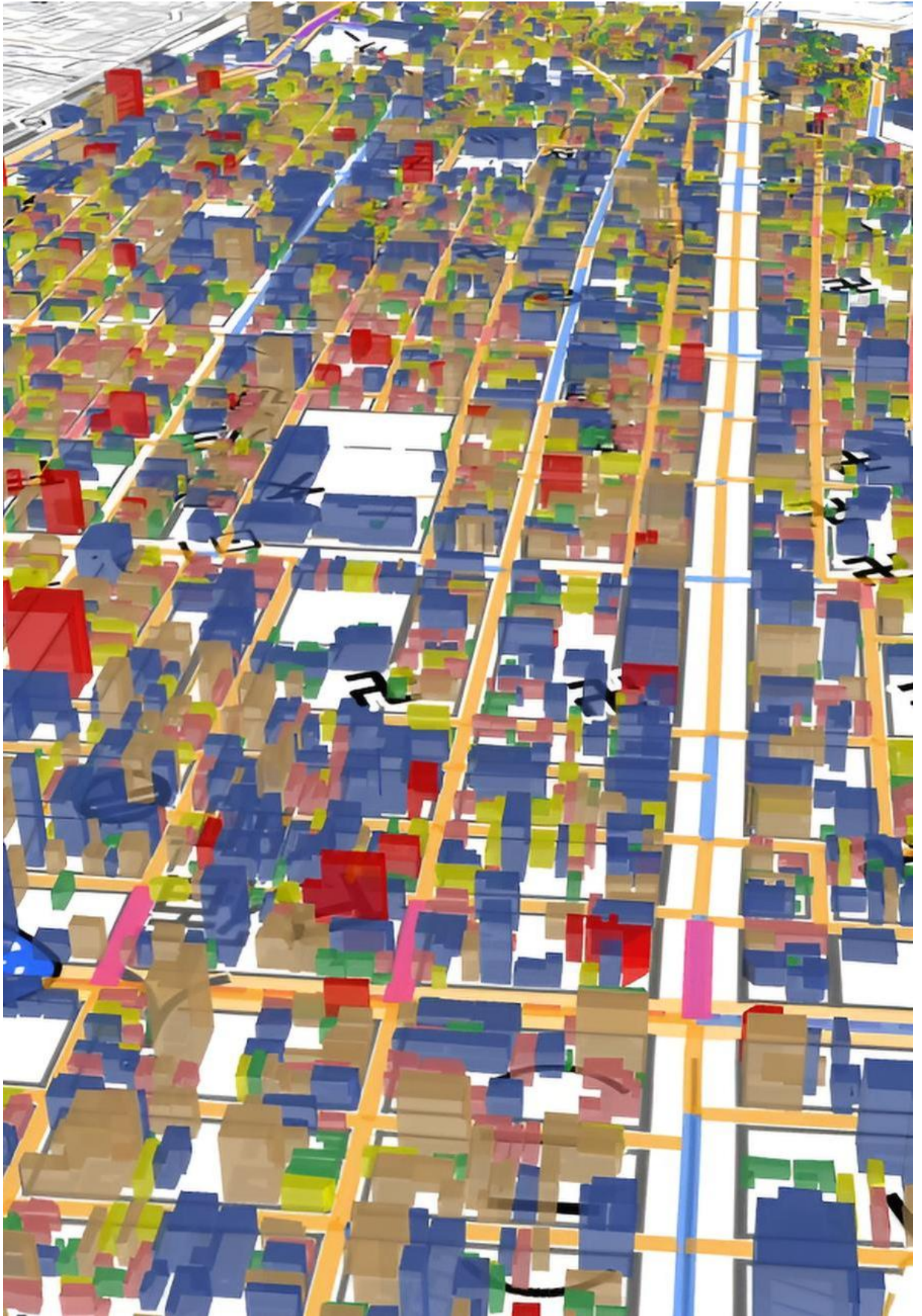




PLATEAU
by MLIT

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



建物振動に関する大規模シミュレーション v3.0 技術検証レポート

Technical Report on Large-Scale Building Vibration Simulation v3.0

series No. 126

目次

1. ユースケースの概要	- 1 -
1-1. 課題認識	- 1 -
1-1-1. 現状と課題	- 1 -
1-1-2. 課題認識	- 2 -
1-1-3. 既存業務フロー	- 2 -
1-1-4. 課題認識	- 5 -
1-1-5. 過年度の手法とその課題	- 5 -
1-1-6. 既存業務フロー	- 6 -
1-2. 課題解決のアプローチ	- 8 -
1-3. 創出価値	- 9 -
1-4. 想定事業機会	- 10 -
2. 実証実験の概要	- 11 -
2-1. 実証仮説	- 11 -
2-2. 検証ポイント	- 12 -
2-3. 実証フロー	- 15 -
2-4. 実施体制	- 15 -
2-5. 実証エリア	- 16 -
2-6. スケジュール	- 18 -
3. 開発スコープ	- 19 -
3-1. 概要	- 19 -
3-2. 開発内容	- 20 -
4. 実証システム	- 21 -
4-1. アーキテクチャ	- 21 -
4-1-1. システムアーキテクチャ	- 21 -
4-1-2. データアーキテクチャ	- 22 -
4-1-3. ハードウェアアーキテクチャ	- 23 -
4-2. システム機能	- 26 -
4-2-1. システム機能一覧	- 26 -
4-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ	- 29 -
4-2-3. 開発機能の詳細要件	- 30 -
4-3. アルゴリズム	- 56 -
4-3-1. 利用したアルゴリズム	- 56 -
4-3-2. 開発したアルゴリズム	- 63 -
4-4. データインタフェース	- 66 -
4-4-1. ファイル入力インタフェース	- 66 -

4-4-2. ファイル出力インタフェース	68
4-4-3. 内部連携インタフェース	69
4-4-4. 外部連携インタフェース	74
4-5. 実証に用いたデータ	81
4-5-1. 利用したデータの一覧	81
4-5-2. 生成・変換するデータ	83
4-6. ユーザーインタフェース	84
4-6-1. 画面一覧	84
4-6-2. 画面遷移図	88
4-6-3. 各画面仕様詳細	90
4-7. 実証システムの利用手順	124
4-7-1. 実証システムの利用フロー	124
4-7-2. 各画面操作方法	125
5. システムの非機能要件	126
5-1. 社会実装に向けた非機能要件	126
5-2. 有用性検証に向けた非機能要件	127
6. 品質	129
6-1. 機能要件の品質担保	129
6-2. 非機能要件の品質担保	129
7. 実証技術の機能要件の検証	130
7-1. シミュレーションの実施	130
7-1-1. 検証目的	130
7-1-2. KPI	130
7-1-3. 検証方法と検証シナリオ	130
7-1-4. 検証結果	131
7-2. ダッシュボードの有用性	132
7-2-1. 検証目的	132
7-2-2. KPI	132
7-2-3. 検証方法と検証シナリオ	132
7-2-4. 検証結果	133
8. 実証技術の非機能要件の検証	134
8-1. 検証目的	134
8-2. KPI	134
8-2-1. 検証方法と検証シナリオ	135
8-2-2. 検証結果	135
9. 公共政策面での有用性検証	138
9-1. 検証目的	138
9-2. 検証方法	139

9-3. 被験者	- 140 -
9-4. ヒアリング・アンケートの詳細.....	- 141 -
9-4-1. アジェンダ・タイムテーブル.....	- 141 -
9-4-2. アジェンダの詳細.....	- 141 -
9-4-3. 検証項目と評価方法.....	- 142 -
9-4-4. 実証実験の様子.....	- 143 -
9-5. 検証結果	- 145 -
10. 成果と課題	- 149 -
10-1. 本実証で得られた成果.....	- 149 -
10-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性	- 149 -
10-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性	- 149 -
10-1-3. 3D 都市モデルの公共政策面での優位性	- 150 -
10-2. 実証実験で得られた課題と対応策.....	- 151 -
10-3. 今後の展望.....	- 153 -
11. 用語集.....	- 155 -

1. ユースケースの概要

1-1. 課題認識

1-1-1. 現状と課題

我が国は、地震や火山活動が活発な環太平洋変動帯に位置しており、世界でも有数の地震多発国である。この地理的特性は、私たちの国土における宿命的なリスクとなっている。2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震では、マグニチュード7.6、最大震度7という大規模な地震が観測された。この地震により、家屋の倒壊、インフラの寸断等、甚大な被害がもたらされました。能登半島地震で明らかになった被害の様相は、今後の都市計画や国土強靱化のあり方に大きな課題を投げかけている。地震による被害を最小限に抑え、迅速な復旧・復興を可能にするためには、事後に対応する「減災」だけでなく、事前に被害を回避・軽減する「事前防災」の取り組みが不可欠である。

上記課題の解決に向け、2024年度の「3D都市モデルを活用した建物振動シミュレーションシステムの開発v2.0」では、事前防災対策検討に向けて、地方公共団体での内部活用ができるよう、Web上で地震動の設定から建物被害シミュレーションの実行、可視化、データのダウンロードまでを完結できる環境を構築し、これら一連の処理を完全API化した。

また、ダッシュボード機能を強化し、都市レベルの建物振動シミュレーション結果について、小学校区等のようにあらかじめセットした特定エリアの被害予測結果が比較・集計可能になりました。

また、多様なニーズに対応するため、建物スケール（木造建物）のシミュレーション機能を実装した。

上記結果に伴い、緊急輸送道路の沿道における建物被害の予測による道路閉塞の危険性把握や、小学校区等地区別の被害予測状況に応じた対策の優先度検討の精度向上、想定される地震動に応じた必要な仮設住宅の規模算定と予測精度の向上、緊急輸送道路沿いの建物をはじめとした、耐震補強前後での被害状況予測と定量的な被害低減効果の算出、耐震補強の対外的な取組効果発信、周知啓発用の動画として発信するツールとしての活用が求められている。

1-1-2. 課題認識

地方公共団体における業務活用シーンを想定したうえで、必要な機能の開発等を行い、日常業務での活用可能性および導入可能性を実証実験で検証することが求められる。

ウェブ上での建物振動シミュレーションを活用することで、地方公共団体職員等が簡易に地震災害を想定した建物被害の状況を、面的に把握できる。これにより、都市スケールでの建物被害予測に関して、大きな被害が予測されるエリアの特定等事前の防災検討に活用できる。

さらに、大規模地震からの復旧・復興を見据えると、緊急輸送道路との関係性(建物倒壊による道路封鎖の可能性)や避難所配置のあり方、災害廃棄物の処理等に関する検討への活用・展開も期待できる。

1-1-3. 既存業務フロー

3D データの準備から地方公共団体施策の検討への活用までの既存業務フローは以下に示すとおりである。

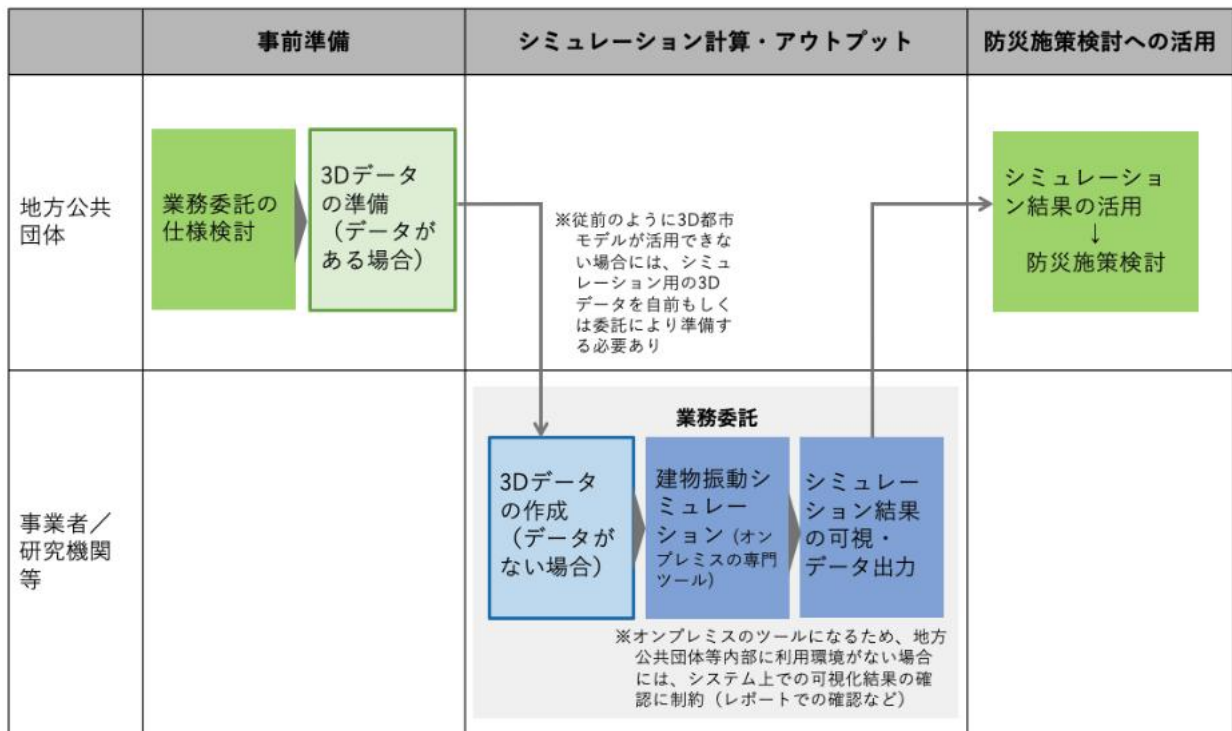


図 1-1 既存業務フロー

表 1-1 既存業務概要

実施項目	実施主体	業務概要
業務委託の検討	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> ● どのような業者に対して業務委託を実施するのか検討を行う。 ● その際に建物データについても市内に存在しているかどうかについても検討を実施する。 ● また対応してくれる専門機関に関しても入札等で選定を行う必要がある。
建物振動シミュレーションの実施	事業者/研究機関	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方公共団体から受注をうけた事業者において、建物振動に関する地震動の分析を実施する。 ● 細かい条件等についても一定設定を行ったうえで広範囲にわたる分析を実施する。
シミュレーションの可視化	事業者/研究機関	<ul style="list-style-type: none"> ● 結果を地方公共団体が把握できるような形で提供をおこなう。 ● 紙媒体等のレポート形式でまとめたうえで、どのような被害が発生しているのか現況について解説を行う。
シミュレーションの結果確認・対策検討	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> ● 事業者/研究機関からの結果報告を受けた上で、その結果をどのように生かしていくか検討を実施。都市計画等に落とし込んだうえで、防災対策を進めていく。

業務フロー上の課題を以下に示す。

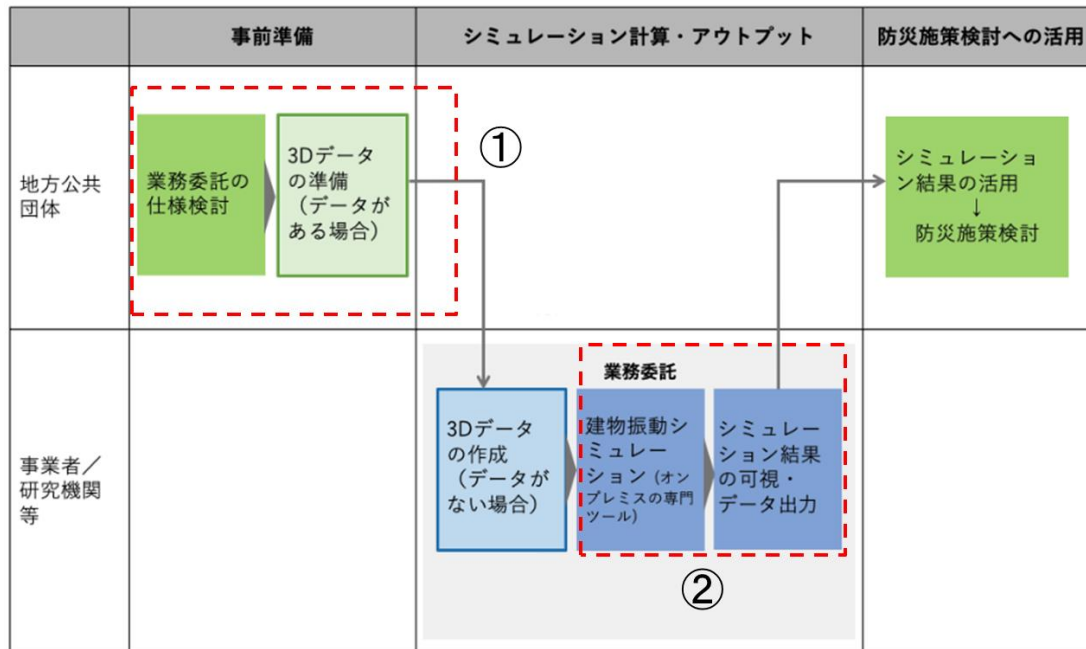


図 1-2 既存業務フロー上の課題

表 1-2 課題詳細

No.	主体	課題詳細
①	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none">● 3D データを地方公共団体側が持っていない場合においては、自前または委託したうえで準備をしなければならない。<ul style="list-style-type: none">➤ 防災対策として検討を行いたいのにも、手間がより多くかかってしまう
②	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none">● 結果を閲覧するためには別途新たなツールの導入・またはレポートでの受領を検討する必要がある。<ul style="list-style-type: none">➤ 自由に閲覧ができないため、適切な断面を事業者側に要求することになり、手戻りが発生しやすい。
	事業者	<ul style="list-style-type: none">● オンプレミスで対応をすることになるため、提供方法が限定される。<ul style="list-style-type: none">➤ どのような断面が必要であるか打ち合わせをせねばならず、説明等に負荷がかかる。

1-1-4. 課題認識

地方公共団体における業務活用シーンを想定したうえで、必要な機能の開発等を行い、日常業務での活用可能性および導入可能性を実証実験で検証することが求められる。

ウェブ上での建物振動シミュレーションを活用することで、地方公共団体職員等が簡易に地震災害を想定した建物被害の状況を、面的に把握できる。これにより、都市スケールでの建物被害予測に関して、大きな被害が予測されるエリアの特定等事前の防災検討に活用できる。

さらに、大規模地震からの復旧・復興を見据えると、緊急輸送道路との関係性(建物倒壊による道路封鎖の可能性)や避難所配置のあり方、災害廃棄物の処理等に関する検討への活用・展開も期待できる。

1-1-5. 過年度の手法とその課題

2023 年度は、これまで大規模地震の建物被害想定を検討が難しかった地方公共団体職員が手軽に解析でき、その結果を広く庁内の施策検討に活用していく等、ワンストップでの取組支援による業務の効率化・高度化を目指したシステム(プロトタイプ)開発を行った。立会実証の結果として、システムの UI/UX の使いやすさの点ではポジティブな回答が 53%にとどまっており、可視化表現としての建物の被害状況の色分けだけでなく、定量的な被害の集計機能や、被害の大きい建物の抽出機能の必要性が確認できた。また、シミュレーション結果(可視化情報)の業務活用ではポジティブな回答が 64%、シミュレーション結果(出力した GIS データ)の業務活用ではポジティブな回答が 69%にのぼっており、可視化情報や出力した GIS データといったシミュレーション結果自体の有用性を確認できた。

2023 年度の課題として、現状の可視化・ダウンロード機能に加えて、緊急輸送道路の沿道建物等の抽出や、特定エリアの建物被害に係る集計機能についてもニーズがあり、汎用的な機能としての実装・活用が必要である(例:静岡市では緊急輸送道路沿道の建物の耐震化を推進しており、全国的にも同様の取組が展開)。また、広域の防災やまちづくりを所管する部署と、建物単体を対象とした耐震化等を所管する部署では、異なるニーズが存在しており、都市スケールを対象としたシミュレーションに加えて、建物単体を対象とした詳細な解析等、スケールの異なる複数のシミュレーションの実行環境の構築が求められる。さらに、スーパーコンピューター(富岳)との連携において、計算予約からシミュレーションの実行、計算結果の受取りまでの一連の処理には時間を要するとともに、一部のデータのやり取りが手動になっている点が課題として挙げられる。これには、外部との自動連携の仕組み構築が必要であり、効率性の高い計算手法やアルゴリズムの改良等も検討の余地がある。

2024 年度では、2023 年度のプロトタイプを改良し、①Web 上で地震動の設定から建物被害シミュレーションの実行～可視化～データのダウンロードまでを完結できる環境を構築(完全 API 化)、②ダッシュボード機能を強化し、都市レベルの建物振動シミュレーション結果について、小学校区等、特定エリア

の被害予測結果を比較・集計可能な機能を実装（特定のポリゴンをプリセット）、③多様なニーズに対応するため、建物スケール（木造建物）のシミュレーション機能を実装した。立会実証の結果として、広域シミュレーションシステムでは、特定エリアの被害状況の集計・比較機能を通じて、応急危険度判定エリアの優先順位付けや応急仮設住宅の必要戸数算出等、都市スケールでの対策立案への活用可能性を確認した。他方、狭域シミュレーションシステムでは、緊急輸送路沿いの建物の個別シミュレーションや道路閉塞状況の解析等、ミクロな状況把握への活用が期待できることを確認した。さらに、UI/UX の使いやすさについては改善の余地があるものの、シミュレーション結果の業務活用については高い評価を得た。

2024 年度の課題として、各課の業務フローに即した UI/UX の改良と、世帯情報を活用した応急仮設住宅の必要戸数算出等、提供情報の充実が挙げられる。なお、DIAS との自動連携により一気通貫での解析が可能となったものの、市域レベルでの計算時間短縮が課題として残されているため、計算手法の効率化や、一般的なクラウド環境での動作を可能とする建物振動シミュレーションの組み込み、より説得力のある被害推定手法の改良が必要である。

1-1-6. 既存業務フロー

地方公共団体における地震動シミュレーションを行う際に想定される業務フローを以下に記載する。

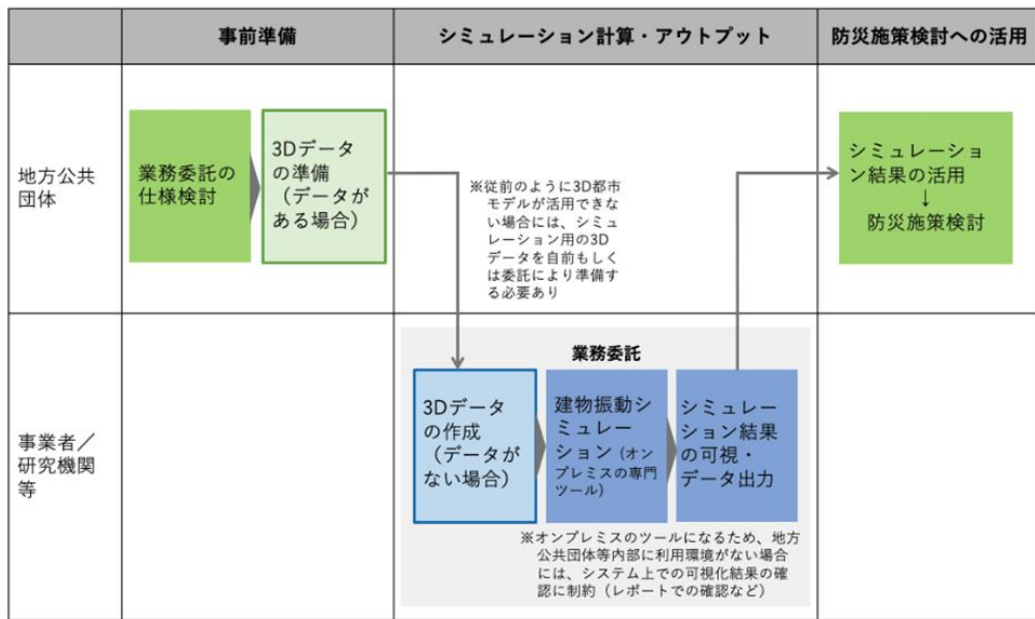


図 1-3 既存業務フロー

表 1-3 既存業務概要

実施項目	実施主体	業務概要
業務委託の検討	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> ● どのような事業者に対して業務委託を実施するのか検討を行う。 ● その際に建物データについても庁内に存在しているかどうかについても検討を実施する。 ● また対応してくれる専門機関に関しても入札等で選定を行う必要がある。
建物振動シミュレーションの実施	事業者/研究機関	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方公共団体から受注をうけた事業者において、建物振動に関する地震動の分析を実施する。 ● 細かい条件等についても一定設定を行ったうえで広範囲にわたる分析を実施する。
シミュレーションの可視化	事業者/研究機関	<ul style="list-style-type: none"> ● 結果を地方公共団体が把握できるような形で提供をおこなう。 ● 紙媒体等のレポート形式でまとめたうえで、どのような被害が発生しうるのか現況について解説を行う。
シミュレーションの結果確認・対策検討	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> ● 事業者/研究機関からの結果報告を受けた上で、その結果をどのように生かしていくか検討を実施。都市計画等に落とし込んだうえで、防災対策を進めていく。

1-2. 課題解決のアプローチ

今回の実証実験では、2024 年度の「3D 都市モデルを活用した建物振動シミュレーションシステムの開発 v2.0」として開発した、ウェブ上での建物振動シミュレーションを活用することで、地方公共団体職員等が簡易に地震災害を想定した建物被害の状況を、面的に把握できる。

これにより、都市スケールでの建物被害予測に関して、大きな被害が予測されるエリアの特定等事前の防災検討に活用できるシステムの開発を目指す。

大規模地震からの復旧・復興を見据えると、緊急輸送道路との関係性(建物倒壊による道路封鎖の可能性)や避難所配置のあり方、災害廃棄物の処理等に関する検討への活用・展開も期待できる。

現行業務フローで課題となっている、専門家のみがシミュレーションを行うことができる現状について、本システムを用いることで地方公共団体職員等が簡易に扱えることを実現する。

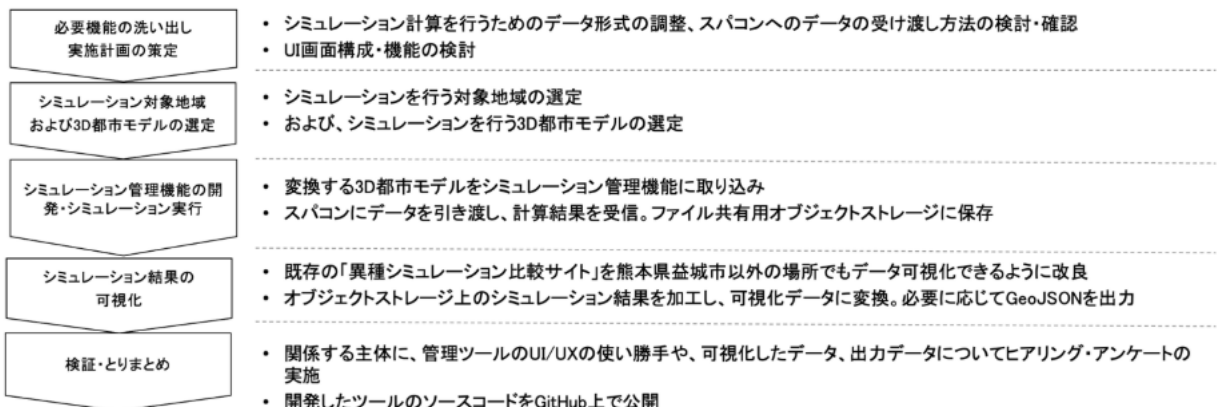


図 1-4 改善後の業務フロー

また、2023・2024 年度の実証調査を通じて得られた、地方公共団体における想定される業務活用シーン(例)は以下に示す通りであり、これらの地方公共団体ニーズを満足するアプリ実装を目指すべく、次ページに示す対応方針にもとづき 2025 年度のシステム改良を行う。

【地方公共団体における想定される業務活用シーン (例)】

1. 事前防災・減災対策検討

- 緊急輸送道路の沿道における建物被害の予測による道路閉塞の危険性把握や、小学校区等地区別の被害予測状況に応じた対策の優先度検討の精度向上
- 発災後の効率的な応急危険度判定に資する優先度の高い判定場所の抽出・洗い出し

2. 被災後の仮設住宅関連検討

- 想定される地震動に応じた必要な仮設住宅の規模算定と予測精度の向上

3. 耐震補強に関する取組の効果検証

- 緊急輸送道路沿いの建物をはじめとした、耐震補強前後での被害状況予測と定量的な被害低減効

果の算出

4. 耐震化促進のための普及啓発活動・プロモーション

- 耐震補強の対外的な取組効果発信、周知啓発用の動画として発信するツールとしての活用

【想定される業務活用シーンに対する対応方針（例）】

1. 事前防災・減災対策検討

- 緊急輸送道路のバッファ機能実装による建物の被害状況別の棟数集計
- 任意のポリゴン設定（描画）機能実装による柔軟性の高い地区別の被害予測と集計
- 応急危険度判定と整合した建物被害予測（被害ランク設定）

2. 被災後の仮設住宅関連検討

- 各建物の被害と世帯情報を紐づけることで、必要となる仮設住宅の規模を的確に算出

3. 耐震補強に関する取組の効果検証

- 耐震補強された建物の被害予測手法（建物被害曲線等）の検討・組み込みによる、耐震補強前後での被害状況予測と低減効果の算出

4. 耐震化促進のための普及啓発活動・プロモーション

- 対外的な情報発信や周知啓発用の素材としてシミュレーション結果のアニメーションや静止画の活用

1-3. 創出価値

地方公共団体でのシミュレーションの内部利用を容易にするため、Web 上で実行可能なシステムの開発を通じて、自身で簡易に地震動を設定し、建物被害のシミュレーションを実行できるようにする。

また、その被害状況を面的な可視化により把握、解析結果等をダウンロードできる環境を構築する。これにより、これまで大規模地震の建物被害想定検討が難しかった地方公共団体職員が手軽に解析でき、その結果を広く庁内の施策検討に活用していく等、ワンストップでの取組支援による業務の効率化・高度化を図る。

本システムを利用することで都市スケールでの俯瞰的な視点で、大きな被害が予測されるエリアの特定等事前の防災検討や対策立案等への活用ができるようになるとともに、地方公共団体界を跨がるような広域的な防災対策への活用も可能となる。さらに、大規模地震が発生した際の復旧・復興フェーズを見据え、緊急輸送道路との関係性(建物倒壊による道路封鎖の可能性)や避難所配置のあり方、災害廃棄物の処理等に関する検討への活用・展開を目指す。

1-4. 想定事業機会

表 1-3 想定事業機会

項目	内容
利用者	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方地方公共団体
サービス仮説	<ul style="list-style-type: none"> ● ウェブシステム提供（サブスクリプションによる提供も含む） <ul style="list-style-type: none"> ➤ シミュレーションを事前に行うことで、より効果的な防災の計画立案や対策に役立てることができる ➤ ダッシュボードを利用することにより、シミュレーションの結果がわかりやすく、対策が立てやすい
提供価値	<ul style="list-style-type: none"> ● 高コストかつ時間のかかる大規模シミュレーションを、PLATEAU のデータを用いて低コストで行うことができる ● 低コストで出来るようになれば、限られた地方公共団体予算をより優先度の高い「実際の防災対策や施策検討」に回せるようになったり、シミュレーションの試行回数を増やしたりすることが出来る

2. 実証実験の概要

2-1. 実証仮説

【地方公共団体ニーズへの対応】

- 今年度は、地方公共団体ニーズが高く業務活用が期待できる、緊急輸送道路の沿道における建物被害予測（道路閉塞の危険性）、必要な仮設住宅の規模算定、耐震補強に関する効果検証等に必要な集計・可視化機能等を構築し、ダッシュボードのユーザビリティを向上させることで、地方公共団体における本サービスの導入に向けた呼び水とするための実証を行うとともに、今後の地方公共団体内での業務活用の実現性向上を図る。

