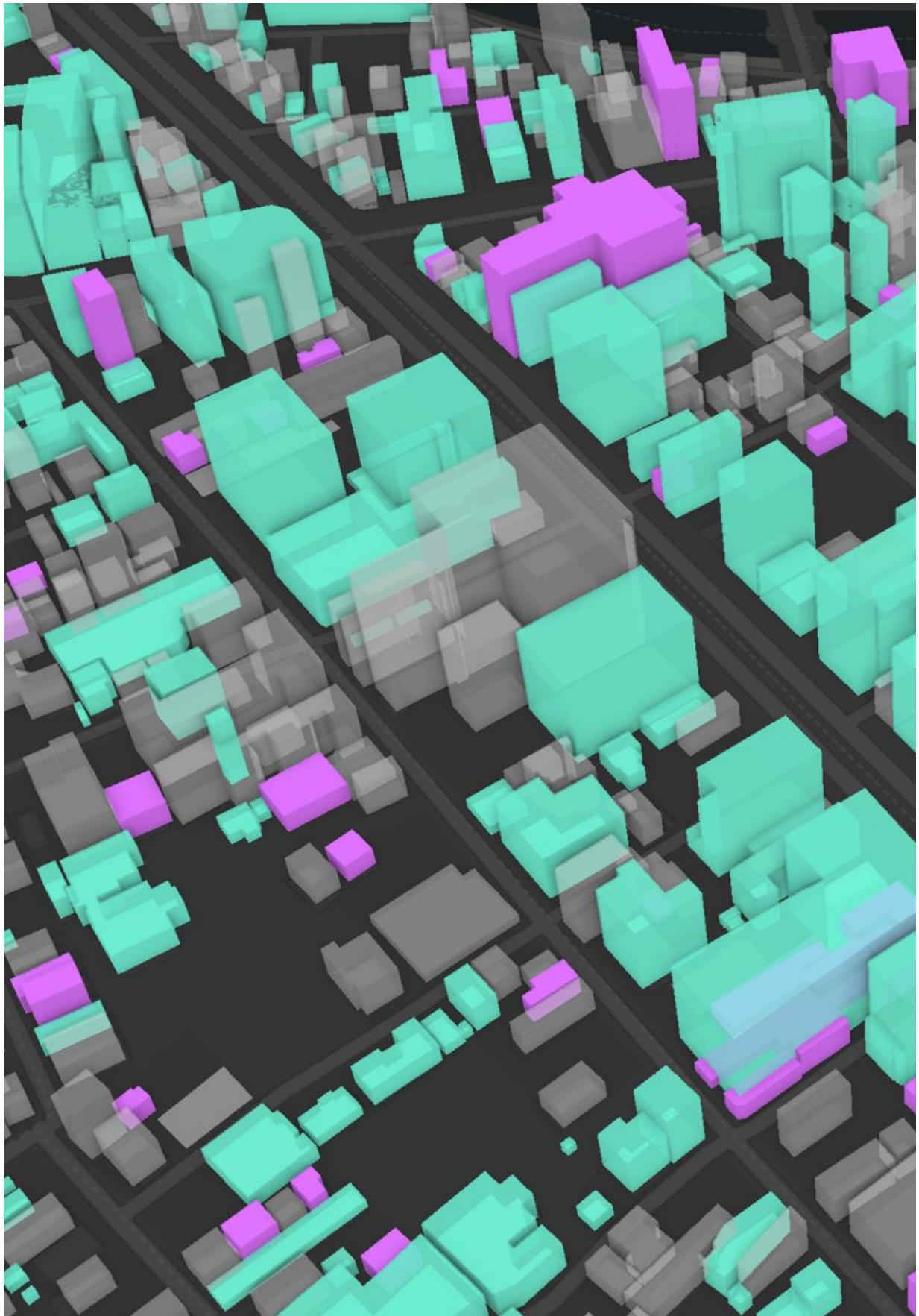




PLATEAU
by MLIT

PLATEAU Technical Report
3D都市モデル活用のための技術資料



都市構造シミュレーション v2.0

技術検証レポート

Technical Report on Urban Structure Simulation System v2.0

series
No. 77

目次

1. ユースケースの概要	- 1 -
1-1. 現状と課題	- 1 -
1-1-1. 課題認識	- 1 -
1-1-2. 過年度の手法とその課題	- 1 -
1-1-3. 既存業務フロー	- 2 -
1-2. 課題解決のアプローチ	- 3 -
1-3. 創出価値	- 6 -
1-4. 想定事業機会	- 6 -
2. 実証実験の概要	- 7 -
2-1. 実証仮説	- 7 -
2-2. 実証フロー	- 7 -
2-3. 検証ポイント	- 8 -
2-4. 実施体制	- 8 -
2-5. 実証エリア	- 9 -
2-6. スケジュール	- 10 -
3. 実証システム	- 11 -
3-1. アーキテクチャ	- 11 -
3-1-1. システムアーキテクチャ	- 11 -
3-1-2. データアーキテクチャ	- 15 -
3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ	- 16 -
3-2. システム機能	- 18 -
3-2-1. システム機能一覧	- 18 -
3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ	- 20 -
3-2-3. 開発機能の詳細要件	- 21 -
3-3. アルゴリズム	- 38 -
3-3-1. 利用したアルゴリズム	- 38 -
3-3-2. 開発したアルゴリズム	- 38 -
3-4. データインタフェース	- 60 -
3-4-1. ファイル入力インタフェース	- 60 -
3-4-2. ファイル出力インタフェース	- 74 -
3-4-3. 内部連携インタフェース	- 80 -
3-4-4. 外部連携インタフェース	- 93 -
3-5. 実証に用いたデータ	- 94 -
3-5-1. 活用したデータ一覧	- 94 -
3-5-2. 生成・変換したデータ	- 105 -
3-6. ユーザーインタフェース	- 108 -

3-6-1. 画面一覧	- 108 -
3-6-2. 画面遷移図	- 109 -
3-6-3. 各画面仕様詳細.....	- 110 -
3-7. 実証システムの利用手順.....	- 118 -
3-7-1. 実証システムの利用フロー.....	- 118 -
3-7-2. 各画面操作方法.....	- 119 -
4. 実証技術の検証.....	- 139 -
4-1. アルゴリズムの有用性検証	- 139 -
4-1-1. 検証目的	- 139 -
4-1-2. KPI.....	- 139 -
4-1-3. 検証方法と検証シナリオ	- 140 -
4-1-4. 検証結果	- 142 -
5. 政策面での有用性検証	- 151 -
5-1. 検証目的	- 151 -
5-2. 検証方法	- 151 -
5-3. 被験者	- 152 -
5-4. ヒアリング・アンケートの詳細.....	- 153 -
5-4-1. アジェンダ・タイムテーブル	- 153 -
5-4-2. アジェンダの詳細	- 153 -
5-4-3. 検証項目と評価方法	- 154 -
5-4-4. 宇都宮市ヒアリング時に提示したシミュレーション結果	- 155 -
5-4-5. 仙台市ヒアリング時に提示したシミュレーション結果	- 173 -
5-4-6. システムデモの概要	- 192 -
5-4-7. 実証実験の様子	- 199 -
5-5. 検証結果	- 201 -
5-5-1. 政策への活用可能性	- 202 -
5-5-2. ユーザビリティ検証	- 207 -
5-5-3. システム全般についての意見・感想など	- 213 -
6. 実証の成果と課題、今後の展望	- 214 -
6-1. 本実証で得られた成果	- 214 -
6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性	- 214 -
6-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性	- 214 -
6-1-3. 3D 都市モデルの政策面での優位性	- 215 -
6-2. 実証実験で得られた課題と対応策	- 216 -
6-3. 今後の展望	- 217 -
7. 用語集	- 218 -

1. ユースケースの概要

1-1. 現状と課題

1-1-1. 課題認識

人々のウェルビーイング向上と持続可能な都市経営を実現するため、目指すべき都市構造の意義や施策の効果について多様なステークホルダー間で共有しながらビジョンを実現していく、官民連携によるまちづくりの必要性が高まっている。

また立地適正化計画等の持続可能な都市経営を目指す都市政策の取組みは効果が見えづらく、施策シナリオごとの都市構造の変化予測や予測結果の関係者間での共有に課題がある。

コンパクトシティを推進するための立地適正化計画では、成果が得られるまで相当年数を要する都市機能誘導施策や居住地域施策などが主となることから、都市構造のビジョンや施策効果を分かりやすく可視化し共有するためのツールが求められている。また、施策シナリオに応じて都市構造の変化を予測するアルゴリズムは既に複数存在するが、インプットデータとして多種多様なデータを用意する必要があり、データ整備のコストが高く、地方公共団体担当者が容易に扱うことが難しい。

1-1-2. 過年度の手法とその課題

2022 年度の実証調査「[都市構造シミュレーション](#)」では、研究レベルであった将来の都市構造の変化を予測するシミュレーションモデルをシステム化し、現実のまちづくり施策に応用することを可能とした。3D 都市モデルは建築物の高さ、用途等の建築物に関する多様な情報を保持しており、これに都市計画情報、人口、交通等のデータを組み合わせることで、ゾーニングや交通施策等が将来の都市構造に及ぼす影響を、建物、人口、地価等の多様な観点から把握できる都市構造シミュレータを開発した。

しかし、シミュレーションの実施にはインプットデータの整備やパラメータの設定など専門的な知識が必要となり、地方公共団体等の実務現場での活用が広がっていない。より効果的な施策検討の実現、関係者間でのビジョンの共有促進等に資するため、データ整備～シナリオ設定～シミュレーション～可視化までをノーコードで実現できるユーザーインターフェースを開発することで、地方公共団体やコンサルタントでも簡便に利用できるようにすることが課題として浮上した。

1-1-3. 既存業務フロー

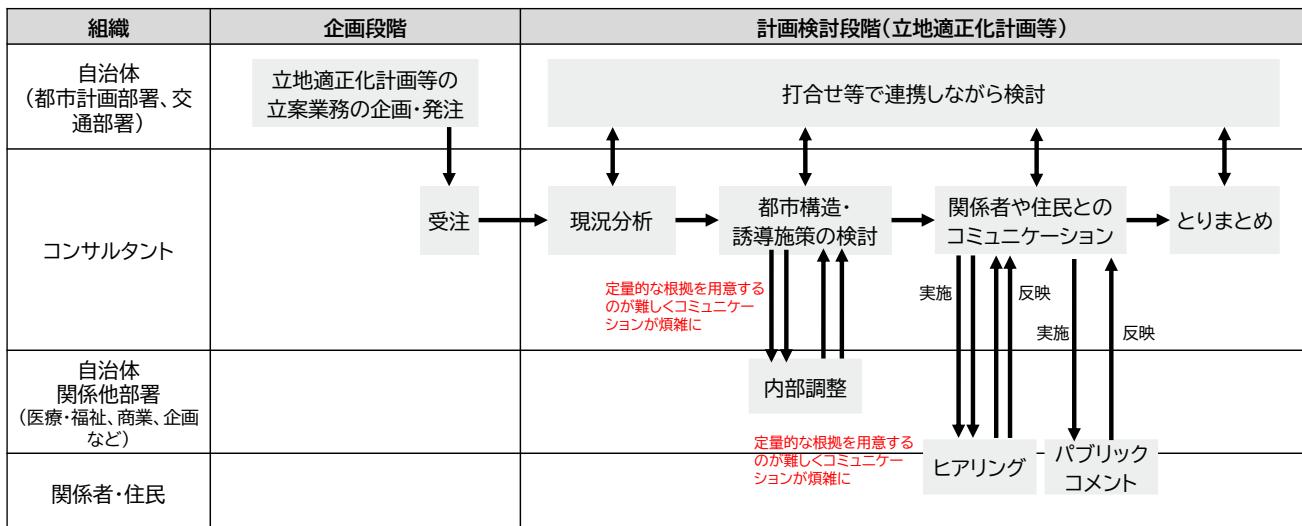


図 1-1 既存業務フロー

表 1-1 既存業務概要

実施項目	実施主体	業務概要
①企画・発注	地方公共団体	● 立地適正化等の立案業務の企画・発注
②現況分析	コンサルタント	● コンサルタント等が、人口や施設の現状の立地状況等を分析
③都市構造・誘導施策の検討	コンサルタント	● コンサルタント等が、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
④関係者や住民とのコミュニケーション	コンサルタント	● 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
⑤とりまとめ	コンサルタント	● 検討結果を踏まえて計画書等をとりまとめ

1-2. 課題解決のアプローチ

今回の実証実験では、インプットデータの整備と入力、シミュレーションの実施、3D可視化をGUI上の操作で完結させる汎用アプリケーションを開発した。特に、複雑な演算処理が必要だったインプットデータの整備（建物モデルの高さ・用途等の情報や都市計画情報モデルなどの3D都市モデルと人口、交通等のデータを組み合わせる処理）を自動化することで汎用性を強化した。

現行業務フローでは、関係部署や関係者・住民との調整や議論において、施策の影響に関する定量的なデータが示せていないことに起因する調整の煩雑化、ビジョンの共有不足等が課題となっており、地方公共団体やコンサルタント等でシミュレーションを活用できるようにすることで、これらの課題解決を目指すことを第一段階とする。

1. 第一段階：コンサルタントの検討の高度化・効率化

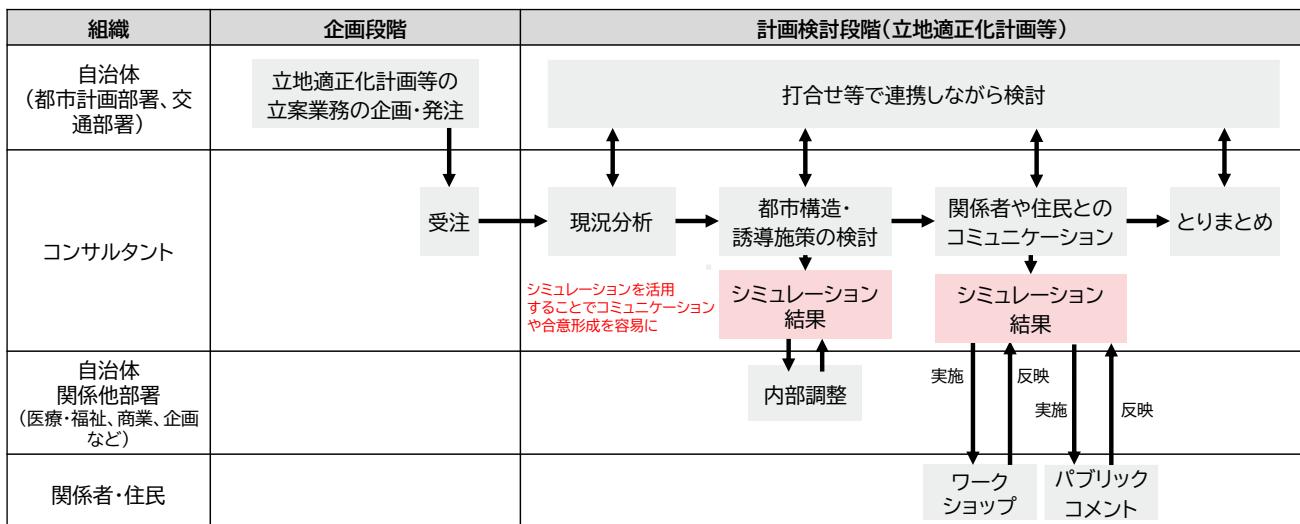


図 1-2 改善後の業務フロー（第一段階）

表 1-2 本システム導入による改善点（第一段階）

実施項目	実施主体	業務概要
③都市構造・誘導施策の検討	コンサルタント	<ul style="list-style-type: none"> 誘導施策等を実施した場合の人口の変化、施設の立地の変化を複数パターン見ながら、より効果的・効率的な施策検討を実施
④関係者や住民とのコミュニケーション	コンサルタント	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーションにより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組みに関して議論、また、パブリックコメントや、住民とのワークショップで結果を見ながら、まちづくりの有り方に関してコミュニケーションすることで、コミュニケーションや合意形成を容易にする

さらには、地方公共団体内部でシミュレーション実施等を内製化できるようにすることで、業務委託等による

シミュレーション実施のコスト負担軽減、検討期間の短縮化等を目指すことを第二段階とする。

2. 第二段階：地方公共団体による検討の内製化

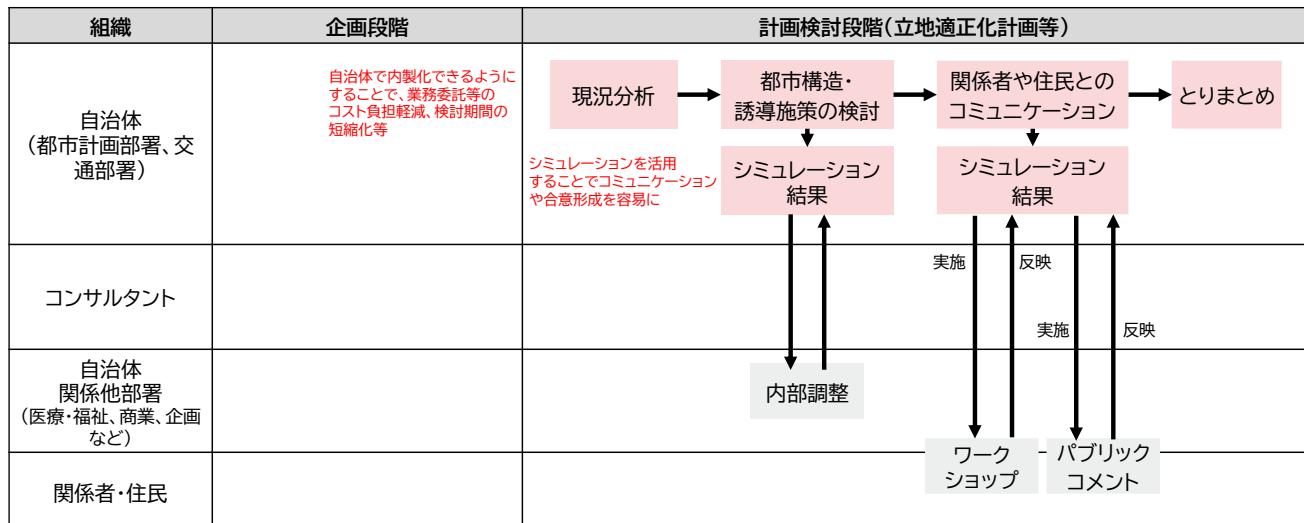


図 1-3 改善後の業務フロー（第二段階）

表 1-3 本システム導入による改善点（第二段階）

実施項目	実施主体	業務概要
①企画・発注	地方公共団体	● 立地適正化等の立案業務の企画（発注作業不要）
②現況分析	地方公共団体	● 人口や施設の現状の立地状況等を分析
③都市構造・誘導施策の検討	地方公共団体	● 誘導施策等を実施した場合の人口の変化、施設の立地の変化を複数パターン見ながら、より効果的・効率的な施策検討を実施
④関係者や住民とのコミュニケーション	地方公共団体	● シミュレーションにより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組みに関して議論、また、パブリックコメントや、住民とのワークショップで結果を見ながら、まちづくりの有り方に関してコミュニケーションすることで、コミュニケーションや合意形成を容易にする
⑤とりまとめ	地方公共団体	● 検討結果を踏まえて計画書等をとりまとめ

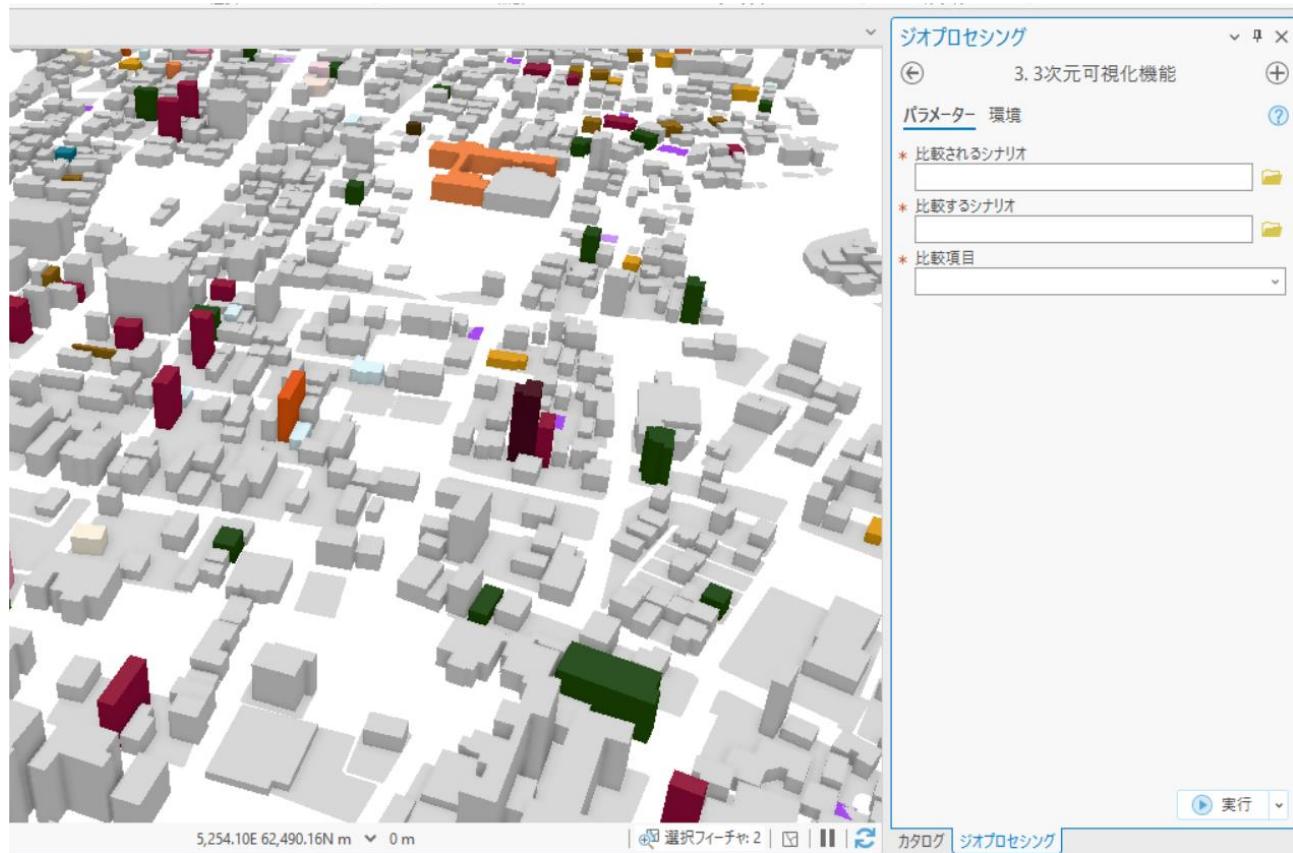


図 1-4 開発したシステムのイメージ

1-3. 創出価値

本システムは、都市構造シミュレーションに必要なデータ整備～シナリオ設定～シミュレーション～可視化までを簡便に実現できるユーザーインターフェースにより、地方公共団体やコンサルタント等にとって都市構造シミュレーションを実施しやすい環境を提供する。

3D 都市モデルは建築物の高さ、用途等の建築物に関する多様な情報を保持しており、これに都市計画情報、人口、交通等のデータを組み合わせることで、ゾーニングや交通施策等が将来の都市構造に及ぼす影響を、建物、人口、地価等の多様な観点から把握することができる。従来はこれらのシミュレーション用データを用意するのには専門家の支援が必要であったが、本システムでは、データ整備、シナリオ設定、シミュレーション実施、結果の可視化までをアプリケーション上のボタン操作や数値入力のみで可能とすることで、非エンジニアの地方公共団体職員等が簡便に利用できる仕組みとする。これにより、シミュレーション技術を行政実務レベルで実装し、コンパクトシティ等のまちづくり施策の検討や多様なステークホルダーとの合意形成に利用可能とする。

このような複雑な演算処理をノーコードで可能とすることで、都市構造のビジョン共有を容易にし、官民連携によるまちづくりを活性化させることを目指す。

1-4. 想定事業機会

表 1-4 想定事業機会

項目	内容
利用者	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方公共団体 ● 建設コンサルタント
提供価値	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーションによる施策効果の見える化、施策の優先順位づけ、関係者との合意形成促進 ● データ整備から可視化までにおける、シミュレーションの実行コストの低減
サービス仮説	<ul style="list-style-type: none"> ● 都市構造シミュレーションサービス <ul style="list-style-type: none"> ➤ CityGML 等の必要なデータを用意するだけで、立地適正化計画や交通施策等のシナリオを設定し効果を可視化することができる、都市構造シミュレーションサービスを提供

2. 実証実験の概要

2-1. 実証仮説

- 3D都市モデルを活用して立地適正化計画等のまちづくり施策が建物立地や居住人口、地価等に与える影響を3次元的に可視化する都市構造シミュレータを導入することで、効果的な施策の検討や将来ビジョンのイメージの共有が可能となる
- 3D都市モデルを活用して、都市構造シミュレータ用の建物データを作成する機能やその他データ整備ツールを導入しつつ、シナリオ設定機能や可視化機能を付与した統合UIを導入することで、地方公共団体職員等でも簡易的に利用しやすくなり、効果的なまちづくり検討を展開しやすくなる

2-2. 実証フロー

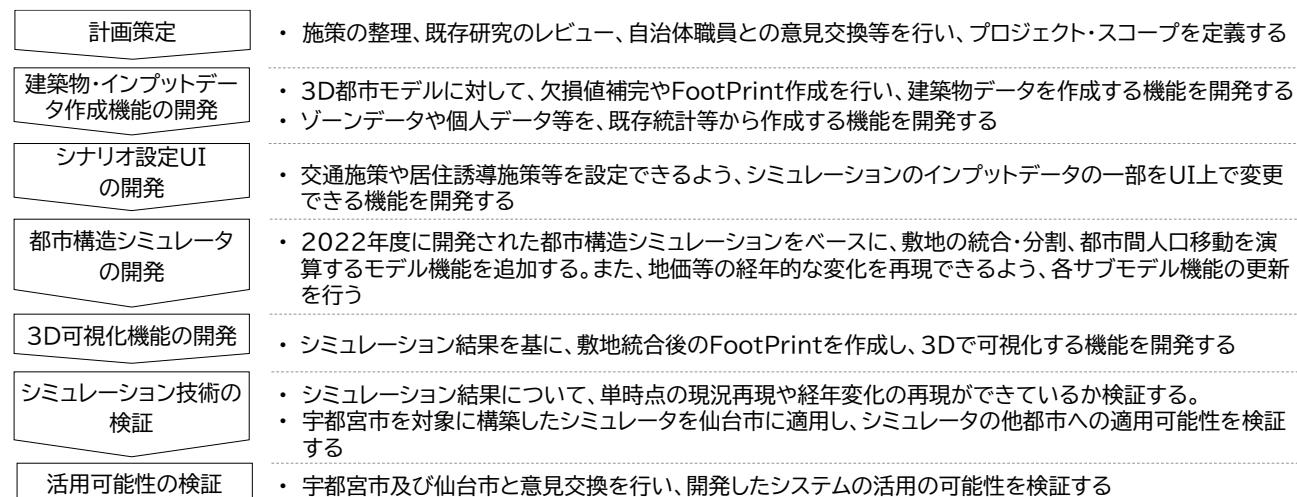


図 2-1 実証フロー

2-3. 検証ポイント

- シミュレーション精度の検証
シミュレーションの各サブモデルを構築する際にt値や尤度比等の統計的指標を検証するとともに、シミュレーション全体の再現性を集計値の相対誤差等で評価する
※ 【4. 実証技術の検証】に検証結果を記載
- 政策への活用可能性の検証
政策の想定するような影響が可視化できているか、関係部署や住民等への説明に活用できそうか等を、地方公共団体職員へのアンケート調査により把握する
※ 【5. 政策面での有用性検証】に検証結果を記載
- ユーザビリティの検証
各機能の使いやすさ等を、地方公共団体職員へのアンケート調査により把握する
※ 【5. 政策面での有用性検証】に検証結果を記載

2-4. 実施体制

表 2-1 実施体制

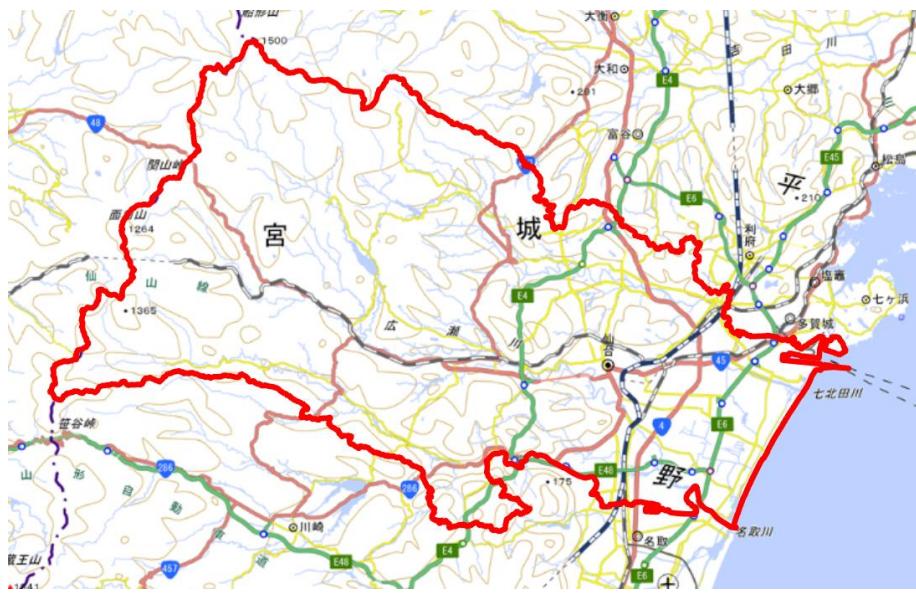
役割	主体	詳細
全体管理	国土交通省 都市局	プロジェクト全体ディレクション
	アクセンチュア	プロジェクト全体マネジメント
実施事業者	一般財団法人 計量計画研究所	ユースケース実証における企画・開発・検証・運営
	国際航業	ユーザーインターフェースの企画・開発・検証
実施協力	宇都宮市	実証用データの提供 ユースケース実証結果に関する意見交換
	仙台市	実証用データの提供 ユースケース実証結果に関する意見交換

2-5. 実証エリア

表 2-2 実証エリア（宇都宮市）

項目	内容
実証地	栃木県宇都宮市（市街化区域）
面積	416.8 km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	

表 2-3 実証エリア（仙台市）

項目	内容
実証地	宮城県仙台市
面積	785.8 km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	

2-6. スケジュール

表 2-4 スケジュール

実施事項	2023 年										2024 年		
	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. 実施計画・要件定義等の作成	←	→											
2. データ準備	←	→											
3. プロトタイプ開発			←	→									
4. プロトタイプ検証					←	→							
5. 総合テスト実証							←	→					
6. とりまとめ									←	→			

3. 実証システム

3-1. アーキテクチャ

3-1-1. システムアーキテクチャ

今回の実証実験では、2022 年度の「都市構造シミュレーション」において構築した都市構造シミュレータを GUI 上で扱えるようにするアプリケーションを開発した。本システムは、3D 都市モデルを都市構造シミュレータのインプットデータに変換するための「①建築物データ作成機能」、施設データ、交通データ、人口データ等を読み込み、都市構造シミュレータのインプットデータに変換するための「②インプットデータ生成機能」、分析したい都市施策や交通施策を GUI 上で設定できる「③シナリオ設定 UI 機能」、都市構造シミュレータを実行する「④都市構造シミュレーション機能」、都市構造シミュレータの出力結果を 3D で可視化をする「⑤3D 可視化機能」の 5 つの機能を実装している。

「①建築物データ作成機能」では、シミュレーションのインプットデータである建築物データを、3D 都市モデル等をもとに生成することができる。この機能は、シミュレーションに必要な都市計画情報、土地利用、前面道路幅員、駅までの距離を属性として建築物モデル（LOD1）に付与する処理、用途、地上階数、延べ床面積、築年数等の建築物の欠損情報を補完する処理、建築物の立地していない空地に対して、シミュレーション上で建設され得る建築物の FootPrint を追加生成する処理、の 3 つで構成される。

1 つ目の処理は、建築物モデル（LOD1）に対して、都市計画情報モデル、土地利用モデルの属性情報を付与するものである。2 つ目の処理は、建築物の用途、地上階数、延べ床面積、築年数等の欠損情報について、3D 都市モデルの欠損値以外のデータを用いて確率的に補完するものである。具体的には、土地利用モデルに基づいて用途を付与し、建築物の高さ情報・形状に基づいて地上階数、延床面積を算出し、周辺の建築物の築年数をもとに築年数を推定している。3 つ目の処理は、建築物の立地していない空地に対して、シミュレーション上で建設され得る建築物の FootPrint を追加生成するものであり、空地に対して一定の大きさの FootPrint を等間隔に生成、あるいは空地に対して内側にバッファをとって FootPrint を生成する処理を行う。

この機能を実行する際に準備が必要なデータとしては、GeoDataBase 形式の建築物モデル（LOD1）、都市計画情報モデル、土地利用モデル、shp 形式の道路ネットワークデータ、csv 形式の鉄道駅ポイントデータがある。建築物モデル（LOD1）、都市計画情報モデル、土地利用モデルは、「ArcGIS Data Interoperability for Pro」を用いて 3D 都市モデル（CityGML）を GeoDataBase 形式に変換したものを準備する。道路ネットワークデータは、DRM（デジタル道路地図）データを用いるか、OpenStreetMap の道路ネットワークをもとに準備する。鉄道駅ポイントデータは、Google Maps 等を用いて駅名称と座標の CSV ファイルを準備する。

「②インプットデータ生成機能」では、シミュレーションのインプットデータであるゾーンデータ、ゾーン間所要時間データ、個人データを、オープンデータを用いて生成することができる。この機能は、ゾーンごとの施設数等を算出する処理、交通手段別のゾーン間所要時間を算出する処理、性別・年齢・世帯類型等の属性が付与された個人データを作成する処理、の 3 つで構成される。これらはいずれも、Python で開発したのち、Pyinstaller を用いて exe 形式の実行ファイルとして作成されており、本システムでは ArcGIS のカスタムツールによって実行する。そのためユーザーは、GUI 上でこれらの機能を実行することができる。

1つ目の処理は、施設のポイントデータとゾーンポリゴンデータをインプットに、GeoPandas を用いてゾーン内の施設数をカウントするものである。2つ目の処理は、道路・鉄道・バスのネットワークデータをインプットに、最短経路探索により交通手段毎の所要時間を算出するものである。3つの目の処理は、インプットしたメッシュ別性年齢別の人口データをもとに、確率モデル（ペイジアンネットワーク）を用いて家族類型等の属性を付与した個人データを生成するものである。

この機能を実行する際に準備が必要なデータとしては、ゾーンポリゴンデータ（shp 形式）、ゾーンごとの人口データ（csv 形式）、図書館や病院等の施設ポイントデータ（csv 形式）、道路・鉄道・バスのネットワークデータ（csv 形式・shp 形式）等がある。ゾーンポリゴンデータは国勢調査小地域ポリゴンデータをダウンロードして用いることができる。ゾーンごとの人口データは、国勢調査のメッシュ別人口データを用いることができる。施設ポイントデータは、国土数値情報から図書館や病院等のポイントデータ（shp 形式）をダウンロードし、QGIS 等を用いて csv 形式へ変換して準備することができる。道路ネットワークデータは、DRM（デジタル道路地図）データを用いるか、OpenStreetMap の道路ネットワークをもとに準備する。鉄道のネットワークデータは、鉄道事業者のウェブサイト等の時刻表情報を元に作成する。バスのネットワークデータは、GTFS（General Transit Feed Specification）等をダウンロードして用いることができる。

「③シナリオ設定 UI 機能」では、シミュレーションを実行する際の施策の設定を GUI 上で設定することができる。ユーザーが 3D 地図上からゾーンを複数選択し施策を設定、実行すると、「②インプットデータ生成機能」で作成したゾーンデータ（csv 形式）、ゾーン間所要時間データ（csv 形式）等をシナリオ用のフォルダに複製し、施策の設定値に応じてシミュレーションのインプットデータを書き換える。この機能は、ArcGIS のカスタムツールで実装している。設定可能な施策は、代表的な都市施策・交通施策である「公共施設数等の施設数の変更」、「都市機能誘導等のための税制優遇・容積率の緩和・用途地域の変更」、「居住誘導のための税制優遇・補助の有無や程度」、「所要時間の短縮を実現する公共交通の拡充度合い」等である。

「④都市構造シミュレーション機能」では、前述の①②③の機能を実行して作成されたデータをインプットに都市構造シミュレーションを実行し、将来時点の個別建築物の建替え、ゾーン別の地価、個人の居住地のデータを csv 形式で出力することができる。シミュレーションは、将来の建築物一つ一つの除却・建設・用途を推計する「建替・用途選択モデル」、将来のゾーン単位の地価を推計する「地価モデル」、将来の個人の居住地をゾーン単位で推計する「居住地選択モデル」の 3 つのサブモデルにより構成されている。各サブモデルのインプット及びアウトプットは pandas.DataFrame 形式で保持され、あるサブモデルのアウトプットは別のサブモデルのインプットとして利用される仕組みになっている。これによって建築物の建て替え、地価、人口分布の相互作用を考慮している。2022 年度に開発した「都市構造シミュレータ」をベースに開発しており、その際、都市ごとに規模が異なる人口や地価等を調整する処理の追加や、3 つのサブモデルのインプットデータの精査により、汎化性能と推計精度の向上を図った。さらに、転入・転出や隣接する土地の統合を加味できるよう改良した。

これにより、例えば「③シナリオ設定 UI 機能」で、ターミナル駅の周辺のゾーンを地図上で 3 つ選択し、これらのゾーンの容積率を 800% にする、といったシナリオを設定すると、シミュレーションのインプットデータのうち容積率の情報を保持しているゾーンデータについて、地図上で選択した 3 つのゾーンの容積率の値を 800% に上書きしたデータが生成される。このデータをインプットに「④都市構造シミュレーション機能」を

実行すると、例えば指定した3つのゾーンにおいて容積率を変更する前と比較して商業施設が増加する等、設定したシナリオに対応した将来時点の個別建築物のデータがoutputされる、といった処理を実現している。

シミュレーションは、Pythonで開発したのち、Pyinstallerを用いてexe形式の実行ファイルとして作成されており、本システムではArcGISのカスタムツールによって実行する。そのためユーザーは、GUI上でこれらの機能を実行することができる。

「⑤3D可視化機能」は、シミュレーション結果を3D地図上で可視化するArcGISのカスタムツールである。本機能は、2つのシミュレーション結果を建築物用途、建築物の有無、建築物の高さで比較する。比較結果は、「①建築物データ作成機能」で作成した建築物データの複製に対して属性として付与される。建築物データとシミュレーション結果の関連付けは、シミュレーション結果に含まれる建築物IDでマッチングする。処理のなかで比較結果に基づく塗分け設定も自動的に適用されるため、実行するだけで比較結果を視覚的に確認することができる。都市構造シミュレーション機能によって出力された将来の建築物データに対して、単一のシナリオにおける建物、人口、地価等の経年的な変化を可視化できるようにするとともに、複数のシナリオ間における違いも可視化できるようにしている。

本システムはArcGISのツールボックスを用いて作成している。利用者は、PLATEAUのウェブサイト(GitHub)からツールボックス一式を自身のPCにダウンロードした上で、ArcGISでフォルダ接続を行い、必要な入力データのファイルを指定フォルダに保存することで、本アプリケーションを利用することが可能となる。

本システムのシステムアーキテクチャは下図のとおり。

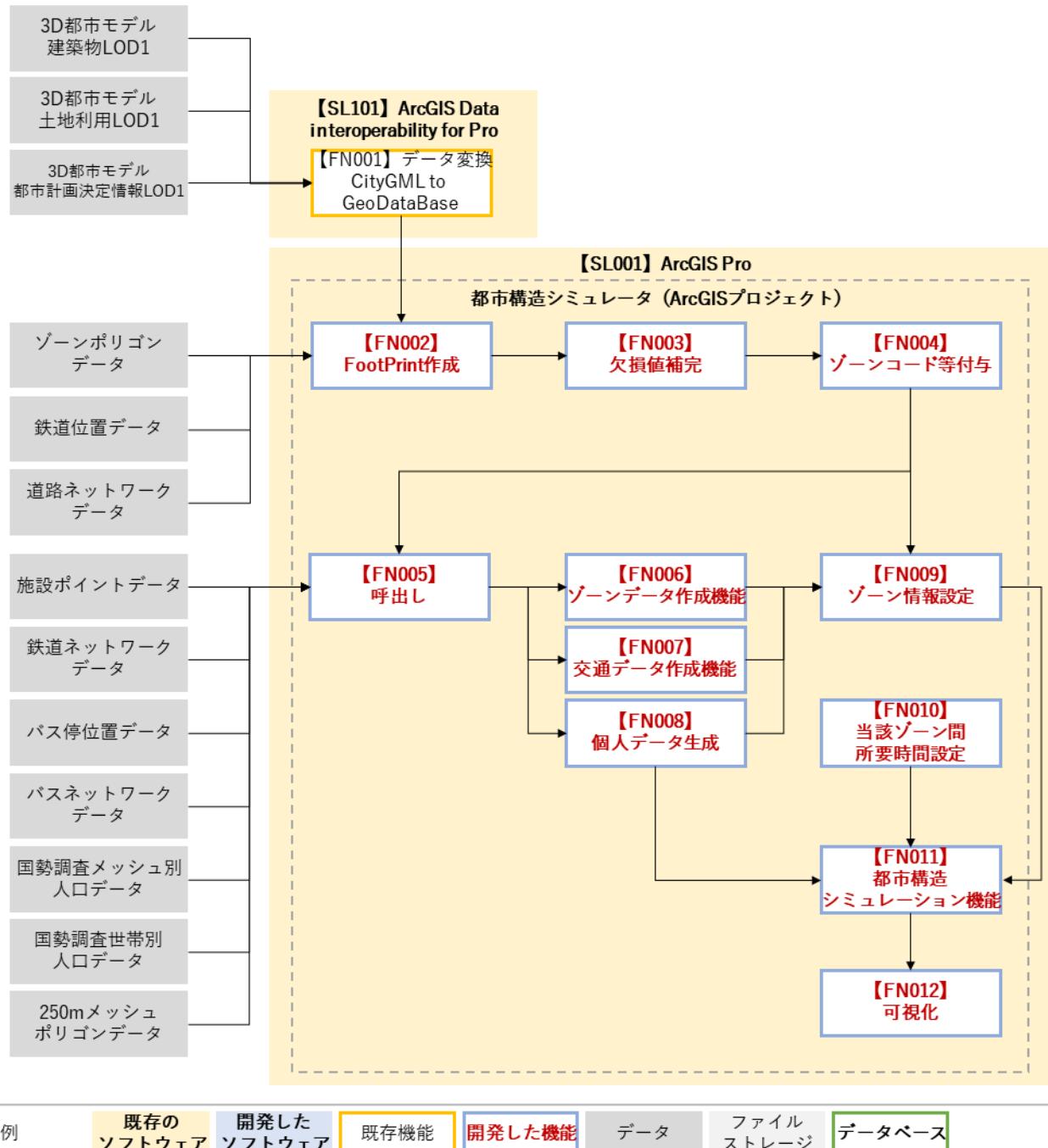


図 3-1 システムアーキテクチャ

3-1-2. データアーキテクチャ

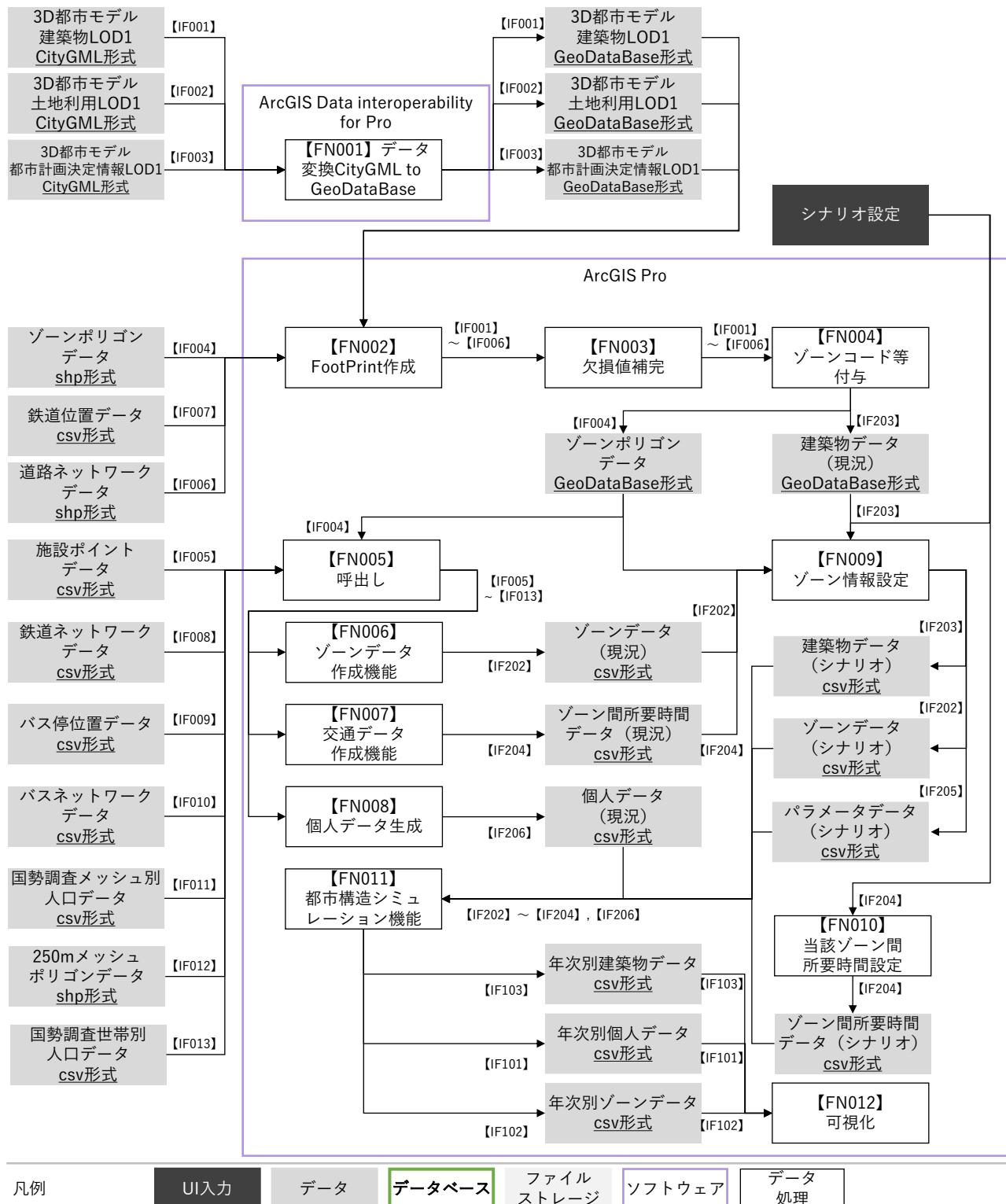


図 3-2 データアーキテクチャ

3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ

3-1-3-a. 利用したハードウェア一覧

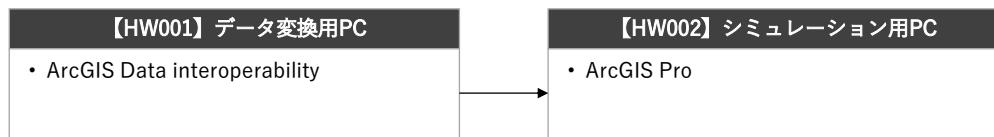


図 3-3 ハードウェアアーキテクチャ

表 3-1 利用したハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	データ変換用 PC	DELL Precision 7750 17 インチノート	● ArcGIS Data interoperability
HW002	シミュレーション用 PC	DELL Precision 7750 17 インチノート	● ArcGIS Pro

3-1-3-b. 利用したハードウェア詳細

1) 【HW001】【HW002】 PC : DELL Precision 7750 17 インチノート

- 選定理由
 - 実証システムを利用できるのに十分なスペックである
- 仕様・スペック
 - CPU : インテル® Xeon W-10885 (16 MB キャッシュ、8 コア、2.4 GHz~5.3 GHz、vPro)
 - GPU : NVIDIA GeForce RTX™ 4000 (8 GB、GDDR6)
 - メモリ : 32GB
 - ストレージ : 1TB M.2 NVMe
 - OS : Windows10 Pro Workstation ビット
- イメージ



図 3-4 DELL Precision 7750 17 インチノート¹

¹ 公式 HP より抜粋：https://www.dell.com/ja-jp/shop/laptops/17%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%81-7750/spd/precision-17-7750-laptop#features_section

3-2. システム機能

3-2-1. システム機能一覧

システム機能一覧を表に示す。なお、本業務において新規開発した要素（機能名）を赤字で示す。

表 3-2 システム用機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
データ変換	FN001	データ 変換 CityGML to GeoDataBase	<ul style="list-style-type: none"> ● CityGML 形式の 3D 都市モデルを GeoDataBase 形式に変換
建築物データ 作成機能	FN002	FootPrint 作成	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築物データの立地していない空地に対して、今後建築物が建設され得る領域として FootPrint を追加作成 ● 商業地域において敷地が統合される FootPrint を作成
	FN003	欠損値補完	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築物データの用途、地上階数、延床面積、築年数の欠損を補完
	FN004	ゾーンコード等付与	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築物データの各 FootPrint のポリゴン重心が位置するゾーンのゾーンコードを建築物データに付与、また建築物データの各 FootPrint のポリゴン重心と最寄り鉄道駅との直線距離と駅名及び前面道路幅員を付与
インプットデータ 作成機能	FN005	呼出し	<ul style="list-style-type: none"> ● ユーザーからのファイルパス入力を受け付けた上で、各データ作成機能を呼出し、ファイルパスを受け渡す
	FN006	ゾーンデータ作成機能	<ul style="list-style-type: none"> ● ゾーンデータに、そのゾーン内に立地する公共施設の数を集計して付与 ● また、ゾーンデータに、そのゾーン内の最も多くを占める用途地域を付与、そのゾーンのポリゴン重心と最寄り鉄道駅との直線距離と駅名を付与
	FN007	交通データ作成機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 全てのゾーンペアに対して、ポリゴン重心間の移動時間を鉄道、バス、自動車それぞれ作成して出力
	FN008	個人データ生成	<ul style="list-style-type: none"> ● 国勢調査人口データとゾーンデータから、個人の性年齢・世帯類型等の属性と居住地のデータを出力
シナリオ設定 UI 機能	FN009	ゾーン情報設定	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>都市計画情報設定</u> シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンの用途地域及び容積率の変更、変更後の建築物データ・ゾーンデータ出力 ● <u>施設数設定</u> シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンの公共施設数の変更、変更後のゾーンデータの出

			<p>力</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>都市機能誘導・居住誘導施策設定</u> シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンの都市機能誘導施策（商業地価の増減割合）の設定、居住誘導施策（住宅地価の増減割合）の設定、変更後のゾーンデータの出力
	FN010	当該ゾーン間所要時間 設定	<ul style="list-style-type: none"> ● シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンを交通施策の対象とするかどうかのフラグを付与 ● 鉄道乗車時間・待ち時間、バス乗車時間・待ち時間等の増減割合の設定、変更後の手段別ゾーン間所要時間データの出力
都市構造シミュレーション機能	FN011	都市構造シミュレーション機能	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>地価モデル</u> 周辺の人口や建築物の立地状況、他ゾーンまでの所要時間等から、ゾーンごとの住宅地価及び商業地価を出力 ● <u>転居発生・転入転出・居住地選択モデル</u> 個人の性年齢・世帯類型等から、個人ごとに翌年の年齢・世帯類型、転居有無、市外への転出・市内への転入の有無、転居後の居住地を出力 ● <u>敷地統合分割モデル</u> ゾーンの地価や用途地域、容積率、他ゾーンまでの所要時間等から、個々の建築物が隣接する建築物と敷地を統合して一体的な敷地となるかどうか、個々の建築物が複数の敷地に分割され別々の敷地となるかどうかを出力 ● <u>除却・建設・用途選択モデル</u> ゾーンの地価や用途地域、容積率、他ゾーンまでの所要時間等から、個々の建築物が除却有無、空地への新規建設有無、建設される場合の用途・階数・高さ・延床面積を出力
3D 可視化機能	FN012	可視化	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーションの結果を ArcGIS Pro の画面上に 3 次元で可視化する

3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ

利用したソフトウェア、ライブラリを表に示す。なお、本業務において新規利用する要素を赤字で示す。

表 3-3 システムを構成するソフトウェア・ライブラリ

ID	項目	内容
SL001	ArcGIS Pro 3.1 以降	<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） ● 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
SL002	Python 3.9 以降	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 <code>python</code> で統一して記述することにより効率化できるため選定
SL003	Pandas 1.4.3 以降	<ul style="list-style-type: none"> ● Python 用のデータ分析ライブラリ ● CSV 等を <code>pandas.DataFrame</code> 形式で扱い、操作することが可能 ● データ加工やシミュレーション構築に活用
SL004	Numpy 1.21.5 以降	<ul style="list-style-type: none"> ● Python の数値計算ライブラリで、多次元配列オブジェクトとそれを操作するツールを提供 ● データ加工やシミュレーション構築に活用
SL005	Geopandas 0.9.0	<ul style="list-style-type: none"> ● 地理空間データを扱うための Python ライブラリ ● Pandas のデータフレームに地理情報機能を追加 ● データ加工やシミュレーション構築に活用

表 3-4 システム構築やデータ作成において利用するソフトウェア・ライブラリ

ID	項目	内容
SL101	ArcGIS Data Interoperability for Pro 2.9 以降	<ul style="list-style-type: none"> ● ArcGIS Pro のデータ変換エクステンション
SL102	R 4.2.2 以降	<ul style="list-style-type: none"> ● 統計解析向けのプログラミング言語 ● ロジットモデル等のパラメータの推定に長けているライブラリが存在するため選定

3-2-3. 開発機能の詳細要件

開発機能の詳細要件を記す。なお、本業務において新規開発した要素（機能名）を赤字で示す。

1) 【FN002】建築物データ作成機能：FootPrint 作成

- 機能概要

- 建築物データの立地していない空地に対して、今後建築物が建設される領域として FootPrint を追加作成
- 商業地域において敷地が統合される FootPrint を作成

- フローチャート

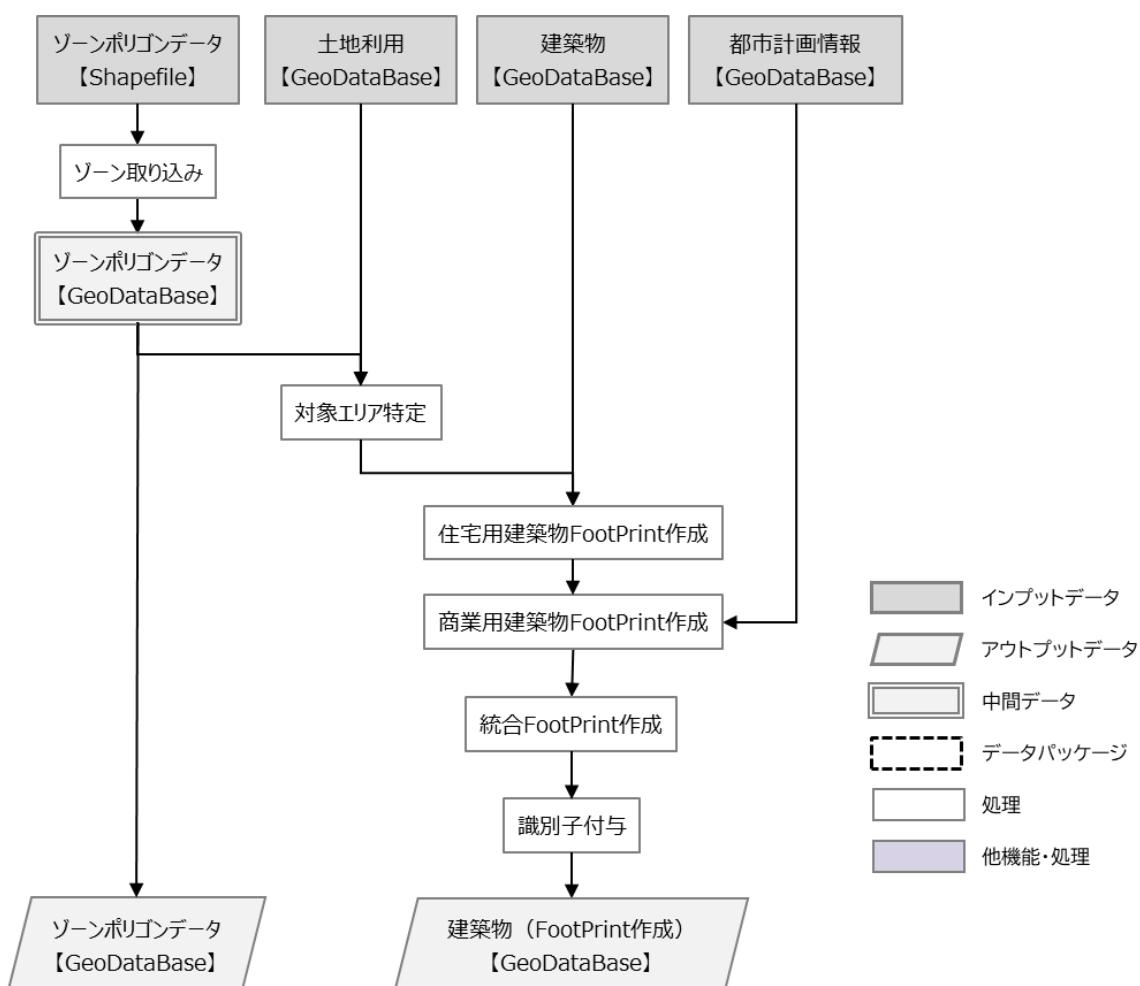


図 3-5 FootPrint 作成の処理フロー

- データ仕様

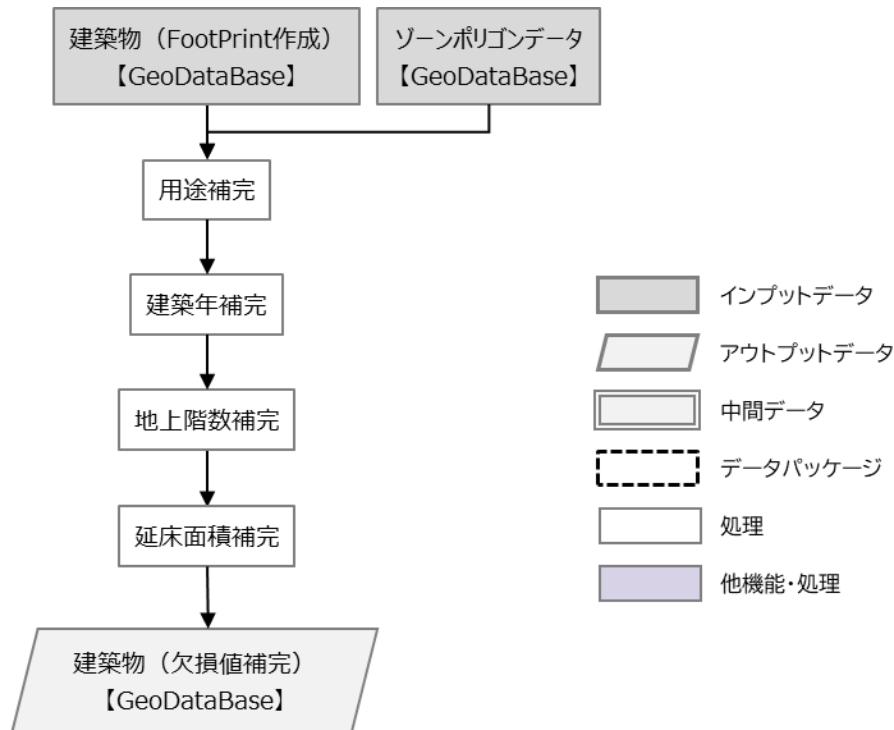
- 入力

- ◆ 建築物データ（Geo DataBase 形式）（ファイル入力インターフェース【IF001】を参照）
 - ◆ 土地利用データ（Geo DataBase 形式）（ファイル入力インターフェース【IF002】を参照）
 - ◆ 都市計画情報データ（Geo DataBase 形式）（ファイル入力インターフェース【IF003】を参照）
 - ◆ ゾーンポリゴンデータ（Shapefile 形式）（ファイル入力インターフェース【IF004】を参照）

- 出力
 - ✧ ゾーンポリゴンデータ（GeoDataBase 形式）（ファイル入力インターフェース【IF004】を参照）
 - ✧ 建築物データ（FootPrint 作成）（GeoDataBase 形式）（内部連携インターフェース【IF203】を参照）
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - 建築物データ作成機能：FootPrint 作成アルゴリズム（アルゴリズム【AL101】を参照）

2) 【FN003】建築物データ作成機能：欠損値補完

- 機能概要
 - 建築物データの用途、地上階数、延床面積、築年数の欠損を補完
- フローチャート



- データ仕様
 - 入力
 - ✧ 建築物データ（FootPrint 作成）（Geo DataBase 形式）（内部連携インターフェース【IF203】を参照）
 - ✧ ゾーンポリゴンデータ（Geo DataBase 形式）（ファイル入力インターフェース【IF004】を参照）
 - 出力
 - ✧ 建築物データ（欠損値補完）（Geo DataBase 形式）（内部連携インターフェース【IF203】を参照）
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - 建築物データ作成機能：欠損値補完（アルゴリズム【AL102】を参照）

3) 【FN004】建築物データ作成機能：ゾーンコード等付与

- 機能概要

- 建築物データのポリゴン重心と位置するゾーンポリゴンデータのゾーンコードを建築物データに付与し、建築物データの各 FootPrint のポリゴン重心と最寄り駅との直線距離と駅名及び前面道路幅員を付与

