



豪雪地帯の建築物における除雪優先度算出システム及び 被災現場支援ツールの開発 技術検証レポート

series No. 125

Technical Report on the Development of a Snow Removal Prioritization System in Heavy Snowfall Regions and a Disaster Site Support Tool

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. 既存業務フロー	- 5 -
1-2. 課題解決のアプローチ	- 10 -
1-3. 創出価値	- 14 -
1-4. 想定事業機会	- 15 -
2. 実証実験の概要	- 16 -
2-1. 実証仮説	- 16 -
2-2. 検証ポイント	- 17 -
2-3. 実証フロー	- 19 -
2-4. 実施体制	- 21 -
2-5. 実証エリア	- 22 -
2-6. スケジュール	- 26 -
3. 開発スコープ	- 27 -
3-1. 概要	- 27 -
3-2. 開発内容	- 27 -
4. 実証システム	- 29 -
4-1. アーキテクチャ	- 29 -
4-1-1. システムアーキテクチャ	- 29 -
4-1-2. データアーキテクチャ	- 30 -
4-1-3. ハードウェアアーキテクチャ	- 31 -
4-2. システム機能	- 36 -
4-2-1. システム機能一覧	- 36 -
4-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ	- 39 -
4-2-3. 開発機能の詳細要件	- 41 -
4-3. アルゴリズム	- 84 -
4-3-1. 利用したアルゴリズム	- 84 -
4-3-2. 開発したアルゴリズム	- 87 -
4-4. データインタフェース	- 94 -
4-4-1. ファイル入力インタフェース	- 94 -
4-4-2. ファイル出力インタフェース	- 96 -
4-4-3. 内部連携インタフェース	- 98 -
4-4-4. 外部連携インタフェース	- 111 -
4-5. 実証に用いたデータ	- 112 -

4-5-1. 活用するデータ一覧.....	- 112 -
4-5-2. 生成・変換するデータ.....	- 119 -
4-6. ユーザーインターフェース.....	- 124 -
4-6-1. 画面一覧.....	- 124 -
4-6-2. 画面遷移図.....	- 126 -
4-6-3. 各画面仕様詳細.....	- 127 -
4-7. 実証システムの利用手順.....	- 136 -
4-7-1. 実証システムの利用フロー.....	- 136 -
4-7-2. 各画面操作方法.....	- 137 -
5. システムの非機能要件.....	- 140 -
5-1. 社会実装に向けた非機能要件.....	- 140 -
6. 品質.....	- 144 -
6-1. 機能要件の品質担保.....	- 144 -
6-2. 非機能要件の品質担保.....	- 145 -
7. 実証技術の機能要件の検証.....	- 146 -
7-1. 積雪荷重リスク算定機能の検証.....	- 146 -
7-1-1. 検証目的.....	- 146 -
7-1-2. KPI.....	- 146 -
7-1-3. 検証方法と検証シナリオ.....	- 146 -
7-1-4. 検証結果.....	- 154 -
7-2. 3D都市モデル重畳機能の検証.....	- 157 -
7-2-1. 検証目的.....	- 157 -
7-2-2. KPI.....	- 157 -
7-2-3. 検証方法と検証シナリオ.....	- 157 -
7-2-4. 検証結果.....	- 158 -
7-3. 3D都市モデル一部取込機能の検証.....	- 164 -
7-3-1. 検証目的.....	- 164 -
7-3-2. KPI.....	- 164 -
7-3-3. 検証方法と検証シナリオ.....	- 164 -
7-3-4. 検証結果.....	- 165 -
8. 実証技術の非機能要件の検証.....	- 167 -
8-1. 検証目的.....	- 167 -
8-2. KPI.....	- 167 -
8-2-1. 検証方法と検証シナリオ.....	- 168 -
8-2-2. 検証結果.....	- 169 -
9. 公共政策面での有用性検証.....	- 171 -
9-1. 検証目的.....	- 171 -
9-2. 検証方法.....	- 173 -

9-3. 被験者	- 175 -
9-4. ヒアリング・アンケートの詳細.....	- 177 -
9-4-1. アジェンダ・タイムテーブル.....	- 177 -
9-4-2. アジェンダの詳細.....	- 178 -
9-4-3. 検証項目と評価方法.....	- 181 -
9-4-4. 実証実験の様子.....	- 184 -
9-5. 検証結果	- 198 -
10. 成果と課題	- 216 -
10-1. 本実証で得られた成果.....	- 216 -
10-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性	- 216 -
10-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性	- 218 -
10-1-3. 3D 都市モデルの公共政策面での優位性	- 219 -
10-2. 実証実験で得られた課題と対応策.....	- 220 -
10-3. 今後の展望.....	- 221 -
11. 用語集.....	- 223 -

1. ユースケースの概要

1-1. 現状と課題

1-1-1. 課題認識

日本の国土の 50.8%を占める日本海側の豪雪地帯では、屋根雪の荷重による建物の破損や倒壊を防ぐため、定期的に屋根の雪下ろしを行う必要がある地域が存在する。しかし、例年雪下ろし作業中の事故により多くの死傷が発生している。また、近年の冬期の平均気温や海面水温の上昇等の気候変動によって集中豪雪や湿った降積雪が発生し、見た目以上に屋根雪が高荷重となり、経験に基づく雪下ろし判断が難しくなっている。くわえて、豪雪地帯の地方公共団体では、過疎化や高齢化、財政難により除雪事業者や地域の除雪の担い手（地域住民、共助組織、事業者など）が不足し、高齢者や要介護者の住宅など、除雪を必要とする住宅の雪下ろしが適切なタイミングで実施できない事例が発生している。

現在、国立研究開発法人防災科学技術研究所（以降、防災科研）が開発した「雪おろシグナル」では、気象観測データに基づいて広域の積雪荷重を算出し、積雪荷重やそのリスクなどを地図上のメッシュ毎に色分けして面的な情報を提供しているが、個々の建物の積雪荷重や除雪作業の必要性等を評価するには至っていない。個々の建物の評価を行うためには気象データの更なる稠密化に加え、個々の建物の屋根雪のたまり方や屋根雪への強度を考慮することが必要である。個々の建物の屋根形状や建築年が把握できれば、雪のたまり方や建物の強度を把握し、積雪荷重リスクをより精度高く推定することが可能であるが、個々の建物の屋根形状や建築年の把握が難しいことが課題である。

そこで、3D 都市モデルと雪おろシグナルを組み合わせた「除雪優先度算出システム」を開発し、個々の建物の積雪重量や除雪優先度の情報を提供することで、除雪の優先順位付けや不要な雪下ろし作業の削減が可能になると考えられる。

また、豪雪や震災などの被災現場で要救助者の救助や復旧作業の計画などを行う上では、被害状況及び対応状況を迅速に把握、共有することが重要である。被災前と被災後の状況を比較し、状況がどの程度変化したかを確認することで被害状況を把握することができるが、被災前と状況が大きく変わった震災の現場、あるいは積雪により視認が制約される現場においては、被害状況の把握が困難となる。また、被災現場では、被災地域外から派遣された作業員も多く、被災地域を把握していない現場作業者が被災前後の状況を比較することは難しい。そこで、AR を活用し 3D 都市モデルやその他被災現場に必要な情報を現実世界に重畳することで被災現場における迅速な被害状況の把握を支援する「被災現場支援ツール」を提供する。

AR により現実世界に重畳された 3D 都市モデルに被害状況や対応状況を書き込むことで、被災現場の最前線で活動する実動機関（消防、自衛隊等）の情報共有を支援することが可能であると考えられる。

さらに、地下空間における火災など、発煙の影響等で状況を把握できない現場を含めて、3D 都市モデルのリアルタイム重畳について、実動機関を対象にインタビュー調査を実施し、防災や被災現場での有用性や将来の導入可能性と課題等について検討する。

● 除雪優先度算出システム

豪雪地帯では、建物の破損や倒壊を防ぐために大雪時など冬期に何度か屋根の雪下ろしを行う必要がある。しかし、湿雪の大雪の頻発化によって雪下ろし判断が困難になっている点に加え、過疎化、少子高齢化などによって除雪の担い手が不足している点などから、適切かつ効率的に除雪計画や除雪作業が進められるよう、気象条件や建物の強度等の科学的な根拠に基づいた情報の提供が求められている。

現在、1km メッシュで積雪重量や積雪荷重リスクを算定できる情報として防災科研が開発した「雪おろシグナル」が存在するが、個々の建物の情報（建物の形状や建築年など）を考慮した積雪重量や積雪荷重リスクは把握できていない。そのため、建物ごとの積雪荷重やリスクを評価・判定し、除雪優先度を算出するための情報が求められている。

令和 6 年 3 月に特別豪雪地帯に位置する長岡市が取りまとめた「長岡市地域安全克雪方針」¹で挙げられている地域除排雪に関する課題のうち、本システムを活用することで、以下の課題解決に繋げることが可能であると考える。

表 1-1 本システムの活用による地域除排雪に関する課題の解決
（「長岡市地域安全克雪方針」で挙げられている課題に対して）

「長岡市地域安全克雪方針」で挙げられている地域除排雪に関する課題	本システムの活用に関する課題の解決
①除雪作業中の事故防止	適切なタイミングで雪下ろしを行うことで、事故につながる不要な屋根上作業の低減
②命綱固定アンカーの普及促進	（本システムでは対象外とする）
③担い手の確保	除雪優先度の可視化による作業の省力化を通じた少人数での作業体制構築
④持続可能な地域内除雪の推進	気象条件や建物の強度等の科学的な情報を根拠にした建物の雪下ろし優先順位管理による持続可能な体制・仕組みづくり
⑤除雪事業者との連携強化	建物の積雪状況や除雪優先度の共有による除雪事業者との連携の強化
⑥高齢者世帯等へのきめ細やかな対応	高齢化の進展に伴い、除雪作業が困難な高齢者や要援護世帯（雪下ろし費用助成対象世帯）等が毎年増加している状況での除雪作業の適正化及び効率性の向上
⑦支援制度の充実	（本システムでは対象外とする）

¹ 長岡市 HP を参照：<https://www.city.nagaoka.niigata.jp/kurashi/cate95/file/policy-02.pdf>

● 被災現場支援ツール

大雪や震災などの被災現場では、現場作業員（消防、自衛隊等）の安全確保や要救助者の捜索のために、現在位置や被災前後の変状を把握する必要がある。しかし、被災現場では被災前と状況が大きく変わっている場合が多く、現在位置の把握や被災前後の状況比較が難しい。このため、被災現場での状況把握を支援するツールが求められている。また、被災現場では被災状況を紙地図などに記録しており、情報を集約するのに合同調整所に移動する必要があること、非定型の記録のため情報の取りまとめに労力を要すことなどがあり、情報集約を容易にするツールも求められている。

