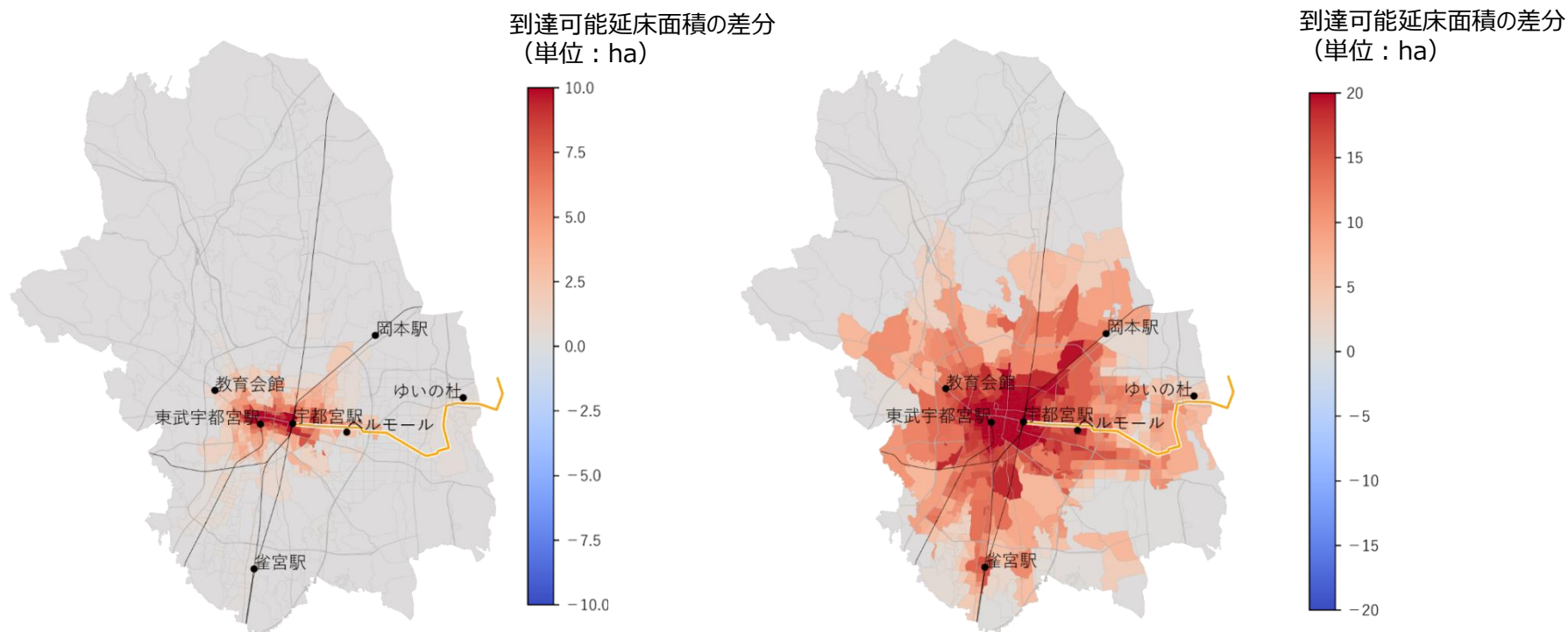
出所) open street mapを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | 都市機能誘導ケース

- LRT沿線やバス路線沿線では、公共交通で20分・40分で到達できる商業施設の延床面積が増加し、生活利便性が増す。

到達可能商業延床面積の差分（2040年時点）
 （趨勢（LRTあり）ケースからの差分、左：20分圏 右：40分圏）



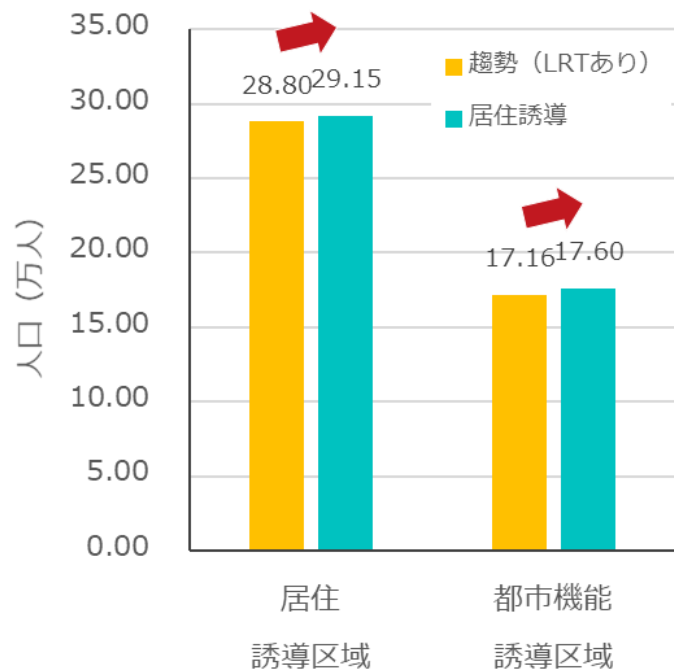
出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