※ゾーンとはシミュレーションの基本となる地域単位。ゾーンは国勢調査の小地域ポリゴン等、利用者の任意で設定することができる。

- フローチャート

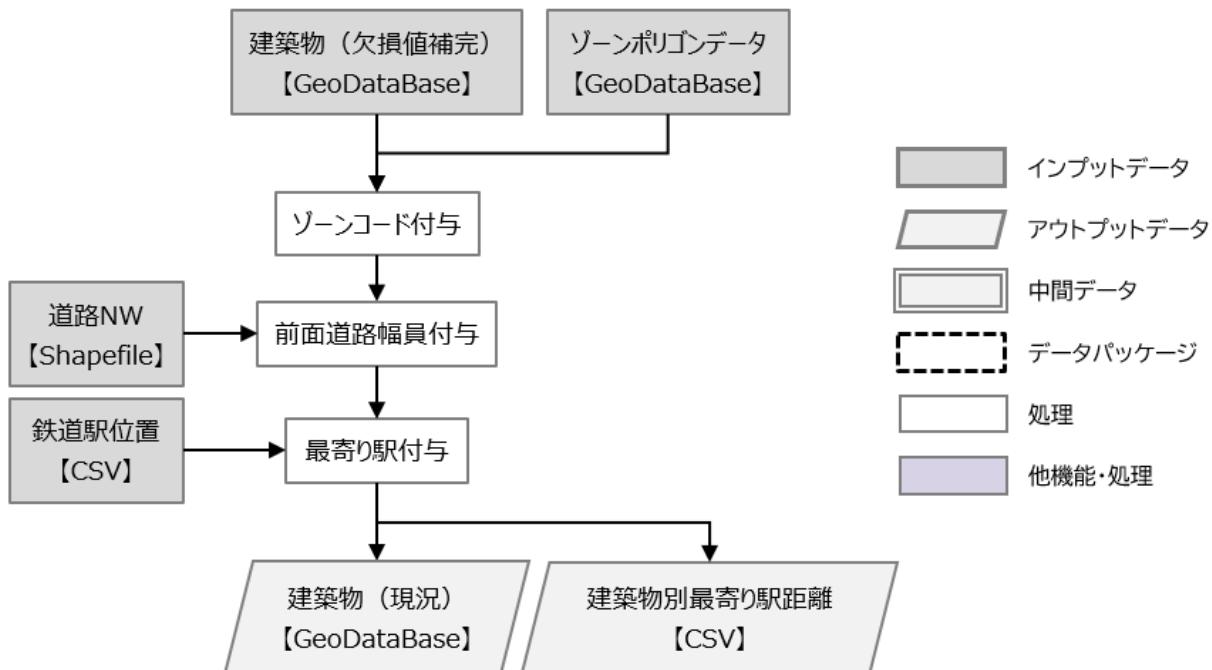


図 3-7 ゾーンコード付与の処理フロー

- データ仕様

- 入力

- ✧ 建築物データ（欠損値補完）（Geo DataBase 形式）（内部連携インターフェース【IF203】を参照）
- ✧ ゾーンポリゴンデータ（Geo DataBase 形式）（ファイル入力インターフェース【IF004】を参照）
- ✧ 道路 NW データ（Shapefile 形式）（ファイル入力インターフェース【IF006】を参照）
- ✧ 鉄道駅位置データ（CSV 形式）（ファイル入力インターフェース【IF007】を参照）

- 出力

- ✧ 建築物データ（現況）（Geo DataBase 形式）（内部連携インターフェース【IF203】を参照）

- 機能詳細

- ✧ 利用するライブラリ
 - なし
- ✧ 利用するアルゴリズム
 - 建築物データ作成機能：ゾーンコード付与等（アルゴリズム【AL103】を参照）

4) 【FN005】インプットデータ生成機能：呼出し

- 機能概要
 - ユーザーからのファイルパス入力を受け付けた上で、各データ作成機能を呼出し、ファイルパスを受け渡す
- フローチャート

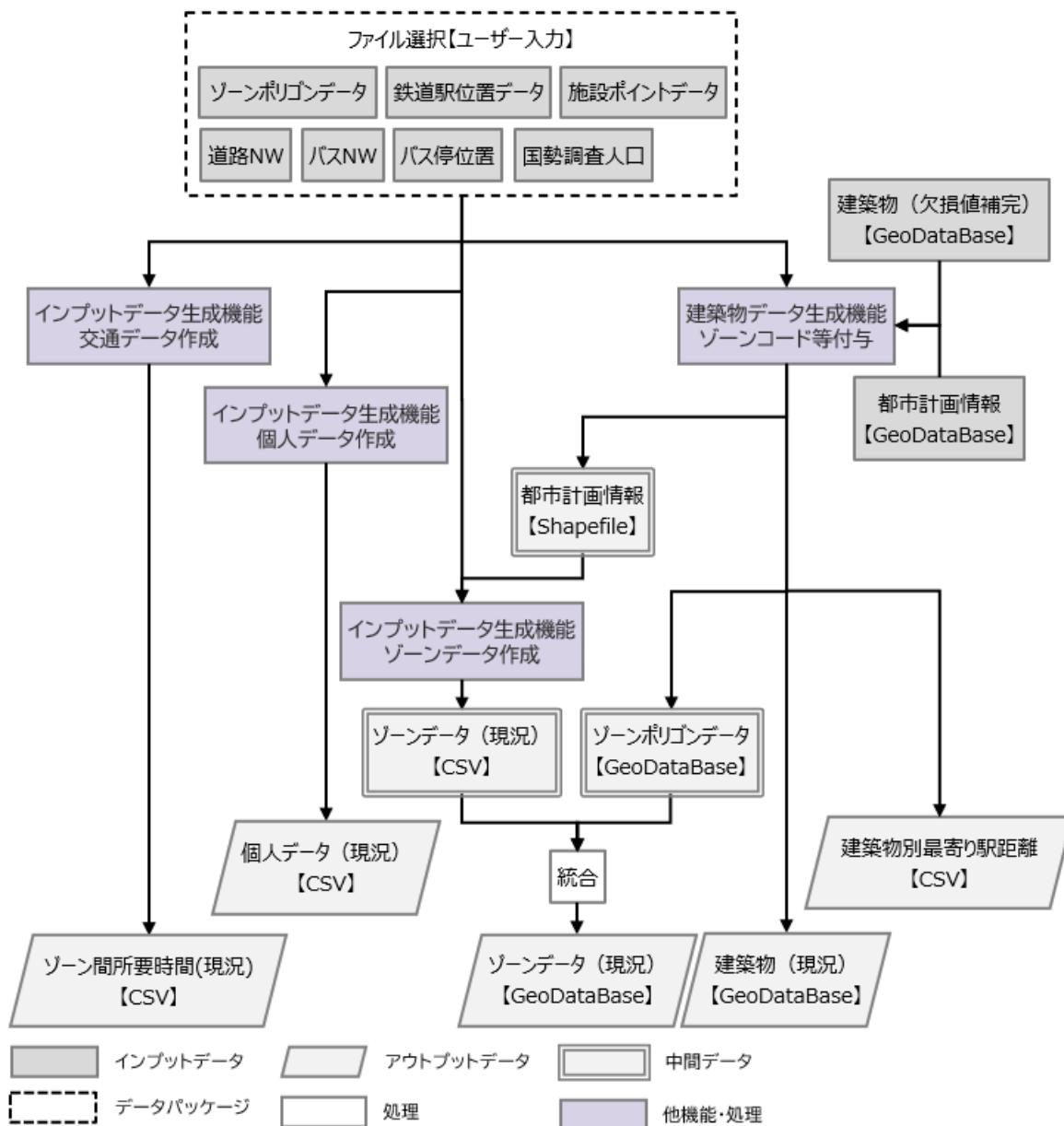


図 3-8 インプットデータ生成の処理フロー

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ ゾーンポリゴンデータ（ファイル入力インターフェース【IF004】を参照）
 - ✧ 施設ポイントデータ（ファイル入力インターフェース【IF005】を参照）

- ✧ 道路 NW (ファイル入力インタフェース【IF006】を参照)
- ✧ 鉄道駅位置データ (ファイル入力インタフェース【IF007】を参照)
- ✧ 鉄道 NW (ファイル入力インタフェース【IF008】を参照)
- ✧ バス停位置 (ファイル入力インタフェース【IF009】を参照)
- ✧ バス NW (ファイル入力インタフェース【IF010】を参照)
- ✧ 国勢調査メッシュ別人口データ (ファイル入力インタフェース【IF011】を参照)
- ✧ 250m メッシュポリゴンデータ (ファイル入力インタフェース【IF012】を参照)
- ✧ 国勢調査世帯別人口データ (ファイル入力インタフェース【IF013】) を参照)
- ✧ 都市計画情報データ (GeoDataBase 形式) (ファイル入力インタフェース【IF003】を参照)
- 出力
 - ✧ ゾーンデータ (現況) (CSV 形式) (内部連携インタフェース【IF202】を参照)
 - ✧ 建築物データ (現況) (GeoDataBase 形式) (内部連携インタフェース【IF203】を参照)
 - ✧ ゾーン間所要時間データ (現況) (CSV 形式) (内部連携インタフェース【IF204】を参照)
 - ✧ 個人データ (現況) (CSV 形式) (内部連携インタフェース【IF206】を参照)
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

5) 【FN006】インプットデータ作成機能：ゾーンデータ作成機能

- 機能概要
 - 都市構造シミュレーションの変数として、ゾーン（シミュレーションの基本となる地域単位）内に立地する公共施設の数が必要なため、ゾーンデータに集計して付与
 - また、ゾーンデータに、そのゾーン内の最も多くを占める用途地域を付与、そのゾーンのポリゴン重心と最寄り鉄道駅との直線距離と駅名を付与
- フローチャート

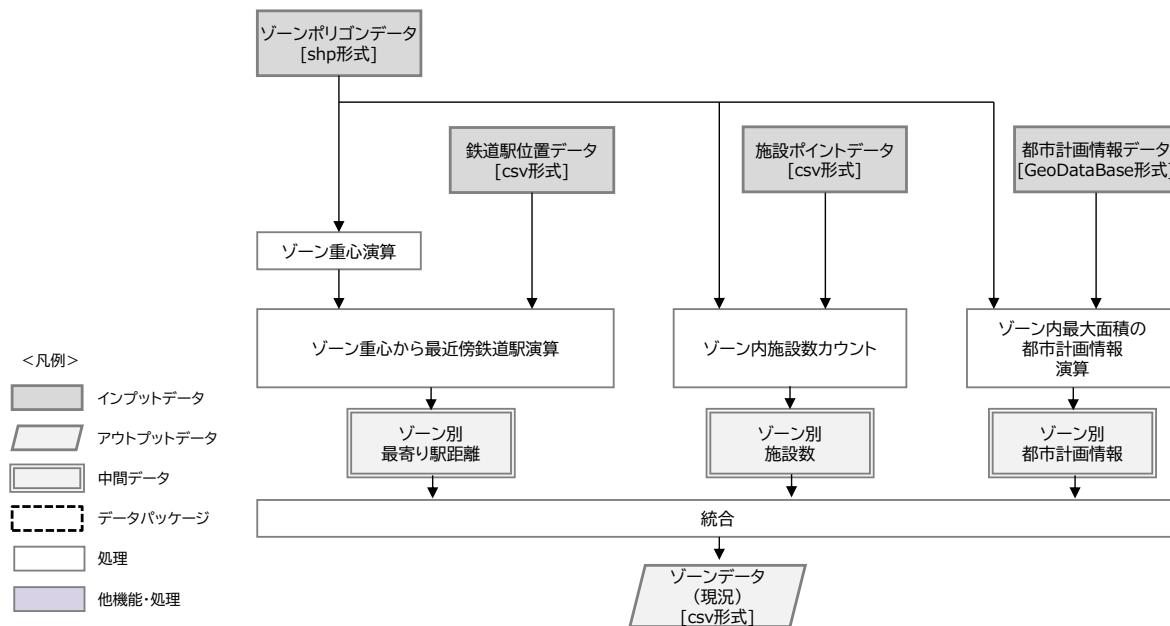


図 3-9 ゾーンデータ作成機能の処理フロー

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ インプットデータパス (CSV 形式) (内部連携インタフェース【IF201】を参照)
 - ✧ ゾーンポリゴンデータ (SHP 形式) (ファイル入力インタフェース【IF004】を参照)
 - ✧ 施設ポイントデータ (CSV 形式) (ファイル入力インタフェース【IF005】を参照)
 - ✧ 鉄道駅位置データ (CSV 形式) (ファイル入力インタフェース【IF007】を参照)
 - ✧ 都市計画情報データ (GeoDataBase 形式) (ファイル入力インタフェース【IF003】を参照)
 - 出力
 - ✧ ゾーンデータ (現況) (CSV 形式) (内部連携インタフェース【IF202】を参照)
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - Geopandas (ソフトウェア・ライブラリ【SL005】を参照)
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

6) 【FN007】インプットデータ生成機能：交通データ作成機能

● 機能概要

- 都市構造シミュレーションの変数として、地域間の交通手段毎の移動時間が必要となるため、ゾーン（シミュレーションの基本となる地域単位）の 2 つの組み合わせ全てに対して、ポリゴン重心間の移動時間を鉄道、バス、自動車それぞれ作成して出力

● フローチャート

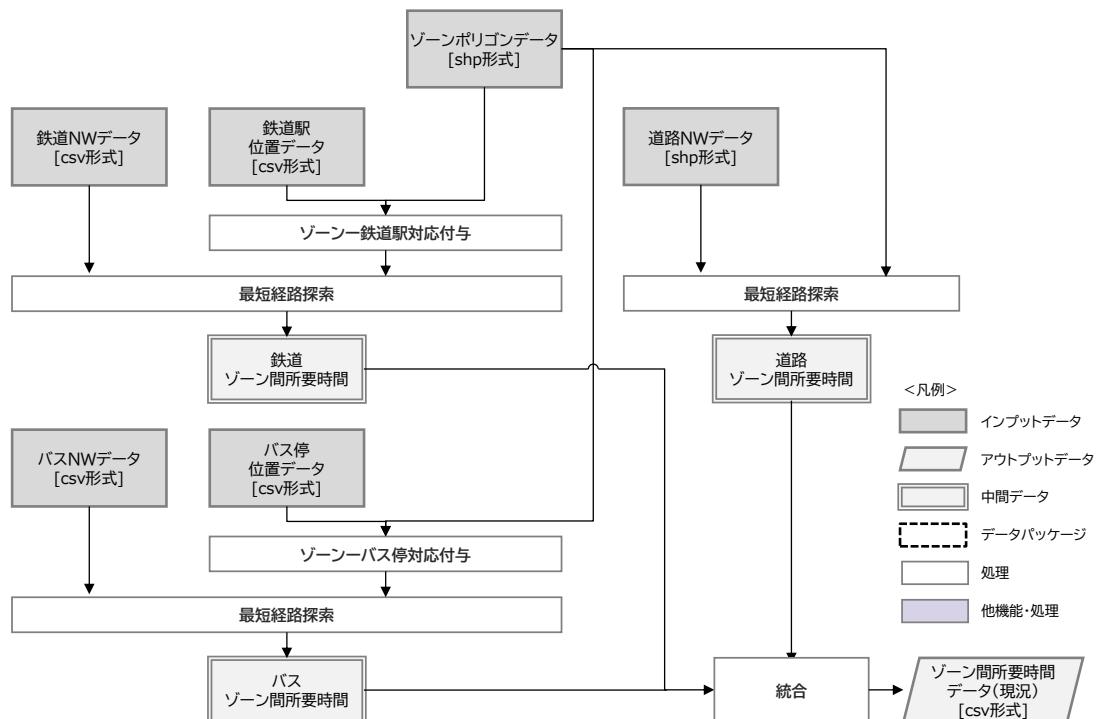


図 3-10 交通データ作成の処理フロー

● データ仕様

- 入力
 - ✧ インプットデータバス (CSV 形式) (内部連携インターフェース 【IF201】を参照)
 - ✧ ゾーンポリゴンデータ (SHP 形式) (ファイル入力インターフェース 【IF004】を参照)
 - ✧ 道路 NW データ (SHP 形式) (ファイル入力インターフェース 【IF006】を参照)
 - ✧ 鉄道駅位置データ (CSV 形式) (ファイル入力インターフェース 【IF007】を参照)
 - ✧ 鉄道 NW データ (CSV 形式) (ファイル入力インターフェース 【IF008】を参照)
 - ✧ バス停位置データ (CSV 形式) (ファイル入力インターフェース 【IF009】を参照)
 - ✧ バス NW データ (CSV 形式) (ファイル入力インターフェース 【IF010】を参照)
- 出力
 - ✧ ゾーン間所要時間データ (現況) (CSV 形式) (内部連携インターフェース 【IF204】を参照)

● 機能詳細

- ✧ 利用するライブラリ
 - 独自開発
- ✧ 利用するアルゴリズム
 - 最短経路探索機能 (アルゴリズム 【AL108】を参照)

7) 【FN008】 インプットデータ生成機能：個人データ生成機能

- 機能概要
 - 国勢調査人口データとゾーンデータから、個人の性年齢・世帯類型等の属性と居住地のデータを出力
- フローチャート

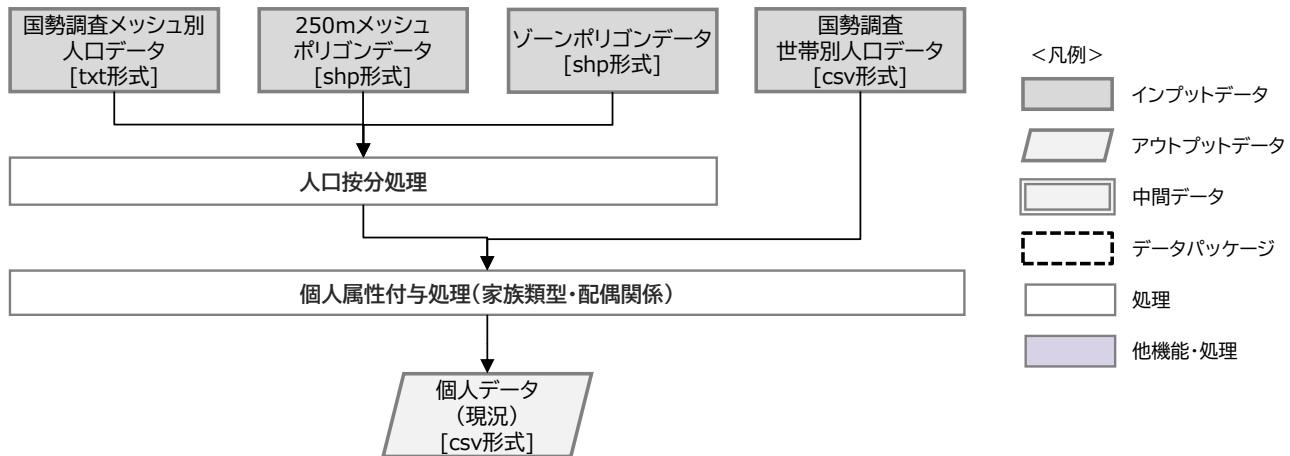


図 3-11 個人データ作成の処理フロー

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ インプットデータバス (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF201】 を参照)
 - ✧ ゾーンポリゴンデータ (SHP 形式) (ファイル入力インタフェース 【IF004】 を参照)
 - ✧ 国勢調査メッシュ別人口データ (TXT 形式) (ファイル入力インタフェース 【IF011】 を参照)
 - ✧ 250m メッシュポリゴンデータ (SHP 形式) (ファイル入力インタフェース 【IF012】 を参照)
 - ✧ 国勢調査世帯別人口データ (CSV 形式) (ファイル入力インタフェース 【IF013】 を参照)
 - 出力
 - ✧ 個人データ (現況) (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF206】 を参照)
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

8) 【FN009】シナリオ設定 UI 機能：ゾーン情報設定

- 機能概要
 - 都市計画情報設定
シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンの用途地域及び容積率の変更、変更後の建築物データ・ゾーンデータ出力
 - 施設数設定
シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンの公共施設数の変更、変更後のゾーンデータの出力
 - 都市機能誘導・居住誘導施策設定
シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンの都市機能誘導施策（商業地価の増減割合）の設定、居住誘導施策（住宅地価の増減割合）の設定、変更後のゾーンデータの出力
- フローチャート

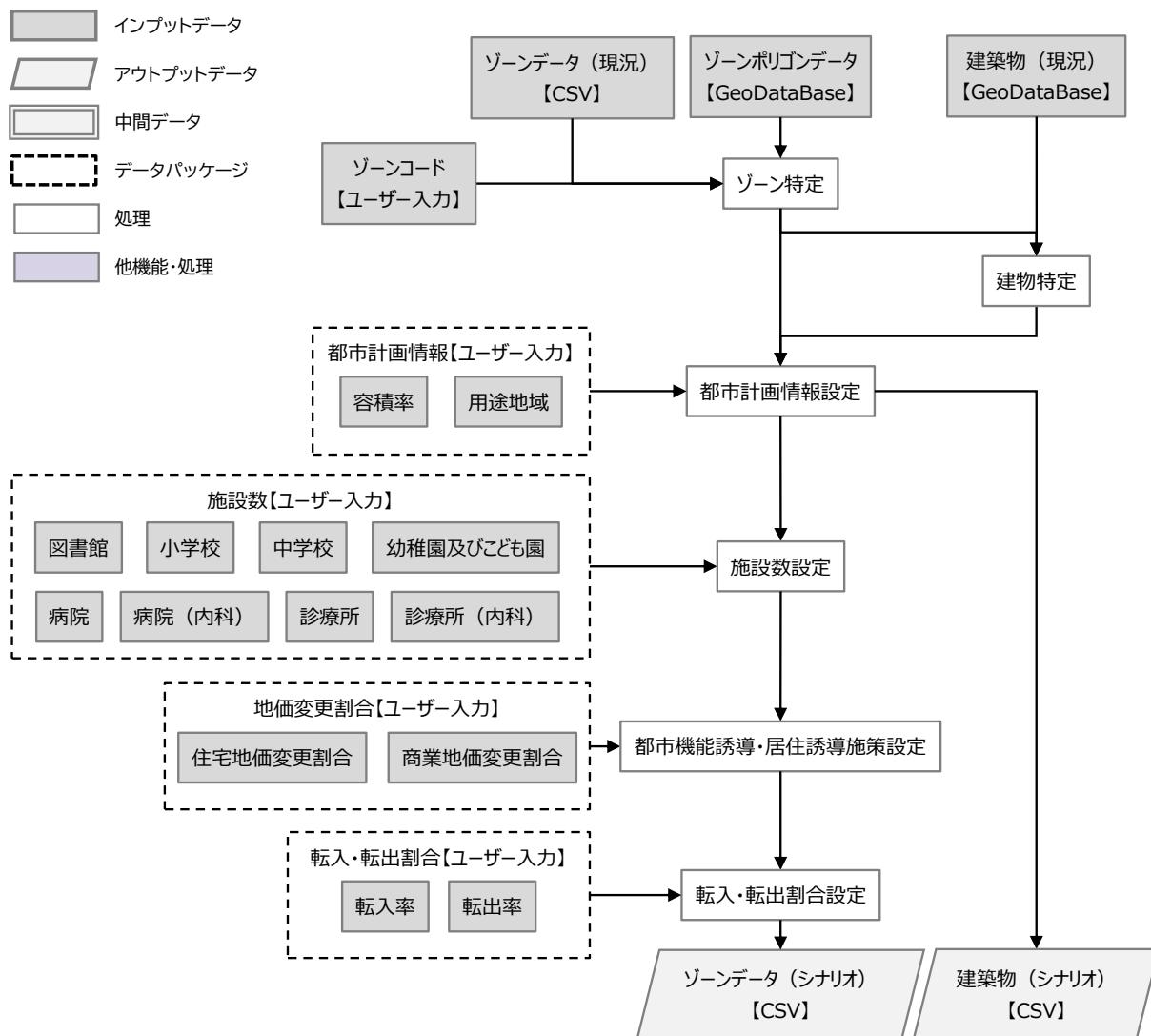


図 3-12 ゾーン情報設定の処理フロー

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ ゾーンデータ（現況）（CSV 形式）（内部連携インターフェース【IF202】を参照）
 - ✧ ゾーンポリゴンデータ（GeoDataBase 形式）（ファイル入力インターフェース【IF004】を参照）
 - ✧ 建築物データ（現況）（GeoDataBase 形式）（内部連携インターフェース【IF203】を参照）
 - ✧ ユーザー入力のゾーンコード
 - ✧ ユーザー入力の都市計画情報（用途地域、容積率）
 - ✧ ユーザー入力の施設数（図書館、小学校、中学校、幼稚園及びこども園、病院、病院（内科）、診療所、診療所（内科））
 - ✧ ユーザー入力の地価変更割合（住宅地価変更割合、商業地価変更割合）
 - ✧ ユーザー入力の転入・転出割合
 - 出力
 - ✧ ゾーンデータ（シナリオ）（CSV 形式）（内部連携インターフェース【IF202】を参照）
 - ✧ 建築物データ（シナリオ）（CSV 形式）（内部連携インターフェース【IF203】を参照）
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

9) 【FN010】シナリオ設定 UI 機能：当該ゾーン間所要時間設定

● 機能概要

- シナリオ設定 UI におけるゾーンの選択、選択したゾーンを交通施策の対象とするかどうかのフラグを付与
- 鉄道乗車時間・待ち時間、バス乗車時間・待ち時間等の増減割合の設定、変更後の手段別ゾーン間所要時間データの出力

● フローチャート

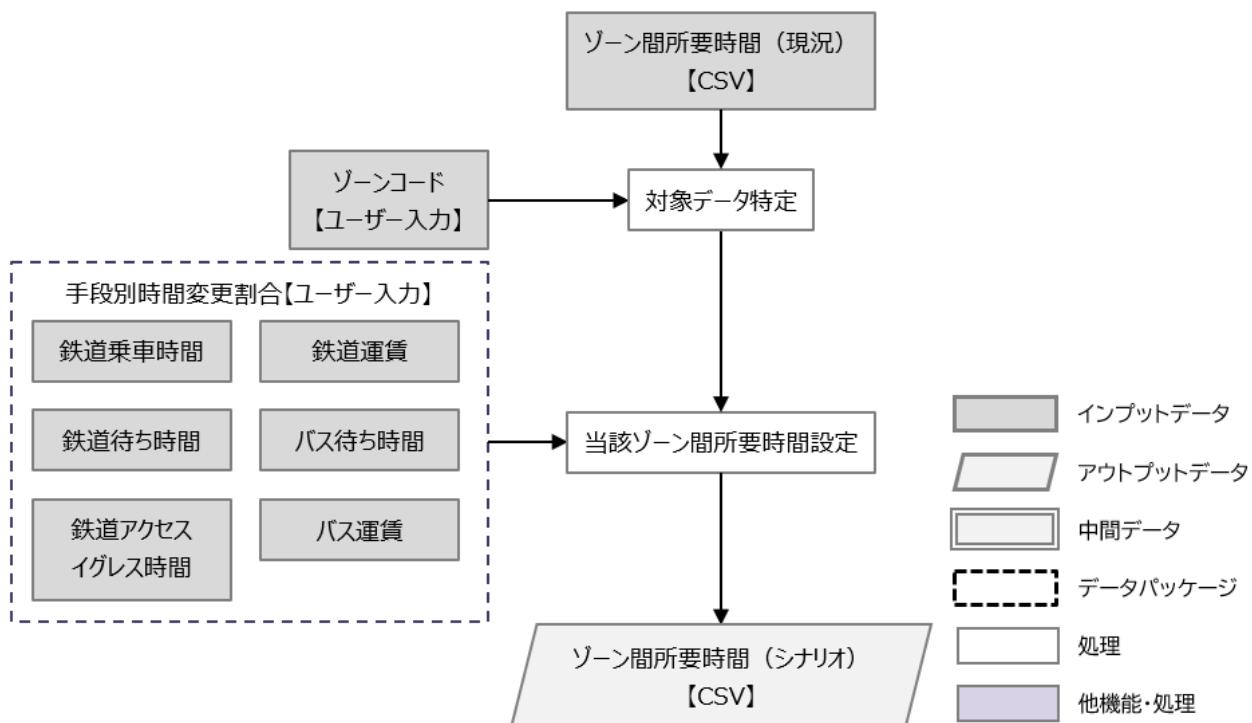


図 3-13 当該ゾーン間所要時間設定の処理フロー

● データ仕様

➢ 入力

- ✧ ゾーン間所要時間データ（現況）（CSV 形式）（内部連携インターフェース【IF204】を参照）
- ✧ ユーザー入力の手段別時間変更割合

➢ 出力

- ✧ ゾーン間所要時間データ（シナリオ）（CSV 形式）（内部連携インターフェース【IF204】を参照）

● 機能詳細

- ✧ 利用するライブラリ
 - なし

- ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

■設定可能なシナリオの一覧

表 3-5 設定可能なシナリオの一覧とシナリオ UI 機能で設定可能とする内容

#	対象施策		シナリオ設定 UI 機能	インプットデータ 手作業変更による対応
1	施設整備	公共施設等の整備	● ゾーン施設数の変更	-
2	都市機能 誘導	用途地域の変更	● ゾーンの用途地域の変更（用途制限緩和）	-
3	容積率の緩和		● ゾーンの容積率の変更	-
4	商業施設の誘導 (税制優遇等)		● ゾーンの商業地価割増率の変更	-
5	居住誘導	税制優遇や補助等による居住誘導	● ゾーンの住宅地価の割引率の変更（世帯類型別に設定）	-
6	公共交通	鉄道バスの新規開業・路線変更	簡易設定 ● ゾーン間所要時間の割合を一律変更	-
7			詳細設定 ● -	● 鉄道 NW データ（ライン）の差し替え ● 鉄道駅データ（ポイント）の差し替え ● バス NW データの差し替え
8			簡易設定 ● ゾーン間待ち時間の割合を一律変更	-
9			詳細設定 ● -	● 鉄道 NW データ（ライン）の差し替え ● バス NW データの差し替え
10			簡易設定 ● ゾーン間運賃の割合を一律変更	-
11			詳細設定 ● -	● 鉄道 NW データ（ライン）の差し替え ● バス NW データの差し替え
12	その他	転入転出割合の変更	● 転入率・転出率の変更 割合の変更	-

※複数施策を1つのシナリオとして設定可

(拠点の公共施設数増加、用途地域変更、周辺の居住誘導区域の地価割引を組み合わせたシナリオ等)

10) 【FN011】都市構造シミュレーション機能

都市構造シミュレーションは、「建築物データ作成機能」、「インプットデータ生成機能」「シナリオ設定 UI 機能」の3つの機能を実行して作成されたデータをインプットに、将来時点の個別建築物の建替え、ゾーン別の地価、個人の居住地のデータを csv 形式で出力する機能である。ここではまず、都市構造シミュレーションの考え方について述べる。

都市構造シミュレーションの主な活用方法は、「シナリオ設定 UI 機能」によって複数のシナリオを設定し、それぞれのシナリオについてシミュレーションを実行し、その結果を比較することで、都市施策・交通施策が都市構造に与える影響を把握することにある。ここで施策とは、病院や図書館等の公共施設の整備や用途地域や容積率の変更等の都市機能誘導、税制優遇や補助等による居住誘導、鉄道やバス等の公共交通の新規導入、公共交通の再編による運行本数の増加等を想定している。

これらの施策は、都市構造に直接的あるいは間接的に影響を与えると考えられる。例として、都市機能誘導区域において公共施設の整備や商業施設の立地が進んだ場合について考えると、都市機能誘導区域やその周辺では買物や通院等の生活利便性が向上し、人々に居住地として選択されやすくなるとともに、地価の上昇が生じると考えられる。そして、地価の上昇に伴って、都市構造の変化、具体的には空地における建築物の新規建設や戸建て住宅から共同住宅や商業施設への建替えといった変化が徐々に生じると考えられる。さらに、このような都市構造の変化によって、再び人口分布や地価が変化していくことが考えられる。

また、別の例として、都心と郊外部を結ぶ鉄軌道等の公共交通を新たに整備した場合について考えると、新たに整備された公共交通の沿線では都心までの所要時間が短縮されるため、都心の商業施設や公共施設を利用しやすくなり生活利便性が上昇、人々に居住地として選択されやすくなり、地価も上昇することが考えられる。地価の上昇に伴って、戸建て住宅や共同住宅の建設や建替えが進む等、都市構造の変化が徐々に生じていくことが考えられる。さらに都心においては、公共交通沿線における人口増加の結果、公共交通でアクセスしやすい場所である都心は多くの商圈人口を抱えることになり、ますます商業地としてのポテンシャルが上昇し、地価の上昇や商業施設の立地が進むと考えられる。その結果、都心部にアクセスしやすい公共交通沿線はさらに生活利便性が向上し、人口増加や地価上昇、建築物の建替えが進むことが考えられる。

このように、都市機能の誘導や居住誘導、公共交通の整備や再編といった施策は、地価や人口分布、建築物の建替えに影響を与え、さらにこれらの間で相互に影響しあって、施策の影響が年々伝播していく関係にあることが考えられる。そこで、このような関係を表現したシミュレーションとすることで、現実に生じている都市構造の変化を再現し、適切に施策の効果を算出することができると考えられる。このような考え方から、都市構造シミュレーションは、地価を予測する「地価モデル」、人口分布を予測する「転居発生・転入転出・居住地選択モデル」、敷地と建築物の建替えを予測する「敷地統合分割モデル」と「除却・建設・用途選択モデル」の4つのサブモデルを組み合わせ、あるサブモデルのアウトプットを別のサブモデルのインプットとして利用する仕組みとすることで、地価、人口分布、建築物の間の相互作用を表現するシミュレーションとして開発した。

- 機能概要

- 地価モデル

周辺の人口や建築物の立地状況、他ゾーンまでの所要時間等から、ゾーンごとの住宅地価及び商業地価を出力

- 転居発生・転入転出・居住地選択モデル

個人の性年齢・世帯類型等から、個人ごとに翌年の年齢・世帯類型、転居有無、市外への転出・市内への転入の有無、転居後の居住地を出力

- 敷地統合分割モデル

ゾーンの地価や用途地域、容積率、他ゾーンまでの所要時間等から、個々の建築物が隣接する建築物と敷地を統合して一体的な敷地となるかどうか、個々の建築物が複数の敷地に分割され別々の敷地となるかどうかを出力

- 除却・建設・用途選択モデル

ゾーンの地価や用途地域、容積率、他ゾーンまでの所要時間等から、個々の建築物が除却有無、空地への新規建設有無、建設される場合の用途・階数・高さ・延床面積を出力

- フローチャート

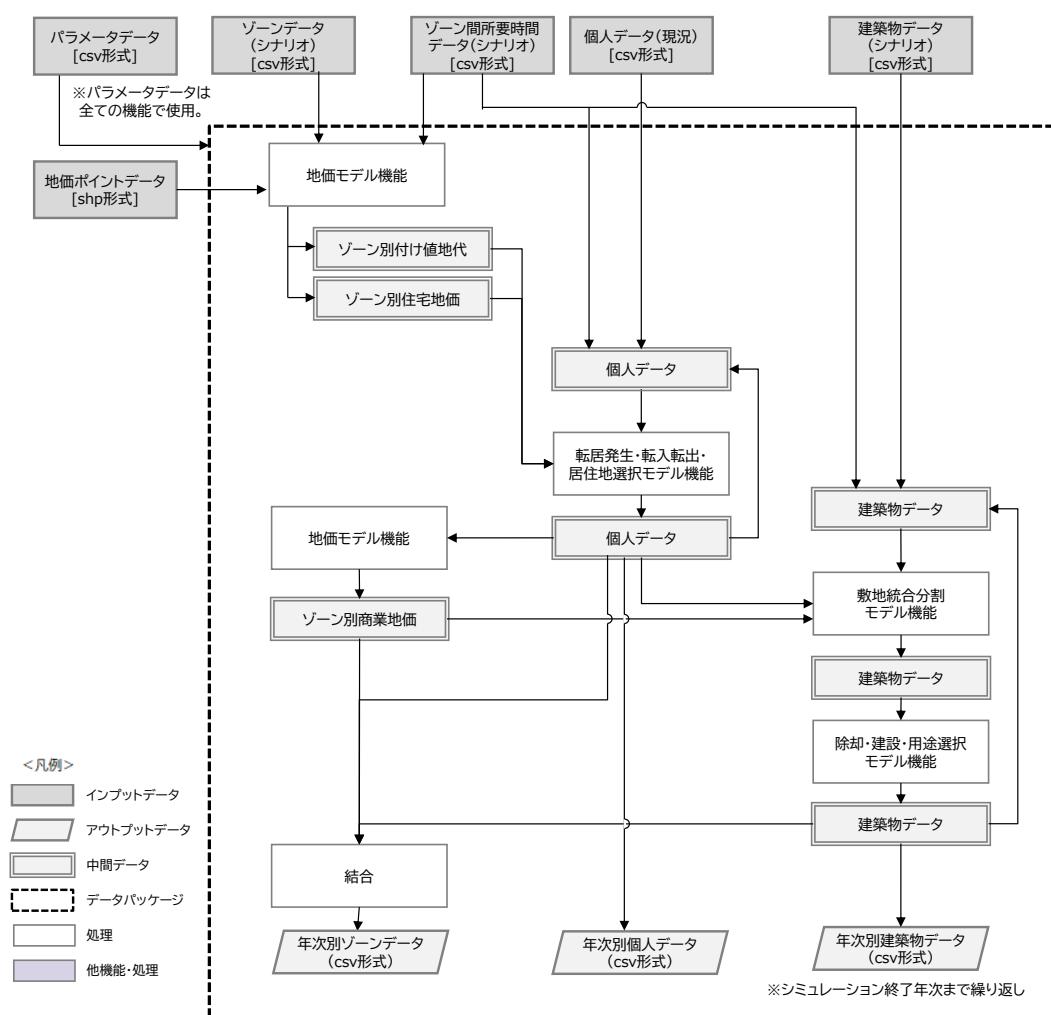


図 3-14 都市構造シミュレーション機能の処理フロー

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ インプットデータパス (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF201】を参照)
 - ✧ ゾーンデータ (シナリオ) (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF202】を参照)
 - ✧ 建築物データ (シナリオ) (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF203】を参照)
 - ✧ ゾーン間所要時間データ (シナリオ) (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF204】を参照)
 - ✧ 個人データ (現況) (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF206】を参照)
 - ✧ パラメータデータ (CSV 形式) (内部連携インタフェース 【IF205】を参照)
 - ✧ 地価ポイントデータ (SHP 形式) (ファイル入力インタフェース 【IF014】を参照)
 - 出力
 - ✧ 年次別個人データ (CSV 形式) (ファイル出力インタフェース 【IF101】を参照)
 - ✧ 年次別ゾーンデータ (CSV 形式) (ファイル出力インタフェース 【IF102】を参照)
 - ✧ 年次別建築物データ (CSV 形式) (ファイル出力インタフェース 【IF103】を参照)
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - Pandas (ソフトウェア・ライブラリ 【SL003】を参照)
 - Numpy (ソフトウェア・ライブラリ 【SL004】を参照)
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - 地価モデル (アルゴリズム 【AL104】を参照)
 - 転居発生・転入転出・居住地選択モデル (アルゴリズム 【AL105】を参照)
 - 敷地統合分割モデル (アルゴリズム 【AL106】を参照)
 - 除却・建設・用途選択モデル (アルゴリズム 【AL107】を参照)

11) 【FN012】3D可視化機能：可視化

- 機能概要
 - シミュレーションの結果を ArcGIS Pro の画面上に 3 次元で可視化する
- フローチャート

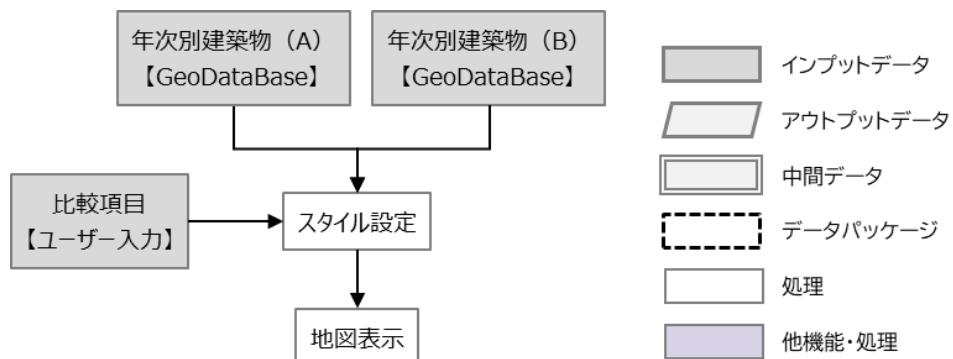


図 3-15 可視化の処理フロー

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ 年次別建築物（A）データ（GeoDataBase 形式）（ファイル出力インターフェース【IF103】を参照）
 - ✧ 年次別建築物（B）データ（GeoDataBase 形式）（ファイル出力インターフェース【IF103】を参照）
 - 出力
 - ✧ なし
- 機能詳細
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - 可視化（アルゴリズム【AL109】を参照）

3-3. アルゴリズム

3-3-1. 利用したアルゴリズム

既存のアルゴリズムの利用なし。

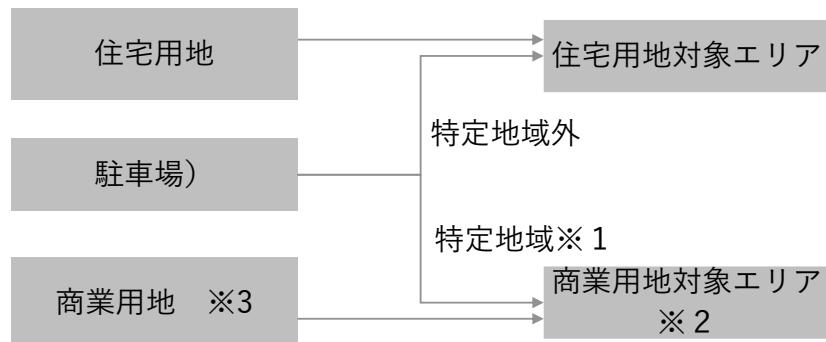
3-3-2. 開発したアルゴリズム

1) 【AL101】FootPrint 作成アルゴリズム

シミュレーションにより、空地・駐車場に建築物が建築されたり、再開発により建築物が建築されるため、新築建築物の形状を事前に、将来建築物 FootPrint として作成する。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN002】

- ① 土地利用（luse:LandUse）より、住宅用地、商業用地、平面駐車場を抽出し、ゾーンデータで指定した（特定区域、特定区域外）の情報をもとに、将来建築物 FootPrint の住宅用地対象エリア、商業用地対象エリアを設定する。



※1 特定地域：近隣商業地域 + 商業地域

※2 商業用地対象エリア：7000 m²以上の敷地は対象外 100 m²未満の敷地は対象外

※3 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

図 3-3-16 住宅用地・商業用地対象エリア

- ② ①で作成した住宅用地対象エリア内に、あらかじめ指定した敷地範囲、建築物範囲のパラメータ値*をもとに住宅用将来建築物 FootPrint を等間隔に配置し、既存 LOD0 と重複する住宅用将来建築物は削除を行う。

*宇都宮市住宅地の情報をもとに、建築物面積の中央値、敷地面積の最頻値を抽出し、敷地・建築物の形状を決定した

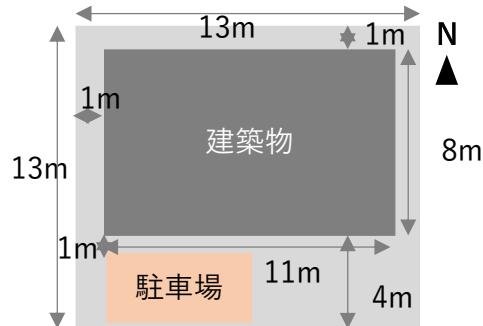


図 3-3-17 敷地・建築物の形状

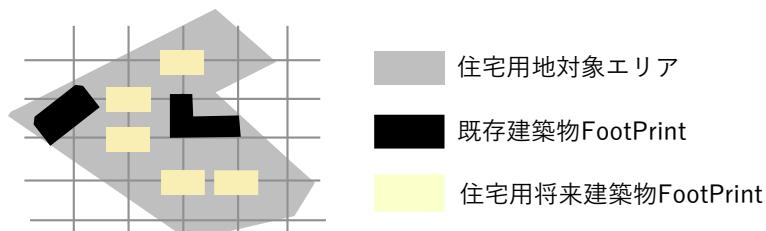


図 3-3-18 住宅用将来建築物 FootPrint の配置

- ③ ①で作成した商業用地対象エリアの敷地形状をもとに、都市計画で定められている建蔽率 (uro:specifiedBuildingCoverageRate) よりも小さくなるまで 1 mごとに内側バッファを行い、商業用将来建築物 FootPrint を作成する。



図 3-3-19 商業用将来建築物 FootPrint の配置

- ④ ③で作成した商業用将来建築物 FootPrint と既存建築物が重複した場合、以下の処理を行う。
- 既存建築物 (LOD0) の面積が 40 m²未満の場合は既存建築物 (LOD0) を削除する
 - 既存建築物 (LOD0) の面積が 40 m²以上かつ、③で作成した商業用将来建築物 FootPrint とが 2m以上重複する場合は、③で作成した商業用将来建築物 FootPrint を削除する
 - 既存建築物 (LOD0) の面積が 40 m²以上かつ、③で作成した商業用将来建築物 FootPrint と既存建築物が 2m未満重複する場合は、③で作成した商業用将来建築物 FootPrint を 2m 内側バッファし、商業用将来建築物 FootPrint を作成する
- ⑤ 複数の土地を統合し、新たな建築物である統合 FootPrint を作成する。
- 土地利用現況データとゾーンデータを用いて、街区データを作成し ID を付与する

- 面積 100,000 m²以内（数値は要検討）の街区データを対象に、ゾーンデータに格納されている建蔽率まで内側バッファを行い、統合 FootPrint を作成する
- ⑥ ②で作成した住宅用将来建築物 FootPrint、④で作成した商業用将来建築物 FootPrint 、⑤で作成した統合 FootPrint、既存建築物を統合し、既存 LOD0 と重複しない識別子（gml:id）を住宅用将来建築物 FootPrint、商業用将来建築物 FootPrint、統合 FootPrint に付与する。

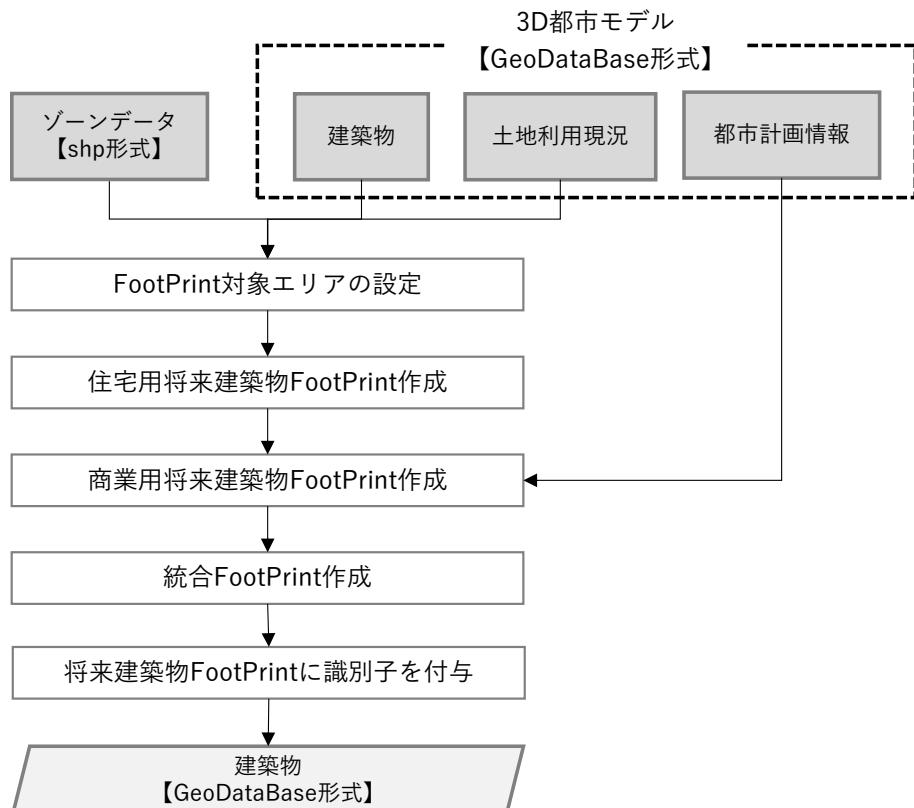


図 3-3-20 FootPrint 作成

2) 【AL102】欠損値補完

シミュレーションに用いる3D都市モデルの属性項目のうち情報として欠けている情報及び最寄り駅情報を補完する。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN003】

- ① 用途（bldg:usage）

- 用途の欠損値を土地利用用途・建築物用途の推定割合をもとに、建築物の土地利用用途と建築高からランダムに建築物を割り当てて補間する。
 - 土地利用用途・建築物用途の推定割合は、宇都宮市の建築物の高さ、土地利用用途と建築物の用途の割合をもとに算出した。

表 3-3-6 土地利用用途・建築物用途の推定割合

土地利用用途		建築物用途の推定割合	
用途	高さ	建築物の用途	割合
商業用地	～5m	商業施設	60.60%
		業務施設	22.00%
		店舗等併用住宅	6.00%
		住宅	3.40%
	
	5～10m	商業施設	32.30%
		業務施設	21.80%
		店舗等併用住宅	17.60%
		住宅	14.10%
		商業系複合施設	3.80%
	10～20m
		商業施設	31.70%
		業務施設	28.00%
		商業系複合施設	10.10%
		店舗等併用住宅	8.90%
		共同住宅	5.70%
住宅用地

※宇都宮市の土地利用用途と建築物用途の割合より推定値を算出。詳細は、パラメータファイル（建物用途補間割合.csv）を参照

② 建築年 (bldg:yearOfConstruction)

- 同一地域は、建築年の比率が類似していることから、ゾーンポリゴン毎に欠損のない用途値、建築年値を抽出し、用途別建築年の割合テーブルを作成する。
- 建築年が欠損している建築物に、作成したゾーン用途別建築年割合をもとに、乱数 (random) を用いて対象建築物を選定し、建築年を割り当てて補完する。ただし、用途、建築年の欠損のないデータが 100 棟より少ないゾーンは、市全域の用途別建築年割合を用いて対象建築物を選定し、建築年を割り当てて補完する

③ 地上階数 (bldg:storeysAboveGround)

- 地上階数補完パラメータを用いて、建築物の高さ（表示高）より計算式を用いて建築物の階数を推定する。
- 地上階数補完パラメータは、宇都宮市の建築物の高さ（表示高）、階数、用途をもとに、用途毎の平均階高の近似値を算出した。
- 地上階数は以下の計算式を用いて算出する。

$$n = \frac{h}{k} - \frac{c_1}{k} + 1$$

h: 表示高
 k: 平均階高(1Fを除く)
 n: 地上階数
 c₁: 定数項(1Fの階高)

表 3-3-7 地上階数補完パラメータ

用途	1F の推定階高 (単位 : m)	平均推定階高 (単位 : m)
業務施設	4.18	3.68
商業施設	4.65	3.46
宿泊施設	4.45	3.47
商業系複合施設	4.09	3.65
住宅	4.25	3.37
共同住宅	4.72	2.96
店舗等併用住宅	4.43	3.09
店舗等併用共同住宅	4.24	3.32
作業所併用住宅	4.67	2.95
官公庁施設	4.8	3.16
文教厚生施設		
運輸倉庫施設	5.45	2.7
工場	5.74	2.85
農林漁業用施設	4.74	1.98
その他		

(4) 延床面積 (uro:totalFloorArea)

- 延床面積比率パラメータを用いて、建築物の用途、地上階数、図形面積より計算式を用いて算出する。
- 延床面積比率パラメータは、宇都宮市の用途、延床面積、地上階数、図形面積をもとに、1Fの高さ、2階以上の高さのパラメータ値を算出する。
- 延床面積は以下の計算式を用いて算出する

$$S = \alpha \times (s(n - 1)) + \beta \times s$$

S: 延床面積 n: 地上階数
s: 図形面積 α, β: パラメータ

表 3-3-8 延床面積比率パラメータ

用途	α (2F 以上)	β (1F)
業務施設	0.68739	0.82502
商業施設	0.80584	0.66914
宿泊施設	0.82464	0.55813
商業系複合施設	0.80584	0.66914
住宅	0.57567	0.64974
共同住宅	0.58833	0.95940
店舗等併用住宅	0.74575	0.50458
店舗等併用共同住宅	0.70918	0.76023
作業所併用住宅	0.55920	0.61492
官公庁施設	0.82464	0.55813
文教厚生施設	0.82464	0.55813
運輸倉庫施設	0.49613	0.76551
工場	0.45686	0.68924
その他	0.82464	0.55813

※宇都宮市の用途、建築物の高さ、地上階数よりパラメータを算出する

3) 【AL103】ゾーンコード付与等

ゾーンコード、全面道路幅員、最寄り駅情報を建築物に付与する。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN004】

(1) ゾーンコードの付与

シミュレーションの基本区域であるゾーンコードを付与する。

(2) 前面道路幅員の付与

- 建物に最も近い道路の幅員を建築物に属性として付与する
- 道路中心線より 1m 間隔でバッファを発生させ、最初に建築物に重なった道路の幅員値を建築物の属性として付与する。前面道路の対象は、道路中心線より 10m とする

(3) 最寄り駅情報の付与

- 中心駅、主要駅、その他の駅までの直線距離を建築物に属性として付与する
- 中心駅、主要駅等の駅区分は下表のとおりである

※主要駅：複数のバス路線が停車する主要な駅

表 3-3-9 駅区分

地区	駅区分	対象駅名
宇都宮市	中心駅	宇都宮駅、東武宇都宮駅
	主要駅	宇都宮大学陽東キャンパス駅 清原地区市民センター前 江曽島駅、岡本駅、西川田駅
	その他の駅	その他の駅
仙台市	中心駅	仙台駅
	主要駅	長町駅、泉中央駅、愛子駅
	その他の駅	その他の駅

4) 【AL104】地価モデル

付け値地代及び住宅地価に関しては、ゾーンの施設数やアクセシビリティを説明変数として算出する。付け値地代モデルは多項ロジットモデル、住宅地価モデルは線形回帰を用いる。商業地価は、商圈人口を説明変数とする線形回帰により求める。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN011】

アクセシビリティ

$$ACC_i = \sum_j Area_j \exp(\beta_m t_{ijm})$$

$Area$ ：ゾーンの商業延床面積

t_{ijm} ：ゾーン i からゾーン j まで、手段 m で移動する場合の所要時間

β ：パラメータ

商圈人口

$$ACC_i = \sum_j Pop_j \exp(\beta_m t_{ijm})$$

Pop ：ゾーン人口

β ：パラメータ

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（付け値地代）

$$\pi_i^k = \sum_m \beta_m^k X_{im}^k$$

※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」

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

k ：世帯類型

ゾーン i の住宅地価

$$\sum_m \beta_m X_{im}$$

X ：説明変数

β ：パラメータ

ゾーン*i*の商業地価

$$\sum_m \beta_m X_{im}$$

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

表 3-10 自動車アクセシビリティのパラメータ推定結果

項目	推定値	t 値
切片	2.00	25.21
ln(発生量)	0.19	15.41
ln(集中量)	0.09	11.87
所要時間	-0.01	-7.07
相関係数		0.345

※平成 29 年度仙台都市圏パーソントリップ調査データを用いて推定

表 3-11 公共交通アクセシビリティのパラメータ推定結果

項目	推定値	t 値
切片	2.22	30.19
ln(発生量)	0.16	14.85
ln(集中量)	0.12	13.37
所要時間	-0.02	-15.72
相関係数		0.488

※平成 29 年度仙台都市圏パーソントリップ調査データを用いて推定

表 3-12 主成分分析の結果

項目	第一主成分	第二主成分	第三主成分
図書館までの距離 (m)	0.33	0.15	0.47
病院までの距離 (m)	0.36	0.13	0.25
診療所までの距離 (m)	0.38	-0.05	-0.29
小学校までの距離 (m)	0.33	-0.36	-0.27
中学校までの距離 (m)	0.26	-0.56	0.22
幼稚園・こども園までの距離 (m)	0.31	-0.34	-0.39
商業施設近接性 (公共交通)	-0.38	-0.25	-0.15
商業施設近接性 (自動車)	-0.39	-0.19	-0.21
商業施設近接性 (徒歩)	-0.22	-0.56	0.54
累積寄与率	53%	67%	75%
固有値	2.18	1.13	0.85

※国土数値情報から各施設のポイントデータを入手して説明変数を作成

※平均はいずれも平均 0 標準偏差 1 に標準化して推定

表 3-13 付け値地代モデルのパラメータ推定結果

項目	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	-0.10	-3.77	-0.20	-7.81	0.63	29.83	0.00	NA ※固定
主成分 1	-1.29	-89.78	-1.09	-76.82	-1.04	-89.20	-1.00	NA ※固定
主成分 2	-1.21	-47.03	-1.05	-38.63	-1.02	-44.14	-1.00	NA ※固定
主成分 3	-1.10	-33.75	-0.92	0.04	-0.94	0.03	-1.00	NA ※固定
調整済み尤度比								0.0569

※R2 年度国勢調査世帯類型別世帯数（仙台市）を用いて推定

表 3-1 4 住宅地価モデルのパラメータ推定結果

項目	推定値	t 値
商業地域ダミー	0.1546	8.177
Ln(容積率)	0.0543	2.913
Ln(商業施設近接性 (自動車+公共交通)) *	0.3333	13.302
Ln(商業施設近接性 (徒歩)) *	0.1609	9.446
Ln (中心駅までの距離) *	-0.3527	-14.207
Ln (主要駅までの距離) *	-0.1024	-6.91
決定係数		0.801

*平均 0 標準偏差 1 に標準化して推定

※R2 公示地価・地価調査データ（仙台市）を用いて推定、中心駅は仙台、主要駅は泉中央、長町、愛子とした。

表 3-1 5 商業地価モデルのパラメータ推定結果

項目	推定値	t 値
定数項	-4.62	-4.62
Ln(前面道路幅員)	5.18	5.18
Ln(商圏人口) *	2.42	2.42
Ln(容積率)	9.00	9.00
Ln(中心駅までの距離)*	-5.75	-5.75
決定係数		0.85

*平均 0 標準偏差 1 に標準化して推定

※R2 公示地価・地価調査データ（仙台市）を用いて推定、中心駅は仙台、主要駅は泉中央、長町、愛子とした。

5) 【AL105】転居発生・転入転出・居住地選択モデル

個人のライフイベント、転居発生、転入転出、居住地選択を演算し、個人ごとに翌年の年齢、配偶関係、世帯類型、世帯内の地位、居住地を出力する。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN011】

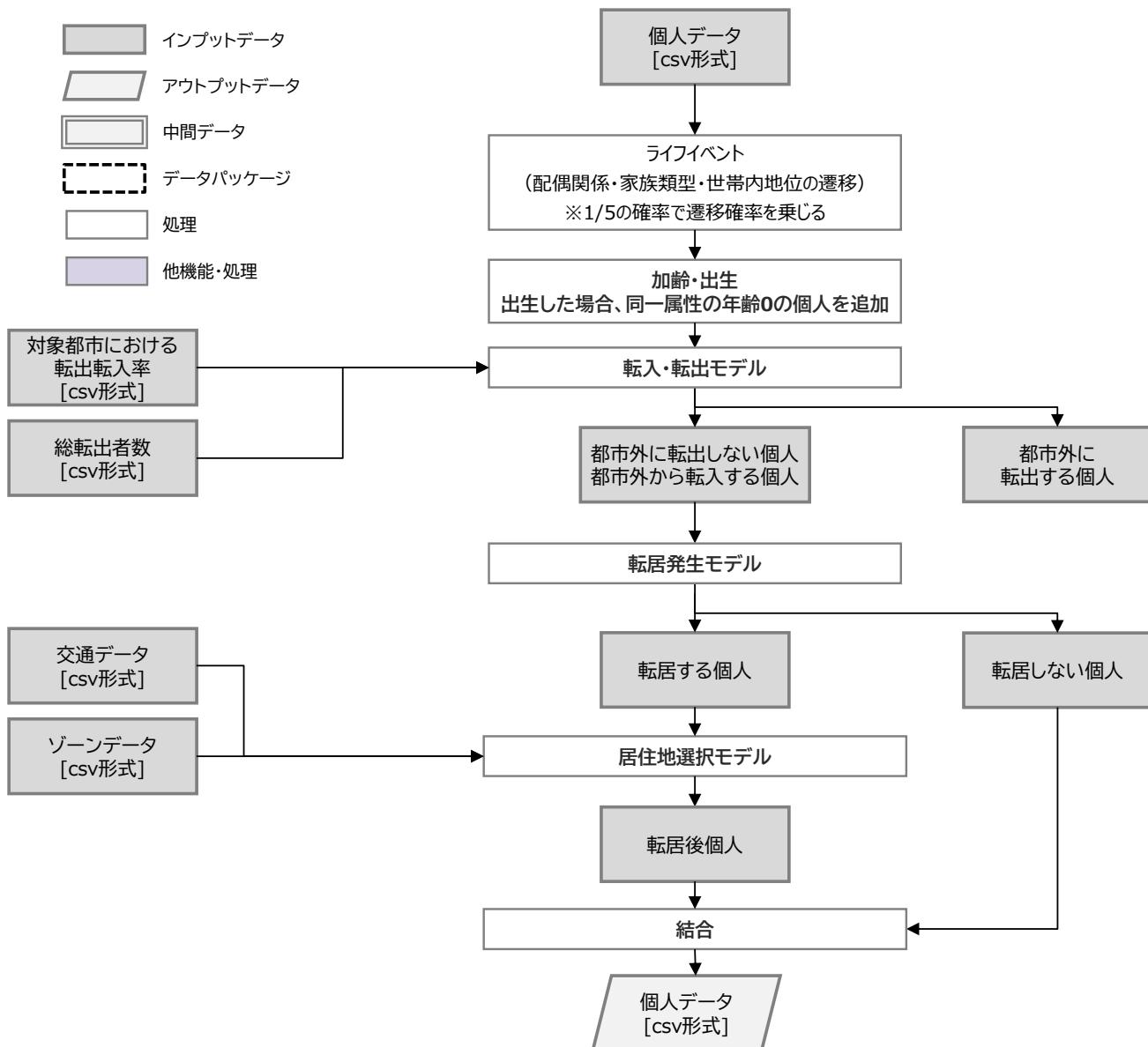


図 3-3-21 転居発生・転入転出・居住地選択モデル

ライフイベントには、個人に配偶関係・世帯類型・世帯内地位の遷移確率を乗じ、翌年の配偶関係・世帯類型・世帯内地位を決定する。遷移確率は、国立社会保障・人口問題研究所の平成 30 年世帯数推計の仮定値を用いる。