被災現場での活動を支援するツールとして、内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期課題「スマート防災ネットワークの構築」サブ課題C「災害実動機関の組織横断の情報共有・活用」（図1-1、図1-2）で開発している3D都市モデルのリアルタイム重畳システムが存在する。しかし、具体的な都市を対象としたデータの整備は実施しておらず、実際のユーザー（市や実動機関の職員）を交えたユースケースの構築ができていない。

こうした状況を踏まえ、3D都市モデルのリアルタイム重畳のためのデータを実際に構築し、ユーザーに体験してもらうことで、3D都市モデルを用いて共有すべき具体的な情報項目、運用のための課題等を把握する必要がある。

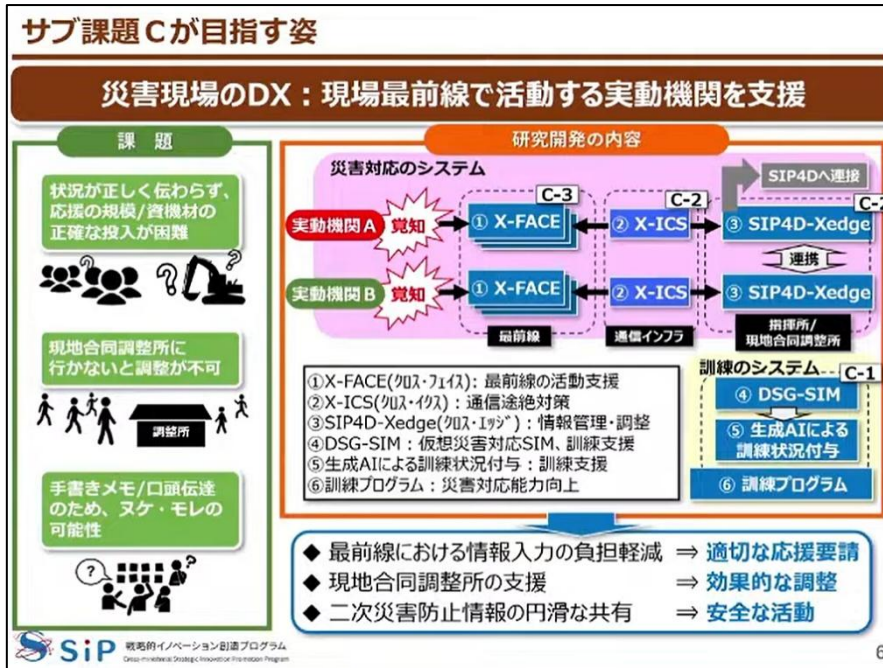


図 1-1 SIP 第 3 期課題「スマート防災ネットワークの構築」サブ課題 C「災害実動機関の組織横断の情報共有・活用」サブ課題 C が目指す姿²

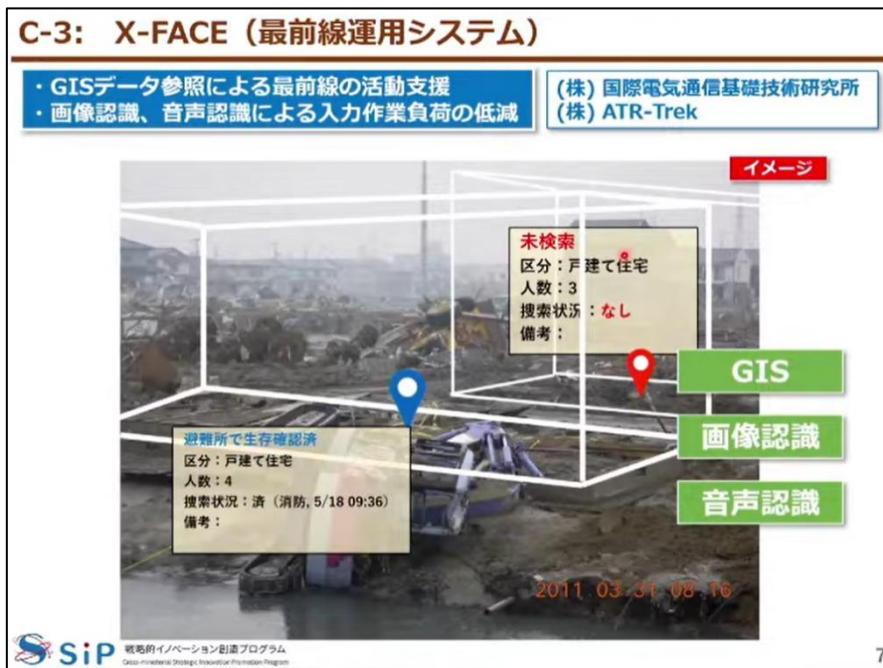


図 1-2 SIP 第 3 期課題「スマート防災ネットワークの構築」サブ課題 C「災害実動機関の組織横断の情報共有・活用」X-FACE（最前線運用システム）³

² 研究開発状況の説明動画より引用：<https://www.youtube.com/watch?v=q7hj0EXNfAo>

³ 研究開発状況の説明動画より引用：<https://www.youtube.com/watch?v=q7hj0EXNfAo>

1-1-2. 既存業務フロー

- 除雪優先度算出システム

長岡市で行われている高齢者、要援護世帯における除雪支援に関わる業務フロー概要を以下に示す。業務フローについては、災害救助法が適用される大雪時を想定したフローとした。

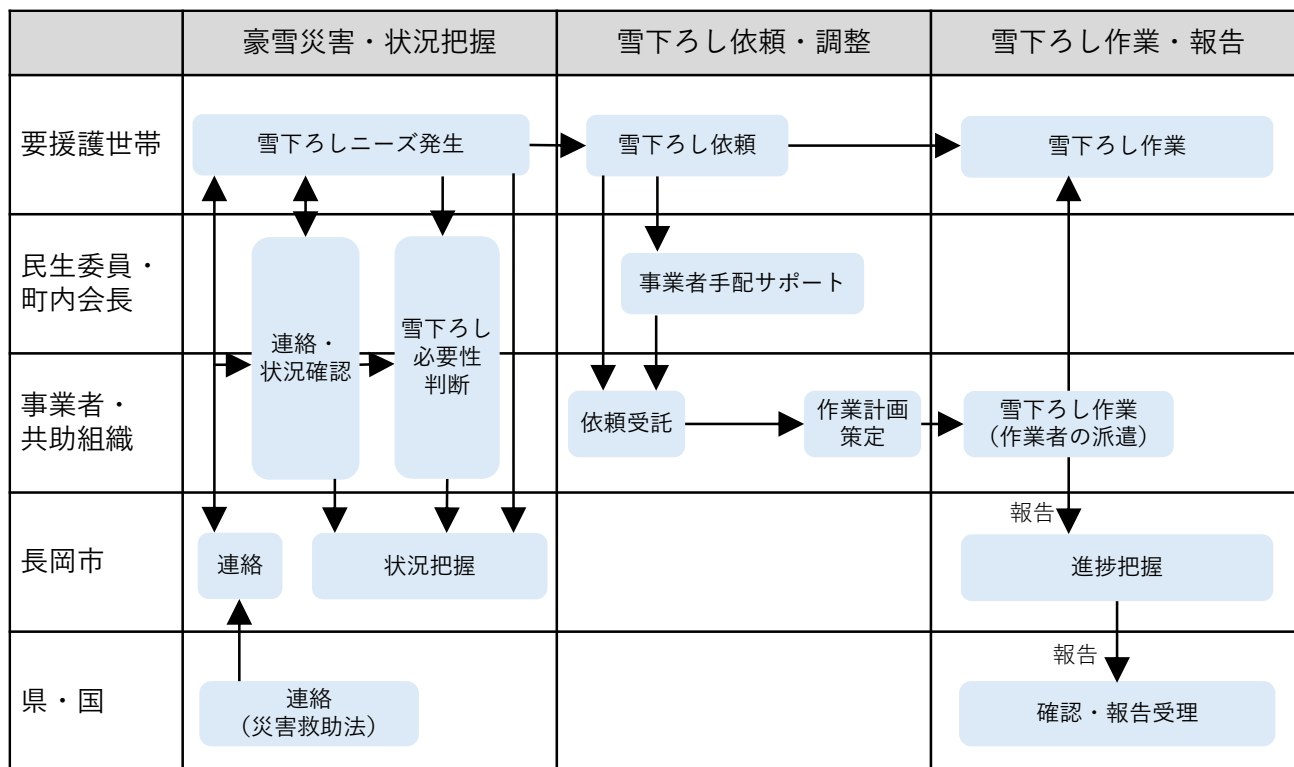


図 1-3 既存業務フロー（除雪優先度算出システム）

表 1-2 既存業務概要（除雪優先度算出システム）

実施項目	実施主体	業務概要
豪雪災害・ 状況把握	要援護世帯	<ul style="list-style-type: none"> ● 豪雪により自宅の雪下ろしが必要になる
	民生委員・ 町内会長、 事業者・ 共助組織	<ul style="list-style-type: none"> ● 長岡市からの連絡を受け、担当・該当する要援護世帯に連絡を入れる ● 必要に応じて要援護世帯の相談にのり、雪下ろしが必要かどうかを判断する
	長岡市	<ul style="list-style-type: none"> ● 災害救助法の適用を受け、民生委員・町内会長、除雪事業者・共助組織等の協力を得て、適用地域の要援護世帯に連絡する ● 要援護世帯の屋根雪の状況を現場からの報告を基に把握する
	県・国	<ul style="list-style-type: none"> ● 災害救助法の適用を受け、長岡市に連絡する
雪下ろし 依頼・調整	要援護世帯	<ul style="list-style-type: none"> ● 除雪事業者・共助組織に雪下ろしを依頼する
	民生委員・ 町内会長	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要に応じて要援護世帯の雪下ろし依頼のサポートを行う
	事業者・ 共助組織	<ul style="list-style-type: none"> ● 要援護世帯から雪下ろし作業の依頼を受ける ● 事業者や共助組織は個別に、依頼された順番や経験則に基づいて作業計画を策定する
雪下ろし 作業・報告	事業者・ 共助組織	<ul style="list-style-type: none"> ● 要援護世帯の雪下ろし作業（作業者の派遣）を行う ● 進捗状況を適宜、長岡市に報告する
	長岡市	<ul style="list-style-type: none"> ● 災害救助法適用地域における要援護世帯の雪下ろし作業の進捗を把握する ● 県・国へ報告する