【サービス化】

- 地方公共団体職員をユーザーとした実証を行うことで、昨年度の課題となっている上記ニーズへの対応可能性（日常業務への活用可能性）や利用満足度による実装に向けた課題等を把握するとともに、今後のサービス実装に向けた準備や地方公共団体での導入可能性の向上を図る。

【データの利用】

- 全国で整備された 3D 都市モデルを入力データモデルとして、モデル整備済みの全国の地方公共団体職員が手軽に本シミュレーションモデルを利用できるようにすることで、数多くの地方公共団体がターゲットとなり、持続的なサービスモデルの検討にも寄与する。また、緊急輸送道路の沿道建物等の抽出や、特定エリアの建物被害に係る集計が可能となることで、庁内の複数の関連部署におけるニーズ対応が期待できる。

2-2. 検証ポイント

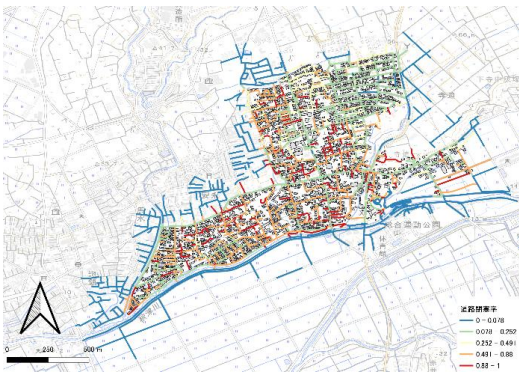
【システム利用者：都道府県・市町村の関連部署】

- 現地立会実証として2 地方公共団体（静岡市、戸田市）
- オンラインでのサウンディング・意見交換として3～4 地方公共団体
 - サウンディング：高知県、盛岡市
 - 意見交換会：熊本市、三原市

【実証での検証ポイント】

- ユーザビリティの視点
 - UI の使いやすさ
 - 処理のフロー・パフォーマンス
- 防災施策検討等日常業務活用の観点での有用性
 - 日常業務の活用可能性（サービス導入可能性）
 - 業務の効率化・コスト縮減
 - シミュレーション結果の有用性（業務活用可能性）
- シミュレーションモデルの信頼性の確保
 - モデルの現況再現性の検証
 - 業務活用に向けた建物被害予測ロジックの確立（建物被害曲線 等）

表 2-1 実証の検証ポイント一覧

観点	No.	検証ポイント
性能	1	<p>【ユーザビリティ】</p> <p>① UIの使いやすさ</p> <p>② 処理のフロー・パフォーマンスの高さ（業務利用に耐えうるものか）</p>
精度	2	<p>【シミュレーションモデルの信頼性】</p> <p>① モデルの現況再現性の検証</p> <p>（ア）熊本県益城町を対象として建物の被害状況の一致率：（70%を目標）</p> <p>（イ）構造：築年数区分（建築基準法の改定に準拠し、1980年、1980年～2000年、2000年以降と区分）に被害関数パラメータを作成し、妥当性の上昇を目指す。（70%目標）</p> <p>② 業務活用に向けた建物被害予測ロジックの確立</p>
有用性	3	<p>【日常業務における活用可能性】</p> <p>① 日常業務の活用可能性・サービス導入可能性</p> <p>（以下に想定利用シーンを例示）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 事前防災・減災対策検討 <p>（緊急輸送道路の沿道建物の被害状況、各道路区間における道路閉塞率（下図イメージ参照）、地区別の被害予測・集計等）</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>図 2-1 各道路区間における道路閉塞率の分析・可視化イメージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 被災後の仮設住宅関連検討 ➤ 耐震補強に関する取組の効果検証 ➤ 耐震化促進のための普及啓発活動・プロモーション <p>② 業務の効率化・コスト縮減</p> <p>③ ダッシュボードの可視化内容・視認性等</p> <p>④ ダウンロードデータ等シミュレーション結果の有用性（業務活用可能性）</p>
可用性	4	<p>【シミュレーションの安定動作時間】</p> <p>① シミュレーションを実施するため安定的に12時間稼働すること</p>

		<p>(シミュレーションの実行に時間がかかるため、12 時間の連続稼働時間を確保。12 時間のシステム連続稼働を 2 回行い、システムダウンが発生しないことを確認する)</p> <p>※実証では時間制約があるため、本項目は事前に検証予定</p>
--	--	--

2-3. 実証フロー

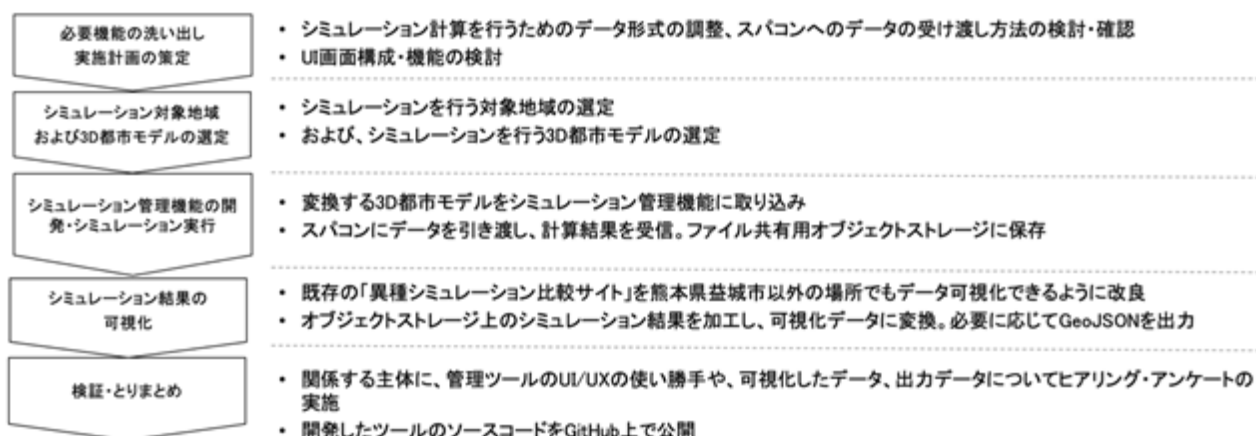


図 2-2 実証フロー

2-4. 実施体制

表 2-2 実施体制

役割	主体	詳細
全体管理	国交省 都市局	● プロジェクト全体ディレクション
	社会基盤情報流通推進協議会	● プロジェクト全体マネジメント
実施事業者	社会基盤情報流通推進協議会	● ユースケース実証における企画・開発・検証・運営
	MIERUNE 日建設計総合研究所	● システム設計・開発・実証支援
実施協力	国立研究開発法人海洋 研究開発機構	● 大規模シミュレーションシステム API 開発 (DIAS)

2-5. 実証エリア

表 2-3 実証エリア

項目	内容
実証地	静岡県静岡市
面積	1,412 km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	

図 2-3 実証エリア

表 2-4 実証エリア

項目	内容
実証地	埼玉県戸田市
面積	18.17 km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	<p data-bbox="810 972 1050 1012">図 2-4 実証エリア</p>

2-6. スケジュール

表 2-5 スケジュール

実施事項	2025 年										2026 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. 3D 都市モデルの活用方策・実証手法の検討		←→											
2. 要件定義		←→											
3. システム開発		←→											
4. プレ実証							←→						
5. 実証								←→					
6. 成果とりまとめ								←→					

3. 開発スコープ

3-1. 概要

本プロジェクトが目指す世界は、高度なシミュレーション技術を、全ての地方公共団体が自らの業務で機動的に活用できるようになることである。私たちは二つの主要な価値を実現したいと考えている。一つは、地方公共団体の業務効率化・高度化と内製化の実現である。従来の建物被害シミュレーションは専門知識や高負荷な環境が必要で、外部委託に頼らざるを得なかった。しかし、本システムでは、ウェブ上で簡易に地震動の設定と被害シミュレーションの実行、そして結果の面的な可視化やダウンロードを可能にする環境を提供する。これにより、これまで大規模地震の被害想定検討が困難だった職員でも手軽に解析が可能になり、外部依存からの脱却を実現する。解析から施策検討への活用までをワンストップで支援することで、地方公共団体の業務の効率化と高度化を劇的に推進する。もう一つは、都市スケールでの効果的な事前防災・事前復興対策の確立である。本システムの利用を通じて、地方公共団体職員は都市スケールで俯瞰的な視点を持ち、大きな被害が予測されるエリアを即座に特定できるようになり、事前の防災検討や対策立案の精度が向上する。さらに、単一の地方公共団体界に留まらず、地方公共団体界を跨がる広域的な防災対策への活用も可能とする。将来的には、大規模地震後の復旧・復興フェーズを見据え、緊急輸送道路と建物倒壊の関係性（道路封鎖の可能性）、避難所配置のあり方、災害廃棄物処理計画等の検討へ活用・展開することで、安全でレジリエントな都市づくりに貢献する。

3-2. 開発内容

「地震動プリセット管理システム」は、地震動シミュレーションに必要な地域情報・地震動パラメータ・建物データ・解析モデルを統合管理し、DynamoDB 上のプリセットデータベースとして構造化・保存するツールである。一般的に地震動シミュレーションでは、地域特性、地震波形、建物構造、解析条件等多様なパラメータを組み合わせる必要があり、これらの管理は専門知識を持つ担当者に依存しがちである。本システムはプリセットベースの管理により、検証済みのパラメータセットを再利用可能にし、AWS Cognito による認証とロールベースのアクセス制御 (admin/operator/viewer) により安全な運用を実現している。技術スタックとして SvelteKit、TypeScript、MapLibre GL、Deck.gl を採用し、広域・狭域の両シミュレーションに対応したメッシュ選択機能を提供する。プリセットは DynamoDB に保存され、関連ファイルは S3 に格納されることで、シミュレーション実行システムへのシームレスなデータ受け渡しを可能にしている。

「地震動シミュレーション実行システム」は、プリセット化された地震動パラメータを受け取り、AWS Batch による大規模並列計算を実行して、地震動の時刻歴データと建物応答解析結果を S3 に保存するツールである。大規模な地震動シミュレーションでは、メッシュ数や建物数に応じた動的なリソース確保と、数時間から数日かかる計算の安定実行が課題となる。本システムは AWS Batch のジョブキュー管理により計算リソースを動的にスケールし、Lambda 関数によるオーケストレーションで実行状態を監視、S3 の階層化ストレージで結果データを最適化している。広域シミュレーションではメッシュ単位で、狭域シミュレーションでは建物単位で並列化を行い、数千並列ジョブの同時実行に対応。計算結果は時刻歴データを Parquet 形式で圧縮保存し、ビューワー向けのサマリデータを自動生成することで、後続の可視化処理を効率化している。AWS CDK による Infrastructure as Code により、再現可能なインフラ管理を実現し、Spot Instances の活用により最大 90% のコスト削減を達成している。

「地震動可視化ビューワー」は、S3 に保存された地震動シミュレーション結果 (時刻歴データ・建物応答データ) を読み込み、3D 地図上に Deck.gl レイヤーとして描画し、インタラクティブなタイムラインとチャートで可視化する Web アプリケーションである。本アプリの開発環境としては SvelteKit + TypeScript を基盤とし、3D 地図レンダリングに MapLibre GL JS と Deck.gl、データ処理に DuckDB-WASM、グラフ表示に Chart.js を採用している。数万メッシュ×数千時間ステップという膨大なデータを扱うため、DuckDB-WASM によるブラウザ内 SQL 処理で大容量 Parquet ファイルを高速にフィルタリングし、Deck.gl の GPU アクセラレーションで数万ポリゴンをリアルタイム描画 (60fps) している。ユーザーは時刻スライダーで地震動の時間変化をアニメーション再生でき、メッシュや建物をクリックすることで詳細な時刻歴グラフや被害判定結果を確認できる。本アプリを用いることで、シミュレーションの実行に耐えうる高スペックな PC のみならず、一般的な PC やスマートフォン等の環境においてもシミュレーション結果の共有・閲覧が可能となる。

4. 実証システム

4-1. アーキテクチャ

4-1-1. システムアーキテクチャ

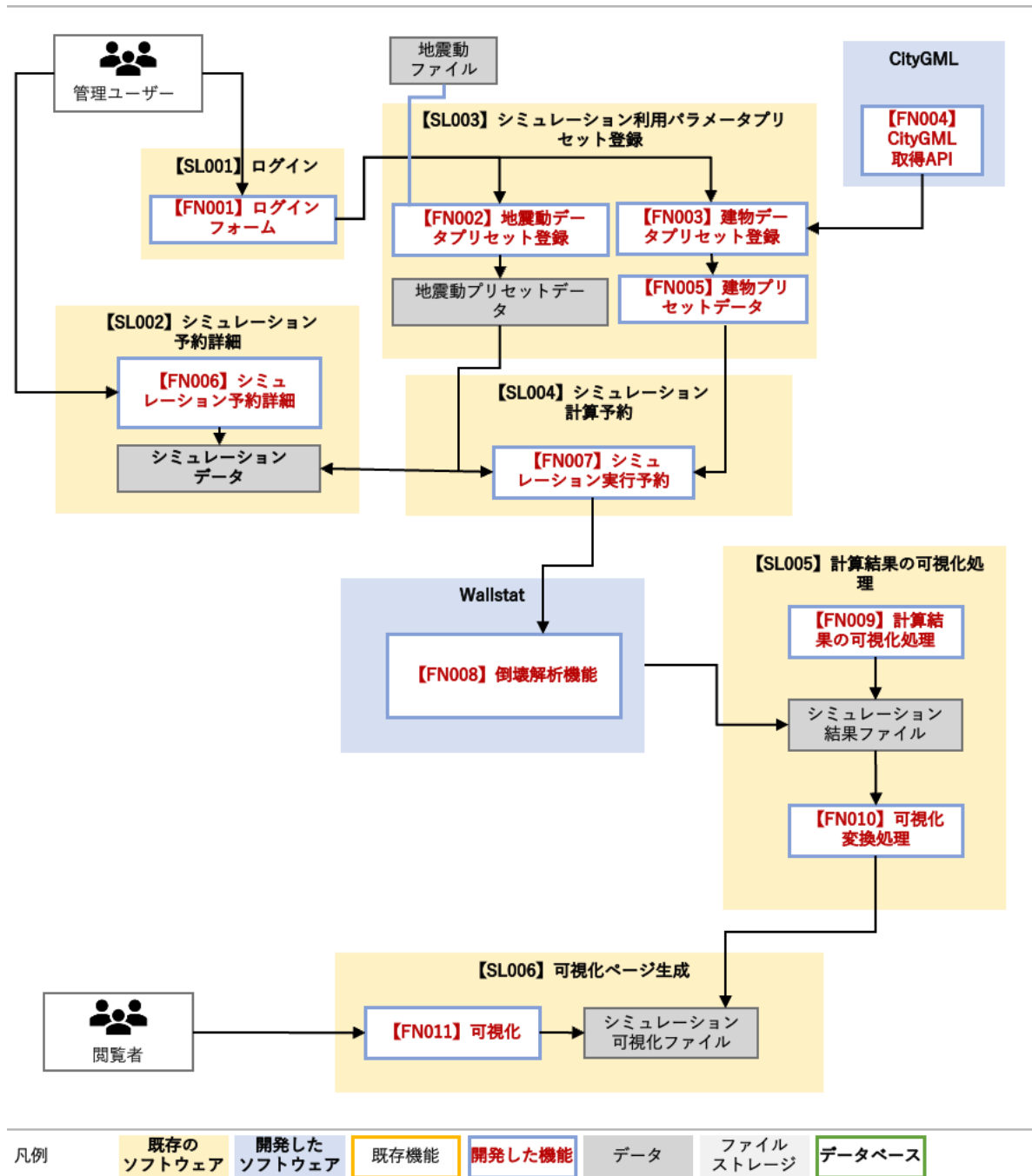
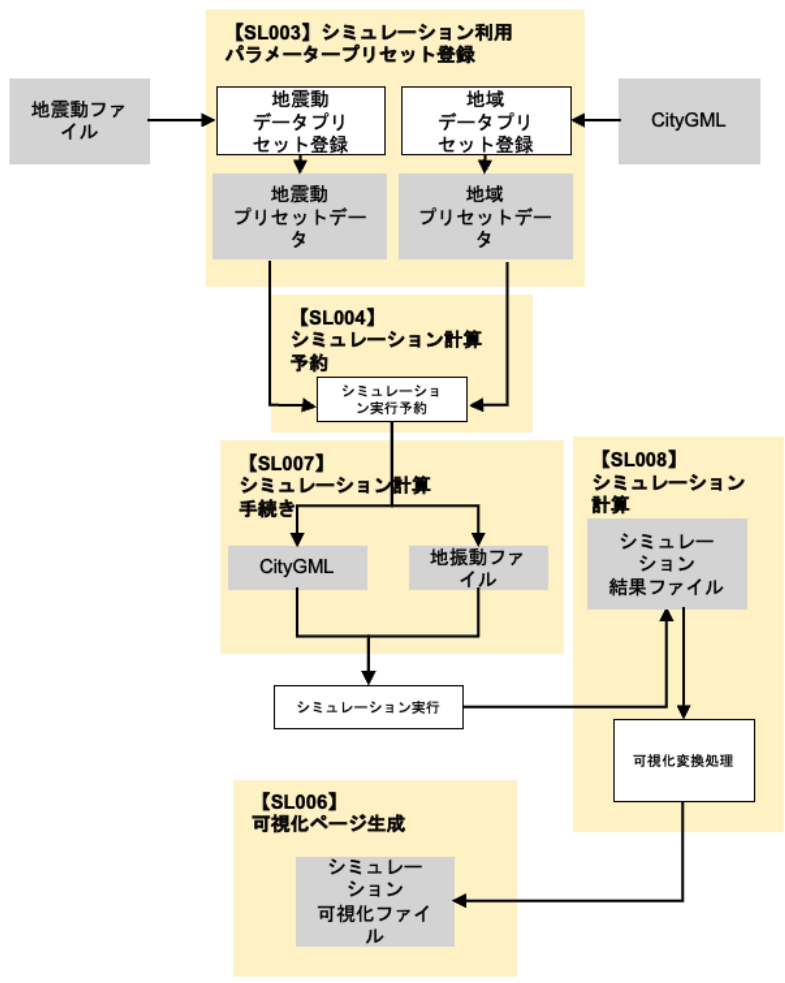


図 4-1 ステムアーキテクチャ (狭域)

4-1-2. データアーキテクチャ



凡例	UI入力	データ	データベース	ファイルストレージ	ソフトウェア	データ処理
----	------	-----	--------	-----------	--------	-------

図 4-2 データアーキテクチャ

4-1-3. ハードウェアアーキテクチャ

4-1-3-1. 利用するハードウェア一覧

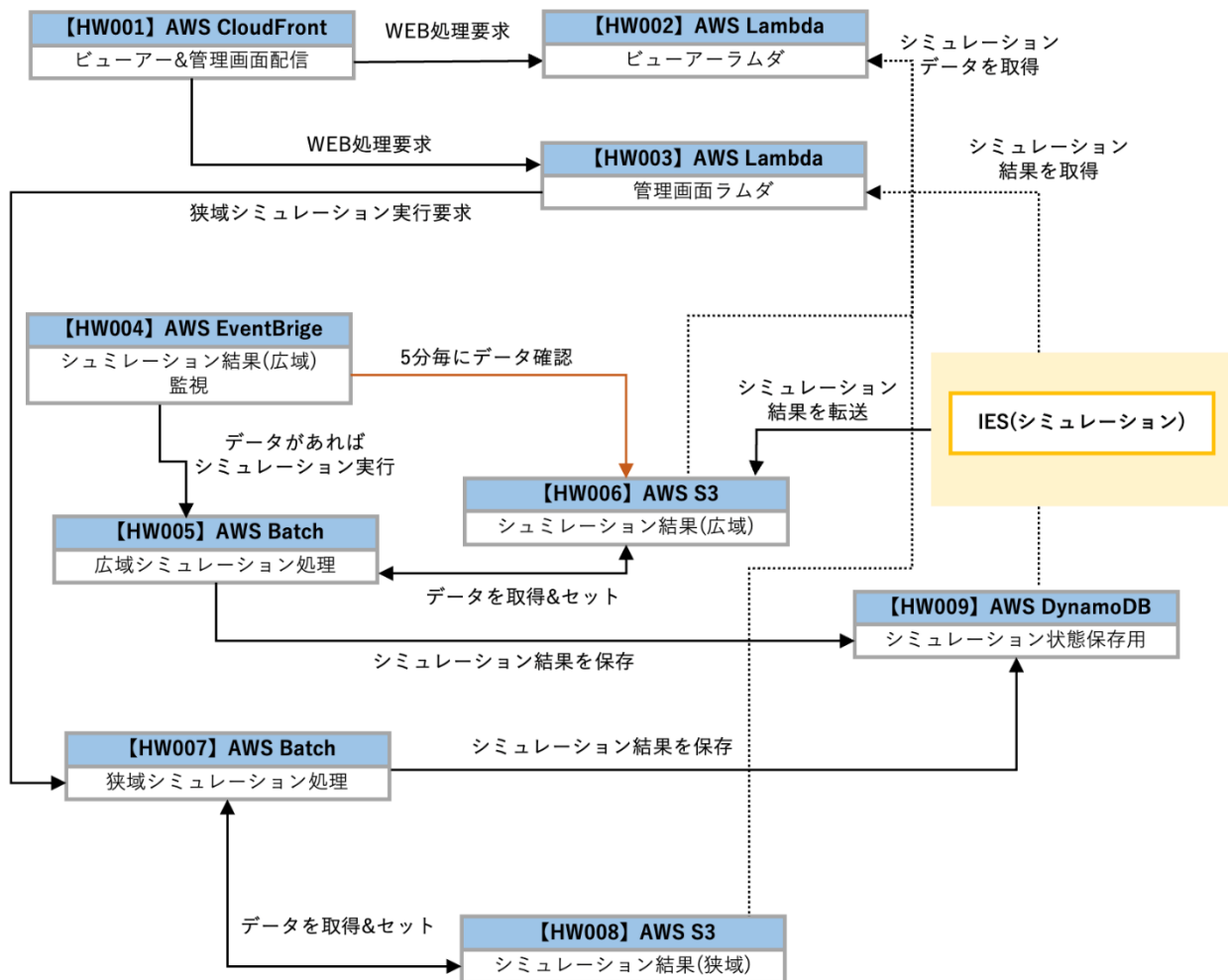


図 4-3 ハードウェアアーキテクチャ

表 4-1 利用するハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	AWS	CloudFront	● HW002(ビューア)および HW003(管理画面)をビヘイビアとして WEB サイトを配信する
HW002	AWS	Lambda	● ビューアの WEB サイトを作成する
HW003	AWS	Lambda	● 管理画面の WEB サイトを作成する
HW004	AWS	EventBrige	● HW006 の S3 内部を 5 分毎に監視し、シミュレーションデータが格納されたら HW005(広域シミュレーション)を呼び出す。
HW005	AWS	Batch	● 広域シミュレーションの実行
HW006	AWS	S3	● 広域シミュレーションデータの転送を受ける ● 広域シミュレーションの結果を保存する
HW007	AWS	Batch	● 狭域シミュレーションの実行
HW008	AWS	S3	● 狭域シミュレーション結果を保存する。
HW009	AWS	DynamoDB	● シミュレーションの状態を保存する (予約、実行中、終了等)

4-1-3-2. 利用するハードウェア詳細

1) 【HW001】 PC : HP EliteBook 830 G11 Notebook PC

- 選定理由
 - 地方公共団体も利用しているようなオーソドックスな PC
- 仕様・スペック
 - メモリ : 16G
 - CPU : インテル® Core™ Ultra 5 プロセッサー
 - ストレージ : 256G SSD
- イメージ



図 4-1 HP EliteBook 830 G11 Notebook PC ¹

¹ 公式 HP より抜粋 : https://jp.ext.hp.com/prod/notebooks/business/elitebook_830_g11/

4-2. システム機能

4-2-1. システム機能一覧

表 4-2 【HW001】 PC 用機能一覧

※朱文字：2025 年度新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW001】 広域 シミュレーショ ン	FN001	認証	● ログイン画面から ID/パスワードを入力することでユーザーごとに各権限に応じた機能を利用可能
	FN002	エリアプリセッ ト一覧	● 登録されているシミュレーション実行対象エリアのプリセットを一覧表示
	FN003	エリアプリセッ ト登録・更新	● シミュレーション実行対象エリアのプリセットの登録・更新
	FN004	エリアプリセッ ト CityGML 設定	● シミュレーション実行対象エリアの CityGML の登録・更新
	FN005	地域プリセット 付帯情報登録	● 登録した地域プリセットデータに付帯情報を追加する機能
	FN006	地震動プリセッ ト一覧表示	● シミュレーション実行に必要な地震動データの情報を登録した地震動プリセットデータを一覧表示する機能
	FN007	地震動プリセッ ト登録・更新	● シミュレーションの実行に必要な地震動ファイルの情報を登録する機能
	FN008	地震動プリセッ ト付帯情報登録	● 登録した地震動プリセットデータに付帯情報を追加する機能
	FN009	シミュレーショ ン実行登録機能	● 地震動シミュレーションの実行を予約する機能
	FN010	シミュレーショ ン実行一覧機能	● 予約・実行された地震動シミュレーションの一覧を表示する ● 実行結果のシミュレーションの公開設定を行う
	FN011	シミュレーショ ン計算手続き	● シミュレーションの実行を行う
	FN012	計算結果の可視 化加工処理	● シミュレーション結果を Web 上で可視化する形式に変換を行う

表 4-3 【HW002】 PC 用機能一覧

※朱文字：2025 年度新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW002】狭域シミュレーション	FN101	認証	● ログイン画面から ID/パスワードを入力することでユーザーごとに各権限に応じた機能を利用可能
	FN102	建物プリセット一覧	● 登録されているシミュレーション実行対象建物のプリセットを一覧表示
	FN103	建物プリセット登録・更新	● シミュレーション実行対象建物のプリセットの登録・更新
	FN104	建物プリセット位置情報設定	● シミュレーション実行対象建物の位置情報の登録・更新
	FN105	パラメータ建物プリセット付帯情報登録	● 登録した建物プリセットデータに付帯情報を追加する機能
	FN106	解析モデルパラメータプリセット一覧	● 登録されている解析モデルパラメータのプリセットを一覧表示
	FN107	地震動プリセット登録	● シミュレーションの実行に必要な解析モデルファイルの情報を登録する機能
	FN108	解析モデルプリセット付帯情報登録	● 登録した解析モデルプリセットデータに付帯情報を追加する機能
	FN109	シミュレーション実行登録機能	● 境域振動シミュレーションの実行を予約する機能
	FN110	シミュレーション実行一覧機能	● 予約・実行された地震動シミュレーションの一覧を表示する ● 実行結果のシミュレーションの公開設定を行う
	FN111	シミュレーション計算手続き	● 予約された地震動シミュレーションを実行する
	FN112	計算結果の可視化加工処理	● シミュレーション結果を Web 上で可視化する形式に変換を行う

表 4-4 【HW003】 PC 用機能一覧

※朱文字：2025 年度新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW003】シミュレーションビューワー	FN201	広域データ表示機能	● ログイン画面から ID/パスワードを入力することでユーザーごとに各権限に応じた機能を利用可能
	FN202	狭域データ表示機能	● 登録されているシミュレーション実行対象建物のプリセットを一覧表示
	FN203	データレイヤー切り替え機能	● シミュレーション実行対象建物のプリセットの登録・更新
	FN204	範囲選択機能	● シミュレーション実行対象建物の位置情報の登録・更新
	FN205	ダッシュボード表示機能	● 登録されている解析モデルパラメーターのプリセットを一覧表示
	FN206	道路閉塞率表示設定機能	● 解析モデルパラメーターのプリセットの登録・更新
	FN207	エクスポート機能	● 実行予約されているシミュレーションの予約一覧表示
	FN208	エリア比較分析機能	● 複数エリアの被害状況比較
	FN209	地区別集計テーブル機能	● 地区単位での被害集計と一覧表示
	FN210	仮設住宅算定機能	● 必要仮設住宅戸数の自動算出

表 4-5 【HW004】 PC 用機能一覧

※朱文字：2025 年度新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW004】ランディングページ	FN301	お知らせ表示機能	● お知らせを表示
	FN302	市区町村選択機能	● シミュレーション対象の市区町村を選択する機能
	FN303	各種リンク	● リンクを表示する機能

4-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ

表 4-6 利用するソフトウェア一覧

※朱文字：2025 年度新規開発・既存改修

ID	項目	バージョン	内容
SW001	広域シミュレーション	—	● 広域の地震動シミュレーションを行う
SW002	狭域シミュレーション	—	● 個別の建物の地震動シミュレーションを行う
SW003	シミュレーションビューワー	—	● シミュレーションの結果の可視化を行う
SW004	AWS Lambda	—	● アプリケーションのリクエストを受け付ける Web アプリケーションサーバーとして利用
SW005	AWS Step Functions	—	● シミュレーション計算手続きで利用
SW006	AWS EventBridge	—	● シミュレーション計算手続きで利用
SW007	AWS S3	—	● シミュレーション結果の格納・受渡で利用
SW008	AWS Cognito	—	● ユーザー認証に利用
SW009	AWS ECR	—	● コンテナ管理用
SW010	AWS ECS	—	● コンテナ管理用
SW011	GDAL	—	● 計算結果の可視化加工処理のデータコンバータープログラムで利用
SW012	GeoPandas	—	● 計算結果の可視化加工処理のデータコンバータープログラムで利用

表 4-7 利用するライブラリ一覧

※朱文字：2025 年度新規開発・既存改修

ID	項目	バージョン	内容
LB001	SvelteKit	2 以上	● JavaScript のフレームワーク内で機能する UI を構築するためのライブラリ
LB002	Deck.GL	9 以上	● Web でデータの可視化を行う JavaScript ライブラリ
LB003	Chart.js	1.1.2	● JavaScript でグラフ・チャートを描画するライブラリ

4-2-3. 開発機能の詳細要件

1) 広域シミュレーション実行機能一覧

1. 【FN001】ログイン：ユーザーの認証・認可

- 機能概要
 - ユーザーを認証し、管理機能へのアクセス・操作の認可を行う
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力のユーザーID
 - ユーザー入力パスワード
- 出力データ仕様
 - 認可のためのトークン
- 利用するライブラリ
 - 【SL009】AWS Cognito
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

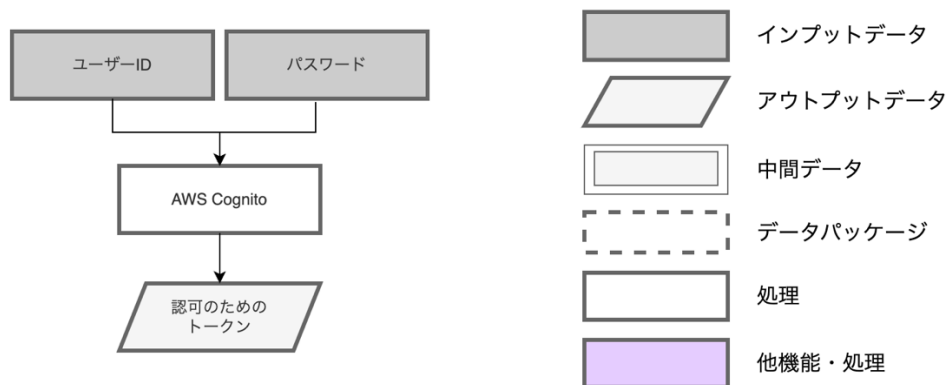


図 4-7 【FN001】ログイン：ユーザーの認証・認可の図

2. 【FN002】シミュレーション利用パラメータプリセット登録:シミュレーション利用パラメータ地域プリセット一覧表示

- 機能概要
 - シミュレーション実行に必要な CityGML の情報を登録した地域プリセットデータを一覧表示する機能
- 入力データ仕様
 - 地域プリセットデータ取得リクエスト
- 出力データ仕様
 - 地域プリセットデータ一覧
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