転入転出モデルでは、性年齢階層別の転出率に基づいて個人をランダムに転出させるとともに、国内の年間総転出者数と性年齢階層別の転入率に基づいて性年齢階層別転入者数を求め、その人数の分個人を生成している。

転居発生は二項ロジットモデルを用いる。モデルのパラメータ推定には、平成 29 年度仙台市パーソントリップ調査データを用いる。

転居発生確率

$$\exp(\pi) / (\exp(\pi) + 1)$$

$$\pi = \sum_m \beta_m X_m$$

X : 説明変数

β : パラメータ

居住地選択は多項ロジットモデルを用いる。モデルのパラメータ推定には、平成 29 年度仙台市パーソントリップ調査データを用いる。

ゾーン k の居住地選択確率

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

$$\pi^k = \sum_m \beta_m^k X_m^k$$

X : 説明変数

β : パラメータ

表 3-1 6 転居発生モデルのパラメータ推定結果

項目	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	0.76	7.51
単身→単身以外への遷移ダミー	0.86	6.70
世帯構成の変化なしダミー	-0.41	-5.48
定数項	1.11	-16.81
調整済み尤度比		0.26

表 3-1 7 居住地選択モデルのパラメータ推定結果

項目	推定値	t 値
付け値地代ログサム	0.26	10.97
住宅地価	-0.51	-17.80
住宅延床面積	0.61	20.39
調整済み尤度比		0.08

6) 【AL106】敷地統合分割モデル

建築物同士の統合を行うかどうかを演算する。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN011】

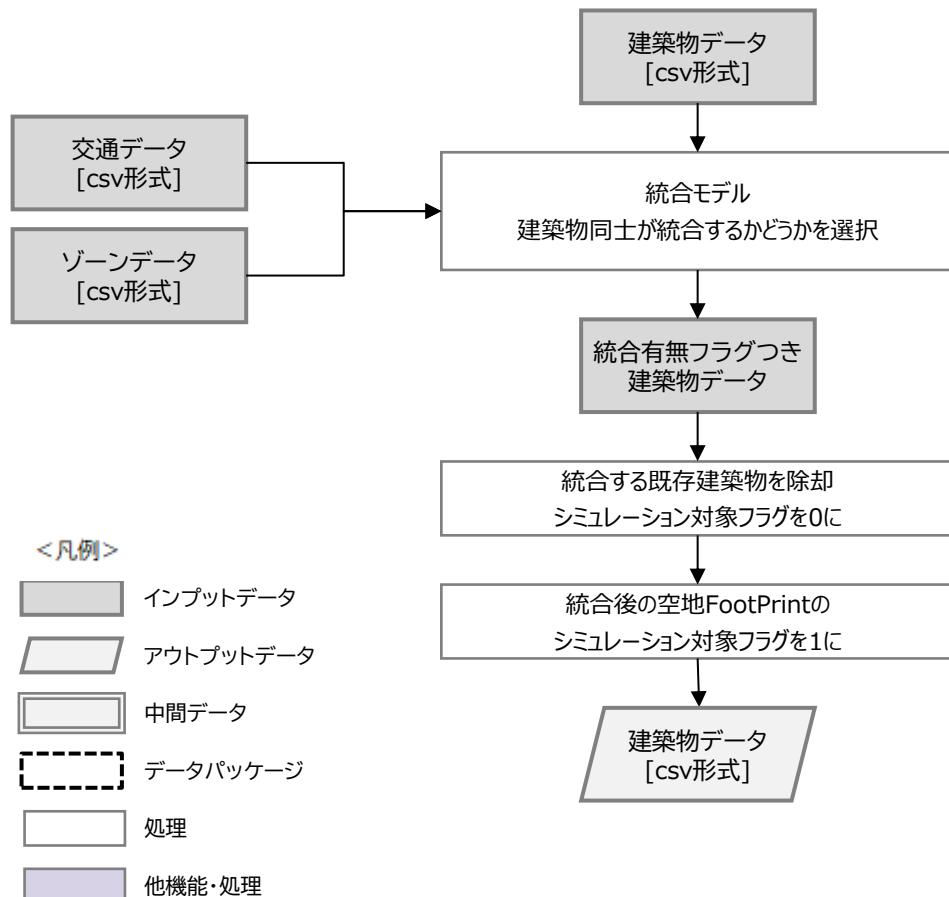


図 3-3-22 敷地統合分割

統合モデルは二項ロジットモデルを用いる。宇都宮市と仙台市の区画整理事業の実績件数をもとに、5年に1回、統合が生じるとした。統合する建築物の選択確率は、以下の二項ロジットモデルの式によって計算した。

統合する建築物の選択確率

$$\exp(\pi)/(\exp(\pi) + 1)$$

$$\pi = \sum_m \beta_m X_m$$

X : 説明変数（用途選択モデルのログサム変数）

β : パラメータ

7) 【AL107】除却・建設・用途選択モデル

個々の建築物について、除却、建設、用途を選択する。除却と建設は二項ロジットモデル、用途は多項ロジットモデルを用いる。用途は、住宅、共同住宅、商業施設、店舗併用住宅、店舗併用共同住宅の5種類を想定する。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN011】

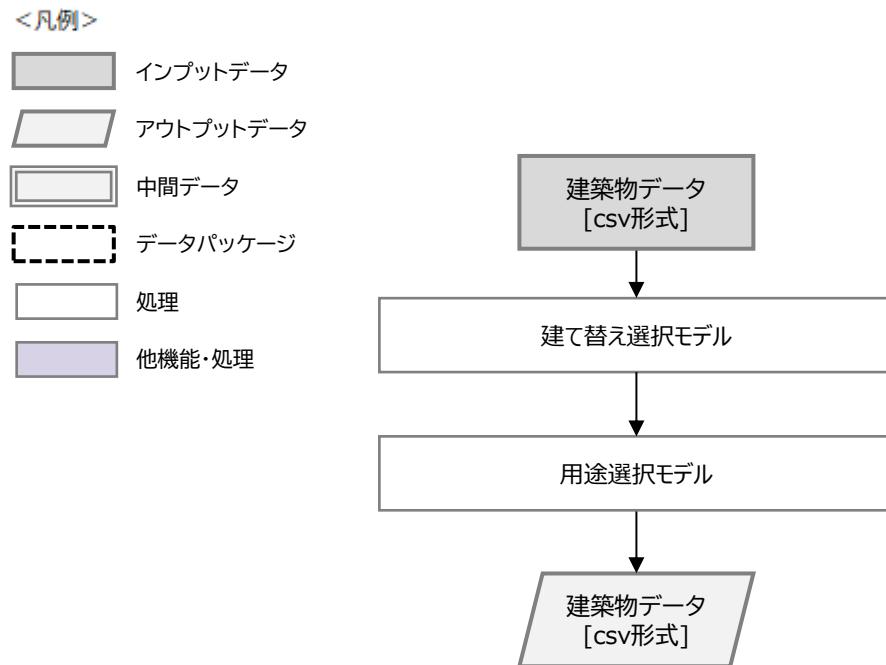


図 3-3-23 除却・建設・用途選択モデル

除却・建設・用途選択モデルはネスティドロジットモデルを用いる。モデルのパラメータ推定には、二時点の都市計画基礎調査データを用いる。

建て替え状況 k の選択確率

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

$$\pi^k = \sum_m \beta_m^k X_m^k \quad \text{if } k \in \{\text{建物維持, 空地維持}\}$$

$$\pi^k = \lambda V \quad \text{if } k = \text{変化}$$

※選択肢集合は、「建物維持」「空地維持」「変化」

用途 l の選択確率

$$\exp(\pi^l/\lambda) / \sum_l \exp(\pi^l/\lambda)$$

$$\pi^l = \sum_m \beta_m^l X_m^l$$

$$V = \ln \sum_l \exp(\pi^l/\lambda)$$

※選択肢集合は、「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」

X ：説明変数

β, λ ：パラメータ

表 3-1 8建設建て替えモデルのパラメータ推定結果 (1/2)

		1 低、 2 低、 1 中高、 2 中高		1 住、 2 住、 準住	
		推定値	t 値	推定値	t 値
定数項	住宅	-1.45	-6.12	-1.89	-17.39
	共同住宅	-4.67	-11.70	-4.44	-19.81
	商業施設	-6.10	-6.71	-6.16	-18.53
	店舗等併用住宅	-2.84	-11.71	-3.18	-27.09
	店舗等併用共同住宅	-6.54	-12.48	-5.65	-21.20
	除却	-2.25	-8.30	-3.44	-53.34
	建物維持	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	空地維持	-1.57	-3.82	-1.87	-66.91
駅距離 (m)	住宅	-0.14	0.03	-0.04	-2.64
	共同住宅	0.06	0.05	0.10	3.69
	商業施設	0.04	0.10	0.30	7.52
	除却	-0.20	0.03	※固定 0.000	NA
	建物維持	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	空地維持	-0.23	0.05	※固定 0.000	NA
地価 (百万円) × 面積 (m ²)	住宅	-0.10	-12.39	-0.09	-17.04
	共同住宅	0.03	6.12	0.00	2.52
	商業施設	0.03	7.06	0.00	5.38
	除却	-0.06	-8.39	-0.04	-9.17
	空地維持	0.06	5.02	※固定 0.000	NA
築年数	除却	0.03	15.60	0.02	20.17
容積率 (%)	住宅	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	共同住宅	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	商業施設	0.49	3.63	※固定 0.000	NA
	除却	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	空地維持	0.13	3.67	※固定 0.000	NA
スケールパラメータ		0.36	15.43	0.41	19.83
自由度調整済み尤度比			0.83		0.78

表 3-19 建設建て替えモデルのパラメータ推定結果 (2/2)

		近商、商業		その他	
		推定値	t 値	推定値	t 値
定数項	住宅	0.85	1.46	-2.84	-6.24
	共同住宅	-0.91	-1.33	-4.21	-6.35
	商業施設	-0.80	-1.23	-2.54	-4.38
	店舗等併用住宅	0.39	0.69	-3.61	-7.60
	店舗等併用共同住宅	-1.33	-1.80	-4.71	-6.88
	除却	-0.16	-0.26	-2.54	-6.05
	建物維持	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	空地維持	※固定 0.000	NA	-2.91	-2.99
駅距離 (m)	住宅	-0.45	-5.76	0.17	2.49
	共同住宅	-0.28	-3.25	0.11	1.14
	商業施設	-0.29	-3.47	-0.14	-1.50
	除却	-0.38	-4.63	-0.05	-0.80
	建物維持	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	空地維持	-1.61	-21.17	0.30	2.01
地価 (百万円) × 面積 (m ²)	住宅	-0.04	-3.39	-0.03	-4.90
	共同住宅	※固定 0.000	NA	0.01	3.75
	商業施設	0.00	3.04	0.00	3.11
	除却	-0.02	-2.77	-0.04	-5.60
	空地維持	※固定 0.000	NA	0.06	4.89
築年数	除却	0.01	3.84	0.02	10.02
容積率 (%)	住宅	※固定 0.000	NA	-0.22	-5.89
	共同住宅	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	商業施設	※固定 0.000	NA	※固定 0.000	NA
	除却	※固定 0.000	NA	0.04	1.51
	空地維持	※固定 0.000	NA	-0.28	-3.50
スケールパラメータ		0.15	3.93	0.39	9.11
自由度調整済み尤度比		0.78		0.76	

表 3-2 0 階数の設定方法

		建築物の用途	
用途地域	住宅	集合住宅	
	店舗等併用住宅	店舗等併用集合住宅	
	商業施設		
	一低・一中	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与
	二中・一住・ 二住・ 準住・近商	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与
商業	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与	階数モデルで計算	
	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与	
準工・工業・ 工専	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与	初年度の建築物の階数分布に合わせて ランダムに付与	

表 3-2 1 階数モデルのパラメータ推定結果

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

表 3-2 2 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

8) 【AL108】最短経路探索

ゾーン（シミュレーションの基本となる地域単位）の2つの組み合わせ全てに対して、ポリゴン重心間の移動時間を鉄道、バス、自動車それぞれ作成して出力する。

● 本アルゴリズムを利用した機能：【FN007】

① ゾーンポリゴンとネットワークのノードの対応付与

- 最終的に、ゾーン間の移動時間を算出するため、ゾーンポリゴンと鉄道駅、バス停、道路 NW のノードデータとの対応をとる。
- 具体的には、ゾーンポリゴンの重心の緯度経度と鉄道駅、バス停、道路 NW のノードの緯度経度を用いて、ゾーンポリゴンの重心から最寄りとなる鉄道駅、バス停、道路 NW のノードを対応として付与する。

② 最短経路探索の実施

- 鉄道 NW、バス NW、道路 NW に付与された所要時間を用いて、ダイクストラ法*により最短経路探索を行う。
- 道路 NW に関してはリンク長と速度（道路種別）から所要時間を算出し用いる。道路種別から速度の換算は以下の表のとおりである。

*ダイクストラ法とは、グラフ理論において辺の重みが非負数の場合の单一始点最短経路問題を解くための代表的なアルゴリズムである。

表 3-3-2 3 道路種別の速度の設定

道路種別	速度 (km/h)
高速自動車国道	80
都市高速道路（含指定市都市高速道路）	60
一般国道	50
主要地方道（都道府県道）	40
主要地方道（指定市道）	40
一般都道府県道	40
指定市の一般市道	30
その他の道路	30

9) 【AL109】可視化

シミュレーション結果の高さデータを用いて建築物 FootPrint を立ち上げ、属性により色分けを行う。

- 本アルゴリズムを利用した機能：【FN012】

- 除却・建設・用途選択モデルのシミュレーション結果を建築物 FootPrint に属性として付与する
- 年度、用途、階数、高さ、延床面積などユーザー設定に合わせ、ArcGISPro の機能をカスタマイズし建築物 FootPrint を立ち上げ、属性により色分け表示を行う

3-4. データインターフェース

3-4-1. ファイル入力インターフェース

1) 【IF001】建築物データ

GeoDataBase 形式で整理したデータである。属性は 3D 都市モデル標準製品仕様書に準拠（利用する属性は「3-5-1 活用したデータ一覧」に記載）する。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN002】

表 3-2 4 建築物データ

building_id	usage	yearOf Construction	storey	Display _high_median	totalFloorArea
04100-building-000000	411	2011	1	5.2	100.23
04100-building-000001	412	2000	2	7.1	222.12
04100-building-000002	413	1989	3	9.2	420.22
...
建物 ID	用途の種類（コード）	建築年	階数	建築物表示高	延床面積

2) 【IF002】土地利用データ

GeoDataBase 形式で整理したデータである。属性は 3D 都市モデル標準製品仕様書に準拠（利用する属性は「3-5-1 活用したデータ一覧」に記載）する。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN002】

表 3-2 5 土地利用データ

luse_class
201
202
203
...
土地利用の種類（コード）

3) 【IF003】都市計画情報データ

GeoDataBase 形式で整理したデータである。属性は 3D 都市モデル標準製品仕様書に準拠（利用する属性は「3-5-1 活用したデータ一覧」に記載）する。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN002】、【FN005】、【FN006】

表 3-2 6 都市計画情報データ

urf_function
1
2
3
...
地域地区の種類（コード）

4) 【IF004】ゾーンポリゴンデータ

SHP 形式および GeoDataBase 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能：

- SHP 形式を利用した機能：【FN002】、【FN003】、【FN004】
- Geo DataBase 形式を利用した機能：【FN005】、【FN006】、【FN007】、【FN008】、【FN009】

表 3-27 ゾーンポリゴンデータ

Zone_code	Lat	Lon
00001	35.6985	139.6917
00002	34.6937	135.5022
00003	35.1815	136.9066
00004	35.6894	139.6921
00005	35.6586	139.7454
...
ゾーンコード	ゾーン中心の緯度 JGD2011 (EPSG:6697)	ゾーン中心の経度 JGD2011 (EPSG:6697)

※ジオメトリは、singlepart の Polygon、JGD2011(EPSG:6697)で整備

※ゾーンコードは任意で設定可（連番、国勢調査の小地域コードなど）

5) 【IF005】施設ポイントデータ

CSV 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN005】、【FN006】

表 3-28 施設ポイントデータ

name	Facility_type	lat	Long
○○中学校	5	35.6895	139.6917
○△診療所	3	34.6437	135.5022
×△クリニック	3	35.1815	136.9066
○○病院	2	35.6894	139.6921
○○図書館	1	35.6586	139.7454
...
施設名称（任意）	施設種類 1:図書館,2:病院,3:診療所,4:小学校,5:中学校,6:幼稚園こども園	緯度	経度

6) 【IF006】道路 NW

SHP 形式の Line 型の NW データ及び Point 型のノードデータの 2 種類からなる。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN004】、【FN005】、【FN007】

表 3-29 道路 NW (NW データ)

LinkID	NodeIDFrom	NodeIDTo	Length	Passage	DirectRag
1	100001	100002	114	0	0
2	100002	100003	397	0	0
3	100003	100004	851	0	0
...
リンク ID	始端ノード ID	終端ノード ID	リンク長 (m)	リンク通行不可のフラグ 0:通行可、1:通行不可	方向規制のフラグ 0:両方向、1:縦方向 (From→To)、2:逆方向 (To→From)、-1:通行不可

RoadKind	Speed	Driveway
3	30	0
4	30	0
5	30	0
...
道路種別のフラグ	速度 ※道路種別があれば不要 (km/h)	自動車専用道か一般道かのフラグ ※ノードとゾーンのダミーリンク作成に利用 (一般道のみにダミーリンク) 0:一般道、1:自動車専用道

Mainroad	Separation	Width
0	0	
0	0	
0	0	
...
本線リンクかどうかのフラグ ※ノードとゾーンのダミーリンク作成に利用 (本線のみにダミーリンク) 0;本線リンク、1:本線リンク以外	【前面道路幅員用】上下分離されているか、そうでないか 0:上下分離なし、1:上下線分離あり	【前面道路幅員用】道路幅員 (m)

※ジオメトリは、line 型、JGD2011(EPSG:6697)で整備

表 3-3-0 道路 NW (ノードデータ)

NodeID	Lat	Lon	NextMesh	NextNodeID
1	35.6895	139.6917	0	2
2	34.6937	135.5022	0	5
3	35.6894	139.6921	0	6
...
ノード ID	ノードの緯度 JGD2011(EPSG:6697)	ノードの経度 JGD2011(EPSG:6697)	隣接メッシュコード ※DRM 用の処理に 必要	隣接接合ノード番 号 ※DRM 用の処理に 必要

7) 【IF007】鉄道駅位置データ

CSV 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN004】、【FN005】、【FN006】、【FN007】

表 3-3-1 鉄道駅位置データ

NodeID	Agency_Code	Line_Code	Station_Code
100001	1	4	10
100002	2	5	21
100003	3	6	33
...
ノード ID (駅ノード)	事業者コード	路線コード	駅コード
		※同一事業者内では重複しないように付与	※同一事業者・同一路線内では重複しないように付与

Lat	Lon	Name	Station_Flag
35.6895	139.6917	仙台駅	1
34.6937	135.5022	広瀬通駅	2
35.1815	136.9066	長町駅	3
...
駅の緯度 JGD2011(EPSG:6697)	駅の経度 JGD2011(EPSG:6697)	駅名	駅のランク 1:中心駅、2:主要駅、3:その他の駅

8) 【IF008】鉄道 NW データ

CSV 形式で NW のリンク情報、運賃（距離帯形式）、運賃（テーブル形式）を整理した 3 種類のデータからなる。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN005】、【FN007】

表 3-3-2 鉄道駅位置データ（リンク情報）

LinkId	NodeID_From	NodeID_To	Link_Kind_Code
1	100001	100002	1
2	100002	100003	1
3	100003	100004	1
...
リンク ID	始端ノード ID	終端ノード ID	リンクの種類 1:幹線リンク、2:駅ダミーリンク、 3:自路線乗換リンク、4: 他路線乗換リンク

Link_Local_Express	Length_Operational	Length_Equivalent
1	114	120
1	397	400
1	851	900
...
各駅停車／急行の列車種別 ※「1:幹線リンク」、「2:駅ダミーリンク」のみ入力 1:各駅停車、2:急行（快速等の他の列車種別がある場合には 3.以降に任意で追加） ※簡易的に NW を作成する場合、列車種別は全て「1」とする	運賃計算用の営業キロ ※「1:幹線リンク」のみ 入力 (km)	運賃計算用の換算キロ ※「1:幹線リンク」のみ 入力 (km)

Travel_Time_FromTo	Travel_Time_ToFrom	Frequency_FromTo	Frequency_ToFrom
10	10	5	5
36	40	3	3
77	80	1	1
...
(0.1 分)	(0.1 分)	※「1:幹線リンク」のみ 入力 (本/h)	※「1:幹線リンク」のみ 入力 (本/h)

表 3-3-3 鉄道駅位置データ（運賃（距離帯形式））

Agency_Code	Fare_System_Code	Distance	Fare	Fare_System_Name
1	1	10	300	-
2	1	8	300	-
3	2	5	250	-
...
事業者コード	JR 等の料金体系の コード 1:普通運賃、2:地方 交通線運賃	距離帯 (km)	運賃 (円)	料金体系名

表 3-3-4 鉄道駅位置データ（運賃（テーブル形式））

NodeID1	NodeID2	Fare	NodeID1_Name	NodeID2_Name
100001	100011	310	仙台駅	荒井駅
100002	100021	310	広瀬通駅	泉中央駅
100003	100031	250	長町駅	宮城野通駅
...
ノード ID（駅ノード）1	ノード ID（駅ノード）2	運賃 (円)	駅名 1	駅名 2

9) 【IF009】バス停位置データ

CSV 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN005】、【FN007】

表 3-3-5 バス停位置データ

agency_id	stop_id	stop_lat	stop_lon	stop_name
1	121	35.6895	139.6917	木町通二丁目
2	203	34.6937	135.5022	台原入口
3	56	35.1815	136.9066	台原三丁目
...
事業者 ID	停留所・標柱 ID	バス停の緯度 JGD2011(EPSG:6697)	バス停の経度 JGD2011(EPSG:6697)	停留所名

10) 【IF010】バス NW データ

CSV 形式で NW のリンク情報、運賃を整理した 2 種類のデータからなる。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN005】、【FN007】

表 3-3 6 バス NW データ（リンク情報）

agency_id	route_id	jp_pattern_id	stop_id1	stop_id2	travel_time	frequency
1	12	121	100001	100002	10	40
2	5	52	100002	100003	36	30
3	17	172	100003	100004	77	10
...
事業者 ID	経路 ID (いわゆる系統を示す)	停車パターン ID (系統内で複数の停車パターン（途中折り返し等）がある場合には別 ID を付与)	停留所・標柱 ID1	停留所・標柱 ID2	(0.1 分)	運行本数 (本/日)

表 3-3 7 バス NW データ（運賃）

agency_id	route_id	stop_id1	stop_id2	fare
1	12	121	5	300
2	5	203	11	400
3	17	56	20	200
...
事業者 ID	経路 ID	停留所・標柱 ID1	停留所・標柱 ID2	運賃（円）

11) 【IF011】国勢調査メッシュ別人口データ

TXT 形式で整理された、2020 年国勢調査の 250m メッシュごとの人口データである。e-Stat (<https://www.e-stat.go.jp/>) からダウンロードしたものを使用する。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN005】、【FN008】

12) 【IF012】250m メッシュポリゴンデータ

SHP 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN005】、【FN008】

表 3-3-8 250m メッシュポリゴンデータ

KEY_CODE	MESH1_ID	MESH2_ID	MESH3_ID	MESH4_ID	MESH5_ID	OBJ_ID
5439554842	5439	55	48	4	2	72782
5439554844	5439	55	48	4	4	72784
5439554931	5439	55	49	3	1	72793
5439554932	5439	55	49	3	2	72794
...
キーコード	1 次メッシュ ID	2 次メッシュ ID	3 次メッシュ ID	4 次メッシュ ID	5 次メッシュ ID	シーケンシャル番号

13) 【IF013】国勢調査世帯別人口データ
CSV 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN005】、【FN008】

表 3-3-9 国勢調査世帯別人口データ

age	gender	family	pop
1	1	1	0
1	1	2	0
1	1	3	8697
1	1	4	411
...
年齢階層 0:0~14 歳 ,1:15~64 歳 , 2:65 歳以上	性別 1:男性, 2:女性	家族類型 1:単身世帯, 2:夫婦のみ世帯, 3:夫婦と子の世帯, 4:ひとり親と子の世帯, 5:その他の世帯	人口 (人)

14) 【IF014】地価ポイントデータ

shp 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能：【FN011】

表 3-4-0 地価ポイントデータ

L01_001	L01_002	L01_003	L01_004	L01_005	L01_006
0	1	0	1	2023	111000
0	2	0	2	2023	82100
0	3	0	3	2023	52300
0	4	0	4	2023	96300
...
見出し番号	一連番号	前年度見出し番号	前年度一連番号	年度	公示価格(円/m ²)

L02_001	L02_002	L02_003	L02_004	L02_005	L02_006
0	1	0	1	2023	111000
0	2	0	2	2023	41500
0	3	0	3	2023	62100
0	4	0	4	2023	91000
...
用途区分 0:住宅地, 3:宅地 見込地, 5:商業地, 9:工業地, 20: 林地	連番	前年度用途区分 0:住宅地, 3:宅地 見込地, 5:商業地, 9:工業地, 20: 林地	前年度連番	年度	調査価格(円/m ²)

3-4-2. ファイル出力インターフェース

1) 【IF101】年次別個人データ

CSV 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能

- 【FN011】

表 3-4-1 年次別個人データ

Personal_UniqueId	zone_code	Gender	Age	Expansion_Factor	Marital_Status
1	119091-67543	1	18	20	1
2	119091-67543	1	39	20	2
3	119091-67543	2	27	20	1
4	119091-67443	2	79	20	3
...
個人ユニーク ID	居住地のゾーンコード	個人の性別 1:男性, 2:女性	個人の年齢	拡大係数	個人の配偶有無 ※配偶関係コード表参照

Family_Type	Family_Position	Marital_Status_Family_Position	Age_Group
1	1	11	4
3	1	21	8
1	3	13	6
5	3	33	16
...
個人の属する世帯の家族類型 ※家族類型コード表参照	個人の属する世帯の家族類型・世帯内地位 ※家族類型・世帯内の地位コード表参照	個人の配偶関係・家族類型・世帯内地位の組合せ ※配偶関係コード表、家族類型コード表、家族類型・世帯内の地位コード表参照	個人の年齢階層 1:0-4 歳, 2:5-9 歳, ... , 17:80-85 歳, 18:85 歳

配偶関係コード表

1	未婚
2	有配偶
3	死離別

家族類型・世帯内の地位コード表

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

家族類型コード表

1	単身世帯
2	夫婦のみの世帯
3	夫婦と子の世帯
4	一人親と子の世帯
5	その他の世帯

配偶関係・家族類型・世帯内地位の組合せ

1 衍目は配偶関係、2 衍目は家族類型・世帯内の地位

2) 【IF102】年次別ゾーンデータ

CSV 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能

- 【FN011】

表 3-4 2 年次別ゾーンデータ

zone_code	AREA	Avg_Dist_sta_center	Avg_Dist_sta_main	Avg_Dist_sta_other
1	800	2000	1000	50
2	1500	3000	2100	500
3	1200	15100	2500	700
4	1800	1000	500	200
...
ゾーンごとに ユニークなコード	ゾーンの面積 (m ²)	ゾーン重心から 中心駅までの距離 (m)	ゾーン重心から 主要駅までの距離 (m)	ゾーン重心から その他の駅までの距 離 (m)

UseDistrict	floorAreaRate	buildingCoverageRate
8	200	60
9	300	80
2	50	30
9	400	80
...
ゾーンの代表的な用途地域 ※用途地域コード表参照	最大容積率 (%)	最大建蔽率 (%)

用途地域コード表

コード	内容
1	第一種低層住居専用地域
2	第二種低層住居専用地域
3	第一種中高層住居専用地域
4	第二種中高層住居専用地域
5	第一種住居地域
6	第二種住居地域
7	準住居地域
8	近隣商業地域
9	商業地域
10	準工業地域
11	工業地域
12	工業専用地域
21	田園住居地域
99	市街化区域外

3) 【IF103】年次別建築物データ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN011】、【FN012】

表 3-4-3 年次別建築物データ

buildingID	Usage	YearOfConstruction	Height	storeysAboveGround	totalFloorArea	FootprintArea
1	402	1990	20	5	4000	800
2	403	1985	15	7	10500	1500
3	401	2003	25	3	3600	1200
4	454	0	0	0	0	1800
...
建築物ごとに ユニークな任 意のコード	建築物の用途 ※用途コード 表参照	建築年の西暦 4桁	建築物の高さ (m)	地上階の階数 (階)	延床面積 (m ²)	footprint の面 積 (m ²)

Existing	RoadWidth	zone_code	BuildingAge
1	3.0	119091-67543	15
1	3.0	119091-67443	30
1	13.0	119091-67541	10
2	13.0	122000-00000	0
...
建築物の存在有無 1:存在する, 2:存在しない	前面道路幅員(建築物が接 する道路の幅員の最大値) (m)	建築物の重心が位置する ゾーンのゾーンコード	建築物の建築年 ※シミュレーションイン プットデータでは NULL、 アウトプットデータでは 整数

Integrated_buildingID	SimTargetFlag	Lat	Lon
00001	1	35.6895	139.6917
00002	1	34.6937	135.5022
00003	1	35.6894	139.6921
00004	0	35.6586	139.7454
...
統合する場合の統合後の建築物のコード	シミュレーション対象フラグ 1:対象、0:対象外	建築物の重心の緯度	建築物の重心の経度

用途コード表

コード	内容	simulation_trflg
401	業務施設	0
402	商業施設	1
403	宿泊施設	0
404	商業系複合施設	1
411	住宅	1
412	共同住宅	1
413	店舗等併用住宅	1
414	店舗等併用共同住宅	1
415	作業所併用住宅	0
421	官公庁施設	0
422	文教厚生施設	0
431	運輸倉庫施設	0
441	工場	0
451	農林漁業用施設	0
452	供給処理施設	0
453	防衛施設	0
454	その他	0
461	不明	0

3-4-3. 内部連携インターフェース

1) 【IF201】インプットデータパス

CSV 形式で以下の情報を付与したデータである。

- 本インターフェースを利用した機能

- 【FN006】、【FN007】、【FN008】、【FN011】

表 3-4-4 インプットデータパス

inputpath	outputpath	epsg
D:/Urban-structure-simulation/InputDataGeneration/Input	D:/Urban-structure-simulation/Simlation/Input	6677
インプットデータがあるフォルダの path の指定	アウトプットデータを出力するフォルダの path の指定	平面直角座標系 (epsg コード) の指定

2) 【IF202】ゾーンデータ（現況、シナリオ共通）

CSV 形式でゾーン別の基礎情報、施設数、最寄り施設までの平均距離を整理した 3 種類のデータからなる。

- 本インターフェースを利用した機能

- 【FN005】、【FN006】、【FN009】、【FN011】

表 3-4-5 ゾーンデータ（現況、シナリオ共通）[基礎情報]

zone_code	AREA	Avg_Dist_sta_center	Avg_Dist_sta_main	Avg_Dist_sta_other
1	800	2000	1000	50
2	1500	3000	2100	500
3	1200	15100	2500	700
4	1800	1000	500	200
...
ゾーンごとに ユニークなコード	ゾーンの面積 (m ²)	ゾーン重心から 中心駅までの距離 (m)	ゾーン重心から 主要駅までの距離 (m)	ゾーン重心から その他の駅までの距 離 (m)

UseDistrict	floorAreaRate	buildingCoverageRate
8	200	60
9	300	80
2	50	30
9	400	80
...
ゾーンの代表的な用途地域 ※用途地域コード表参照	最大容積率 (%)	最大建蔽率 (%)

用途地域コード表

コード	内容
1	第一種低層住居専用地域
2	第二種低層住居専用地域
3	第一種中高層住居専用地域
4	第二種中高層住居専用地域
5	第一種住居地域
6	第二種住居地域
7	準住居地域
8	近隣商業地域
9	商業地域
10	準工業地域
11	工業地域
12	工業専用地域
21	田園住居地域
99	市街化区域外

表 3-4 6 ゾーンデータ（現況、シナリオ共通）[施設数]

zone_code	fnum_Library	fnum_Hospital	fnum_Clinic
1	0	2	1
2	1	1	1
3	1	0	1
4	1	3	0
...

ゾーンごとにユニークな ゾーン内の図書館の施設数
ゾーン内の病院の施設数
ゾーン内の診療所の施設数
コード
数
(箇所) (箇所) (箇所)

fnum_ElementarySchool	fnum_MiddleSchool	fnum_PreSchool
1	0	1
1	1	1
1	1	1
1	1	1
...

ゾーン内の小学校の施設数
ゾーン内の中学校の施設数
ゾーン内の幼稚園及びこども園の
施設数
(箇所) (箇所) (箇所)

表 3-4 7 ゾーンデータ（現況、シナリオ共通）[最寄り施設までの平均距離]

zone_code	Avg_Dist_Zone_to_Library	Avg_Dist_Zone_to_Hospital	Avg_Dist_Zone_to_Clinic
1	2000	1000	50
2	3000	2100	500
3	15100	2500	700
4	1000	500	200
...

ゾーンごとにユニークな
コード
ゾーン内のポイントから
図書館までの平均距離
(m)
ゾーン内のポイントから
病院までの平均距離
(m)
ゾーン内のポイントから
診療所までの平均距離
(m)

uc23-07_技術検証レポート_都市構造シミュレーション v2.0

Avg_Dist_Zone_to_ElementarySchool	Avg_Dist_Zone_to_MiddleSchool	Avg_Dist_Zone_to_PreSchool
500	600	300
400	500	250
200	300	200
300	400	300
...
ゾーン内のポイントから小学校までの平均距離 (m)	ゾーン内のポイントから中学校までの平均距離 (m)	ゾーン内のポイントから幼稚園及びこども園までの平均距離 (m)

3) 【IF203】建築物データ（FootPrint 作成、欠損値補完、現況、シナリオ共通）

GeoDataBase 形式および CSV 形式で建物別の基礎情報、最寄り駅までの距離を整理した 2 種類のデータからなる。

- 本インターフェースを利用した機能

- 基礎情報を利用した機能
 - ✧ GeoDataBase 形式【FN002】、【FN003】、【FN004】、【FN005】、【FN009】
 - ✧ CSV 形式【FN011】
- 最寄り駅までの距離を利用した機能
 - ✧ csv 形式【FN004】、【FN005】、【FN009】、【FN011】

表 3-4-8 建築物データ（FootPrint 作成、欠損値補完、現況、シナリオ共通）（基礎情報）

buildingID	Usage	YearOfConstruction	Height	storeysAboveGround	totalFloorArea
1	402	1990	20	5	4000
2	403	1985	15	7	10500
3	401	2003	25	3	3600
4	454	0	0	0	0
...
建築物ごとにユ ニークな任意の コード	建築物の用途 ※用途コード表参 照	建築年の西暦 4 桁	建 築 物 の 高 さ (m)	地上階の階数 (階)	延床面積 (m ²)

FootprintArea	Existing	RoadWidth	zone_code	BuildingAge
800	1	3.0	119091-67543	15
1500	1	3.0	119091-67443	30
1200	1	13.0	119091-67541	10
1800	2	13.0	122000-00000	0
...
footprint の面積(m ²)	建築物の存在有無 1:存在する, 2:存在し ない	前面道路幅員（建築 物が接する道路の幅 員の最大値）(m)	建築物の重心が位置 するゾーンのゾーン コード	建築物の建築年 ※シミュレーション インプットデータで は NULL、アウトプ ットデータでは整数

Integrated_buildingID	SimTargetFlag	Lat	Lon
00001	1	35.6895	139.6917
00002	1	34.6937	135.5022
00003	1	35.6894	139.6921
00004	0	35.6586	139.7454
...
統合する場合の統合後の建築物のコード	シミュレーション対象フラグ 1:対象、0:対象外	建築物の重心の緯度	建築物の重心の経度

CompletionFlag_Usage	CompletionFlag_Storeys	CompletionFlag_FloorArea	CompletionFlag_Age
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
...
用途の補完有無を表すコード。1:補完あり、0:補完なし	階数の補完有無を表すコード。1:補完あり、0:補完なし	延床面積の補完有無を表すコード。1:補完あり、0:補完なし	築年数の補完有無を表すコード。1:補完あり、0:補完なし

用途コード表

コード	内容	simulation_trflg
401	業務施設	0
402	商業施設	1
403	宿泊施設	0
404	商業系複合施設	1
411	住宅	1
412	共同住宅	1
413	店舗等併用住宅	1
414	店舗等併用共同住宅	1
415	作業所併用住宅	0
421	官公庁施設	0
422	文教厚生施設	0
431	運輸倉庫施設	0
441	工場	0
451	農林漁業用施設	0
452	供給処理施設	0
453	防衛施設	0
454	その他	0
461	不明	0

表 3-4-9 建築物データ（現況、シナリオ共通）（最寄り駅までの距離）

buildingID	Dist_sta_centre	Dist_sta_main	Dist_sta_other
1	2000	1000	50
2	3000	2100	500
3	15100	2500	700
4	1000	500	200
...
建築物ごとにユニークな任意のコード	footprint の重心から中心駅までの距離 (m)	footprint の重心から主要駅までの距離 (m)	footprint の重心からその他の駅までの距離 (m)

4) 【IF204】ゾーン間所要時間データ（現況、シナリオ共通）

CSV 形式でゾーン間の鉄道・バス・自動車の所要時間とゾーン間距離を整理した 2 種類のデータからなる。

- 本インターフェースを利用した機能

- 【FN005】、【FN007】、【FN010】、【FN011】

表 3-5 0 ゾーン間所要時間データ（現況、シナリオ共通）（鉄道・バス・自動車）

zone_code_o	zone_code_d	Travel_Time_Rail	Waiting_Time_Rail	Access_Time_Rail
12345-6789	98765-4321	30	5	10
23456-7890	87654-3210	25	7	15
34567-8901	76543-2109	35	6	12
45678-9012	65432-1098	20	8	18
...
		鉄道乗車時間 (分)	鉄道待ち時間 (分)	鉄道アクセス時間 (分)

Egress_Time_Rail	Fare_Rail	Travel_Time_Bus	Waiting_Time_Bus	Access_Time_Bus
5	300	20	10	10
7	250	25	12	15
6	350	20	15	12
8	200	30	14	10
...
鉄道イグレス時間 (分)	鉄道運賃 (円)	バス乗車時間 (分)	バス待ち時間 (分)	バスアクセス時間 (分)

Egress_Time_Bus	Fare_Bus	Travel_Time_Car
8	200	20
7	250	15
6	200	30
22	300	10
...
バスイグレス時間 (分)	バス運賃 (円)	自動車所要時間 (分)

表 3-5 1 ゾーン間所要時間データ（現況、シナリオ共通）（ゾーン間距離）

zone_code	zone_code_2	dist

uc23-07_技術検証レポート_都市構造シミュレーション v2.0

1	1	0
2	1	542.3922
6	1	721.7346
10	1	558.5697
...
		ゾーン重心間距離 (m)

5) 【IF205】パラメータデータ

CSV 形式で転入転出割合のパラメータ、地価変更割合のパラメータ、各サブモデルの説明変数パラメータを整理した 3 種類のデータからなる。

- 本インターフェースを利用した機能

- 【FN011】

表 3-5-2 パラメータデータ（転入転出割合）

Migration_Rate_In	Migration_Rate_Out
23	15
12	30
20	5
18	22
...	...
転入割合を整数で入力 (%)	転出割合を整数で入力 (%)

表 3-5-3 パラメータデータ（地価変更割合）

zone_code	ChangeRateResidence	ChangeRateCommercial
00001	5	10
00002	10	10
00003	15	15
00004	5	20
...
ゾーンごとにユニークなコード	割引率を整数で入力 (%)	割引率を整数で入力 (%)

表 3-5-4 パラメータデータ（説明変数パラメータ）

variable	param
transit40_pop_all	1.10E-07
transit20_pop_all	2.80E-06
car5_pop_all	3.10E-06
...	...
変数名を表す	パラメータの値を表す

6) 【IF206】個人データ（現況）

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN005】、【FN008】、【FN011】

表 3-5 5 個人データ（現況）

Personal_UniqueId	zone_code	Gender	Age	Expansion_Factor	Marital_Status
1	119091-67543	1	18	20	1
2	119091-67543	1	39	20	2
3	119091-67543	2	27	20	1
4	119091-67443	2	79	20	3
...
個人ユニーク ID	居住地のゾーンコード	個人の性別 1:男性, 2:女性	個人の年齢	拡大係数	個人の配偶有無 ※配偶関係コード表参照

Family_Type	Family_Position	Marital_Status_Family_Position	Age_Group
1	1	11	4
3	1	21	8
1	3	13	6
5	3	33	16
...
個人の属する世帯の家族類型 ※家族類型コード表参照	個人の属する世帯の家族類型・世帯内地位 ※家族類型・世帯内の地位コード表参照	個人の配偶関係・家族類型・世帯内地位の組合せ ※配偶関係コード表、家族類型コード表、家族類型・世帯内の地位コード表参照	個人の年齢階層 1:0-4 歳, 2:5-9 歳, ..., 17:80-85 歳, 18:85 歳

配偶関係コード表

1	未婚
2	有配偶
3	死離別

家族類型・世帯内の地位コード表

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

家族類型コード表

1	単身世帯
2	夫婦のみの世帯
3	夫婦と子の世帯
4	一人親と子の世帯
5	その他の世帯

配偶関係・家族類型・世帯内地位の組合せ

1 行目は配偶関係、2 行目は家族類型・世帯内の地位

3-4-4. 外部連携インターフェース

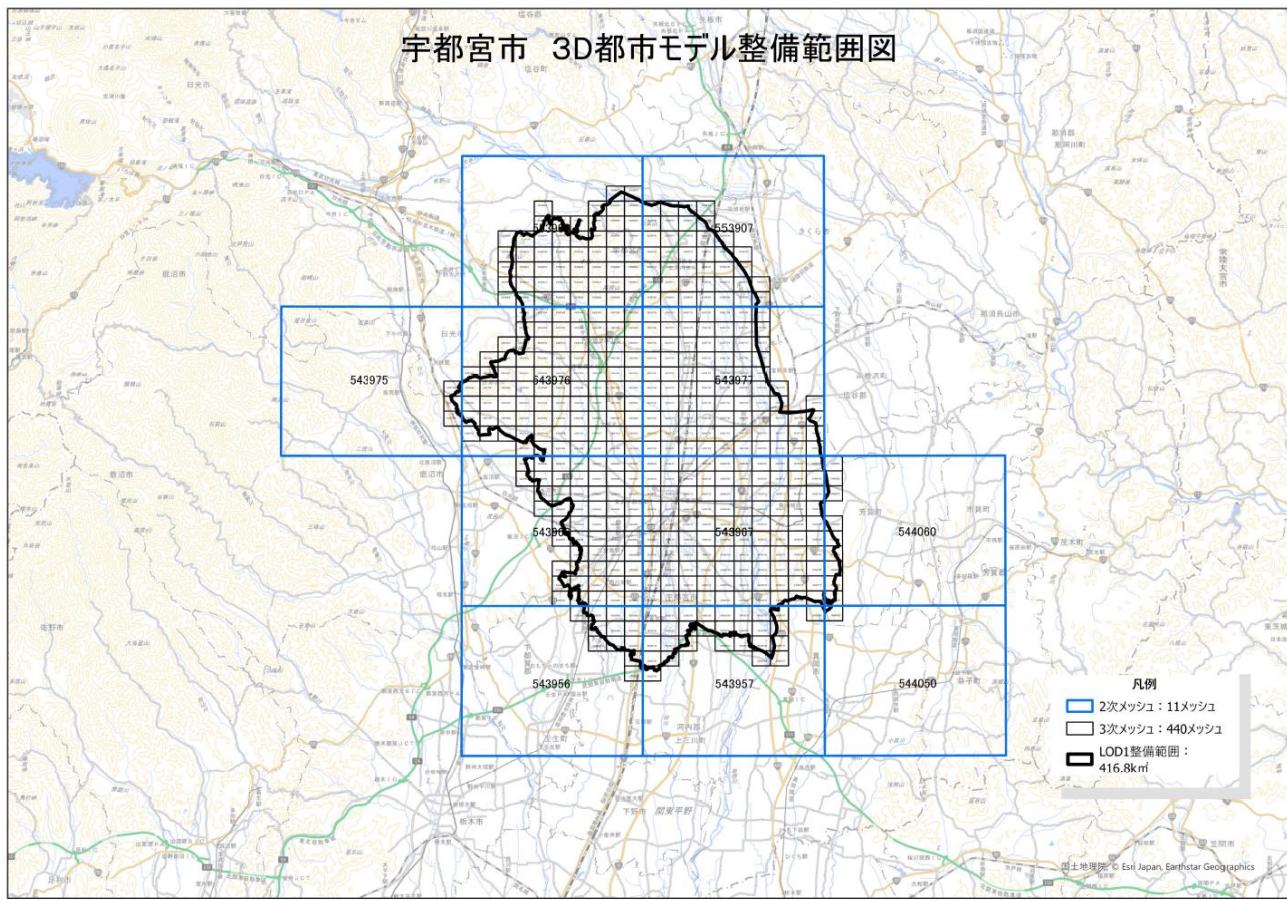
外部システムとの連携なし。

3-5. 実証に用いたデータ

3-5-1. 活用したデータ一覧

1) 利用した3D都市モデル

- 年度：2020年度（宇都宮市）、2022年度（仙台市）
- 都市名：宇都宮市、仙台市
- ファイル名：09201_utsunomiya-shi_2020_citygml_3_op、04100_sendai-shi_2022_citygml_1_op
- メッシュ番号：宇都宮市（LOD1範囲のすべて）、仙台市（LOD1範囲のすべて）



背景地図は国土地理院の地理院タイルを利用した。

図 3-24 インデックスマップ（宇都宮市）

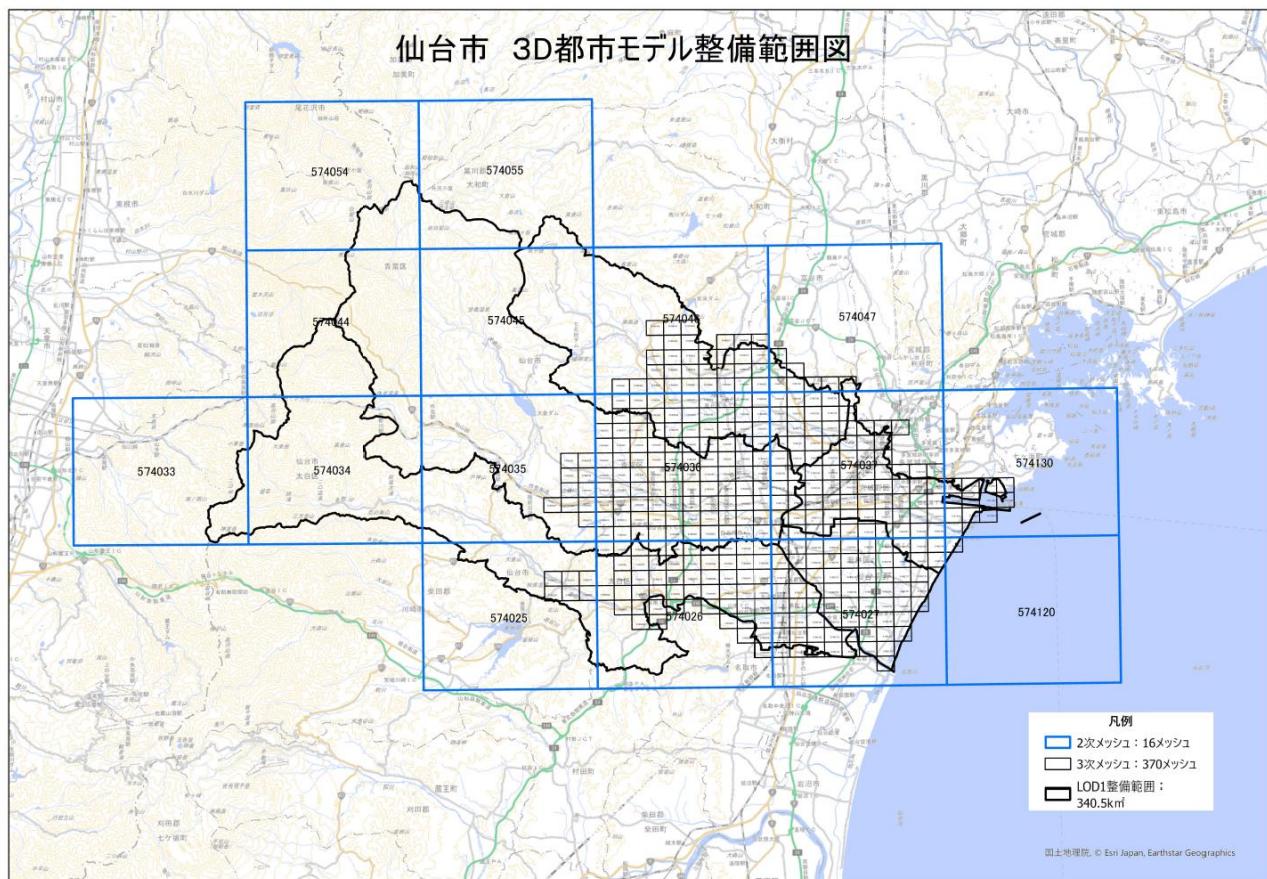


図 3-25 インデックスマップ（仙台市）

表 3-5 6 利用した3D都市モデル

地物	地物型	属性区分	ID	属性名	内容	データを利用した機能(ID)
建築物 LOD1	bldg:Building	空間属性	DT001	bldg:lod1Solid	建築物の外周の上方からの正射影を取得し、地上から一律の高さを与えて立ち上げた立体	FN002
			DT002	bldg:lod0FootPrint	地表と外壁との交線に囲まれた面	FN002
		主題属性	DT003	bldg:usage	用途	FN003
			DT004	bldg:yearOfConstruction	建築年	FN003
			DT005	bldg:storeysAboveGround	地上階数	FN003
			DT006	uro:totalFloorArea	延床面積	FN003
			DT007	uro:buildingRoofEdgeArea	図形面積	FN003
土地利用 LOD1	luse:LandUse	空間属性	DT008	luse:lod1MultiSurface	土地利用が変化する境界により囲われた同一の土地利用の範囲	FN002
		主題属性	DT009	luse:class	土地利用(住宅用地、商業用地、駐車場等)	FN002
用途地域	urf:UseDistrict	空間属性	DT010	urf:lod1MultiSurface	区域の範囲	FN002
		主題属性	DT011	urf:function	用途地域	FN002
			DT012	urf:floorAreaRate	容積率	FN002

2) 利用したその他のデータ

1. データ一覧

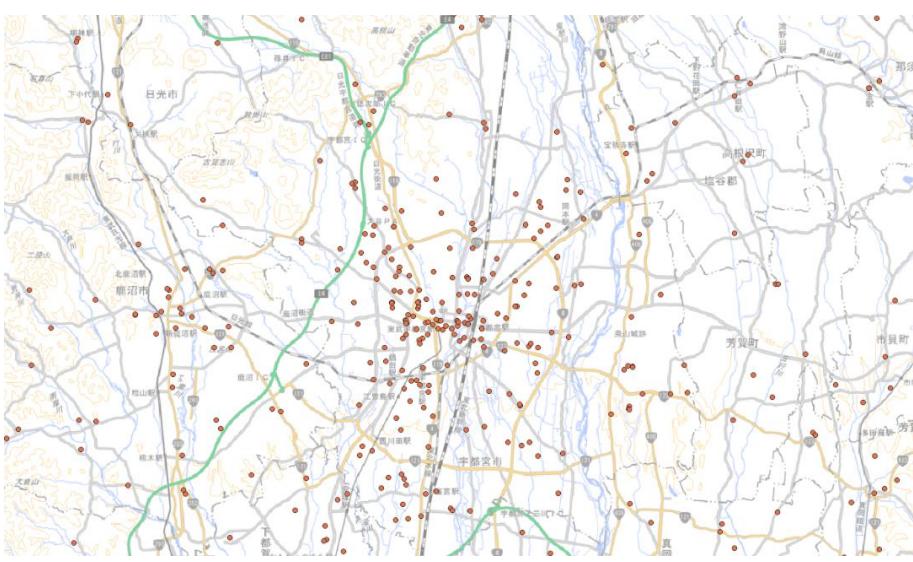
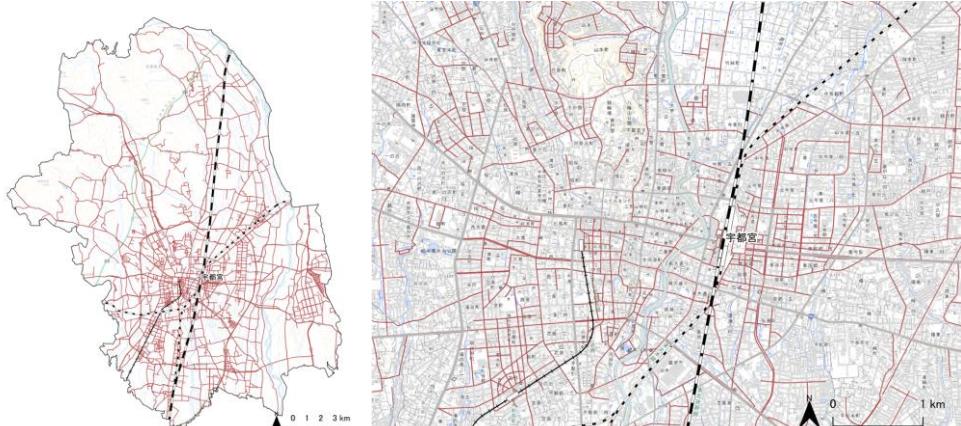
表 3-5 7 利用したその他データ（一覧）

ID	エリア (都市)	活用データ	内容	データ形式	更新情報	出典	データを利用した機能(ID)
DT101	宇都宮市 仙台市	施設位置情報データ	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	SHP 形式	数年に一度	国土数値情報	DT205
DT102	宇都宮市 仙台市	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	毎年	日本デジタル道路地図協会	DT206
DT103	宇都宮市 仙台市	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	毎年	国土数値情報	DT207
DT104	宇都宮市 仙台市	時刻表データ	鉄道駅間、バス停間の時刻表データ	鉄道会社、バス会社により異なる	不定期	各鉄道会社、バス会社ホームページ	DT208 DT209 DT210
DT105	仙台市	GTFS データ	バスの運行情報データ	Txt 形式	不定期	仙台市 HP	DT210
DT106	宇都宮市 仙台市	国勢調査メッシュ別人口データ	国勢調査の 250m メッシュ別の人口データ	CSV 形式	5 年に一度	e-Stat	DT211
DT107	宇都宮市 仙台市	メッシュポリゴンデータ	5 次メッシュ(250m メッシュ)の境界データ	SHP 形式	5 年に一度	e-Stat	DT211

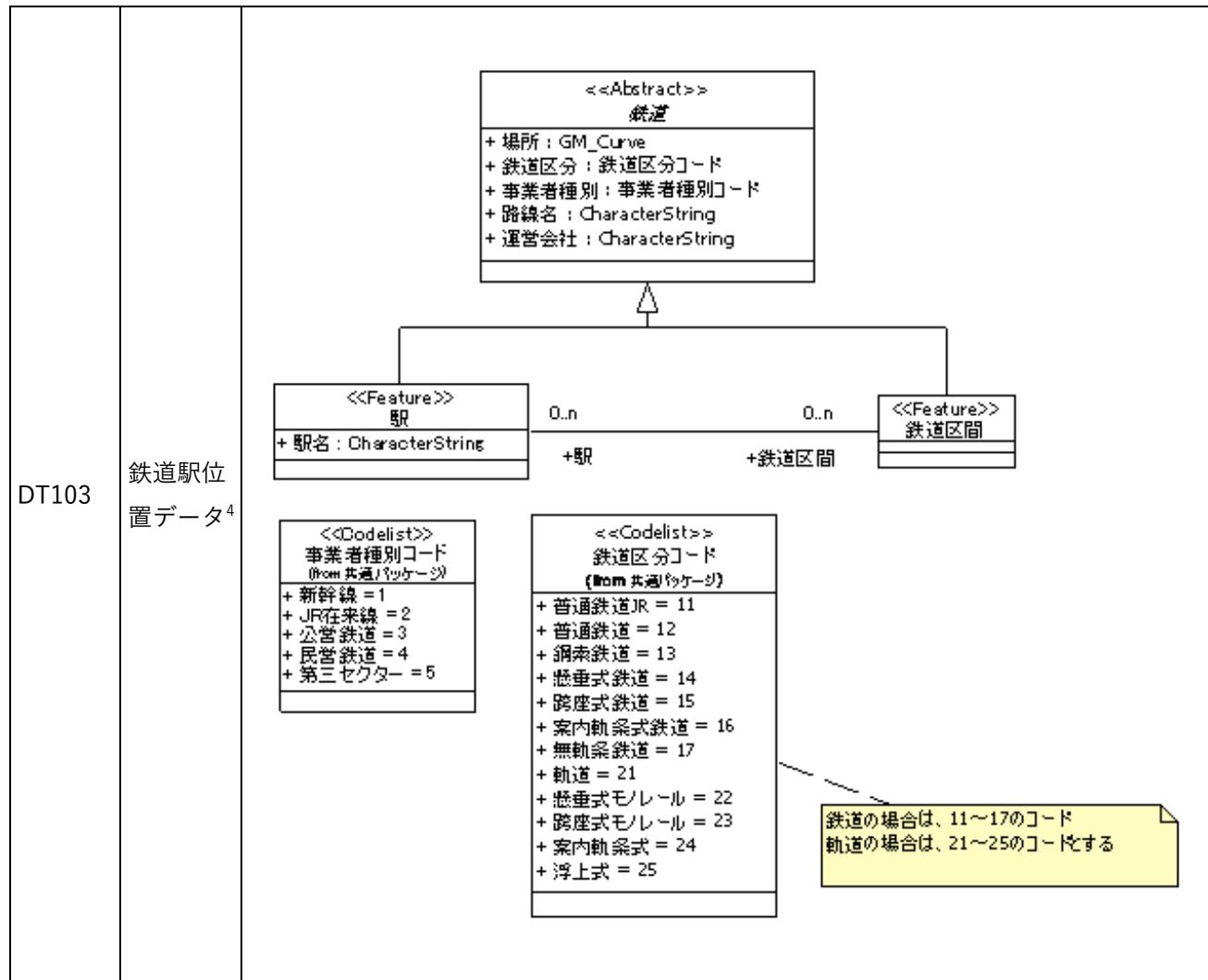
DT108	宇都宮市 仙台市	国勢調査 世帯別人	国勢調査の世帯別 人口データ	CSV形式	5年に一度	e-Stat	DT211
DT108	宇都宮市 仙台市	国勢調査 世帯別人	国勢調査の世帯別 人口データ	CSV形式		e-Stat	DT211
DT109	宇都宮市 仙台市	国勢調査 小地域ポリゴン	平成27年国勢調査 の小地域（総務省統計局作成）	SHP形式	5年に一度	e-Stat	DT204
DT110	宇都宮市 仙台市	地価ポイントデータ	公示地価、都道府県 地価調査のポイント データ	SHP形式	毎年	e-Stat	FN011

2. データサンプル（イメージ）

表 3-5-8 利用したその他データ（サンプル）

ID	活用データ	サンプル・イメージ
DT101	施設位置情報データ ²	
DT102	デジタル道路地図データベース（DRM） ³	

² 国土数値情報ダウンロードサイト <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>³ 日本デジタル道路地図協会 DRM データベース <https://www.drm.jp/database/>



⁴ 国土数値情報ダウンロードサイト https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N02-v3_1.html