業務フロー上の課題を以下に赤字で示す。

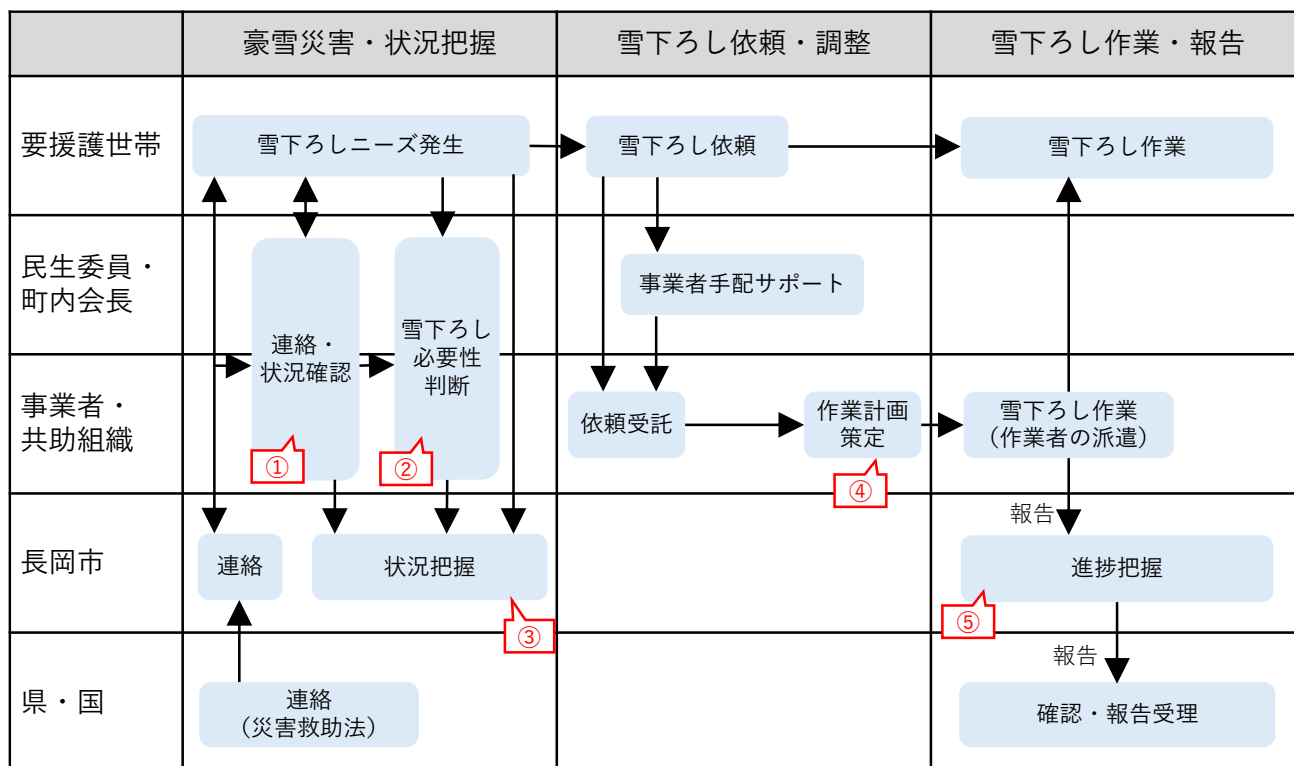


図 1-4 既存業務フロー上の課題 (除雪優先度算出システム)

表 1-3 課題詳細

No.	主体	課題詳細
①	民生委員・町内会長、	● 屋根雪の状況を現地で確認する必要がある、移動に時間を要する
②	事業者・共助組織	● 雪下ろしの必要性を現地状況から経験的に判断しており、気候変動の影響等によって見た目以上に高荷重な屋根雪となっている場合には、誤った判断を下す可能性がある
③	長岡市	● 民生委員・町内会長、事業者・共助組織等からの現地情報を待つ必要がある、状況把握までに時間を要する
④	事業者・共助組織	● 雪下ろし作業の依頼順や経験則に基づき作業計画を策定しており、優先的に雪下ろしすべき世帯を後回しにしてしまう可能性がある ● 事業者や共助組織が個別に対応しており、担当している区域の除雪計画しか策定できないため、広範囲での効率的な除雪計画の策定が難しい
⑤	長岡市	● 電話・FAXなどで情報を把握しており、情報の受け取りや整理に時間を要する

● 被災現場支援ツール

大雪や震災などの被災現場で行われている既存の業務フロー概要を下図に示す。

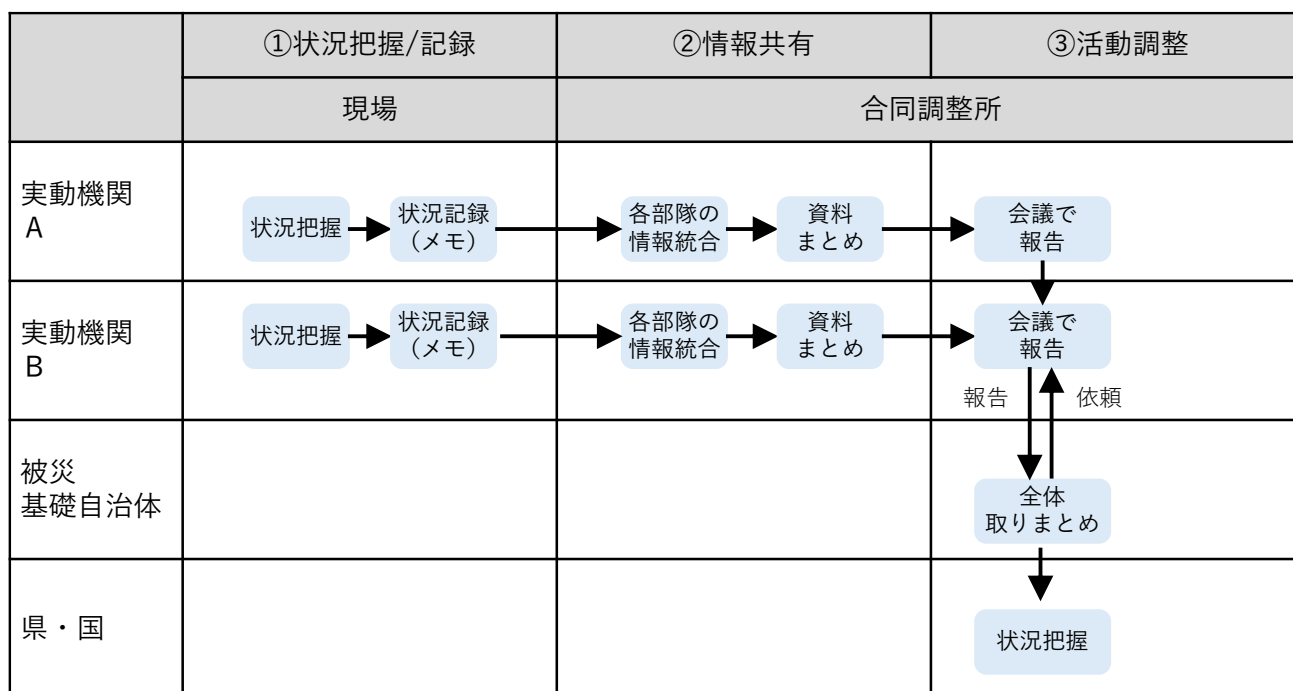


図 1-5 既存業務フロー（被災現場支援ツール）

表 1-4 既存業務概要（被災現場支援ツール）

実施項目	実施主体	業務概要
状況把握/記録	実動機関	<ul style="list-style-type: none"> 大雪や震災などの被災現場の最前線に部隊（通常は複数の部隊）を派遣し、それぞれの現場で被害等の状況を把握する 把握した情報は、各部隊が個別に、紙地図等に手書きで記録する
情報共有	実動機関	<ul style="list-style-type: none"> 各部隊が現場で記録したメモ書き（紙地図）等を基に、情報を統合し、各実動機関（消防、自衛隊等）が把握した情報として整理する
活動調整	実動機関	<ul style="list-style-type: none"> 上記で整理した情報を、活動調整会議において報告する 各実動機関から報告される情報を基に、次の活動について調整を行う
	被災基礎自治体	<ul style="list-style-type: none"> 各実動機関からの情報を統合し、全体の状況として取りまとめる 全体の状況を踏まえて、各実動機関に今後の活動に関して依頼する 県の防災情報システム等に全体状況を入力し、県へ報告する
	県・国	<ul style="list-style-type: none"> 被災した市区町村からの情報を閲覧し、全体状況を把握する