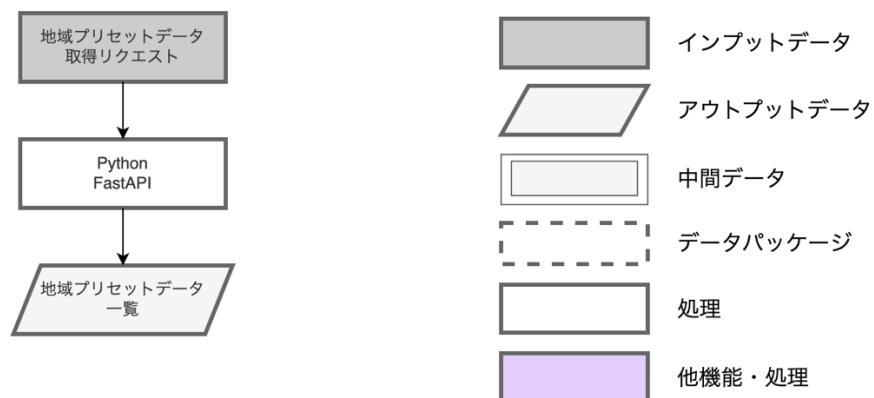


図 4-8 【FN002】シミュレーション利用パラメータプリセット登録の図

3. 【FN003】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ地域プリセット登録

- 機能概要
 - シミュレーション実行に必要な CityGML の情報を登録する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力のプリセット名
 - CityGML のメッシュ番号
- 出力データ仕様
 - 地域プリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

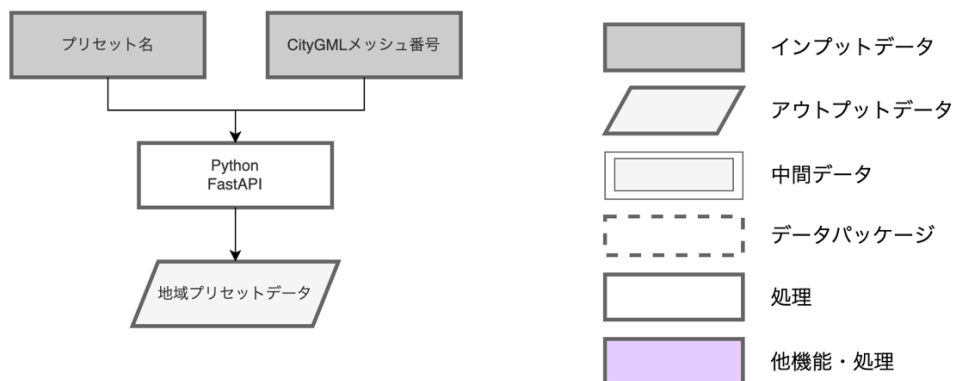


図 4-9 【FN003】シミュレーション利用パラメータプリセット登録の図

4. 【FN004】シミュレーション利用パラメータプリセット登録:シミュレーション利用パラメータ地域プリセット用 CityGML 選択

- 機能概要
 - 地域プリセットに選択するための CityGML を選択する機能
 - CityGML は API より取得する
- 入力データ仕様
 - CityGML の場所データ (GeoJSON)
- 出力データ仕様
 - 選択した箇所のメッシュ番号
- 利用するライブラリ
 - 【SL023】 Maplibre GL JS
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

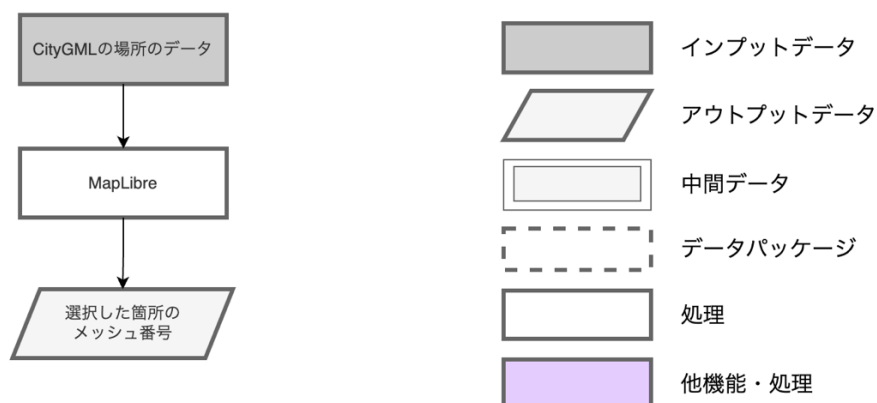


図 4-10 【FN004】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

5. 【FN005】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ地域プリセット付帯情報登録

- 機能概要
 - 登録した地域プリセットデータに付帯情報を追加する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力の付帯情報
- 出力データ仕様
 - 地域プリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

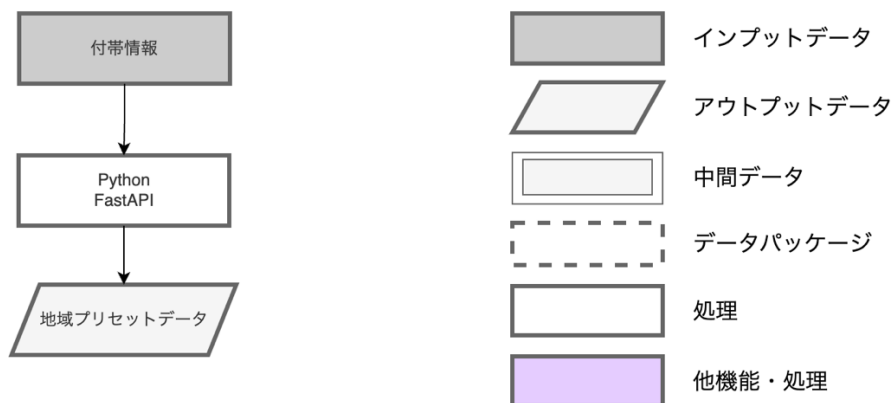


図 4-11 【FN005】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

6. 【FN006】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ地震動プリセット一覧表示

- 機能概要
 - シミュレーション実行に必要な地震動データの情報を登録した地震動プリセットデータを一覧表示する機能
- 入力データ仕様
 - 地震動プリセットデータ取得リクエスト
- 出力データ仕様
 - 地震動プリセットデータ一覧
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

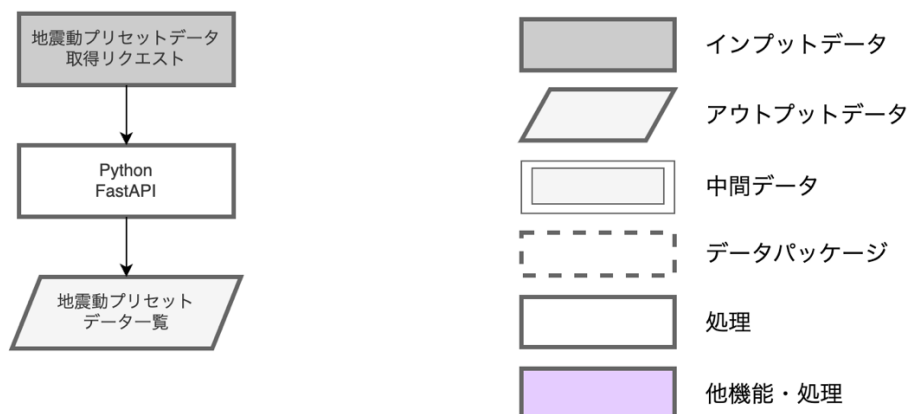


図 4-12 【FN006】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

7. 【FN007】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ地震動プリセット登録・更新

- 機能概要
 - シミュレーションの実行に必要な地震動ファイルの情報を登録する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力のプリセット名
 - シミュレーション実行に必要な地震動データファイル 3 種（CSV 形式）
 1. 長周期特性パターン
 2. 標準的パターン
 3. 直下地震パターン
- 出力データ仕様
 - 地震動プリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

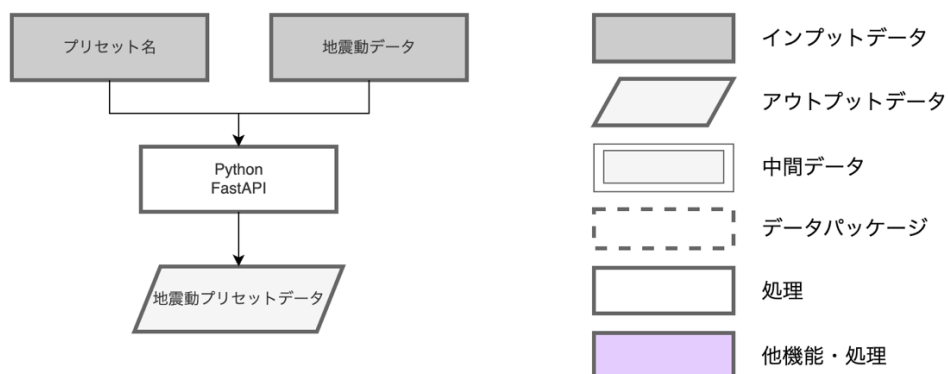


図 4-13 【FN007】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

8. 【FN008】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ地震動プリセット付帯情報登録

- 機能概要
 - 登録した地震動プリセットデータに付帯情報を追加する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力の付帯情報
- 出力データ仕様
 - 地震動プリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

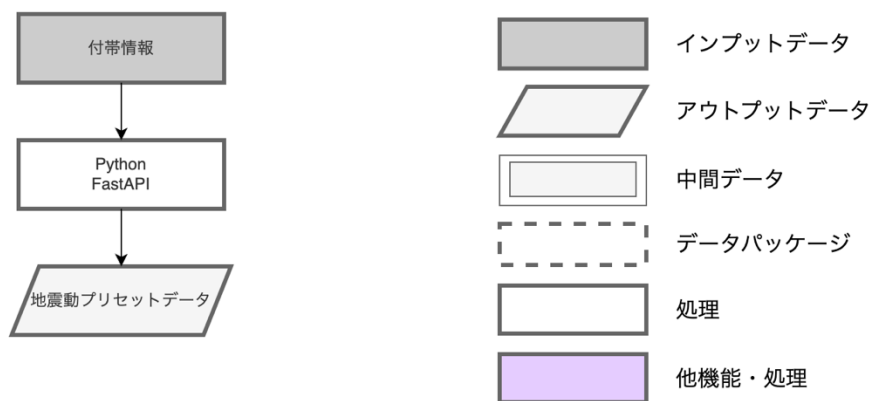


図 4-14 【FN008】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

9. 【FN009】シミュレーション計算予約登録フォーム：シミュレーション実行登録機能

- 機能概要
 - 地震動シミュレーションの実行を予約する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー選択の地域プリセットデータ
 - ユーザー選択の地震動プリセットデータ
- 出力データ仕様
 - シミュレーション実行データ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

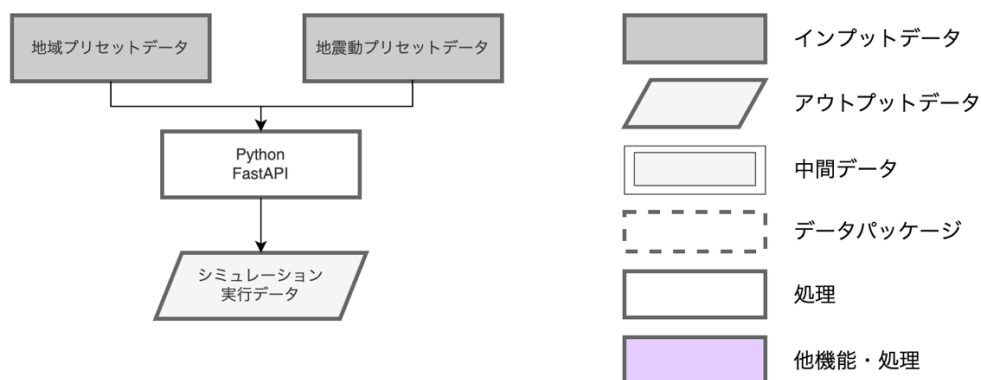


図 4-15 【FN009】シミュレーション計算予約登録フォーム

10. 【FN010】シミュレーション予約詳細画面：シミュレーション実行一覧機能

- 機能概要
 - 予約・実行された地震動シミュレーションの一覧を表示する
 - 実行結果のシミュレーションの公開設定を行う
- 入力データ仕様
 - シミュレーション実行データリクエスト
- 出力データ仕様
 - シミュレーション実行データ一覧
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】Axios
 - 【SL002】FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

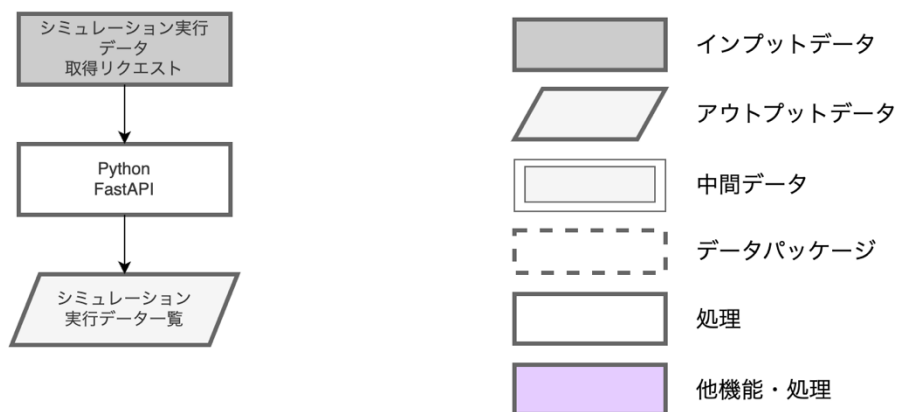


図 4-16 【FN0010】シミュレーション予約詳細画面

11. 【FN011】シミュレーション計算手続き

- 機能概要
 - 予約された地震動シミュレーションを実行する
- 入力データ仕様
 - 建物のデータ (CityGML 形式)
 - 地震動データファイル (CSV 形式)
- 出力データ仕様
 - シミュレーション結果ファイル (Shp 形式)
- 利用するライブラリ
- 利用するアルゴリズム
 - 解析シミュレータ
- フローチャート

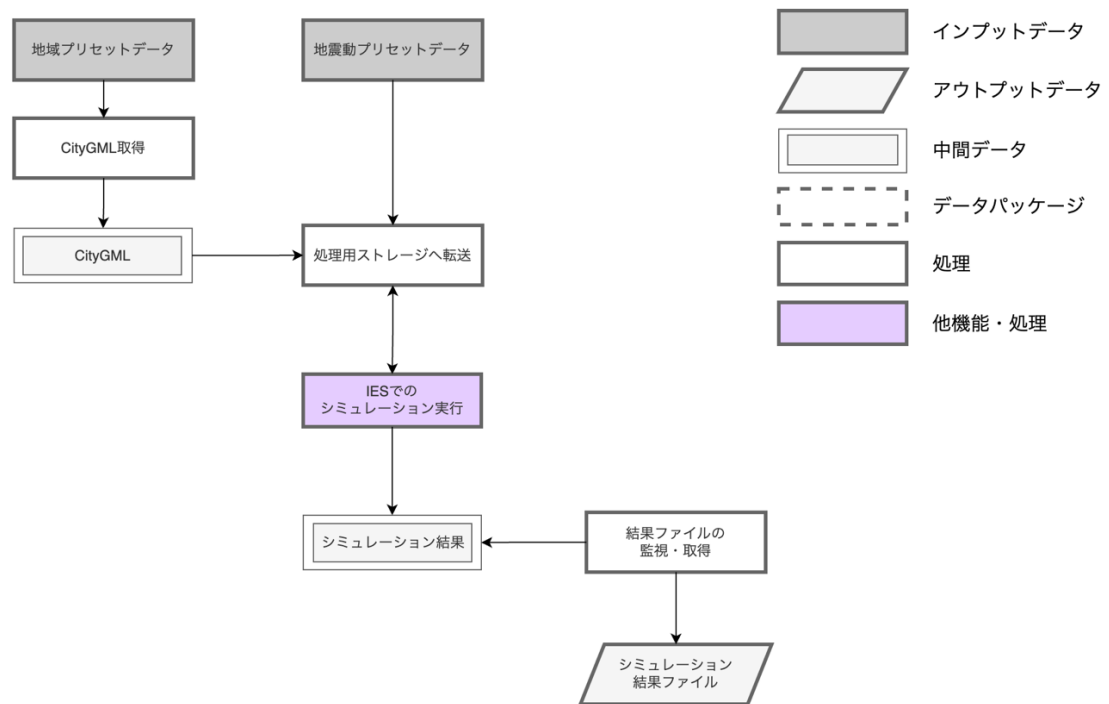


図 4-17 【FN011】シミュレーション計算手続き

12. 【FN012】 計算結果の可視化加工処理

- 機能概要
 - シミュレーション結果を Web 上で可視化する形式に変換を行う
- 入力データ仕様
 - シミュレーション結果ファイル (Shp 形式)
- 出力データ仕様
 - シミュレーション可視化ファイル (MVT 形式)
- 利用するライブラリ
 - 【SL003】 GDAL
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

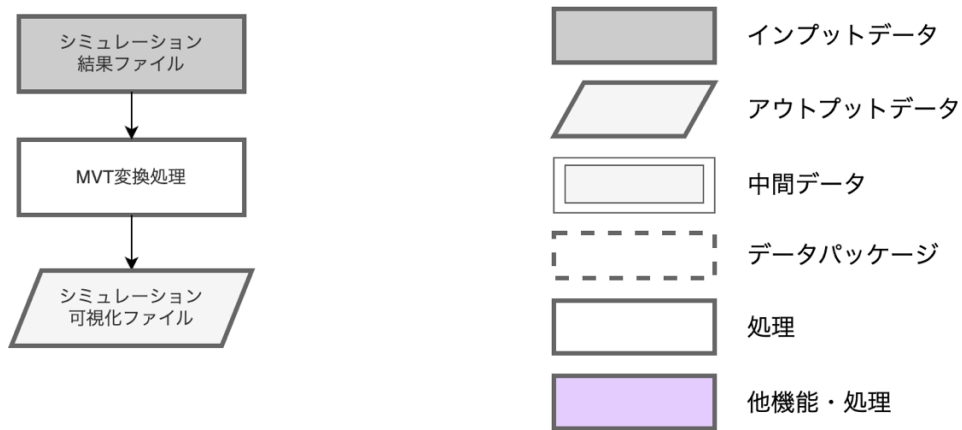


図 4-18 【FN012】 計算結果の可視化加工処理

2) 狭域シミュレーション実行機能一覧

1. 【FN101】 ログイン：ユーザーの認証・認可

- 機能概要
 - ユーザーを認証し、管理機能へのアクセス・操作の認可を行う
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力のユーザーID
 - ユーザー入力パスワード
- 出力データ仕様
 - 認可のためのトークン
- 利用するライブラリ
 - 【SL009】 AWS Cognito
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

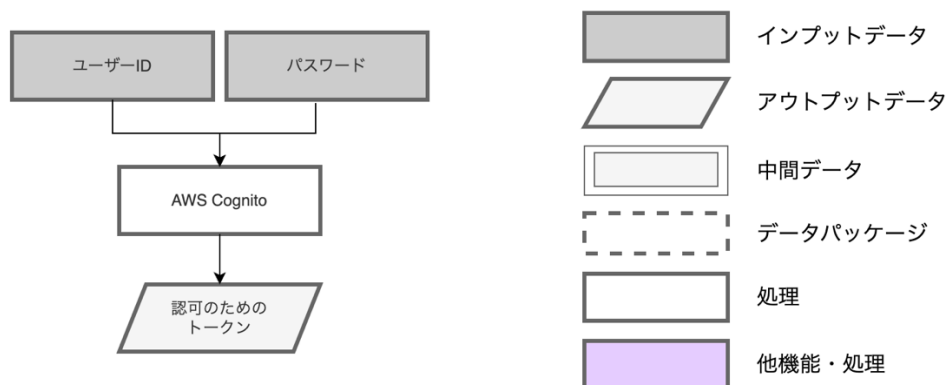


図 4-19 【FN101】 ログイン：ユーザーの認証・認可

2. 【FN102】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ建物プリセット一覧表示

- 機能概要
 - シミュレーション実行に必要な CityGML の情報を登録した建物プリセットデータを一覧表示する機能
- 入力データ仕様
 - 建物プリセットデータ取得リクエスト
- 出力データ仕様
 - 建物プリセットデータ一覧
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

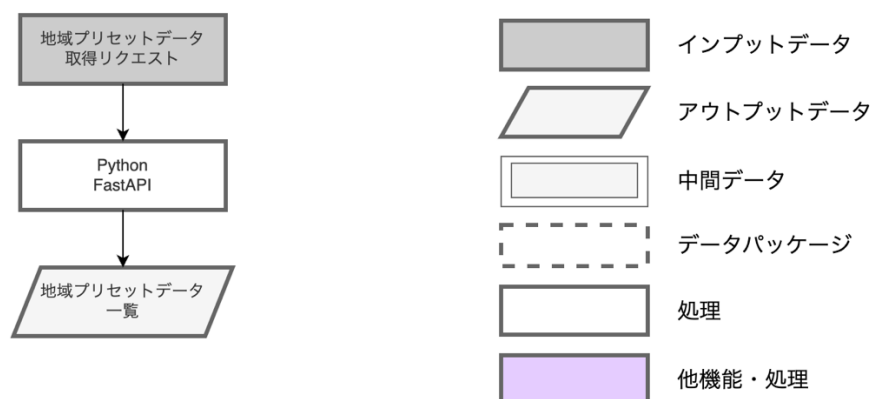


図 4-20 【FN102】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

3. 【FN103】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ建物プリセット登録

- 機能概要
 - シミュレーション実行に必要な CityGML の情報を登録する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力のプリセット名
 - CityGML のメッシュ番号
- 出力データ仕様
 - 建物プリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

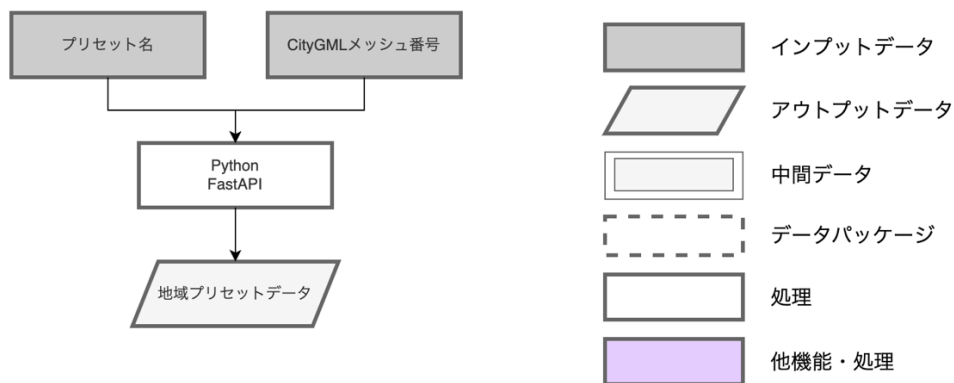


図 4-21 【FN103】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

4. 【FN104】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ建物プリセット用位置情報登録

- 機能概要
 - 建物プリセットに位置情報を付与する機能
- 入力データ仕様
 - 場所データ
- 出力データ仕様
 - 選択した箇所の緯度経度
- 利用するライブラリ
 - 【SL023】 Maplibre GL JS
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

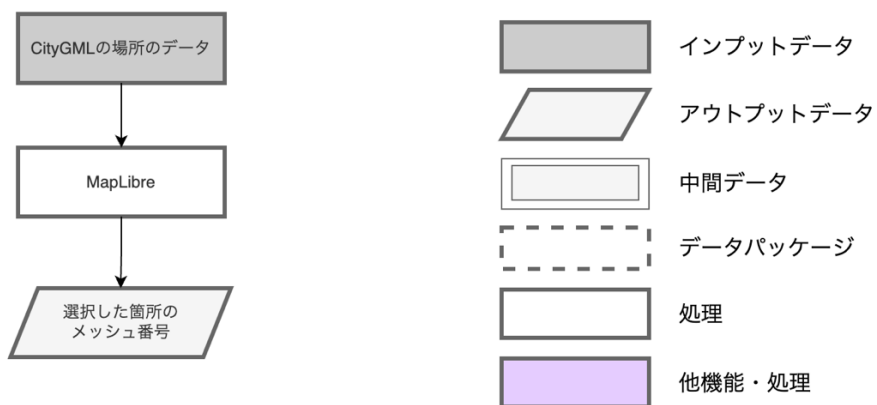


図 4-22 【FN104】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

5. 【FN105】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ建物プリセット付帯情報登録

- 機能概要
 - 登録した建物プリセットデータに付帯情報を追加する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力の付帯情報
- 出力データ仕様
 - 建物プリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

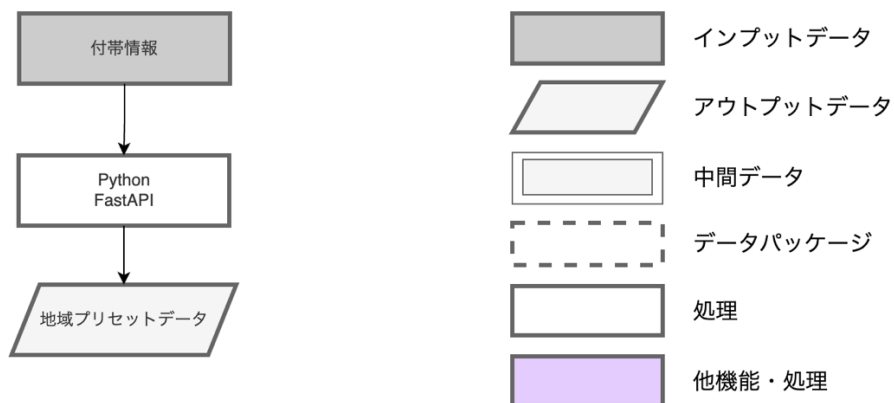


図 4-23 【FN103】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

6. 【FN106】シミュレーション利用パラメータプリセット登録:シミュレーション利用パラメータ解析モデルプリセット一覧表示

- 機能概要
 - シミュレーション実行に必要な地震動データの情報を登録した解析モデルプリセットデータを一覧表示する機能
- 入力データ仕様
 - 解析モデルプリセットデータ取得リクエスト
- 出力データ仕様
 - 解析モデルプリセットデータ一覧
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

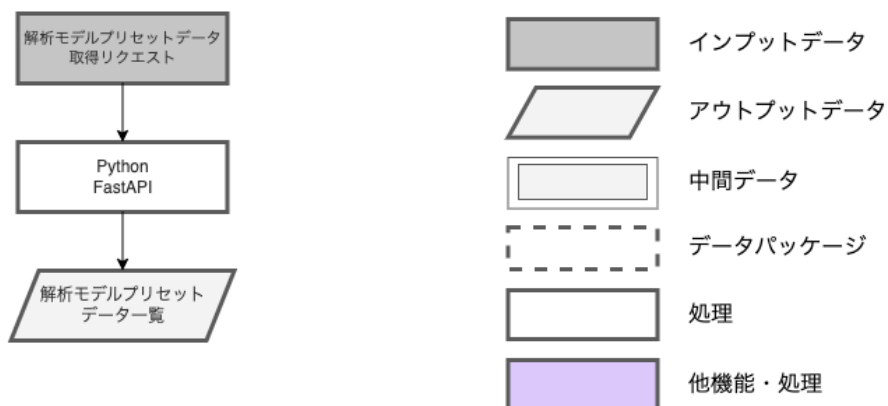


図 4-24 【FN105】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

7. 【FN107】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ地震動プリセット登録

- 機能概要
 - シミュレーションの実行に必要な解析モデルファイルの情報を登録する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力のプリセット名
 - シミュレーション実行に必要な解析モデルデータファイル 4 種
 1. 解析モデルファイル (mod)
 2. パラメータファイル (csv)
 3. 外力条件ファイル (csv)
 4. 計算条件ファイル (csv)
- 出力データ仕様
 - 解析モデルプリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】Axios
 - 【SL002】FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

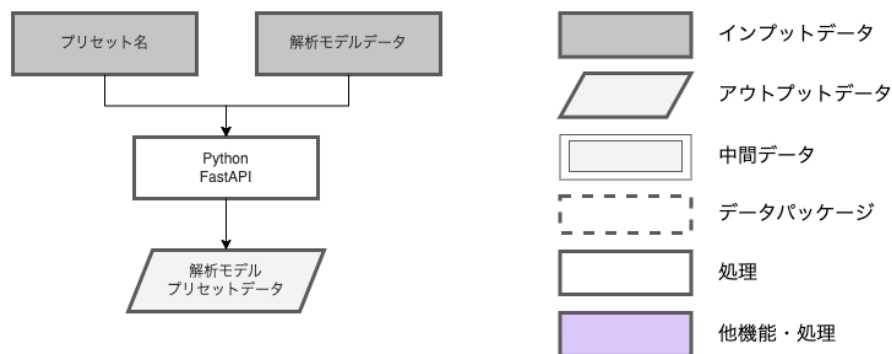


図 4-25 【FN106】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

8. 【FN108】シミュレーション利用パラメータプリセット登録：シミュレーション利用パラメータ解析モデルプリセット付帯情報登録

- 機能概要
 - 登録した解析モデルプリセットデータに付帯情報を追加する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー入力の付帯情報
- 出力データ仕様
 - 解析モデルプリセットデータ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】 Axios
 - 【SL002】 FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

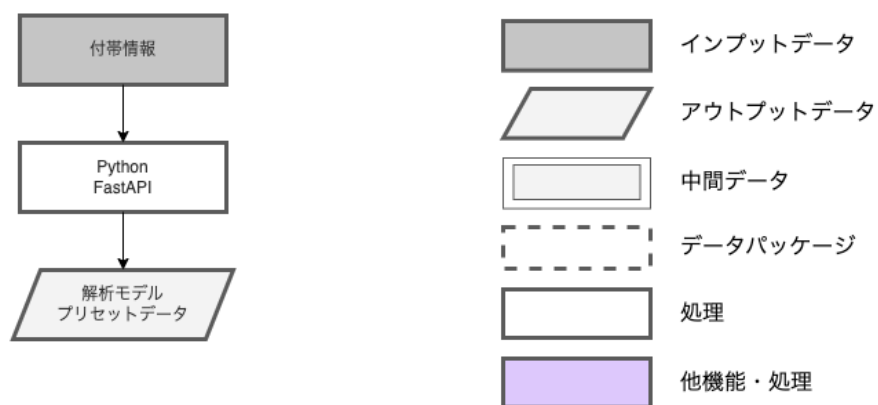


図 4-26 【FN105】シミュレーション利用パラメータプリセット登録

9. 【FN109】シミュレーション計算予約登録フォーム：シミュレーション実行登録機能

- 機能概要
 - 境域振動シミュレーションの実行を予約する機能
- 入力データ仕様
 - ユーザー選択の建物プリセットデータ
 - ユーザー選択の解析モデルプリセットデータ
- 出力データ仕様
 - シミュレーション実行データ
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】Axios
 - 【SL002】FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

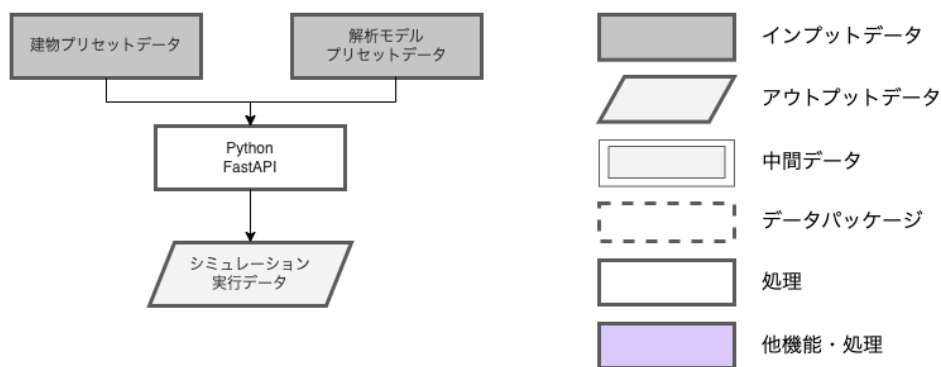


図 4-27 【FN108】シミュレーション計算予約登録フォーム

10. 【FN110】シミュレーション予約詳細画面：シミュレーション実行一覧機能

- 機能概要
 - 予約・実行された地震動シミュレーションの一覧を表示する
 - 実行結果のシミュレーションの公開設定を行う
- 入力データ仕様
 - シミュレーション実行データリクエスト
- 出力データ仕様
 - シミュレーション実行データ一覧
- 利用するライブラリ
 - 【SL020】Axios
 - 【SL002】FastAPI
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