DT104	時刻表データ ⁵	JR東日本 駅の時刻表																		JR 東日本	
		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	全日	全日	全日	全日	全日	全日	全日	全日		
		始発																			
		東京港線																			
		東京	発																		
		上野	着																		
DT105	GTFS データ ⁶	上野岳線							(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					
		東武宮	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					
DT105	GTFS データ ⁶	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
		trip_id	arrival_time	departure_time	stop_id	stop_sequence	stop_headsign	pickup_type	drop_off_type	stop_id	stop_sequence	stop_headsign	pickup_type	drop_off_type	stop_id	stop_sequence	stop_headsign	pickup_type	drop_off_type	stop_id	
		10_1_11000010	19:20:00	19:20:00	2151_51	1	交通局東北大字病院前(南光台入口・宮町)	0	0	10_1_11000010	19:21:00	2703_51	2	交通局東北大字病院前(南光台入口・宮町)	0	0	10_1_11000010	19:22:00	2333_10	3	
		10_1_11000010	19:23:00	19:23:00	2315_10	4	交通局東北大字病院前(南光台入口・宮町)	0	0	10_1_11000010	19:24:00	2313_10	5	交通局東北大字病院前(南光台入口・宮町)	0	0	10_1_11000010	19:25:00	2311_10	6	
		10_1_11000010	19:27:00	19:27:00	2423_10	7	交通局東北大字病院前(宮町)	0	0	10_1_11000010	19:28:00	2421_10	8	交通局東北大字病院前(宮町)	0	0	10_1_11000010	19:30:00	2419_10	9	
		10_1_11000010	19:32:00	19:32:00	2417_10	10	交通局東北大字病院前(宮町)	0	0	10_1_11000010	19:34:00	2415_10	11	交通局東北大字病院前	0	0	10_1_11000010	19:35:00	2413_10	12	
		10_1_11000010	19:36:00	19:36:00	2411_10	13	交通局東北大字病院前	0	0	10_1_11000010	19:39:00	135_10	14	交通局東北大字病院(広瀬通駅・定禅寺通市役所)	0	0	10_1_11000010	19:40:00	45_10	15	
		10_1_11000010	19:43:00	19:43:00	50_210	16	交通局東北大字病院(広瀬通駅・定禅寺通市役所)	0	0	10_1_11000010	19:45:00	60_50	17	交通局東北大字病院(定禅寺通市役所)	0	0	10_1_11000010	19:47:00	65_52	18	
		10_1_11000010	19:49:00	19:49:00	80_50	19	交通局東北大字病院	0	0	10_1_11000010	19:51:00	4_50	20	交通局東北大字病院	0	0	10_1_11000010	19:52:00	3_51	21	
		10_1_11000010	19:53:00	19:53:00	1_0	22	交通局東北大字病院	0	0	10_1_11000020	09:20:00	2151_51	1	交通局東北大字病院前(南光台入口・宮町)	0	0	10_1_11000020	09:21:00	2703_51	2	
		10_1_11000020	09:22:00	09:22:00	2333_10	3	交通局東北大字病院前(南光台入口・宮町)	0	0	10_1_11000020	09:23:00	2315_10	4	交通局東北大字病院前(南光台入口・宮町)	0	0	10_1_11000020	09:24:00	2313_10	5	
		10_1_11000020	09:25:00	09:25:00	2311_10	6	交通局東北大字病院前(宮町)	0	0	10_1_11000020	09:28:00	2423_10	7	交通局東北大字病院前(宮町)	0	0	10_1_11000020	09:29:00	2421_10	8	
		10_1_11000020	09:32:00	09:32:00	2419_10	9	交通局東北大字病院前(宮町)	0	0	10_1_11000020	09:34:00	2417_10	10	交通局東北大字病院前(宮町)	0	0	10_1_11000020	09:36:00	2415_10	11	
		10_1_11000020	09:38:00	09:38:00	2413_10	12	交通局東北大字病院前	0	0												

⁵ JR 東日本 時刻表サイト <https://www.jreast-timetable.jp/>⁶ 仙台市オープンデータポータル

項目名	順番	階層
人口及び世帯	1	HP用表題
男女別人口(総数)	2	T001102000
人口(総数)	3	T001102001
人口(総数)男	3	T001102002
人口(総数)女	3	T001102003
年齢別、男女別人口	2	T001102000
0~14歳人口 総数	3	T001102004
0~1~4歳人口 男	3	T001102005
0~1~4歳人口 女	3	T001102006
15歳以上人口 総数	3	T001102007
15歳以上人口 男	3	T001102008
15歳以上人口 女	3	T001102009
15~64歳人口 総数	3	T001102010
15~64歳人口 男	3	T001102011
15~64歳人口 女	3	T001102012
18歳以上人口 総数	3	T001102013
18歳以上人口 男	3	T001102014
18歳以上人口 女	3	T001102015
20歳以上人口 総数	3	T001102016
20歳以上人口 男	3	T001102017
20歳以上人口 女	3	T001102018
20歳以上人口 総数	3	T001102019
65歳以上人口 総数	3	T001102020
65歳以上人口 男	3	T001102021
65歳以上人口 女	3	T001102022
75歳以上人口 総数	3	T001102023
75歳以上人口 男	3	T001102024
75歳以上人口 女	3	T001102025
85歳以上人口 総数	3	T001102026
85歳以上人口 男	3	T001102027
85歳以上人口 女	3	T001102028
95歳以上人口 総数	3	T001102029
95歳以上人口 男	3	T001102030
95歳以上人口 女	3	T001102000
男女別外国人口	2	T001102031
外国人人口 総数	3	T001102032
外国人人口 男	3	T001102033
外国人人口 女	3	T001102000
世帯の種類別世帯数	2	T001102034
世帯総数	3	T001102035
一般世帯数	3	T001102000
世帯員別一般世帯数	2	T001102036
1人世帯数 一般世帯数	3	T001102037
2人世帯数 一般世帯数	3	T001102038
3人世帯数 一般世帯数	3	T001102039
4人世帯数 一般世帯数	3	T001102040
5人世帯数 一般世帯数	3	T001102041
6人世帯数 一般世帯数	3	T001102042
7人以上世帯数 一般世帯数	3	T001102000
世帯の家族類型別一般世帯数	2	T001102043
親族のみの世帯数 一般世帯数	3	T001102044
核家族世帯数 一般世帯数	3	T001102045
核家族以外の世帯数 一般世帯数	3	T001102046
6歳未満世帯員のいる世帯数 一般世帯数	3	T001102047
65歳以上世帯員のいる世帯数 一般世帯数	3	T001102048
世帯主の年齢が20~29歳の1人世帯数 一般世帯数	3	T001102049
高齢単身世帯数 一般世帯数	3	T001102050
高齢夫婦世帯数 一般世帯数	3	

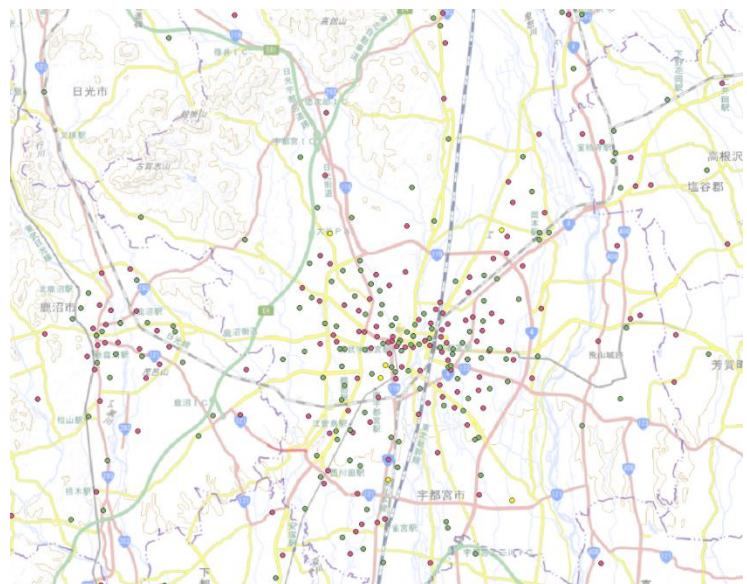
No	列名	列名(ID)	内容説明
1	メッシュコード	KEY_CODE	キーコード (10桁)
2	1次メッシュコード	MESH1_ID	1次メッシュコード (4桁)
3	2次メッシュコード	MESH2_ID	2次メッシュコード (2桁)
4	3次メッシュコード	MESH3_ID	3次メッシュコード (2桁)
5	4次メッシュコード	MESH4_ID	4次メッシュコード (1桁)
6	5次メッシュコード	MESH5_ID	5次メッシュコード (1桁)
7	通し番号	OBJ_ID	シーケンシャル番号 (9桁)

⁷ e-Stat 総務省統計局 令和2年国勢調査 地域メッシュ統計（250m メッシュ）定義書<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200521>⁸ e-Stat 総務省統計局 メッシュ境界（250m）定義書<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=2&aggregateUnitForBoundary=Q&coordsys=1&format=shape>

DT108	国勢調査 世帯別人 口データ ⁹	令和2年国勢調査 人口等基本集計																
		第5表 男女、年齢（5歳階級）、配偶関係、世帯の種類・世帯の構成員及び平均年齢 - 全国、都道府県、21大都市、特別区、人口50万以上の市																
		1) 「平均年齢」については、年齢「不詳」の者を除いて算出。																
		世帯人員 年齢																
		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1																
		00_総数 01_~0~4歳 02_5~9歳 03_10~14歳 04_15~19歳 05_20~24歳 06_25~29歳 07_30~34歳																
		(人)																
		7355 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 1_0_総数 518,757 19,855 22,202 23,196 22,603 22,413 25,853 2 7356 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 1_1_一世帯 509,379 19,840 22,185 23,144 22,551 21,881 25,842 2 7357 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 2_11_親族のみの世帯 412,766 19,739 22,068 22,990 21,482 14,417 16,447 2 7358 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 3_11_夫婦世帯 305,024 17,878 19,616 19,770 17,850 11,454 13,856 1 7359 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_11_夫婦と子供 88,596 17,080 17,880 17,081 14,382 8,285 8,201 1 7360 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1112_夫婦と子供 213,112 17,108 17,880 17,081 14,382 8,285 8,201 1 7361 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1113_男親と子供 6,486 41 126 232 370 381 296 7362 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1114_女親と子供 37,088 729 1,612 2,457 3,089 2,180 1,703 7363 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 8_112_核家族以外 68,732 1,661 2,450 3,220 3,632 2,983 2,811 7364 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1120_夫婦と両親 3,044 - - - - 2 12 47 7365 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1122_夫婦と孫 7,203 - - - - 1 12 50 7366 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1123_夫婦と孫 12,988 519 709 790 856 953 530 360 7367 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1124_夫婦、子 19,795 496 790 1,093 1,321 1,093 1,093 940 7368 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1125_夫婦、他 1,363 15 13 25 73 103 57 7369 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1126_夫婦、子 7,067 232 346 497 485 359 236 7370 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1127_夫婦、親 1,198 30 23 14 19 55 90 7371 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1128_夫婦、子 2,426 381 333 279 202 171 213 7372 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_1129_夫婦、孫 2,373 2 3 3 39 195 127 7373 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 4_11310_他に分母 8,917 178 234 359 537 513 491 7374 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 2_12_非親族を含む 7,159 101 97 154 192 834 1,138 7375 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 2_13_単独世帯 89,232 - - - - 877 6,630 8,057 7376 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 2_14_世帯の家族構成 222 - - - - - - - 7377 0 08201_宇都宮市_0_総数 0_総数 16 37 69 550 550 511																
		16_世帯の構成員																
DT109	国勢調査 小地域ポリゴン	No.	フィールド名	項目内容	備考													
		1	KEY_CODE	图形と集計データのリンクコード	PREF+CITY+S_AREA													
		2	PREF	都道府県番号														
		3	CITY	市区町村番号														
		4	K_AREA	基本単位区番号	KIHON1+KIHON2+KIHON3 (0(ゼロ)補足)													
		5	S_AREA	調査区番号	C2+C3+C4 (C2とC4は0(ゼロ)補足、C4が0の場合はC2+C3のみ)													
		6	PREF_NAME	都道府県名	1)													
		7	CITY_NAME	市区町村名	1)													
		8	S_NAME	町丁・字等名称	1)													
		9	KIGO_E	特殊記号E (基本単位区 (調査区) 重複フラグ)	2)													
		10	HCODE	分類コード	3)													
		11	AREA	面積 (m ²)														
		12	PERIMETER	周辺長 (m)														
		13	KIHON1	町字コード	基本単位区番号													
		14	DUMMY1	ダミー1	"-" (ハイフン)													
		15	KIHON2	基本単位区コード	丁目、字などの番号													
		16	KIHON3		基本単位区の番号と分割番号													
		17	C1	地図番号														
		18	C2	主番号	調査区番号													
		19	DUMMY2	ダミー2	"-" (ハイフン)													
		20	C3	後置番号														
		21	DUMMY3	ダミー3	"-"or C4が0(ゼロ)の場合はブランク													
		22	C4	単位番号														
		23	KIGO_A	特殊記号A (複数調査区フラグ)	4)													
		24	KIGO_D	特殊記号D (飛び地、抜け地フラグ)	5)													
		25	N_KEN	抜け地県番号														
		26	N_CITY	抜け地市区町村番号														
		27	N_C1	抜け地地図番号														
		28	KIGO_I	特殊記号I (島フラグ)	6)													
		29	KEYCODE1	マッチング番号														
		30	JINKO	人口	KIGO_Eが「En」(n≠2) の場合は0(ゼロ)													
		31	SETAI	世帯数	KIGO_Eが「En」(n≠2) の場合は0(ゼロ)													
		32	KEN_OLD	旧都道府県番号	旧(H27)都道府県番号													
		33	CITY_OLD	旧市区町村番号	旧(H27)市区町村番号													
		34	X_CODE	图形中心点座標 (10進経度)														
		35	Y_CODE	图形中心点座標 (10進緯度)														
		36	KCODE1	基本単位区番号	KIHON1~KIHON3													
		37	CCODE1	調査区番号	C2~C4 (C4が0(ゼロ)の場合はC2~C3)													

図 3-26 国勢調査小地域ポリゴン10

⁹ 総務省統計局 令和2年国勢調査<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200521&tstat=000001136464>¹⁰ 令和2年国勢調査 基本単位区境界データ データベース定義書 <https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search/data?datatype=2&surveyId=B002005212020&downloadType=1&datum=2000>

DT110	地価ポイントデータ	
-------	-----------	--

3-5-2. 生成・変換したデータ

表 3-5-9 生成・変換したデータ

ID	システムに入力するデータ(データ形式)	用途	処理内容	データ処理ソフトウェア	活用データ(データ形式)	データを利用した機能(ID)
DT201	【IF001】建築物データ	建築物データ作成機能へのインプット	<ul style="list-style-type: none"> ● CityGML から GeoDataBase に変換 	ArcGIS Data interoperability Extension	3D 都市モデル(CityGML 形式)	【FN002】 【FN003】
DT202	【IF002】土地利用データ					【FN002】
DT203	【IF003】都市計画情報データ					【FN002】
DT204	【IF004】ゾーンポリゴンデータ	建築物データ作成機能、インプットデータ生成機能のインプット	<ul style="list-style-type: none"> ● 国勢調査小地域ポリゴンから『ファイル入力インターフェース』のフォーマットに加工 ● 国勢調査小地域のポリゴン以外をゾーンとして使用したい場合は、各ポリゴンデータを『ファイル入力インターフェース』のフォーマットに加工 	QGIS	国勢調査小地域ポリゴン 【DT109】	【FN002】 【FN003】 【FN004】 【FN005】 【FN006】 【FN007】 【FN008】
DT205	【IF005】施設ポイントデータ	インプットデータ生成機能のインプット	<ul style="list-style-type: none"> ● 國土数値情報の「学校」「文化施設」等の施設のポイントデータから『ファイル入力イ 	Excel、QGIS	施設位置情報データ 【DT101】	【FN005】 【FN006】

			ンタフェース』の フォーマットに加 工			
DT206	【IF006】 道路 NW	建築物データ 作成機能、イン プットデータ 生成機能のイ ンプット	● デジタル道路地図 データベース (DRM) の基本道 路データから『フ ァイル入力インタ フェース』のフォ ーマットに加工	Excel、QGIS	デジタル道路 地図データベ ース (SHP 形 式) 【DT102】	【FN004】 【FN005】 【FN007】
DT207	【IF007】 鉄道駅位 置データ	建築物データ 作成機能、イン プットデータ 生成機能のイ ンプット	● 国土数値情報の鉄 道データから、鉄 道駅の重心データ を抽出し『ファイ ル入力インタフェ ース』のフォーマ ットに加工	Excel、QGIS	鉄道駅位置デ ータ 【DT103】	【FN004】 【FN005】 【FN006】 【FN007】
DT208	【IF008】 鉄道 NW データ	インプットデ ータ生成機能 のインプット	● 鉄道事業者のホー ムページ等の時刻 表情報から『ファ イル入力インタフ ェース』のフォー マットに作成	Excel	時刻表データ 【DT104】	【FN005】 【FN007】
DT209	【IF009】 バス停位 置データ	インプットデ ータ生成機能 のインプット	● GTFS の 「stop.txt」から 『ファイル入力イ ンタフェース』の フォーマットに加 工 ● GTFS が未整備の 場合は、バス事業 者のホームページ 等の位置情報か ら、『ファイル入 力インタフェー ス』のフォーマッ トで作成	Excel、QGIS	時刻表データ 【DT104】 GTFS データ 【DT105】	【FN005】 【FN007】

DT210	【IF010】 バス NW データ	インプットデ ータ生成機能 のインプット	<ul style="list-style-type: none"> ● GTFS の「stop_times.txt」から『ファイル入力インタフェース』のフォーマットに加工 ● GTFS が未整備の場合は、バス事業者のホームページ等の時刻表情報から『ファイル入力インタフェース』のフォーマットのデータを作成 	Excel	時刻表データ 【DT104】 GTFS データ 【DT105】	【FN005】 【FN007】
DT211	【IF013】 国勢調査 世帯類型 別人口データ	インプットデ ータ生成機能 のインプット	<ul style="list-style-type: none"> ● e-stat からダウンロードした国勢調査世帯別人口データを『ファイル入力インタフェース』のフォーマットに加工 	Excel	国勢調査世帯 別人口データ 【DT108】	【FN005】 【FN008】

3-6. ユーザーインターフェース

3-6-1. 画面一覧

表 3-6-0 ユーザーインターフェース一覧

ID	分類	画面名称	説明	新規／改修／既存
SC001	メイン	メイン	ArcGIS Pro のメイン画面。各ツールへのアクセスを行う	既存
SC002	地図	3D 地図	実行結果を 3D で表示する	既存
SC003	コンテンツ	コンテンツ	実行結果を一覧で表示する 表示・非表示を制御したり、グループに整理したりすることが可能である	既存
SC004	ツールボックス	基礎データ作成	全てのシミュレーション共通で利用する基礎データを作成する。最初のみ実行する	新規
SC005		シナリオ設定	施策データを作成するために、ユーザーが施策ごとにシミュレーションパラメータを設定する	新規
SC006		シミュレーション	施策データをシミュレータに渡し統合後の FootPrint を作成する	新規
SC007		可視化	シミュレーションした結果を可視化する	新規

3-6-2. 画面遷移図

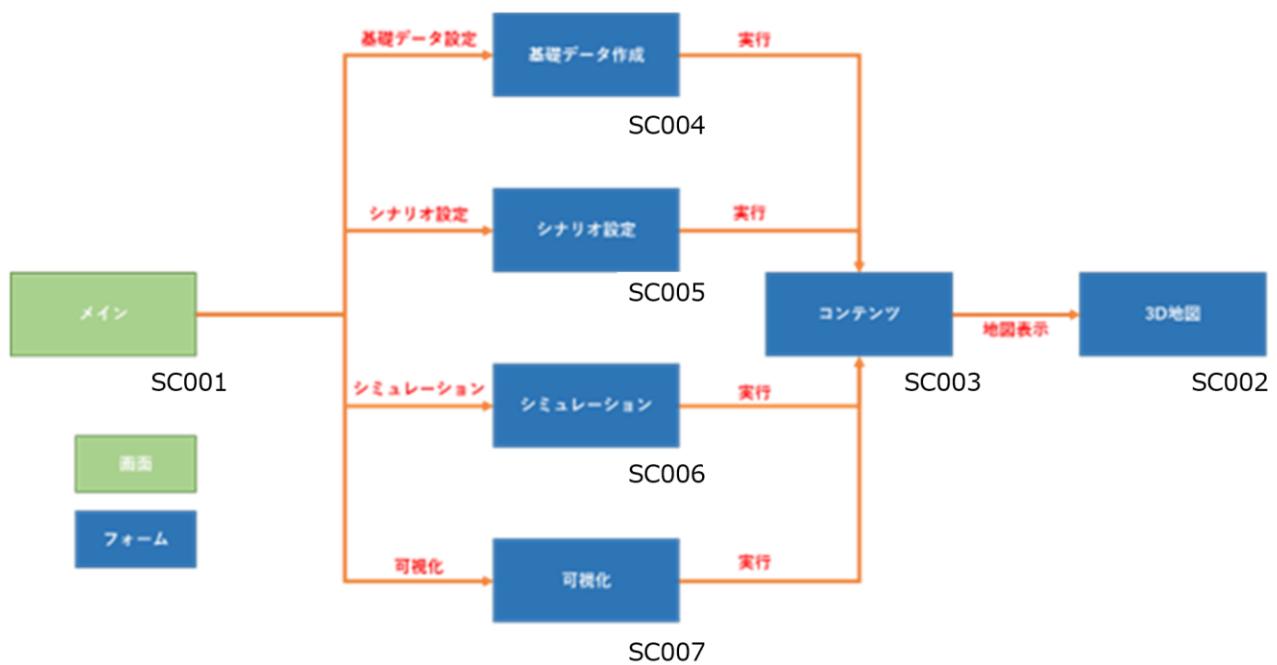


図 3-27 事業者画面遷移図

3-6-3. 各画面仕様詳細

1. 【SC001】メイン画面

- 画面の目的・概要
 - 3D 地図【SC002】、コンテンツ【SC003】、ツールボックスの各画面を構成する
 - ツールボックスの各機能を呼出す
- 画面イメージ

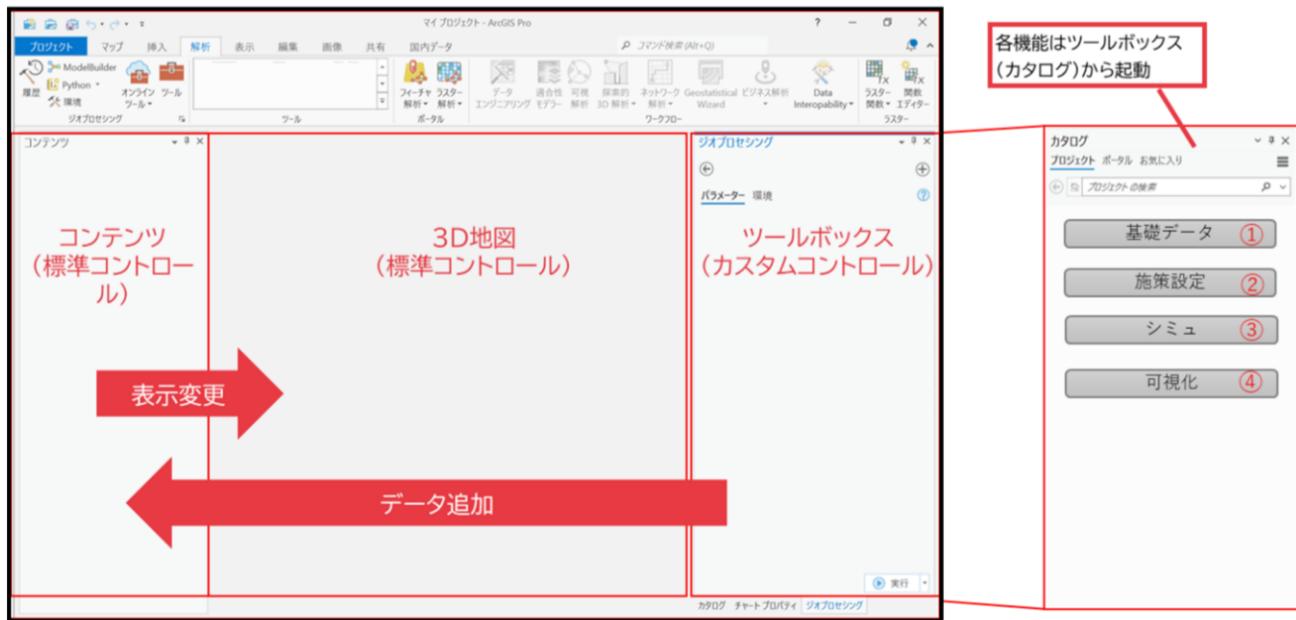


図 3-28 メイン画面のイメージ

2. 【SC002】 3D 地図

- 画面の目的・概要
 - 表示設定されているコンテンツを 3D 地図上に表示する
 - ArcGIS Pro の標準コントロールを用いる
- 画面イメージ

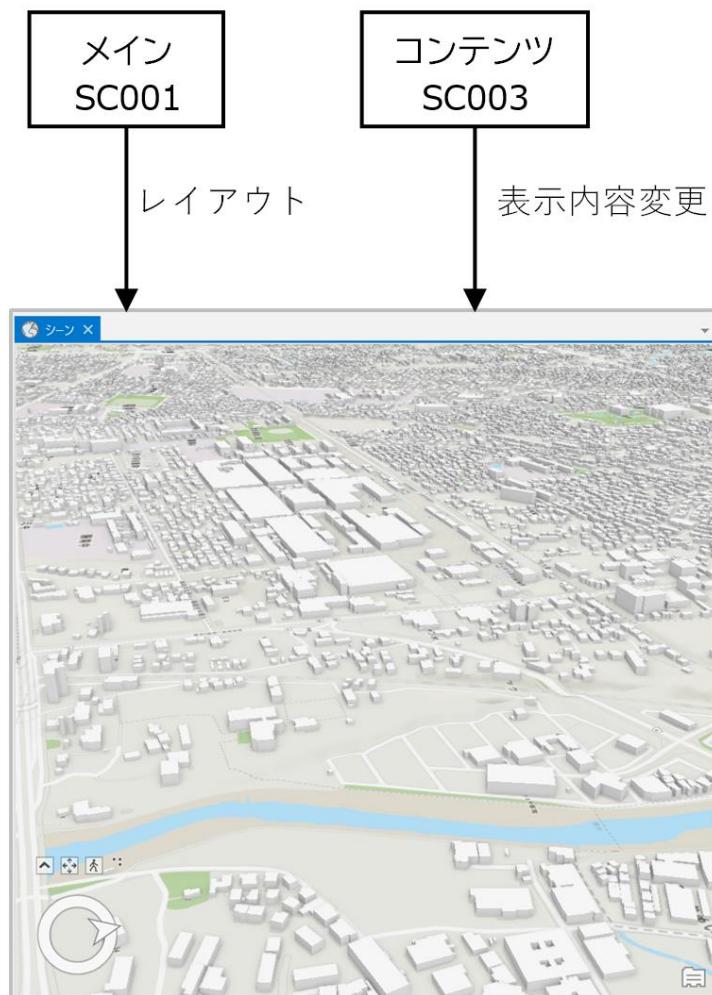


図 3-29 3D 地図画面のイメージ

3. 【SC003】コンテンツ

- 画面の目的・概要
 - 扱うコンテンツの一覧を表示する
 - 3D 地図 (SC002) に表示するコンテンツを制御する
 - ArcGIS Pro の標準コントロールを用いる
- 画面イメージ

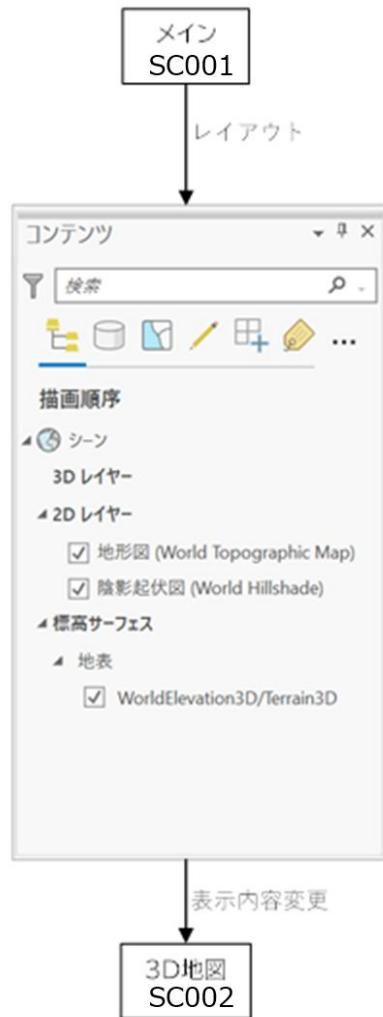


図 3-30 コンテンツ画面のイメージ

4. 【SC004】基礎データ作成

- 画面の目的・概要
 - ▶ 全てのシミュレーション共通で利用する基礎データを作成する
- 画面イメージ

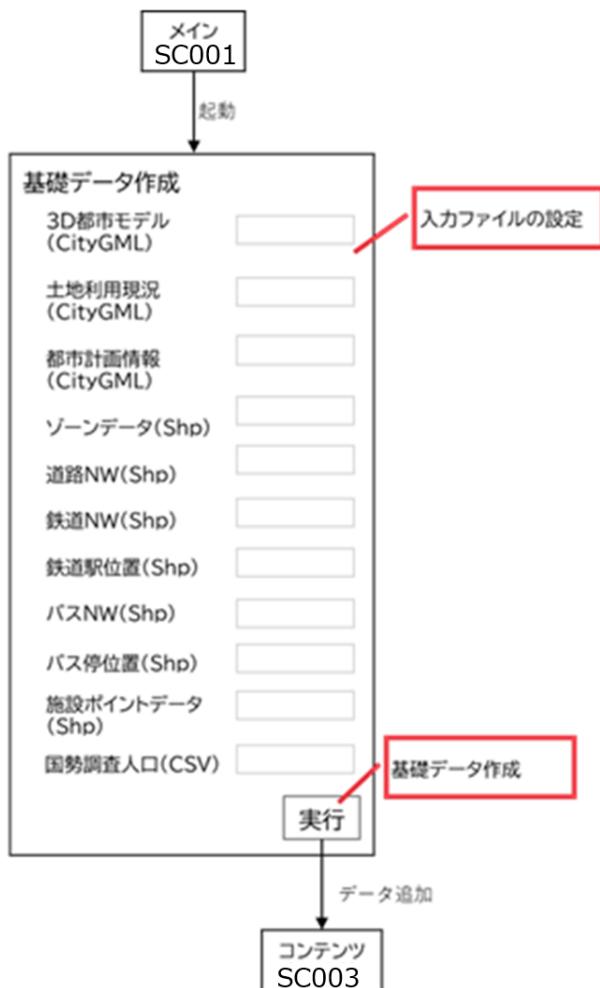


図 3-31 基礎データ作成画面のイメージ

5. 【SC005】シナリオ設定

- 画面の目的・概要
 - ユーザーが施策ごとにシミュレーションパラメータを設定するための入力フォームを提供する
 - 設定した値に基づき、施策データを作成する
 - ✧ まず、初期設定としてシナリオ名称を設定する
 - ✧ ここでは、過去のシナリオ設定を呼出しコピーすることが可能とする
- 画面イメージ

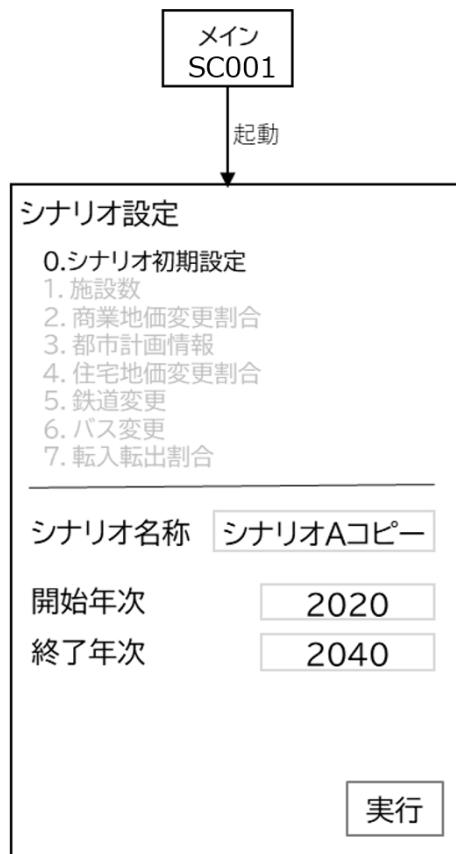


図 3-32 初期設定画面のイメージ

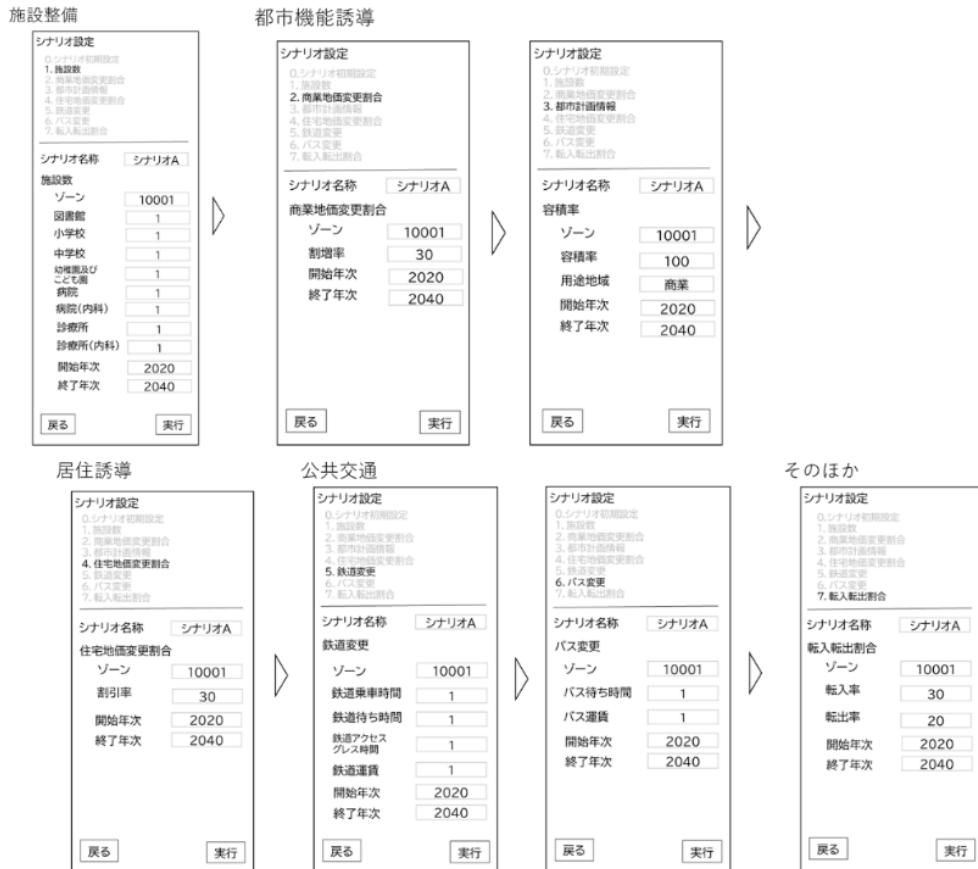


図 3-33 施策設定画面イメージ



図 3-34 施策設定画面イメージ

6. 【SC006】シミュレーション

- 画面の目的・概要
 - 施策データをシミュレータに渡し統合後の FootPrint を作成する
- 画面イメージ

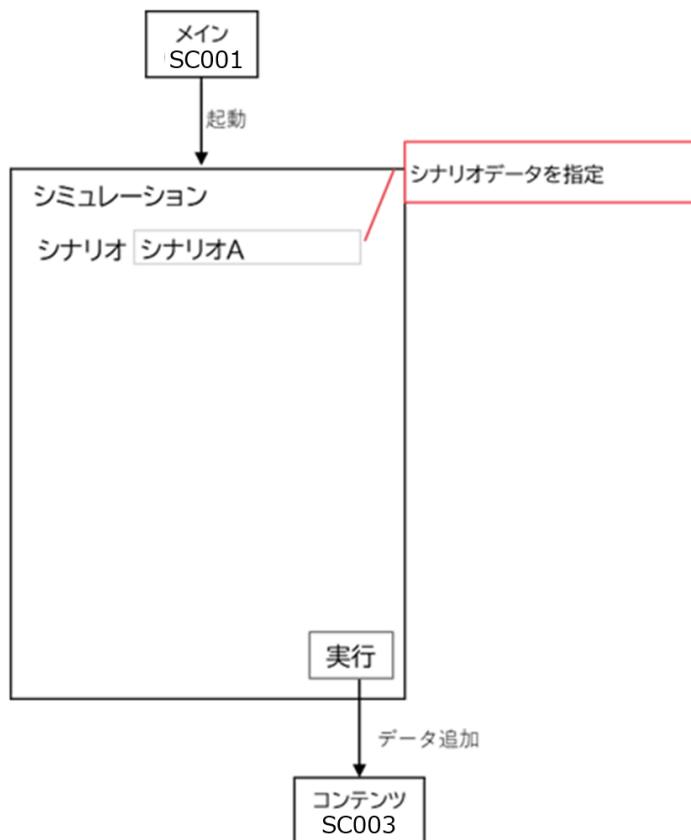


図 3-35 シミュレーション画面のイメージ

7. 【SC007】可視化

- 画面の目的・概要
 - シミュレーションした結果を可視化する
- 画面イメージ

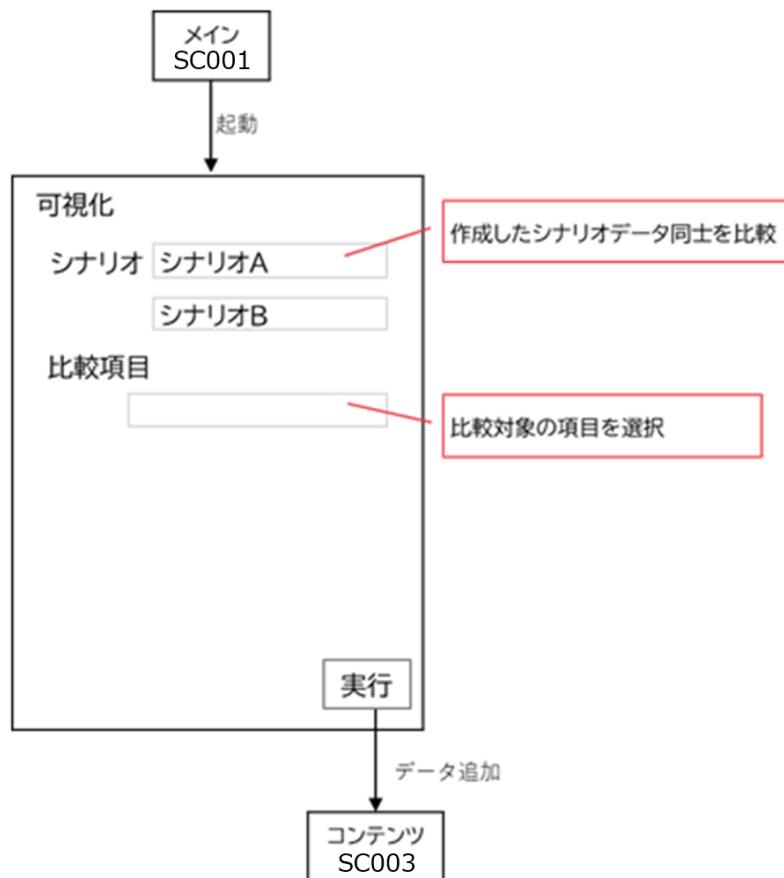


図 3-36 シミュレーション画面のイメージ

3-7. 実証システムの利用手順

3-7-1. 実証システムの利用フロー

ユーザーは初めにソフトウェアのインストールを行い、各機能を利用可能な状態にする。ユーザーはソフトウェアインストール後に建築物データ作成機能及びインプットデータ生成機能を実行し、初期データのセットアップを行う。ユーザーは初期セットアップ完了後、シミュレーションのためのシナリオ設定を行う。シナリオ設定は初期セットアップ時に設定したゾーンごとに行う。

シナリオ設定後、作成したシナリオデータを都市構造シミュレーションに渡し実行する。都市構造シミュレーションは作成したシナリオごとに実行する。

ユーザーは3D可視化機能によりシミュレーション結果を3D地図上に可視化する。ユーザーは同一シナリオの年次ごとの比較やシナリオ間の比較を行い、適切な施策の検討に用いる。

初期セットアップ

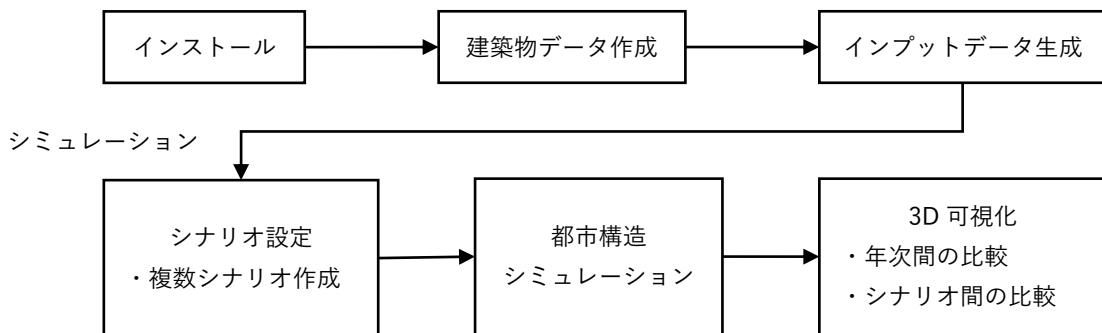


図 3-37 システムの利用フロー

3-7-2. 各画面操作方法

3-7-2-a. インストール

1. プログラムの配置と解凍

「plateau-urban-structure-simulation-arcgis.zip」を任意のフォルダに配置し解凍する。

2. ArcGIS Pro の設定

ArcGIS Pro を起動する。

画面右側の「カタログ」ウィンドウより「フォルダ」を右クリックし、「フォルダ接続の追加」を選択する。

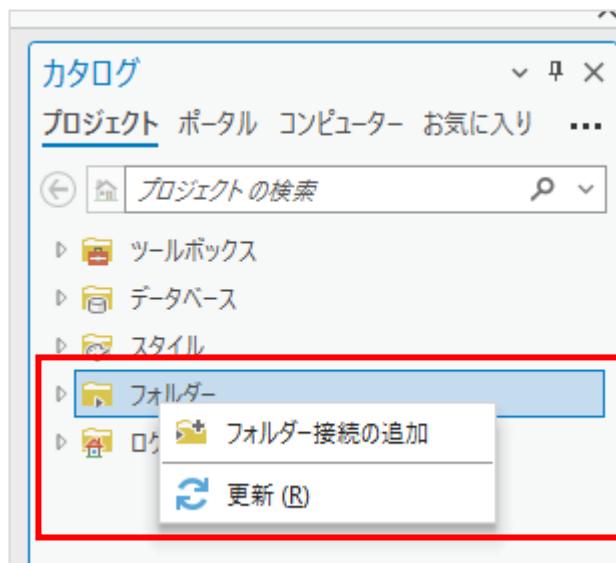


図 3-38 フォルダ接続画面

1 の工程で解凍した「plateau-urban-structure-simulation-arcgis」のフォルダを選択した状態で「OK」をクリックする。

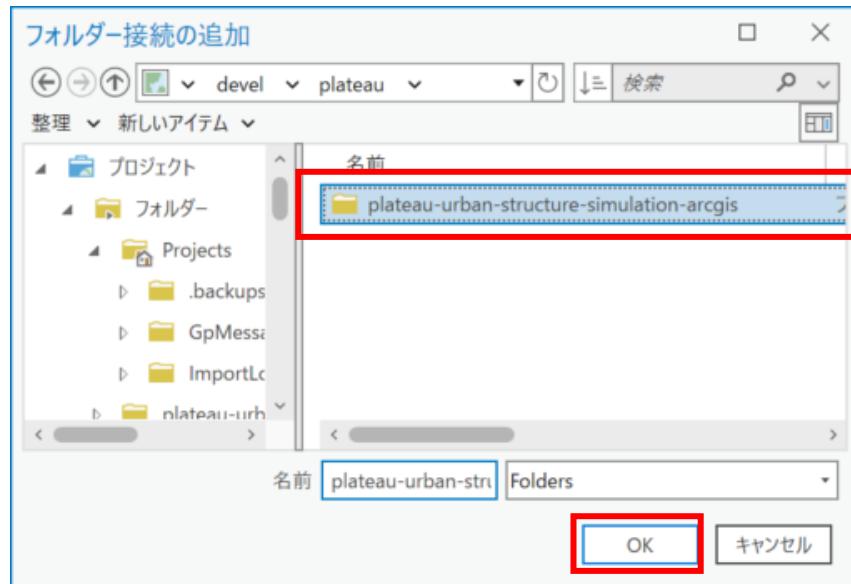


図 3-39 接続するフォルダの選択

「カタログ」ウィンドウより「フォルダ」をダブルクリックした際に、上述の工程で選択した「plateau-urban-structure-simulation-arcgis」のフォルダが出てきたら接続されている。

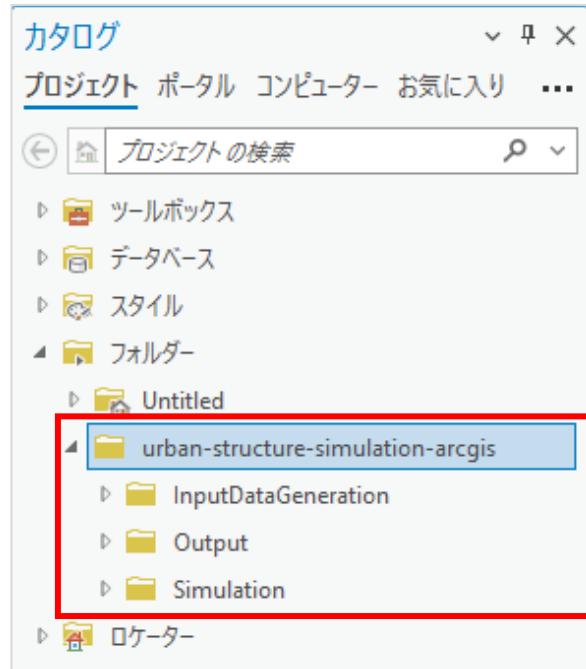


図 3-40 フォルダの接続完了画面

以降の説明で示すファイルパスは「plateau-urban-structure-simulation-arcgis」からの相対パスを記述する。

3. ローカルシーンの起動

ArcGIS の「挿入」タブより「新しいマップ」をクリックし、「新しいローカルシーン」を選択する。

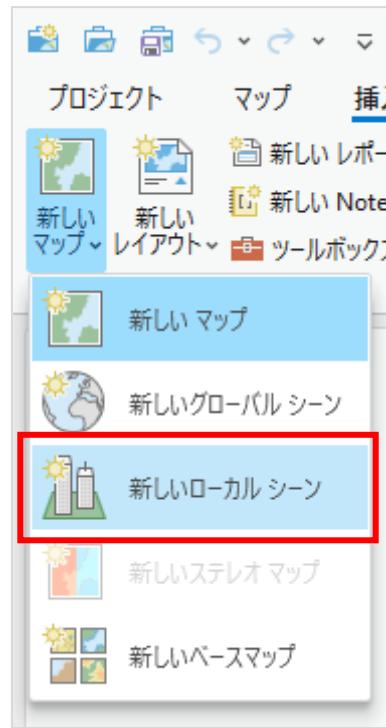


図 3-41 ローカルシーンの起動

ローカルシーンを起動すると、ArcGIS Pro の画面中央部にマップが表示される。

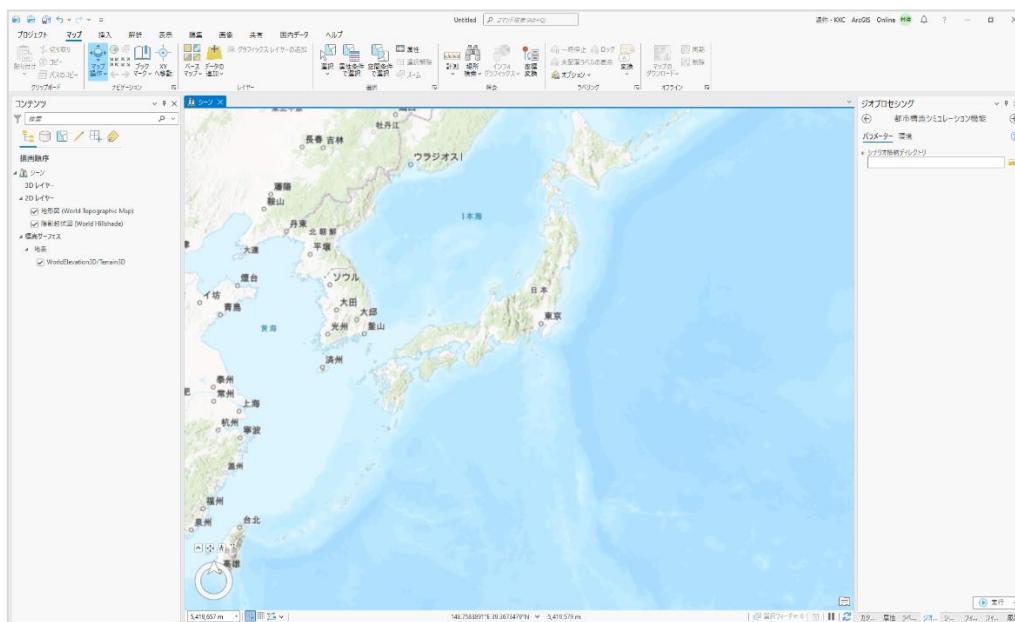


図 3-42 ローカルシーン起動後の画面イメージ

3-7-2-b. 建築物データ作成機能

1. 建築物データ作成機能の起動

ArcGIS Pro の「カタログ」欄より下記のフォルダを表示し、「建築物データ作成機能」をダブルクリックして起動する。

InputDataGeneration\Tool\PlateauInputDataGenerationTools.atbx

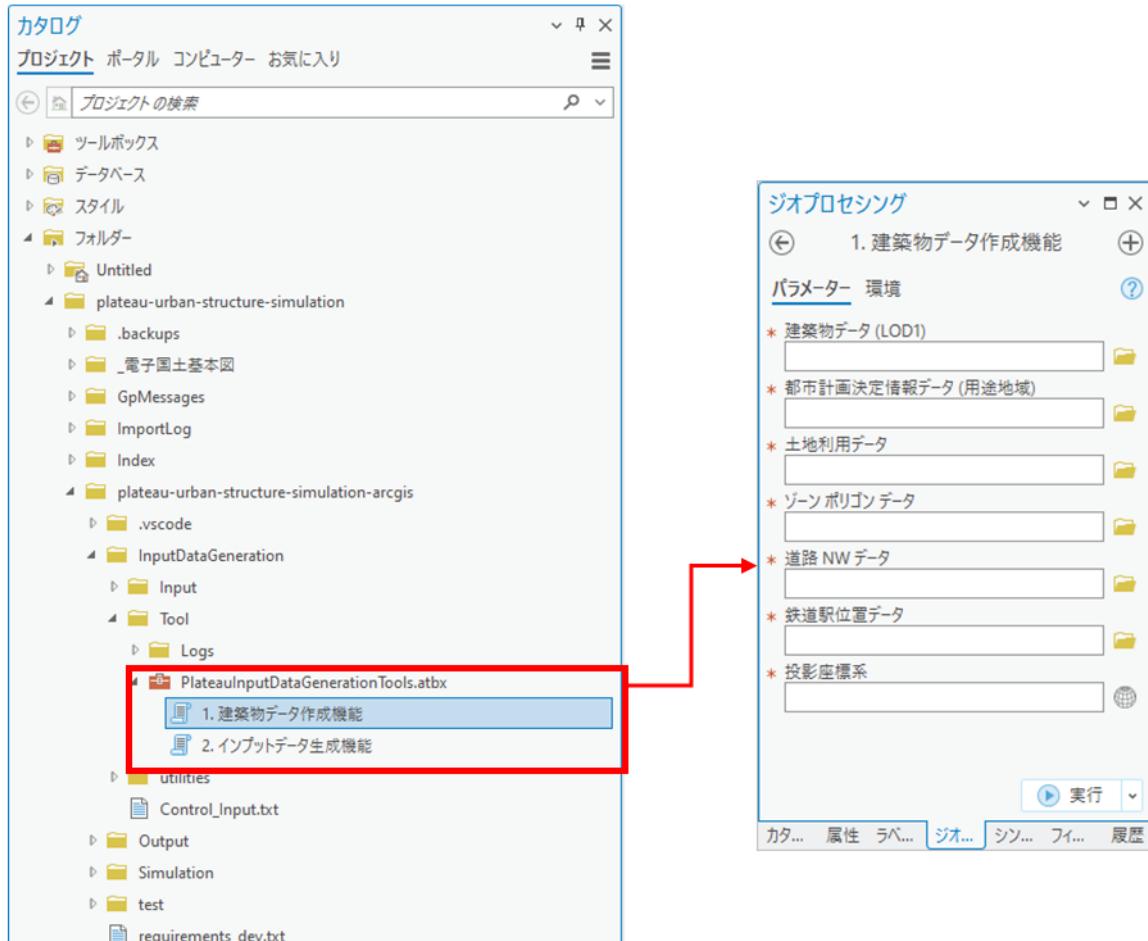


図 3-43 建築物データ作成機能の起動

「建築物データ作成機能」画面の各項目に入力データを指定する。

インプットデータ指定後に「実行」ボタンを押す。

3-7-2-c. インプットデータ生成機能

1. データの配置

以下のフォルダにインプットデータ生成機能の入力データを配置する。

InputDataGeneration¥InputDataGeneration¥Input

2. インプットデータ生成機能の起動

ArcGIS Pro の「カタログ」欄より下記のフォルダを表示し、「インプットデータ生成機能」をダブルクリックして起動する。

InputDataGeneration¥Tool¥ PlateauInputDataGenerationTools.atbx

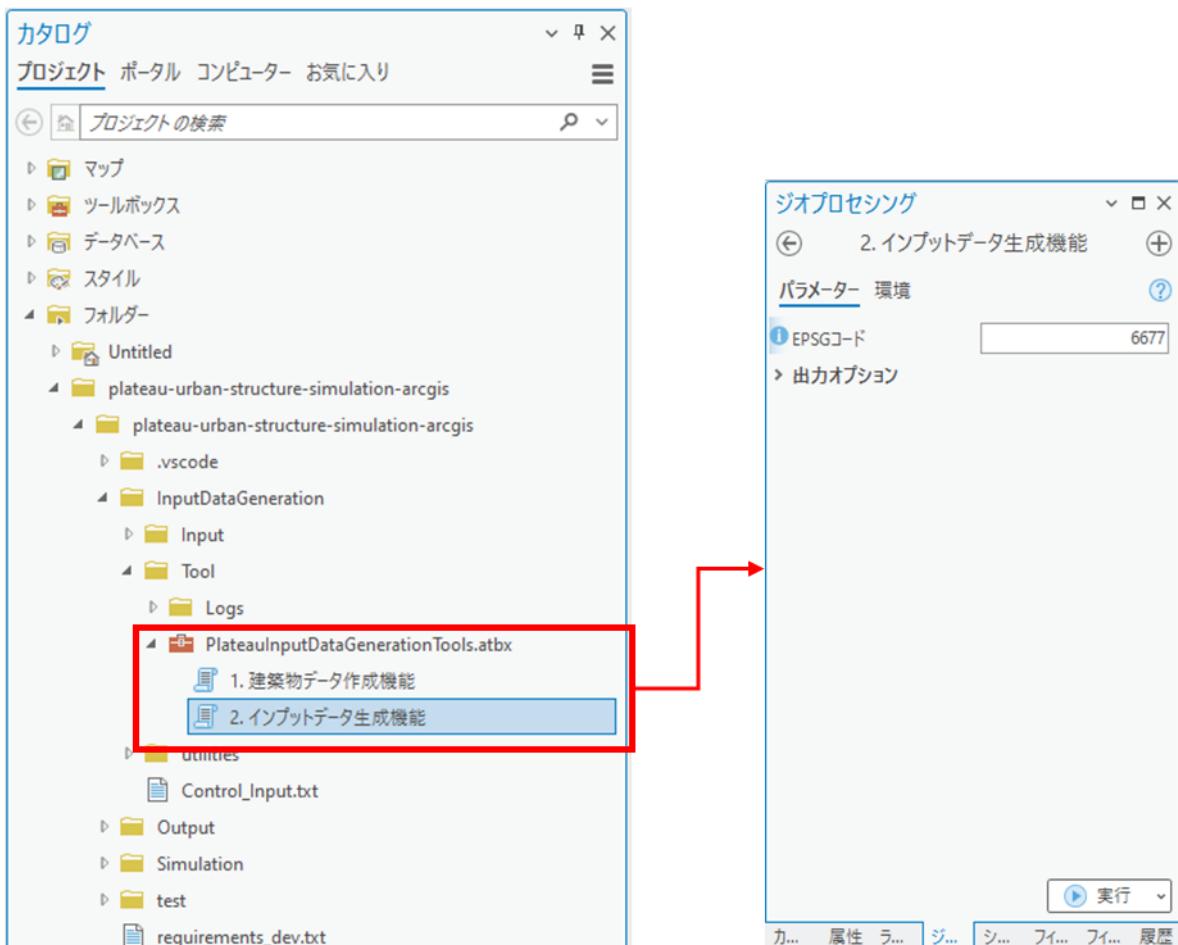


図 3-44 インプットデータ生成機能の起動

画面起動後に該当エリアの EPSG コードを入力し、「実行」ボタンを押し処理を実行する。

処理が完了すると、シーンに「ZoneData」が追加される。

3-7-2-d. シナリオ設定 UI 機能

1. シナリオ設定 UI 機能の起動

ArcGIS Pro の「カタログ」欄より下記のフォルダを表示し、「シナリオ設定 UI」をダブルクリックして起動する。

Simulation\Tool\PlateauSimulationTools.atbx

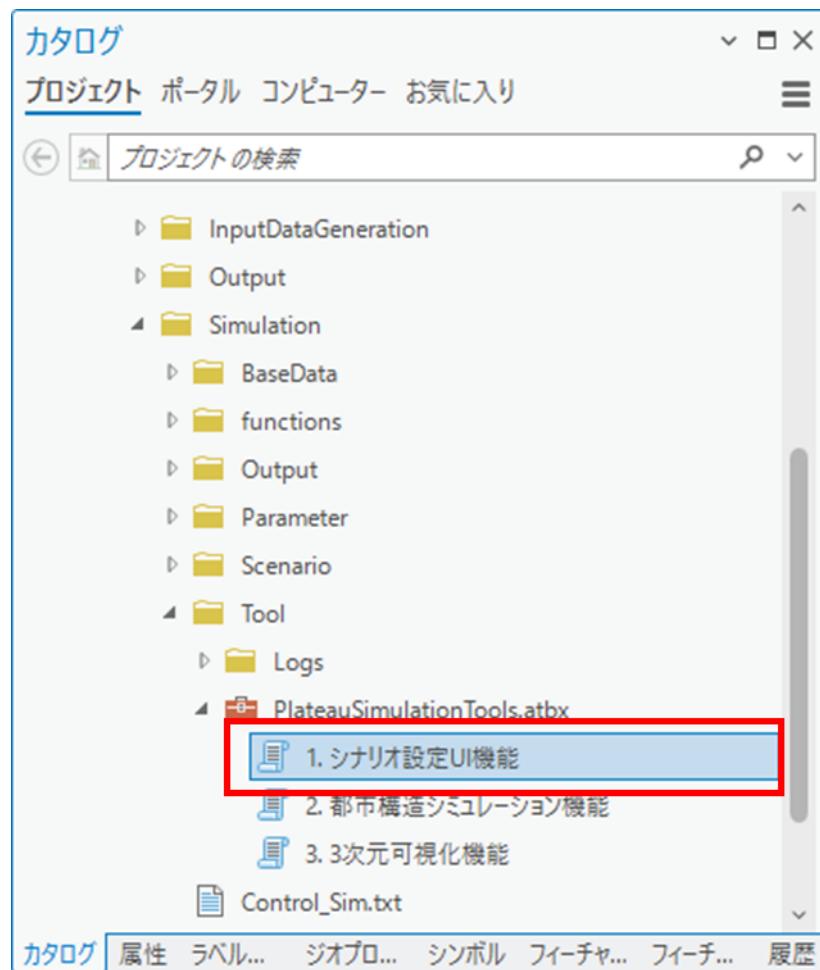


図 3-45 シナリオ設定 UI の選択

2. シナリオ設定 UI 機能のパラメータ入力

シナリオ設定 UI 機能で必要なパラメータを入力する。必要なパラメータの一覧は表 3-6-1 のとおりである。

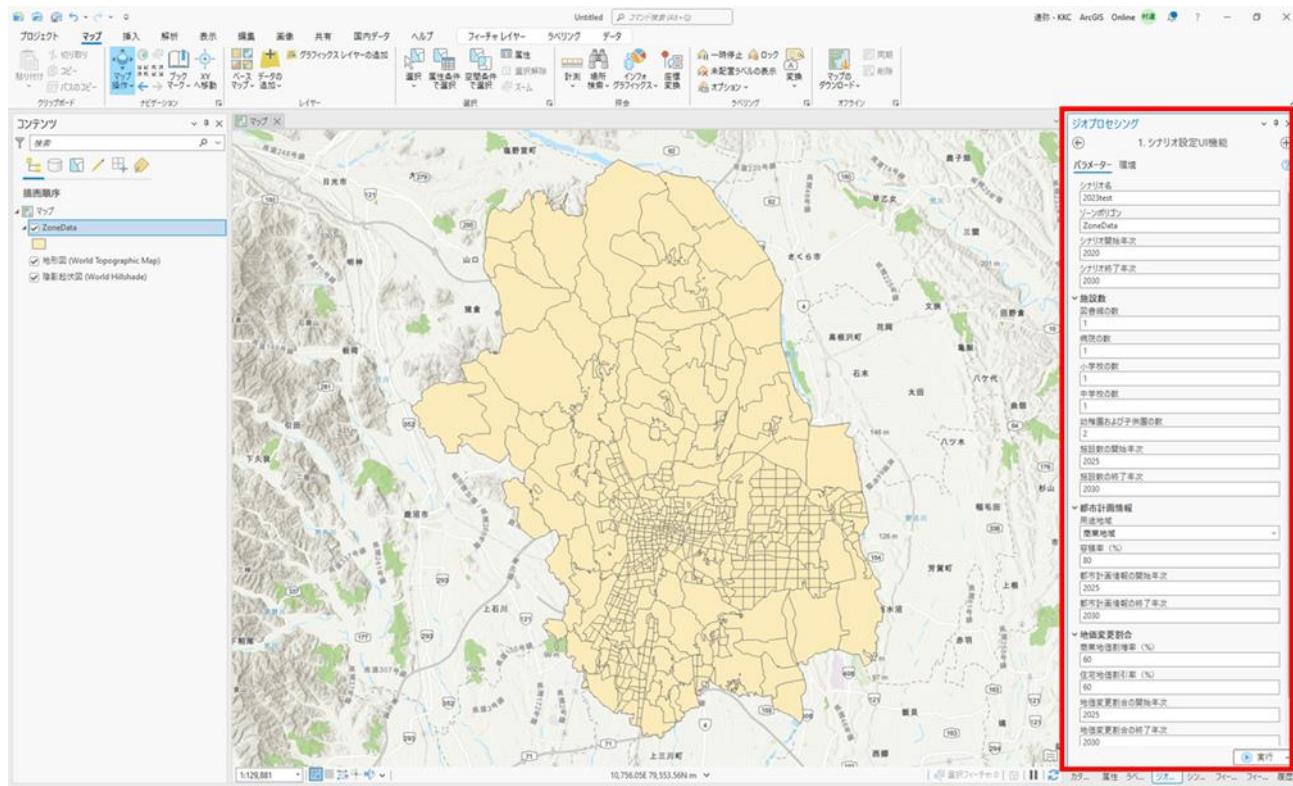


図 3-46 シナリオ設定 UI のパラメータ入力画面

表 3-6-1 シナリオ設定 UI 入力パラメーター一覧表

入力項目	入力する内容	
シナリオ名 ※1	シナリオの名称を指定します。既存のシナリオを指定したときに既存データに設定を追加します	
ゾーンコード ※1	対象とするゾーンを選択します※後項参照	
シナリオ開始年次 ※1	シミュレーション開始年次を指定します	
シナリオ終了年次 ※1	シミュレーション終了年次を指定します	
施設数 ※2	図書館の数	ゾーン内の図書館の数を指定します
	病院の数	ゾーン内の病院の数を指定します
	中学校の数	ゾーン内の中学校の数を指定します
	幼稚園及びこども園の数	ゾーン内の幼稚園及びこども園の数を指定します
	施設数の開始年次	指定した施設数が適用される期間の開始年次を指定します
	施設数の終了年次	指定した施設数が適用される期間の終了年次を指定します
都市計画情報	用途地域	ゾーンの用途地域を指定します