業務フロー上の課題を以下に赤文字で示す。

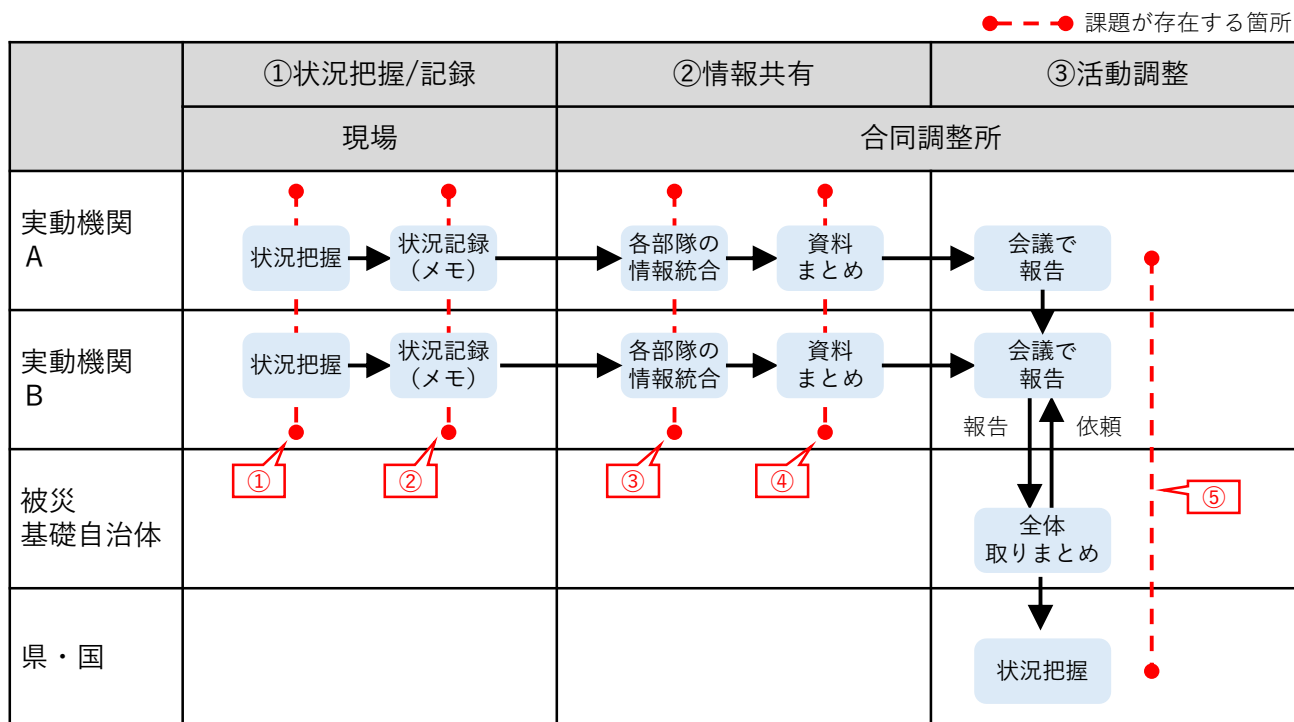


図 1-6 既存業務フロー上の課題（被災現場支援ツール）

表 1-5 課題詳細

No.	主体	課題詳細
①	実動機関	● 紙地図（2D）との比較から被災状況を把握しており、災害によって大きく状況が変化していた場合、現在の正確な位置や建築物の高さなどの状況把握が難しい
②		● 被害状況を紙地図へのメモなどで記録しており、非定型なため記録に時間を要する
③		● メモなどで記録された非定型の情報を、各機関で取りまとめるための時間を要する
④		● 組織横断的な情報の取りまとめを行う際に、非定型のメモで記録が集約されるため、情報や資料の取りまとめに時間を要する
⑤	被災基礎自治体	● 情報共有が1日1回程度の活動調整会議に限定されるため、共有された情報に基づく実動機関への活動調整や県や国への報告に時間を要する

1-2. 課題解決のアプローチ

● 除雪優先度算出システム

個々の建物の積雪重量や積雪荷重リスクなどの情報を提供するため、3D 都市モデルと雪おろしシグナルを組み合わせた「除雪優先度算出システム」の開発を目指す。3D 都市モデルを用いることにより、個々の建物の情報（屋根勾配や建築年数など）を取得し、建物毎の積雪荷重や積雪荷重リスクが算出可能となる。また、算出した積雪荷重情報を 2D 地図や後述の被災現場支援ツールで表示させ、除雪作業を行う住民や除雪の担い手（共助団体など）の方々に見てもらうことで、除雪計画や作業の支援が可能となる。

今回の実証実験では、長岡市を対象に積雪重量の観測を行い、観測値とシステムで算出された値を比較し精度の検証を行う。また、10 棟程度の建物を選定し、除雪優先度算出システムによって計算された雪下ろし優先度の情報配信をシステムから被験者に実施し、除雪作業の計画策定の効率化等への効果検証を行う。

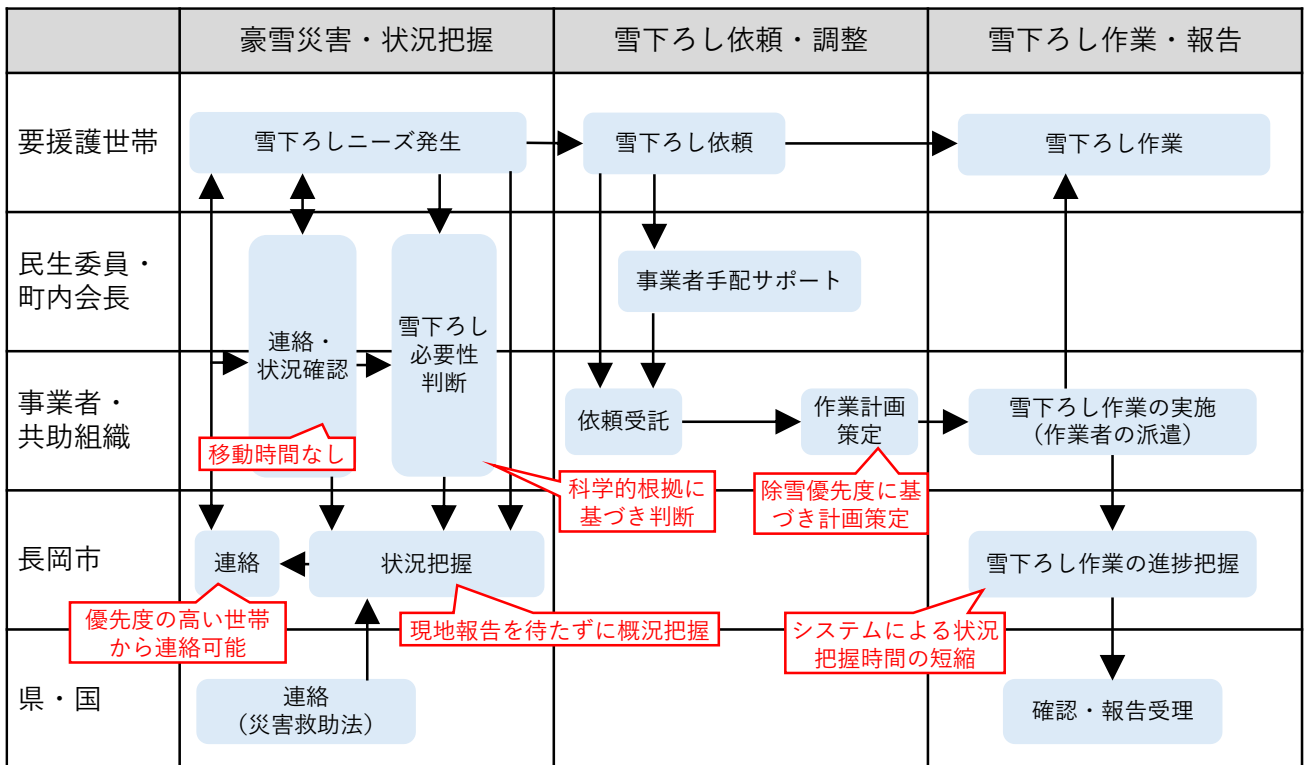


図 1-7 改善後の業務フロー（除雪優先度算出システム）

表 1-6 本システム導入による改善点

実施項目	実施主体	本システム導入による改善点
豪雪災害・ 状況把握	長岡市	<ul style="list-style-type: none"> ● 現場からの屋根雪状況の報告を待たずに、事前に又はリアルタイムに概況を把握することができる ● 要援護世帯個別の屋根雪荷重とそれに基づく建物倒壊リスク（除雪優先度）に基づき、要援護世帯への的確な連絡が可能となる
	事業者・ 共助組織	<ul style="list-style-type: none"> ● システム上から要援護世帯の積雪荷重を把握でき、現地確認に要する移動時間を削減できる ● 気象データや建物の強度に基づいて雪下ろしの必要性を判断でき、見た目以上に高荷重な屋根雪となった場合も適切に判断することができる
雪下ろし依頼・ 調整	事業者・ 共助組織	<ul style="list-style-type: none"> ● 除雪優先度（建物倒壊リスクに基づく雪下ろし優先度）に基づき、雪下ろし作業計画（順番、スケジュール）を立てることができる また、本システムによって同一の除雪優先度の情報が共有されることで、事業者組合（長岡建築協同組合、長岡市緑地協会など）が連携して広域的な雪下ろし作業計画を策定することが可能となる ● 上記の計画に基づき、事業者が作業を分担することで、要援護世帯の雪下ろしを効率的に遂行することができる
雪下ろし作業・ 報告	長岡市	<ul style="list-style-type: none"> ● 本システムに雪下ろし作業の実施状況（実施済/未実施）を反映する機能を追加することで、進捗状況の把握が容易になり、事務的な労力・時間が削減される

● 被災現場支援ツール

3D 都市モデルを大雪や震災などの被災現場でリアルタイムに重畳する被災現場支援ツールを用いることで、現在の位置情報や被災前の状況を踏まえた円滑な被害状況把握が可能になる。また、実動機関（消防、自衛隊等）が被災現場支援ツールを用いて、現場の状況を即時に入力することで、被害状況や対応状況を災害対応の関係者間でリアルタイムに共有することができ、合同調整所への移動時間の削減や情報の取りまとめに要する時間を削減、合同調整所での迅速な活動調整が可能となる。