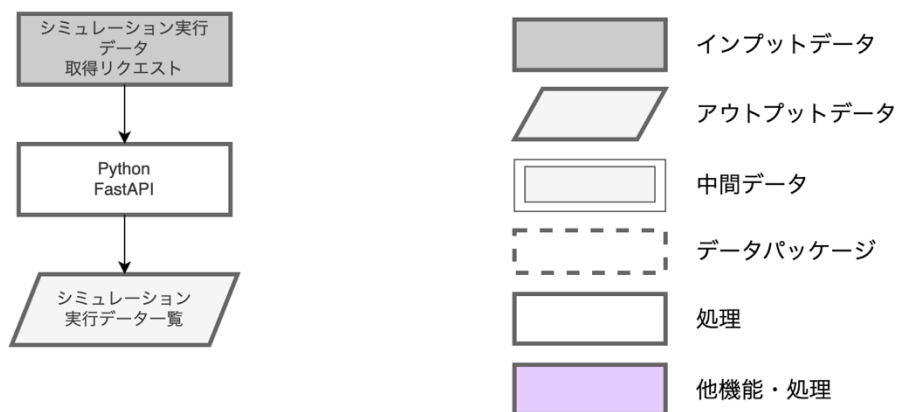


図 4-28 【FN107】シミュレーション予約詳細画面

11. 【FN111】シミュレーション計算手続き

- 機能概要
 - 予約された地震動シミュレーションを実行する
- 入力データ仕様
 - 建物のデータ (CityGML 形式)
 - 解析モデルデータファイル (MOD 形式、CSV 形式)
- 出力データ仕様
 - シミュレーション結果ファイル (Shp 形式)
- 利用するライブラリ
- 利用するアルゴリズム
 - 解析シミュレータ
- フローチャート

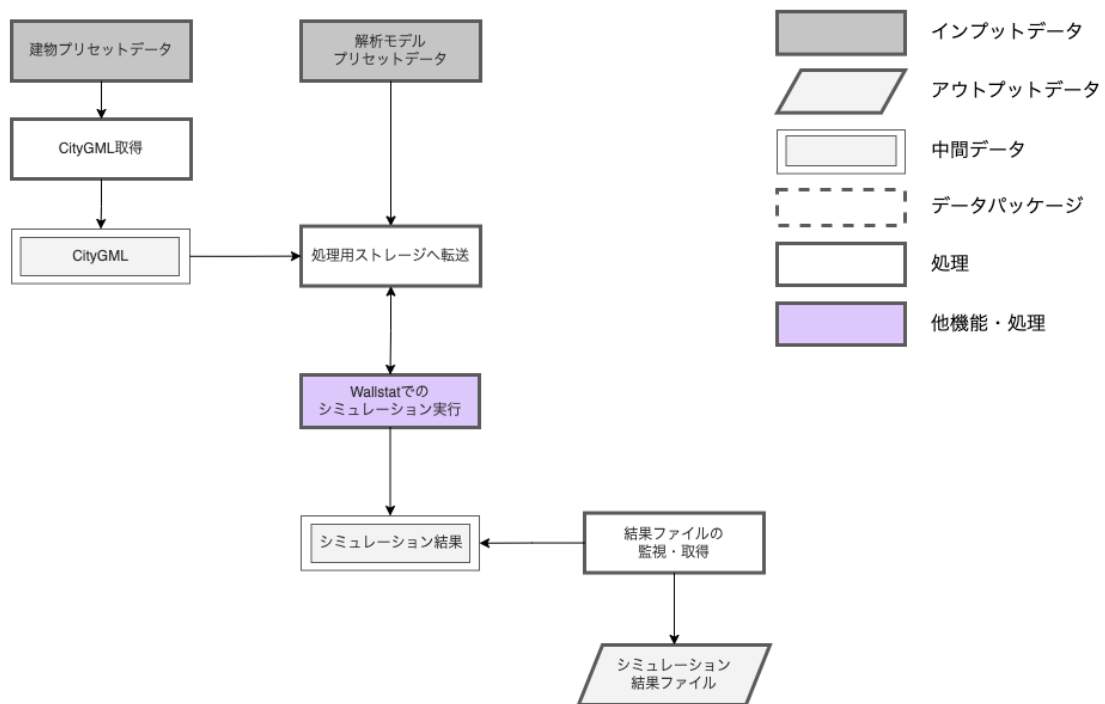


図 4-29 【FN109】シミュレーション計算手続き

12. 【FN112】 計算結果の可視化加工処理

- 機能概要
 - シミュレーション結果を Web 上で可視化する形式に変換を行う
- 入力データ仕様
 - シミュレーション結果ファイル (Shp 形式)
- 出力データ仕様
 - シミュレーション可視化ファイル (GLB 形式)
- 利用するライブラリ
 - 【SL003】 GDAL
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート



図 4-30 【FN109】 計算結果の可視化加工処理

3) シミュレーション結果表示機能一覧

1. 【FN201】【FN202】【FN207】可視化ページ生成：可視化地域選択機能

- 機能概要
 - 地震動シミュレーション結果が可視化された地域を選択する機能
- 入力データ仕様
 - 可視化地域データ (JSON 形式)
- 出力データ仕様
 - なし
- 利用するライブラリ
 - 【SL021】Vue.js
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

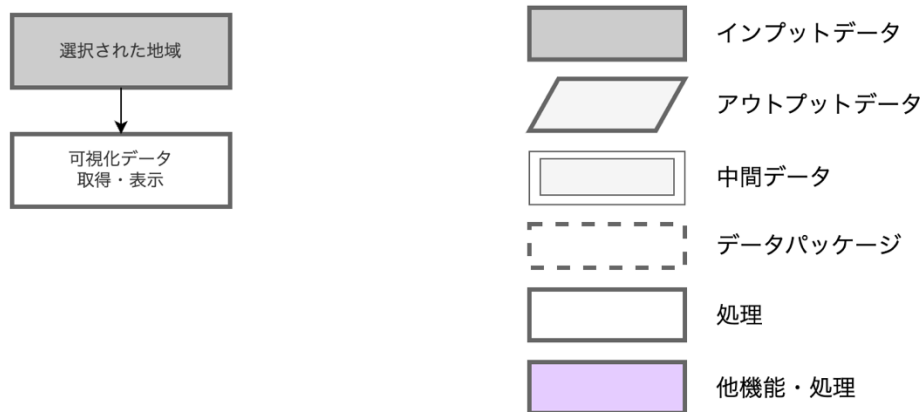


図 4-31 【FN201】【FN202】【FN207】可視化ページ生成

2. 【FN203】【FN204】【FN205】【FN206】【FN208】【FN209】【FN210】 可視化ページ生成：可視化機能

- 機能概要
 - 地震動シミュレーション結果を可視化する機能
 - ログイン機能で認可のためのトークンが取得されている場合、該当ユーザーに認可されているデータをすべて可視化する
- 入力データ仕様
 - シミュレーション可視化ファイル（MVT 形式）
 - 認可のためのトークン
- 出力データ仕様
 - なし
- 利用するライブラリ
 - 【SL021】 Vue.js
 - 【SL022】 Deck.GL
- 利用するアルゴリズム
 - なし
- フローチャート

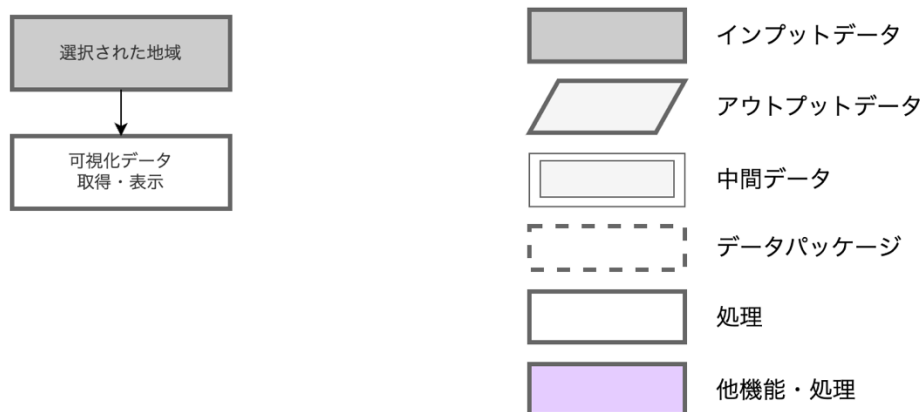


図 4-32 【FN203】【FN204】【FN205】【FN206】【FN208】【FN209】【FN210】 可視化ページ生成

4-3. アルゴリズム

4-3-1. 利用したアルゴリズム

表 4-8 利用するアルゴリズム一覧

ID	アルゴリズムを利用した機能	名称	説明	選定理由
AL001	FN009	地震応答アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none"> ● IES で用いられるアルゴリズム ● デジタル化された都市情報から数値計算に用いる地盤・構造物群を表す都市モデルを構築し、地震動と構造物群の地震応答のシミュレーションを行い、これに基づき都市の地震被害を予測する統合地震シミュレータ：IES が「東京大学地震研究所」によって開発されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 他の選択肢については今年度調査を行う。
AL002	FN109	木造住宅倒壊解析アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none"> ● Wallstat で用いられているアルゴリズム ● アプリケーションで利用する、狭域の計算解析で利用する、木造住宅倒壊解析ソフトウェア「WallStat」について、ソフトウェアで使われているアルゴリズム 	<ul style="list-style-type: none"> ● 狭域でのシミュレーションを行うため

1) 【AL001】 IES

IES は、1) GIS/3D データ等の都市デジタルデータから構築された仮想現実都市、 2) 断層から地表までの地震動の生成過程を解析する高分解能地震動シミュレータ、 3) 鋼構造・コンクリート構造・土構造・建築構造物等の構造物応答をシミュレーションする解析ツール、 4) 人の動き等を踏まえて震災を総合的に予測・想定するシミュレーションツール、を導入しており、わかりやすく高度な震災情報を提供するものである。本プロジェクトでは、上記のうち 1)~3)の機能やツールから得られる解析結果を活用する。

IES の全体構成として、デジタルデータ群を管理する基幹システムと各事象・構造物の数値解析ツールを結びつけている（下図参照）。このような数値シミュレーションに基づく被害推定においては、構造物の適切なモデル選択が推定結果の信頼性を担保するために必要であり、IES では対象や目的に応じて選択できるようないくつかのモデルが実装されている。モデル化の考え方は土木構造物と建築構造物とで異なるが、特に建築構造物に限定すれば、その多くは層剛性をバネに置き換えた最もシンプルな MDOF モデルによっても一定以上の精度で地震応答を再現できると考えられている。本シミュレータでは、最もシンプルな MDOF モデル（次項参照）の他、OCM モデル、FIB モデルの 3 つのモデルが利用できる。

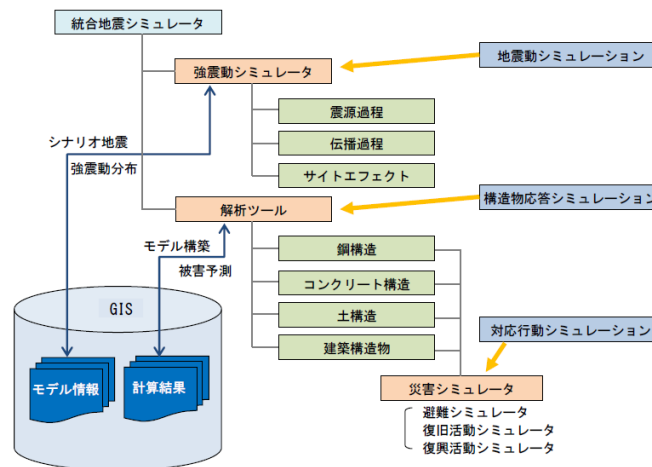


図 4-33:IES で用いられるモデル例：MDOF（Multi Degree of Freedom Model：多自由度）モデル

●各層を 1 つの質量とバネでモデル化した串団子モデル

●2 質点系振動モデルの運動方程式と自由振動・強制振動の例

・多質点系振動モデルも 2 質点系振動モデルの解法と全く同様に行われるため、ここでは 2 質点系振動モデルを解説する

・最も単純な 2 層建物の振動モデルは、各層を質量（質点： m ）とばね剛性（ k ）、減衰係数（ c ）でモデル化する 2 質点系振動モデルである。

・このように各層を集中質点系としてばね・減衰で連結する多質点系振動モデル（くし団子モデル）は、現在でも高層建築や免震建築の地震応答解析等に使用されている。

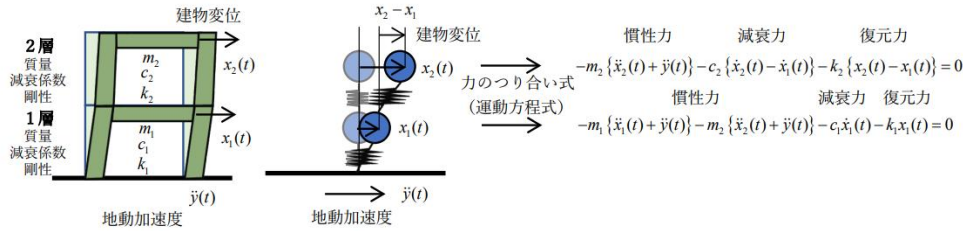


図 4-34:建物の2質点系振動モデルと地動加速度により各質点に作用する力（慣性力・減衰力・復元力）とつり合い式（運動方程式）

- つり合い式は1・2層で下記の式にまとめられ、最終的にはマトリックスで表せる。

【1層】 $m_1 \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2) \dot{x}_1 - c_2 \dot{x}_2 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2 x_2 = -m_1 \ddot{y}$

【2層】 $m_2 \ddot{x}_2 - c_1 \dot{x}_1 + c_2 \dot{x}_2 - k_2 x_1 + k_2 x_2 = -m_2 \ddot{y}$

【1・2層のマトリックス表現】

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{y} \\ \ddot{y} \end{Bmatrix}$$

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = -[M]\{1\}\ddot{y} \quad (1)$$

- 式の [M]、[C]、[K] はそれぞれ質量・減衰・剛性マトリックスと呼ばれる。
- 時々刻々と変化する地動加速度に対する時刻歴応答計算は数値解析手法を用いて計算される。
- 式のように外力が作用する場合を強制振動、外力が無い場合を自由振動という。建築物の減衰は一般に数%と小さいため、これを省略すると、(1)式は次式で表せる。

$$[M]\{\ddot{X}\} + [K]\{X\} = \{0\} \quad (2)$$

- 次に (2)式の自由振動解を求める。1層建物と同様に、2層建物が円振動数 ω で自由振動していると仮定する。また、この時の変位解は、次式に示すように振動数（時間）の項と振幅の項に分離できる。

$$\begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = e^{i\omega t} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \quad \text{すなわち} \quad \{X\} = e^{i\omega t} \{U\} \quad (3)$$

- ここで{U}は振幅ベクトルと呼ばれ、自由振動している各層の振幅を意味する。

$$\begin{bmatrix} k_{11} - \omega^2 m_1 & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} - \omega^2 m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (4)$$

- ここで、k11等は剛性マトリックスの成分である。線形代数では、(4)式における ω を固有値、振幅ベクトル{U}を固有ベクトルと呼ぶ。一方、振動論では ω は固有円振動数であり、固有ベクトルは固有モードと呼ばれている。
- (4)式より ω と{U}が求まる。すなわち、自由振動の式である(4)式において振幅ベクトルが常に0であることはありえないため、(4)式が成り立つためには係数マトリックスの行列式が0になる必要がある。すなわち、次式が成り立つ。

$$\begin{vmatrix} k_{11} - \omega^2 m_1 & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} - \omega^2 m_2 \end{vmatrix} = 0 \quad (5)$$

- 上式にたすき掛けを行うと、次の式（振動数方程式）を得る。

$$m_1 m_2 \omega^4 - (m_1 k_{22} + m_2 k_{11}) \omega^2 + k_{11} k_{22} - k_{12} k_{21} = 0 \quad (6)$$

- 上式は ω^2 に関する 2 次方程式である。従って根の公式より解が求まる。

$$\omega^2 = \frac{1}{2m_1 m_2} \{ (m_1 k_{22} + m_2 k_{11}) \mp \sqrt{(m_1 k_{22} + m_2 k_{11})^2 - 4m_1 m_2 (k_{11} k_{22} - k_{12} k_{21})} \} \quad (7)$$

- ω には{ }内 \mp の - と + の 2 つの値がある。したがって ω は(7)式の平方根より求まる（単位は radian/second）。0 より大きい 2 つの ω のうち、小さい方（上式の{ }内 \mp の - の値）は 1 次の固有円振動数（eigen circular frequency または natural circular frequency of the first mode）、大きい方（同、+ の値）は 2 次の固有円振動数と呼ばれ、ここではそれぞれ ω_1 と ω_2 と表記する。
- 建物の場合と同様に、 ω_1 と ω_2 に対応する周期（ $T_i = 2\pi / \omega_i$ ）はそれぞれ 1 次の固有周期（natural period）、2 次の固有周期と呼ばれ、単位は秒である。さらに固有周期の逆数（ $f=1/T$ ）は固有振動数（natural frequency）と呼ばれ、単位は Hz（ヘルツ）である。
- 次に、1 次・2 次の固有円振動数（ ω_1 と ω_2 ）をそれぞれ(4)式に代入すると、対応する振幅ベクトルである 1 次・2 次の固有モード（固有ベクトル）が求まる。その際、(4)式の第 1 行（第 1 層）と第 2 行（第 2 層）はどちらも等価な式であり、振幅ベクトルの u_1 と u_2 は絶対値ではなく、その振幅比 u_2/u_1 が求まる。
- 例えば、(4)式の第 1 式を用いると、1 階に対する 2 階の振幅比は次式で表せる。

$$\frac{u_{2i}}{u_{1i}} = \frac{k_{11} - \omega_i^2 m_1}{-k_{12}} \quad (i=1,2) \quad (8)$$

2) 【AL002】 Wallstat

- 解析アルゴリズム：個別要素法

建築物の時刻歴応答解析にはマトリックス法に代表される有限要素法（Finite Element Method: FEM）を用いた数値計算が広く用いられている。FRM は連続体の追う力価井関を目的として解析されたツールではあるが、破壊までを解析的に追跡するためには、幾何学非線形、材料非線形を考慮する必要があり、相当の計算テクニックを要する。

特に部材の破断（木材の破損）、亀裂の進展といった極端な破壊が進行する場合、計算の中で不釣り合い力をどう処理するかという問題が生じる。これらの問題を解決し、倒壊までをシミュレーションするための解析手法として、WallStat では個別要素法（Distinct Element Method: DEM）を基本理論として採用している。

個別要素法（Distinct Element Method: DEM）は、土壌や岩盤の崩壊をシミュレートするために開発された「非連続体解析法」（バラバラな物体の挙動を計算する手法）である。この手法は、物体同士の接触力や摩擦力を計算し、動的陽解法に基づいて大変形や倒壊の解析を行うことができる。

Wallstat では、本アルゴリズムを特に木造建築物の時刻歴応答解析において、倒壊までの挙動を精密に追跡するために適用している。

- 個別要素法の数値解析手法

以下に、個別要素法のアルゴリズムに関連する数式を解説する。

数値解析手法の詳細

建物を示すモデルはマトリックス法と同様、接点とばねを組み合わせることで構築する。あるバネにおいて両端の接点 1、2 間の時刻 $t-1$ における全体座標系での変位ベクトル、応力ベクトルを

$$\begin{aligned} [D_i]_{t-1} &= [\{D_{i1}\}, \{D_{i2}\}]_{t-1} \\ &= [X_1, Y_1, Z_1, \Theta_{x1}, \Theta_{y1}, \Theta_{z1}, X_2, Y_2, Z_2, \Theta_{x2}, \Theta_{y2}, \Theta_{z2}]_{t-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [F_i]_{t-1} &= [\{F_{i1}\}, \{F_{i2}\}]_{t-1} \\ &= [P_{x1}, P_{y1}, P_{z1}, M_{x1}, M_{y1}, M_{z1}, P_{x2}, P_{y2}, P_{z2}, M_{x2}, M_{y2}, M_{z2}]_{t-1} \end{aligned}$$

バネの変位ベクトル $[d_i]_{t-1}$ 、応力ベクトル $[f_i]_{t-1}$ の時刻における部材座標系での変位ベクトル、応力ベクトルを

$$\begin{aligned} [d_i]_{t-1} &= [\{d_{i1}\}, \{d_{i2}\}]_{t-1} \\ &= [x_1, y_1, z_1, \theta_{x1}, \theta_{y1}, \theta_{z1}, x_2, y_2, z_2, \theta_{x2}, \theta_{y2}, \theta_{z2}]_{t-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [f_i]_{t-1} &= [\{f_{i1}\}, \{f_{i2}\}]_{t-1} \\ &= [p_{x1}, p_{y1}, p_{z1}, m_{x1}, m_{y1}, m_{z1}, p_{x2}, p_{y2}, p_{z2}, m_{x2}, m_{y2}, m_{z2}]_{t-1} \end{aligned}$$

各ベクトルの時刻 $t-1 \sim t$ の Δt 間の増分を

$$\begin{aligned} [\Delta d_i]_t &= [\{\Delta d_{i1}\}, \{\Delta d_{i2}\}]_t \\ &= [\Delta x_1, \Delta y_1, \Delta z_1, \Delta \theta_{x1}, \Delta \theta_{y1}, \Delta \theta_{z1}, \Delta x_2, \Delta y_2, \Delta z_2, \Delta \theta_{x2}, \Delta \theta_{y2}, \Delta \theta_{z2}]_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\Delta f_{it}]_t &= [\{\Delta f_{i1}\}, \{\Delta f_{i2}\}]_t \\ &= [\Delta p_{x1}, \Delta p_{y1}, \Delta p_{z1}, \Delta m_{x1}, \Delta m_{y1}, \Delta m_{z1}, \Delta p_{x2}, \Delta p_{y2}, \Delta p_{z2}, \Delta m_{x2}, \Delta m_{y2}, \Delta m_{z2}]_t \end{aligned}$$

とする。

時刻 $t-1$ において外来期の作用によりバネ i の両端の節点 1、2 に $[\Delta d^i]_t$ の変位増分があったとすると、要素剛性マトリックス $[K_i]_t$ 、減衰マトリックス $[C_i]_t$ のバネ i では、下記式によって $[f_i]_t$ を算出する。

$$[\Delta f_i]_t = [K_i]_t [\Delta d_i]_{t-1}$$

$$[f_i]_t = [f_i]_{t-1} + [\Delta f_i]_t + [C_i]_t [\Delta d_i]_{t-1}$$

全体座標系 → 部材座標系の座標変換マトリックスを $[T_i]_t$ とすると

$$[F_i]_t = [T_i]_t^{-1} [f_i]_t$$

上記式を各バネにおいて計算し、各節点における応力ベクトル $[f_i]_{t1}$ 、 $[f_i]_{t2}$ を算出する。この応力ベクトルを、ある節点 A に接続されるすべてのバネにおいて加算することで、節点 A に作用する応力ベクトル $[F_A]_t$ を算出する。

$$[F_A]_t = \{P_{xA}, P_{yA}, P_{zA}, M_{xA}, M_{yA}, M_{zA}\}_t = -\Sigma\{F_{iA}\}_t$$

この式によって算出された応力ベクトルを Newmark の β 法（平均加速度法 $\beta = 1/4$ ）によって数値積分を行い、時刻 t における加速度、速度、変位増分 $[\Delta D_A]_t$ を算出する。

$$[a_A]_t = \left\{ \frac{P_{xA}}{m_A}, \frac{P_{yA}}{m_A}, \frac{P_{zA}}{m_A}, \frac{M_{xA}}{I_{xA}}, \frac{M_{yA}}{I_{yA}}, \frac{M_{zA}}{I_{zA}} \right\}_t$$

$$[a_A]_t = \left\{ \frac{P_{xA}}{m_A}, \frac{P_{yA}}{m_A}, \frac{P_{zA}}{m_A}, \frac{M_{xA}}{I_{xA}}, \frac{M_{yA}}{I_{yA}}, \frac{M_{zA}}{I_{zA}} \right\}_t$$

$$[\Delta D_A]_t = [\Delta D_A]_{t-1} + ([v_A]_t + [v_A]_{t-1}) \Delta t / 2$$

（ここで、 M_{xA} は要素 A の質量、 I_{xA} 、 I_{yA} 、 I_{zA} は要素 A の慣性モーメント）

以上の計算を各要素、各時刻について行う事で、外力に対するモデル全体の応答を算出していく。全体剛性マトリックスを解かず各要素で個別に応力を算出する点が個別要素法の特長である。

時刻が進むことによる要素間の応力の伝播によって釣り合いを保つため、不釣り合い力の処理や、崩壊後の挙動等は特別な処理をすることなく解析ができる。解析モデルの構築について個別要素法のアルゴリズムで計算する解析モデルの種類について説明を行う。

- 軸組のモデル化

軸組は折損を考慮するために弾塑性回転バネ（塑性ヒンジ）と弾性梁要素でモデル化を行っている。

具体的には、以下のステップで行う。

- 部材の曲げ強度を文献等から設定し、断面係数に従って最大曲げモーメントを決定した。
- 骨格曲線の曲げモーメントがゼロの回転角に達すると、部材が折損したとみなし、部材間の回転バネをピン接合に変更した。
- これにより、通し柱の折損や垂れ壁がついた柱の横架材接合部での折損現象を解析で表現が可能となる。

- 接合部のモデル化

軸組間の接合部は回転バネと弾塑性バネを用いてモデル化を行った。

- 圧縮引張の弾塑性バネの履歴特性は片側弾性+片側スリップ型。骨格曲線は実験データに基づいて設定した。
- 回転バネの履歴特性はスリップ型を用い、文献から骨格曲線を決定した。
- 回転バネは強軸、弱軸の各方向に独立に作用するように設定した。

- 鉛直構面、水平構面のモデル化

鉛直構面はトラスバネでブレース置換することでモデル化した。

- 履歴特性はバイリニア+スリップ型履歴則を用い、骨格曲線は文献や実験結果を参考に設定した。
- 水平構面も同様にトラス要素でブレース置換し、同様の履歴特性を持たせた。

- 筋かいのモデル化

筋かい構面は1本の筋かいに対して圧縮と引張の2本のトラス要素を配置することでモデル化した。

- 圧縮筋かいのバネは引張り方向の力には作用せず、引張筋かいのバネは圧縮方向のバネには作用しない特性を持たせた。これにより、筋かい耐力壁の非対称な水平復元力を表現した。
- 圧縮筋かいはフレームとの接合点を横架材に設定し、梁・桁の突き上げ挙動をモデル化した。
- 履歴特性はバイリニア+スリップ型の履歴則で表現した。これらのモデル化手法の組み合わせにより、木造建築物の挙動を詳細に解析することが可能となる。

- 参考文献

大地震動時における木造軸組構法住宅の倒壊解析手法の開発・中川貴文 (2010)

https://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/128/siryous_no128_20_2syous.pdf

4-3-2. 開発したアルゴリズム

広域シミュレーションにおける都市計画における詳細分析を行うために、以下のようなアルゴリズムを開発。道路閉塞率及び応急仮設住宅の必要戸数について計算ができるようにしている。

表 4-9 開発したアルゴリズム一覧

ID	アルゴリズムを利用した機能	名称	説明	選定理由
AL003	FN206	道路閉塞率計算アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路の幅及びその周囲の建物崩壊率によって、道路の閉塞割合の計算を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ● 昨年度の要望を反映するため ● 内閣府防災等で採用されている指標から抜粋
AL004	FN210	応急仮設住宅計算アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none"> ● 倒壊及び半壊した建物の数から、実際に応急復旧住宅の総数を計算する。ただし、賃貸等で賄う等の要素は入れない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 昨年度の要望を反映するため ● 棟数から戸数への変換が必要であるため、本パラメータの設定が適切であると判断

3) 【AL003】道路閉塞率計算アルゴリズム

道路閉塞率の計算を行うために、以下のデータを用意する。国土地理院が提供しているベクトルタイルデータの道路線を活用する。道路幅員をこれらのパラメータを活用することによって、以下のように幅員の割合が変化する。

表 4-10 幅員ごとのパラメータ

幅員道路	パラメータ設定
3m 未満の道路	$1.28 \times$ 建物被災率 (%)
3m 以上 5.5m 未満の道路	$0.64 \times$ 建物被災率 (%)
5.5m 以上の道路	$0.194 \times$ 建物被災率 (%)

これらの道路が隣接する建物の被災率を測定するために、上記の道路中央線よりバッファを発生させる。その中で、道路毎に道路の建物被災率の計算を行う。その後、パラメータを当てたときに値が1を超えた場合は1として計算をするようにした。結果は以下のように表示をされ、狭い道路においては道路閉塞率が高いことがわかる。

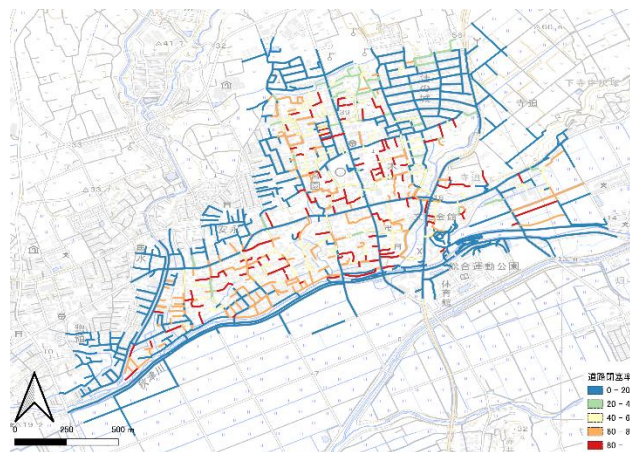


図 4-35；熊本県益城町で実装した場合

4) 【AL004】 応急仮設住宅計算アルゴリズム

基本的に被災想定を行うときは棟数ではなくて、何戸必要であるか検討されていることが多い。過去災害について単回帰分析で行われているものを採用し、どのエリアに何戸必要であるか計算をさせるようにする。2011年～2021年までの災害による必要住宅戸数。以下のような算定式で計算をする。

$$Y = \sum \sum_{i=1}^n 0.2375X + 238.38$$

決定係数自体が 0.8367 になっており非常に高いため、メッシュ毎にこの被害棟数を掛け合わせることで、およその戸数について計算ができると想定される。

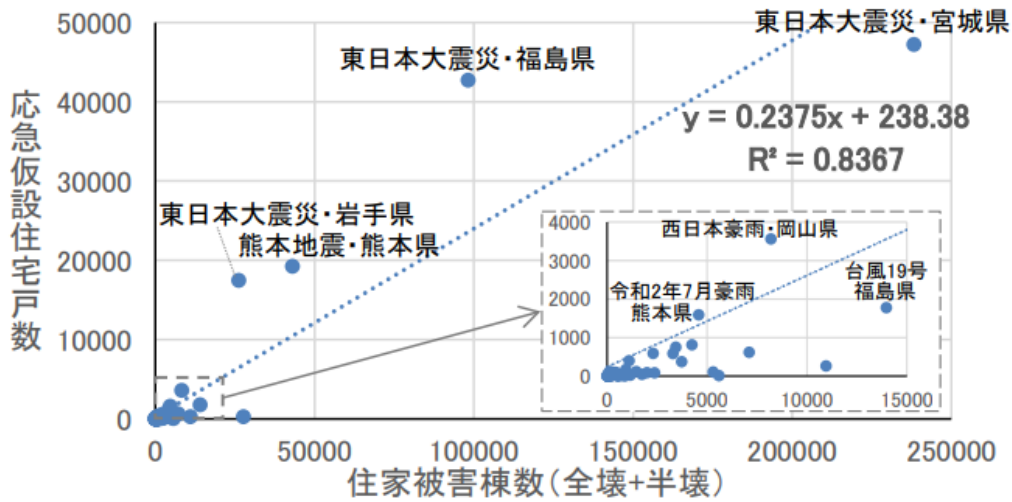


図 4-36；今回使用した単回帰分析のパラメータ設定の図

【出典：米野史健(2021),東日本大震災及び以降の災害における応急仮設住宅と災害公営住宅の特徴,令和3年建築研究所講演会】

4-4. データインタフェース

4-4-1. ファイル入力インタフェース

1) 【IF001】建物 CityGML ファイル

- 本インタフェースを利用する機能：【FN009】【FN109】

表 4-11 データベースに格納する CityGML ファイルのメタデータ構造

id	ユニークキー
mesh_code	CityGML ファイルの範囲となるメッシュコード
region_name	CityGML が所属する都道府県名
city_code	CityGML のデータを含む主となる市町村コード
s3_file_path	CityGML を保存した S3 バケットのパス位置
bbox	CityGML がデータを含んでいる範囲の座標を矩形にまとめたポリゴンデータ文字列