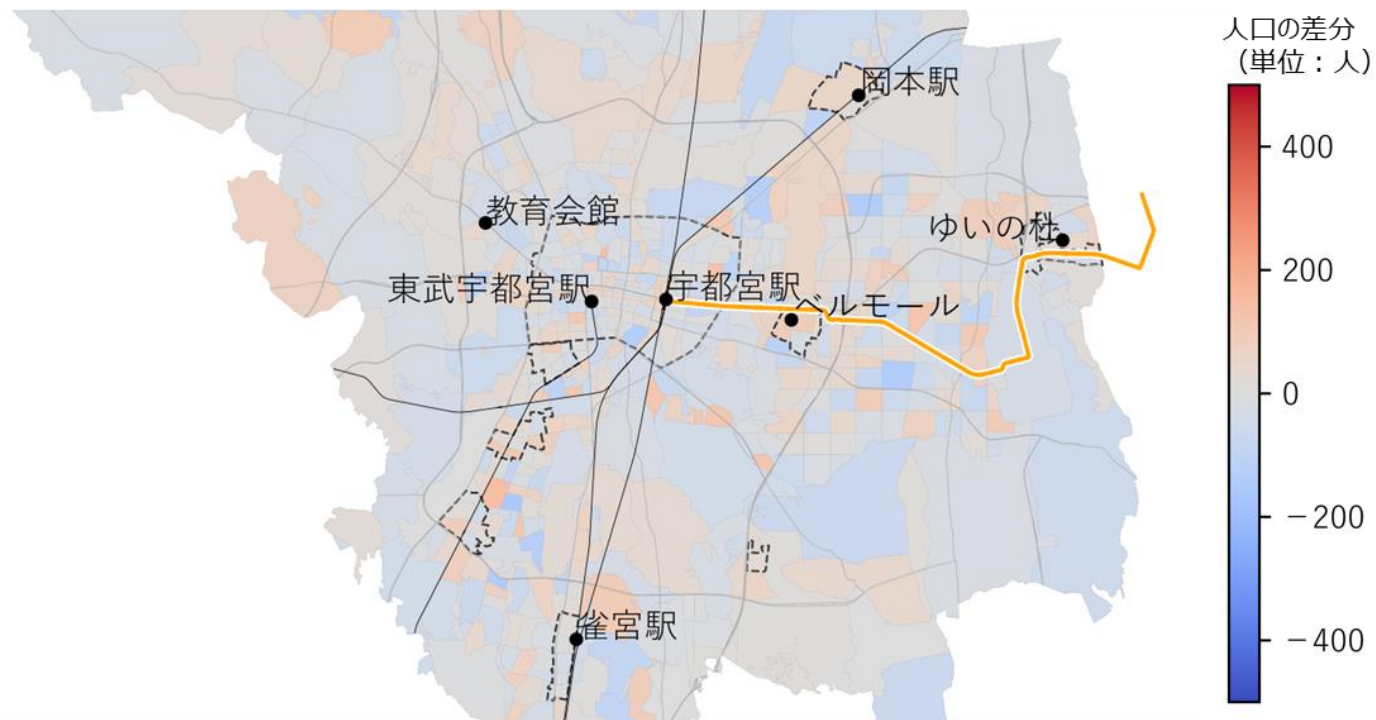
② 検証結果 | 都市機能誘導ケース

- 都市機能誘導区域や居住誘導区域の人口は、趨勢（LRTあり）ケースから、微増する。

居住誘導区域・都市機能誘導区域の人口（2040年時点）



人口の差分(2040年)（趨勢（LRTあり）ケースからの差分）



出所) 国土数値情報、DRMを用いて図を作成

IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

② 検証結果 | まとめ

■ 趨勢（LRTあり）ケース

- LRT開業により、生活利便性の向上や商圈人口の増加に伴い、沿線の地価が上昇。
- これにより人口の集積や、土地利用の高度化が生じる。

■ 基幹路線強化ケース

- 趨勢（LRTあり）ケースよりも、さらに沿線の生活利便性が向上、商圈人口が増加。
- 地価が上昇し、土地の高度利用が進む。
- 商業地域では電停周辺で建設が起きやすくなり、空地が減少。
- 沿線の魅力度が向上し、人口がさらに増加。

■ 居住誘導ケース

- 居住に対する補助により、居住誘導区域全域で人口が増加。
- 居住誘導区域の人口増を受けて、居住誘導区域からアクセスしやすい宇都宮駅周辺の商業地価が上昇。
- 居住誘導区域全体で薄く人口が増えるため、建築物数や空き家数には大きな影響はなし。