※2	容積率 (%)	ゾーンの容積率を指定します
	都市情報の開始年次	指定した都市計画情報が適用される期間の開始年次を指定します
	都市情報の終了年次	指定した都市計画情報が適用される期間の終了年次を指定します
地価変更割合 ※2	商業地価変更割合 (%)	商業地価の割増率 (%) を指定します
	住宅地価変更割合 (%)	住宅地価の割引率 (%) を指定します
	地価変更割合の開始年次	指定した地価変更割合が適用される期間の開始年次を指定します
	地価変更割合の終了年次	指定した地価変更割合が適用される期間の終了年次を指定します
転入転出割合 ※2	転入率 (%)	転入率の変化率 (%) を指定します
	転出率 (%)	転出率の変化率 (%) を指定します
	転入転出割合の開始年次	指定した転入転出割合が適用される期間の開始年次を指定します
	転入転出割合の終了年次	指定した転入転出割合が適用される期間の終了年次を指定します
公共交通 ※2	鉄道乗車時間 (分)	鉄道乗車時間を現況からの割合 (%) で指定します
	鉄道待ち時間 (分)	鉄道待ち時間を現況からの割合 (%) で指定します
	鉄道アクセス時間 (分)	鉄道アクセス時間を現況からの割合 (%) で指定します
	鉄道イグレス時間 (分)	鉄道イグレス時間を現況からの割合 (%) で指定します
	鉄道運賃 (円)	鉄道運賃を現況からの割合 (%) で指定します
	バス待ち時間 (分)	バス待ち時間を現況からの割合 (%) で指定します
	バス運賃 (円)	バス運賃を現況からの割合 (%) で指定します
	公共交通情報の開始年次	指定した公共交通の設定が適用される期間の開始年次を指定します
	公共交通情報の終了年次	指定した公共交通の設定が適用される期間の終了年次を指定します

※1 「シナリオ名」、「ゾーンコード」、「シナリオ開始年次」、「シナリオ終了年次」の4項目は入力必須項目。

※2 施設数等の各施策の「開始年次」は、「シナリオ開始年次」の翌年以降で設定。

ゾーンポリゴンのパラメータ入力欄はデフォルト（ZoneData）のままとし、シーンの「ZoneData」から施策を実施したい該当エリアのポリゴンを選択した上で実行する。

なお、シーンに「ZoneData」が追加されていない場合は、下記ディレクトリより「ZoneData」をシーンに追加した上で選択する。

Simulation¥BaseData¥BaseData.gdb¥ZoneData

「カタログ」欄でゾーンポリゴンがあるフォルダ（Simulation¥BaseData¥BaseData.gdb¥ZoneData）を表示し、「ZoneData」をシーンへドラッグアンドドロップする。

※本手順はシーンに「ZoneData」が表示されていない場合のみ実行する。

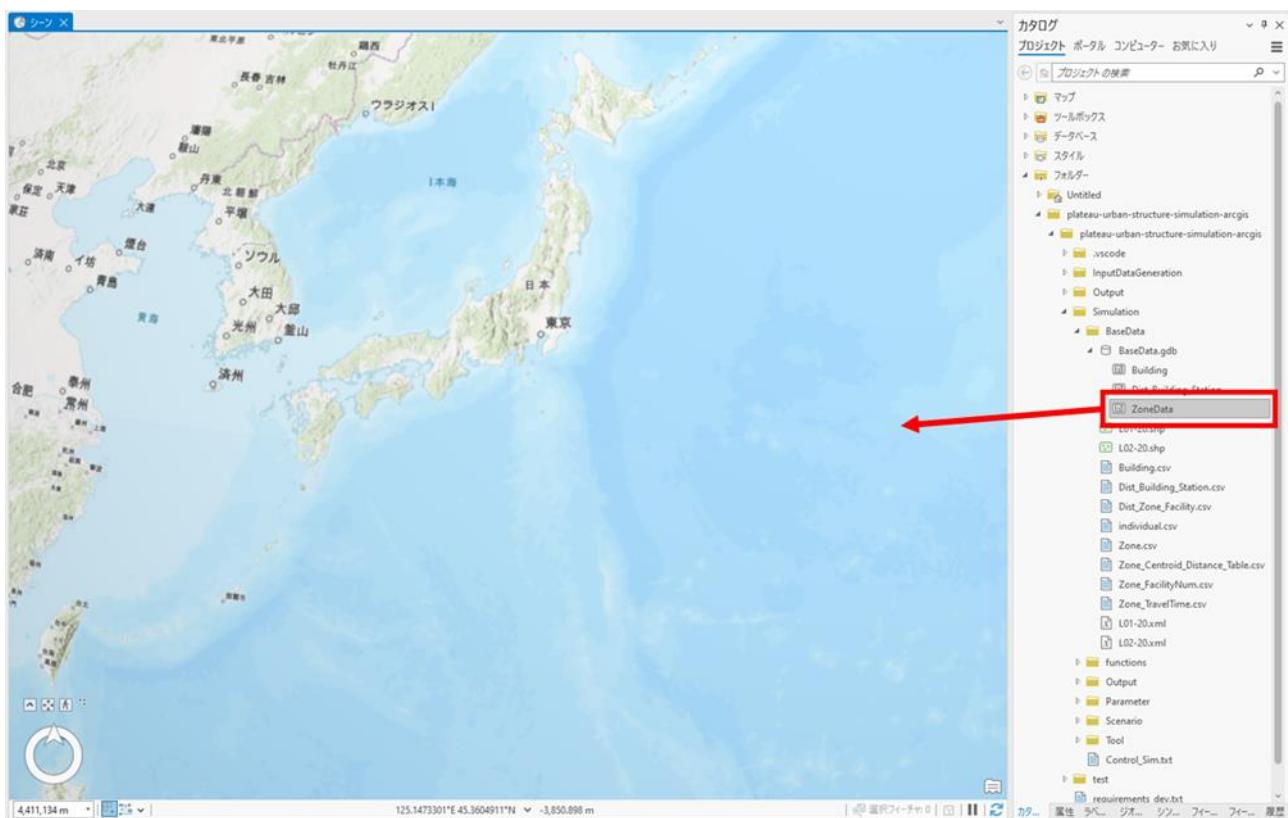


図 3-47 ZoneData の追加

「マップ」タブの選択ツールを使用し、該当エリアのポリゴンをクリックすることで選択できる。

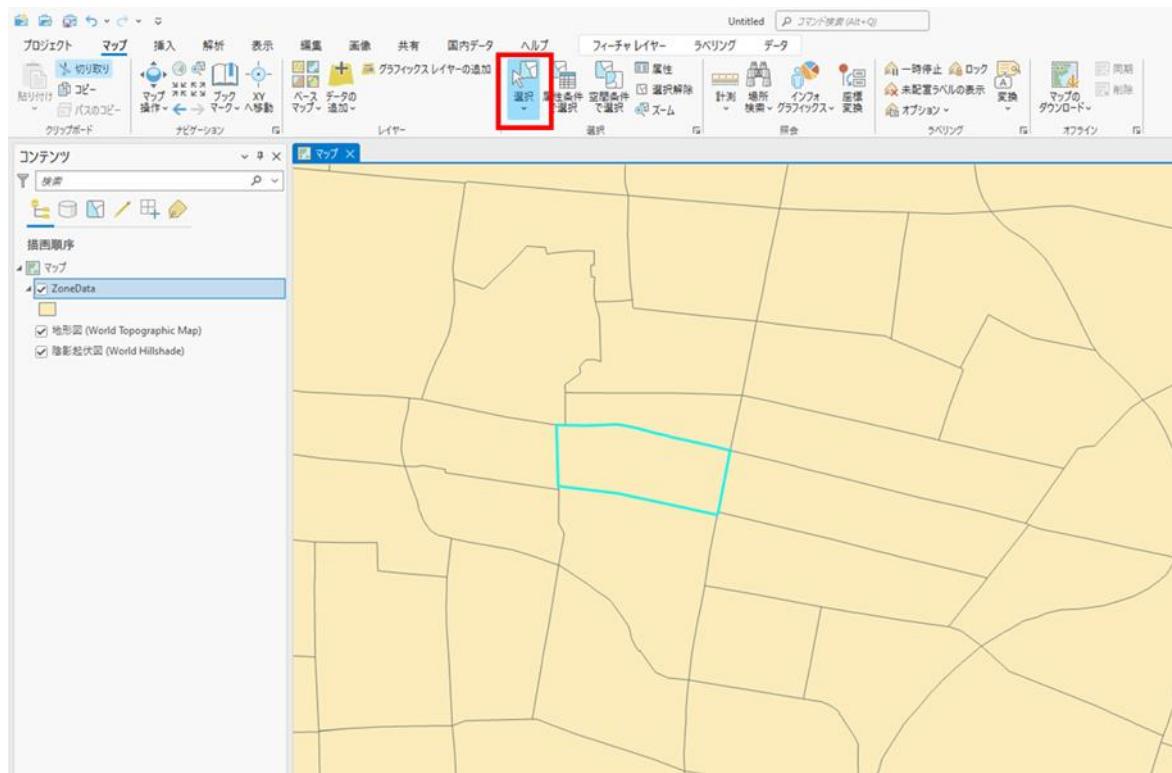


図 3-48 「ZoneData」から対象ゾーンの選択

「マップ」タブの「属性」をクリックした上でゾーンコードを調べたい箇所のポリゴンを選択すると、ポップアップウィンドウの中に選択したゾーンの zone_code や各種施設の数が表示される。

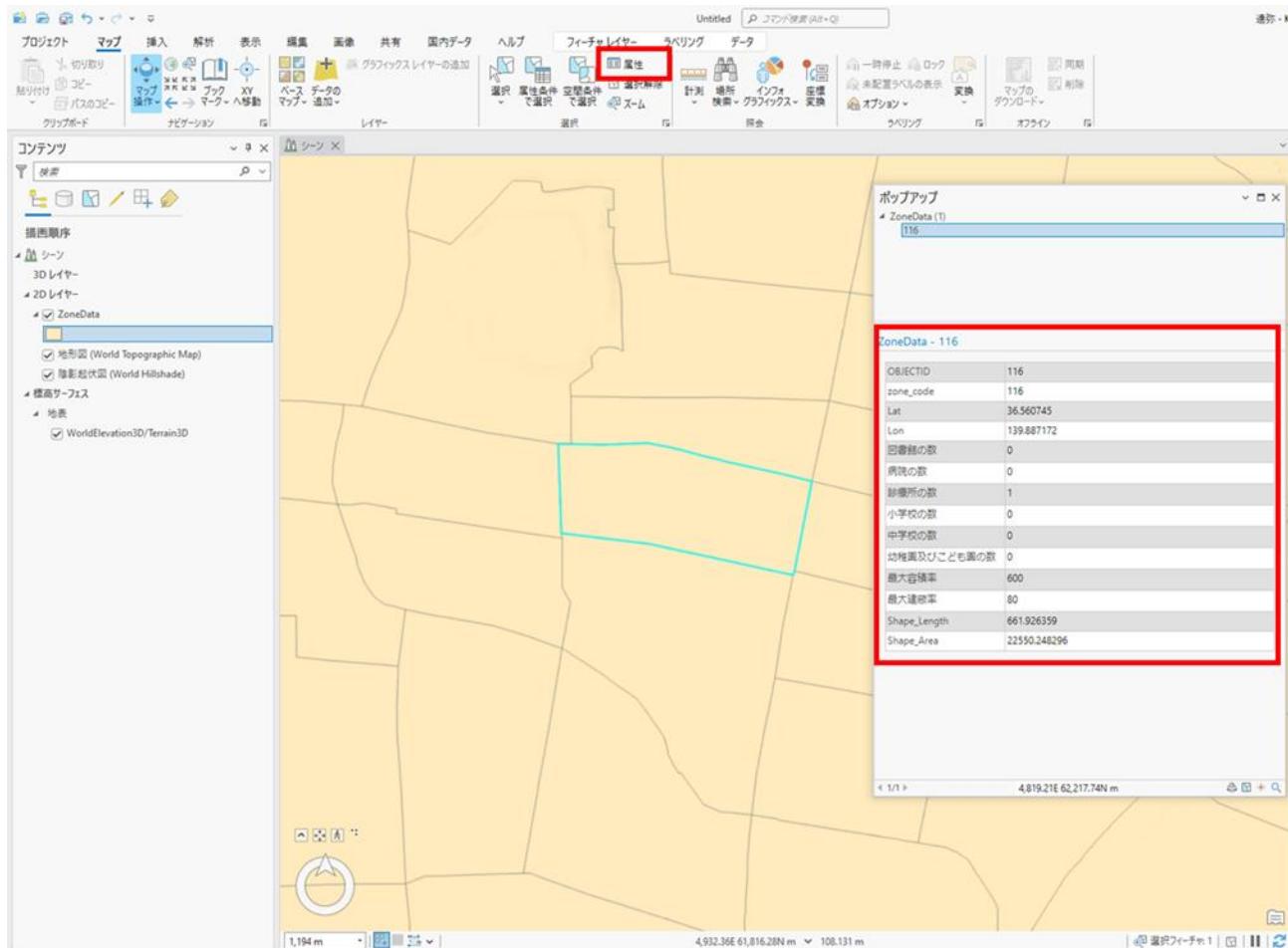


図 3-49 ゾーンの情報の確認

3. シナリオ設定 UI 機能の実行

シナリオ設定 UI 機能の実行ボタンをクリックして処理を実行する。



図 3-50 シナリオ設定 UI 機能の実行

3-7-2-e. 複数施策を1つのシナリオで設定したい場合

立地適正化計画が実現した場合をシナリオとしてシミュレーションしたい場合、「都市機能誘導区域における容積率の緩和」、「居住誘導区域における家賃補助」といったように、異なる区域での複数種類の施策を1つのシナリオとして実施する必要がある。

その場合には、シナリオ名を指定する際に、既存のシナリオを指定した上で、異なるゾーンを選択しなおして再度実行することで、1つのシナリオで複数施策を設定することが可能である。

- 1回目のシミュレーションは前項に示した通り任意のシナリオ名を設定して実行する。



図 3-51 1回目のシナリオ設定イメージ

- 2回目以降のシミュレーションでは、既存のシナリオ名を指定した上で、異なるゾーンを選択して実行する。



図 3-52 2回目以降のシナリオ設定イメージ

3-7-2-f. 施策を設定せずにシミュレーションを実施する場合（趨勢シナリオの実施）

施策を何も行わない場合の将来（いわゆる趨勢シナリオ）をシミュレーションしたい場合には、施策を何も設定せずにシナリオ設定 UI を実行する必要がある。

具体的には、シナリオ設定 UI にてシナリオ名、ゾーン選択、シナリオ開始年次、シナリオ終了年次のみを設定し、その他の項目は空欄のまま実行する。



図 3-53 施策を設定しない場合のシナリオ設定イメージ

3-7-2-g. 都市構造シミュレーション機能

1. 都市構造シミュレーション機能の起動

ArcGIS Pro の「カタログ」欄より下記のフォルダを表示し、「都市構造シミュレーション機能」をダブルクリックして起動する。

Simulation\Tool\PlateauSimulationTools.atbx

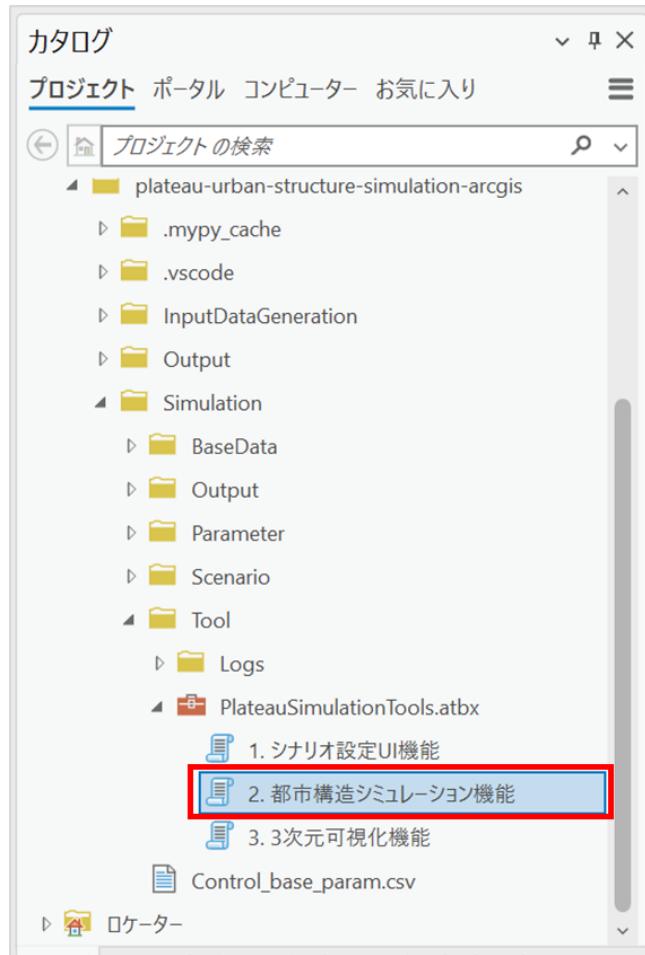


図 3-54 都市構造シミュレーション機能の起動

2. シナリオ格納ディレクトリの設定

「シナリオ格納ディレクトリ」欄にシミュレーションを実施したいシナリオが格納されているフォルダを設定する。

Simulation\Scenario\{シナリオ名}

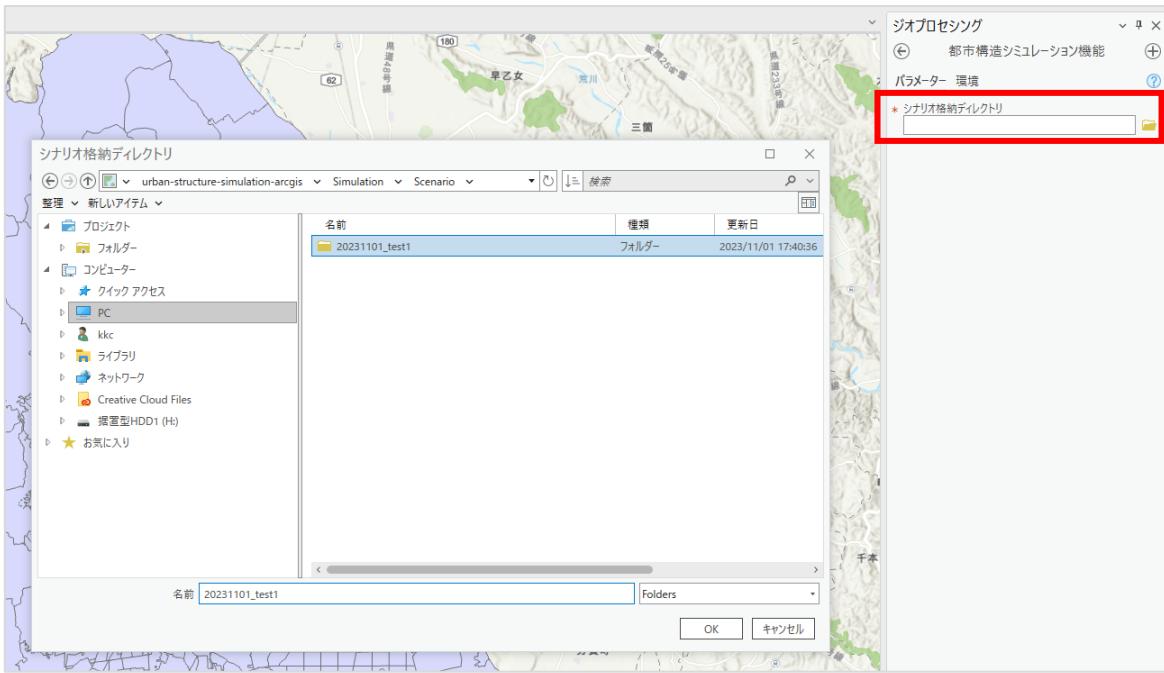


図 3-55 シナリオ格納ディレクトリの設定

3. 都市構造シミュレーション機能の実行

都市構造シミュレーション機能の実行ボタンをクリックして処理を実行する。

都市構造シミュレーション機能の処理が完了すると、Output フォルダに設定したシナリオ名のフォルダが作成され、シミュレーション結果ファイルが保存されていることが確認できる。

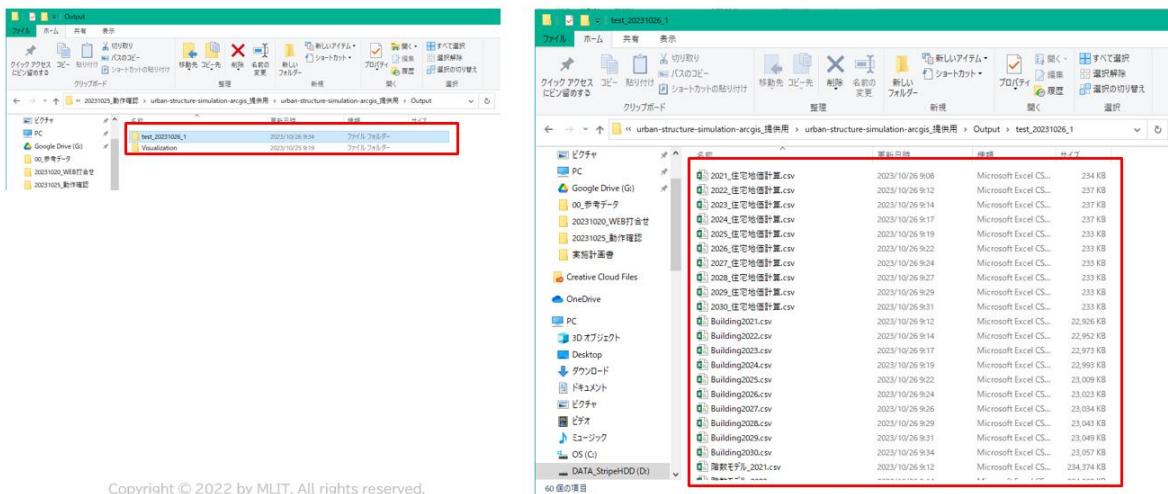


図 3-56 出力されたシミュレーション結果ファイル

3-7-2-h. 3 次元可視化機能

4. 3 次元可視化機能の起動

ArcGIS Pro の「カタログ」欄より下記のフォルダを表示し、「3 次元可視化機能」をダブルクリックして起動する。

Simulation¥Tool¥PlateauSimulationTools.atbx

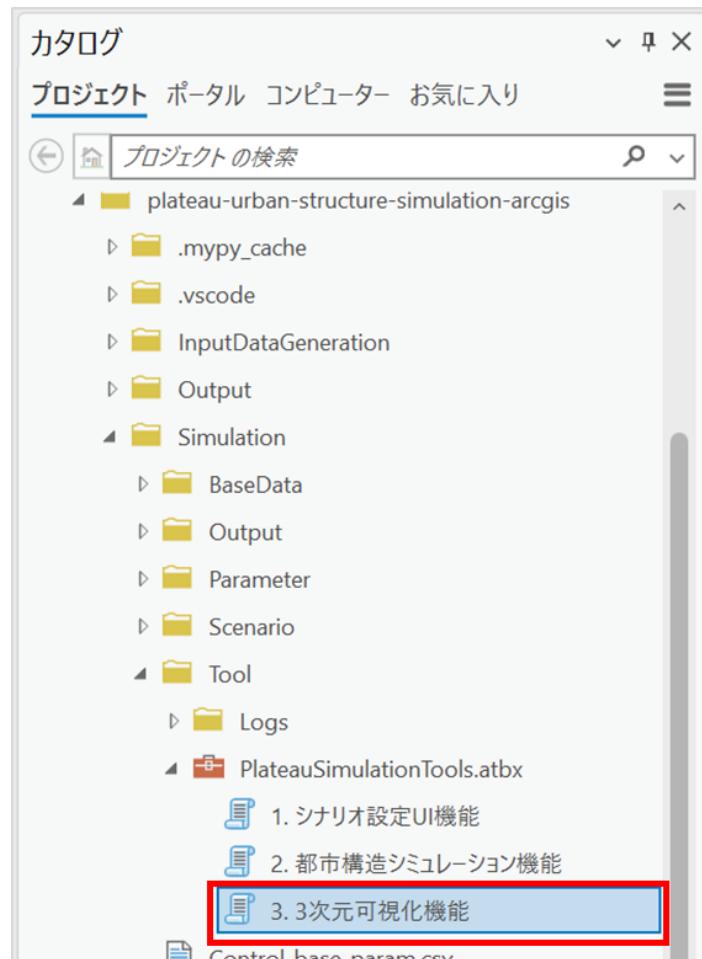


図 3-57 3 次元可視化機能の起動

5. 比較されるシナリオの設定

「比較されるシナリオ」欄で比較される側のシナリオとして、都市構造シミュレーション機能によって作成された CSV ファイルの中から、3 次元可視化対象とする年次のものを選択する。CSV ファイルは以下の命名規則で生成されている。

Output\{シナリオ名}\building_{年次}.csv

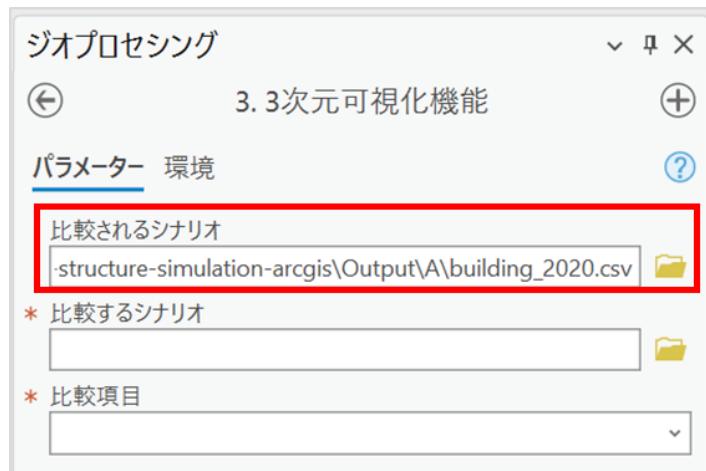


図 3-58 比較されるシナリオの設定画面イメージ

※「比較するシナリオ」は着目したいシナリオ、「比較されるシナリオ」は基準となるシナリオである。例えば、「都市機能誘導シナリオ」と「趨勢シナリオ」の建築物用途の比較をしたい場合、「比較するシナリオ」として「都市機能誘導シナリオ」を、「比較されるシナリオ」として「趨勢シナリオ」を入力する。

6. 比較するシナリオの設定

「比較するシナリオ」欄で比較する側のシナリオとして、都市構造シミュレーション機能によって作成された CSV ファイルの中から、3 次元可視化の対象とする別の年次又は別のシナリオのファイルを選択する。

Output¥{シナリオ名}¥building_{年次}.csv

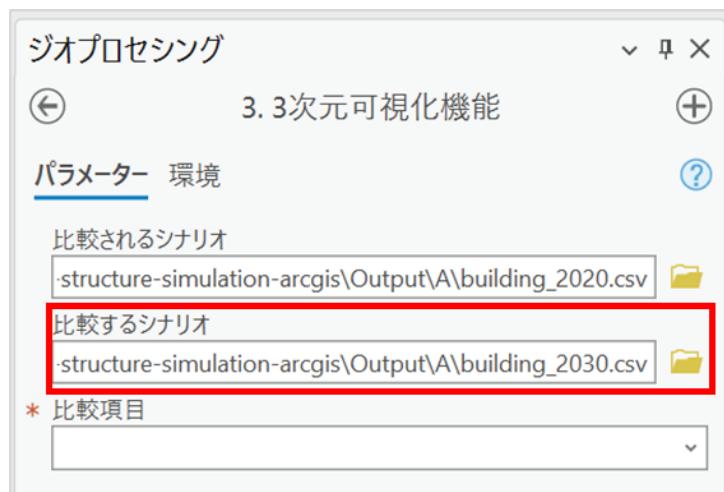


図 3-59 比較するシナリオの設定画面イメージ

7. 比較項目の設定

「比較項目」欄で比較する項目を下記の 3 項目から選択する。

- 建築物用途の比較
- 建築物存在有無の比較
- 建築物高さの差分

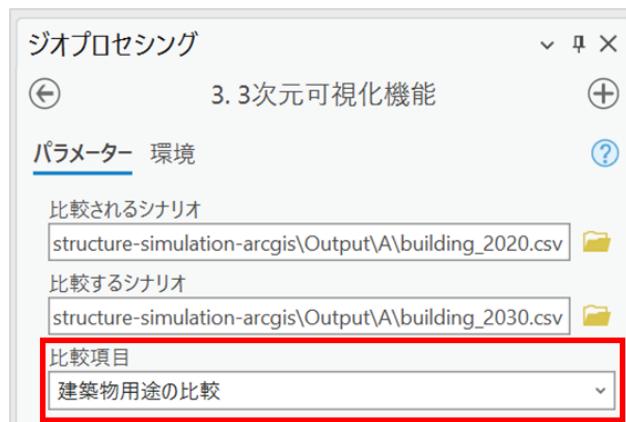


図 3-60 比較項目の設定画面イメージ

8. 3次元可視化機能の実行

3次元可視化機能の実行ボタンをクリックして処理を実行する。

処理が完了すると、ArcGIS Pro のローカルシーンにシナリオ比較によって着色された 3D 都市モデルが表示される。

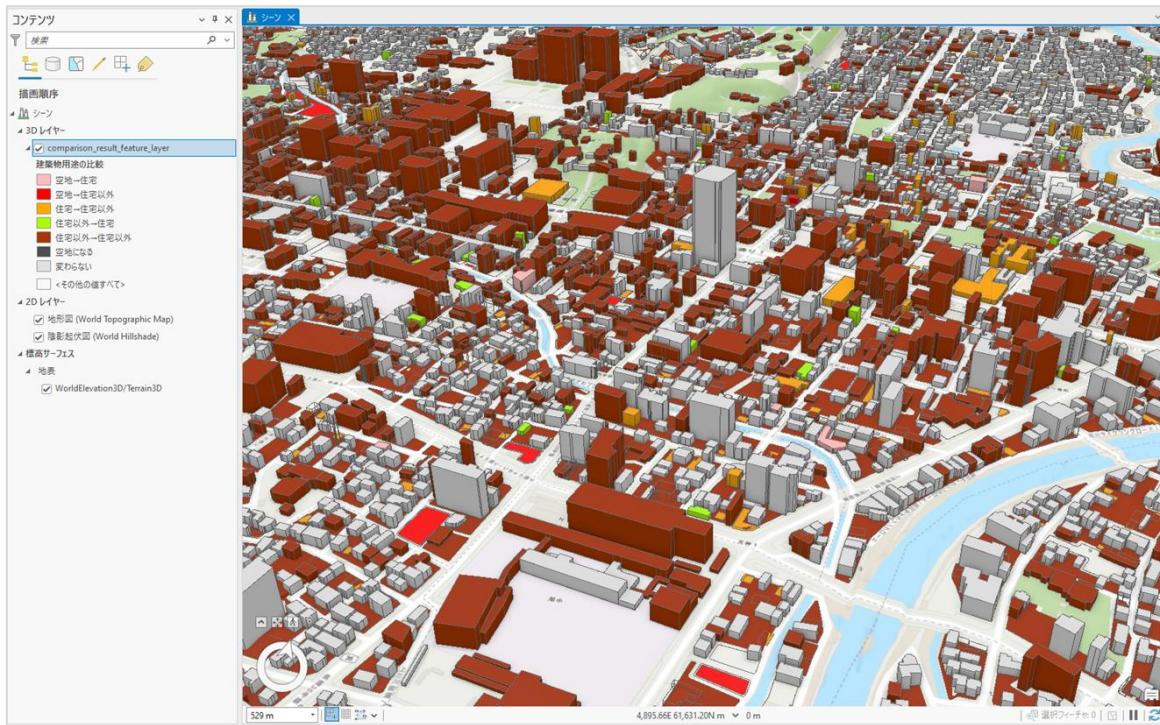


図 3-61 3次元可視化機能の処理後イメージ

4. 実証技術の検証

4-1. アルゴリズムの有用性検証

4-1-1. 検証目的

実証仮説に基づき、以下の検証目的を設定する。

【検証仮説（再掲）】

- シミュレーションの各サブモデルを構築する際に t 値や尤度比等の統計的指標を検証するとともに、シミュレーション全体の再現性を集計値の相対誤差等で評価する

4-1-2. KPI

表 4-1 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1	t 値	1.96	ロジットモデルのパラメータが有意水準 5%で、一般的に求められる水準であるため。	パラメータ推定結果の検証 (t 値)
2	自由度調整済み尤度比	0.15	ロジットモデルの適合度を表す指標であり、一般的に求められる水準であるため。	パラメータ推定結果の検証（自由度調整済み尤度比）
3	集計値の相対誤差	昨年度以上	昨年度のシミュレーションをベースに改善する部分に関して、昨年度と比較して再現性が向上しているかどうかを評価するため。	集計値の相対誤差

4-1-3. 検証方法と検証シナリオ

① パラメータ推定結果の検証（t 値）

パラメータ推定結果から t 値を算出する。t 値は、推定されるパラメータ推定値を標準偏差で除した値であり、1.96 以上であれば有意水準 5% で 0 から離れているといえる。

表 4-2 検証シナリオ一覧

No.	検証方法	エリア
1	t 値を確認	全地域

② パラメータ推定結果の検証（自由度調整済み尤度比）

パラメータ推定結果から自由度調整済み尤度比を算出して検証する。

自由度調整済み尤度比は、無情報モデルの尤度 $L(0)$ と最大尤度 $L(\beta^*)$ 、パラメータ数 K から以下の式で計算される。

$$\frac{\ln L(0) - (\ln L(\beta^*) - K)}{\ln L(0)}$$

表 4-3 検証シナリオ一覧

No.	検証方法	エリア
2	自由度調整済み尤度比を確認	全地域

③ 集計値の相対誤差

シミュレーションを実行し、シミュレーション結果と実績の地価、人口、建物変化のデータとを比較し、実績のデータと同様のシミュレーション結果が得られているか検証する。

- 地価モデル
 - 宇都宮市と仙台市を対象に、2020 年時点の地価を推計し、推計結果と実績値とを比較検証する。
- 転居発生・転入転出・居住地選択モデル
 - 仙台市を対象に、2012 年から 2017 年の間の個人ごとの転居発生、居住地選択を推計し、推計結果と実績値とを比較検証する。
 - 宇都宮市と仙台市を対象に、国土数値情報で公開されている 500m メッシュ別将来推計人口データ（H30 国政局推計）を用いて、2020 年から 2025 年で試算された 5 年間の変化とシミュレーション結果とを比較検証する。
- 除却・建設・用途選択モデル
 - 宇都宮市を対象に、2016 年から 2021 年の間の建築物ごとの除却・建設・用途選択を推計し、推計結果と実績値とを比較検証する。

表 4-4 検証シナリオ一覧（宇都宮市）

No.	アルゴリズム	検証方法	エリア	空間解像度	集計値
3-1	地価モデル	地価の推計値と実績値を比較	全域	ゾーン別	住宅地価
3-2	転居発生・転入発生・居住地選択モデル	人口変化の推計値と 500m メッシュ別将来推計人口 (H30 国政局推計を比較)	全域	用途地域別	人口
3-3	除却・建設・用途選択モデル	除却数の推計値と実績値を比較	全域	用途地域別	除却数
3-4		建設数の推計値と実績値を比較	全域	用地地域別	建設数
3-5		用途別建設数の推計値と実績値を比較	全域	用途地域別	用途別建設数

表 4-5 検証シナリオ一覧（仙台市）

No.	アルゴリズム	検証方法	エリア	空間解像度	集計値
3-6	地価モデル	地価の推計値と実績値を比較	全域	ゾーン別	住宅地価 商業地価
3-7	転居発生・転入発生・居住地選択モデル	性年齢別の転居発生者数の推計値と実績値を比較	全域	全域	転居発生者数
3-8	居住地選択モデル	居住地選択者数の推計値と実績値を比較	全域	用途地域別	居住地選択者数
3-9		人口変化の推計値と 500m メッシュ別将来推計人口 (H30 国政局推計) を比較	全域	用地地域別	人口

※敷地統合分割モデルは、昨年度構築しておらず、本年度新規開発するアルゴリズムであるため、実績の統合発生率に対して推計の統合発生率が±1 ポイントの間に収まるかどうかを検証する。

4-1-4. 検証結果

パラメータ推定結果については、いずれも t 値及び自由度調整済み尤度比は多くのモデル、説明変数において目標値を達成しており、妥当なパラメータを推定できていることが確認できた。

再現性については、過年度に構築したシミュレーションと比較して、仙台市では再現性が大きく向上、宇都宮市では再現性は低下したものの引き続き現況を概ね再現していることが確認できた。このことから宇都宮市のみを対象に構築した昨年度のシミュレーションよりも、より汎用的なシミュレーションになっていることが確認できた。

表 4-6 検証結果

			黄セル：KPI 達成	青セル：KPI 未達
--	--	--	------------	------------

検証内容	評価指標・KPI	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
パラメータ推定結果の検証	t 値	1.96	3-3-2 開発したアルゴリズムに詳細記載	3-3-2 開発したアルゴリズムに詳細記載	多くの説明変数では目標を達成している
	自由度調整済み尤度比	0.20	3-3-2 開発したアルゴリズムに詳細記載	3-3-2 開発したアルゴリズムに詳細記載	多くのサブモデルでは目標を達成している
再現性	集計値の相対誤差	昨年度 (136,063) 以下	住宅地価 (仙台市)	50,236	仙台市では、宇都宮市を対象に構築した過年度のシミュレーションよりも再現性が大きく向上した。 汎用的なシミュレーションを構築できていることが確認できた。
		昨年度 (233,758) 以下	商業地価 (仙台市)	141,529	
		昨年度 (8,460) 以下	住宅地価 (宇都宮市)	11,411	宇都宮市では、過年度のシミュレーションよりも誤差は拡大したものの、現況は概ね再現できている。 汎用的なシミュレーション

再現性	集計値の相対誤差	昨年度 (14,542) 以下	商業地価 (宇都宮市)	20,239	ンであるため、宇都宮市のみを対象に構築した過年度のシミュレーションよりも再現性が低下した。
		昨年度 (50%) 以下	転居発生割合 (仙台市)	13%	仙台市の転居・居住地選択の実績データを用いることで、過年度のシミュレーションよりも再現性が向上した。
		昨年度 (5.1%) 以下	居住地選択者割合 (仙台市)	1.5%	
		昨年度 (14,249) 以下	人口 (宇都宮市)	9,140	宇都宮市では、過年度のシミュレーションで大きく乖離があった用途地域に関して乖離が小さくなり、再現性が向上した。仙台市では、乖離があった用途地域のうち一部では大きな乖離が残る結果となった。
		昨年度 (8,226) 以下	人口 (仙台市)	14,010	
		昨年度 (2.0%) 以下	除却割合 (宇都宮市)	2.2%	目標としていた昨年度以上の精度には至らなかつたが、誤差は小さく、現況を概ね再現できている。
		昨年度 (1.8%) 以下	建設割合 (宇都宮市)	2.8%	
		昨年度 (2.8%) 以下	用途別建設割合 (宇都宮市)	3.9%	

1) パラメータ推定結果の検証 (t 値)

「3-3-2 開発したアルゴリズム」に記載のとおり、各サブモデルのほとんどの説明変数において、t 値は目標の 1.96 を上回った。ただし、付け値地代モデル、転居発生モデル、除却・建設・用途選択モデルでは、目標を下回る変数も一部存在した。

2) パラメータ推定結果の検証（自由度調整済み尤度比）

「3-3-2 開発したアルゴリズム」に記載のとおり、転居発生モデル、除却・建設・用途選択モデルでは、自由度調整済み尤度比は目標の 0.20 を上回った。一方、付け値地代モデル、居住地選択モデルでは、目標を下回った。

3) 再現性（集計値の相対誤差）

① 住宅地価

宇都宮市、仙台市ともに概ね住宅地価を再現している。宇都宮市では、汎用性が向上した一方、過年度のシミュレーションよりも再現性は低下した。仙台市では、過年度のシミュレーションを用いた推計よりも再現性が大きく向上しており、汎用的なシミュレーションを構築できていることが確認できた。

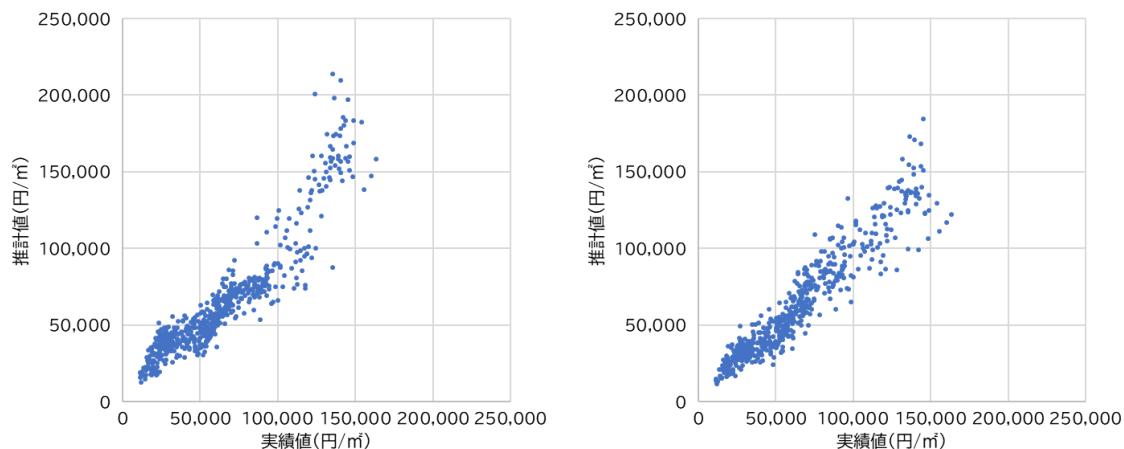


図 4-1 宇都宮市の住宅地価の現況再現性（左：今年度、右：過年度）

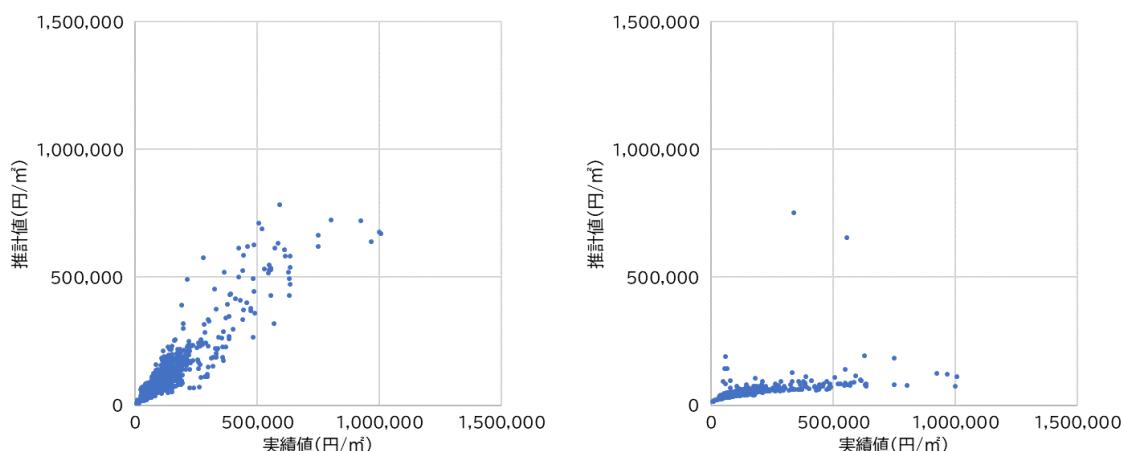


図 4-2 仙台市の住宅地価の現況再現性（左：今年度、右：過年度）

② 商業地価

宇都宮市、仙台市とともに概ね商業地価を再現している。宇都宮市では、汎用性が向上した一方、過年度のシミュレーションよりも再現性は低下した。仙台市では、過年度のシミュレーションを用いた推計よりも再現性が大きく向上しており、汎用的なシミュレーションを構築できていることが確認できた。

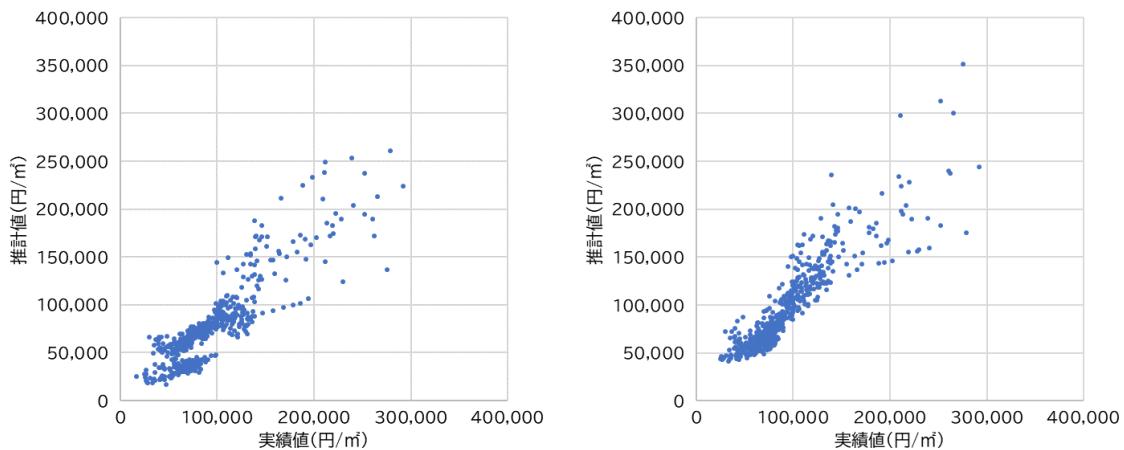


図 4-3 宇都宮市の商業地価の現況再現性（左：今年度、右：過年度）

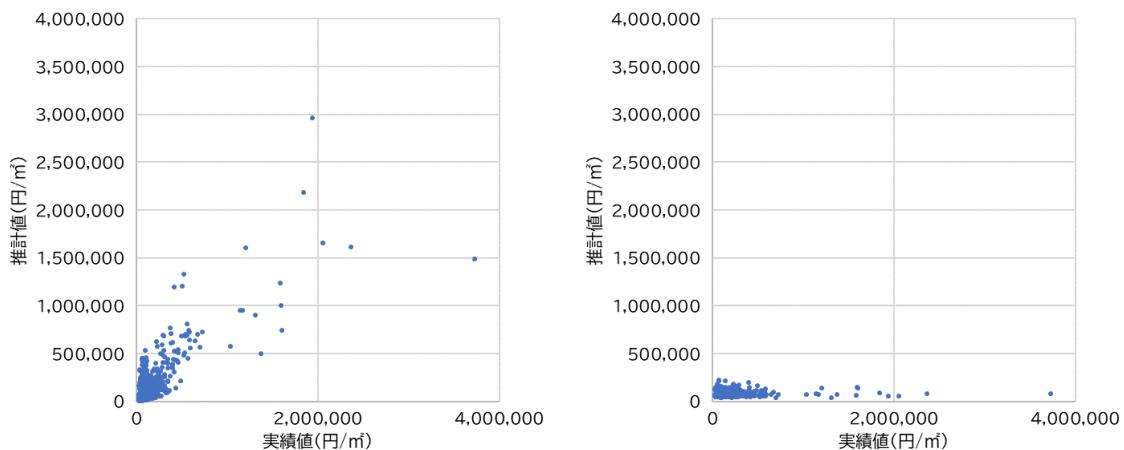


図 4-4 仙台市の商業地価の現況再現性（左：今年度、右：過年度）

(3) 転居発生割合（仙台市）

過年度のシミュレーションを用いた推計よりも再現性が向上した。

表 4-5 仙台市の転居発生割合（1年当たりの転居発生割合）

実績	過年度	今年度
19%	10%	22%

(4) 居住地選択割合（仙台市）

過年度のシミュレーションを用いた推計よりも再現性が向上した。

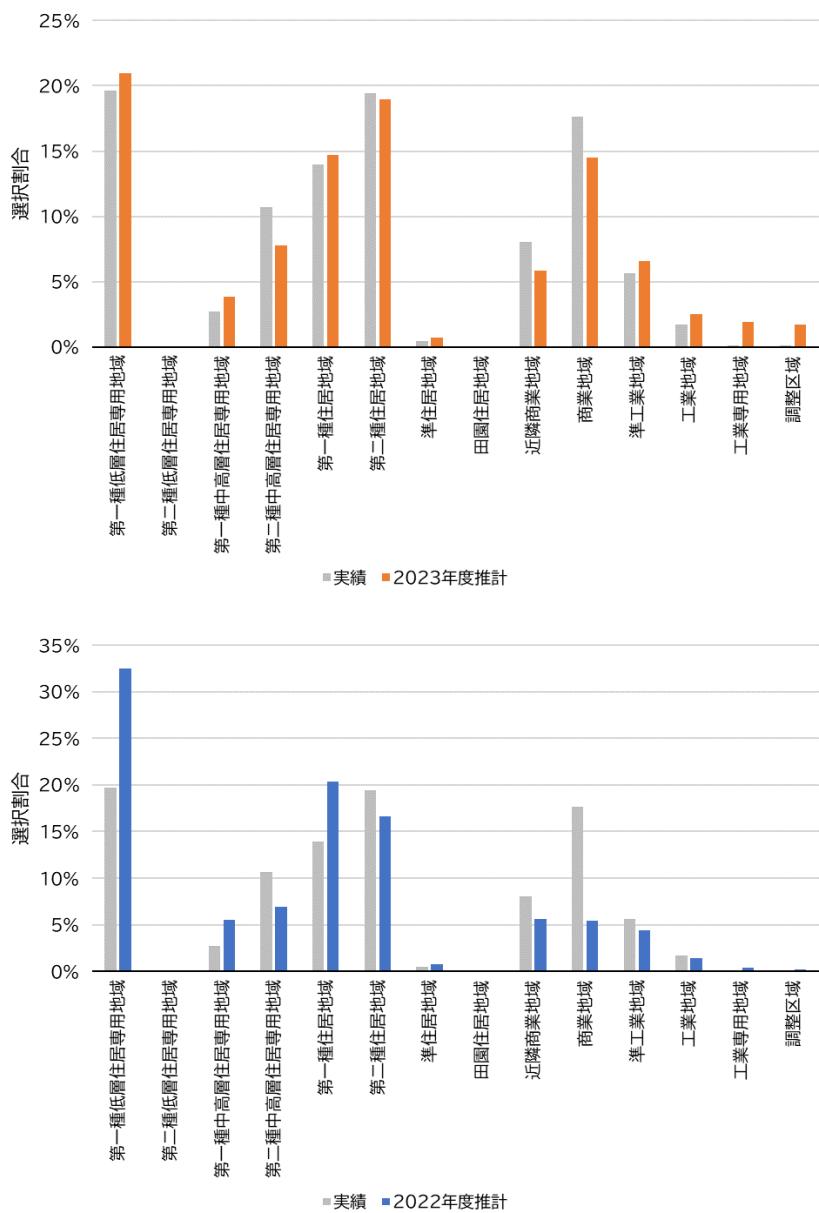


図 4-5 仙台市の用途地域別居住地選択割合の現況再現性（上：今年度、下：過年度）

⑤ 人口

宇都宮市では、第一種住居地域を除いて乖離が改善された。仙台市では、過年度において 500m メッシュ別将来推計人口（H30 国政局推計）から乖離があった一部の用途地域について、乖離が残る結果となった。

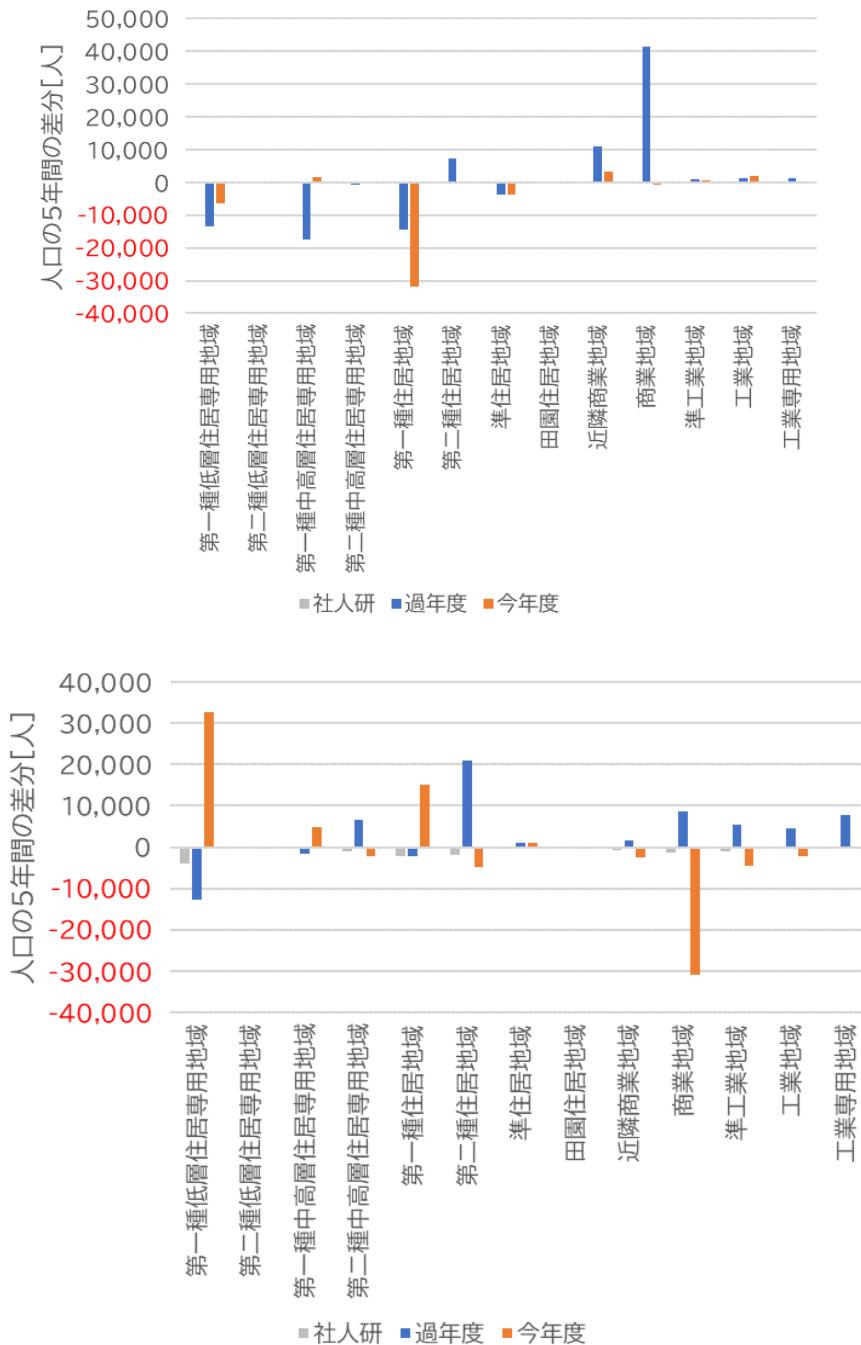


図 4-6 2020 年から 2025 年の用途地域別人口（上：宇都宮市、下：仙台市）

※ 図中の「社人研」は、500m メッシュ別将来推計人口（H30 国政局推計）データを指す。

⑥ 除却割合

住居専用地域、住居地域では、過年度よりも再現性が向上した。一方、商業地域とその他の地域では、過年度よりも再現性が低下した。

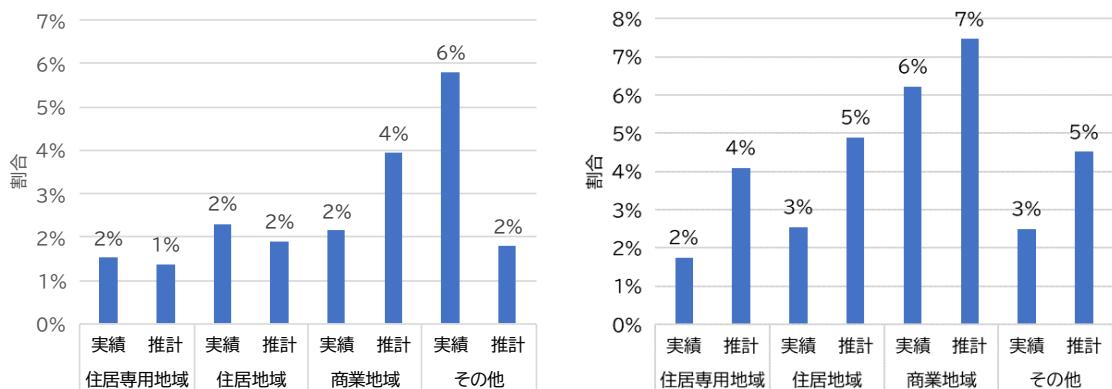


図 4-7 宇都宮市の用途地域別除却割合の現況再現性（左：今年度、右：過年度）

※ 住居専用地域は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、住居地域は第一種住居地域・第二種住居地域・準住居地域、商業地域は商業地域・近隣商業地域を指す。

※ 推定用データが昨年度と異なるため、実績の割合は過年度と今年度とでは一致しない。

⑦ 建設割合

住居専用地域、住居地域では、過年度よりも再現性が向上した。一方、商業地域とその他の地域では、過年度よりも再現性が低下した。

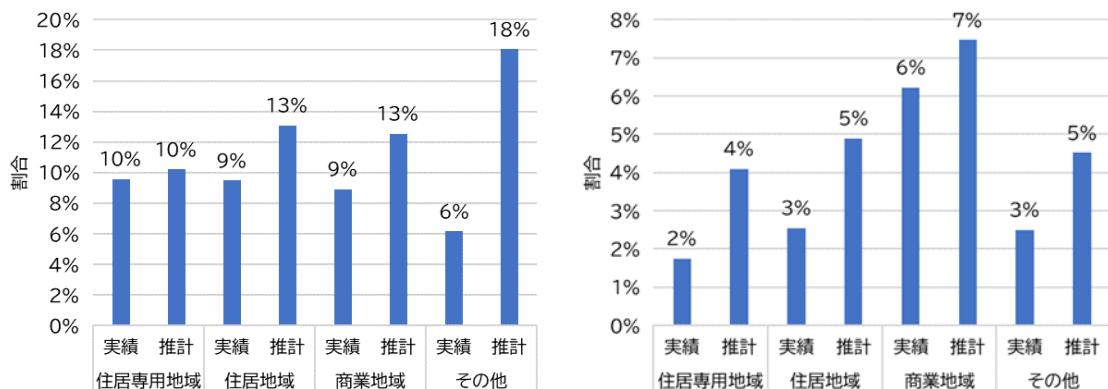


図 4-8 宇都宮市の用途地域別除却割合の現況再現性（左：今年度、右：過年度）

※ 住居専用地域は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、住居地域は第一種住居地域・第二種住居地域・準住居地域、商業地域は商業地域・近隣商業地域を指す。