2) 【IF002】地震動 CSV ファイル

- 本インタフェースを利用する機能：【FN006】【FN009】

- ファイル内容

- ◇ 経過時間、振動の値の 2 カラムで構成されるファイル
 - 一列目 ... 地震発生からの経過時間を示す値（秒）
 - 二列目 ... 振動の強さを示す値

- ファイル種類

- ◇ 以下 3 種類のファイルを計算に用いる
 - 長周期特性
 - 標準的
 - 直下地震

3) 【IF003】解析モデルファイル

- 本インタフェースを利用する機能：【FN106】【FN109】

- ファイル内容

- ◇ 軸組・構面・筋かい・重量の CSV で構成されるファイル

4) 【IF004】パラメータファイル

- 本インターフェースを利用する機能：【FN106】【FN109】

- ファイル内容

- ✧ 接合部・構面・筋かい・制御装置のバネの情報が入っている CSV ファイル

5) 【IF005】外力ファイル

- 本インターフェースを利用する機能：【FN106】【FN109】

- ファイル内容

- ✧ 地震波の情報が入っている CSV ファイル

6) 【IF006】計算条件ファイル

- 本インターフェースを利用する機能：【FN106】【FN109】

- ファイル内容

- ✧ 計算回数・頻度の情報が入っている CSV ファイル

4-4-2. ファイル出力インターフェース

1) 【IF101】 計算結果ファイル出力

- 本インターフェースを利用する機能
 - 【FN009】 【FN109】

表 4-12 計算結果ファイルの属性内容

byte_order	0 の値固定
dt	地震発生からの経過時間を示す値 (秒)
height	建物の高さ。若干補正
index	建物に設定された index 番号
max_drift	振動の強さ。どのくらい揺られたかを示す。
no_case	0 の値固定
raw_height	建物の高さの生データでの値 (height は小数点の桁数によって間引かれることがあるため)
_NAME00001	構造名
tile_name	データが含まれる 3 次メッシュコードの値

2) 【IF102】 可視化ファイルダウンロード

- 本インターフェースを利用する機能
 - 【FN009】 【FN109】
- ファイル形式
 - PBF ファイル (ベクトルタイル)
- 属性内容
 - 計算結果ファイルの内容と同様

4-4-3. 内部連携インターフェース

API、および、AWS の S3 ファイル操作ライブラリを通じてデータのやり取りを行う。

1) 【IF201】プリセット管理

- 本インターフェースを利用する機能
 - 【FN003】 【FN103】

表 4-13 RegionPresets テーブル

地域、および、地域に関連づく CityGML のプリセット情報を管理するためのテーブル

カラム名	PK	データ型および FK	説明
id	PK	数値型	主キー
name		文字型	プリセット名
mesh_codes		数値型	地域が含んでいる CityGML の 3 次メッシュコード番号をカンマ区切りで並べる
geom		ジオメトリ型	地域が含んでいる CityGML 全体を囲むの範囲をジオメトリ情報として保持
gmlfile_path		文字型	ファイルを保存する S3 の保存パス位置
additional_info		文字型	付帯情報
create_date		日時型	レコード生成日

表 4-14 EarthQuakePresets テーブル

地震動パラメータをのプリセット情報を管理するためのテーブル

カラム名	PK	データ型および FK	説明
id	PK	数値型	主キー
name		文字型	プリセット名
Template_file_path		文字型	ファイルを保存する S3 の保存パス位置
additional_info		文字型	付帯情報
create_date		日時型	レコード生成日

2) 【IF202】ステータスマスタ

- 本インターフェースを利用する機能
 - 【FN007】 【FN107】

表 4-15 CalcStatuses テーブル

シミュレーション計算、および、可視化ファイル生成処理がどこまで進んでいるかを示す状態のマスタ

カラム名	PK	データ型および FK	説明
id	PK	数値型	主キー
status_code		数値型	プリセット名
status_name		文字型	status_code, status_name は以下に示す項目をデータ登録してシミュレーション計算のステータス管理に用いる。 1…計算開始 2…計算完了 3…計算エラー 4…可視化加工処理開始 5…可視化加工処理完了 6…可視化加工処理エラー

3) 【IF203】シミュレーション予約管理

- 本インターフェースを利用する機能
 - 【FN008】 【FN108】

表 4-16 SimulationReserves テーブル
シミュレーション予約・詳細情報を管理するためのテーブル

カラム名	PK	データ型および FK	説明
id	PK	数値型	主キー
session_id	PK	文字型	シミュレーション計算予約時に設定されるセッション ID 保存列
user_id	PK	文字列	ユーザーID 文字列
Calc_status_id	FK	数値型	CalcStatuses テーブルで管理するレコード ID。計算の状態を示す。
region_presets_id	FK	数値型	選択した地域プリセット ID
earth_quake_presets_id	FK	数値型	選択した地震動プリセットの ID
scp_server_path		文字型	計算予約時に使用するファイルサーバのパス文字列
s3_calc_result_file_path		文字型	計算結果を文字する S3 バケットのパス文字列
s3_visualize_file_path		文字型	計算結果から可視化した S3 バケットのパス文字列
visualize_url		文字方	可視化 HTML ファイルの置き場となる S3 バケットのパス文字列
is_opened		数値型	可視化ファイルの公開・非公開切り替えフラグ
calc_reserve_datetime		日付型	予約開始日時
calc_complete_datetime		日付型	計算完了日時
create_date		日時型	レコード生成日
update_date		日時型	レコード更新日

4) 【IF204】 S3 バケット

S3 に作成するバケット、および、その役割を以下に示す。

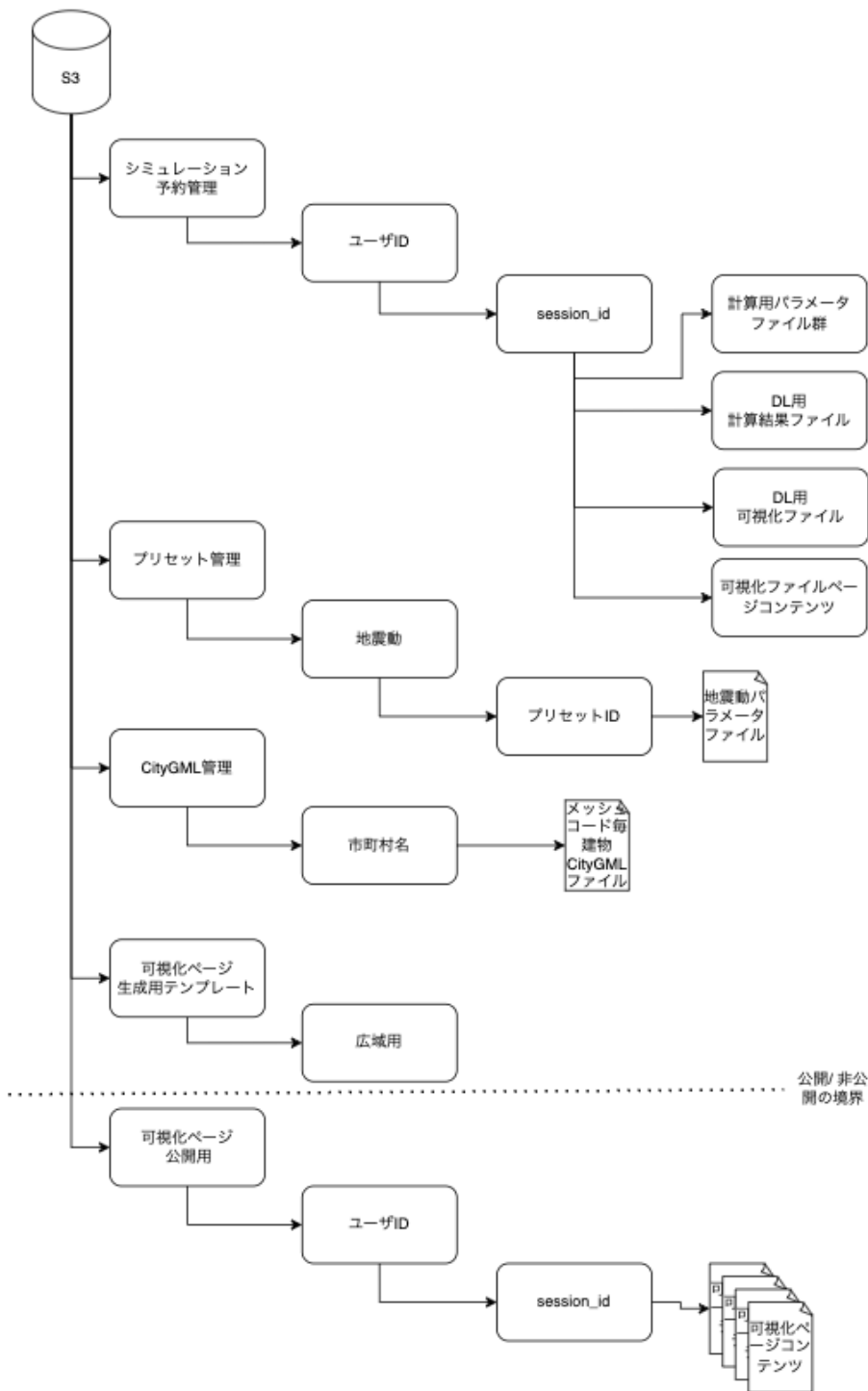


図 4-37 熊本県益城町で実装した場合

表 4-17 準備するバケット一覧

バケット名	役割
シミュレーション予約管理バケット	シミュレーション予約時に指定したプリセットに関連するファイル群を取得・計算パラメータとして管理。また、計算結果や可視化ファイルが生成された時にも保存を行う。
プリセット管理バケット	地震動のプリセット登録時にアップロードしたファイルを保存する場所
CityGML 管理	システムで利用する 3 次メッシュコード毎 CityGML を管理する。市区町村別のフォルダに分割して管理。
可視化ページ生成用テンプレートバケット	可視化ページの生成に利用するテンプレートファイル類を管理
可視化ページ公開用バケット	可視化ページを公開に設定したときに公開用のコンテンツを配置する場所として利用。

4-4-4. 外部連携インターフェース

1) 地域プリセット API

① 【IF301】登録済み地域プリセット一覧

(ア) インタフェースの概要

① 地域プリセットの一覧を取得

(イ) 本インタフェースを利用する機能

① 【FN002】

表 4-18:GET /region_presets

パラメータ	名称	説明	値
page_num	ページ番号	データ総件数を page_size ごとに表示する際のページ数	1
page_size	ページサイズ	一覧に表示する件数	10

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-19: JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Total	総数	
Page	ページ番号	
Pagesize	総ページ数	
Region_presets	地域プリセット	

② 【IF302】プリセット登録

表 4-20: POST /region_preset

パラメータ	名称	説明	値
Name	名前	プリセット登録名	
region_name	地域名	CityGML が含まれる地域名	
meshcode	メッシュコード番号	地域に関連付ける CityGML のメッシュコード情報をカンマ区切りで指定	
additional_info	付帯情報	プリセットに記載する付帯情報	

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-21: JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Region_presets	地域プリセット	

③ 【IF303】プリセット更新

表 4-22: PUT /region_preset/{id}

パラメータ	名称	説明	値
Name	名前	プリセット登録名	
region_name	地域名	CityGML が含まれる地域名	
meshcode	メッシュコード番号	地域に関連付ける CityGML のメッシュコード情報をカンマ区切りで指定	
additional_info	付帯情報	プリセットに記載する付帯情報	

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-23: JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Result	結果	

④ 【IF304】プリセット削除

表 4-24: DELETE /region_preset/{id}

パラメータ	名称	説明	値
id	プリセット ID	削除する地域のプリセット ID	1

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-25: JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Result	結果	

2) 地震動プリセット API

(ア) 【IF305】地震動プリセット一覧

表 4-26:GET /earthquake_presets

パラメータ	名称	説明	値
page_num	ページ番号	データ総件数を page_size ごとに表示 する際のページ数	1
page_size	ページサイズ	一覧に表示する件数	10

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-27:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Total	総数	
Page	ページ番号	
Pagesize	総ページ数	
Earthquake_presets	地震動プリセット	

(イ) 【IF306】地震動プリセット登録

表 4-28:POST /earthquake_preset

パラメータ	名称	説明	値
name	名前	プリセット登録名	
upload_file	アップロードファイル 情報	地震動パラメータ情報	
additional_info	付帯情報		

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-29:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Total	総数	
Page	ページ番号	
Pagesize	総ページ数	
Earthquake_presets	地震動プリセット	

(ウ) 【IF307】地震動プリセット削除

表 4-30:DELETE /earthquake_preset/{id}

パラメータ	名称	説明	値
id	プリセット ID	削除する地震動プリセット ID	1

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-31:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
result	結果	

3) シミュレーション予約一覧 API

(ア) 【IF308】シミュレーション予約一覧

パラメータ: ページ番号, ページサイズ, ユーザーid

表 4-32:GET /simulation_reserves

パラメータ	名称	説明	値
page_num	ページ番号	データ総件数を page_size ごとに表示する際のページ数	1
page_size	ページサイズ	一覧に表示する件数	10
User_id	ユーザーID	シミュレーション予約を行ったユーザーID。(パラメータでは渡さず、セッション情報を送付してサーバー側で処理)	

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-33:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Total	総数	
Page	ページ番号	
Pagesize	総ページ数	
SimulationReserves	予約内容	

4) シミュレーション予約詳細 API

(ア) 【IF309】シミュレーション予約詳細

表 4-34:GET /simulation_reserve/{id}

パラメータ	名称	説明	値
id	シミュレーション予約 ID	シミュレーション予約時に発行した ID	

レスポンス

フォーマット: JSON

表 4-35:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Total	総数	
Page	ページ番号	
Pagesize	総ページ数	
SimulationReserve	予約内容	

(イ) 【IF310】シミュレーション予約属性情報取得

表 4-35:GET /simulation_reserve/{id}/attributes`

パラメータ	名称	説明	値
id	シミュレーション予約 ID	シミュレーション予約時に発行した ID	

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-36:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
SimulationReserve_Attribute	予約内容の属性情報	

(ウ) 【IF311】シミュレーション予約・ダウンロードファイル一覧

パラメータ: シミュレーション予約 ID

表 4-37:GET /simulation_reserve/{id}/downloads

パラメータ	名称	説明	値
id	シミュレーション予約 ID	シミュレーション予約時に発行した ID	

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-37:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
SimulationReserve_download_links	予約情報に含まれるダウンロードリンク一覧	

(エ) 【IF312】シミュレーション予約・可視化ページ URL 取得

表 4-38:GET /simulation_reserve/{id}/visualize_url

パラメータ	名称	説明	値
id	シミュレーション予約 ID	シミュレーション予約時に発行した ID	

レスポンス

成功時 200

フォーマット: JSON

表 4-39:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
SimulationReserve_visualize_url	予約情報に含まれる可視化ページリンク	

5) シミュレーション予約登録 API

(ア) 【IF313】シミュレーション予約登録

表 4-40:POST /simulation_reserve`

パラメータ	名称	説明	値
region_preset_id	地域プリセット ID	計算に使う CityGML を含む地域プリセット ID	10
earthquake_preset_id	地震動プリセット ID	地震動のプリセット ID	
User_id	ユーザーID	シミュレーション予約を行ったユーザー ID。(パラメータでは渡さず、セッション情報を送付してサーバ側で処理)	
Session_id	セッション id	予約時に発行するユニークとなる UUID 文字列 (パラメータでは渡さず、セッション情報を送付してサーバ側で処理)	

レスポンス

フォーマット: JSON

表 4-41:JSON フォーマット

フィールド	名称	説明
Result	登録の成否	

4-5. 実証に用いたデータ

4-5-1. 利用したデータの一覧

1) 利用した 3D 都市モデル

- 年度：2023 年度（西暦）
- 都市名：静岡市・戸田市
- ファイル名：
- メッシュ番号：

表 4-42 利用する 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	主題属性	DT001	bldg:usage	用途	FN009 FN109
			DT002	bldg:yearOfConstruction	建築年	FN009 FN109
			DT003	bldg:storeysAboveGround	地上階数	FN009 FN109
			DT004	uro:buildingDetailAttribute/uro:buildingStructureType	構造種別	FN009 FN109

2) 利用するその他のデータ

1. データ一覧

表 4-43 利用するその他データ（一覧）

ID	エリア (都市)	活用データ	内容	データ形式	更新情報	出所	データを利用した機能 (ID)
DT101	全国	緊急輸送道路	緊急輸送道路の情報	ラスター タイル		国土数値 情報	FN203

2. データサンプル (イメージ)

表 4-44 利用するその他データ (サンプル)

ID	活用データ	サンプル・イメージ
DT101	緊急輸送道路	 <p data-bbox="836 1014 1209 1043">図 4-38 緊急輸送路のイメージ</p>

4-5-2. 生成・変換するデータ

表 4-2 生成・変換するデータ

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	3D 都市モデル (CityGML 形式)	3D 都市モデルビューワでの表示のため	● 3D 都市モデル (CityGML) から、ベクトルタイルにデータ変換	IES FN009	ベクトルタイル	FN201
DT202	3D 都市モデル (CityGML 形式)	3D 都市モデルビューワでの表示のため	● 3D 都市モデル (CityGML) から、3D アニメーションファイルにデータ変換	Wallstat Blender FN109	GLB	FN202
DT203	緊急輸送道路 (ラスタータイル形式)	ダッシュボード上での緊急輸送道路への影響を図るため	● DeckGL で可視化	DeckGL	緊急輸送道路 (ラスタータイル形式)	FN203

4-6. ユーザーインタフェース

4-6-1. 画面一覧

1) シミュレーション共通画面

表 4-46 シミュレーション共通画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC001	-	ログイン画面	● ユーザーログインフォーム	FN001
SC002	-	シミュレーション 選択メニュー	● 広域・狭域のシミュレーションを選択する画面	

2) 広域シミュレーション実行画面

表 4-47 広域シミュレーション実行画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC101	-	機能選択メニュー	● プリセット管理、シミュレーション予約登録フォーム、シミュレーション管理の機能にリンクするメニュー画面	
SC102	-	地域プリセット一覧	● 地域プリセット一覧を表示する	FN002
SC103	-	地域プリセット登録・更新	● 地域プリセットを登録・更新する	FN003
SC104	-	地域プリセット CityGML 関連付け	● 地域プリセットの CityGML 関連付けを行う	FN004
SC105	-	地域プリセット付 帯情報編集	● 地域プリセットの付帯情報の編集を行う	FN003
SC106	-	地震動プリセット 一覧	● 地震動プリセット一覧を表示する	FN005
SC107	-	地震動プリセット 登録・更新	● 地震動プリセットを登録・更新する	FN006
SC108	-	地震動プリセット 付帯情報編集	● 地震動プリセットの付帯情報の編集を行う	FN006
SC109	-	シミュレーション 予約一覧	● シミュレーション予約の一覧を表示する	FN007

SC110	-	シミュレーション 予約詳細	● シミュレーションの詳細情報を表示する	FN007
SC112	-	シミュレーション 結果	● シミュレーション計算結果のデータのダウンロードを行う	FN007

3) 狭域シミュレーション実行画面

表 4-48 狭域シミュレーション実行画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC201	-	機能選択メニュー	● プリセット管理、シミュレーション予約登録フォーム、シミュレーション管理の機能にリンクするメニュー画面	
SC202	-	建物プリセット一覧	● 建物プリセット一覧を表示する	FN102
SC203	-	建物プリセット登録・更新	● 建物プリセットを登録・更新する	FN103
SC204	-	建物プリセット位置情報関連付け	● 建物プリセットの位置情報の関連付けを行う	FN104
SC205	-	建物プリセット付帯情報編集	● 建物プリセットの付帯情報の編集を行う	FN103
SC206	-	解析モデルプリセット一覧	● 地震動プリセット一覧を表示する	FN105
SC207	-	解析モデルプリセット登録・更新	● 地震動プリセットを登録・更新する	FN106
SC208	-	解析モデルプリセット付帯情報編集	● 地震動プリセットの付帯情報の編集を行う	FN105
SC209	-	シミュレーション予約一覧	● シミュレーション予約の一覧を表示する	FN107
SC210	-	シミュレーション予約詳細	● シミュレーションの詳細情報を表示する	FN107
SC211	-	シミュレーション結果	● シミュレーション計算結果のデータのダウンロードを行う	FN107

4) シミュレーション結果表示画面

表 4-49 シミュレーション結果表示画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC301	-	データ表示画面	<ul style="list-style-type: none"> ● 広域および狭域のシミュレーション結果を表示する 	FN201 FN202 FN203 FN204 FN205

表 4-50 シミュレーション結果表示画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC401	-	ランディングページ	<ul style="list-style-type: none"> ● WEB サービスの実行や閲覧の入口 	FN207
SC402	-	シミュレーション一覧ページ	<ul style="list-style-type: none"> ● 過去に実行されたシミュレーションの一覧画面 	FN207
SC403	-	新規シミュレーション作成ページ	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーション作成を対話型で進めていく画面 	FN207

表 4-51 シミュレーション結果表示画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC501	-	ログインダイアログ	<ul style="list-style-type: none"> ● ログインが必要な場合のダイアログ 	

表 4-3 シミュレーション結果表示画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC601	-	被害集計ダッシュボード画面	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーション結果の全体的な被害状況を集計し、円グラフと数値で可視化する画面 ● 被害レベル別の建物棟数を一目で把握できるダッシュボード 	FN208 FN209
SC602	-	緊急輸送道路影響分析画面	<ul style="list-style-type: none"> ● 緊急輸送道路沿いの建物被害状況を分析し、道路閉塞リスクを評価する画面 ● 道路ごとの通行可能性を色分けで表示し、災害時の輸送計画立案を支援 	FN206
SC603	-	応急仮設住宅集計画面	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーションに応じて建物の被害棟数を用いて、市町村において何戸くらい応急仮設住宅が必要になるか推計を実施 	FN210

4-6-2. 画面遷移図

1) 広域シミュレーション実行画面

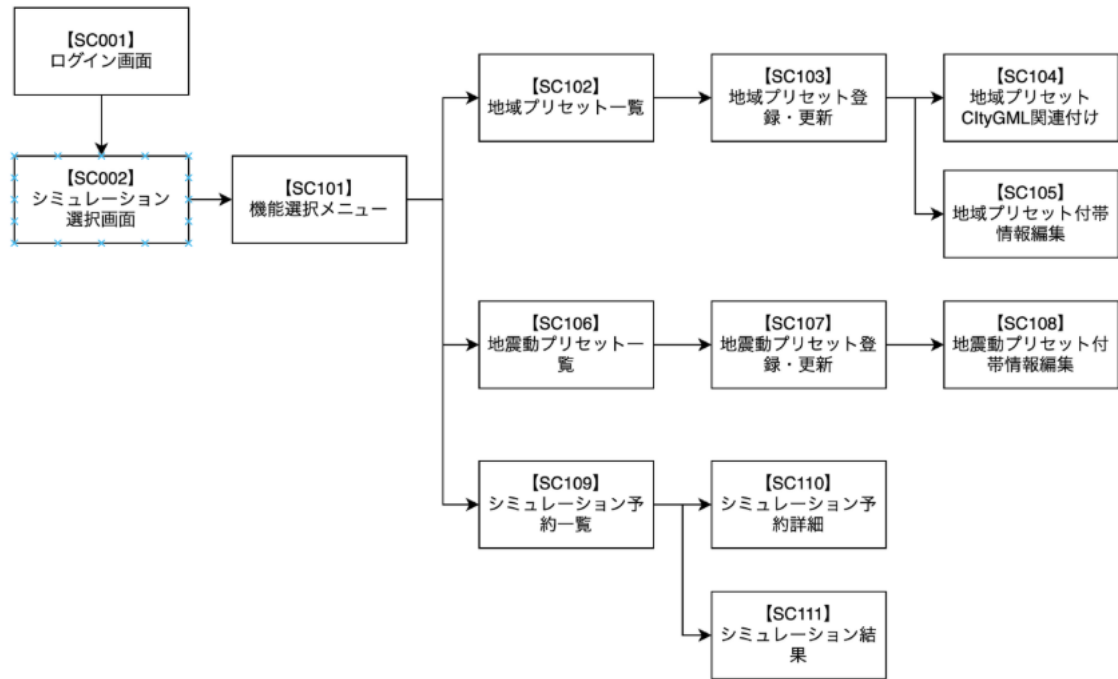


図 4-39 広域シミュレーション実行画面遷移図

2) 狭域シミュレーション実行画面

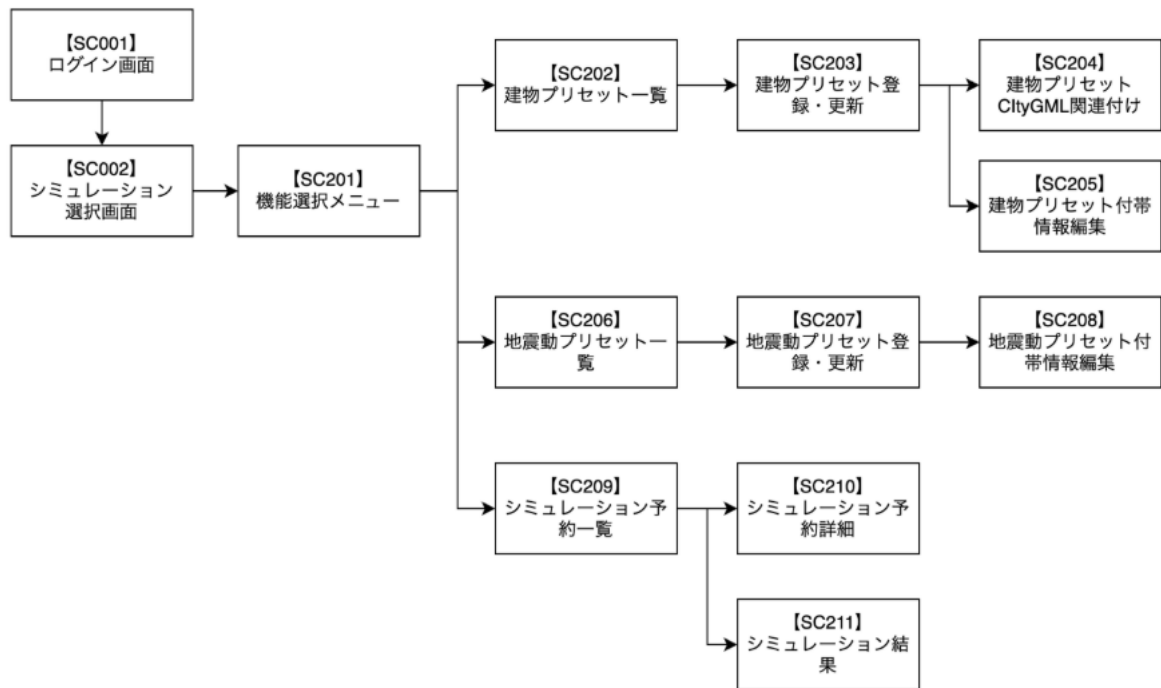


図 4-40 狭域シミュレーション実行画面遷移図

3) シミュレーション結果表示画面

単一の画面のため、画面遷移図は用意していない

4-6-3. 各画面仕様詳細

1) シミュレーション共通画面

1. 【SC001】 ログイン画面

- 画面の目的・概要

- メールアドレスとパスワードを用いて、システムにログインする画面

- 画面イメージ

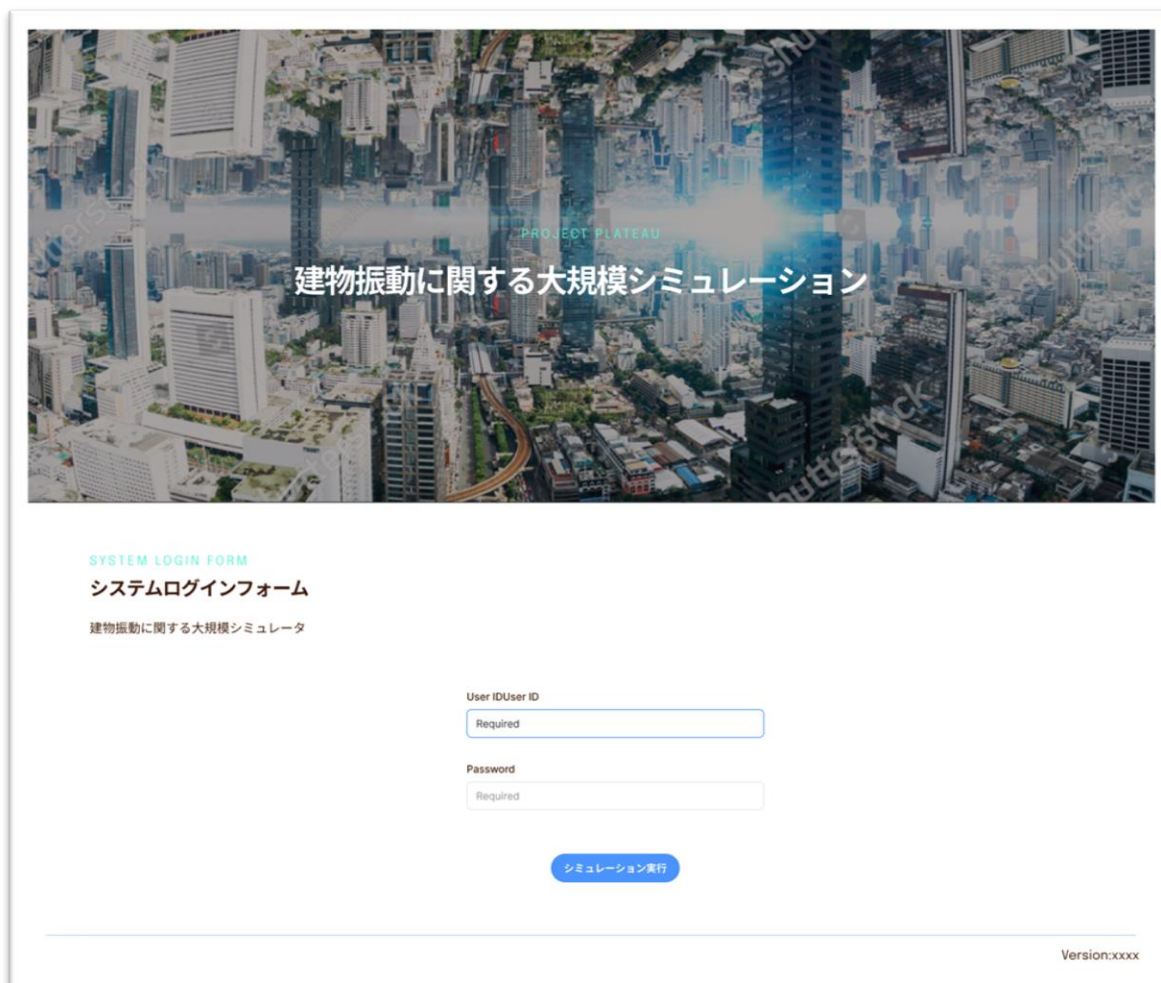


図 4-41 ログイン画面のイメージ

2. 【SC002】シミュレーション選択メニュー

- 画面の目的・概要
 - 広域もしくは狭域のシミュレーション実行を選択する画面
- 画面イメージ



図 4-42 シミュレーション選択メニューのイメージ

2) 広域シミュレーション実行画面

1. 【SC101】機能選択メニュー画面

- 画面の目的・概要
 - 各種機能へアクセスするためのメニュー画面
- 画面イメージ

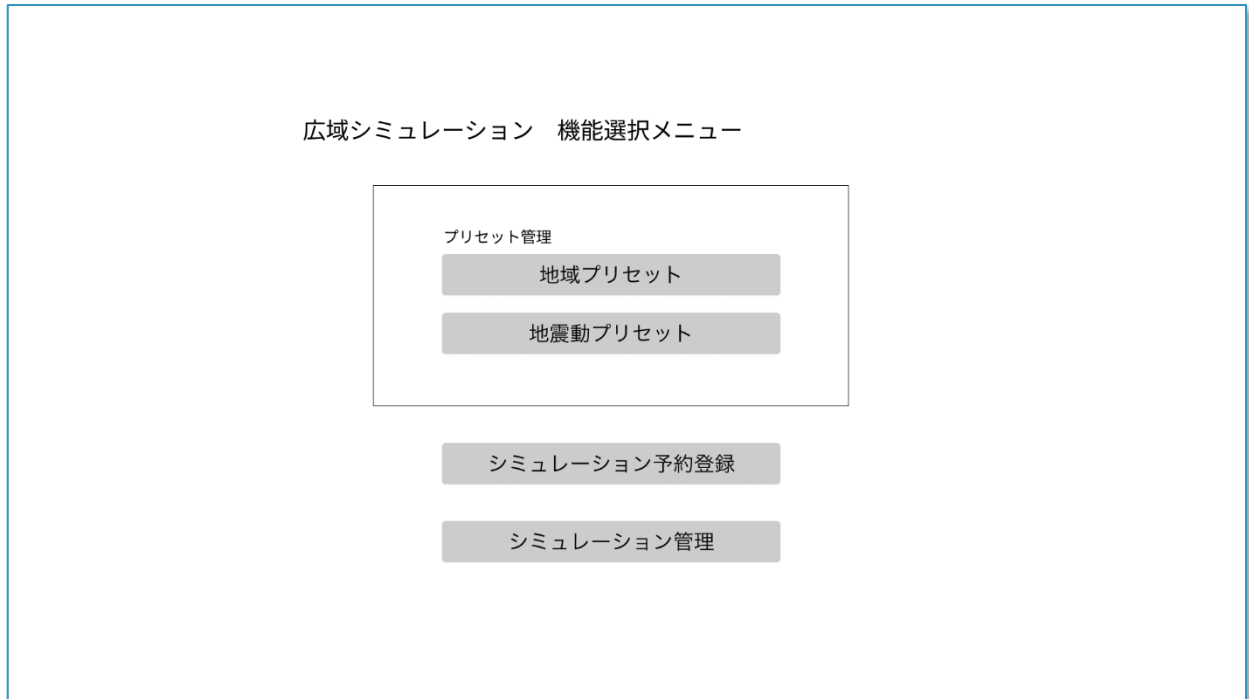


図 4-43 機能選択メニュー画面のイメージ

2. 【SC102】 地域プリセット一覧画面

- 画面の目的・概要
 - 登録されている地域プリセットの一覧を確認できる画面
- 画面イメージ

名称	メッシュ数	最終更新日時	登録ユーザー
<input type="checkbox"/> 静岡市	5	2024/01/15 00:00:00	TEST User
<input type="checkbox"/> 横浜市	5	2024/01/15 00:00:00	TEST User
<input type="checkbox"/> 益城町	3	2024/01/15 00:00:00	TEST User