■ 都市機能誘導ケース

- 商業施設の立地に対する補助により、都市機能誘導の商業施設が増加、高い建築物が増加。
- 都市機能誘導区域周辺では広く生活利便性が増加。
- 居住誘導区域の人口に大きな影響はなし。

IV. 実証技術の検証 > 2.政策活用に向けた検証

① 検証内容

- 宇都宮市役所において、市職員を対象にヒアリングを実施した。詳細は以下の通りである。

目的	市職員への都市構造シミュレータの利用イメージ、モデルの改善点に関するヒアリング
実施期間	2023年1月23日（月） 10:00～12:00
実施場所	宇都宮市役所
主な参加者	宇都宮市役所 都市計画課（3名） 交通政策課（2名） LRT企画課（2名） NCC推進課（1名） 国土交通省（1名） 本実証開発事業者（7名） MRI（2名）
実施内容	都市構造シミュレータの概要、結果の説明 意見交換（施策評価への活用可能性、活用場面、示すべき指標など）

IV. 実証技術の検証 > 2.政策活用に向けた検証

② 検証結果

- 宇都宮市から活用場面や算出したい指標についての意見が得られた。

KPI	KPIの評価方法	達成度・結果
自治体職員の都市施策や交通施策への活用希望度（目標：80%）	活用可能性があるかどうかをヒアリングした。	100% 活用可能性があるとの意見が得られた。 詳細は下表の通り。

項目	成果	課題
活用場面 （内部検討）	<ul style="list-style-type: none"> 政策審議室等における施策同士の評価・優先順位付けに活用できる。 施策の想定外の影響の理解ができる（例：LRT沿線以外の地価の下落、人口の減少等）。 	<ul style="list-style-type: none"> 公共交通の運賃施策など実施中の施策の効果検討ができるとうい。 各種施策は人口の社会増減にも影響すると考えられるため、都市間人口移動も表現できるとよい。 税収の算出ができるとうい。
活用場面 （住民説明）	<ul style="list-style-type: none"> 視覚的に分かりやすく示せるのがよい。 長期的な影響を比較できるので、政策を早期に実施することの説明に活用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 施策の対象地以外で人口減少が生じる等の結果については見せ方に工夫が必要。
その他	<ul style="list-style-type: none"> 住民説明の場では、LODが向上すれば、パース作成の手間が省けるのがよい。 	

I. 実証概要

II. 実証技術の概要

III. 実証システム

IV. 実証技術の検証

V. 成果と課題

V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果

① 3D都市モデルによる技術面での優位性 | サマリ

- 技術面での優位性として、以下の4点が考えられる。

項目	想定される技術面での優位性
インputデータ作成	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーションには、個別の建築物の用途、階数、延床面積等の情報が必要である。 これらは都市計画基礎調査で把握されているものの、中には不明も含まれ、インputデータとしては扱いづらい。 3D都市モデルでは高さ情報が必ず付与されているため、高さ情報を考慮した用途、階数等の属性情報の補完が可能になる。
他地域展開	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーションのインputデータは、定められたフォーマットに従っていれば、差し替えが可能である。 都市計画基礎調査のデータは、全国で必ずしも同一のフォーマットで整備されていない。しかし、3D都市モデルはフォーマットが定められているため、開発したシステムを用いて他地域を対象にしたシミュレーションの実行が比較的容易である。 ただし、各サブモデルのパラメータや処理の順番等については、今年度の実証で対象とした宇都宮市と他都市とで同一とは限らず、検証が必要である。
インputデータ更新	<ul style="list-style-type: none"> 3D都市モデルは統一のフォーマットで整備されているため、同じフォーマットで最新のデータが整備されれば、これをインputデータにすることで、最新の状況を反映したシミュレーションの実行が比較的容易である。
シミュレーションのチューニング	<ul style="list-style-type: none"> 複数時点分の3D都市モデルのデータが整備される等、パラメータ推定に3D都市モデルを活用できる環境が整えば、パラメータの時点更新や他地域に合わせたパラメータ算出等のチューニングができるようになる可能性がある。