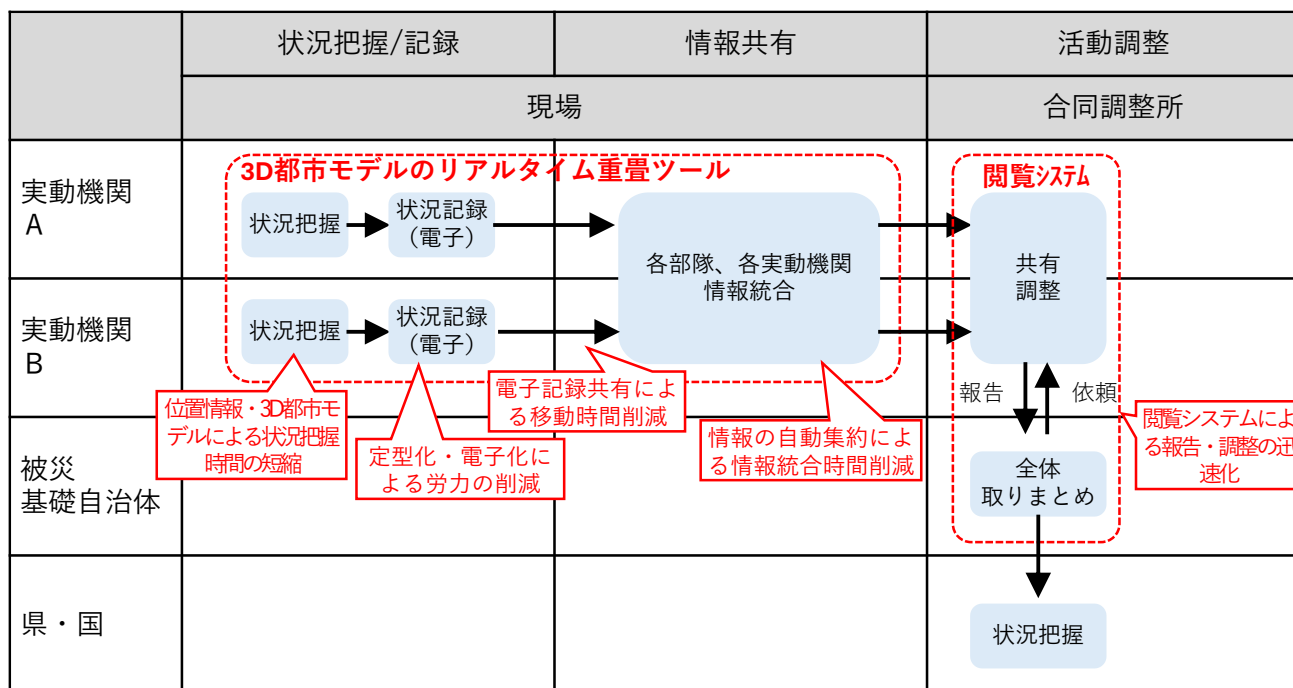


図 1-8 改善後の業務フロー（被災現場支援ツール）

表 1-7 本システム導入による改善点（被災現場支援ツール）

実施項目	実施主体	本システムによる改善点
状況把握/記録	実動機関	<ul style="list-style-type: none"> ● 大雪や震災などの被災現場において、3D 都市モデルのリアルタイム重畳により、被災前の状況と現地を比較しながら、被害状況を把握することができる ● 状況の記録を定型化・電子化することで、記録にかかる労力を削減することができる
情報共有	実動機関	<ul style="list-style-type: none"> ● 被災現場から状況の記録が可能となり、合同調整所への移動時間が削減される ● 記録された情報がシステムにより自動集約されるため、資料の取りまとめなど情報集約の時間が削減される
活動調整	実動機関 被災基礎自治体	<ul style="list-style-type: none"> ● 集約された情報を閲覧システムで参照することで、被災基礎自治体への迅速な報告が可能となる。被災基礎自治体は現場状況をリアルタイムで把握することができ、今後の活動に関する依頼を迅速に行うことができる

1-3. 創出価値

- 除雪優先度算出システム

防災科研では、2018年から新潟県を対象として雪おろシグナルを提供しており、2025年現在は豪雪地帯対策特別措置法に基づき豪雪地帯、特別豪雪地帯に指定されている北海道から中国地方までの広い範囲にわたって積雪重量情報を提供している。雪おろシグナルのアクセス数を見ると、大雪の年のアクセスが非常に多くなっており、大雪時に積雪重量を知るニーズがあると想定される。また、東京など降雪の少ない地域から多雪地域の積雪重量情報に関するアクセスもあり、多雪地域に家族が居住している人などからのニーズもあると考えられる。

しかし、実際に個々の建物の除雪優先度を判断する上では、建物の形状や都道府県や市町村で設定された建築基準などを考慮する必要がある。そこで、3D都市モデルと雪おろシグナルを組み合わせ、建物の情報（建物形状や建築年など）を考慮した除雪優先度の情報を提供することで、適切かつ効率的な除雪作業を支援し、より安全・安心で快適な雪国での暮らしを実現する。

- 被災現場支援ツール

3D都市モデルを活用した被災現場におけるリアルタイム重畳は、大雪や震災などの災害時において、最前線で活動する実動機関（消防、自衛隊等）の活動を支援するツールとして期待され、その基本機能を開発してきた。この機能は、自然災害対応のみならず、防犯など周辺・関連領域にも転用が可能であり、今後の活用が期待される。

さらに、3D都市モデルと情報連携をさせることで、位置情報取得にとどまらず、さまざまな都市サービス（観光・防災・まちづくり等）におけるデジタルツイン基盤と現実世界との情報の往来を実現させる。

1-4. 想定事業機会

- 除雪優先度算出システム

表 1-8 想定事業機会（除雪優先度算出システム）

項目	内容
利用者	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方公共団体（都道府県や市町村） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 建築物の除雪計画の策定に利用 ● 現場作業員（消防、自衛隊、地域共助組織、その他事業者） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 建築物の除雪計画に基づき現地で除雪作業を実施 ● 居住者や住民 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 地方公共団体への建築物の除雪を依頼する判断に利用
サービス仮説	<ul style="list-style-type: none"> ● 個々の建物の除雪優先度を可視化するサービス
提供価値	<ul style="list-style-type: none"> ● 除雪優先度の可視化による除雪効率の向上と作業負担の軽減 ● 不要な雪下ろし作業の削減による事故リスク低減 ● 3D 都市モデルに基づく高精度な建築物の除雪計画策定支援

- 被災現場支援ツール

表 1-9 想定事業機会（被災現場支援ツール）

項目	内容
利用者	<ul style="list-style-type: none"> ● 現場作業員（消防、自衛隊、地域共助組織、その他事業者） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 大雪や震災などの被災現場において、現地の災害対応計画の策定に利用 ● 災害対策本部 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 被災状況の把握に利用
サービス仮説	<ul style="list-style-type: none"> ● AR を活用し、リアルタイムに被災前の状況や建物の危険度（本ユースケースでは除雪優先度）を重畳するツールの提供
提供価値	<ul style="list-style-type: none"> ● AR の活用による現場での迅速な被災状況把握・対策検討 ● 3D 都市モデルに基づく高精度な被災現場支援 ● 被災現場からの迅速な情報のフィードバックにより、被災状況の把握を支援

2. 実証実験の概要

2-1. 実証仮説

除雪優先度算出システム

【除雪作業の最適化】

- 3D 都市モデルと雪おろシグナルを組み合わせることで、個々の建物レベルでの積雪重量と除雪優先度を高精度で算出できる
 - 建物の3D情報（屋根形状）と気象データを組み合わせることで、従来の面的な積雪重量推定では把握できなかった建物毎の積雪重量を推定できる
 - 建物の属性情報（建築年）を加味した荷重耐性評価により、真にリスクの高い建物を特定できる
 - 開発システムによる除雪優先度の可視化により、除雪の人員配置の最適化が可能になる
 - システムの導入により、必要性の低い雪下ろし作業が削減され、雪下ろし作業中の事故件数が低減する
- 優先度情報を関係者間で共有することによって、広域の除雪計画策定が可能になるなど、より効率的な除雪体制の構築が促進される

被災現場支援ツール

【被災現場での活動の迅速化】

- 大雪や震災などの災害発生時に、ARによる3D都市モデルの現実世界への重畳表示により被災前後の状況比較が容易となり、被災現場における被害状況把握の速度と精度を向上させる
 - 被災現場で把握した状況（被害状況や対応状況）を被災現場で入力することが可能となることから、取りまとめ作業を行わずとも、災害対応の関係者が被害の覚知をリアルタイムで共有することが可能となる
 - 地域に精通していない作業員でも、AR重畳システムにより、被災前の状態を迅速に把握できる
 - ARによる3D都市モデル重畳と状況情報の共有により、実動機関（消防、自衛隊等）や地方公共団体間の情報共有に要する時間が減少する
 - 積雪や瓦礫等により建物の視認性が悪化した状況下でも、AR重畳システムにより倒壊した建築物や隠れた構造物を可視化でき、救助活動の効率が向上する
- 直感的に操作できるインターフェースにより、年齢層や情報リテラシーの異なる現場作業員が操作することができる

2-2. 検証ポイント

● 除雪優先度算出システム

降雪時期における現地観測及び現地の除雪関係者へのヒアリングを実施し、以下の観点について有用性の評価を行う。

【積雪重量、除雪優先度の推定精度】

1. 雪下ろしの担い手が判断する除雪優先度と算出した除雪優先度はマッチするか
2. 除雪が必要（又は不要）な建物を推定できているか

【積雪重量、除雪優先度の提供速度】

3. 情報の鮮度（気象情報の発表時刻から除雪優先度情報提供までのタイムラグ）は実用の範囲内か

【ユーザビリティの評価】

4. 操作方法は分かりやすいか
5. 画面表示は分かりやすいか
6. システムの動作は重くないか
7. データ出力までの作業時間は実用的な水準か

【情報の通知の適切性】

8. 通知のタイミング・内容は適切か

【除雪作業、除雪計画の最適化】

9. 本システムの出力結果が除雪計画を策定する上で有用か
10. 本システムの出力結果が除雪計画を策定する上で有用か
11. システムを利用することで除雪計画策定に要するコストが軽減するか
12. 除雪優先度の可視化によって除雪作業時の人員配置が最適化されるか

● 被災現場支援ツール

技術的な検証、地方公共団体職員に対する有用性アンケート及びヒアリングを実施することによって、以下の観点について有用性の評価を行う。

【被災現場での利用可否】

1. 実証対象の被災現場において利用可能か

【ユーザビリティの評価】

2. 操作方法はわかりやすく操作しやすいか
3. 画面表示はわかりやすく操作しやすいか
4. 重畳表示された 3D 都市モデルの形状から現地状況を把握できるか
5. 現地情報が対象建物との関連が分かる位置に表示されているか

【実証現場以外の地域への拡張性、他の被災内容への活用可能性】

6. 実証対象以外の地域へ拡張可能か
7. 本ユースケースと異なる被災内容での活用ができるか

【ツールの教育コスト】

8. ツールの調達、更新、教育コストが低い

【被災現場での有用性】

9. 大雪や震災などの被災現場での作業負荷（情報入力に要する時間など）がどの程度軽減されるか
10. 大雪や震災などの被災現場での対策検討（現地で得られる情報以外の関連情報の参照）がどの程度効率化されるか