図 4-44 リスト画面のイメージ

3. 【SC103】 地域プリセット登録・更新画面

- 画面の目的・概要
 - 地域プリセットの登録および更新ができる画面
- 画面イメージ

地域 (CityGML) の追加・編集

地域名

地図からモデルを追加

*ここは選択されたメッシュ番号が表示される

戻る 更新

図 4-45 地域プリセット登録・更新画面

4. 【SC104】 地域プリセット CityGML 関連付け画面

- 画面の目的・概要
 - 地域プリセットに CityGML の関連付けを行う画面
- 画面イメージ

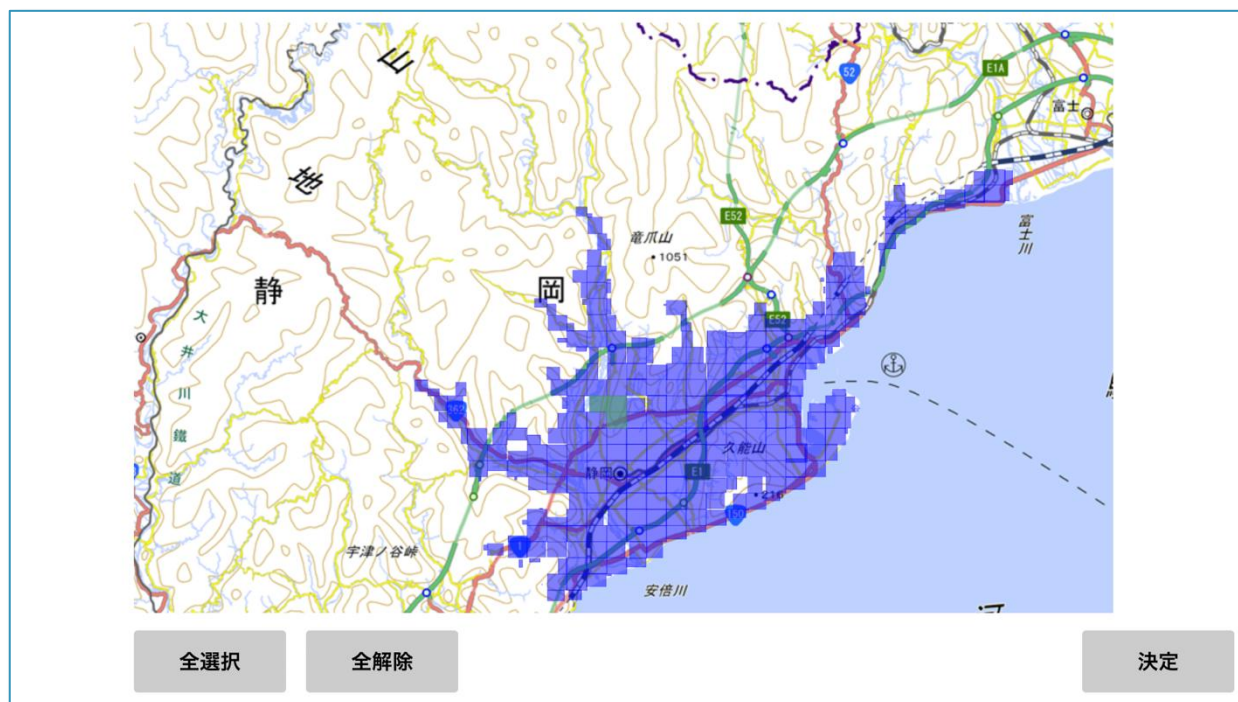


図 4-46 地域プリセット CityGML 関連付け画面

6. 【SC106】地震動プリセット一覧表示画面

- 画面の目的・概要
 - 登録されている地震動プリセットの一覧を確認できる画面
- 画面イメージ



図 4-48 地震動プリセット一覧表示画面

7. 【SC107】地震動プリセット登録・更新画面

- 画面の目的・概要
 - 地震動プリセットの登録および更新ができる画面
- 画面イメージ



図 4-49 地震動プリセット登録・更新画面

8. 【SC009】地震動プリセット付帯情報編集画面

- 画面の目的・概要
 - 地震動プリセットの付帯情報の更新を行う画面
- 画面イメージ

<地震動の付帯情報登録（編集）>

地震動識別名	設計用入力地震動（広域計算用）	変更
地震動に関する付帯情報	設計用入力地震動作成手法技術指針（案）（平成4年3月、建築研究所・日本建築センター）にもとづく設計用入力地震動（広域計算用）	変更

戻る

図 4-50 地震動プリセット付帯情報編集画面

9. 【SC108】シミュレーション予約一覧画面

- 画面の目的・概要
 - 予約されたシミュレーションの一覧表示を行う画面
- 画面イメージ

地震動シミュレーション実行状況確認					
地域	地震動データ	登録日時	登録ユーザー	ステータス	
静岡市	設計用入力地震動（広域計算用）	2024/01/15 00:00:00	TEST User	処理中	詳細
横浜市	設計用入力地震動（広域計算用）	2024/01/13 00:00:00	TEST User	処理完了	詳細

図 4-51 シミュレーション予約一覧画面

10. 【SC109】シミュレーション予約詳細画面

- 画面の目的・概要
 - 予約されたシミュレーションの詳細表示を行う画面
- 画面イメージ

地域	地震動データ
名称： 静岡市	名称： 人工地震動（広域計算用）
付帯情報： 2020年に整備された静岡市全域のLOD1モデル	付帯情報： 設計用入力地震動作成手法技術指針（案）（平成4年3月、建築研究所・日本建築センター）にもとづく設計用入力地震動（広域計算用）

ステータス	登録日時	計算結果	可視化データ	確認
処理中	2024/01/15 00:00:00			

図 4-52 シミュレーション予約詳細画面

11. 【SC110】シミュレーション結果画面

- 画面の目的・概要
 - 実行されたシミュレーションの結果表示を行う画面
- 画面イメージ



図 4-53 シミュレーション結果画面

3) 狭域シミュレーション実行画面

1. 【SC201】機能選択メニュー画面

- 画面の目的・概要
 - 各種機能へアクセスするためのメニュー画面
- 画面イメージ

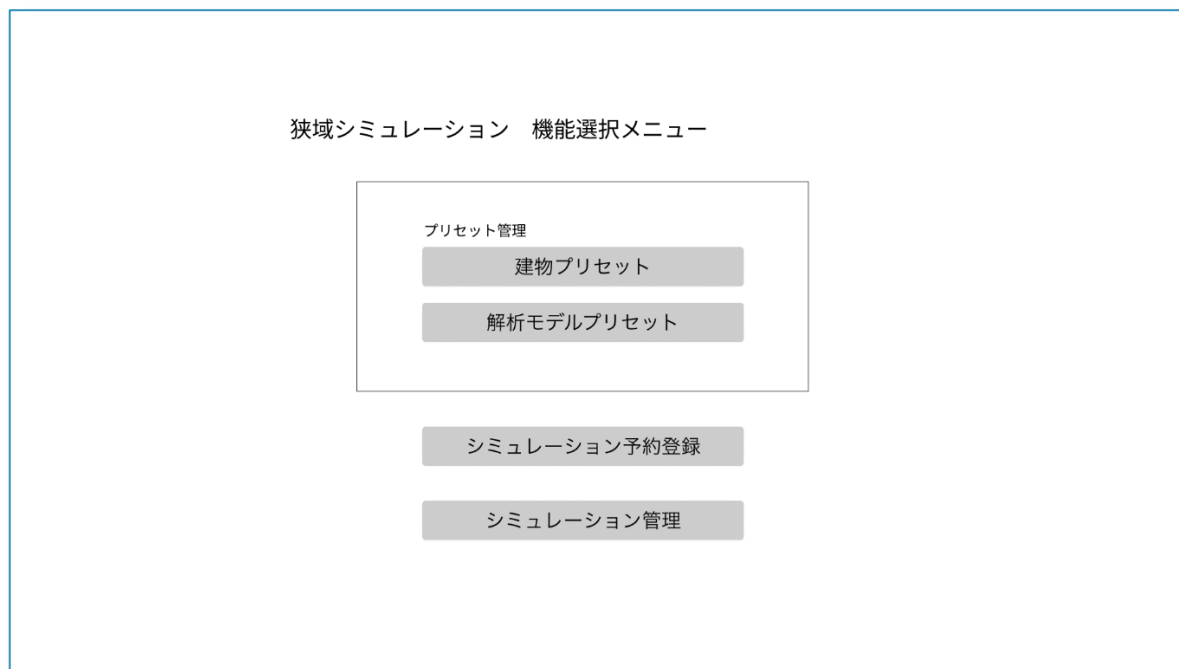


図 4-54 機能選択メニュー画面のイメージ

2. 【S202】建物プリセット一覧画面

- 画面の目的・概要
 - 登録されている建物プリセットの一覧を確認できる画面
- 画面イメージ



図 4-55 リスト画面のイメージ

3. 【SC203】 建物プリセット登録・更新画面

- 画面の目的・概要
 - 建物プリセットの登録および更新ができる画面
- 画面イメージ

建物（CityGML）の追加・編集

建物名

地図からモデルを追加

*ここは選択された建物の情報が表示される

戻る 更新

図 4-56 建物プリセット登録・更新画面

4. 【SC204】建物プリセット位置情報登録画面

- 画面の目的・概要
 - 建物プリセットに位置情報の関連付けを行う画面
- 画面イメージ

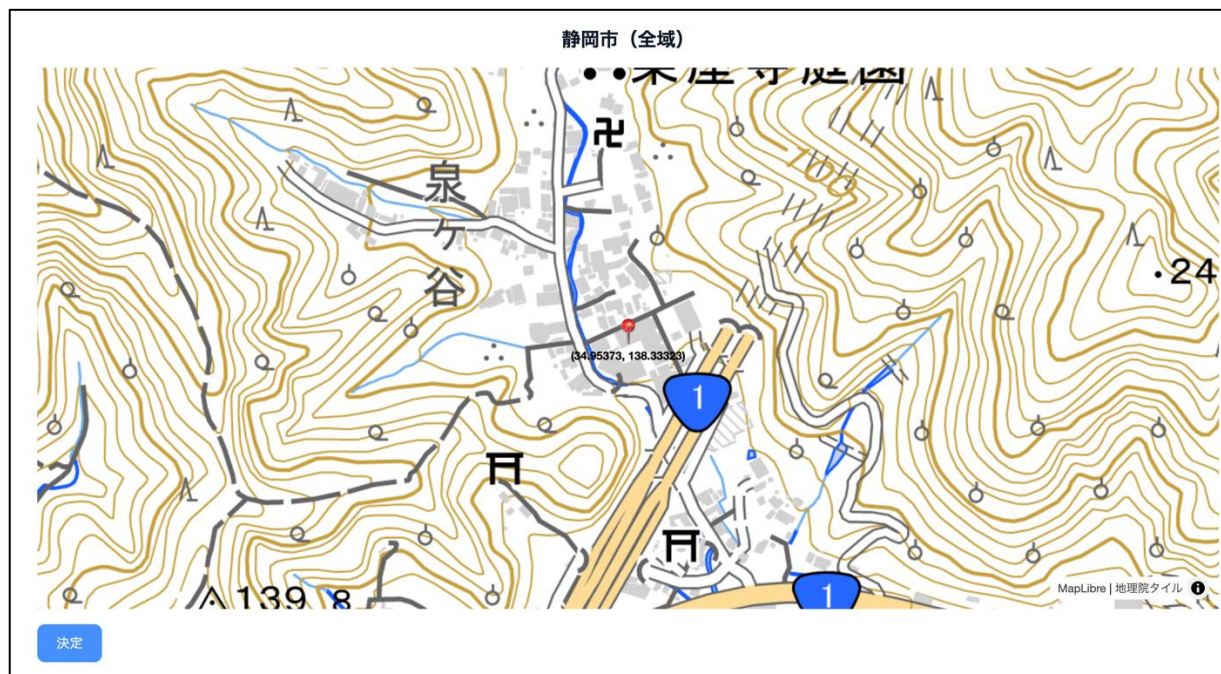


図 4-57 建物プリセット位置情報登録画面

6. 【SC206】解析モデルプリセット一覧表示画面

- 画面の目的・概要
 - 登録されている解析モデルプリセットの一覧を確認できる画面
- 画面イメージ



図 4-59 解析モデルプリセット一覧表示画面

7. 【SC207】解析モデルプリセット登録・更新画面

- 画面の目的・概要
 - 解析モデルプリセットの登録および更新ができる画面
- 画面イメージ



建物振動に関する大規模シミュレーション

TEST USER LOGOUT

解析モデルの登録

解析モデル識別名

解析モデルファイルの選択

パラメータファイルの選択

外力条件ファイルの選択

計算条件ファイルの選択

図 4-60 解析モデルプリセット登録・更新画面

9. 【SC209】シミュレーション予約一覧画面

- 画面の目的・概要
 - 予約されたシミュレーションの一覧表示を行う画面
- 画面イメージ

地震動シミュレーション実行状況確認

建物	解析モデルデータ	登録日時	登録ユーザー	ステータス	
AAAAA	標準解析モデル	2024/01/15 00:00:00	TEST User	処理中	詳細
BBBB	標準解析モデル	2024/01/13 00:00:00	TEST User	処理完了	詳細

図 4-62 シミュレーション予約一覧画面

10. 【SC210】シミュレーション予約詳細画面

- 画面の目的・概要
 - 予約されたシミュレーションの詳細表示を行う画面
- 画面イメージ



図 4-63 シミュレーション予約詳細画面

11. 【SC211】シミュレーション結果画面

- 画面の目的・概要
 - 実行されたシミュレーションの結果表示を行う画面
- 画面イメージ



図 4-64 シミュレーション結果画面

4) シミュレーション結果表示画面

1. 【SC301】 データ表示画面

- 画面の目的・概要
 - 実行されたシミュレーションの可視化表示を行う画面
 - ダッシュボードの表示を行う画面
- 画面イメージ



図 4-65 広域シミュレーションの結果表示イメージ



図 4-66 狭域シミュレーションの結果表示イメージ



図 4-67 被害状況ダッシュボード

【SC401】ランディングページ

- 画面の目的・概要
 - 社会実装後に用意するトップ画面
 - WEB サービスの実行や閲覧の入口
- 画面イメージ



お知らせ

1	メンテナンス予定: 2月15日 午前2時~4時	2025-01-30
2	メンテナンス予定: 2月6日 午前2時~4時	2025-01-28
3	対象地域を追加しました	2025-01-25



建物振動シミュレーションについて

本アプリケーションは、地震による建物の振動をリアルタイムで解析・可視化するシステムです。最新の構造解析技術を活用し、様々な地震波に対する建物の応答を精密にシミュレートします。

図 4-68 被害状況ダッシュボード

【SC402】シミュレーション一覧ページ

- 画面の目的・概要
 - 過去に実行されたシミュレーションの一覧画面
- 画面イメージ

建物振動シミュレーション

[← トップへ戻る](#)

過去のシミュレーション一覧

保存されたシミュレーション結果を検索・閲覧できます

検索・フィルター

キーワード 開始日 終了日 ログイン要否

[フィルターをクリア](#)

20件の結果が見つかりました

地域	地震動パラメーター	日時	ログイン	操作
東京都千代田区	南海トラフ地震 M9.0	2025-01-28 14:30:00	△ 不要	詳細を見る
大阪府大阪市中央区	上町断層帯地震 M7.5	2025-01-27 09:15:00	△ 必要	詳細を見る
神奈川県横浜市	相模トラフ地震 M8.2	2025-01-26 16:45:00	△ 不要	詳細を見る
愛知県名古屋	東南海地震 M8.0	2025-01-25 11:20:00	△ 必要	詳細を見る
福岡県福岡市	警固断層帯地震 M7.0	2025-01-24 13:00:00	△ 不要	詳細を見る
宮城県仙台市	宮城県沖地震 M7.8	2025-01-23 10:30:00	△ 不要	詳細を見る
北海道札幌市	石狩低地東縁断層帯 M7.3	2025-01-22 15:45:00	△ 必要	詳細を見る
京都府京都市	花折断層帯地震 M7.2	2025-01-21 08:00:00	△ 不要	詳細を見る
兵庫県神戸市	六甲・淡路島断層帯 M7.5	2025-01-20 17:30:00	△ 必要	詳細を見る
静岡県静岡市	東海地震 M8.0	2025-01-19 12:15:00	△ 不要	詳細を見る

2 ページ中 1 ページ目

図 4-69 過去シミュレーション一覧

【SC403】新規シミュレーション作成画面

● 画面の目的・概要

- シミュレーション作成を対話型で進めていく画面

画面イメージ

ステップ1：地域選択



図 4-70 地域選択

ステップ2：地区選択

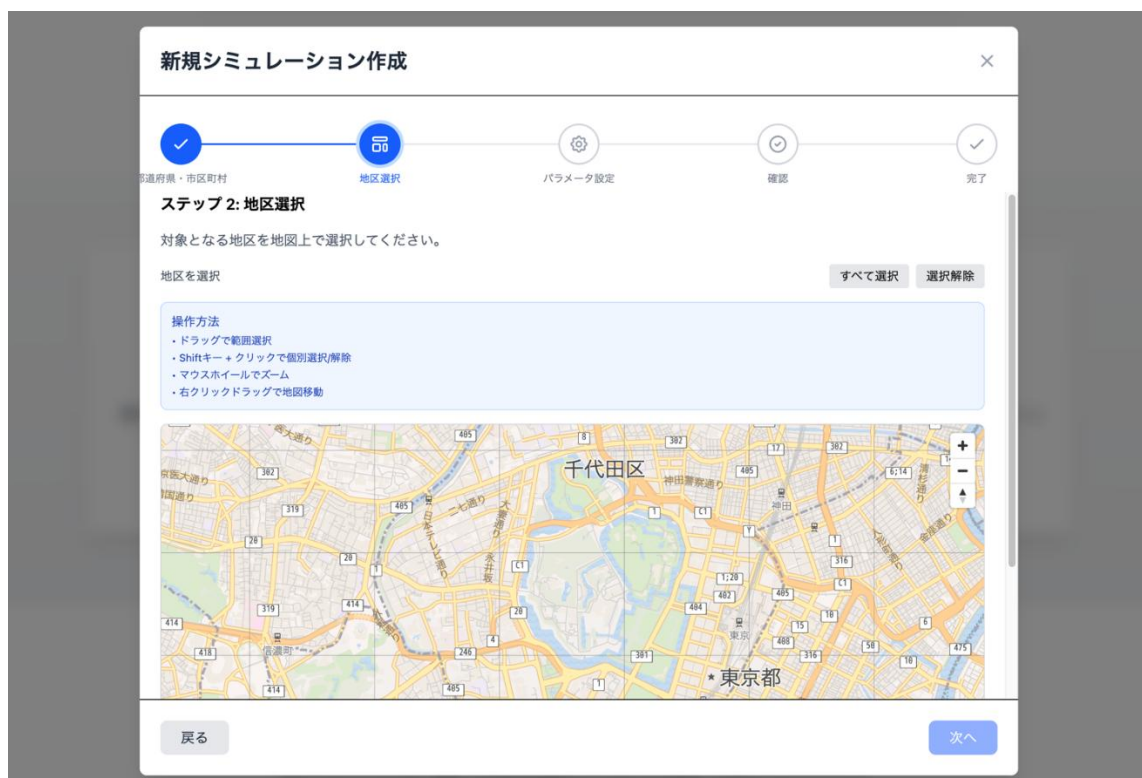


図 4-71 地区選択

ステップ3：地震動パラメータ設定



図 4-72 パラメータ選択

ステップ4：確認



図 4-73 予約確認画面

ステップ5：予約完了画面

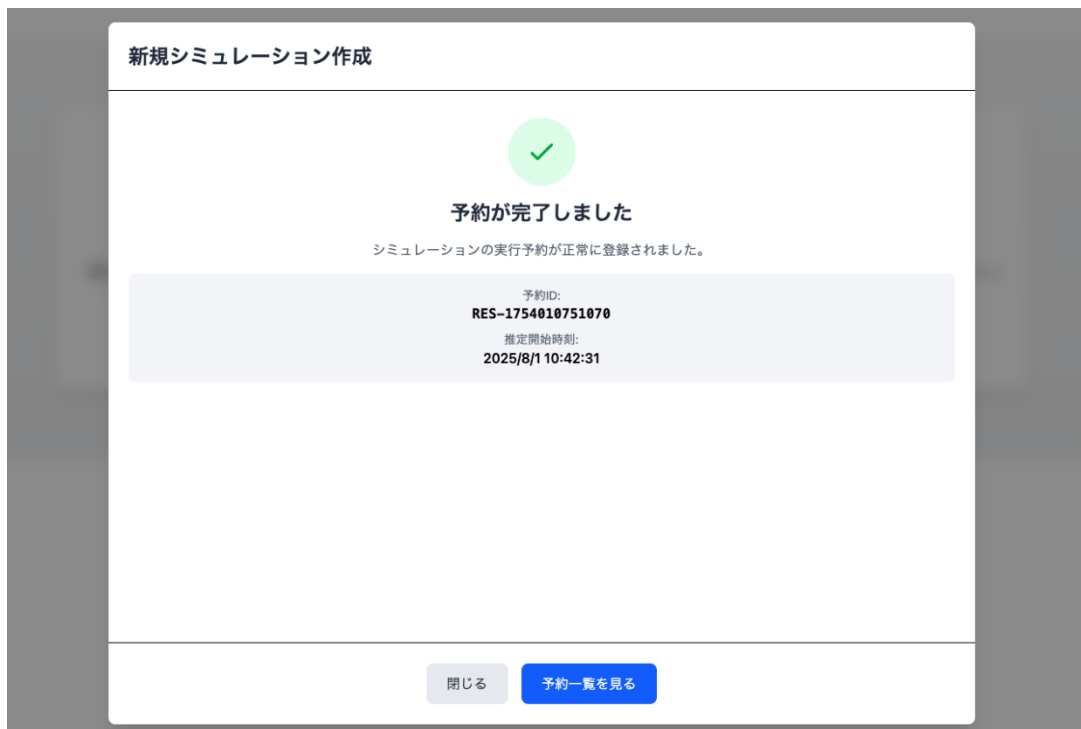


図 4-74 予約完了画面

【SC501】 ログインダイアログ

- 画面の目的・概要
 - ログインが必要な場合のダイアログ
- 画面イメージ

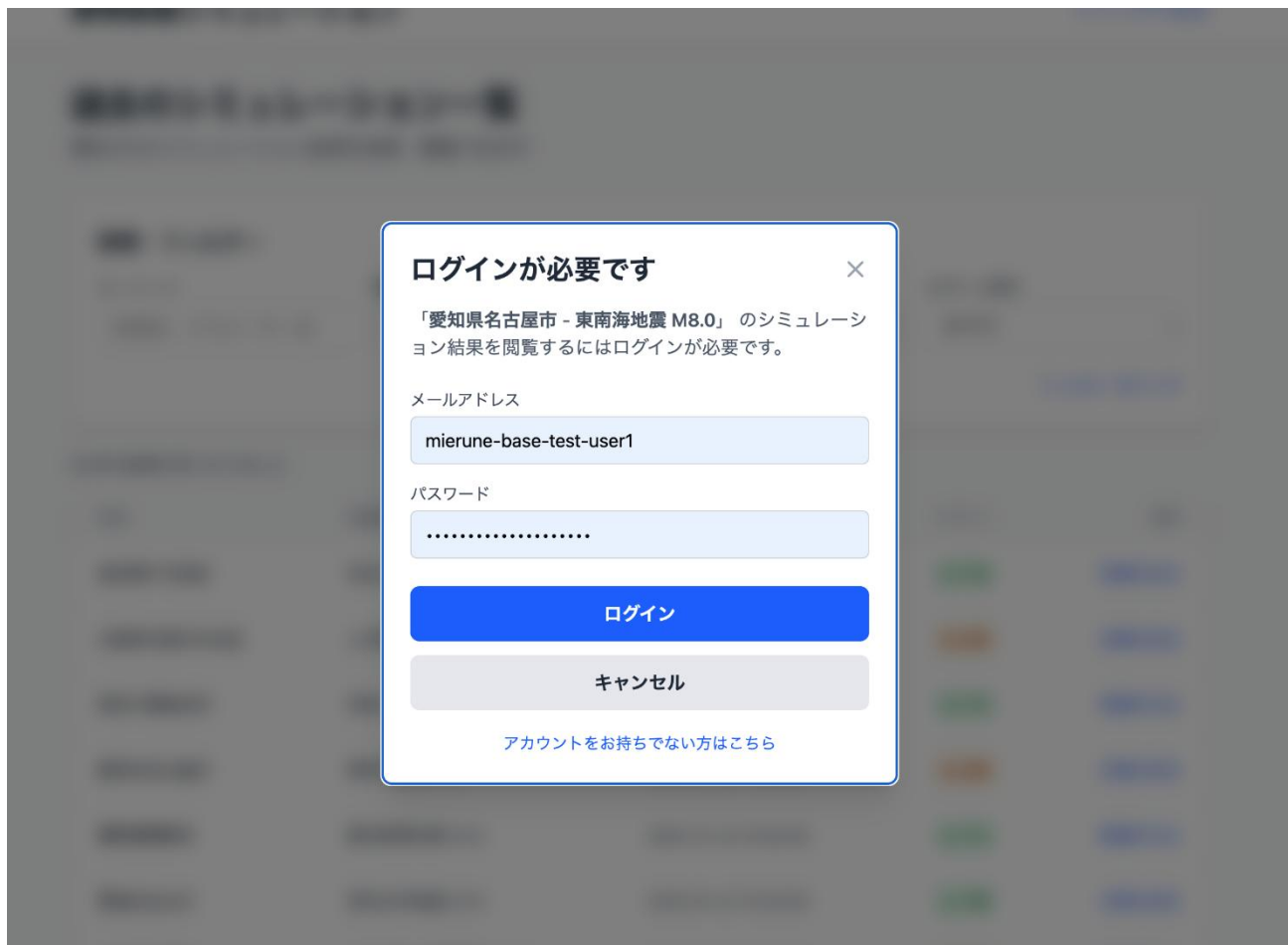


図 4-75 ログイン画面

【SC601】被害集計ダッシュボード画面

- 画面の目的・概要
 - シミュレーション結果の全体的な被害状況を集計し、円グラフと数値で可視化する画面
 - 被害レベル別の建物棟数を一目で把握できるダッシュボード
- 画面イメージ