※ 推定用データが昨年度と異なるため、実績の割合は過年度と今年度とでは一致しない。

⑧ 用途別建設割合

いずれの用途地域においても、過年度と今年度との間に大きな差は見られない。

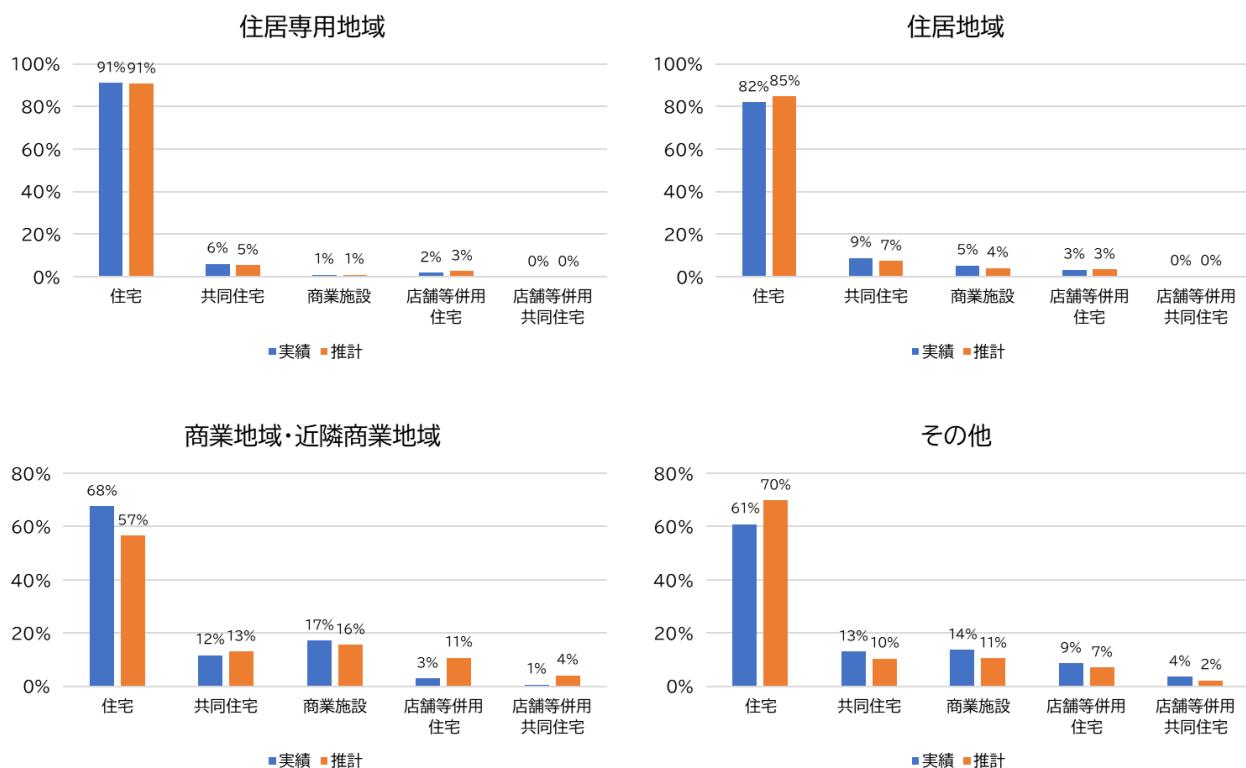


図 4-9 宇都宮市の用途地域別用途選択割合の現況再現性（今年度）

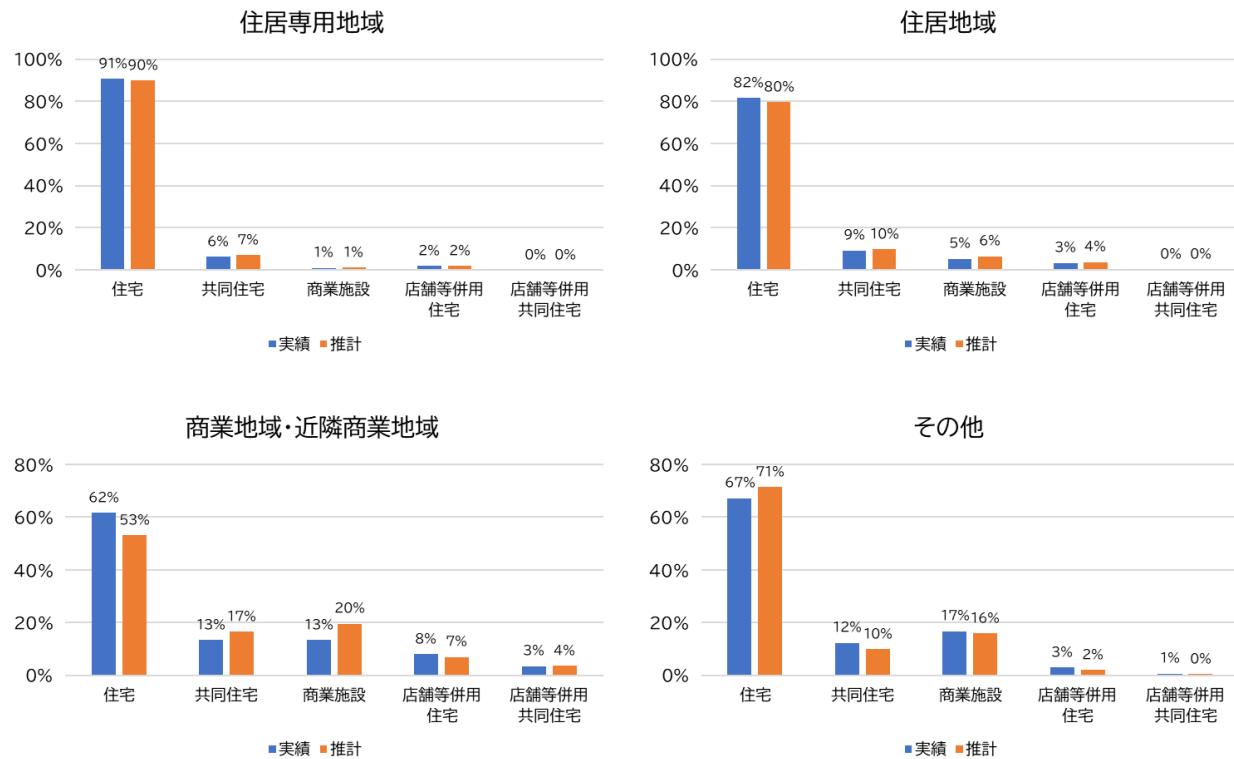


図 4-10 宇都宮市の用途地域別用途選択割合の現況再現性（過年度）

※ 住居専用地域は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、住居地域は第一種住居地域・第二種住居地域・準住居地域、商業地域は商業地域・近隣商業地域を指す。

※ 推定用データが昨年度と異なるため、実績の割合は過年度と今年度とでは一致しない。

5. 政策面での有用性検証

5-1. 検証目的

実証仮説に基づき、以下の検証仮説を検証目的として設定する。

【検証仮説（再掲）】

- 3D都市モデルを活用して立地適正化計画等のまちづくり施策が建物立地や居住人口、地価等に与える影響を3次元的に可視化する都市構造シミュレータを導入することで、効果的な施策の検討や将来ビジョンのイメージの共有が可能となる
- 3D都市モデルを活用して、都市構造シミュレータ用の建物データを作成する機能やその他データ整備ツールを導入しつつ、シナリオ設定機能や可視化機能を付与した統合UIを導入することで、地方公共団体職員等でも簡易的に利用しやすくなり、効果的なまちづくり検討を展開しやすくなる

具体的には、主に以下の2点について、政策面での有用性検証を行った。

- 政策への活用可能性の検証
- ユーザビリティの検証

5-2. 検証方法

検証方法としては、実証エリアの地方公共団体（宇都宮市、仙台市）の職員に対してデモンストレーションを取り入れたヒアリング・アンケートを実施した。

（ヒアリング・アンケートの項目については「5-4 ヒアリング・アンケートの詳細」に記載）

ヒアリングの実施方法

- 会場：ヒアリング先の会議室
- 機材：体験・デモ用に以下のスペックの社用PCを用意する。
 - CPU：インテル® Xeon W-10885 (16 MB キャッシュ、8コア、2.4 GHz～5.3 GHz、vPro)
 - GPU：NVIDIA GeForce RTX™ 4000 (8 GB、GDDR6)
 - メモリ：32GB
 - ストレージ：1TB M.2 NVMe
 - OS：Windows10 Pro Workstation ビット

5-3. 被験者

表 5-1 被験者リスト（宇都宮市）

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
地方公共団体	宇都宮市	都市計画課	係長、主任技師、主事	都市計画に関する業務	3名
		LRT 整備課	主事	LRT 事業に関する業務	1名
		交通政策課	主任主事	公共交通施策にかかる企画業務	1名
		デジタル政策課	係長	DXの推進にかかる施策事業の企画・検討	1名

表 5-2 被験者リスト（仙台市）

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
地方公共団体	仙台市	都市計画課	主任、主査、技師	都市計画提案制度、特区制度の担当 都市計画情報の更新	4名

5-4. ヒアリング・アンケートの詳細

5-4-1. アジェンダ・タイムテーブル

表 5-3 アジェンダ・タイムテーブル

No.	アジェンダ	所要時間
1	都市構造シミュレーション結果の説明	20 分
2	都市構造シミュレーション結果に関する質疑応答・ヒアリング	60 分
3	都市構造シミュレーションのデモ・意見交換	30 分

※都市構造シミュレーションの体験・アンケートに関しては、ヒアリング後に実施

5-4-2. アジェンダの詳細

表 5-4 アジェンダの詳細

No.	アジェンダ（再掲）	内容
1	都市構造シミュレーション結果の説明	<ul style="list-style-type: none"> ● 都市構造シミュレーションの概要、アルゴリズムの検証 ● 都市構造シミュレーションによるシナリオ分析結果
2	都市構造シミュレーション結果に関する質疑応答・ヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> ● 都市構造シミュレーションによるシナリオ分析結果に関する質疑応答・ヒアリング
3	都市構造シミュレーションのデモ・意見交換	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築物データ作成機能、インプットデータ生成機能のデモ <ul style="list-style-type: none"> ➢ データを指定して機能を実行するデモ（計算に時間がかかるため、実際には読み込みは行わない） ● シナリオ設定 UI 機能、都市構造シミュレーション機能のデモ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 簡易的なシナリオ分析の設定をシナリオ設定 UI で行い、シミュレーション実行までのデモ ● 3D 可視化機能のデモ <ul style="list-style-type: none"> ➢ シミュレーション結果を 3D に可視化するデモ ● 上記のデモに関して意見交換を行う

5-4-3. 検証項目と評価方法

検証項目と評価方法については、以下のとおりとした。

表 5-5 検証項目と評価方法

検証観点	No.	検証項目	定量評価	定性評価
1) 政策への活用可能性の検証	1	想定するような将来や政策の影響が可視化できるか	<ul style="list-style-type: none"> 対象ユーザーに本年度開発したシステムを体験していただきた後、アンケートを実施 	<ul style="list-style-type: none"> アンケートの各設問に自由記入欄を設定
	2	従来手法では見つけられなかった課題や打ち手の発見につながるか	<ul style="list-style-type: none"> 選択肢は 5 段階で設定（例えば、No.1 では 1 を「できていない」、5 を「できている」とした） 	
	3	関係部署等での認識共有に活用できそうか	<ul style="list-style-type: none"> 回答を集計し、各選択肢の選択率から評価（各設問で、過半数の 4 以上の回答を目標とする） 	
	4	市民への説明や意見交換等に活用できそうか		
2) ユーザビリティの検証	5	シナリオ設定の条件を理解し、利用することができるか		
	6	シナリオ設定できる施策・条件は十分であるか		
	7	3D 可視化機能を理解し、利用することができるか		
	8	シミュレーションの実施・利用に関して、地方公共団体で内製化できる可能性はあるか		

5-4-4. 宇都宮市ヒアリング時に提示したシミュレーション結果

1) 計算ケースの概要

表 5-6 計算ケースの概要

ケース名	LRT	表現する施策	インプットの変更
趨勢 (LRT あり) ※ 成り行きの ケースであり、 他ケースとの 比較対象	東側あり	<ul style="list-style-type: none"> ● JR 宇都宮駅東側の LRT（以降、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
基幹路線強化	東側あり 西側あり	<ul style="list-style-type: none"> ● LRT 東側の導入 ● JR 宇都宮駅以西の LRT（以降、LRT 西側）の導入 ● 居住誘導区域を通るバス基幹路線の速達性向上、運行頻度増 	<ul style="list-style-type: none"> ● LRT 東側と LRT 西側（以降、LRT 東西）の電停を追加して最寄り駅距離を更新 ● LRT 西側沿線から LRT 東西沿線への所要時間と待ち時間をバスの半分に ● 居住誘導区域間のバス所要時間と待ち時間を 2 割減
都市機能誘導	東側あり	<ul style="list-style-type: none"> ● LRT 東側の導入 ● 宇都宮市立地適正化計画（2021 年）において位置づけられている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 ● 宇都宮市立地適正化計画（2021 年）において位置づけされている高次都市機能誘導区域に対する容積率緩和 	<ul style="list-style-type: none"> ● 除却・建設・用途選択モデル演算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） ● 高次都市機能誘導区域の容積率を趨勢ケースの 2 倍に
居住誘導	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）



図 5-1 LRT 運行ルート¹¹

¹¹ 公式 HP より抜粋：<https://www.city.utsunomiya.tochigi.jp/kurashi/kotsu/lrt/1028853/1013029.html>

2) 基幹路線強化ケース

1. ケース設定

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する。LRT 沿線 1 km 圏に概ね含まれるゾーンのバス乗車時間と待ち時間を半分に、居住誘導区域同士の移動に関してバスの乗車時間と待ち時間を 2 割減とする。



図 5-2 LRT の位置及び沿線ゾーンの指定

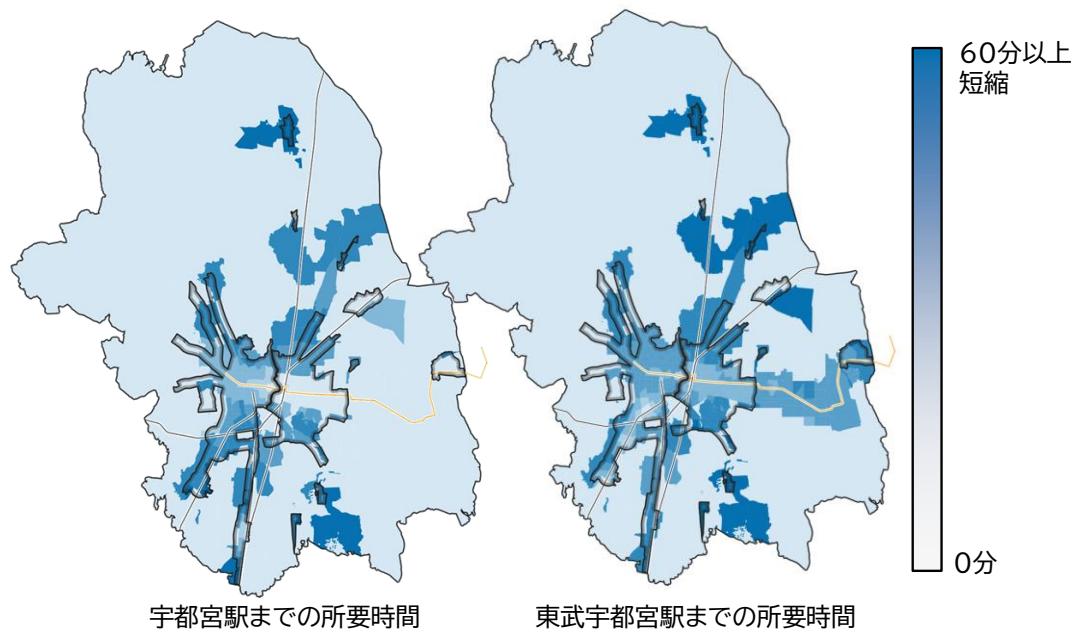


図 5-3 公共交通所要時間短縮の設定

2. 建物数の変化

LRT 東西沿線では、趨勢ケースと比較して、共同住宅や商業施設が増加。既に LRT が運行している東側の地域でも、LRT の延伸によりさらに共同住宅が増加する。

表 5-7 建物数の変化

項目		建物数（戸）			趨勢との差分（戸）		
		2021 年	2030 年	2040 年	2021 年	2030 年	2040 年
住宅	宇都宮市全域	142,932	145,101	145,584	0	-555	-896
	LRT 東西沿線内	19,125	18,913	18,509	0	-136	-261
	LRT 東西沿線外	123,807	126,188	127,075	0	-419	-635
共同住宅	宇都宮市全域	19,120	19,285	18,963	0	269	445
	LRT 東西沿線内	3,028	3,113	3,115	0	80	141
	LRT 東西沿線外	16,092	16,172	15,848	0	189	304
商業施設	宇都宮市全域	10,640	10,932	10,991	0	12	70
	LRT 東西沿線内	2,220	2,261	2,301	0	38	99
	LRT 東西沿線外	8,420	8,671	8,690	0	-26	-29

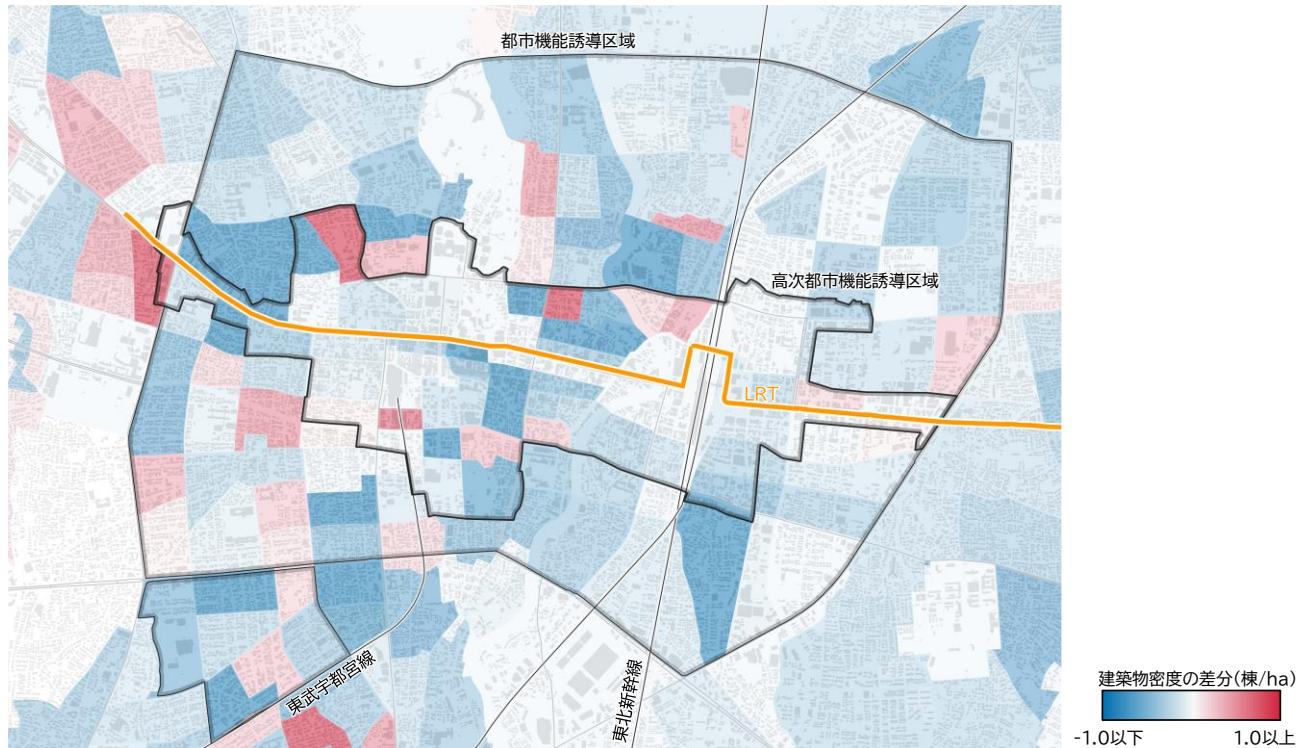


図 5-4 住宅数密度の差分（2040 年基幹路線強化ケース-2040 年趨勢）

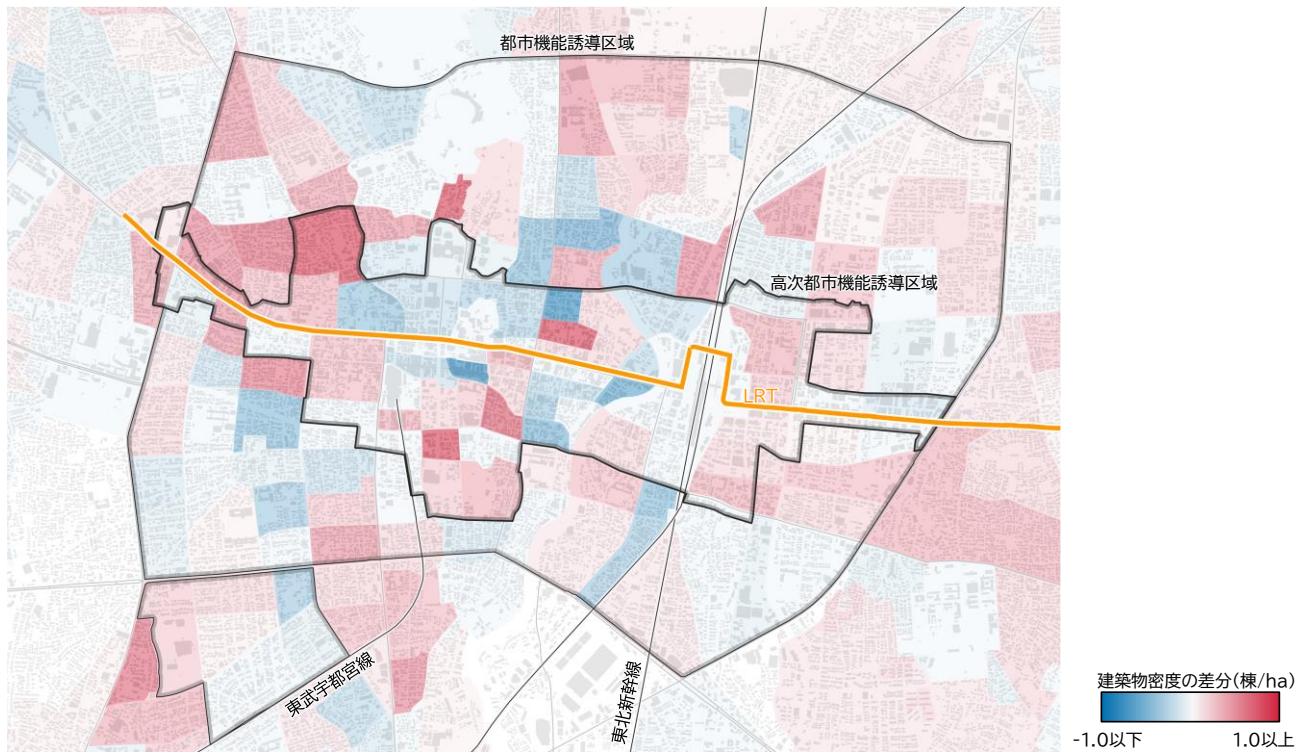


図 5-5 共同住宅数密度の差分（2040 年基幹路線強化ケース-2040 年趨勢）

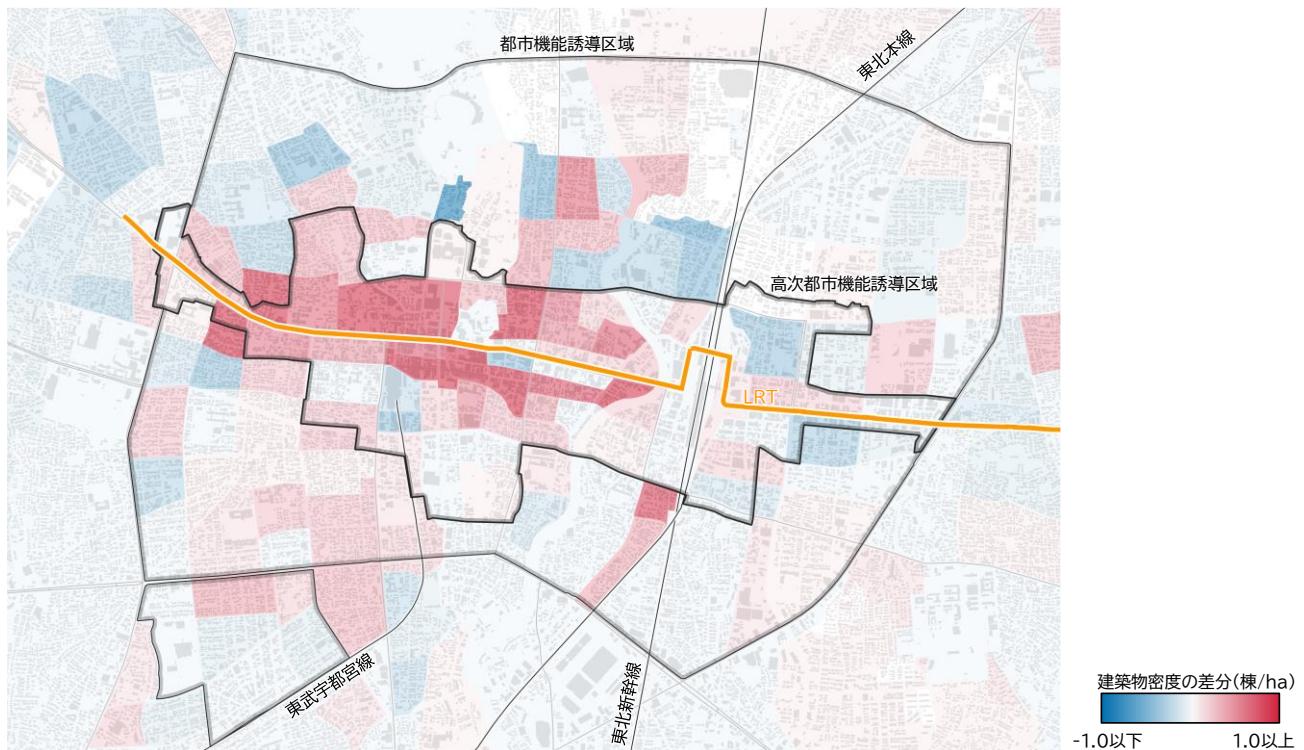


図 5-6 商業施設数の差分（2040 年基幹路線強化ケース-2040 年趨勢）

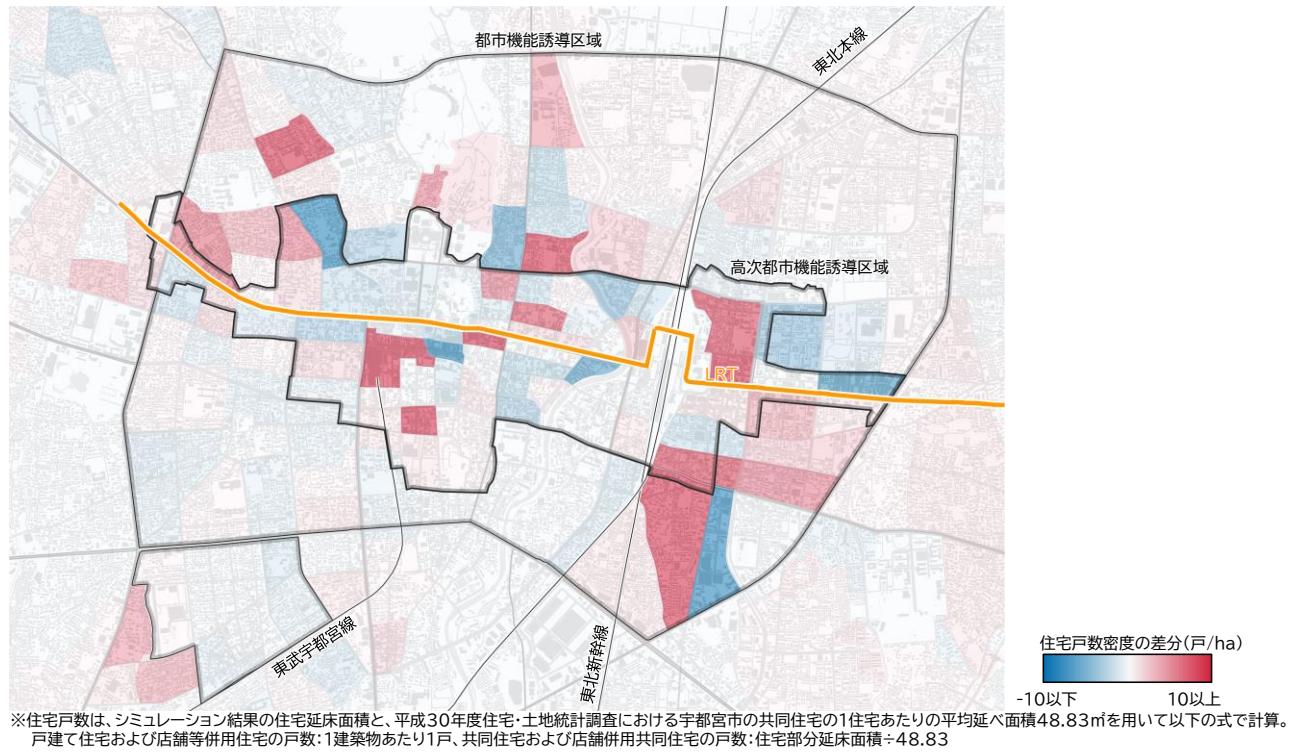


図 5-7 住戸数の差分（2040 年基幹路線強化ケース-2040 年趨勢）

3. 住宅地価の変化

商業施設近接性が向上した LRT 西側沿線や市街化区域において、住宅地価が上昇。中でも、中心市街地での地価上昇が著しい。

そのほかの地域において、住宅地価は趨勢と同程度の水準である。

表 5-8 住宅地価の変化

エリア	住宅地価（円）			趨勢との差分（円）		
	2021年	2030年	2040年	2021年	2030年	2040年
LRT 東西沿線内	95,988	107,348	92,263	0	22,011	18,686
LRT 東西沿線外	48,351	51,506	44,447	0	8,558	7,210

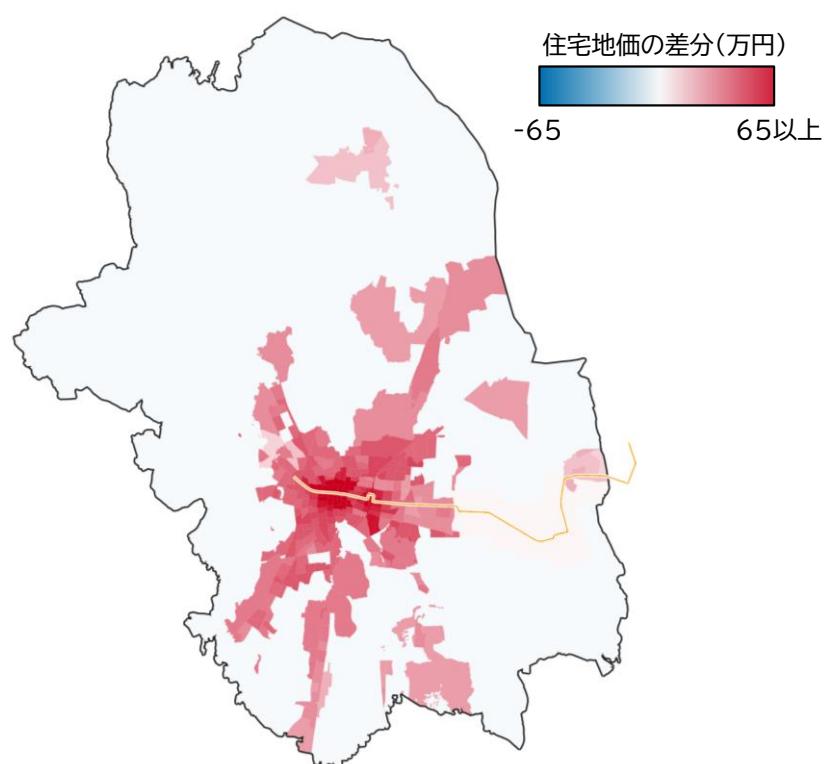


図 5-8 住宅地価の差分（2040 年基幹路線強化ケース-2040 年趨勢）

4. 人口の変化

LRT の西側延伸により、中心市街地へのアクセス性が向上した LRT の東側沿線では、人口が増加する。

LRT の西側沿線では、商業施設近接性が向上する一方、地価も大幅に上昇し、人口が減少する。

需給バランスによる地価決定メカニズムの考慮、居住地選択における交通手段の選好の考慮等、居住地選択行動の解析が今後の課題である。

表 5-9 人口の変化

エリア	人口（人）			趨勢との差分（人）		
	2021 年	2030 年	2040 年	2021 年	2030 年	2040 年
宇都宮市全域	482,188	469,729	449,256	0	0	0
LRT 東西沿線内	90,510	102,092	103,700	0	123	906
LRT 東西沿線外	391,678	367,637	345,556	0	-123	-906

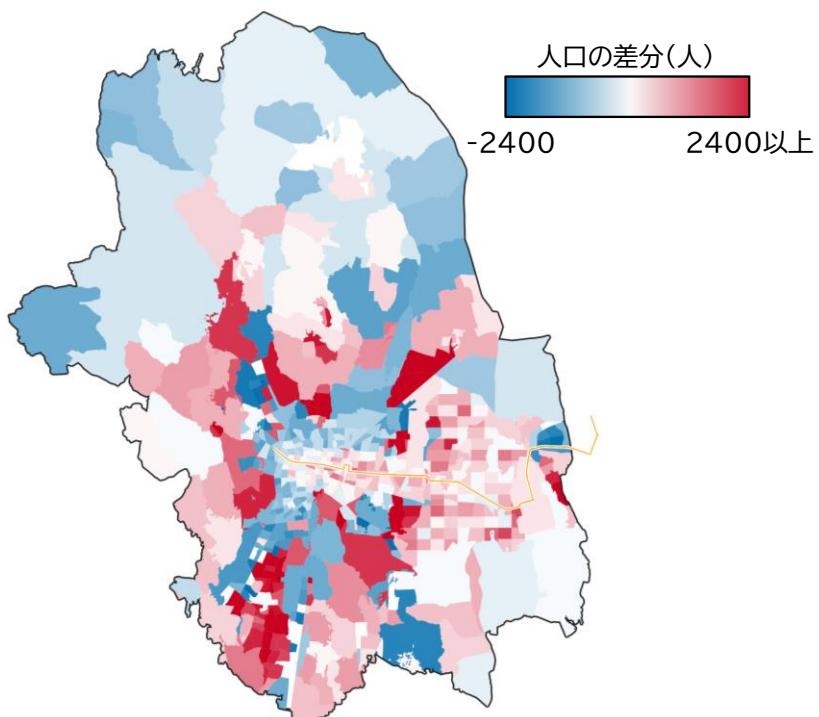


図 5-9 人口の差分（2040 年基幹路線強化ケース-2040 年趨勢）

5. 施策の影響の概要

LRT の開業により商業施設近接性が増加、地価の上昇につながり、住宅や商業施設の延床面積が増加する。

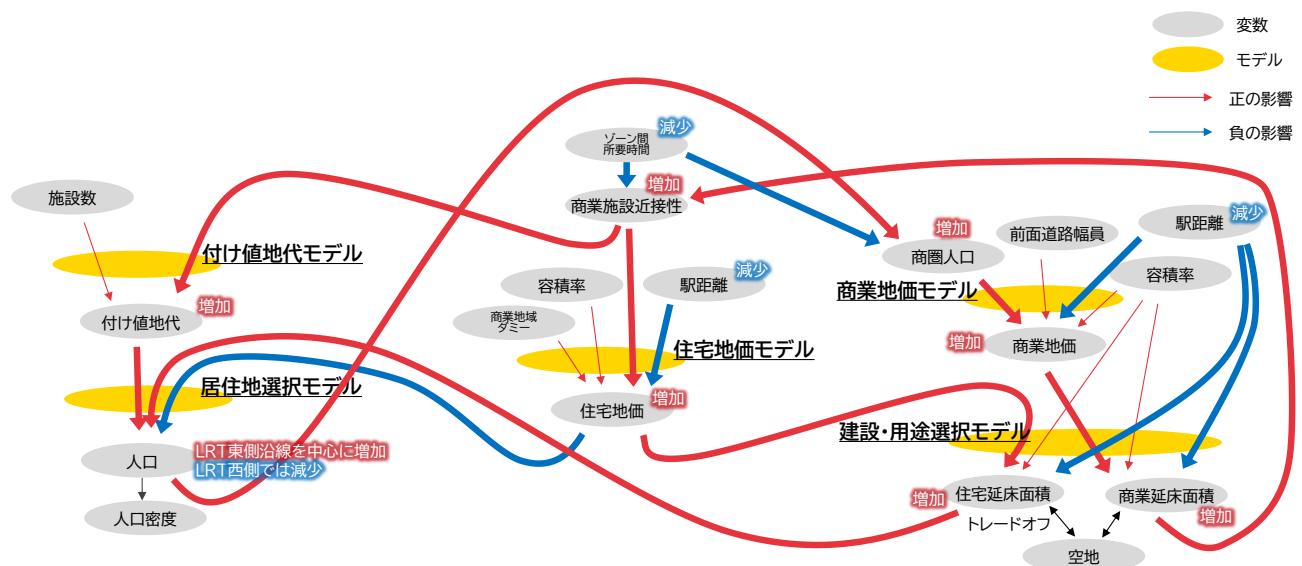


図 5-10 施策の影響の概要

※太矢印はケーススタディで確認された施策の影響、細矢印は確認されなかった施策の影響を表す。

3) 都市機能誘導ケース

1. ケース設定

都市機能誘導区域に該当するゾーンを対象に、商業地価を2割割増する。(供給側にとってのポテンシャル増)。さらに、高次都市機能誘導区域に該当するゾーンを対象に、容積率を現況の2倍に設定する。



図 5-11 ケース設定

2. 住宅地価・商業地価・商業施設数・商業延床面積の変化

都市機能誘導区域内では、趨勢よりも商業施設が増加し、商業延床面積が増加する。都市機能誘導区域内で、地価が上昇する。都市機能誘導区域周辺への人口増加が要因と考えられる。

表 5-10 住宅地価・商業地価・商業施設数・商業延床面積の変化

項目		各項目の値			趨勢との差分		
		2021 年	2030 年	2040 年	2021 年	2030 年	2040 年
住宅地価（円）	都市機能誘導区域内	106,084	122,827	105,653	0	28,688	24,408
	都市機能誘導区域外	47,339	48,887	42,151	0	6,768	5,673
商業地価（円）	都市機能誘導区域内	114,466	116,149	112,158	0	7,196	6,760
	都市機能誘導区域外	58,140	57,384	55,521	0	1,915	1,807
商業施設数（戸）	宇都宮市全体	10,640	10,932	10,991	0	12	70
	都市機能誘導区域内	2,130	2,212	2,269	0	77	154
	都市機能誘導区域外	8,510	8,720	8,722	0	-65	-84
商業延床面積 (m ²)	宇都宮市全体	4,069,1 38	3,92616 2	3,766,1 13	0	53,432	121,210
	都市機能誘導区域内	1,128,5 06	1,127,6 38	1,074,3 55	0	50,693	117,117
	都市機能誘導区域外	2,940,6 32	2,798,5 24	2,691,7 58	0	2,739	4,093

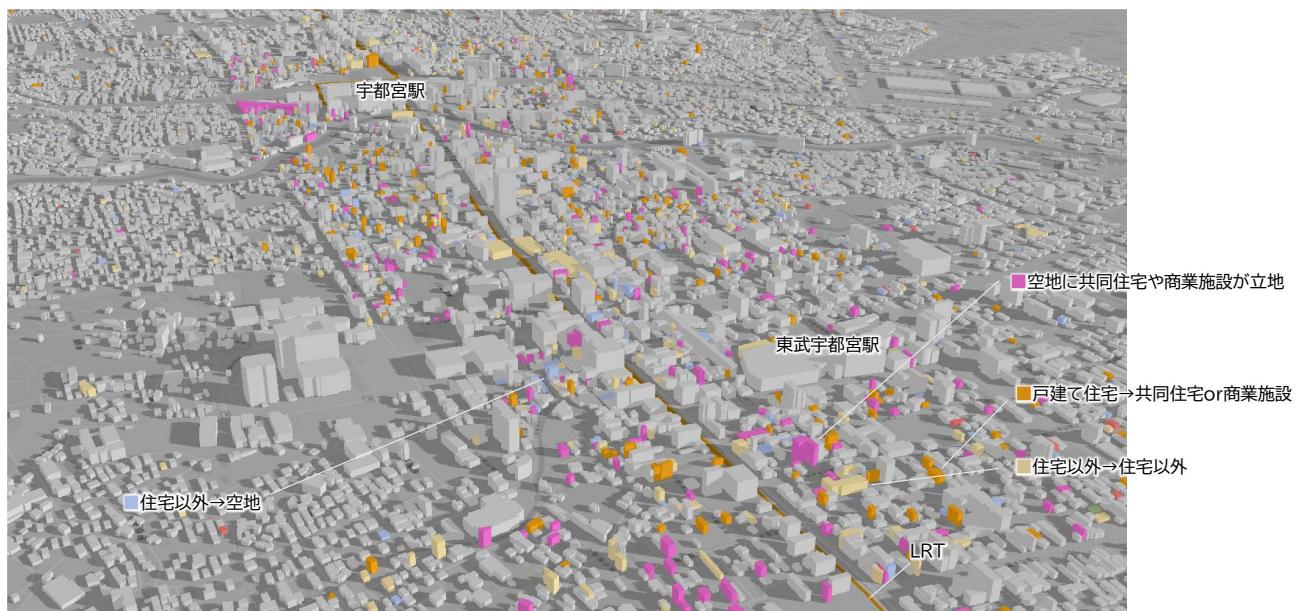


図 5-12 2040 年時点の建築物の用途の違い

3. 居住地選択行動の違い

都市機能誘導ケースでは、単身世帯は、高次都市機能誘導区域の縁辺部への居住地選択確率が高まる。
夫婦のみの世帯はより広範囲に、夫婦と子の世帯は都市機能誘導区域の縁辺部への居住地選択確率が高まる。
世帯類型、ライフステージが異なれば、施策に対する居住地選択行動の反応が異なりうることを示唆している。

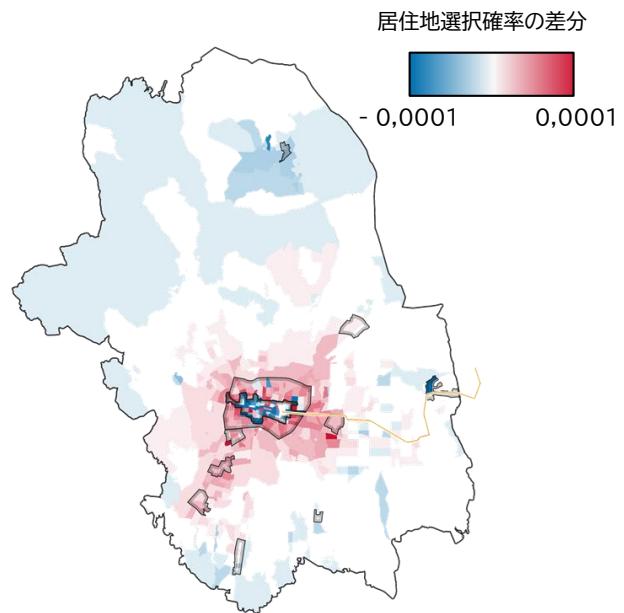


図 5-13 単身世帯の居住地選択確率（2040 年都市機能誘導ケース - 2040 年趨勢）

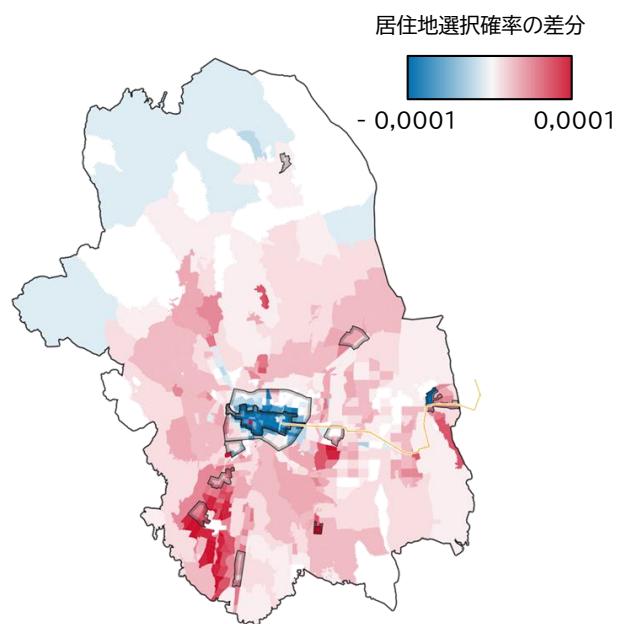


図 5-14 夫婦のみの世帯の居住地選択確率（2040 年都市機能誘導ケース - 2040 年趨勢）

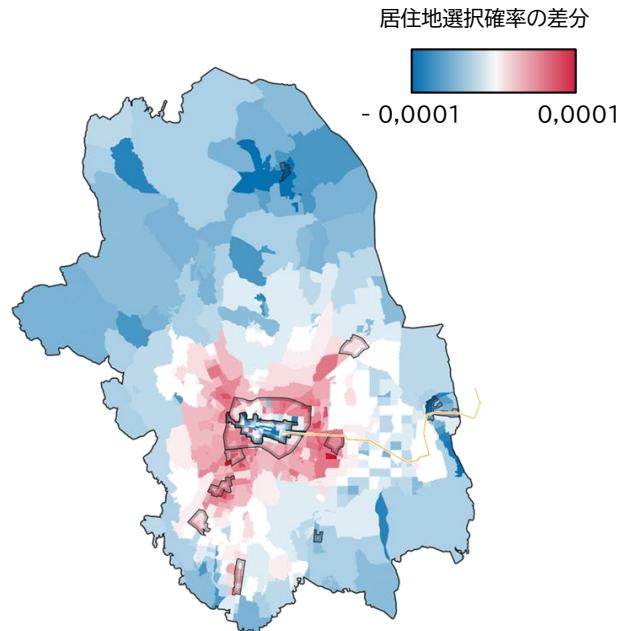


図 5-15 夫婦と子の世帯の居住地選択確率（2040年都市機能誘導ケース・2040年趨勢）

4. 施策の影響の概要

LRT の開業により商業施設近接性が増加し、地価の上昇につながり、住宅や商業施設の延床面積が増加する。

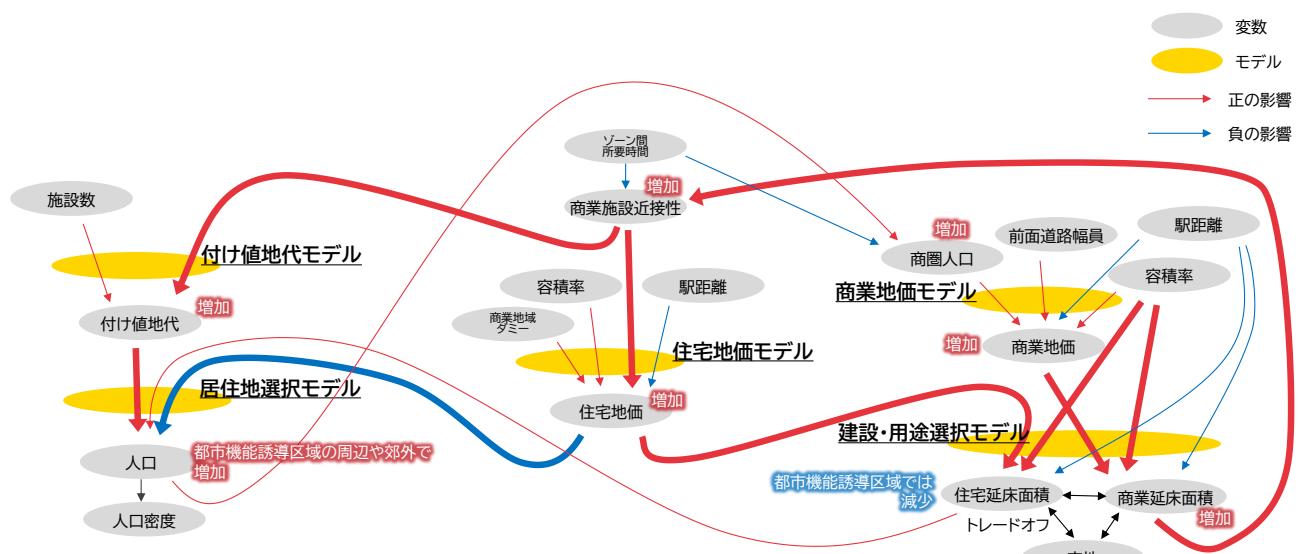


図 5-16 施策の影響の概要

※太矢印はケーススタディで確認された施策の影響、細矢印は確認されなかつた施策の影響を表す。

4) 居住誘導ケース

1. ケース設定

居住誘導区域に該当するゾーンを対象に、居住地選択モデルの計算時のみ、地価を2割割り引く。

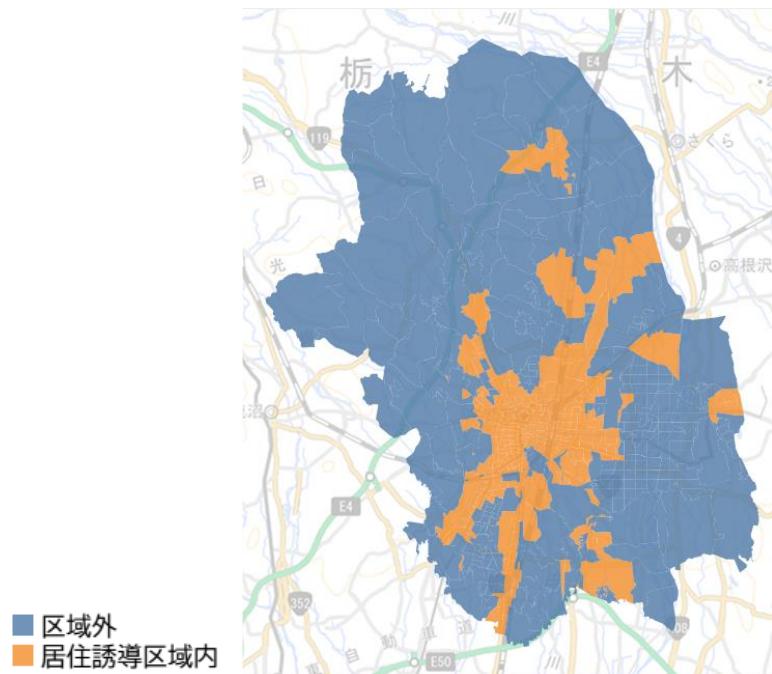


図 5-17 居住誘導ケースの対象ゾーン

2. 人口の変化

居住誘導を行ったゾーンにおいて、趨勢と比較して人口が増加する。

表 5-11 人口の変化

	人口(人)			趨勢との差分(人)		
	2021年	2030年	2040年	2021年	2030年	2040年
宇都宮市全域	482,188	469,729	449,256	0	0	0
居住誘導区域内	229,919	240,244	236,106	0	11,818	16,475
居住誘導区域外	252,269	229,485	213,150	0	-11,818	-16,475

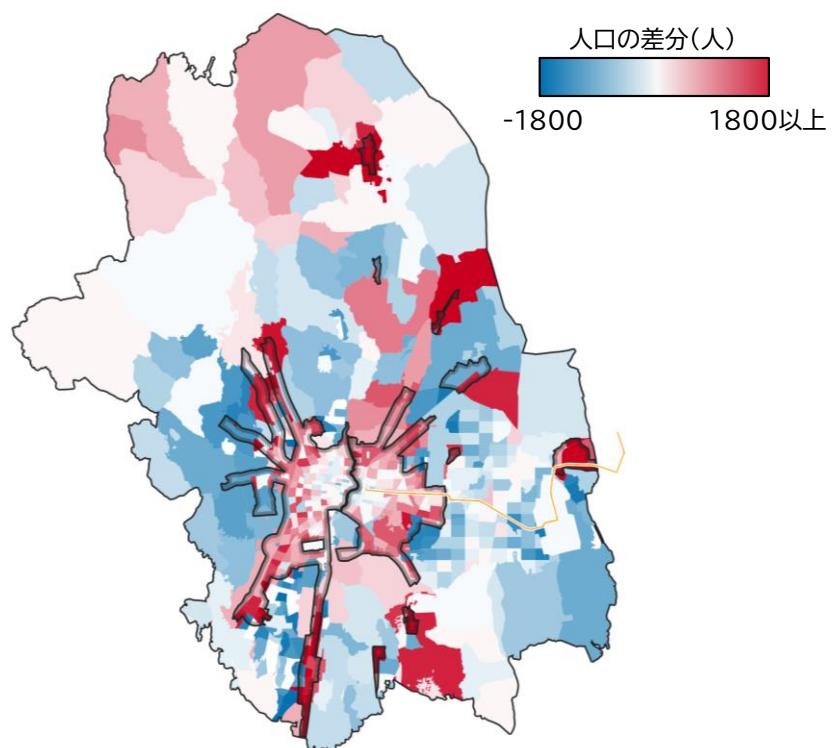


図 5-18 人口の差分 (2040 年居住誘導ケース - 2040 年趨勢)

3. 施策の影響の概要

居住誘導区域で人口が増加するが、商圈人口に与える影響は大きくなく、他の変数に与える影響は小さい結果となった。

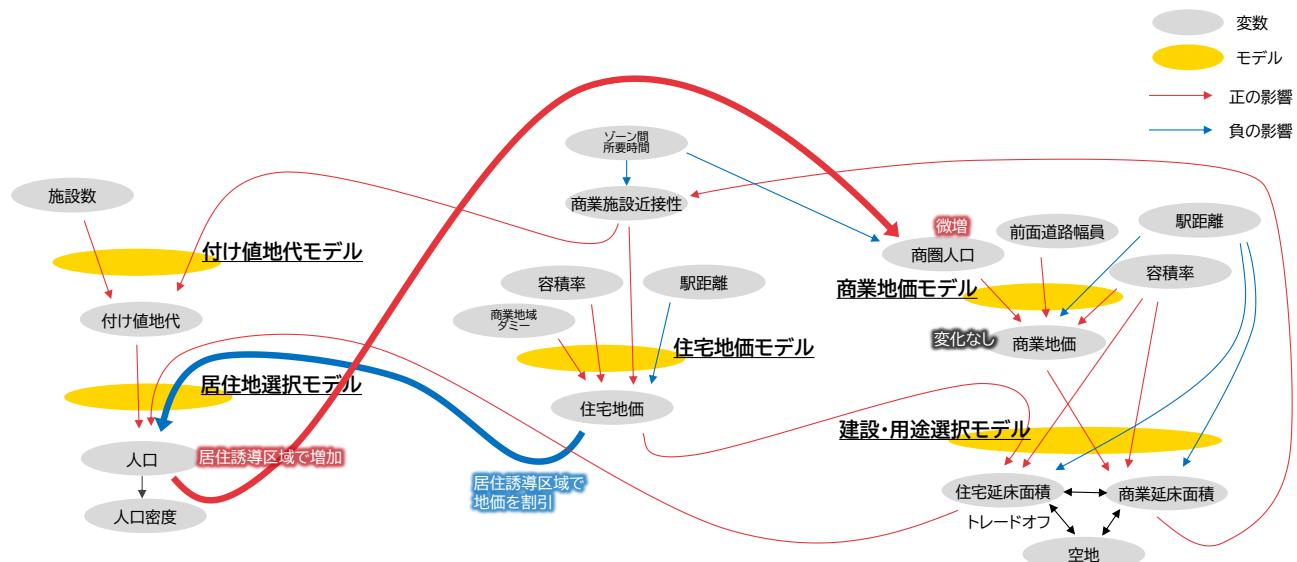


図 5-19 施策の影響の概要

※太矢印はケーススタディで確認された施策の影響、細矢印は確認されなかった施策の影響を表す。

5) 固定資産税のケース間比較

土地の固定資産税は、趨勢（LRT あり）ケースと比較して、都市機能誘導ケースにおいて約 990(百万円) 増加している。家屋の固定資産税は、趨勢（LRT あり）ケースと比較して、基幹路線強化ケースにおいて約 60(百万円) 増加している。

宇都宮市における 2023 年度固定資産税の税額は、土地 13,199(百万円)、家屋 17,771(百万円)である。

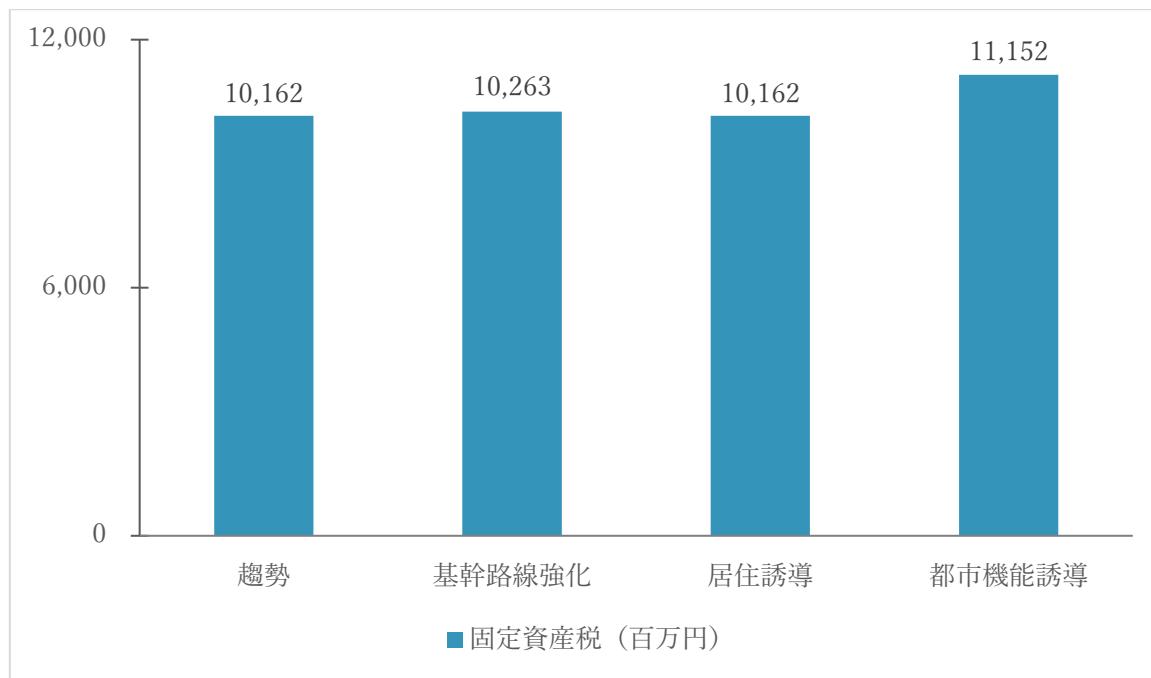


図 5-20 固定資産税：土地 (2040 年時点)

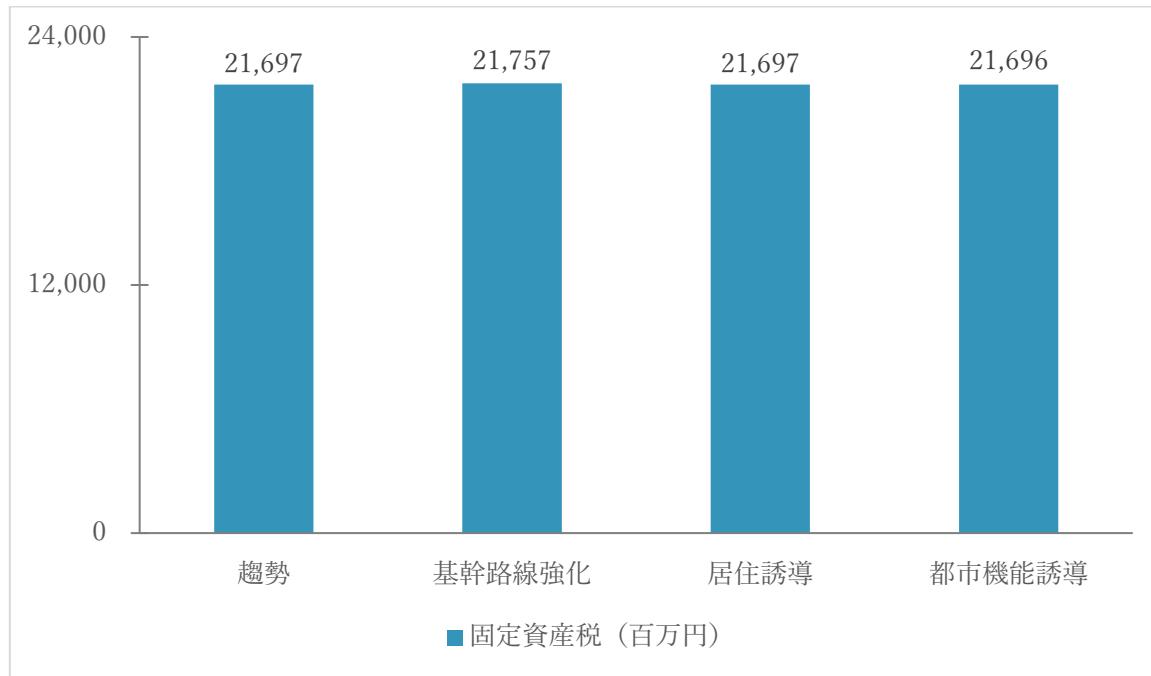


図 5-21 固定資産税：家屋 (2040 年時点)

5-4-5. 仙台市ヒアリング時に提示したシミュレーション結果

1) 計算ケースの概要

表 5-12 計算ケースの概要

ケース名	表現する施策	インプットの変更
趨勢ケース	● なし	● なし（比較対象のケース）
都市機能誘導ケース	● 商業施設立地誘導に対する税制措置・財政支援等	● 用途選択モデル時の商業地価を一定割合で割引（供給側にとってのポテンシャル増加） ● 都心コアゾーン・センターゾーンにおいて、容積率を現況の2倍に設定
居住誘導ケース	● 居住に対する税制措置・財政支援等	● 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）
鉄道・バス強化ケース	● 地域公共交通計画のバス幹線区間、バス準幹線区間の公共交通（地下鉄・バス）の所要時間短縮	● 幹線区間、準幹線区間の沿線のゾーンに対してゾーン間の地下鉄・バス所要時間を短縮