2-3. 実証フロー

● 除雪優先度算出システム

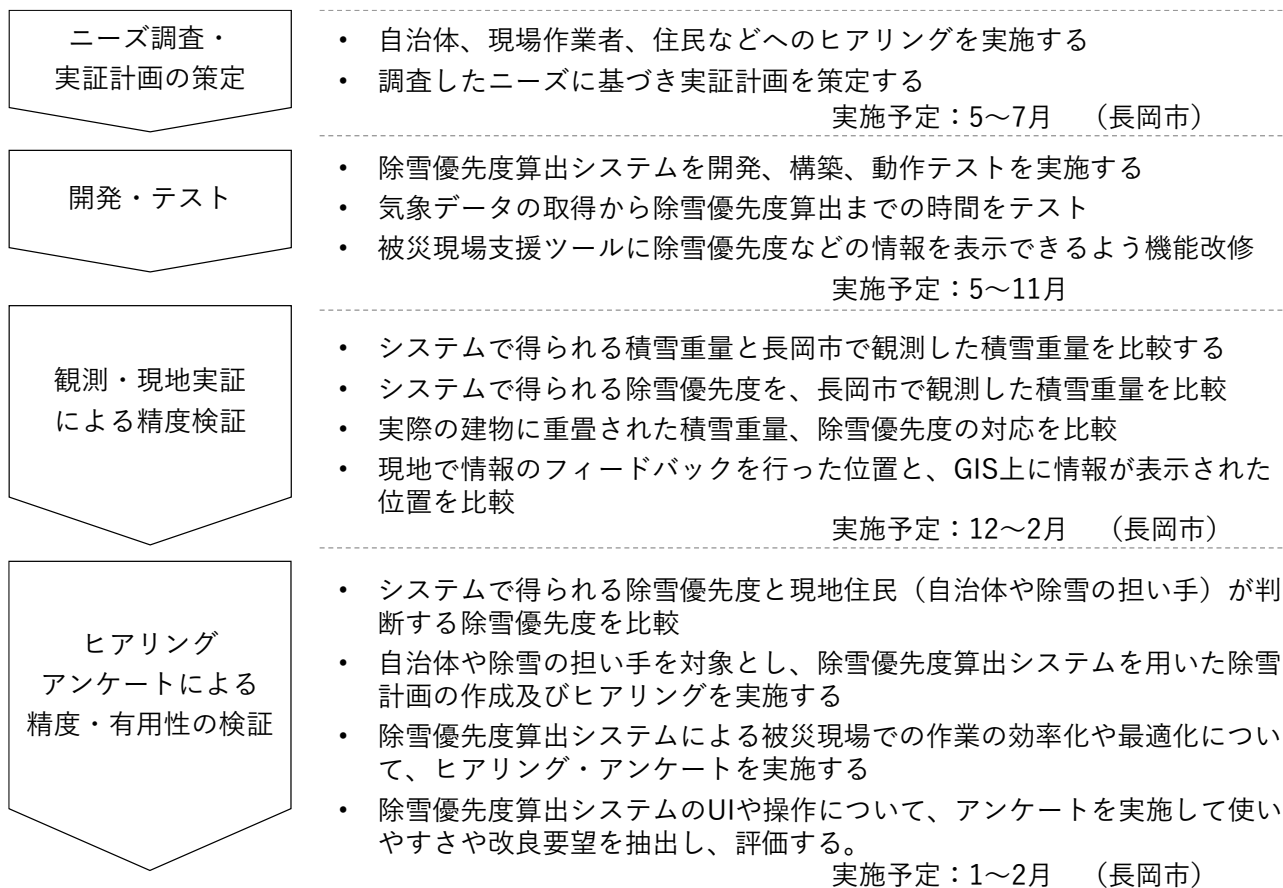


図 2-1 実証フロー（除雪優先度算出システム）

● 被災現場支援ツール

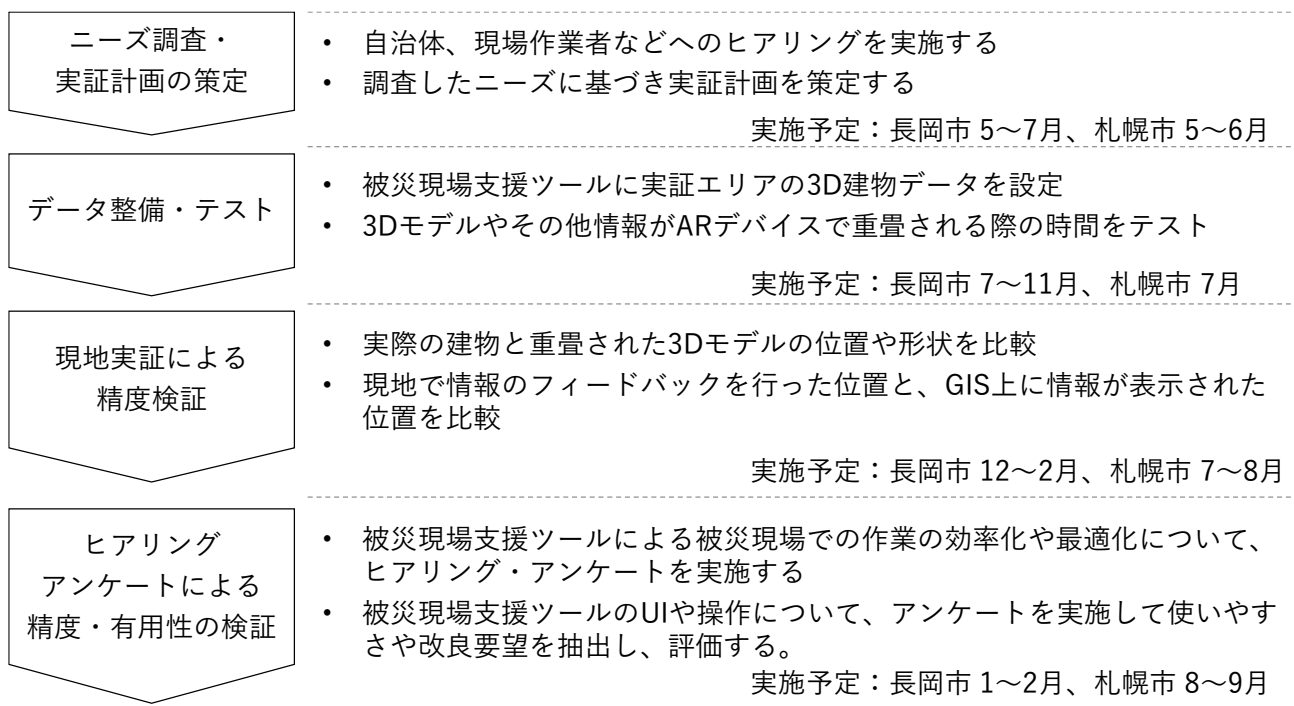


図 2-2 実証フロー（被災現場支援ツール）

2-4. 実施体制

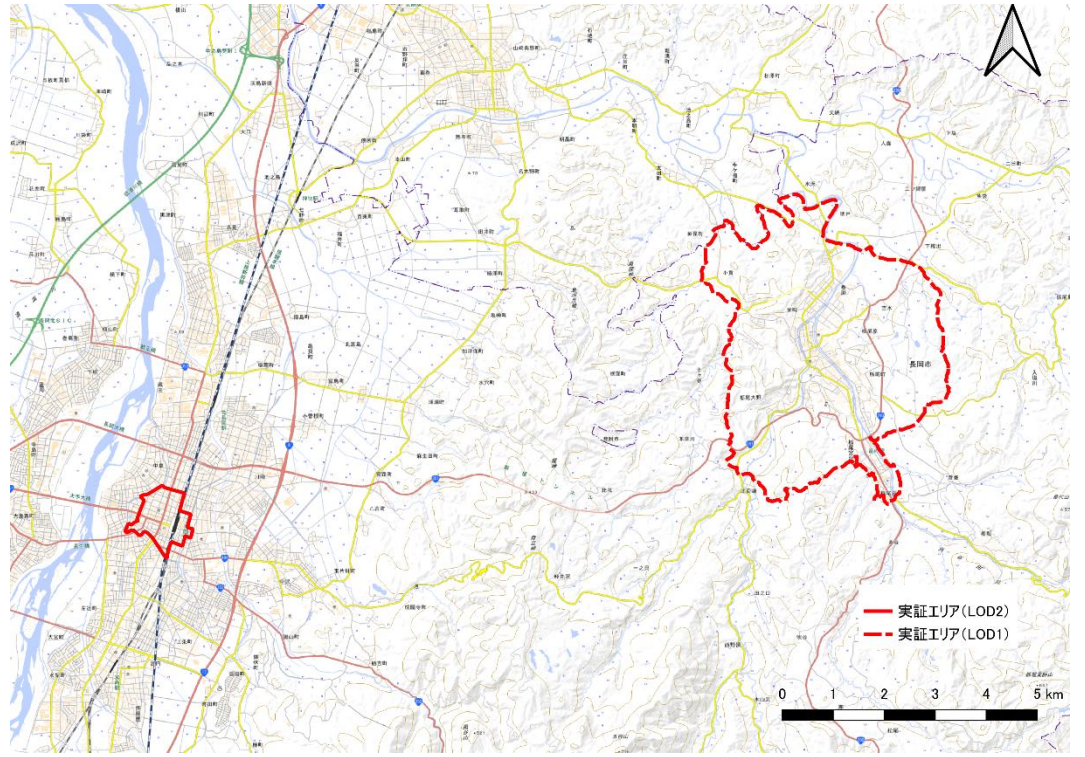
表 2-1 実施体制

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
	アクセント株式会社	● プロジェクト全体マネジメント
実施事業者	株式会社雪研スノーイーターズ	● ユースケース実証における企画・開発・検証・運営
実施協力	国立研究開発法人防災科学技術研究所	● 実証における企画・開発・検証
	株式会社マイスター	● 実証用データセットの作成、3D 重畳プログラムの調整、技術資料作成
	公益社団法人中越防災安全推進機構	● 実証協力（除雪共助組織のマッチング）
	長岡市 （都市整備部都市政策課、地域振興戦略部）	● 実証協力（3D 都市モデル、実証実験の支援） ● 被災現場支援ツールに関するヒアリング先
	長岡市における地域共助組織	● 実証協力（実証情報の受け取り） ● ヒアリング先
	長岡市の建築物所有者	● 実証協力（建物上への観測機器の設置と観測の場所提供）
	長岡市消防本部	● 被災現場支援ツールに関するヒアリング先
	札幌市（危機管理局）	● 被災現場支援ツールの防災利用に関するヒアリング先
	札幌市消防局	● 被災現場支援ツールの防災利用に関するヒアリング先

2-5. 実証エリア

- 除雪優先度算出システム

表 2-2 実証エリア（除雪優先度算出システム）

項目	内容
実証地	新潟県長岡市
面積	①長岡市中心部エリア：3 km ² （LOD2+LOD1 エリア） ②長岡市栃尾エリア：19 km ² （LOD1 エリア）
マップ ⁴ （対象エリア は赤枠内）	

⁴ 地理院地図を使用して作成：<https://maps.gsi.go.jp/>

<https://maps.gsi.go.jp/%2312/37.446533/138.851486/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