V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果

② 3D都市モデルによる政策活用面での優位性 | サマリ

- 政策活用面での優位性として、以下の2点が考えられる。

項目	想定される政策活用面での優位性
マクロに見た時の施策効果の分かりやすさ	<ul style="list-style-type: none"> 3次元で可視化したシミュレーション結果を俯瞰的に見ることで、施策の影響がどのような場所にどのように現れるか、イメージがしやすくなる。 シミュレーション結果に現れる、政策のwith/withoutでの建築物の変化は、都市の建築物全体のうち少数の一部にのみ生じる。このため、建築物の変化を棒グラフ等で表すと僅かな差に見え、施策効果が小さいように感じられやすい。しかし、3次元で可視化すると、同じ変化であっても建築物の変化が見えやすく、施策効果が一定程度存在するよう感じる事ができる。 このように、施策効果のイメージを正確に分かりやすく把握し伝えることができるため、自治体職員の施策検討や住民説明等の場において有用と考えられる。
ミクロに見た時の施策効果の分かりやすさ	<ul style="list-style-type: none"> 3次元で可視化したシミュレーション結果を歩行者視点で表示する等、一部の地域を取り出して見ることで、施策によって街なみがどのように変化しうるか、イメージがしやすくなる。 特定の地域に着目した時の施策効果のイメージを共有することができ、住民説明等の場において有用と考えられる。 3D都市モデルのLODが向上すれば、さらにイメージしやすい可視化が可能になると考えられる。

V. 成果と課題 > 2. 今後の取り組みに向けた課題

今後の取り組みに向けた課題

- シミュレーション実行のハードルに関する課題と、シミュレーションで表現できる内容に関する課題が挙げられる。

項目	活用にあたっての課題
インターフェースの整備	<ul style="list-style-type: none"> 都市構造のシミュレーションは、研究レベルでは過去からの蓄積があるものの、実務への適用は限定的であった。 宇都宮市に限らず多くの自治体においても入力データさえ差し替えれば容易にシミュレーションを実行可能な環境を整えば、施策検討や施策間の横断的比較等、住民説明等の議論がさらに深まることが期待される。 そのためには、開発した都市構造シミュレーションをベースに、インターフェースを整備することが重要と考えられる。
入力データ加工機能の追加	<ul style="list-style-type: none"> 入力データのうち建築物データに関しては、3D都市モデルをベースにデータの変換、既存建築物と将来建築物のFootPrintの作成、欠損データの補完等の加工を行っている。また、建築物データ以外にもデータの整理が必要である。 これらのデータの作成を一定程度自動化することにより、他都市への展開やシミュレーション結果の時点更新が容易になる。
シミュレーションの高度化	<ul style="list-style-type: none"> 今年度開発したシミュレーションでは表現・評価できない施策や現象が存在するため、シミュレーションの高度化が課題である。 具体的には、敷地の統合や分割、都市間の人口移動、人口分布と土地利用の変化による交通需要の変化といった現象は表現できていない。これらの表現により、施策による土地の統合・分割、総人口の変化、公共交通の分担率の変化、交通分野から生じる温室効果ガスの変化等の表現が可能になると考えられる。

用語集

用語		内容
ア行	LOS (エルオーエス)	Level Of Serviceの略で、交通工学の分野において、ある地点間を移動する際の交通条件のことを一般的に指す。
	LRT (エルアールティ)	Light Rail Transitの略で、低床式車両(LRV)の活用や軌道・電停の改良による乗降の容易性、定時性、速達性、快適性などの面で優れた特徴を有する軌道系交通システムのこと。
サ行	主成分分析	多数の変数の持つ情報をできるだけ失うことなく、互いに相関のない少ない変数に要約する手法。
	線形回帰	被説明変数を予測する式を説明変数の線形和からなる式で表し、そのパラメータを最小二乗法で求めること。
タ行	付け値地代	土地に立地しようとする主体が支払う意思がある地代。
	DRM (ディーアールエム)	日本デジタル道路地図協会が提供する、デジタル道路地図データベース。道路管理者等と利用者で道路交通関連情報をやりとりするために作成された、官民が共通で利用する位置IDを持つデジタル道路地図。

用語		内容
ヤ行	尤度比	モデルの説明力を表す指標であり、数字が大きければ説明力が高いことを表す。具体的には、理論モデルが正しいと仮定した場合に観測されたデータが得られる尤もらしさ（尤度）について、無情報モデル（各選択肢の選択確率がどれも等しいと仮定したモデル）の尤度との比率を取ったもの。
ラ行	ログサム変数	選択行動がロジットモデルで表されるときに最大効用の期待値。
	ロジットモデル	離散的な選択行動を表現する離散選択モデルの一種。各選択肢の誤差項が独立で同一のGumbel分布に従うと仮定したモデル。本レポート上では、二肢選択の場合に二項ロジットモデル、多肢選択の場合に多項ロジットモデルと表記している。

都市構造シミュレーション

令和5年3月 発行

委託者：国土交通省 都市局 都市政策課

受託者：一般財団法人計量計画研究所・国際航業株式会社

本報告書は、一般財団法人計量計画研究所・国際航業株式会社が国土交通省との間で締結した業務委託契約書に基づき作成したものです。受託者の作業は、本報告書に記載された特定の手続や分析に限定されており、令和5年3月までに入手した情報にのみ基づいて実施しております。従って、令和5年4月以降に環境や状況の変化があったとしても、本報告書に記載されている内容には反映されていません。