2) 都市機能誘導ケース

1. ケース設定

都市機能誘導区域に該当するゾーンを対象に、商業地価を2割割増する（供給側にとってのポテンシャル増）。さらに、都心・コアゾーン、都心・センターゾーンに該当するゾーンを対象に、容積率を現況の2倍に設定する。



図 5-22 ケース設定

2. 商業施設数の変化

都市機能誘導区域内、特に都心・コアゾーン、都心・センターゾーンでは、趨勢よりも商業施設が増加し、商業延床面積が増加する。

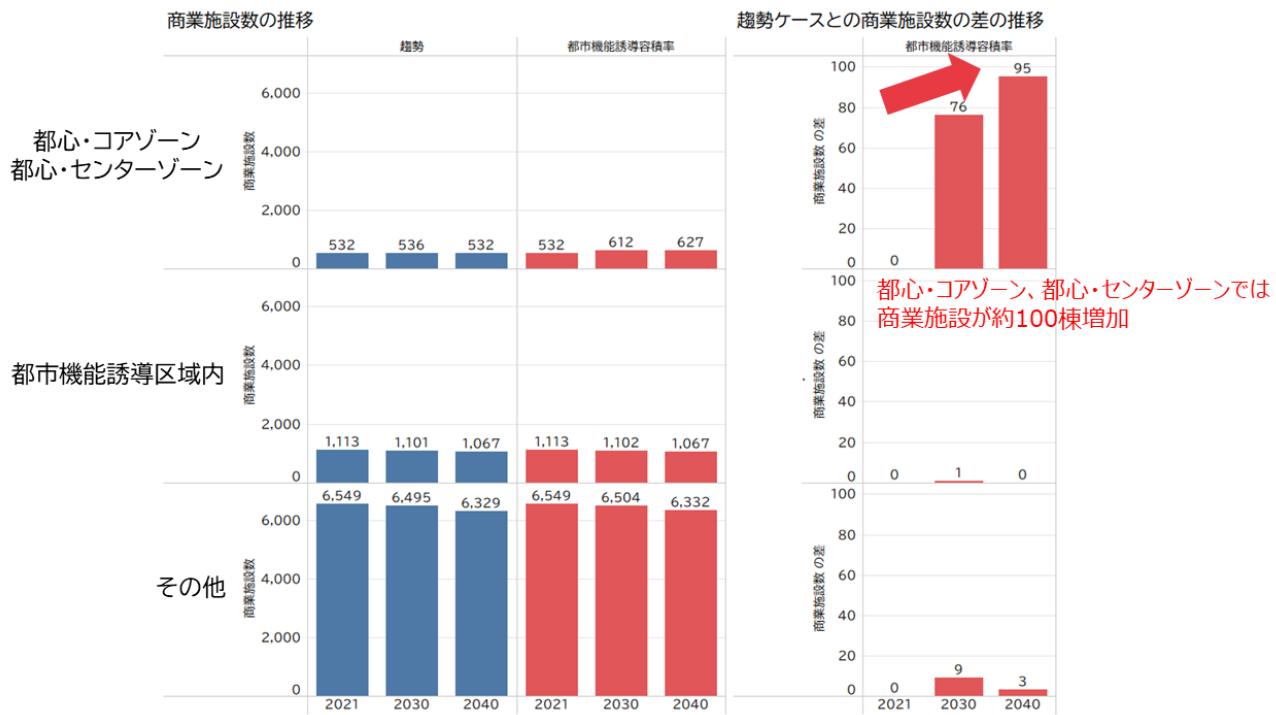


図 5-23 商業施設数の変化

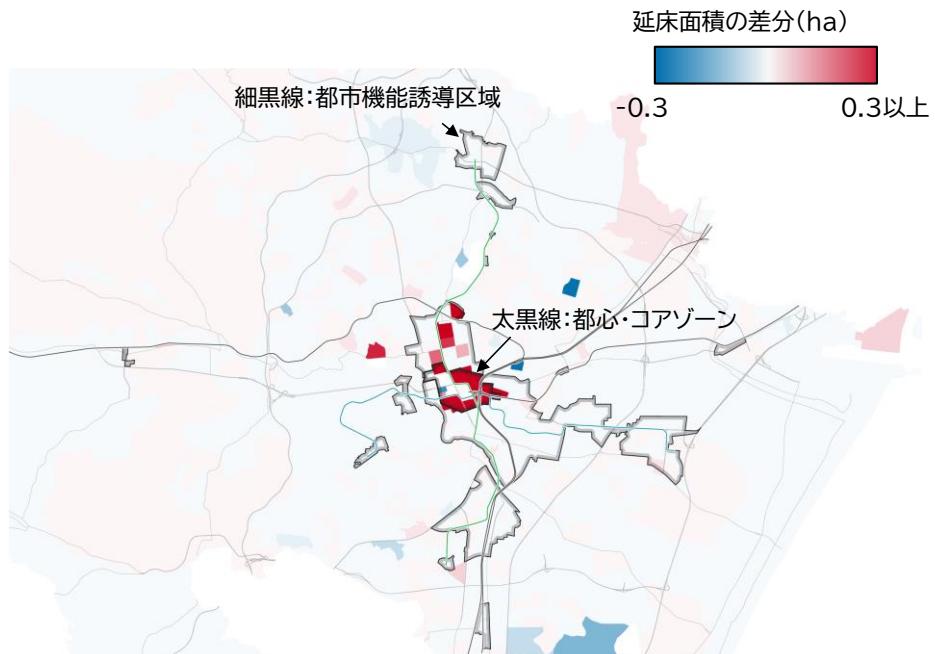


図 5-24 商業延床面積の差分 (2040 年都市機能誘導ケース - 2040 年趨勢)

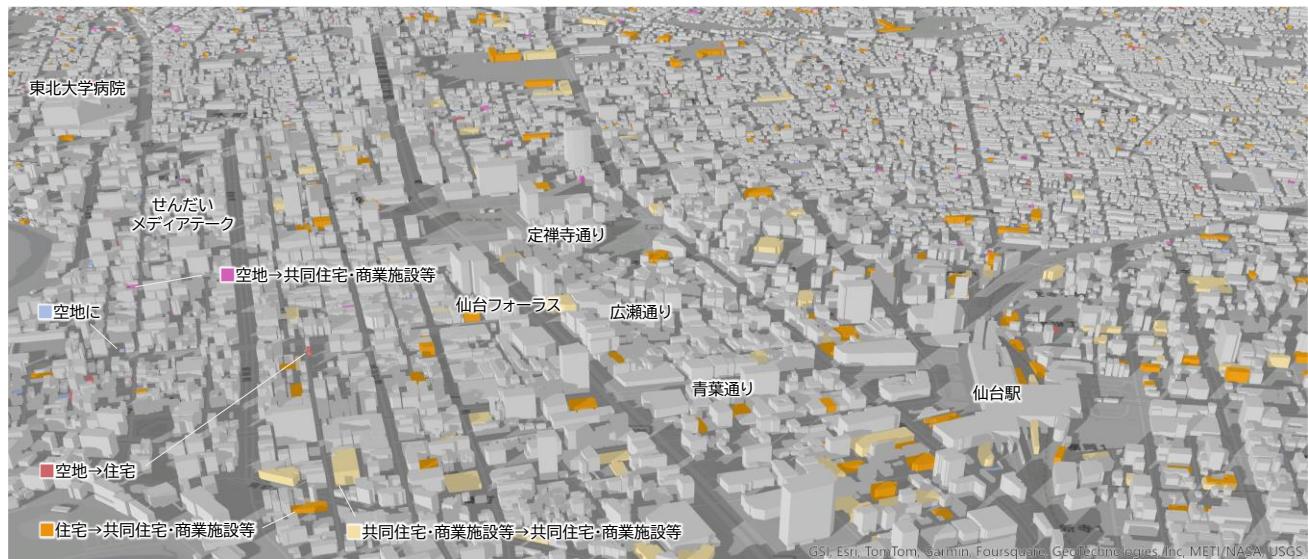


図 5-25 建築物の用途の違い

1. 商業地価の変化

都心・コアゾーン、都心・センターゾーンでは地価が上昇するが、それ以外のゾーンでは商業地価が減少する。後述の人口の分散が要因と考えられる。

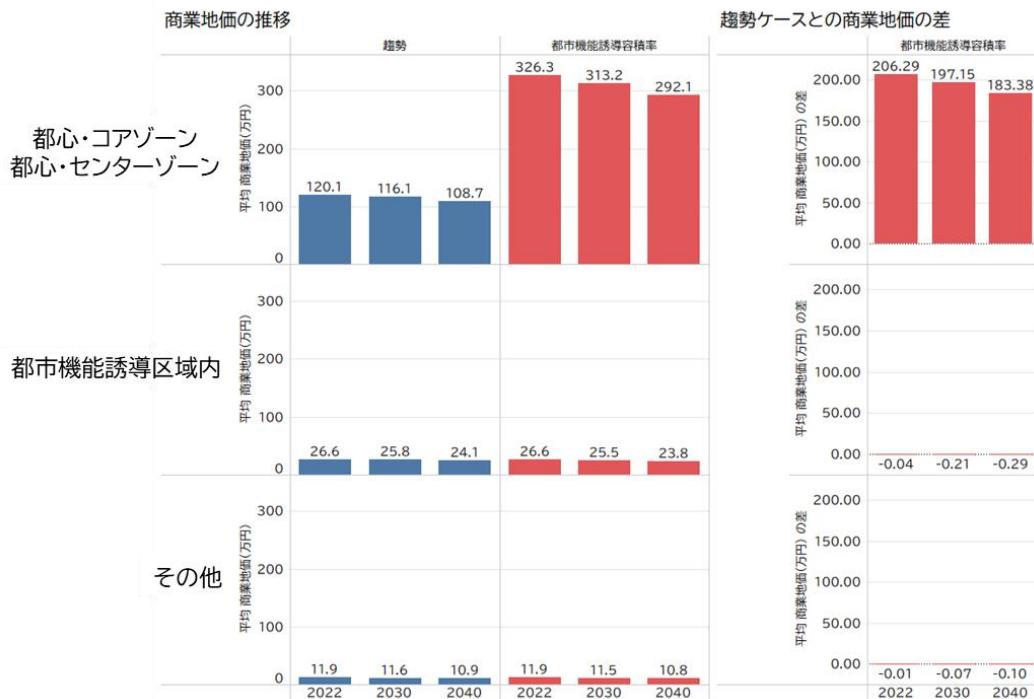


図 5-26 商業地価の変化

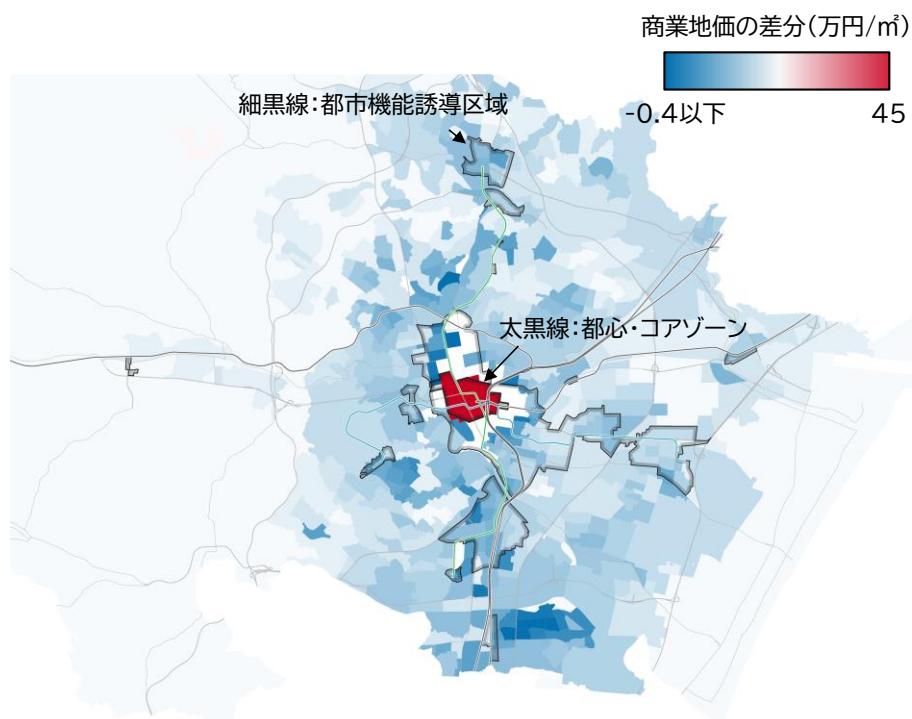


図 5-27 商業地価の差分（2040 年都市機能誘導ケース - 2040 年趨勢）

2. 人口の変化

趨勢ケースと比較して、都市機能誘導区域内の人口は減少し、人口は主に居住誘導区域内の縁辺部に広く分散した。商業施設が増加して利便性が増す一方で、地価の上昇と住宅供給量低下が生じるため。

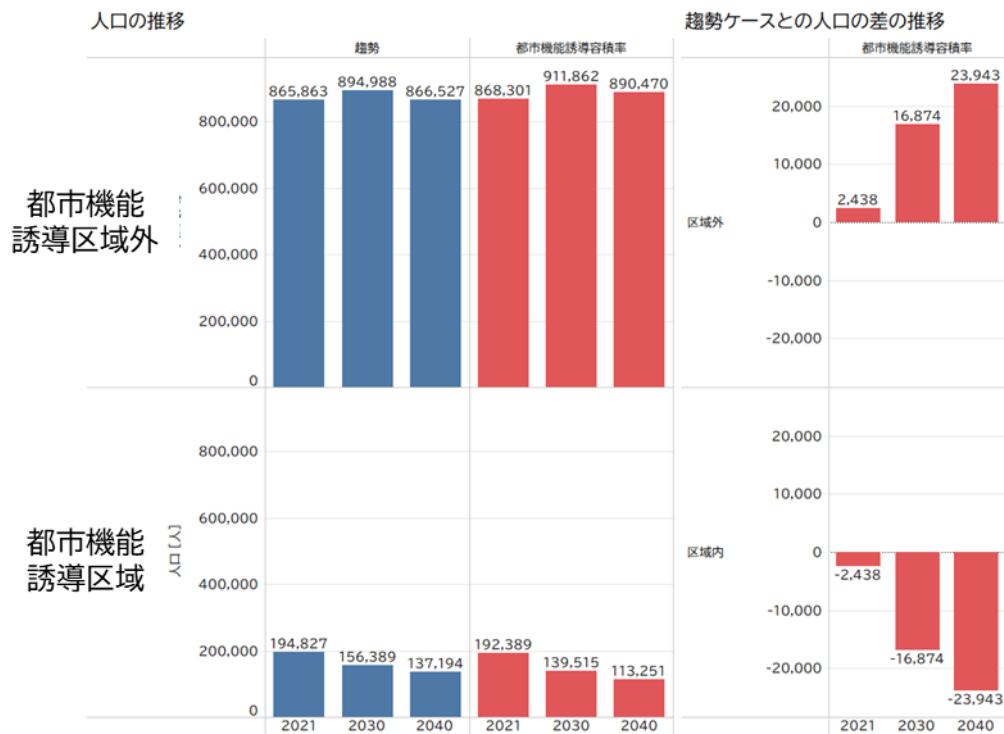


図 5-28 人口の変化

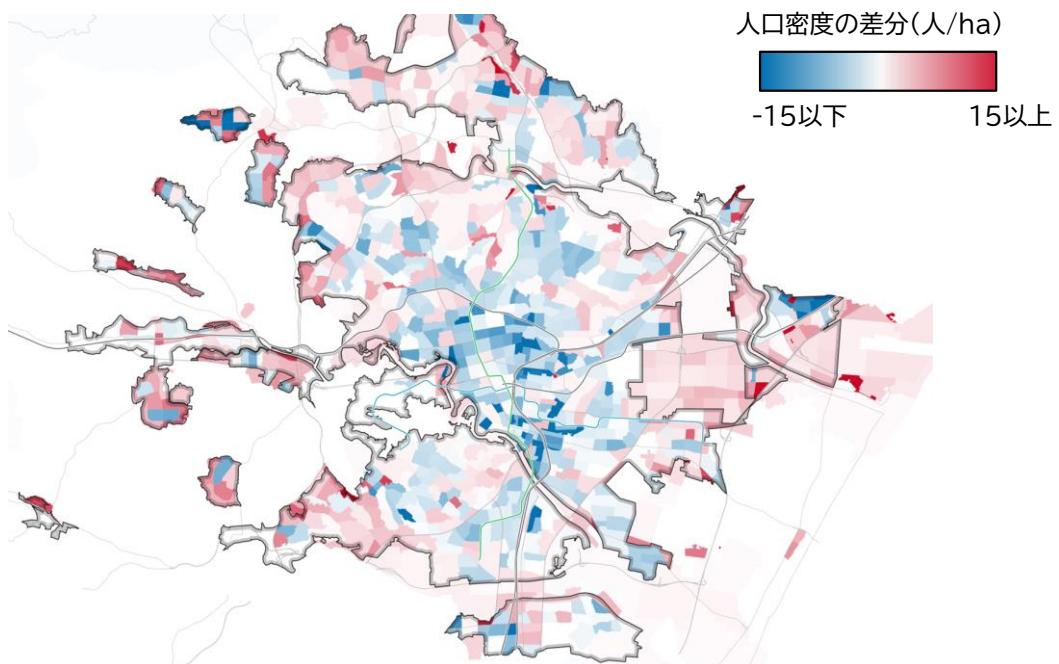


図 5-29 人口密度の差分（2040 年都市機能誘導ケース - 2040 年趨勢）

3. 施策の影響の概要

商業地価の割増（商業施設の立地に対する支援）により、商業施設数が増加する。

都市機能誘導区域内では商業施設近接性が高まり、住宅地価が上昇、都市誘導区域の周辺や郊外で人口が増加する。

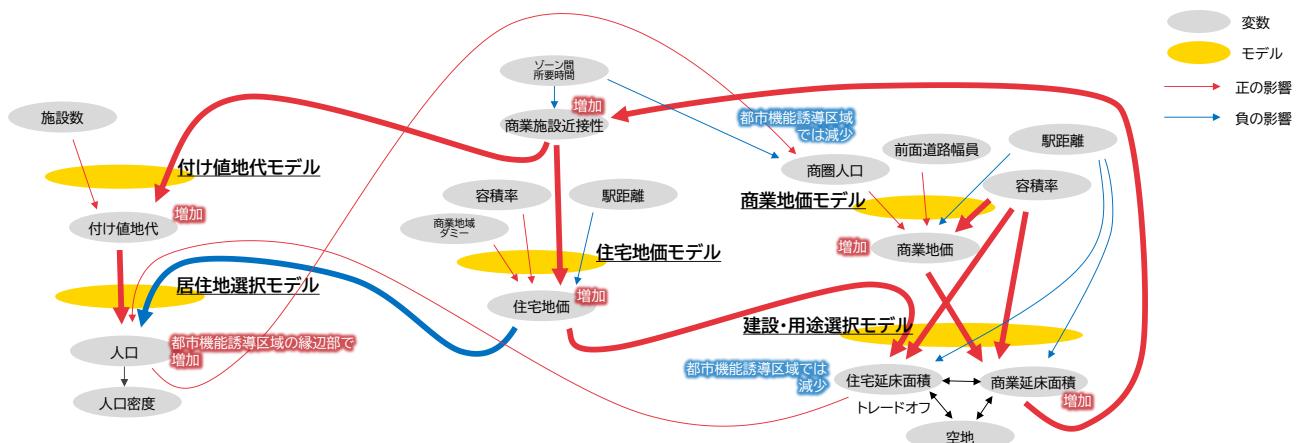


図 5-30 施策の影響の概要

*太矢印はケーススタディで確認された施策の影響、細矢印は確認されなかった施策の影響を表す。

1) 居住誘導ケース

1. ケース設定

居住誘導区域のうち鉄道駅 1km 圏に含まれるゾーン（居住誘導対象ゾーン）を対象に、居住誘導施策を行う場合を想定する。

居住誘導対象ゾーンでは、居住地選択モデルの演算の際、住宅地価を 2 割割引する。

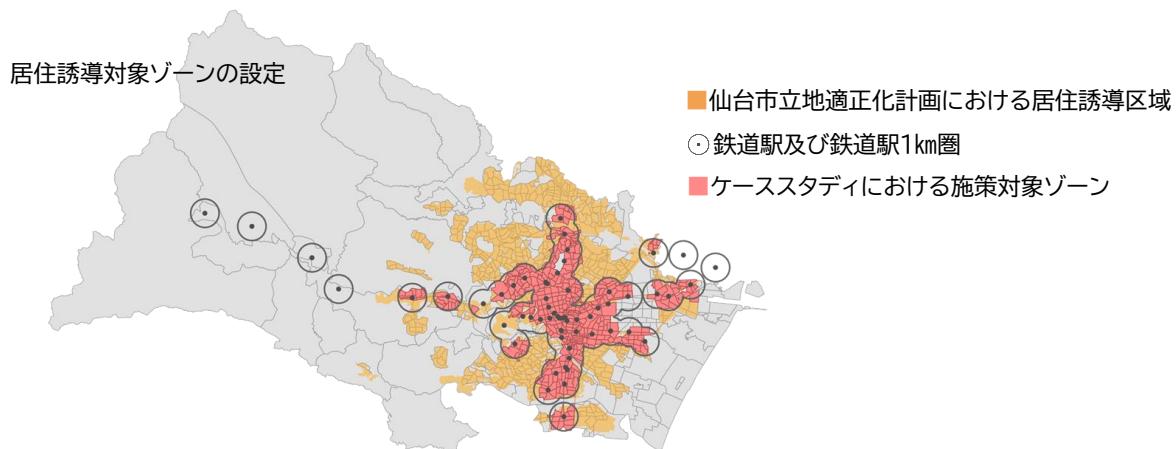


図 5-31 ケース設定

2. 人口の変化

居住誘導ケースでは、趨勢ケースと比較して、居住誘導対象ゾーンにおいて人口が増加する。

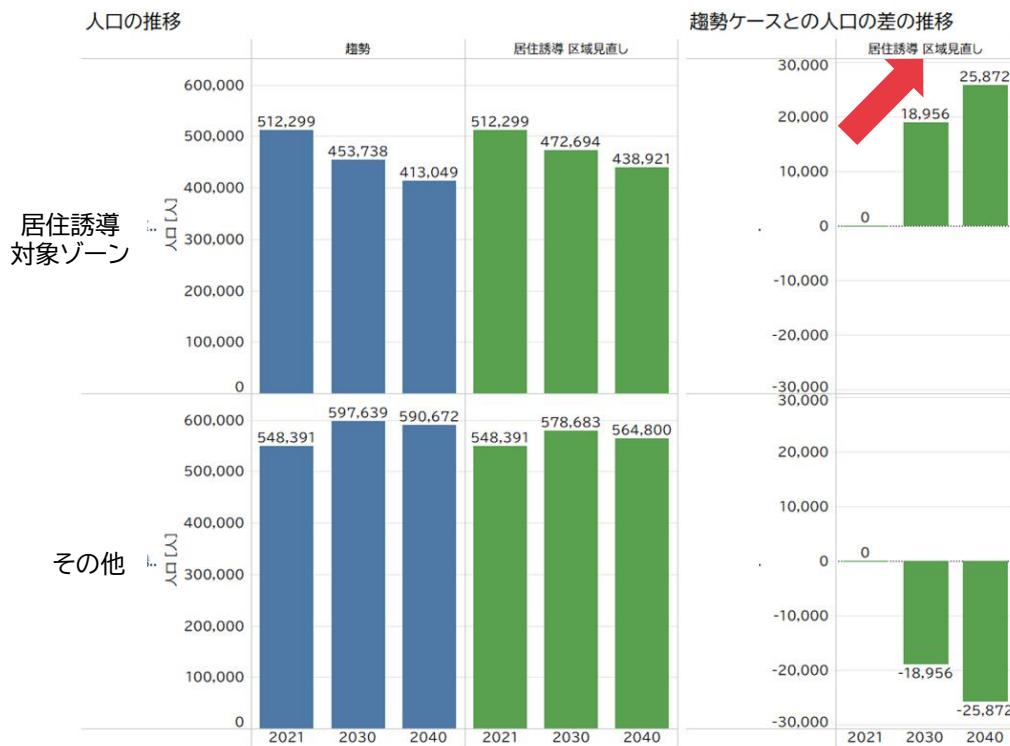


図 5-32 人口の変化

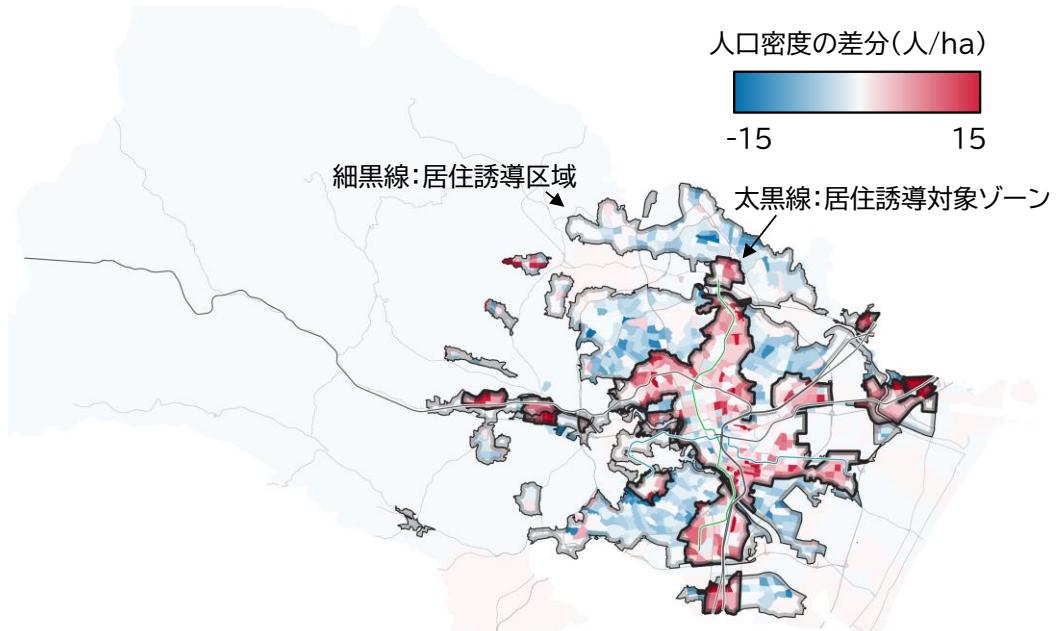


図 5-33 人口の差分（2040 年居住誘導ケース-2040 年趨勢ケース）

3. ケース間の人口分布の違い

単身世帯もそれ以外の世帯も、居住誘導対象ゾーンにおいて、趨勢ケースよりも人口が集中する。

中でも、単身以外の世帯は、居住誘導対象ゾーンへの集中が顕著である。単身以外の世帯は、住宅地価に対する感度が高い傾向があることが表現されている。

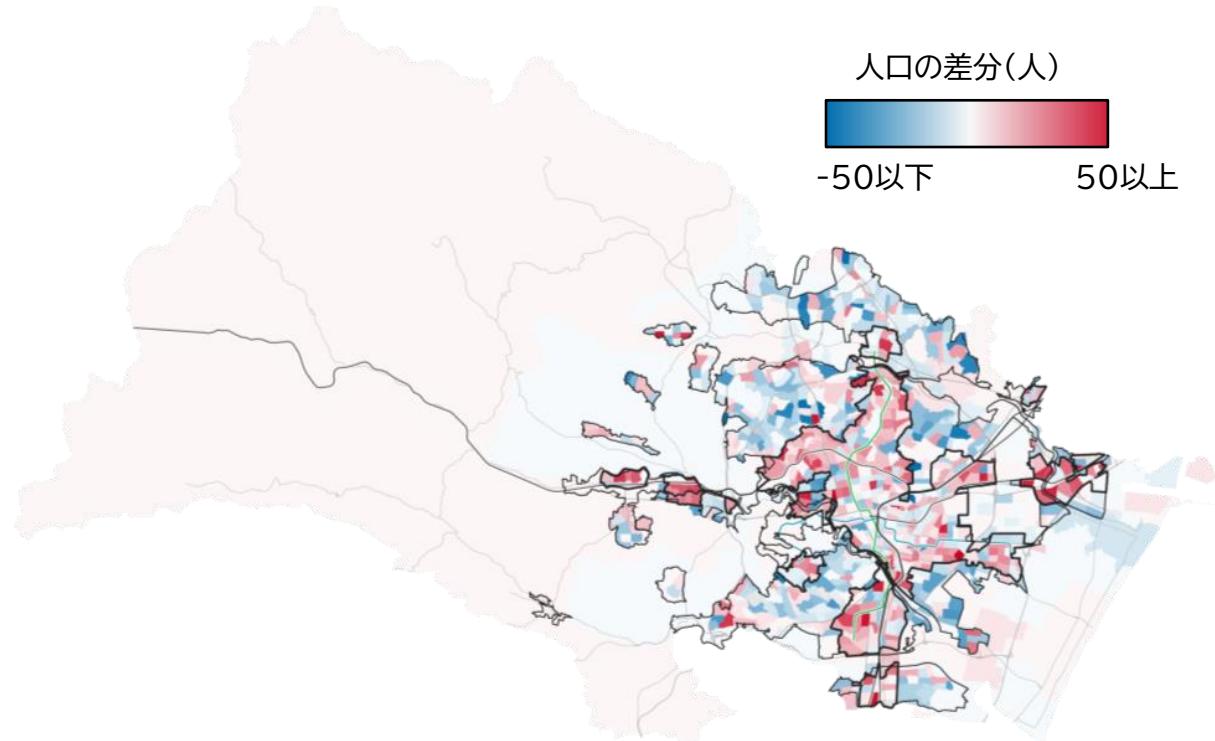


図 5-34 単身世帯人口の差分（2040 年居住誘導ケース - 2040 年趨勢）

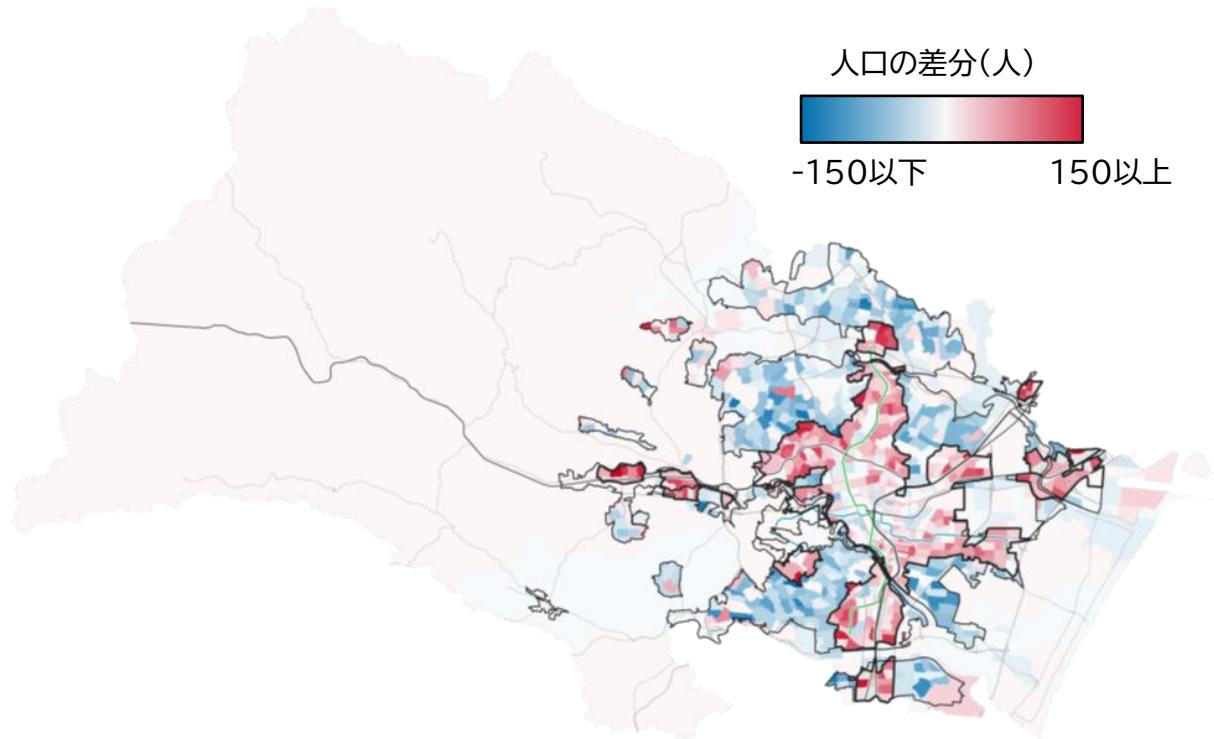
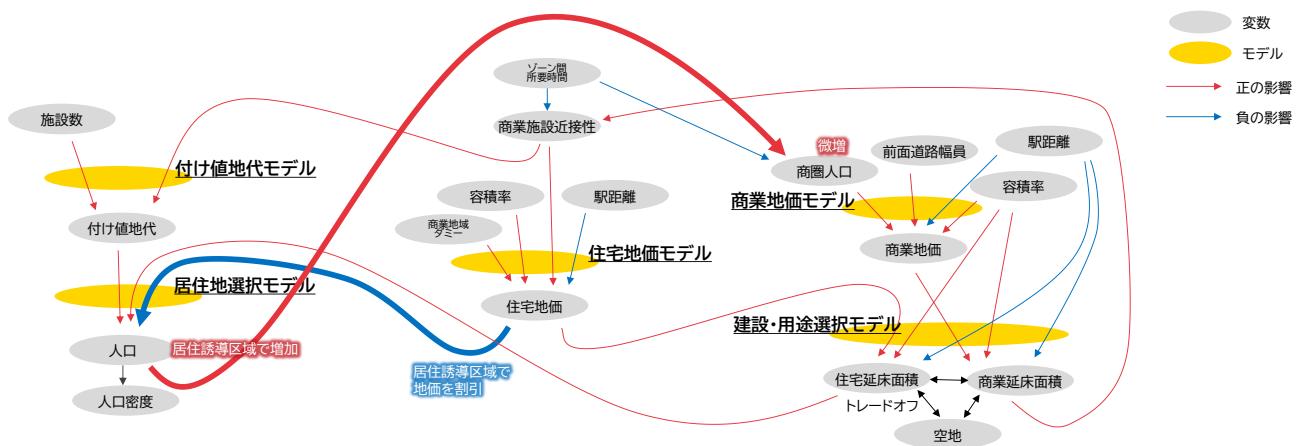


図 5-35 単身世帯以外の人口の差分（2040 年居住誘導ケース - 2040 年趨勢）

1. 施策の影響の概要

居住誘導区域で人口が増加するが、商圈人口に与える影響はわずかであり、他の変数に与える影響は小さい結果となった。



2) 鉄道・バス強化ケース

1. ケース設定

幹線区間、準幹線区間の沿線のゾーンを設定し、そのゾーン間のバス所要時間を短縮する。

鉄道バス強化ケースの対象ゾーン

バス幹線区間、準幹線区間の沿線800mの範囲に含まれるゾーン

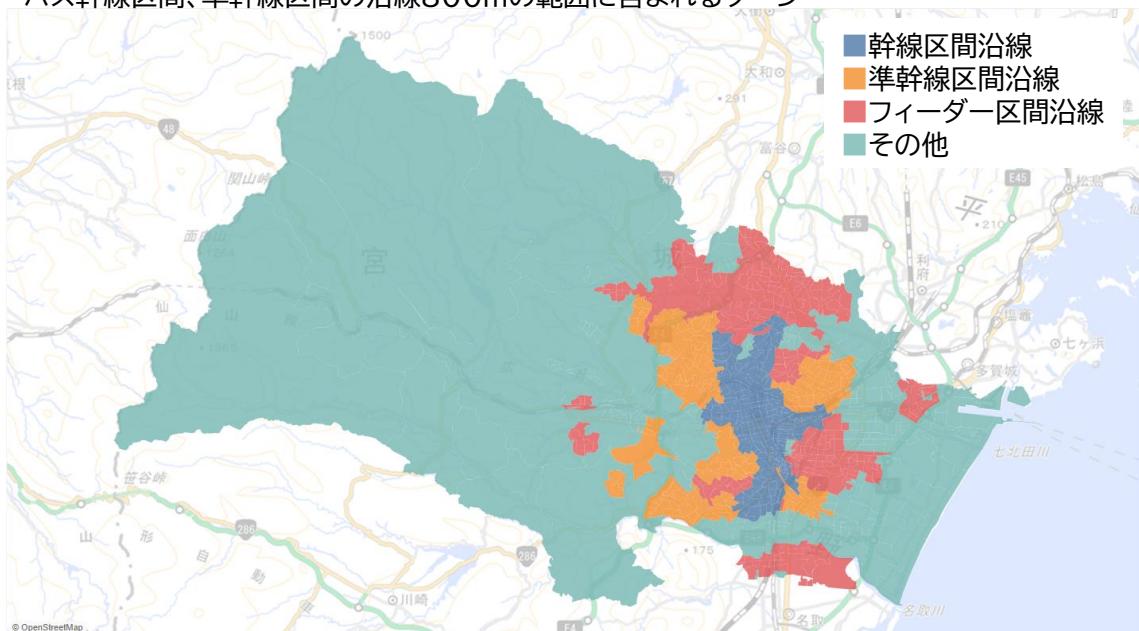


図 5-37 鉄道・バス強化ケースの対象ゾーン

地下鉄・バスの所要時間については、趨勢ケースをベースに、以下の比率を乗じた。

表 5-13 地下鉄・バス所要時間の設定

区間	幹線区間	準幹線区間	フィーダー区間沿線	その他
幹線区間	0.6 倍	0.8 倍	1 倍	1 倍
準幹線区間	0.8 倍	0.8 倍	1 倍	1 倍
フィーダー区間沿線	1 倍	1 倍	1 倍	1 倍
その他	1 倍	1 倍	1 倍	1 倍

2. 建物数の変化

特に生活利便性が向上した幹線区間沿線では、住宅数が微減し、共同住宅、商業施設が微増する。商業施設は、幹線区間沿線ゾーンを中心に増加する。増加する箇所は点在している。

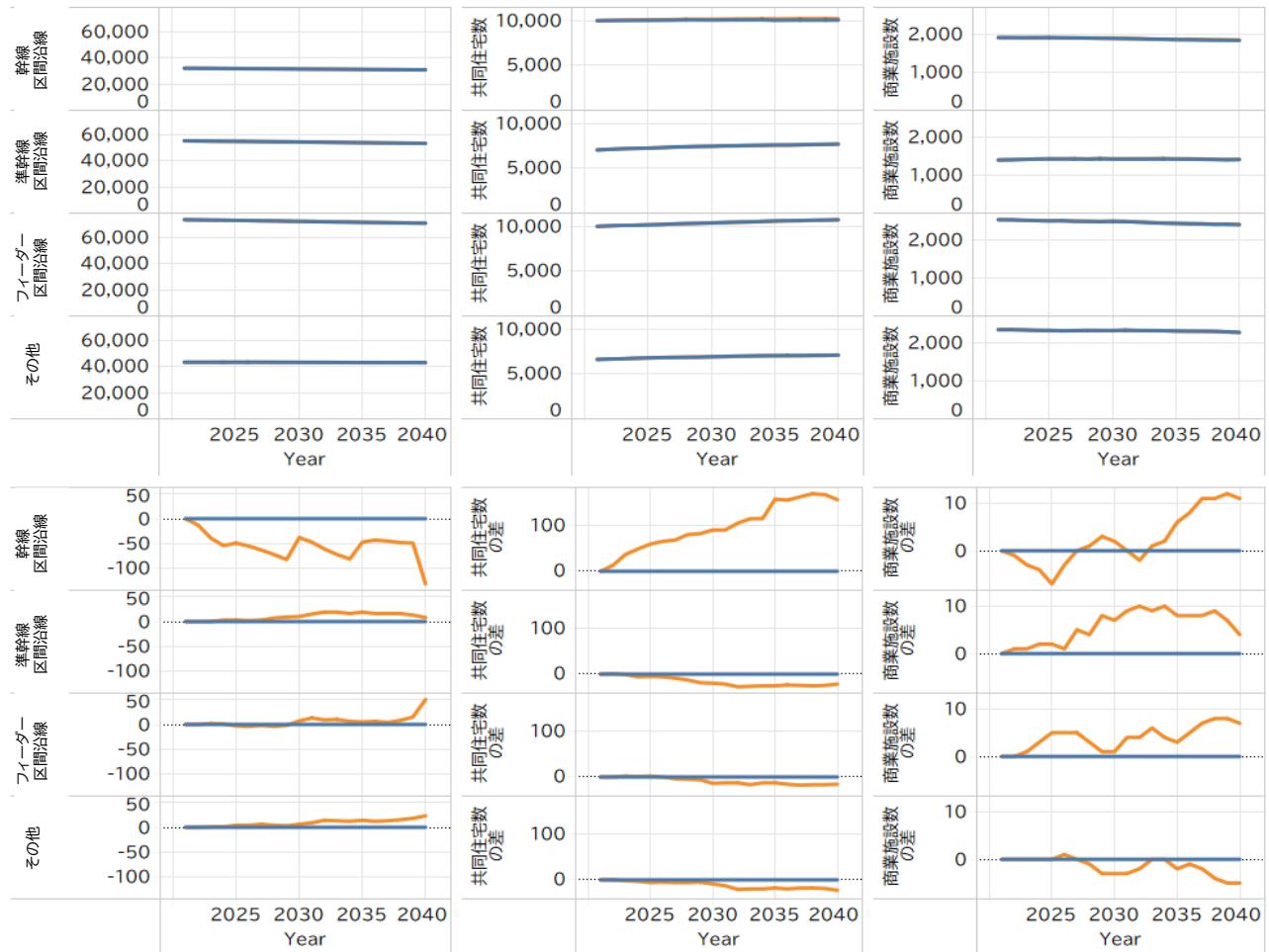


図 5-38 建物数の変化（上：建物数の推移、下：建物数の趨勢ケースとの差の推移）

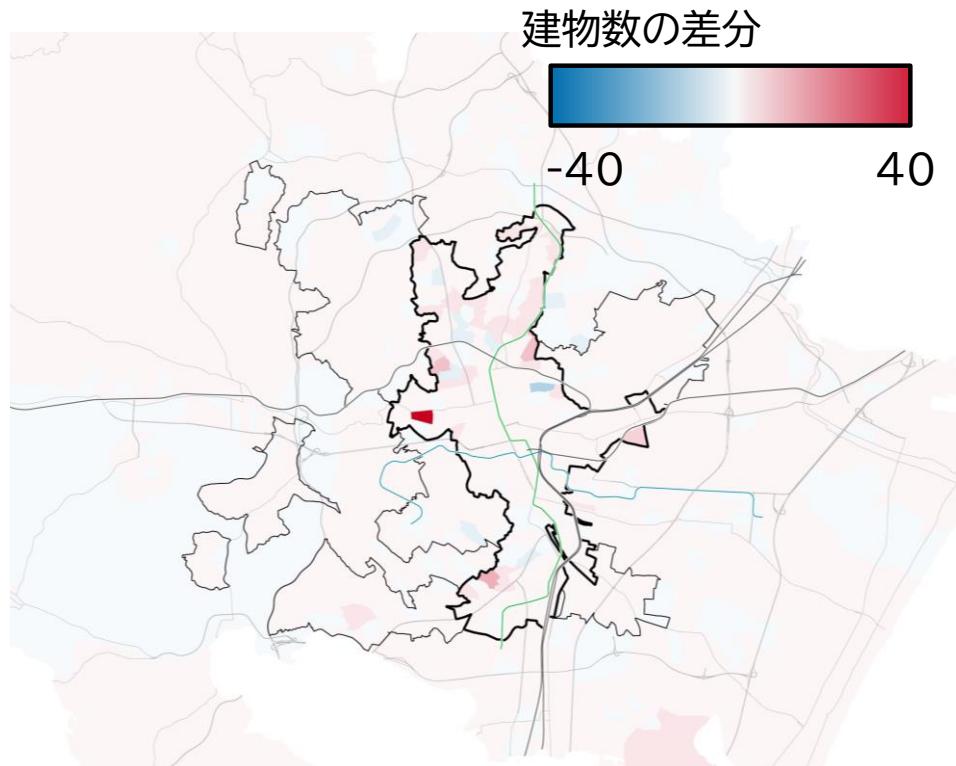


図 5-39 共同住宅数の差分（2040 年鉄道バス強化ケース - 2040 年趨勢）

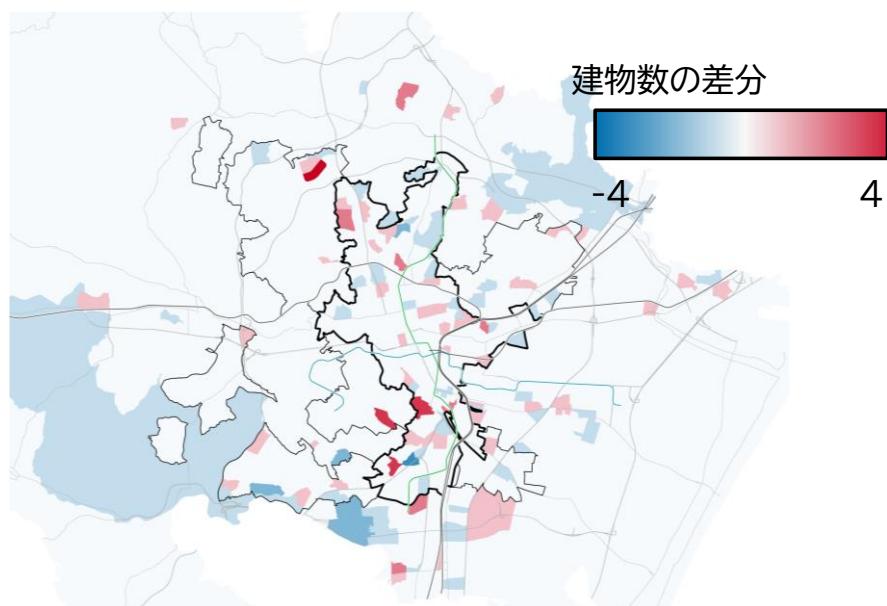


図 5-40 商業施設数の差分（2040 年鉄道・バス強化ケース - 2040 年趨勢）



図 5-41 建築物の用途の違い

3. 住宅地価の変化

アクセシビリティが向上した幹線区間沿線を中心に、住宅地価が増加。中でも、仙台駅周辺で住宅地価の上昇が著しい。そのほかの地域において、住宅地価は、趨勢とほとんど変化のない水準である。

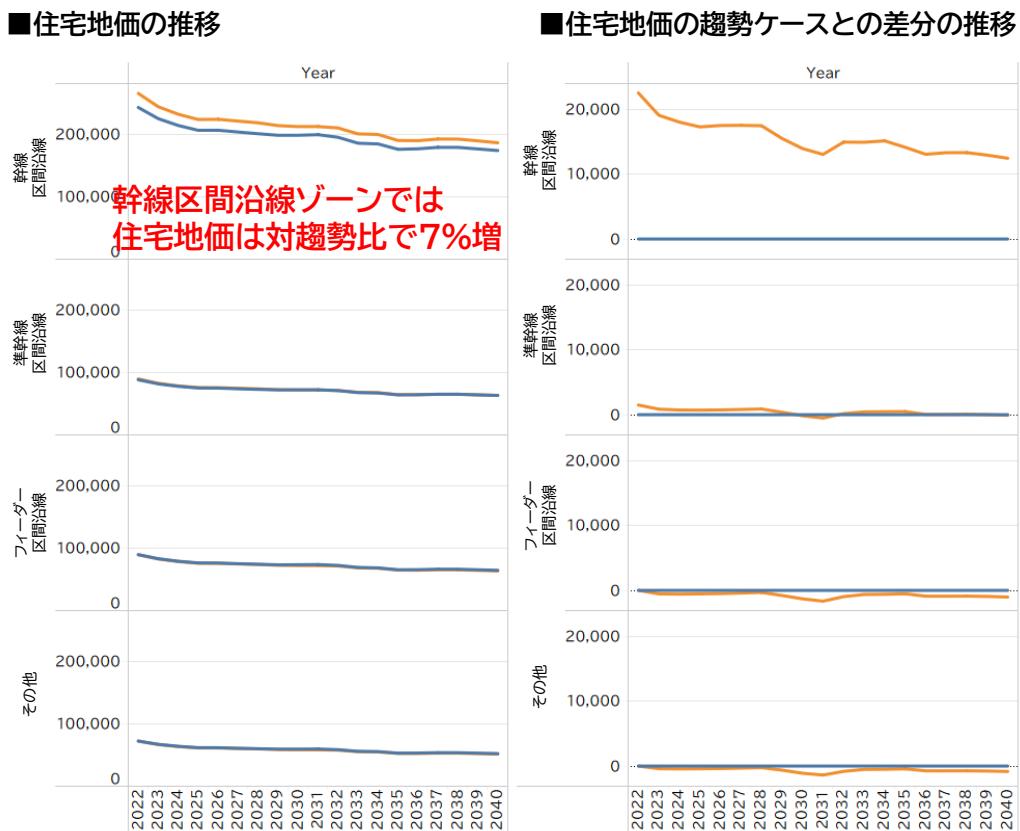


図 5-42 住宅地価の変化

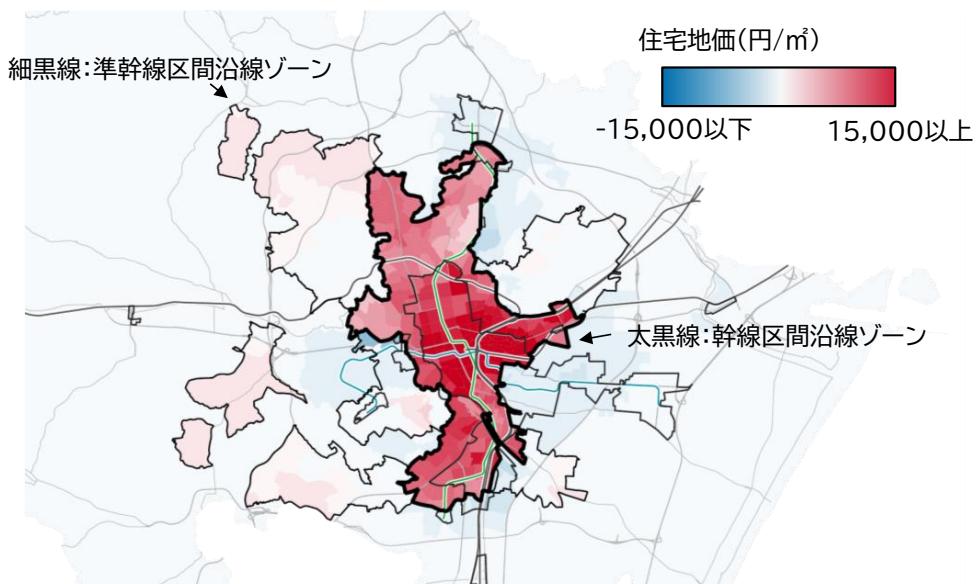


図 5-43 住宅地価の差分（2040年鉄道・バス強化ケース-2040年趨勢）

4. 人口の変化

幹線区間沿線では、趨勢ケースと比較して、人口が減少した。

幹線区間沿線では、生活利便性とともに住宅地価も増加。両者のうち、地価高騰の影響が大きく居住地として選ばれにくくなっている。

需給バランスによる地価決定メカニズムの考慮、居住地選択における交通手段の選好の考慮等、居住地選択行動の解析が今後の課題である。

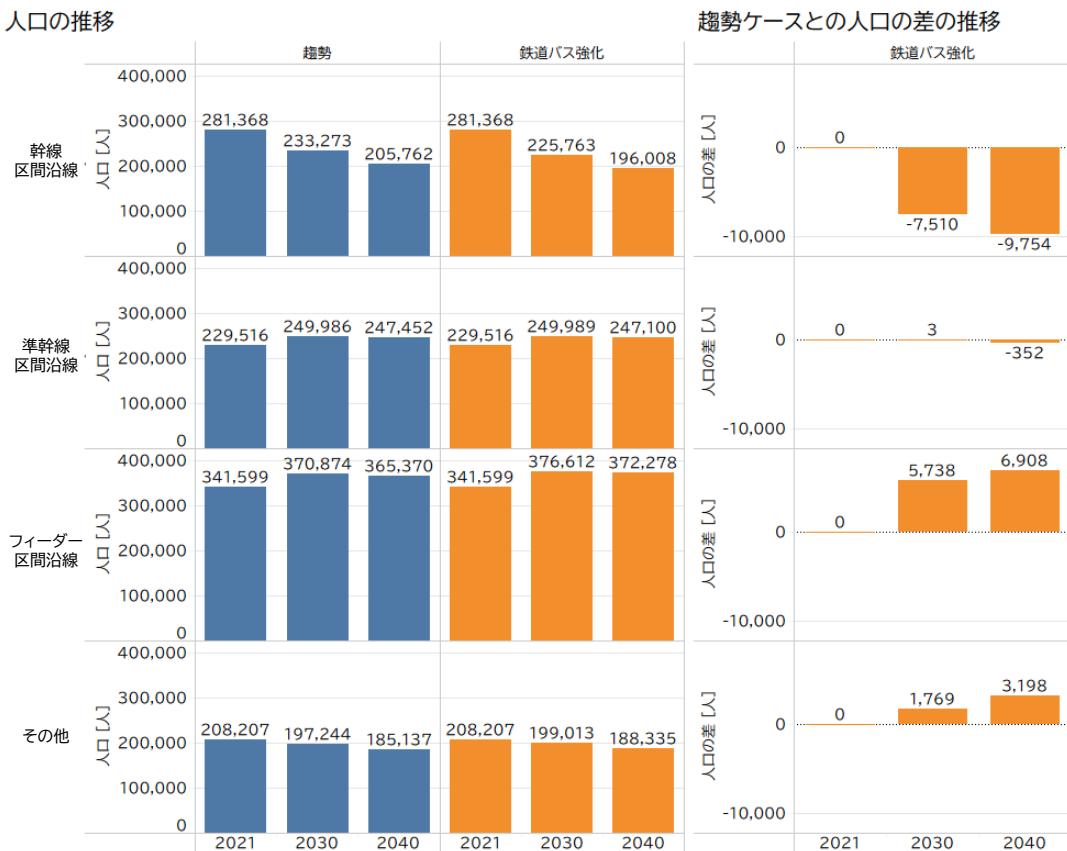


図 5-44 人口の変化

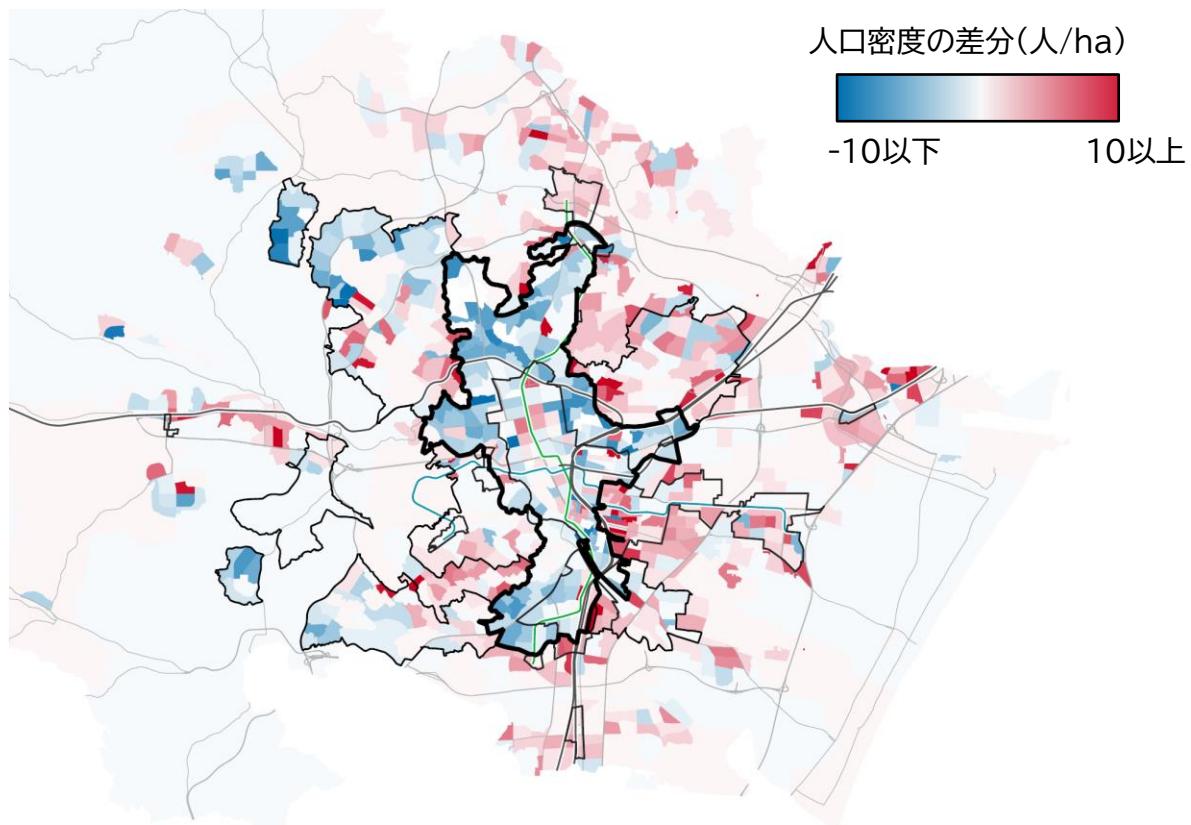


図 5-45 人口の差分 (2040 年鉄道・バス強化ケース - 2040 年趨勢)

5. 施策の影響の概要

鉄道やバスの所要時間が減少することにより、商業施設近接性が上昇、住宅地価の上昇につながる。幹線区間沿線では、付け値地代の上昇と住宅地価上昇のバランスにより、人口が減少する。