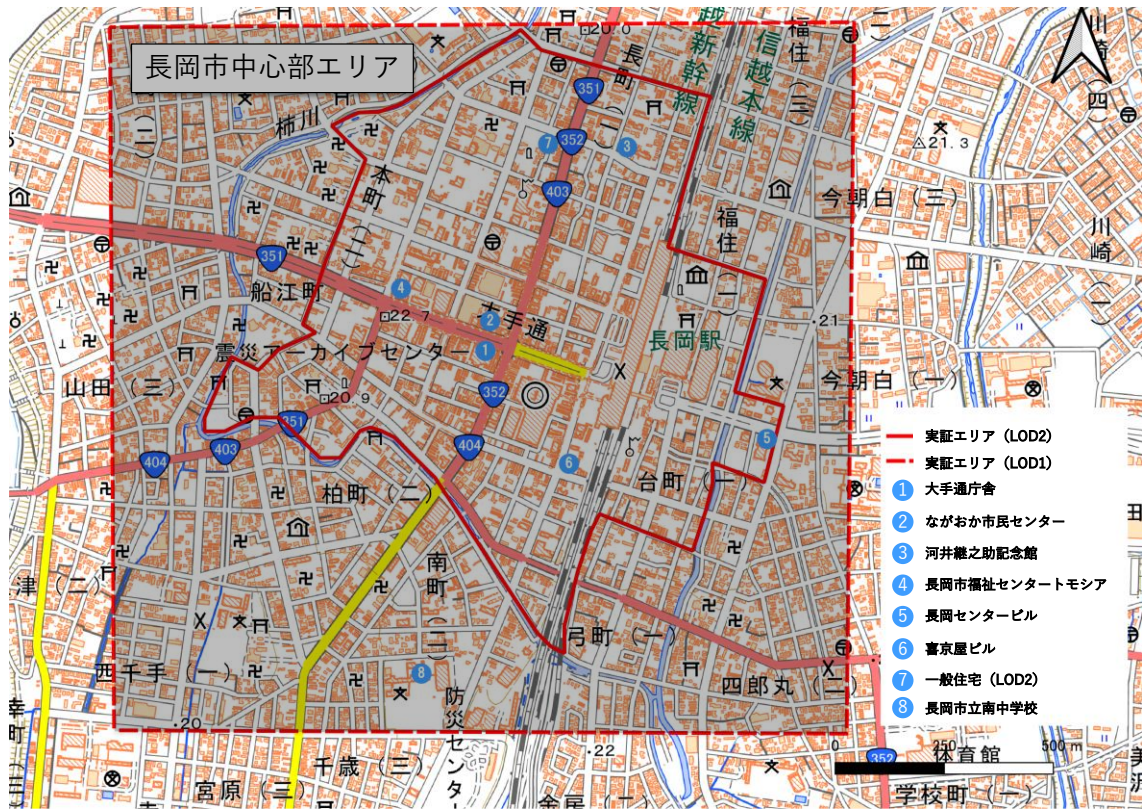


図 2-3 データ提供及びヒアリング先の候補（長岡市中心部エリア）⁵

表 2-3 データ提供及びヒアリング先の候補（長岡市中心部エリア）

No.	建物・団体	概要
1	大手通庁舎	観測機器を設置する建物。長岡市建築住宅課、都市政策課、地域振興戦略部が入居している
2	ながおか市民センター	長岡市が旧丸大デパートの建物を活用して開設した、行政と市民活動の拠点となる施設
3	河井継之助記念館	河井継之助の人物像を紹介するために長岡市制 100 周年を記念して設立された長岡市の施設
4	長岡市社会福祉センタートモシア	誰もが気軽に集い、活動できる福祉の交流拠点。長岡市社会福祉協議会の事務所
5	長岡センタービル	新潟県長岡市と周辺地域（小千谷市、見附市、出雲崎町）を放送エリアとするコミュニティ FM 局
6	喜京屋ビル	明治 28 年（1895）創業、130 年の歴史を持つ長岡駅近くにある老舗中華料理店で、長岡市殿町通商店街組合長
7	一般住宅（LOD2）	LOD2 区域内の一戸建て住宅。中越防災安全推進機構職員
8	長岡市立南中学校	長岡駅の南西 1 km に位置する中学校

⁵ 地理院地図を使用して作成：<https://maps.gsi.go.jp/>

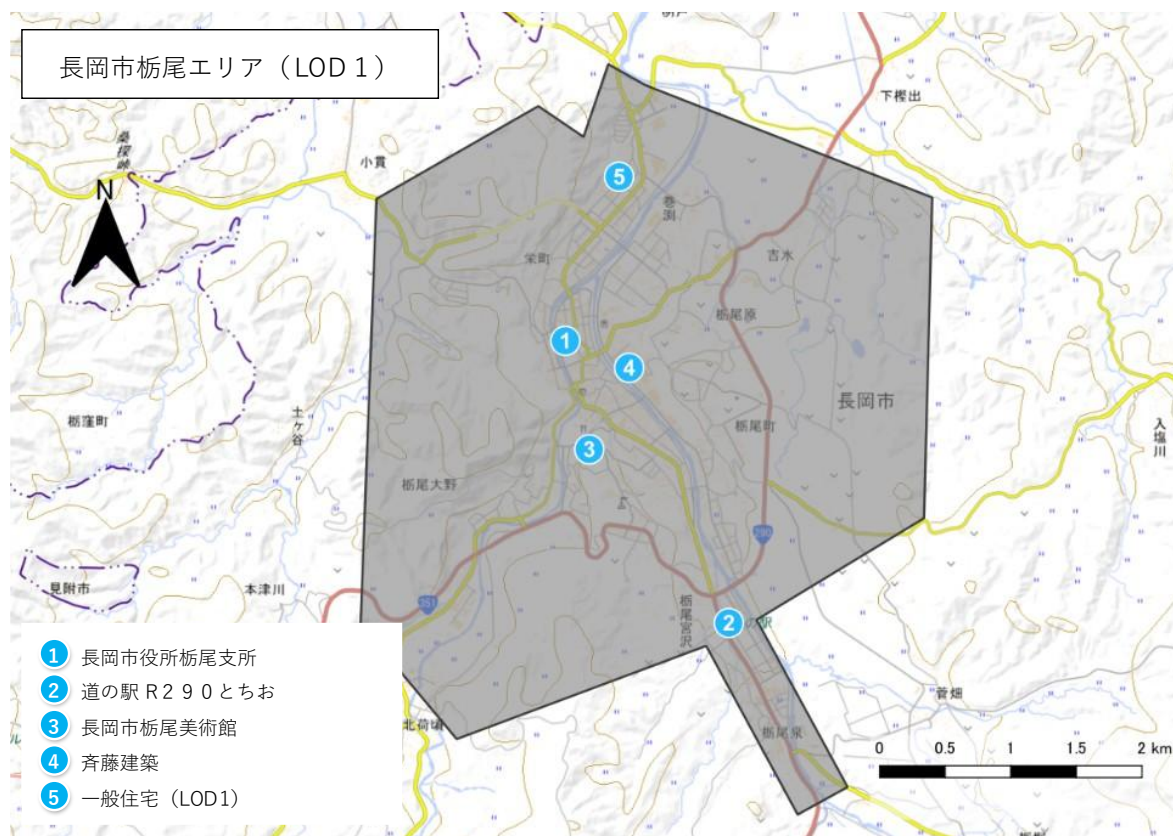
図 2-4 データ提供及びヒアリング先の候補 (長岡市栃尾エリア)⁶

表 2-4 データ提供及びヒアリング先の候補 (長岡市栃尾エリア)

No.	建物・団体	概要
1	長岡市役所栃尾支所	観測機器を設置する建物で、長岡地栃尾地域事務所、長岡市社会福祉協議会栃尾支所が入居している
2	道の駅 R290 とちお	国道 290 号沿い栃尾宮沢にある道の駅で、魚沼～長岡～三条・加茂など一般道で移動する際のハブとなる
3	長岡市栃尾美術館	旧栃尾市制 40 周年を記念して、市街地を一望できる高台の上に建てられた美術館
4	齋藤建築	屋根の雪下ろし作業を安全に行うことができる落下防止柵「雪おろしガード」を開発した建築会社
5	一般住宅 (LOD1)	LOD1 区域内の一般住宅

⁶ 地理院地図を使用して作成：<https://maps.gsi.go.jp/>

● 被災現場支援ツール

表 2-5 実証エリア（被災現場支援ツール）

項目	内容
実証地	①新潟県長岡市、②北海道札幌市
面積	①新潟県長岡市：1 km ² （LOD2 エリア） ②北海道札幌市：0.01 km ² （LOD1 エリア）
マップ ⁷ （対象エリア は赤枠内）	 <p style="text-align: center;">実証エリア①</p>  <p style="text-align: center;">実証エリア②</p>

⁷ 地理院地図を使用して作成：

<https://maps.gsi.go.jp/https://maps.gsi.go.jp/%2312/43.062077/141.354401/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

2-6. スケジュール

表 2-6 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. 実証調査計画の立案・詳細化	←→												
2. 関係者調整		←→											
3. 除雪優先度算出システム開発・テスト		←→											
4. 被災現場支援ツールデータ整備・テスト		←→											
5. 実証準備								←→					
6. 現地観測（気象・屋根雪）									←→				
7. 現地実証・ヒアリング									←→				
8. 実証取りまとめ										←→			

3. 開発スコープ

3-1. 概要

- 除雪優先度算出システム

除雪の計画・実施の最適化を支援する情報を地方公共団体や地域住民に提供することを目的として、気象データに基づいて広域の積雪重量を算出する技術と 3D 都市モデルを組み合わせ、個々の建物の積雪重量や除雪（雪下ろし）の優先度の情報を算出し可視化するための「除雪優先度算出システム」を構築する。

除雪優先度算出システムでは、積雪変質モデル SNOWPACK⁸を用いて計算した実証エリアの 250m 格子の積雪重量データを基に、3D 都市モデル上の個々の建物の積雪重量を求める。さらに、積雪重量に基づく建物毎の除雪優先度情報の提供を実現する。

本ユースケースでは、地方公共団体等の除雪計画を支援することを目的として面的な分布情報を提供する GIS システムを構築するほか、後述の被災現場支援ツール上で表示可能なデータを提供する。

- 被災現場支援ツール

大雪や震災などの被災現場における安全確保や要救助者の特定等を支援することを目的として、AR を活用し 3D 都市モデルやその他の被災現場に必要な情報を現実世界に重畳表示する「被災現場支援ツール」を構築する。また、被災現場支援ツールは、対策本部等での状況把握や意思決定を支援するため、現場の情報を GIS 上に反映する機能を備える。

本ユースケースにおいては、デバイスの処理能力を考慮し、実証エリアの 3D 都市モデルを事前にメッシュ化したデータを必要な範囲に限定して読み込み、重畳表示するほか、除雪優先度算出システムの API から取得した積雪重量や除雪優先度などの情報を視覚的に表示できるよう機能追加及び調整を行う。

3-2. 開発内容

本プロジェクトでは「除雪優先度算出システム」、「被災現場支援ツール」の構築を行った。

「除雪優先度算出システム」は、3D 都市モデルと気象データ、積雪変質モデル（SNOWPACK）から個々の建物の積雪重量や除雪優先度を計算し、2次元の地図上に表示するシステムで、除雪計画の策定や除雪作業の補助等で雪国の住民や除雪の担い手の支援を行うものである。