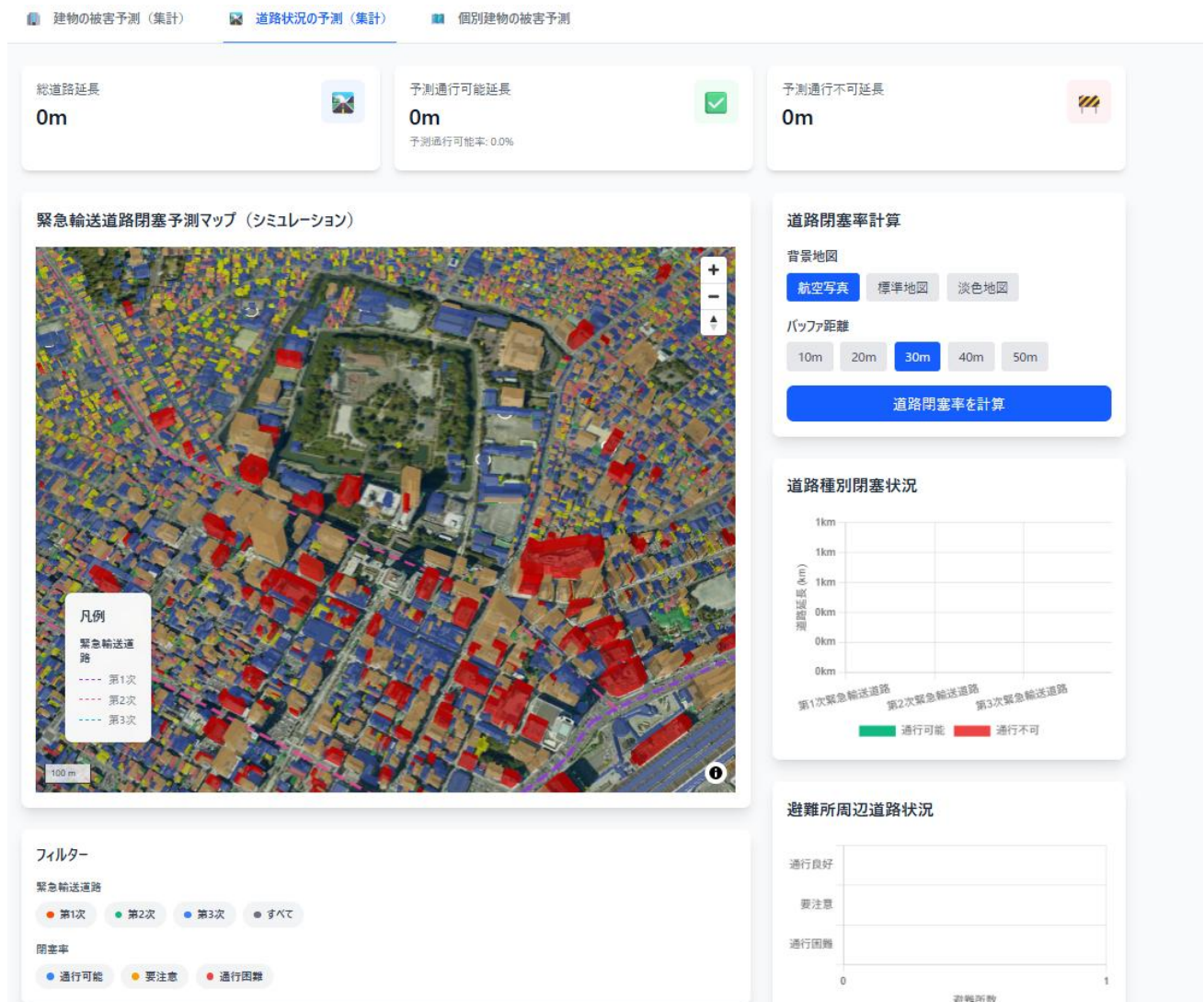


図 4-77 被害集計画面

【SC602】緊急輸送道路影響分析画面

- 画面の目的・概要
 - 緊急輸送道路沿いの建物被害状況を分析し、道路閉塞リスクを評価する画面
 - 道路ごとの通行可能性を色分けで表示し、災害時の輸送計画立案を支援
- 画面イメージ



図 4-78 緊急輸送路集計画面

【SC603】 応急仮設住宅集計画面

- 画面の目的・概要
 - シミュレーションにより算出された建物の被害棟数（倒壊・半壊等）を基に、各市町村で必要となる応急仮設住宅の戸数を推計する機能を実装
- 画面イメージ



図 4-79 応急仮設住宅集計画面

4-7. 実証システムの利用手順

4-7-1. 実証システムの利用フロー

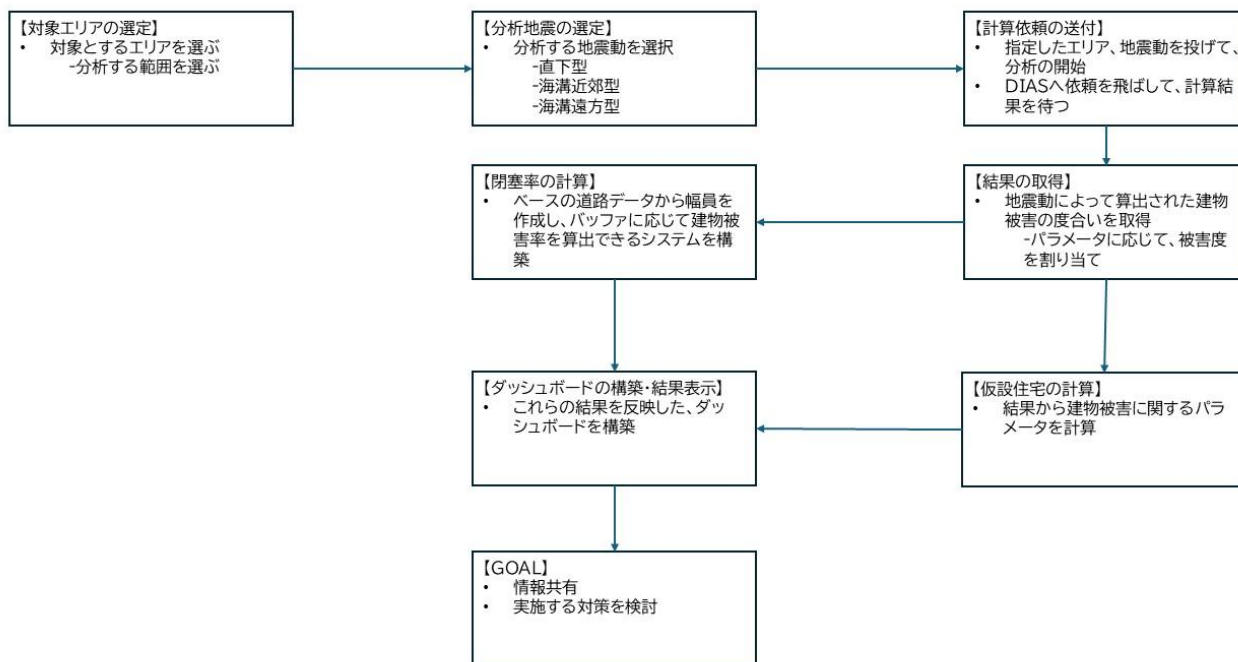


図 4-80 システムの利用フロー

対象のエリアを選択したうえで、分析する地震動を選択。これを決定することで、DIAS に対して計算条件として必要な建物属性情報（建物年代/建物構造/建物高さ）及び与えるべき地震動（地震波形）について指定を行い、シミュレーションを実施させることができる。その後、シミュレーション結果を踏まえて道路閉塞率/必要仮設住宅数を計算したうえで、結果表示ダッシュボードに統合し、対策の実施を検討する。

4-7-2. 各画面操作方法

1) ダッシュボードの表示

- 地図上で建物・地域をマウス選択し、シミュレーションの対象とする建物・地域を定義する

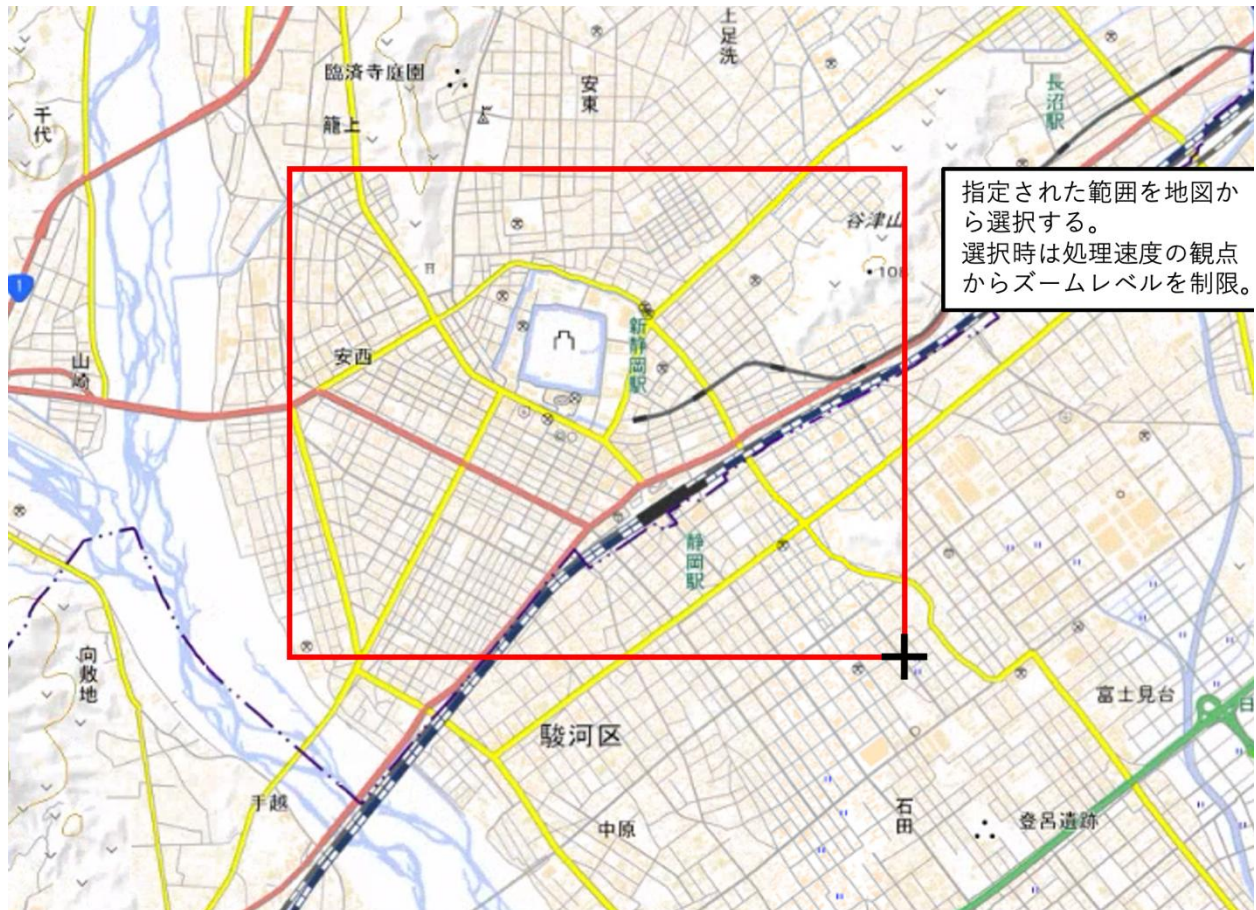


図 4-81 対象地域の設定方法

5. システムの非機能要件

5-1. 社会実装に向けた非機能要件

表 5-1 非機能要件一覧

カテゴリ	ID	項目	詳細
可用性	NR001	安定動作時間	● シミュレーションを実施するため 12 時間稼働すること
性能・拡張性	NR002	データの読み込み速度	● システム利用者が不快なくシステム運用を行うことを想定し、インプットデータの読み込みを 1 分以内でおこなうこと
	NR003	システムの処理実行速度	● シミュレーションの実行から結果表示まで 2 日以内で実施すること
	NR004	画面描画のフレームレート	● すべてのデータ表示が 30fps 以上で実施可能であること
運用・保守性	NR005	認証	● 利用ユーザーを特定するためにメールアドレス、パスワードを設定したアカウントを発行する

5-2. 有用性検証に向けた非機能要件

- 1) 【NR001】 システムの連続稼働時間
 - 本非機能要件を適用するシステム
 - 【FN009】 【FN109】
 - 目標値
 - 12 時間
 - 設定理由
 - シミュレーションの実行に時間がかかるため、12 時間の連続稼働時間を確保する。
 - 評価方法
 - 12 時間のシステム連続稼働を 2 回行い、システムダウンが発生しないことを確認する。

- 2) 【NR002】 データの読み込み速度
 - 本非機能要件を適用するシステム
 - 【FN009】 【FN109】
 - 目標値
 - 1 分
 - 設定理由
 - データ量は多くなるため、秒単位での読み込みは難しいが、少なくとも 1 分以内のデータ読み込み時間とする。
 - 評価方法
 - データ読み込みを 10 回行い、読み込み時間を計測する。

- 3) 【NR003】 システムの処理実行速度
 - 本非機能要件を適用するシステム
 - 【FN009】 【FN109】
 - 目標値
 - 2 日
 - 設定理由
 - データ量がかなり多い場合も考えられるため、シミュレーションの実行時間は多めに見積もる必要があるが、コストの改善を考慮し 2 日以内を目標とする。
 - 評価方法
 - 大量データのシミュレーション実行を 3 回行い、処理完了までの時間を計測する。

- 4) 【NR004】 画面描画のフレームレート
 - 本非機能要件を適用するシステム

➤ 【FN201】 【FN202】 【FN203】 【FN204】 【FN205】

- 目標値
 - 30fps
- 設定理由
 - 画面表示する地物がかなり多く、表示 PC への負荷が懸念されるが、最低限利用できるフレームレートとして 30fps を目標とする。
- 評価方法
 - 大量データの表示を 10 回行い、画面表示の fps を計測する。

5) 【NR005】 認証

- 本非機能要件を適用するシステム
 - 【FN001】 【FN101】
- 目標値
 - ゲストユーザーはシミュレーションの利用不可
- 設定理由
 - シミュレーション実行の利用者は不特定多数のユーザーが利用することは想定されていないため、メールアドレスおよびパスワードでの認証を行う。
- 評価方法
 - ゲストユーザーでのシミュレーションが利用出来ないことの確認を行う。

6. 品質

6-1. 機能要件の品質担保

表 6-1 機能要件の品質担保方針

対象プロセス/ サブシステム	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
シミュレーション結 果の妥当性	シミュレーショ ンの結果	● 他の地域での実 際の結果との比 較	2025/10～11月	● 運用テスト による検証

6-2. 非機能要件の品質担保

表 6-2 非機能要件の品質担保方針

対象項目	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
シミュレーション実 行システム	システム稼働時 間	● 24 時間	2025/10～11月	● 運用テストによる 検証
	データ読み込み 速度	● 30 秒	2025/10～11月	● 運用テストによる 検証
シミュレーション結 果表示	仮面描画フレー ムレート	● 30fps	2025/10～11月	● 運用テストによる 検証

7. 実証技術の機能要件の検証

7-1. シミュレーションの実施

7-1-1. 検証目的

- シミュレーションのベースの結果の精度について検証をする
- 広域シミュレーションが問題なく実行されるかを検証する
- シミュレーションの結果が問題なく可視化されているかを検証する

7-1-2. KPI

表 7-1 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法
1	過去災害との比較（熊本地震／益城町）	適合率 70%	● 過去の災害における被災状況とシミュレーション結果について比較	● 内閣府防災の推定方法と比較を行い、本システムのシミュレーションとの乖離を見る。
2	シミュレーション開始から終了までの時間	1 メッシュのデータあたり 2 時間	● 処理にかかる時間と、利用率は連動すると考えられるため	● プロダクションの環境でシミュレーションを実行する
3	可視化	100%	● シミュレーションが行われても、可視化ができていなければ意味をなさないため	● シミュレーション実行後、可視化のページを閲覧する

7-1-3. 検証方法と検証シナリオ

a. 過去災害と比較検証

- 熊本地震の際に被災した益城町を対象として、災害後の悉皆調査の結果とシミュレーション結果を比較し、適合率 70%を目指す。この 70%は、内閣府防災の震度による被害集計の精度であり、この精度と同等の結果を得られるか確認をする。

No.	検証方法	該当建物数	精度
a-1	熊本地震／益城町	2496 棟	70%

b. シミュレーション開始から終了までの時間の計測

- メッシュ内の建物数で変化があると思われるため、指定メッシュを変化させ、平均値を取得する
 - メッシュをランダムに取得する
 - シミュレーションの実行処理および、可視化できるまでの時間を計測する

表 7-2 検証シナリオ一覧

No.	検証方法	メッシュ数	時間
b-1	ベースケース	1 メッシュ	2 時間
b-2	メッシュ数を増やす	3 メッシュ	6 時間

7-1-4. 検証結果

a. 過去災害と比較検証

内閣府防災の推計方法と比較した表は以下の通り。

No.	評価指標・KPI	検証内容	目標値	結果	示唆
1.	過去災害との比較（熊本地震／益城町）	内閣府防災の推定方法と比較を行い、本システムのシミュレーションとの乖離を見る。	適合率 70% (内閣府：73%)	適合率 74%	類型損傷や建物個別の体制性能のばらつきを考慮できていないため、このような結果になっているが、全般的には良好な結果を得られている。

b. シミュレーション開始から終了までの時間の計測

シミュレーションについては以下のような結果になった。

No.	評価指標・KPI	検証内容	目標値	結果		示唆
				項目	評価値	
1.	シミュレーションの実施時間	プロダクションの環境でシミュレーションを実行する	1 メッシュのデータあたり 2 時間	1 メッシュ	約 30 分	建物数によるが結果反映に特段問題はなかった。 最短約 1.5 時間
				3 メッシュ	約 1.5 時間	
2.	可視化	シミュレーション実行後、可視化のページを閲覧する	100%	シミュレーション結果	100%	シミュレーションした結果についてはきちんと反映することができ、結果を確認することができた。

7-2. ダッシュボードの有用性

7-2-1. 検証目的

- ダッシュボードが業務に有用かどうかを検証する
- 操作性に問題がないかどうかを検証する

7-2-2. KPI

表 7-3 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法
1	ダッシュボードでの統計算出、表示の時間	3 秒	● 処理にかかる時間と、利用率は連動すると考えられるため	● プロダクションの環境でダッシュボードを表示する
2	ダッシュボードの使い勝手についてのヒアリング	70%	● 使いづらいシステムになっていないかどうかという点は重要であるため	● 使い勝手に関するアンケートを実施する

7-2-3. 検証方法と検証シナリオ

c. ダッシュボードで計算を行う時間の計測

- 計算を行い、統計結果を表示させる
 - 統計処理の実行処理および、可視化できるまでの時間を計測する

表 7-4 検証シナリオ一覧

No.	検証方法	メッシュ数	時間
b-1	ベースケース	1 メッシュ	3 秒
b-2	対象メッシュ数を増やす	2 メッシュ	6 秒

d. 使い勝手に関するヒアリング

- アンケートの作成

実証立ち合いの際に以下の項目をアンケートとしてヒアリング。1 または 2 におけるカウントを行う。

 1. 画面の見やすさ・分かりやすさはいかがでしたか？

回答 1 良い 2. やや良い 3. やや悪い 4 悪い
 2. システムは使いやすかったですか？

回答 1. そう思う 2. ややそう思う 3. あまりそう思わない 4. そう思わない

7-2-4. 検証結果

No.	評価指標・KPI	検証内容	目標値	結果		示唆
				項目	評価値	
1.	ダッシュボードでの統計算出、表示の時間	プロダクションの環境でダッシュボードを表示する	1 メッシュ 3 秒	1 メッシュ	100%	クリックをした後の計算に関しては 2 秒程度で結果を閲覧できるようになった。
			2 メッシュ 6 秒	2 メッシュ	100%	連続でクリックした際も同様に 2 秒程度で閲覧できるようになり、比較検討を行うことができるようになった。
2.	ダッシュボードの使い勝手についてのヒアリング	使い勝手に関するアンケートを実施する	70%	2 地方公共団体にヒアリング	100%	2 自体 7 人にヒアリングを実施。質問 1 については、約 60%が良い、残りの 40%がやや良いとの回答。質問 2 についても使いやすいという回答が約 40%、残りの 60%がやや使いやすいという回答であった。 そのため、この項目においては使用しやすいと想定される。

8. 実証技術の非機能要件の検証

8-1. 検証目的

- 実証実験を実施するために必要な時間、安定してシステムが稼働することを検証する
- 実証実験を安全に実施するために必要なセキュリティが担保されることを検証する
- ユーザーが使いやすいシステムであることを検証する

8-2. KPI

表 8-1 非機能要件の KPI 一覧

カテゴリ	ID	項目	詳細
可用性	NR001	安定動作時間	● ワークショップが実業務と同等の工数を要するため、2 時間以上の安定動作時間を確保すること
性能・拡張性	NR002	データの読み込み速度	● システム利用者が不快なくシステム運用を行うことを想定し、インプットデータの読み込みを 1 分以内でおこなうこと
	NR003	データのアップロード速度	● 利用時に一般的にアップロードするサイズのデータ（100MB）を、一般的な回線（実測 30 Mbps）で、1 分でアップロードできること
	NR004	システムの処理実行速度	● シミュレーションの実行から結果表示まで 20 秒以内で実施すること
	NR005	画面描画のフレームレート	● 使用するすべての 3D モデル表示が 30fps 以上で実施可能であること
	NR006	インフラの拡張性	● ユーザー数が増えた場合に、容易に仮想マシンを追加し Web サーバーを増強できる
運用・保守性	NR007	認証	● 利用ユーザーを特定するためにユーザー名、メールアドレス、8 桁以上のパスワードを設定したアカウントを発行する
	NR008	認証	● 正しいユーザーID とパスワードでのみログインできること
	NR009	セキュリティ	● HTTPS を通信に使用すること
	NR010	セキュリティ	● ファイヤーウォールで必要なポート以外のアクセスを遮断すること
ユーザビリティ	NR011	操作性	● ユーザーが操作できる UI が明確に提示されていること
	NR012	デザイン	● デザイン・デザインルールの標準化がされており、わかりやすい UI となっていること

カテゴリ	ID	項目	詳細
	NR013	デザイン	● ユーザーの操作に対する反応が適切にあること
	NR014	アクセシビリティ	● 色覚異常に対して見やすいカラースキームとなっていること
その他	NR015	OSS	● システムを OSS として公開すること

8-2-1. 検証方法と検証シナリオ

表 8-2 非機能要件の検証方法

対象項目	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
シミュレーション結果	全体	● -	2025/1~2 月	● 実証準備項目として実証計画書に方針記載

8-2-2. 検証結果

なお、一部の評価項目については未達となった。主な要因としては、外部連携基盤（DIAS）の処理特性に依存する稼働安定性や、UI デザイン標準化・アクセシビリティ対応など、当年度内に対応範囲が限定的であった点が挙げられる。本件は今年度で事業を終了するため、未達項目については本事業で確認された課題として整理し、今後の検討に資する観点として記録するものとした。

表 8-3 検証結果

No.	カテゴリ	項目	詳細	結果		示唆
				項目	評価値	
1.	可用性	安定動作時間	ワークショップが実業務と同等の工数を要するため、2 時間以上の安定動作時間を確保すること	2 時間以上 安定稼働	一部未達	シミュレーションを実行する DIAS 側の安定稼働が課題。 表示側については安定している。
2.	性能・拡張性	データの読み込み速度	システム利用者が不快なくシステム運用を行うことを想定し、インプットデータの読み込	読み込み分 数	達成して いる	読み込みについてはおおむね問題なし。

No.	カテゴリ	項目	詳細	結果		示唆
				項目	評価値	
			みを1分以内でおこなうこと			
3.	性能・拡張性	データのアップロード速度	利用時に一般的にアップロードするサイズのデータ(100MB)を、一般的な回線(実測30Mbps)で、1分でアップロードできること	読み込み時間	達成している	管理画面からの地震プリセットのCSVアップロードが該当するが、1MB以内なのでアップロード速度面では問題ない
4.	性能・拡張性	システムの処理実行速度	シミュレーションの実行から結果表示まで20秒以内で実施すること	結果表示20秒以内	達成している	建物被害予測 1小学校区：約3秒 1メッシュ：約2秒 道路閉塞(範囲による)4メッシュ程度：4秒
5.	性能・拡張性	画面描画のフレームレート	使用するすべての3Dモデル表示が30fps以上で実施可能であること	個別建物の被害予想	達成している	
6.	性能・拡張性	インフラの拡張性	ユーザー数が増えた場合に、容易に仮想マシンを追加しWebサーバーを増強できる	増強できるか	達成している	Amazon CloudFront+Amazon S3で構成しているため、オートスケーリングできる
7.	運用・保守性	認証	利用ユーザーを特定するためにユーザー名、メールアドレス、8桁以上のパスワードを設定したアカウントを発行する	アカウント発行	達成している	現状 Basic 認証のみ 2月に AIGID ログインを実装予定
8.	運用・保守性	認証	正しいユーザーIDとパスワードでのみログインできる	管理画面	達成している	同上

No.	カテゴリ	項目	詳細	結果		示唆
				項目	評価値	
			こと			
9.	運用・保守性	セキュリティ	HTTPS を通信に使用すること	機能的要件	達成している	通信の利用については問題なし。
10.	運用・保守性	セキュリティ	ファイヤーウォールで必要なポート以外のアクセスを遮断すること	機能的要件	達成している	Amazon CloudFront にて Hhttps のみ使用 (http は https へリダイレクト)
11.	ユーザビリティ	操作性	ユーザーが操作できる UI が明確に提示されていること	ヒアリング	達成している	ユーザビリティに関しては評価が高くレスポンスが高かった。
12.	ユーザビリティ	デザイン	デザイン・デザインルールの標準化がされており、わかりやすい UI となっていること	ヒアリング	一部未達	緊急輸送道路の閉塞時の表示 (線種&色分け) のため、改善の余地あり
13.	ユーザビリティ	デザイン	ユーザーの操作に対する反応が適切にあること	ヒアリング	達成している	現場検証会においては、ビジュアルライズの面で説得力があるので一定評価されている。
14.	ユーザビリティ	アクセシビリティ	色覚異常に対して見やすいカラースキームとなっていること		一部未達	道路閉塞表示に多数の色を使用しているため、色覚異常に対して配慮は出来ていない
15.	その他	OSS	システムを OSS として公開すること		一部未達	終了後、公開予定 ただし、シミュレーション実行は、オフミット予定。(DIAS のリソース必須のため)

9. 公共政策面での有用性検証

9-1. 検証目的

実証仮説に基づき、以下の検証目的を設定する。

【地方公共団体職員による地震シミュレータの活用による防災対策の利活用】

- 従来、詳細な地震シミュレーションに関しては専門業者及びスタンドアロンの PC の導入が必要であり、地方公共団体職員が容易に活用ができる環境ではなかった。そのため、地方公共団体職員でも任意の個所でシミュレーションを実行し、防災対策での活用を実現する。

【道路閉塞率の算出及び応急仮設住宅必要数算出機能による防災対策計画への利活用】

- 建物シミュレーションのみでは、地方公共団体職員にとって利活用が難しい環境であった。そのため、具体的な危険度を建物以外（道路閉塞／応急仮設住宅の必要数）に変換することによって地方公共団体職員が防災計画へ組み込めるようなシステムを実現する。

【本システムの活用に関するビジネス展開について】

- 本システムを使用する場合に、シミュレーション等を実行するときにコストが発生する。そのため、本システムを使用することに対して導入する可能性があるか、導入する場合にどのような条件・費用面であれば折り合いがつくのか検証を行う。

上記の検証目的に基づき、主に以下の4点について、汎用的な地震シミュレータシステムの有用性検証を行った。

- 地方公共団体職員による本システムの利活用について
 - 本システムの使用感はどうか。
 - 本システムを活用することによって業務改善等の検討ができるか。
- 道路閉塞率の算出及び応急仮設住宅必要数算出機能の防災対策計画への利活用
 - 道路閉塞率の分析機能に関して業務に利活用できそうか。
 - 応急仮設住宅必要戸数の分析機能に関して業務に利活用できそうか。
 - 利活用できる場合、どのようなことに使用することができそうか。
- 本システムの活用に関するビジネス展開について
 - 本システムの導入可能性はあるか。
 - 本システムを導入する場合の条件についてどのようなものがあるか。

9-2. 検証方法

検証方法として、被験者に対してデモンストレーションを採り入れたヒアリング・アンケートを実施する。(被験者の詳細については「9-3.被験者」にて、ヒアリング・アンケートの項目については「9-4.ヒアリング・アンケートの詳細」において記載)

事業者向けヒアリングの実施については以下のとおりである。

- 会場 1：戸田市会議室
- 機材：体験および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® Core™ Ultra 5 プロセッサ
 - メモリ：16 GB
 - OS：Windows 10/11(64bit)
 - 通信環境：各社で用意された社用 Wi-Fi
- 検証方法：対面で 60 分程度のシステム操作体験会を開催し、体験会内でのヒアリング及びアンケートにより評価（実施方法の詳細は「9-4.ヒアリング・アンケートの詳細」において記載）

- 会場 2：静岡市都市計画課会議室
- 機材：体験および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® Core™ Ultra 5 プロセッサ
 - メモリ：16 GB
 - OS：Windows 10/11(64bit)
 - 通信環境：各社で用意された社用 Wi-Fi
- 検証方法：対面で 60 分程度のシステム操作体験会を開催し、体験会内でのヒアリング及びアンケートにより評価（実施方法の詳細は「9-4.ヒアリング・アンケートの詳細」において記載）

9-3. 被験者

表 9-1 被験者リスト（戸田市）

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
都市計画関連業務委託者	戸田市市役所	都市計画課	都市創造担当	● 都市マスタープラン、地域地区等の都市計画決定・変更、地区計画等	3名
		危機管理防災課	防災担当	● 地域防災計画及び連絡調整、防災会議及び災害対策本部、防災に係る啓発活動、防災施設整備、事故及び自然等災害対策の統括	2名
		道路管理課	道路保全担当	● 道路・橋りょう、カーブミラー・道路照明灯等の維持管理、道路境界の確認	2名

このうち、アンケート回答は各課統合したものを収集。

表 9-2 被験者リスト（静岡市）

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
都市計画関連業務委託者	静岡市市役所	都市計画課	土地利用計画係	● 用途地域、地区計画、高度地区等に関すること等	1名
		建築部	建築総務課	● 建築に係る政策の企画に関すること。 ● 市有建築物の耐震対策に関すること。	3名
オブザーバー	静岡市役所	DX 推進課	地域デジタル化推進係	● 地域デジタルに関する業務全般	3名
		都市計画課	土地利用計画係	● 用途地域、地区計画、高度地区等に関すること等	1名

静岡市の場合、アンケート対象者は都市計画関連業務委託者のみ（計4名）。

9-4. ヒアリング・アンケートの詳細

9-4-1. アジェンダ・タイムテーブル

表 9-3 アジェンダ・タイムテーブル

No	アジェンダ	所要時間
1	オープニング／ご挨拶	5分
2	本実証の趣旨・概要	5分
3	システム（シナリオ）の説明/デモ解説	15分
4	システムの体験	15分
5	ヒアリング・意見交換	10分
6	クロージング	5分

9-4-2. アジェンダの詳細

表 9-4 アジェンダの詳細

No	アジェンダ（再掲）	内容
1	オープニング／ご挨拶	<ul style="list-style-type: none"> ● 本実証実験でアプローチする課題や背景の説明
2	本実証の趣旨・概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 本実証実験の比較対象となる従来手法の説明 ● 本実証実験で用いるシステムの提供価値 ● システムの全体像の説明 ● 本シミュレーションの精度 ● 昨年度からの更新部分の説明
3	システム（シナリオ）の説明/ デモ解説	<ul style="list-style-type: none"> ● 実際のシステムの動かし方 <ul style="list-style-type: none"> ➢ シミュレーションの予約 ➢ 結果ダッシュボードの見方
4	システムの体験	<ul style="list-style-type: none"> ● 同上のシステムを実際に動かす。
5	ヒアリング・意見交換	<ul style="list-style-type: none"> ● 全体でのディスカッションを実施。
6	アンケート回答	<ul style="list-style-type: none"> ● アンケートを配布し、その場で回答。 一部メンバーに関しては後日回収。

9-4-3. 検証項目と評価方法

システム操作、ユーザビリティ評価、及び施策への活用を検証項目とし、それぞれ定量・定性的に評価する。詳細把握のために、以下観点を検証可能なアンケートを別途作成した。