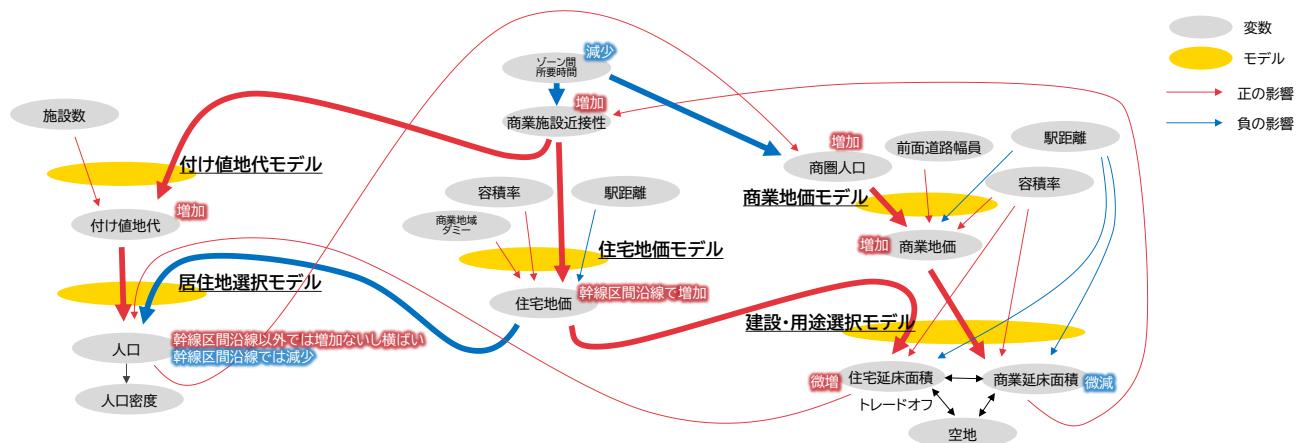


図 5-46 施策の影響の概要

※太矢印はケーススタディで確認された施策の影響、細矢印は確認されなかった施策の影響を表す。

3) 各ケースの 2040 年の人口密度

2021 年から 2040 年にかけて、60 人/ha 以上のゾーンはいずれのケースにおいても減少する。

趨勢ケースを基準とした差をみると、都市機能誘導ケースと鉄道バスケースでは居住誘導区域の縁辺部で人口が多くなっている。

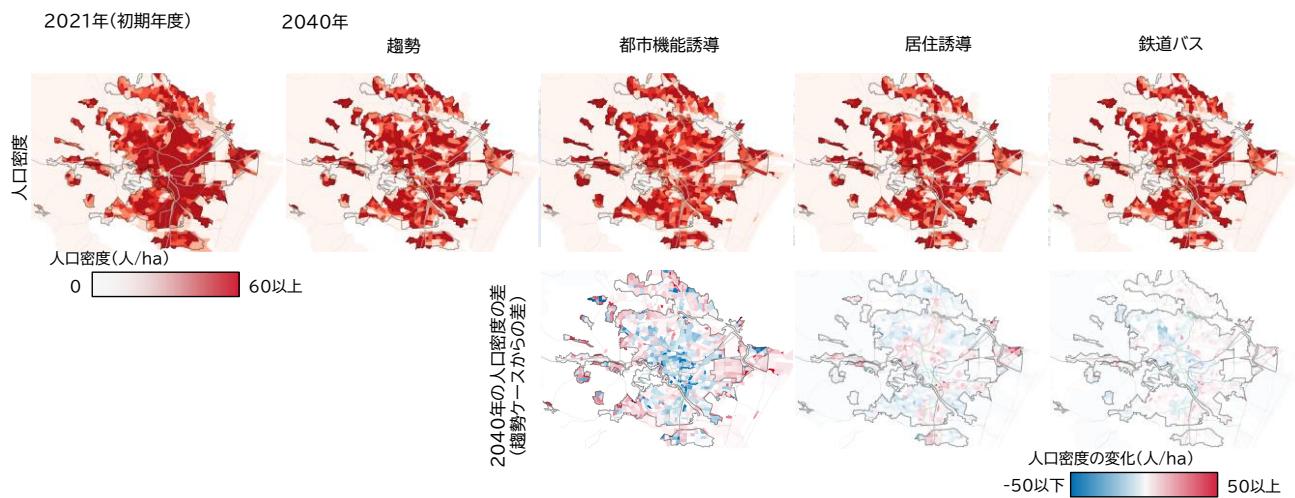


図 5-47 各ケースの 2040 年の人口密度

5-4-6. システムデモの概要

1. 初期データのセットアップ

システムデモでは、始めに建築物データ作成機能、インプットデータ作成機能を用いた初期データの作成方法について説明を行った。

建築物データ作成機能の操作では、初期データ作成に必要な入力ファイルを選択し処理を実行した。

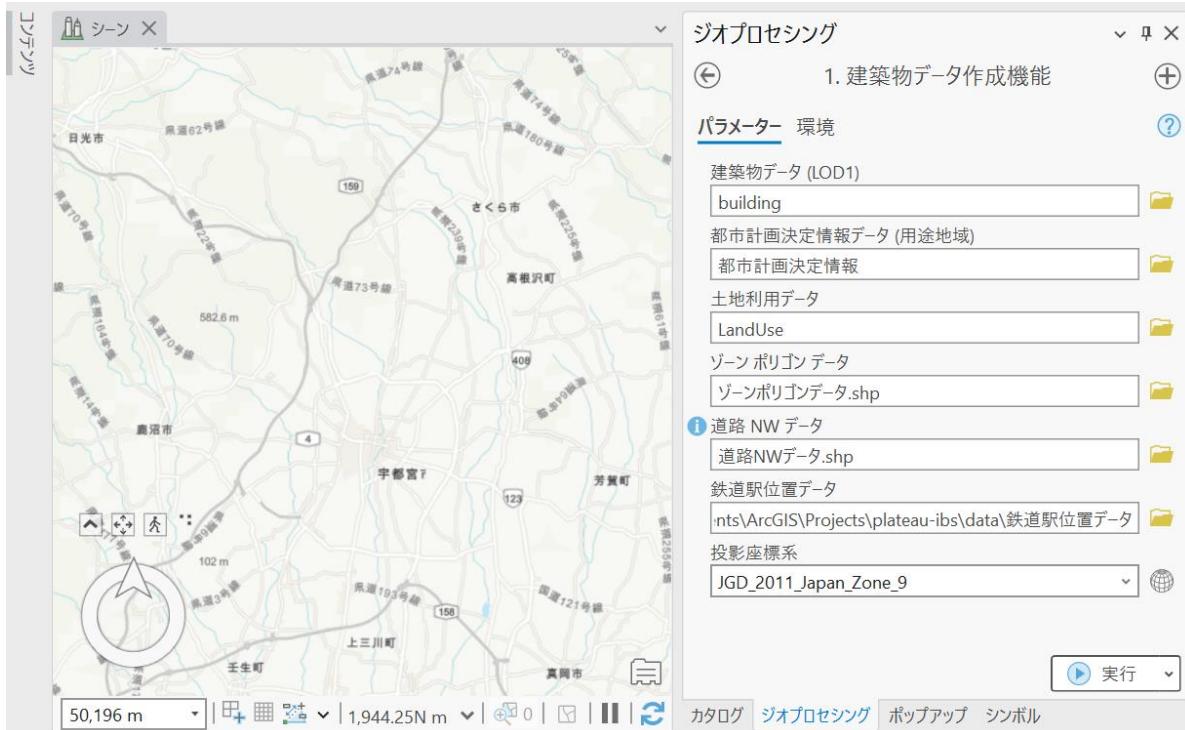


図 5-48 建築物データ作成機能の利用例

インプットデータ作成機能では、あらかじめ用意したデータを指定されたフォルダに配置した上で、画面からパラメータを設定し実行した。

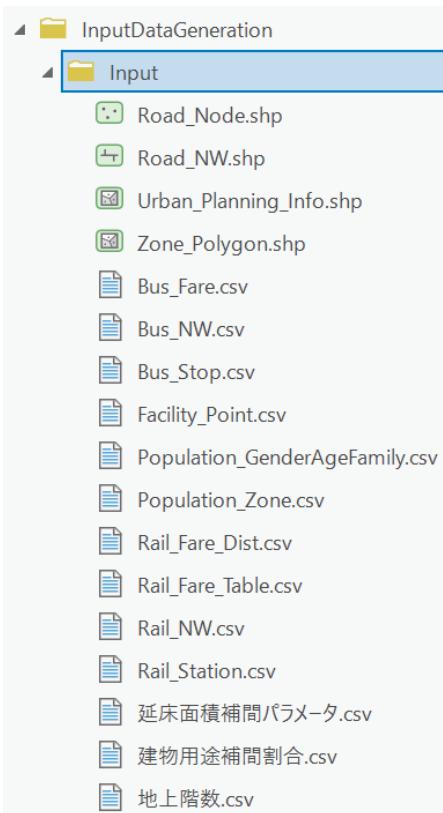


図 5-49 インプットデータの配置例

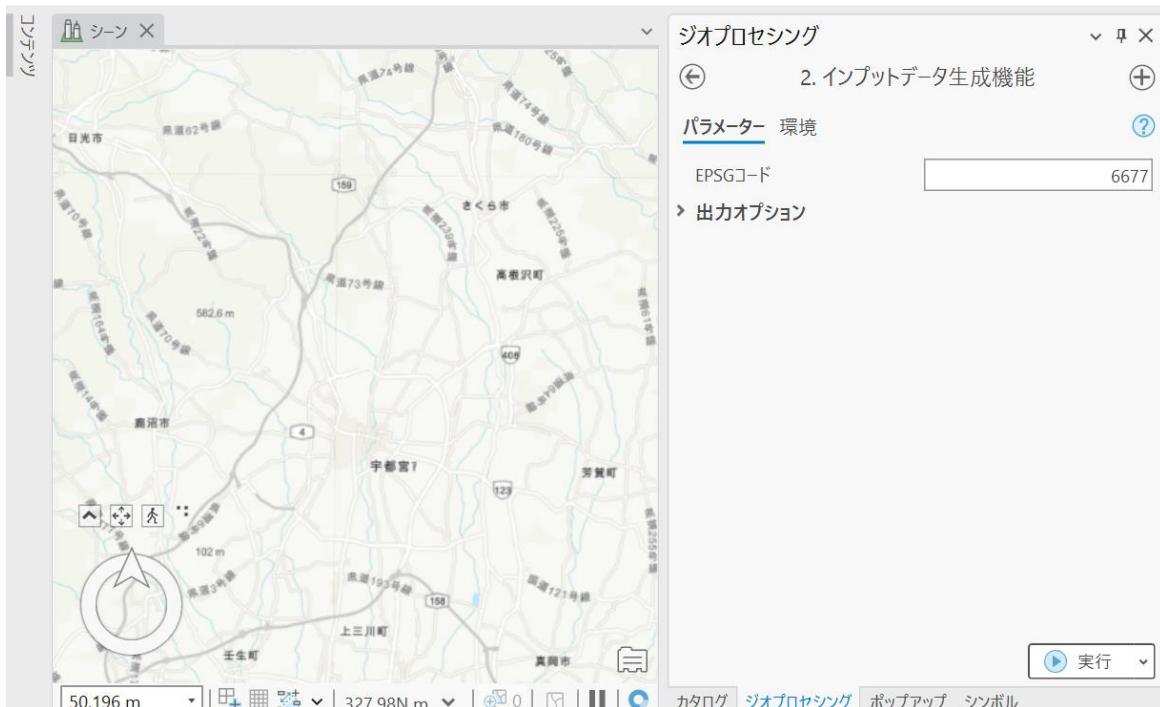


図 5-50 インプットデータ作成機能の利用例

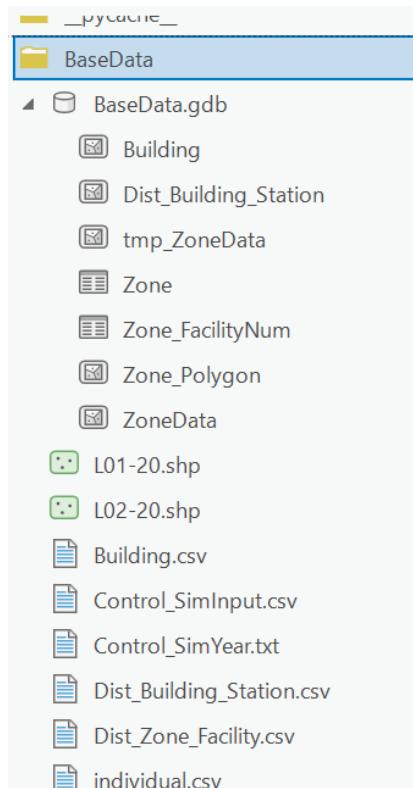


図 5-51 作成された初期データの例

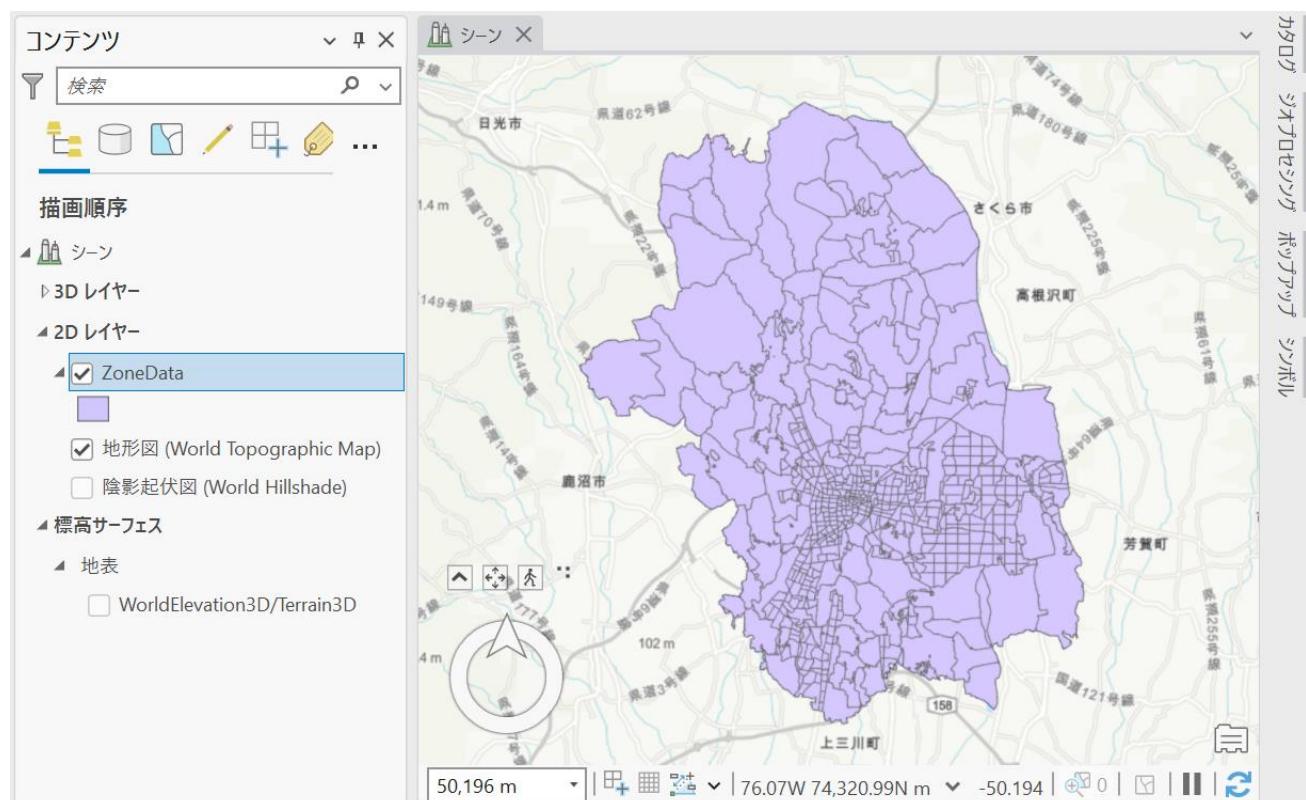


図 5-52 作成されたゾーンポリゴンデータの例

2. シミュレーションの実行

初期データ作成方法の説明の後、シミュレーションの実行方法について説明を行った。

まずシナリオ設定 UI 機能によるシナリオの作成方法について説明を行った。3D 地図上から対象とするゾーンポリゴンを選択し、施策の設定を行った。



図 5-53 都市構造シミュレーション機能による施策の設定例

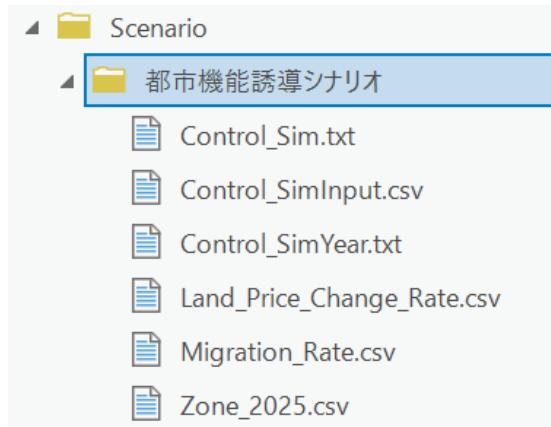


図 5-54 作成されたシナリオオーデータの例

次に都市構造シミュレーション機能を開き、シナリオ設定 UI 機能で作成したシナリオオーデータを用いてシミュレーションを実行した。

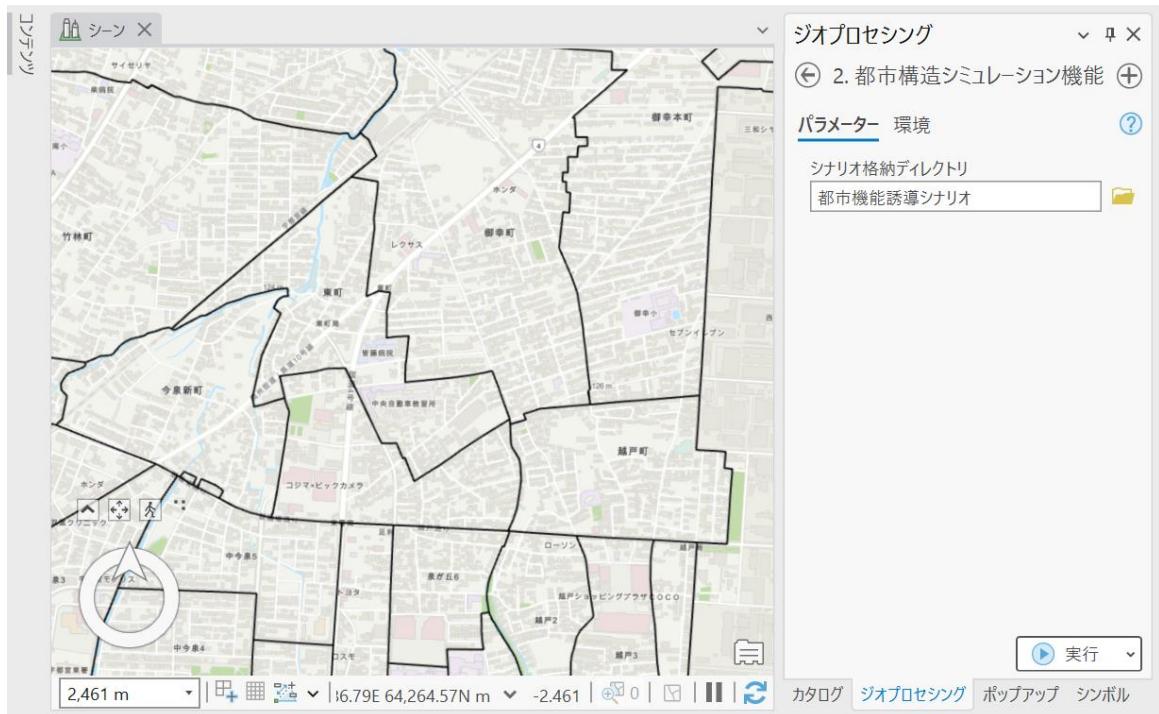


図 5-55 都市構造シミュレーション機能の利用例

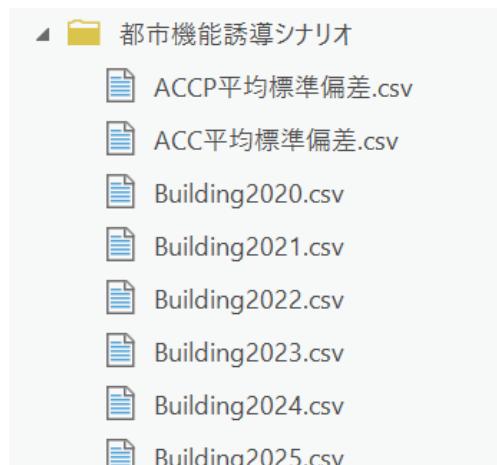


図 5-56 作成されたシミュレーション結果データの例

最後に 3 次元可視化機能を用いたシミュレーション結果の可視化を行った。都市構造シミュレーション機能で作成したシミュレーション結果を選択し、建築物用途の比較による可視化結果を表示した。



図 5-57 3 次元可視化機能の利用例



図 5-58 3 次元可視化機能実行結果の例

5-4-7. 実証実験の様子

都市構造シミュレーションのデモ画面を表示しながら、仙台市の職員と意見交換を行う様子



図 5-59 意見交換の様子（仙台市）

宇都宮市との意見交換終了後、体験用の PC で都市構造シミュレーションの操作方法を説明する様子



図 5-60 体験用の PC で操作方法を説明する様子（宇都宮市）

5-5. 検証結果

都市構造シミュレーションによるシナリオ分析結果及び、都市構造シミュレータを UI 上で扱えるシステムに対して、一定の評価を得られた。

● 政策への活用可能性の検証

政策への活用可能性

「容積率や用途地域といった都市計画情報については都市機能誘導施策を反映できている」といった意見や、学校や図書館、公共施設等の統廃合・移設、公共交通（バス）の再編時の影響の検討への活用可能性に言及した意見が複数あり、施策検討においてシミュレーション結果が 1 つの検討材料になりうることが示唆された。

一方で、「バス路線の廃止、再編の反映や、都市計画道路を整備した場合のネットワークの変化を反映できればと感じた」等、公共交通や道路施策をより詳細に表現できるように機能の拡張を望む意見があった。また、「容積率、高さ、日影規制等の建築条件についてシナリオ設定することで建物形状が可視化できると、既存建築物不適格調査などに利用でき、非常に実用性が高い」等、土地利用規制等の施策表現の詳細化を望む意見もみられた。

結果の可視化

「将来の都市構造を 3 次元で表現することを有用に感じている」等の 3 次元可視化の有用性を述べた意見が見られる一方で、「商業施設や高層マンション、高層ビルなどのテクスチャをイメージとして付けて、より直観的にシミュレーション結果を表現できれば、専門知識の少ない市民への説明でも使える可能性がある」、「比較時点における建物高さをモデルで表現し、容積率や建物用途を色で表現するなどしてもらえると、より直感的に都市構造の変化が分かるのではないか」等、これまでの 2 次元マップの資料と差別化するために、高さの表現を課題とする意見が複数みられた。また、「3D マップの可視化をすると、実際に住んでいる方々の場所がどうなるかシミュレーションされるため、ハレーションが起りそう」等の 3D 可視化だからこそ起りうる懸念を述べた意見もみられた。3 次元で表現するだけではなく、「エリアごとの人口変化や世帯構成変化が定量的データとして算出できると施策検討に活用しやすい」等、従来のグラフによる表現や 2 次元マップによる表現も同時に行うことの必要性に触れた意見もみられた。

● ユーザビリティの検証

シミュレーションの精度や説明性

「説明の分かりやすさとしては活用できるが、確実性に不安を感じる」、「現段階では地方公共団体の職員にとっては内容が簡単に理解できる内容ではないため、利用するまでの抵抗感がある」等の意見があった。シミュレーションの精度改善、活用事例の蓄積、シミュレーションに関する講習の実施等の取り組みも今後必要になると考えられる。

システムの使いやすさ

「ファイルの格納先が分かりにくい。」、「パラメータの説明が不十分である。」、「シナリオ条件において割合で

入力する項目は、基準値や設定方法の詳細が必要である。」等、シミュレーションやシステムの複雑さに起因する使いにくさが明らかとなった。ユーザーインターフェースやマニュアル等をわかりやすくしていくことで内製化することも可能という意見もみられたため、使いやすさの改善に関しては重要な課題と考えられる。

シミュレーションを地方公共団体職員が使えるようになると、アイデア出しのための比較分析やワークショップでの活用が広がる等、今後の展望を期待する意見もあった。その際、シミュレーションや可視化に時間がかかる点が懸念として挙げられており、計算効率をあげることで、より活用場面が広がると考えられる。

5-5-1. 政策への活用可能性

Q1 想定するような将来や政策の影響が可視化できるか

全ヒアリング対象者のうち、約 10% (1/9 名) が「ある程度できている」、約 60% (5/9 名) が「どちらでもない」と回答。

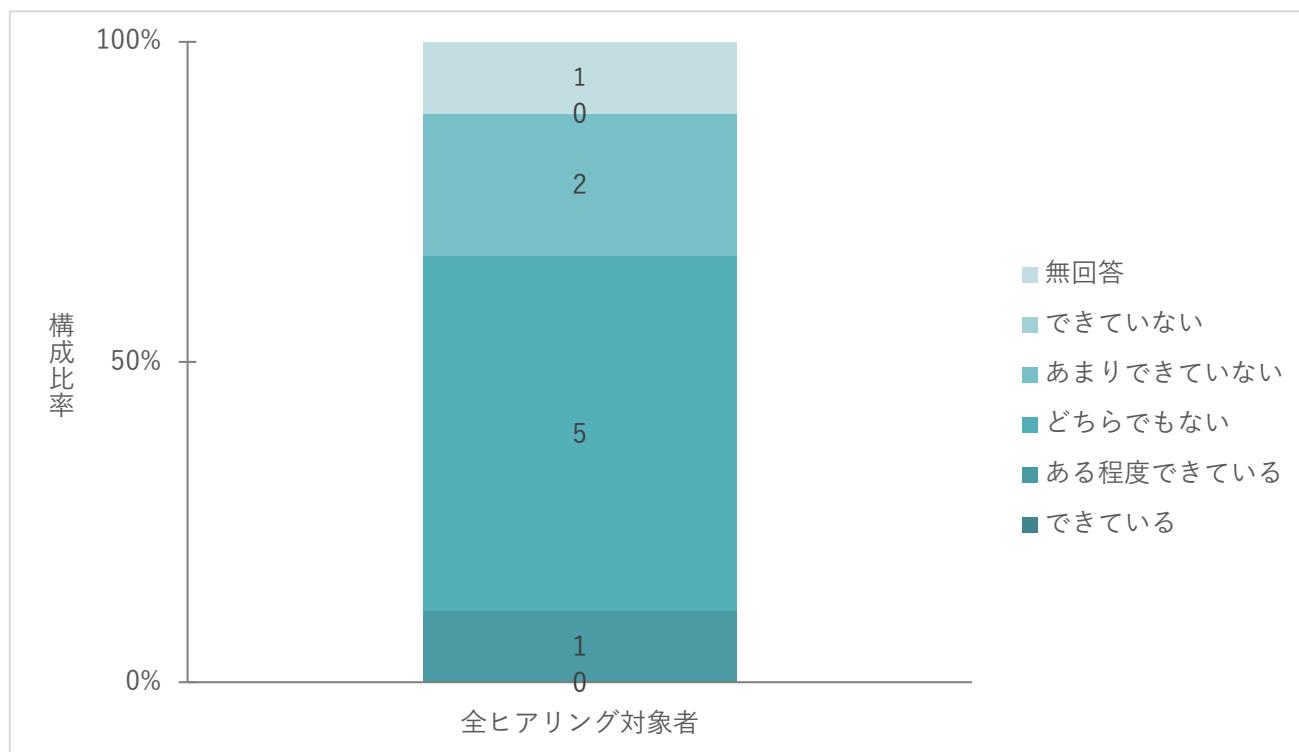


図 5-61 想定するような将来や政策の影響が可視化できるか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-14 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	可視化に関する課題	● 分析結果が色分けのみであったので、従来の 2 次元マップでの表現から

		変化が少ないと感じた。比較時点(2040年)における建物高さをモデルで表現し、容積率や建物用途を色で表現するなどしてもらえると、より直感的に都市構造の変化が分かるのではないかと感じた。(担当者に説明されるまで、可視化された建物モデルは将来の建物規格を表示していると勘違いしていたため)
2	操作性に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> ● マニュアル等を参考に操作をしたが、上手く使いこなすことができなかつたため、具体的な施策の影響等を検討するまで至らなかった。
3	活用可能性	<ul style="list-style-type: none"> ● 今後のまちづくりの検討の際に活用できる可能性は感じる。
4	追加機能の要望	<ul style="list-style-type: none"> ● 容積率や用途地域といった都市計画情報については都市機能誘導施策を反映できていると感じた一方で、交通条件であれば例えばバス路線の廃止、再編の反映や都市計画道路を整備した場合のネットワークの変化などを反映できればと感じた。 ● また、公共空間や前面歩道幅員を変数として入れることで、ウォーカブル施策の影響の可視化ができるのではないかと感じた。(ゾーンごとではなく路線ごとに変数を与えられるとより良い)基準容積率や用途地域を変更した場合に、3D上で、都心などは建物の容積率(エリア内容積充足率)の変化がシミュレーションできると良い。また、シミュレーション結果はデータ(人口など)もセットで確認しやすいような仕様だと良い。 ● 目指すべきものがあって、それを実現するために変数を与えるという逆の機能があれば良い。何度も変数を与えてその度に時間がかかるので実際に利用するのは難しいと思う。

Q2 従来手法では見つけられなかった課題や打ち手の発見につながるか

全ヒアリング対象者のうち、約 80% (7/9 名) が「どちらでもない」、約 10% (1/9 名) が「あまりつながらない」と回答。

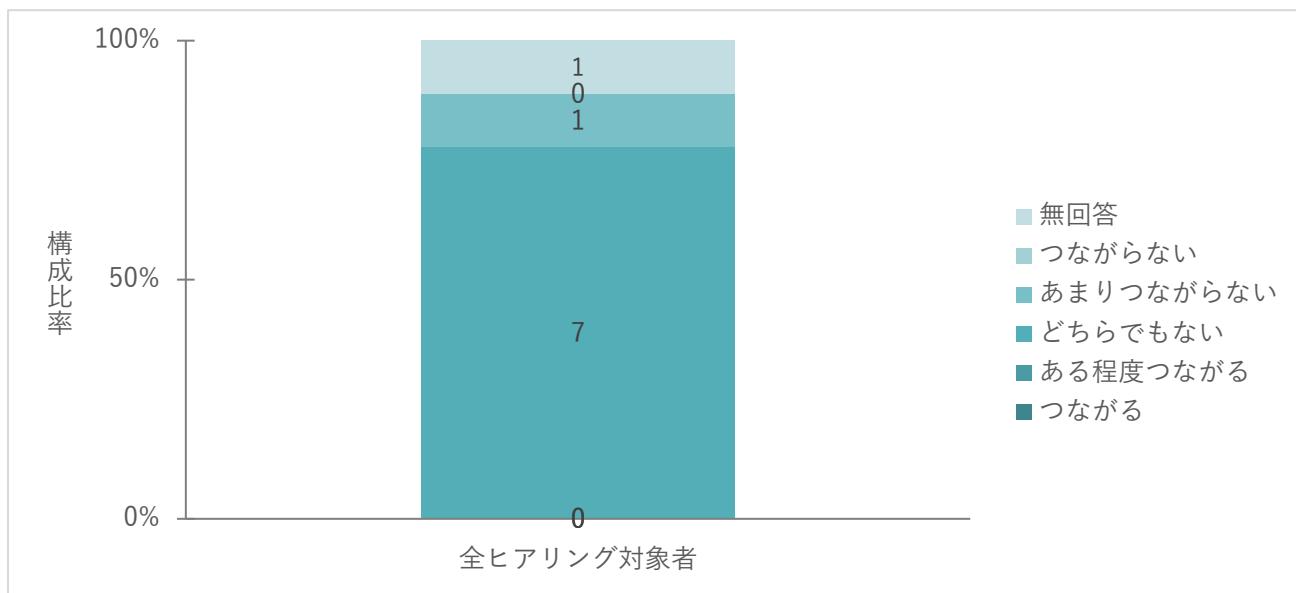


図 5-62 従来手法では見つけられなかった課題や打ち手の発見につながるか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-15 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	活用可能性	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共施設の適性配置等の検討においてはこのようなシミュレーションが 1 つの検討材料になりそう。
2	追加機能の要望	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共交通や地価などの数値の設定がマイナスの設定ができると、リスク分析ができる。 ● 建物を 3D 化する意義が低く実用性は低い。シナリオ結果を、エリアごとの人口変化や世帯構成変化が定量的データとして算出できると施策検討に活用できそうである。
3	操作性に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 立体的に可視化が可能となるので新たな課題等の発見において、活用の可能性は感じるが、今回、このシミュレーションの操作方法を理解しきれていないので、どのような分析がそもそも可能であるか把握しきれていない。 ● できることできないことがよく分からないので、どちらともいえない。

Q3 関係部署等での認識共有に活用できそうか

全ヒアリング対象者のうち、約 40% (4/9 名) が「ある程度活用できそう」、約 20% (2/9 名) が「どちらでもない」と回答。

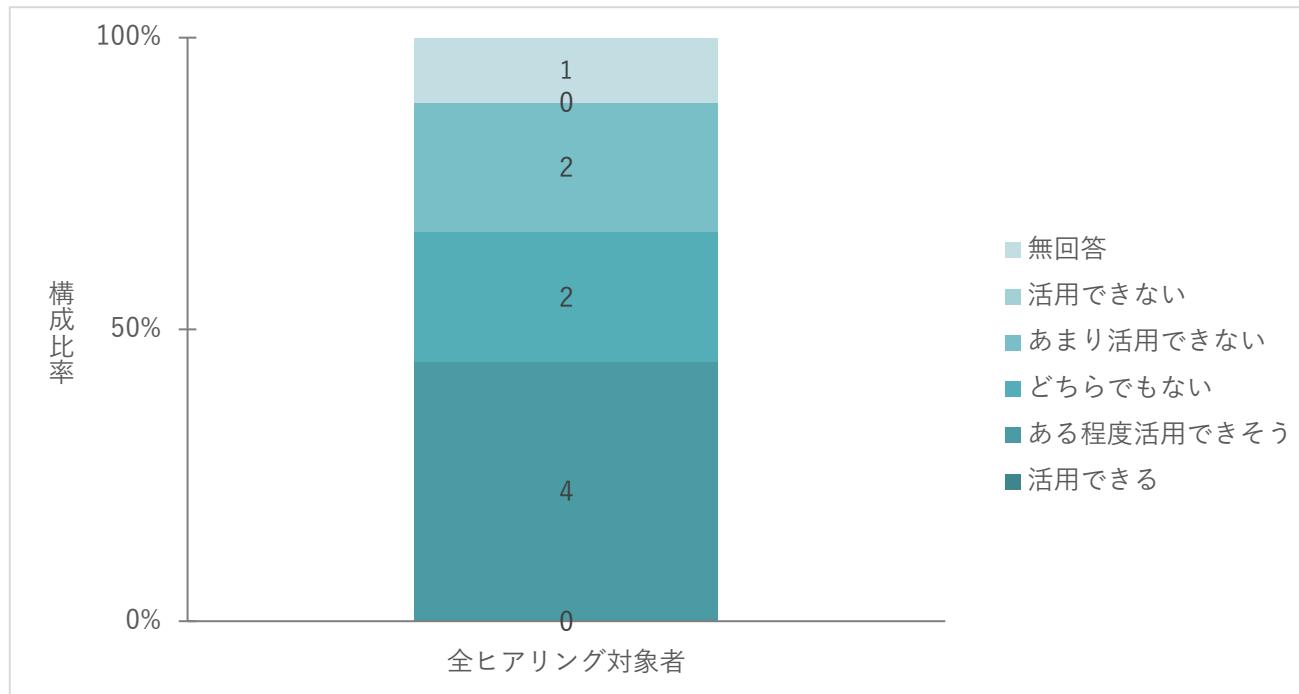


図 5-63 関係部署等での認識共有に活用できそうか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-16 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	活用可能性	<ul style="list-style-type: none"> 公共交通（バス）の再編時の影響、学校を廃校した際の影響、図書館移設時の影響など。 データがフリーズしないでスムーズに作業できれば認識共有に活用できる可能性はある。
2	認識共有に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> 都市構造の変化を可視化するというシミュレーション自体には大変魅力を感じているが、その結果を色分けで表現するのではこれまでの2次元マップでの資料と変化がないように感じられた。
3	操作性に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> 仕組みを理解して使える職員がいないと難しいと感じる。 まちづくりの施策等について職員間で議論する際の一つの参考として活用することは可能だと思うが、シミュレーションで分析を行える職員が限られることやシミュレーション結果が可視化されるまでの作業時間を考慮すると活用できる場面は限られると思う。

Q4 市民への説明や意見交換等に活用できそうか

全ヒアリング対象者のうち、約 10% (1/9 名) が「ある程度活用できそう」と約 30% (3/9 名) が「どちらでもない」と回答した一方で、約 40% (4/9 名) が「あまり活用できない」と回答。

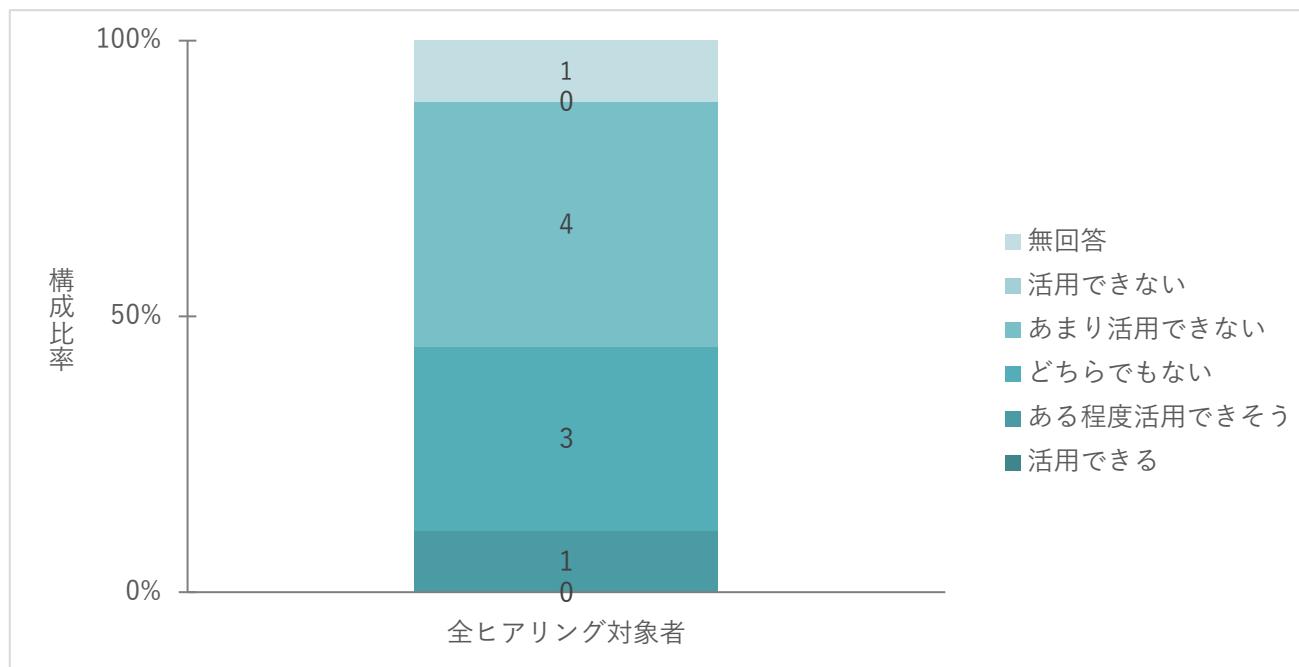


図 5-64 市民への説明や意見交換等に活用できそうか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-17 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	活用可能性	<ul style="list-style-type: none"> 将来の都市構造を 3 次元で表現してもらえば非常に有用に感じる。商業施設や高層マンション、高層ビルなどのテクスチャをイメージとして付けて、より直感的にシミュレーション結果を表現できれば、専門知識の少ない市民への説明でも使える可能性がある。 建物のボリュームや高さ等、3D 上で直感的に分かる変化がシミュレーションできるものであれば活用できそう。 フリーズしないでスムーズに作業できれば認識共有に活用できる可能性はある。
2	市民への説明や意見交換等に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> 3D マップの可視化をすると、実際に住んでいる方々の場所がどうなるかシミュレーションされるため、ハレーションが起りそう。 生データをそのまま資料として使うのは難しく、匿名化などの加工が入ることが想定される。その場合における職員の作業負担が懸念される。 説明の分かりやすさとしては活用できるが、確実性に不安を感じる。

5-5-2. ユーザビリティ検証

Q5 シナリオ設定の条件を理解し利用することができるか

全ヒアリング対象者のうち、約 40%（4/9 名）が「ある程度活用できそう」と回答した一方で、約 40%（4/9 名）が「あまり利用できない」と回答。

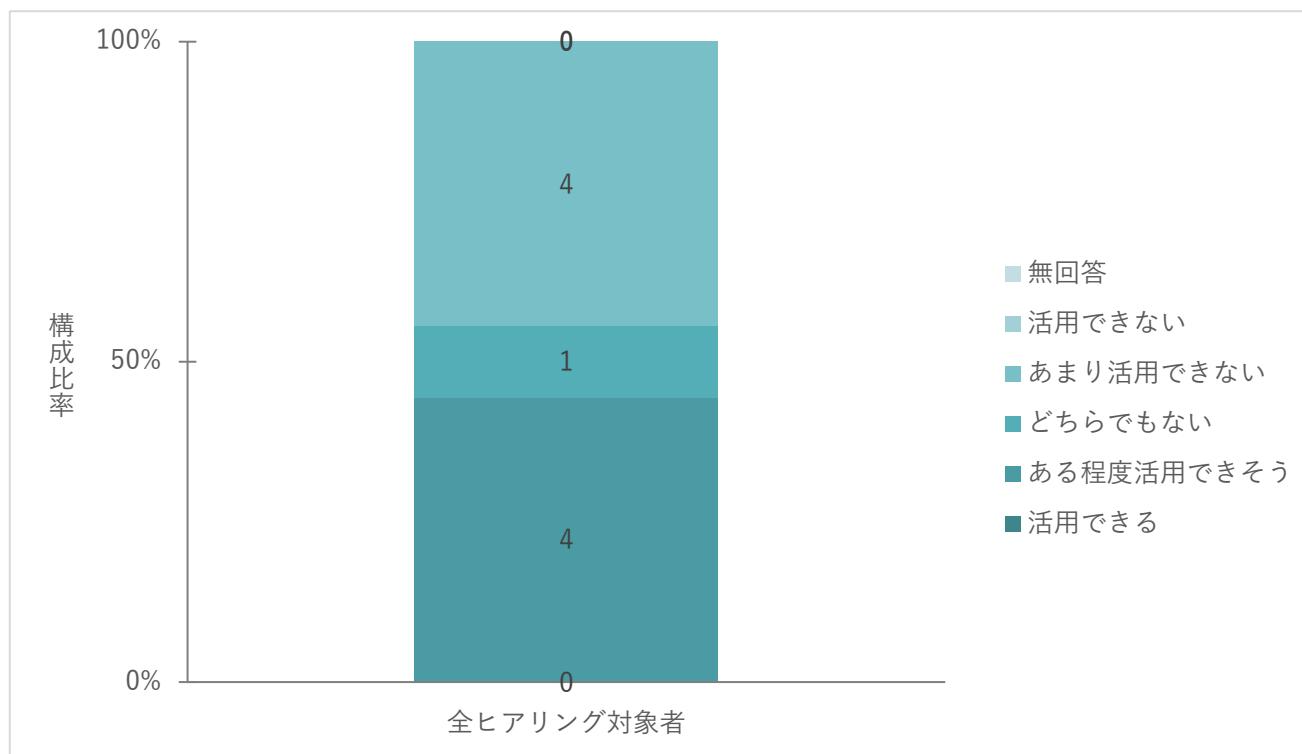


図 5-65 シナリオ設定の条件を理解し利用することができるか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-18 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	システム設定の課題	<ul style="list-style-type: none"> ● フォルダの格納先がわかりづらい。 ● シミュレーションをした際に、データをどのように2次加工をしていくかがわからない。 ● 流入出率は、各ゾーンにおける流入出率なのか、市全域としてのもの（他都市からの流入、他都市への流出）なのかがわからなかった。 ● 画像出力や結果の表示に時間を要している。 ● シナリオ条件において、変化率等の割合で入力する項目は、基準値や設定方法が必要。 ● どの変数をどのくらい与えれば目指すべきものに近づくのかが分からない。マニュアルがあれば良い。 ● シュミレーションしたい範囲を選ぶ際に、関係ない箇所も含んでしまうなど、少し利用しづらかった。
2	追加機能の要望	<ul style="list-style-type: none"> ● ポリゴンで選択するところ町丁目などで設定できるようにしてほしい。

Q6 シナリオ設定の条件を理解し、利用することができるか

全ヒアリング対象者のうち、約 70% (6/9 名) が「どちらでもない」、約 10% (1/9 名) が「ある程度利用できそう」と回答。

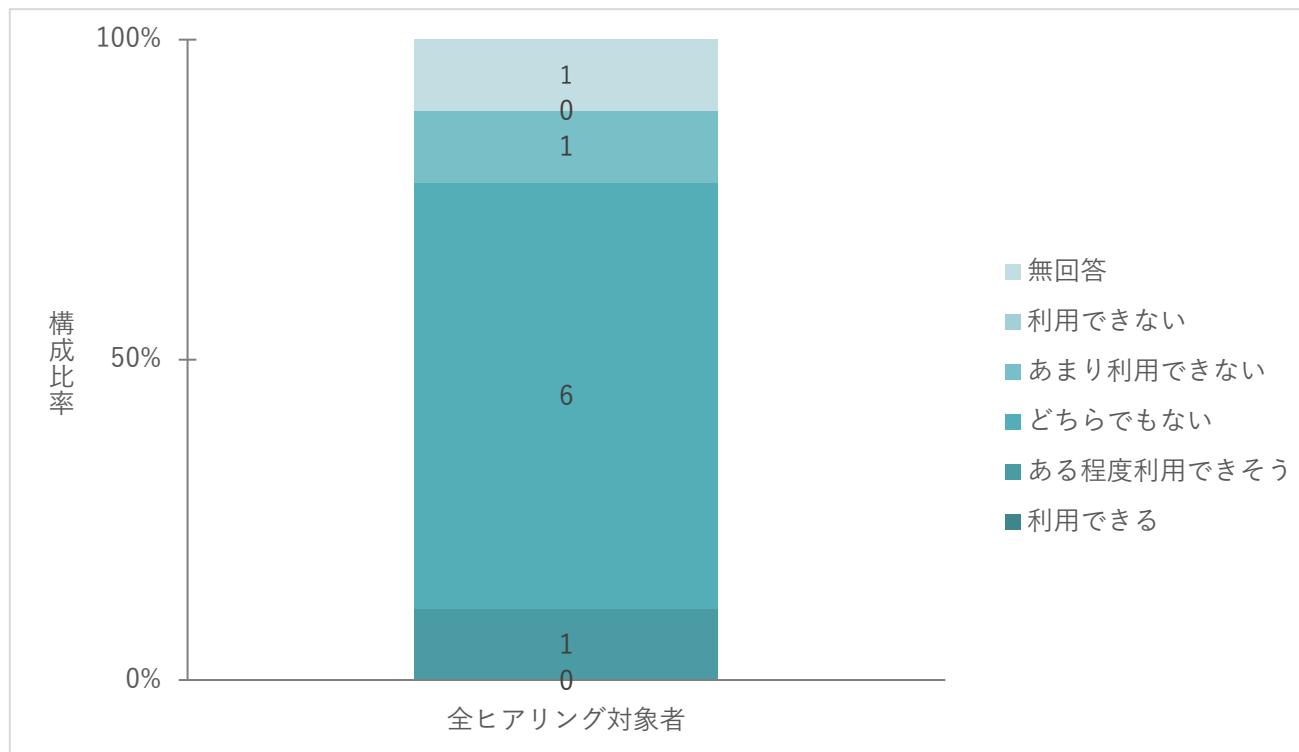


図 5-66 シナリオ設定の条件を理解し、利用することができるか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-19 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	追加機能の要望	<ul style="list-style-type: none"> ● 数値が%だけでなく、例えば、乗り換え時間は何分減少など入力できると良い。 ● 幹線道路の整備状況や自動車交通環境も、土地利用に大きく影響するため、条件にあると良い。 ● 公共交通の設定が、鉄道、バスのみなので、新しい交通システムを導入した際のシミュレーションができると良い。 ● 立地適正化計画の誘導施設の充実や滞留人口などがあればよいと思う。
2	その他意見	<ul style="list-style-type: none"> ● 実際に年間を通して業務で活用していないため、現時点では妥当性を判断できない。

Q7 3D 可視化機能を理解し利用することができるか

全ヒアリング対象者のうち、約 70% (6/9 名) が「どちらでもない」、約 10% (1/9 名) が「ある程度十分」と回答。

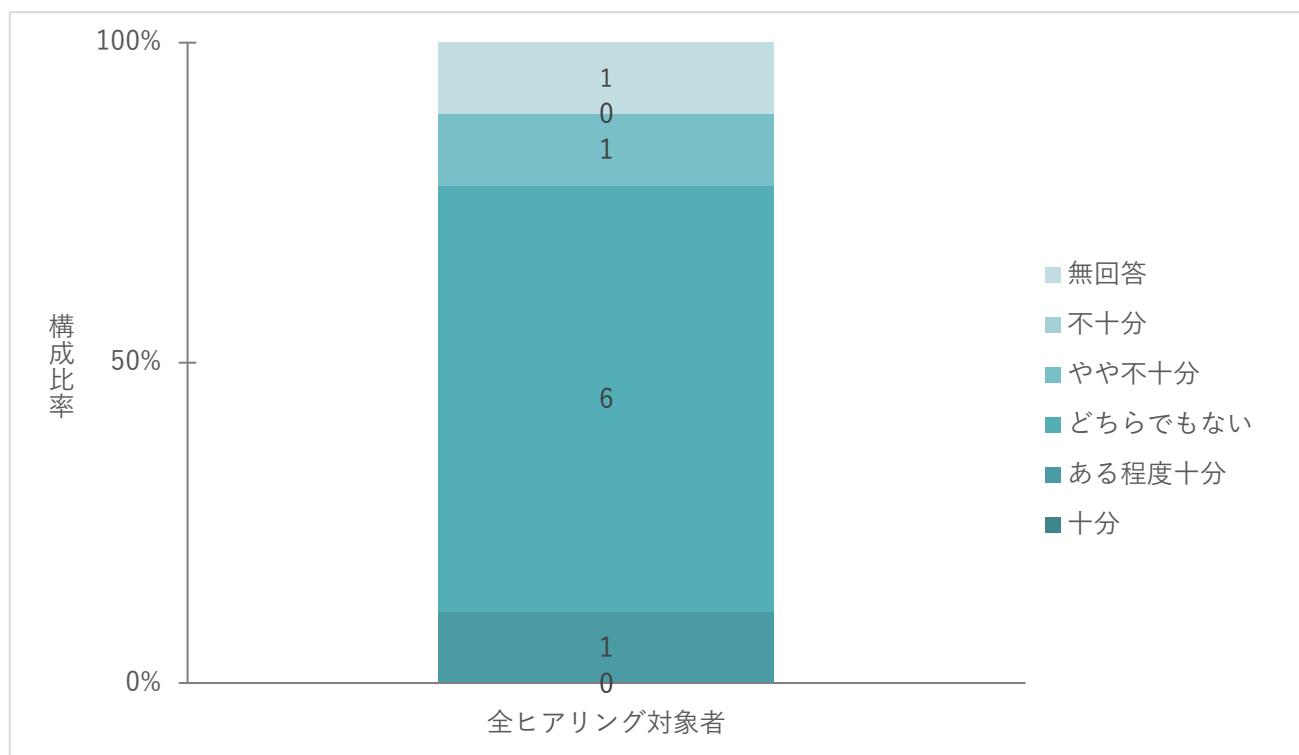


図 5-67 3D 可視化機能を理解し利用することができるか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-20 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	追加機能の要望	<ul style="list-style-type: none"> 建築基準法上の、容積率、高さ、日影規制等の建築条件についてシナリオ設定することで建物形状が可視化できると、既存建築物不適格調査などに利用でき、非常に実用性が高い。 シナリオ設定に関わらず自由に建物の高さなどを変えられる機能があると良い。
2	操作性に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> 3D の操作の仕方がわからない。 マニュアル等を参考に操作したが、3D 可視化が上手くできなかった。

Q8 シミュレーションの実施・利用に関して地方公共団体で内製化できる可能性はあるか

全ヒアリング対象者のうち、約 10%（1/9 名）が「ある程度利用できそう」、約 40%（4/9 名）が「どちらでもない」と回答した一方で、約 30%が「あまり利用できない」と回答した。

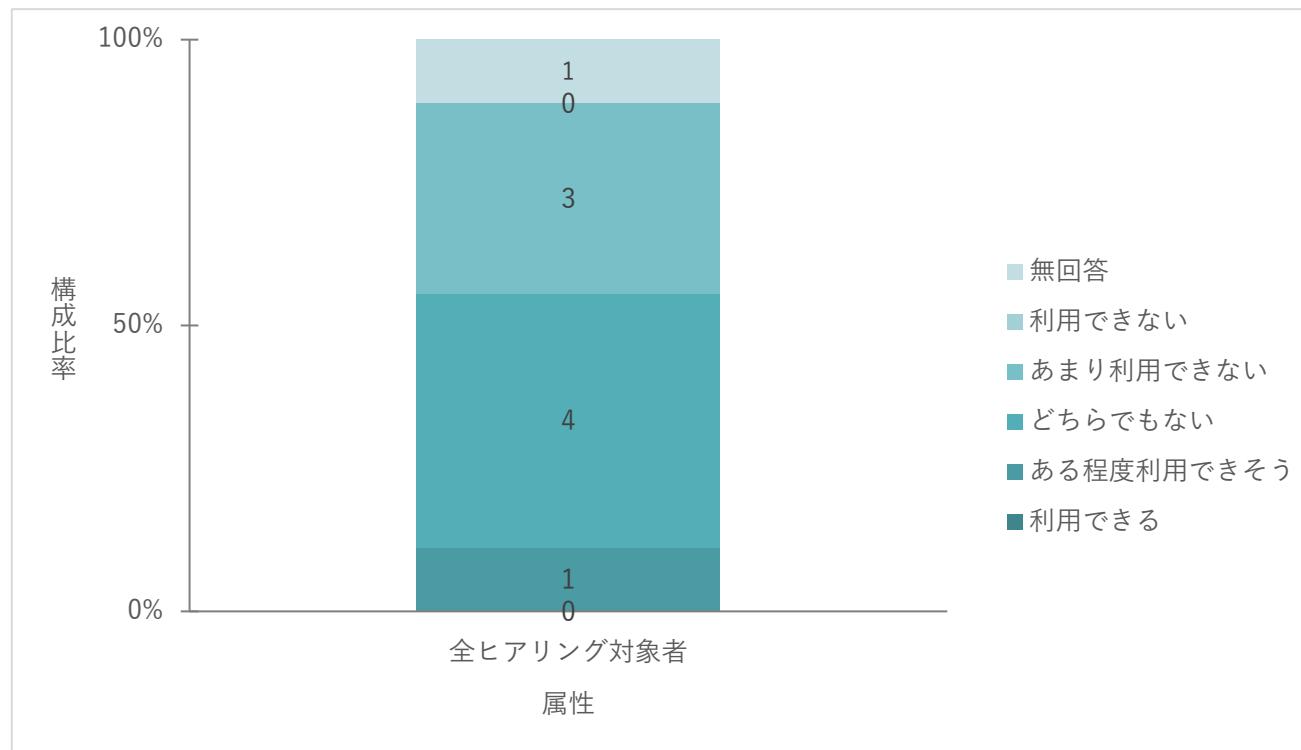


図 5-68 シミュレーションの実施・利用に関して地方公共団体で内製化できる可能性はあるか

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-2 1 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	内製化の可能性	<ul style="list-style-type: none"> ● 今後、シミュレーションの精度の担保や施策内容が充実した場合、利用ができると考える。 ● ユーザーインターフェースをわかりやすく（何を作業するのか初心者でも十分わかるような形に）できるのであれば内製化は可能だと考える。
2	内製化に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーション時間を短縮してもらえるとアイデアレベルでの比較分析を行いやすくなる。 ● また結果を可視化する際にも、一部建物が表現されなかつたりする場合もあった。低スペック PC でサクサクと使えるか不安。 ● データの反映に時間がかかりすぎている。貴社のパソコンであれだけの時間がかかるようであれば、役所のパソコンは性能が高くないため、フリーズしてしまうと想定される。 ● シミュレーション等に時間がかかるので現時点での利用は難しい。 ● 全体的に操作が複雑だと感じた。慣れれば抵抗感なく使用できるのかも知れないが、初見だと利用は難しいため、市の職員が扱うには講習が必要だと感じた。

5-5-3. システム全般についての意見・感想など

システム全般については、以下のように次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-22 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	利用可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ● 今後、シミュレーションの精度の担保や施策内容が充実した場合、利用ができると考えるが、現段階では地方公共団体の職員にとっては内容が簡単に理解できる内容ではないため、利用するまでの抵抗感があると思う。 ● 役所のパソコンでもスムーズに使用できるようにしていただきたい。 ● 今回、システムを初めて利用したこともあり、配慮する点が多く、シナリオ設定の条件を指定し、可視化するに至らなかったので、また、機会がある際には利用させていただきたい。
2	可視化について	<ul style="list-style-type: none"> ● ぱっと画面を見たときに、これは3次元でないと表現できない、3次元だからこそ面白さがある、と見た人に思ってもらえるような機能を付与してもらえると、3D都市モデルを使おうという機運が高まるのではないかと感じた。
3	シナリオ設定について	<ul style="list-style-type: none"> ● インバウンド向上やオーバーツーリズム対策などの人流動向についてもシステム対応できないか。
4	課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 変数のパッケージ化、変数の説明（何にどう影響するのか）、シミュレーション後の計算方法の表示（何がどうしてこうなったか）、シミュレーション時間の短縮、などが課題かと思われます。 ● 初めて利用する際にも容易に操作が可能となるようなマニュアルがあればよいと感じた。今回頂いたマニュアルは普段シミュレーションを操作している方向けのマニュアルのように感じた。 ● マニュアルが分かりにくい。例えば、今回いただいたマニュアルでは、P12の「下記フォルダを表示し」の部分が、最終の画面しか表示されておらず、どのような手順を踏めばそこにたどり着くのかがわからない。 ● 各処理で、今どのような処理をしているか可視化してほしい。（処理がすんでいるのか、止まっているのかよくわからない） ● エラーメッセージが表示された場合、何が原因なのか素人には全く理解できない。例えば「○○の条件が適切ではないので修正してください」のような、利用者視点でのメッセージがないと、職員だけで使いこなすことは難しいのではないか。

6. 実証の成果と課題、今後の展望

6-1. 本実証で得られた成果

6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルの技術面での優位性が示された。

表 6-1 3D 都市モデルの技術面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの技術面での優位性
システム・機能	他地域展開の容易化	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルは標準製品仕様書に沿って整備されているため、同じ仕様の 3D 都市モデルを整備している都市であれば、インプットデータを容易に差し替え可能
アルゴリズム	建築物データ作成機能の高度化	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルには高さ情報が付与されているため、高さ情報も用いた用途や階数の補完が可能

6-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

表 6-2 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルのビジネス面での優位性
サービスの提供価値向上	合意形成の容易化	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルとその属性情報等を活用したシミュレーション結果の可視化により、施策の効果に関する認識について、関係者間での共有を容易化できる
サービス開発期間・コストの削減	インプットデータの準備の容易化	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルとその属性データをインプットデータとして使用することで、従来シミュレーションを行う際に必要だったインプットデータの作成を効率化できる

6-1-3. 3D 都市モデルの政策面での優位性

表 6-3 3D 都市モデルの政策面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの政策面での優位性
行政業務自体の価値 /品質向上	施策効果の理解促進	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルを用いたシミュレーションを行うことにより、施策の効果がどのような場所で、どのような属性に対して発現しうるのか、分析することが可能 ● 様々なケースを設定してシミュレーションを実施し、結果を比較することで、施策効果を理解しやすくなる
	可視化による議論の具体化、合意形成の容易化	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルとその属性情報等を活用したシミュレーション結果の可視化により、地方公共団体と住民のより具体的な議論が可能となり、合意形成も容易化
行政業務の効率化	行政担当者によるシミュレーション実施の容易化	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルをインプットデータに使用しているほか、各種機能を UI 上で操作可能にしているため、行政職員が自らシミュレーションを実施することが可能 ● シミュレーションを外部委託なしに実行できることで、シミュレーションを実施して結果を見ながらケース設定を柔軟に検討することが可能

6-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 6-4 実証実験で得られた課題と対応策

大項目	小項目	実証実験で得られた課題	課題に対する対応策
システム (機能)	設定可能な 施策の充実	<ul style="list-style-type: none"> バス路線の廃止や再編、都市計画道路の整備といったネットワークの変化、多様な施策設定ニーズがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 施策を反映できるアルゴリズムの開発とシナリオ設定 UI 機能の拡充が必要。
システム (UI/UX)	わかりやすさの向上	<ul style="list-style-type: none"> ファイルの格納先、パラメータの説明、シナリオ設定の方法等、シミュレーションやシステムの複雑さに起因する課題がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 各機能を実行する際に開くフォルダのショートカットを用意する等、深いディレクトリまで移動する時間を削減する。
	シミュレーション時間の短縮	<ul style="list-style-type: none"> アイデアレベルでの比較分析を行いやすくするには、シミュレーション時間の短縮のニーズがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 施策を実施する地区とそうでない地区でシミュレーションの演算の解像度を変える等、より簡便で計算不可の低いアルゴリズムの開発。
アルゴリズム	個別都市に合わせるチューニング	<ul style="list-style-type: none"> 汎用的なシミュレーション機能を開発したため、個別の都市の細かな特性の表現には限界がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 各種モデルのパラメータの更新や調整、個別都市の特性を表現するインプットの追加等、アルゴリズムのチューニングが必要。
	将来の開発状況を考慮したアルゴリズムのチューニング	<ul style="list-style-type: none"> 将来的には、アルゴリズムと都市において実際に生じている変化とが整合しなくなる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 複数年次の 3D 都市モデルをインプットデータとしてアルゴリズムのチューニングをノーコードで行うことができれば、シミュレーションの精度維持、継続的な活用が期待できる。

6-3. 今後の展望

シミュレーションのインプットデータの作成、シナリオの設定、シミュレーションの実施、結果の可視化を GUI 上で行うアプリケーションを開発したこと、非エンジニアの地方公共団体職員にとってシミュレーション活用のハードルは下がったといえる。

シミュレーション結果の理解やそれを踏まえた議論、合意形成を促進するためには、シミュレーション結果を 3 次元で可視化することに加えて、人口や地価、延床面積等の各種指標の変化をグラフ等により明確に示すことも重要である。今後は、主要な指標の可視化を自動で行う機能を開発することで、さらに地方公共団体の現場において活用しやすくなる期待がある。

さらに、3D 都市モデルの継続的な整備・更新、それを簡便にシミュレーションに反映するための手法の開発も進めたい。今回開発したシミュレーションは、インプットデータとして使用する 3D 都市モデルをシミュレーションの初期時点のデータとして使用する。このため、過去に整備された 3D 都市モデルをインプットデータに用いると、最新の開発状況は必ずしも反映されない。また、各種アルゴリズムは現時点で得られているデータに基づいて構築しているため、将来的には、都市において実際に生じている変化とアルゴリズムが整合しなくなる可能性がある。

そこで、複数年次の 3D 都市モデルをインプットデータとして、各種モデルのパラメータの更新や調整等のアルゴリズムのチューニングを地方公共団体職員がノーコードで行う機能を開発すれば、シミュレーションの精度維持、継続的な活用が期待できる。また、このような機能は、個別の都市における再現性向上にも有用である。今回の実証実験では、汎用的なシミュレーション機能を開発したため、個別の都市の細かな特性の表現には限界がある。各種モデルのパラメータの更新や調整、個別都市の特性を表現するインプットの追加等のアルゴリズムのチューニングが容易になれば、地方公共団体職員がよりシミュレーションを活用しやすくなることが期待される。

これらを通じて、様々な都市において、これまで以上にその都市の最新の実態に即したシミュレーションを容易に実施できる環境を整えていくことで、まちづくり施策に関する合意形成のハードルを下げ、都市政策の円滑化・高度化を目指す。

7. 用語集

A) アルファベット順

表 7-1 用語集（アルファベット順）

No.	用語	説明
1	DRM	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。
2	LRT	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。

B) 五十音順

表 7-2 用語集（五十音順）

No.	用語	説明
1	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。
2	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。
3	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。
4	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。
5	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の最大効用の期待値。
6	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。

以上

都市構造シミュレーション v2.0

技術検証レポート

2024 年 3 月 発行

委託者：国土交通省 都市局

受託者：一般財団法人計量計画研究所/国際航業株式会社