表 9-5 検証項目と評価方法

検証観点	検証項目	定量評価	定性評価
1) 地方公共団体職員による地震シミュレータの活用による防災対策の利活用	システムの使用感	<ul style="list-style-type: none"> ● 選択肢は「ほとんど期待できない」を1、「とても期待できる」を5とした5段階で設定 ● 回答を集計し、各設問で過半数が4以上の回答を目標 	<ul style="list-style-type: none"> ● アンケートの各設問に自由記入欄を設定 ● 上記で得られた個々の意見をもとにヒアリングを行う
	システムを活用することによって業務改善ができるか		
2) 道路閉塞率の算出及び応急仮設住宅必要数算出機能の防災対策計画への利活用	道路閉塞率の分析機能の利活用	<ul style="list-style-type: none"> ● 選択肢は「ほとんど期待できない」を1、「とても期待できる」を5とした5段階で設定 ● 回答を集計し、各設問で過半数が4以上の回答を目標 	
	応急仮設住宅必要戸数の分析機能の利活用		
	利用する際の活用シーン	<ul style="list-style-type: none"> ● 自由記述欄に記入 	
3) 本システムを活用するビジネス展開	導入可能性の検討	<ul style="list-style-type: none"> ● 選択肢は「ほとんど期待できない」を1、「とても期待できる」を5とした5段階で設定 ● 回答を集計し、各設問で過半数が4以上の回答を目標 	
	導入の際の障壁	<ul style="list-style-type: none"> ● 自由記述欄に記入 	

9-4-4. 実証実験の様子

静岡市での実証実験の様子。シミュレーションの結果について PC で閲覧している。



図 9-1 静岡市での実証の様子

戸田市役所において、シミュレーション予約に関する説明を実施。



図 9-2 シミュレーション予約風景

シミュレーション結果について実際に閲覧をしている様子。



図 9-3 シミュレーション結果の閲覧

9-5. 検証結果

本プロジェクトで開発した地震動シミュレーションシステムについて実証実験を行った結果、システムの使用感および道路閉塞率分析機能については高い評価が得られた。一方で、実業務での活用およびビジネス展開については課題が残る結果となった。

高評価の要因として、以下の点が挙げられる。第一に、これまでハードルが高かったシミュレーションの実行を簡易化できたこと、第二に、分析結果を 3D モデルで Web ブラウザ上にスムーズに表示できること、第三に、建物単位の被害情報を道路閉塞率として可視化することで、個別建物とメッシュの中間的な粒度での分析が可能となり、外部公開に適したツールとなったことである。

以下、各検証項目について詳述する。

道路閉塞率の算出の観点においては、備蓄品輸送の際の経路検討や避難時の経路検討等について活用可能性が期待された。具体的には、避難所周辺の道路閉塞率を算出したうえで、どの経路であれば物資を供給できるか、大型の車両等が入ることができるか検討を行うことができ、活用したいとの意見が得られた。一方で、地震シミュレーション自体が市町村ではなく県からのデータをもとに対応することが多いため、応急仮設住宅必要数に関しては、県との地震被害の様相が一致しない可能性、シミュレーション自体をベンダーに依頼して対応することも多く、信頼性の担保等についての懸念事項が多かった。加えて地震災害による被害は建物の倒壊以外にも液状化等の被害もあるため、複合災害への対応について検討が必要との意見が得られた。

本システムの活用に関するビジネス展開においては、総じて業務で導入することは厳しいという意見を得た。これは上記のように被害の様相等の整合性の問題や、地震動シミュレーションであるため、通常時の利活用を想定しにくい等の点が挙げられる。また、データを出力して市内 GIS への搭載をしたいという意見もあった。どのような形で出力データを提供していくかについて今後検討を行う必要がある。

1) 地方公共団体職員による地震シミュレータの活用による防災対策の利活用

7名の回答者のうち、「良い」もしくは「やや良い」を選択した割合が、システムの使いやすさ及び画面の見やすさについては100%であった。ビジュアルイズに関しては好意的な意見をいただいた。特に、口頭説明や数値のみのシーンがよりわかりやすくなるという意見をいただいた。

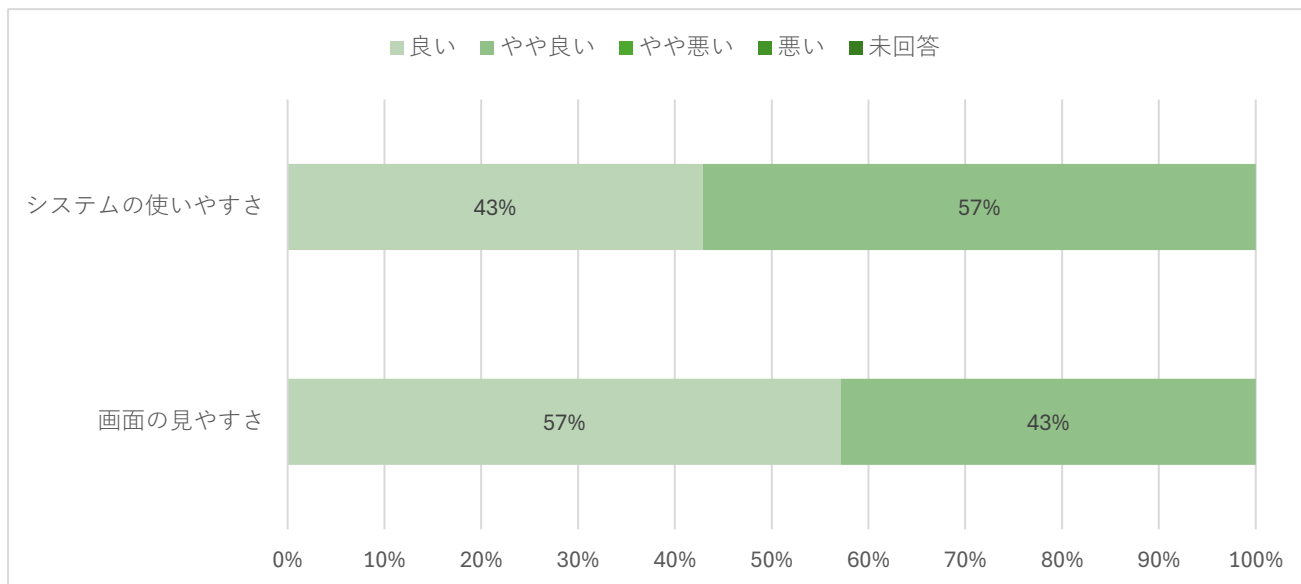


図 9-4 地方公共団体職員による地震動シミュレーションの UI/UX に関するアンケート結果 (n=7)

表 9-6 地方公共団体職員による地震動シミュレーションの UI/UX に関する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
2	画面の見やすさ	<p>【やや良い】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 自分の業務の効率化というよりも口頭説明や数値のみのシーンがよりわかりやすくなるという感想でした。

2) 道路閉塞率の算出及び応急仮設住宅必要数算出機能の防災対策計画への利活用

7名の回答者のうち、「使えそう」もしくは「やや使えそう」を選択した割合が、道路閉塞率の使用可能性については約70%、応急仮設住宅の使用可能性では約30%であった。

特に、道路閉塞率の算出の観点においては、備蓄品輸送の際の経路検討や避難時の経路検討等について活用可能性が期待された。具体的には、避難所周辺の道路閉塞率を算出したうえで、どの経路であれば物資を供給できるか、大型の車両等が入ることができるか検討を行うことができ、活用したいとの意見が得られた。一方で、応急仮設住宅必要数の算出機能については、以下の課題が指摘された。第一に、地震被害想定は市町村ではなく都道府県が実施することが多く、県の被害想定との整合性確保が困難であること。そのため、独自の結果として対応することが困難であることが指摘された。第二に、多くの場合はシミュレーションを専門業者に委託することになり、地方公共団体独自で分析を行うことは少ない。また、その際にこの結果を用いることを専門業者に依頼することは難しい。理由として、本シミュレーションの結果の妥当性を地方公共団体側で担保する必要があり、この結果が妥当であるのか地方公共団体側で判断することが難しいことが挙げられる。第三に、地震災害による被害は建物倒壊のみならず液状化なども含まれるため、複合災害への対応方法の検討が必要である。これらの理由から、応急仮設住宅必要数算出機能については、提供機能としての適性を再検討する必要があると考えられる。

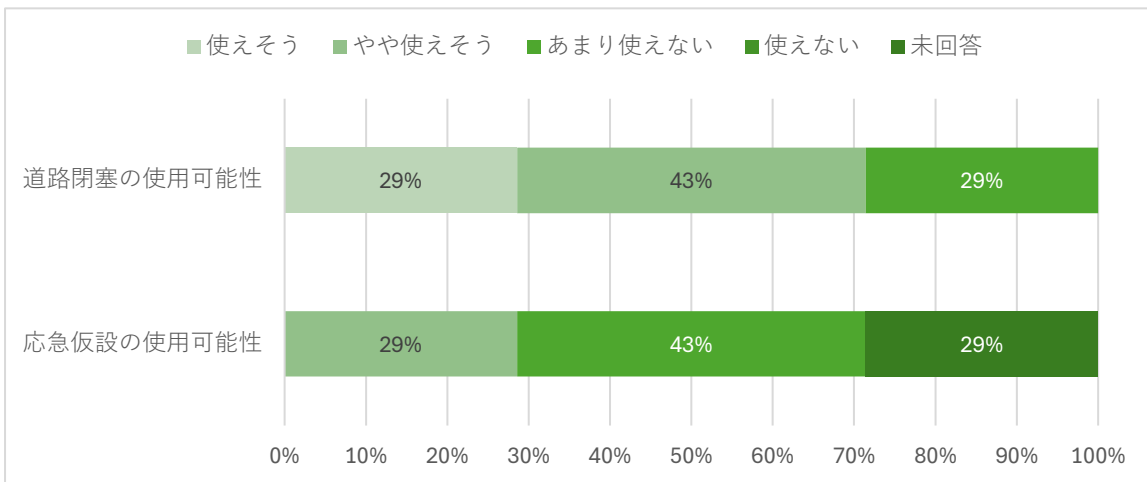


図 9-5 道路閉塞率の算出及び応急仮設住宅必要数算出機能の防災対策計画に関するアンケート結果 (n=7)

表 9-7 道路閉塞率の算出及び応急仮設住宅必要数算出機能の防災対策計画に関する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
1	道路閉塞率	<p>【やや使えそう】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 避難所への物資運搬経路の検討 ● 老朽化した建物更新の促進の周知 ● 復旧工事の事前検討
2	応急仮設住宅	<p>【あまり使えない】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 市として応急仮設住宅の必要数を増やしたいが、何かの理由で躓いている場合、これを用いて合意形成、予算化の役に立つのであれば使えらると思う

3) 本システムを活用のビジネス展開

7名の回答者のうち、「ありそう」もしくは「ややありそう」を選択した割合が、業務での使用可能性は約43%、業務への導入可能性は約30%であり、本システムの業務導入可能性については、「導入は困難」との意見が多数を占めた。

その主な理由として、以下の点が挙げられる。第一に、既存の被害想定との整合性確保の困難さ、第二に、地震動シミュレーションが通常業務での活用を想定しにくいこと、第三に、分析手法の妥当性を地方公共団体として担保することの難しさである。一方で、シミュレーション結果を庁内GISに取り込んで活用したいとの要望も得られた。今後は、データ出力機能の実装や、既存の防災情報との連携方法について検討を進める必要がある。

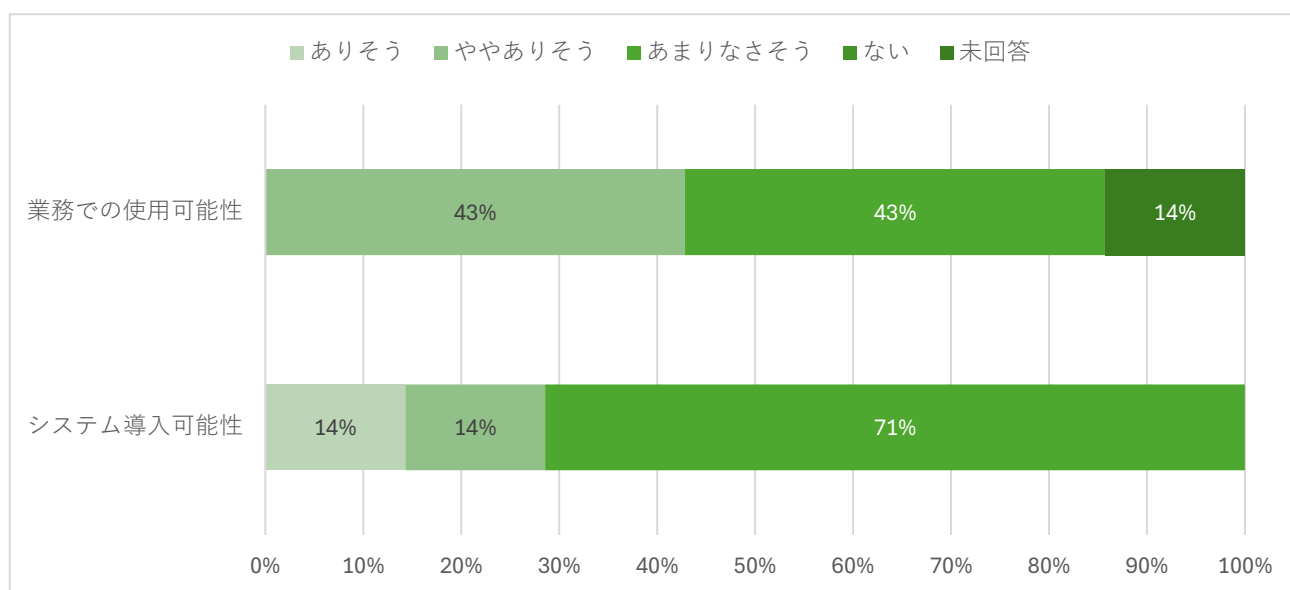


図 9-3 システムを活用のビジネス展開に関するアンケート結果 (n=7)

表 9-8 システムを活用のビジネス展開に関する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
1	業務での使用可能性	<p>【ややありそう】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 避難所への物資運搬経路の想定 <p>【あまりなさそう】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 立地適正化計画防災指針の被害リスク分析 ● 道の閉塞率による周辺道路通行可能性が確認できるのは行きつくまでの状況が分かりやすいと思った。
2	システムの導入可能性	<p>【ややありそう】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 県の被害想定とダブるところがある印象差別化ができると使える場面がありそう。 ● 本システムが他と比べて、安い、正確、早い、わかりやすい、等のストロングポイントがあれ導入しやすい。

10. 成果と課題

10-1. 本実証で得られた成果

9章で述べた実証実験の結果を踏まえ、本節では3D都市モデルを活用した本システムの優位性および今後の課題について整理する。

10-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性

表 10-1 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
被害情報の詳細化	建物情報の詳細化	<ul style="list-style-type: none"> ● これまでの内閣府防災の集計においては、メッシュ単位で分析を行うため、個別建物1つ1つについて情報を把握することができなかった。 ● 本システムにおいては1棟1棟の建物に関する情報および高さがあるため詳細なシミュレーションを行うことができ、内閣府防災の想定と同等の精度になるため信頼性が高い。
	道路閉塞率の詳細化	<ul style="list-style-type: none"> ● 建物1つ1つの分析になることから、これまでメッシュ単位でしか計算が行えなかった道路閉塞率が道路単体で検討できるようになった。 ● このことより、災害時における物資の搬入等の検討に活用されることができ、これまで想定されていなかったユースケースを生み出すことになった。

10-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

表 10-2 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
防災計画立案に資するビジュアライズ	地震動防災シミュレーションの提供	<ul style="list-style-type: none"> ● 地震動のシミュレーションに関してはこれまで敷居が高く、特定の業者等に依頼をする必要があった。加えて3Dモデルについては地方公共団体のPC等にデータをダウンロードして閲覧する等は困難であった。 ● 今回のサービスでは、webブラウザ上で読み込みも軽く動かせるため、ビジュアライズの面で優位性を保つことができる。また、計算資源に関しては別の資源を活用しているため、ユーザー側に負荷が低いシミュレーションサービスの提供が実現する

10-1-3. 3D 都市モデルの公共政策面での優位性

表 10-3 3D 都市モデルの公共政策面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの公共政策面での優位性
地方公共団体の防災計画の高度化	周辺住居に関する耐震化支援事業の促進	<ul style="list-style-type: none"> ● これまでの耐震化事業においては、地方公共団体側から声をかける基準を決めきれなかったため、住民の自主的な意思表示によるものが大きかった。 ● 本シミュレーションを活用することにより、どの建物に被害が出そうなのか、どのエリアの道路周辺の建物が倒壊すると閉塞率に影響を与えるのか把握しやすくなるため、そのエリアを重点的に耐震化事業促進化計画を立てられるようになる。
被災後の事後対応に関する検討	避難所への物資供給モデルの検討	<ul style="list-style-type: none"> ● これまでの分析においては道路閉塞率に関しても建物のメッシュ単位で計算を行うため、避難所周辺の道路の状況がどうなりそうなのか等検討をおこなうことができなかった。 ● 本シミュレーションを活用することによって、避難所周辺の道路の閉塞率を見ることができるようになったため、避難所に対してどのようなルートでどのような車両であればアプローチを行うことができるか検討できるようになる。
	復旧工事前の事前検討	<ul style="list-style-type: none"> ● これまでの分析においては道路閉塞率に関しても建物のメッシュ単位で計算を行うため、緊急輸送路周辺の道路がどのように閉塞してしまうか等について検討を行うことが難しかった。 ● 本シミュレーションを活用することによって、あらかじめ閉塞してしまう道路を抽出し、復旧時の優先順位をあらかじめ定めることができる。場合によっては、上記の耐震化事業を推進することによって、閉塞する確率を下げるようにできるようになる。

10-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 10-4 実証実験で得られた課題

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)	対象範囲の拡張	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状のシミュレーションに関してはPlateau上に建物構造・年代・高さがなければ分析できない。 ● 上記の状況で多くの都市が対象から外れている状況。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーションのパラメータとして仮の一般値を入れることができるか検討。
	対象地震の設定	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在設定できる地震（十勝沖・東北沖・阪神淡路）以外の地震の設定をしたいという要望が多い。 ● 現状設定はできるものの、設定難易度が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在設定している地震は建築基準法に準拠するためのものであり、一定妥当性があることは説明する。 ● 同時に今後発生する可能性がある地震動をプリセットで本シミュレーションに組み込むことができるか検討を行う。
システム (UI・UX)	地区比較機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 地区を比較するためには2つのそれぞれのレイヤーをクリックする必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建物被害数等については複数の地区で比較ができるように、残すデータの選択ができるようにする。
	地図上の画面レイアウト	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路閉塞率を表示する際に、緊急輸送路の凡例等がかぶってしまい、見えづらい。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 凡例のオンオフができるような設定を組み込むようにする。
	地図上のレイアウト	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路閉塞率の凡例については現在閾値を設定しておらず、全体の閉塞率を見ただけで、危険度を算出している。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 妥当性の検討を行ったうえで、修正を実施する。
アルゴリズム	対応範囲の拡充	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状のシミュレーションにおいては前述のように建物構造・年代・高さがなければ対応することができない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 仮の数値を入れることによって、精度について担保できるか検証を行う。
サービス運用	実業務への応用	<ul style="list-style-type: none"> ● 地震による建物倒壊単体のサービスになっているため、複合災害の検討に使用しづらい 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状では保有していないデータの出力機能等を付けることによって、庁内で保有しているその他のデータと見てもらえるようにする。

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
		<ul style="list-style-type: none">● 地方公共団体主体でこのシステムを使うように発注している業者に進言することが難しい。	<ul style="list-style-type: none">● 建設コンサル等にもヒアリングを行いつつ、どのように利活用できそうか検討を進める。

10-3. 今後の展望

10-2 で整理した課題を踏まえ、今後の展望を述べる。本実証では、既往の被害関数による分析（内閣府等）と比較して、より高い解像度での評価を可能にした。特に、道路閉塞率を道路区間単位で可視化できるようになった点は、本システムの有用性を示す成果である。従来手法は広域メッシュ単位での被害想定が中心であったのに対し、本システムでは 250m メッシュおよび道路区間といった単位で評価することで、避難・物資輸送・復旧優先順位など、具体的な対策立案に直結する情報を提供できるようになった。

実務面では、防災システムとして、物資の供給網の検討や避難所周辺への物資搬入計画の検討に活用できるとの意見が得られた。特に、緊急輸送道路の検討において、複数の代替ルートの閉塞リスクを比較評価できる点が高く評価された。避難所ごとに周辺道路の閉塞リスクを把握することで、物資搬入が困難となる可能性のある避難所を事前に抽出し、備蓄計画の見直しや代替輸送手段の検討など、事前復興まちづくり計画への具体的な反映が可能になる。

また、情報開示の観点では、市民向けに示す際、建物 1 棟単位の被害想定よりも、道路区間の閉塞率として提示する方が開示しやすいとの意見が得られた。建物単位の被害想定は個人情報保護やプライバシーの観点から公開が難しい場合がある一方、道路閉塞率は公共インフラに関する情報として説明しやすく、市民への説明や合意形成におけるリスクコミュニケーションツールとしての有効性が確認された。

一方で、地震による建物倒壊のみでは被害像を複合的に捉えにくく、他の防災情報（ハザード情報）と重ね合わせた評価が必要であることも課題として明らかになった。具体的には、津波浸水想定、液状化リスク、土砂災害危険箇所、火災延焼シミュレーション等との連携ニーズが多い。また、庁内 GIS でデータを重畳したいという要望もあり、計算結果を GeoJSON や Shapefile 等で出力できる機能が求められる。

以上を踏まえ、今後の対応方向性として以下を想定する。

データ出力機能の強化による庁内 GIS との連携：

本システムの計算結果（道路区間別閉塞率等）を GeoJSON・Shapefile 形式で出力できる機能を実装し、既存の庁内 GIS での重畳・分析を可能にする。これにより、地方公共団体が被災想定や事前復興まちづくり計画の検討に用いることが容易となる。

地方公共団体への展開：

3D 都市モデルが整備された都市であれば、同一の手順でシミュレーションを実施できるよう、実行環境・運用手順の整備を進める。加えて、建物構造・建築年等の属性が不足する都市に対しても、標準的な仮定値を適用して評価できる仕組みを検討する。あわせて、地方公共団体から委託を受けて分析を行う民間事業者との連携も視野に入れ、事前復興まちづくり計画の検討を支援するツールとしての普及を図る。

リスクコミュニケーションツールとしての応用：

道路区間単位での情報提示が可能である特性を活かし、住民向けワークショップや地域防災計画の説明会での活用を促進する。公開しやすい形でリスクを共有し、防災意識の向上と行政への信頼形成の両立に資する運用方法を整理する。

11. 用語集

A) アルファベット順

表 11-1 用語集（アルファベット順）

No.	用語	説明
1	AWS Batch	バッチ処理実行サービス
2	AWS CloudFront	コンテンツ配信ネットワークサービス
3	AWS Cognito	認証・認可サービス
4	AWS DynamoDB	NoSQL データベースサービス
5	AWS ECS/ECR	コンテナ管理サービス。ECR はコンテナイメージの保管、ECS は実行環境を提供
6	AWS EventBridge	イベント駆動型サービス
7	AWS Lambda	サーバーレス実行環境
8	AWS S3	オブジェクトストレージサービス
9	AWS Step Functions	AWS のサーバーレスワークフロー管理サービス。複数の処理を順序立てて実行するために使用
10	Chart.js	JavaScript のグラフ表示ライブラリ
11	Deck.gl	WebGL 活用の大規模データ可視化ライブラリ
12	DIAS	データ統合・解析システム
13	DuckDB-WASM	ブラウザ内で動作する SQL 処理エンジン
14	FastAPI	高速な Web API 構築用の Python フレームワーク
15	FIB モデル	IES で使用される建築構造物の解析モデルの一つ。ファイバーモデルによる詳細な断面解析が可能
16	fps	1 秒間に表示される画像の枚数を表す単位。30fps 以上であれば滑らかな映像として認識される
17	GDAL	地理空間データを変換・処理するためのオープンソースライブラリ
18	GeoJSON	地理空間データを表現するための JSON 形式。位置情報と属性データを含む
19	GeoPandas	地理空間データを Python で扱うためのライブラリ
20	GLB 形式	3D モデルのバイナリ形式。Web 上で 3D コンテンツを表示するための標準フォーマット
21	GPU アクセラレーション	グラフィックス処理装置による高速処理
22	IES	東京大学地震研究所が開発した、都市全体の地震被害を予測する統合地震シミュレータ

No.	用語	説明
23	MapLibre GL JS	オープンソースの地図表示ライブラリ
24	MDOF	多自由度モデル。建物の各層を1つの質量とバネでモデル化した串団子モデルで、建物の地震応答解析に使用される
25	MVT 形式	Web 上で地図データを効率的に表示するためのベクタータイル形式
26	Newmark の β 法	運動方程式を数値的に解くための時間積分法。地震応答解析で加速度・速度・変位を計算する際に使用
27	OCM モデル	IES で使用される建築構造物の解析モデルの一つ。MDOF モデルより詳細な構造挙動を表現可能
28	OSS	ソースコードが公開され、誰でも自由に利用・改変・再配布できるソフトウェア
29	Parquet	列指向データ格納形式
30	PBF 形式	ベクトルタイルのファイル形式の一つ。効率的なデータ圧縮と Web 表示が可能
31	Shp 形式	地理空間データを扱うための標準的なファイル形式。GIS ソフトウェアで広く使用される
32	Spot Instances	AWS の低コスト計算リソース
33	SvelteKit	Web アプリケーションフレームワーク
34	TypeScript	JavaScript に型システムを追加した言語
35	Wallstat	木造住宅の地震時倒壊をシミュレーションする解析ソフトウェア
36	Web サーバー	Web ページやアプリケーションを提供するサーバー。ユーザー数に応じて増強可能

B) 五十音順

表 11-2 用語集 (五十音順)

No.	用語	説明
1	アクセシビリティ	色覚異常等、様々な利用者がシステムを利用できるようにする配慮
2	ウォーカブル	歩きやすい、歩行者に優しいという意味。歩いて楽しめる、歩きたくなるまちづくりを指す。
3	オブザーバー	実証実験に参加するが、アンケート対象ではない参加者。DX 推進課等が該当する。
4	システム操作体験会	実証実験において、地方公共団体職員等がシステムを実際に操作して体験する会。60 分程度で実施される。
5	ステークホルダー	利害関係者。プロジェクトや政策に関心を持ち、影響を受ける個人や組織。
6	スリップ型履歴則	除荷時に滑りが生じる履歴特性のモデル。接合部の挙動表現に使用
7	デモンストレーション	製品やシステムの機能や使い方を実際に見せて説明すること。実証実験での操作体験会等で実施される。
8	トラス要素	軸方向の力のみを伝達する構造要素。筋かいや水平構面のモデル化に使用
9	バイリニア型履歴則	荷重と変形の間係を 2 本の直線で近似した履歴モデル。構造部材の弾塑性挙動を表現
10	バネ剛性	構造物の変形に対する抵抗力を表す値。建物の地震応答解析で各層の剛性をバネでモデル化する際に使用
11	ファイアウォール	ネットワークの境界でアクセスを制御し、不正なアクセスを遮断するセキュリティ機能
12	プリセット	事前設定されたパラメータセット
13	フレームレート	1 秒間に描画される画面の更新回数。fps で表される
14	ベクトルタイル	地理空間データをタイル状に分割してベクトル形式で配信する技術。PBF 形式や MVT 形式で提供される
15	マグニチュード	地震の規模を表す指標
16	メッシュ	地域を格子状に分割した単位
17	ユーザビリティ	システムの使いやすさ。操作性、デザイン、アクセシビリティ等を含む
18	ログインダイアログ	ユーザー認証のためのメールアドレスとパスワード入力画面
19	応急仮設住宅	災害後の一時的な住居
20	応急仮設住宅必要数	災害時に住宅を失った被災者のために必要となる仮設住宅の戸数。建物被害棟数から推計される。
21	応急危険度判定	被災建物の二次災害防止のための安全性評価
22	仮想マシン	物理的なコンピュータ上にソフトウェアで実現された仮想的なコンピ

No.	用語	説明
		ユーザ環境
23	可用性	システムが正常に稼働し続けられる能力。安定動作時間等で評価される
24	過去災害との比較	熊本地震等の過去の災害における実際の被災状況とシミュレーション結果を比較し、精度を検証する手法。
25	慣性モーメント	物体の回転運動に対する抵抗の大きさを表す物理量。建物の回転振動を計算する際に必要
26	機能要件	システムが提供すべき具体的な機能や動作に関する要求事項
27	狭域シミュレーション	建物スケール（木造建物）でのシミュレーション
28	緊急輸送道路	災害時に救済物資や人員の輸送を確保するために指定された重要な道路。通行確保が最優先される。
29	緊急輸送道路	災害時の救済物資輸送等に使用される重要道路
30	緊急輸送道路影響分析	緊急輸送道路沿いの建物被害状況を分析し、道路閉塞リスクを評価する機能。道路ごとの通行可能性を色分けで表示する。
31	串団子モデル	建物の各層を質点とバネで連結した多質点系振動モデル。MDOF モデルの別称
32	熊本地震	2016年4月に熊本県で発生した最大震度7の地震。益城町で甚大な被害が発生
33	建物被害曲線	地震動強度と建物被害の関係を示す曲線
34	減災	災害による被害を最小限に抑える取り組み
35	減衰係数	振動エネルギーを吸収する能力を表す係数。建物の振動が時間とともに減少する特性を表現
36	個別要素法	非連続体解析法の一つ。物体同士の接触力や摩擦力を計算し、大変形や倒壊の解析を行う手法。Wallstat で採用されている
37	固有周期	構造物が自由振動する際の周期。建物の高さや剛性によって決まり、地震動との共振を評価する際の重要な指標
38	固有振動数	固有周期の逆数。Hz（ヘルツ）で表され、構造物が自然に振動する頻度を示す
39	広域シミュレーション	都市スケールでの建物振動シミュレーション
40	骨格曲線	構造部材の荷重と変形の関係を示す曲線。履歴特性のモデル化に使用される
41	最大層間変形角	建物の変形を示す指標
42	事前防災	災害発生前に被害を回避・軽減する取り組み
43	時刻歴データ	時間経過に伴う変化を記録したデータ
44	悉皆調査	対象となる全ての建物や地域を漏れなく調査すること。
45	振動数方程式	構造物の固有振動数を求めるための方程式。質量と剛性マトリックスから導出される

No.	用語	説明
46	震度	ある地点での揺れの強さを表す指標
47	塑性ヒンジ	部材が曲げモーメントを受けて塑性化（永久変形）する箇所。木造建築の折損をモデル化する際に使用
48	耐震補強	建物の耐震性能を向上させる工事
49	地震動	地震による地面の揺れ
50	地震動パラメータ	地震シミュレーションで設定する震源深さ、マグニチュード、震央位置等のパラメータ。シミュレーションの精度に影響する。
51	通行可能性	災害時に道路が通行できる可能性。建物倒壊による道路閉塞率から評価される。
52	適合率	シミュレーション結果と実際の被害状況がどの程度一致しているかを示す指標。本システムでは 70%を目標とする。
53	道路閉塞	建物倒壊等により道路が通行不能になる状態
54	道路閉塞率	地震等の災害時に建物倒壊によって道路が通行不能になる割合。緊急輸送や避難経路の評価に用いられる指標。
55	認証	ユーザーの身元を確認するプロセス。メールアドレスとパスワード等で行われる
56	被害集計	地震シミュレーション結果から建物の被害状況を集計し、統計情報を算出すること
57	非機能要件	システムの性能、可用性、セキュリティ等、機能以外の品質特性に関する要求事項
58	歩行空間マネジメント	歩行者空間の計画、整備、運営管理を総合的に行うこと。安全性、快適性、賑わいの創出を目的とする。

以上

3D 都市モデルを活用した建物振動シミュレーションシステムの開発
技術検証レポート

2026 年 3 月 発行

委託者：国土交通省 都市局

受託者：

社会基盤情報流通推進協議会、MIERUNE、日建設計総合研究所