「被災現場支援ツール」は、AR 技術により被災前の建物形状や「除雪優先度算出システム」で算出した積雪重量等を現実世界に重畳し、被災現場での状況把握を支援するものである。災害時の状況把握に危険が伴う地下空間における状況把握の場面での活用も期待できる。

⁸SNOWPACK：Institute for Snow and Avalanche Research (SLF)が開発している積雪変質モデル。積雪層の雪質や密度等の計算が可能。

除雪優先度算出システムは、2次元の地図上で積雪深や積雪重量、除雪優先度等を閲覧可能なシステムで、「①地上の積雪深と積雪重量の算出・表示」、「②個々の建物の積雪重量と除雪優先度の算出・表示」、「③アラート通知」、「④現地報告情報の表示」の4機能で構成される。①は気象庁の気象データ（アメダス、解析雨量）を入力データとして積雪変質モデル（SNOWPACK）により1時間おきに地上の積雪深や積雪重量を計算し、その結果を250m格子のグリッドデータで表示する機能である。②は①で計算された地上の積雪重量と3D都市モデルから取得した建物形状や建築年に基づき、個々の建物の積雪重量と除雪優先度を計算し、建物毎に色分けで表示する機能である。③は事前登録した建物の除雪優先度が閾値を超えた場合に、最新の積雪重量や除雪優先度などの情報をメールでユーザーに通知する機能である。④は被災現場支援ツールの「⑦被災状況の現地報告、表示」機能で投稿された現地報告を地図上に表示する機能である。

被災現場支援ツールは、3D都市モデルを用いて、除雪優先度や積雪深ならびに被害状況や対応状況をARにより現実世界に重畳するツールである。本ツールは、「⑤3D都市モデルとマーカーの重畳」、「⑥被災状況の現地報告・表示」、「⑦除雪優先度と積雪深の表示」の3機能で構成される。⑤は準天頂衛星システム（QZSS）の測位情報を利用可能なマルチGNSS受信機を用いて、3D都市モデルを高精度に重畳表示する機能である。⑥は音声入力によって被災状況の現地報告を記録し、表示する機能である。⑦は測位情報を基に、現在地の積雪深や建物ごとの除雪優先度をテキストや色分けされたワイヤーフレームで表示する機能である。なお、本プロジェクトでは除雪優先度算出システムで計算した除雪優先度と積雪深を、WebAPIを通じて取得し、ツール上に表示できるようにカスタマイズを行った。除雪優先度は、3D都市モデルで定義された建物ごとに優先度に応じて色分けされたワイヤーフレームで表示することにより、現地において各建物の優先度を直感的に判別できるようにした。積雪深は、除雪作業時の現地状況の把握を支援するためにツール上に表示できるようにした。

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

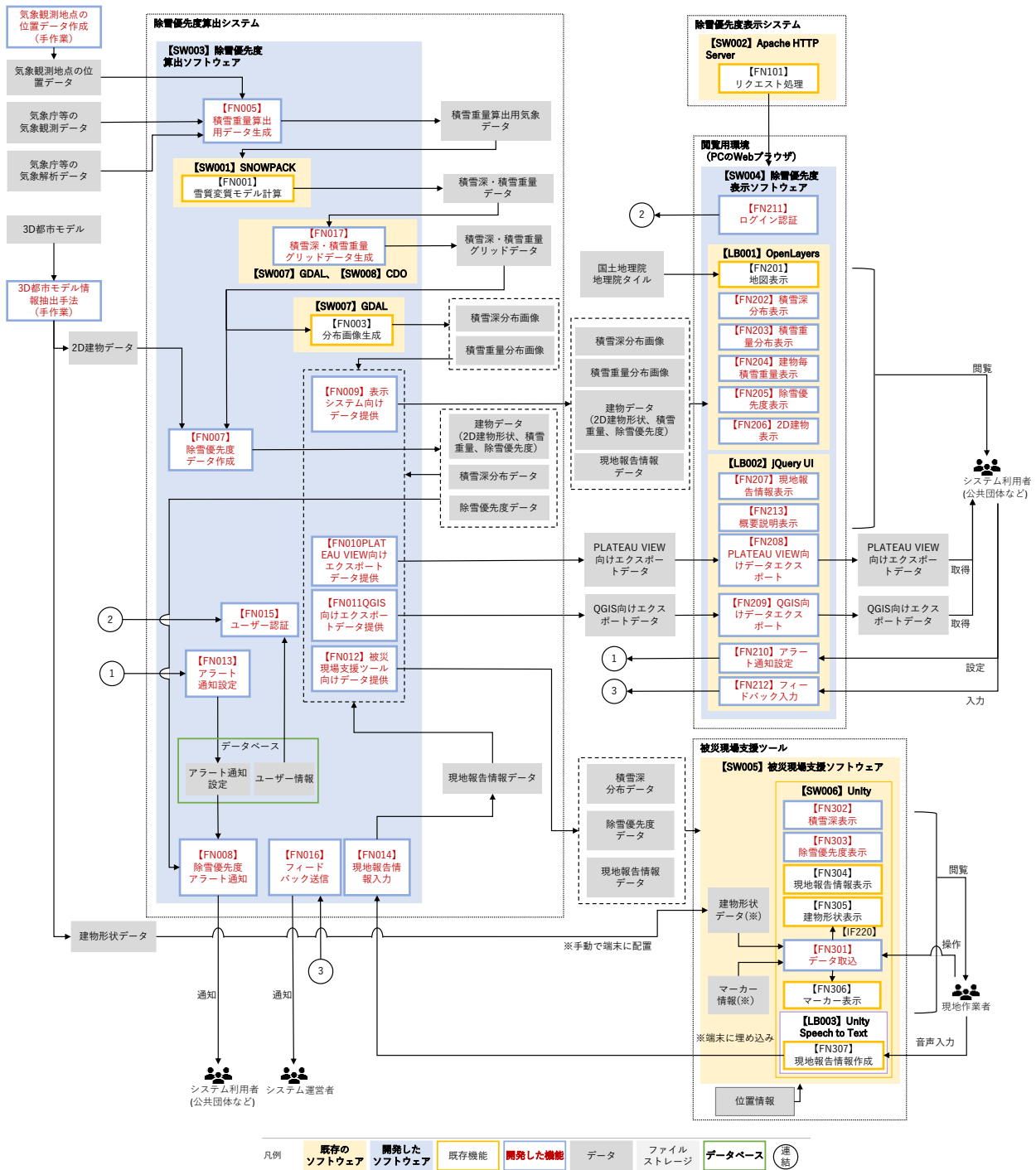


図 4-1 システムアーキテクチャ

4-1-2. データアーキテクチャ

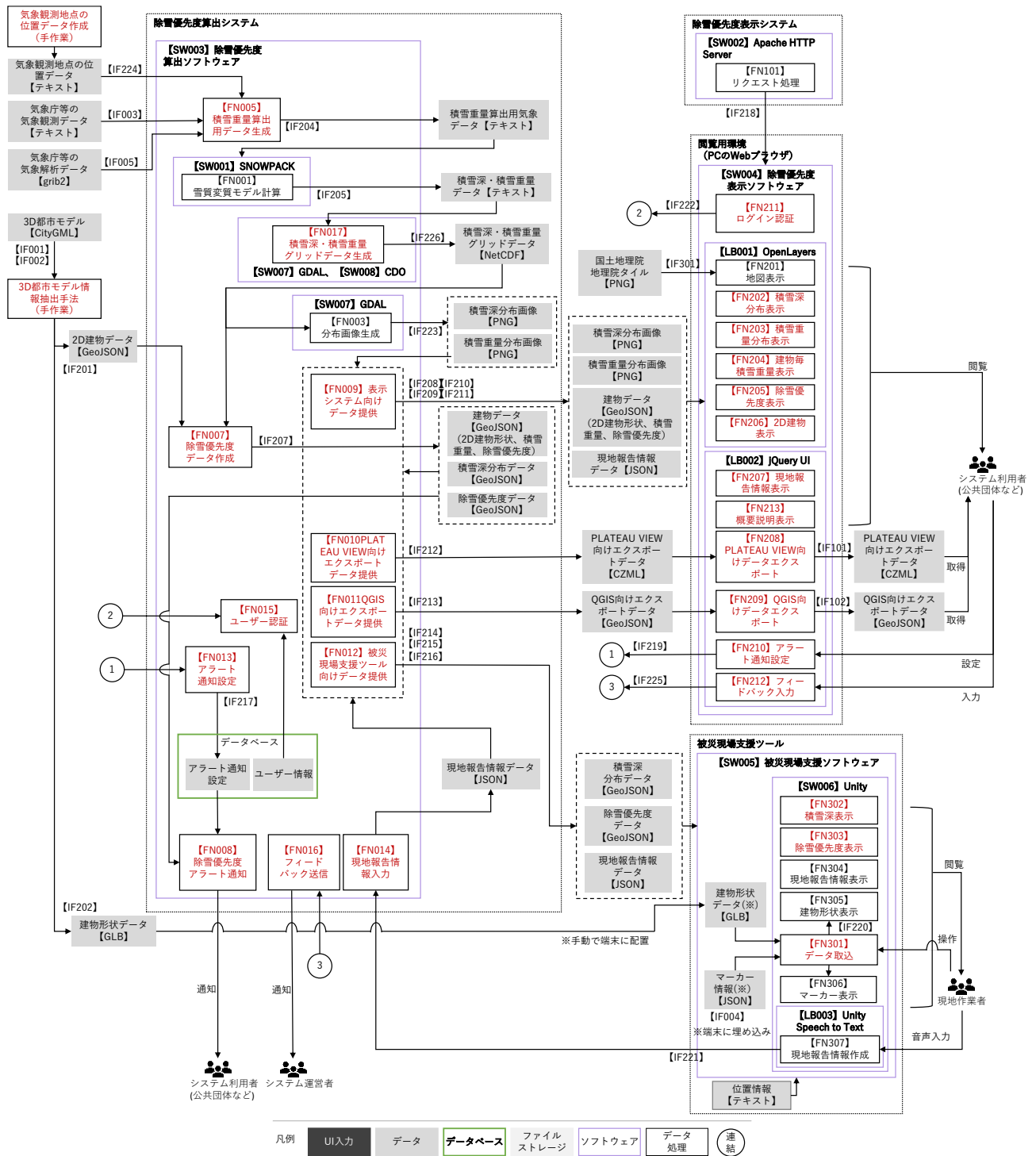


図 4-2 データアーキテクチャ

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

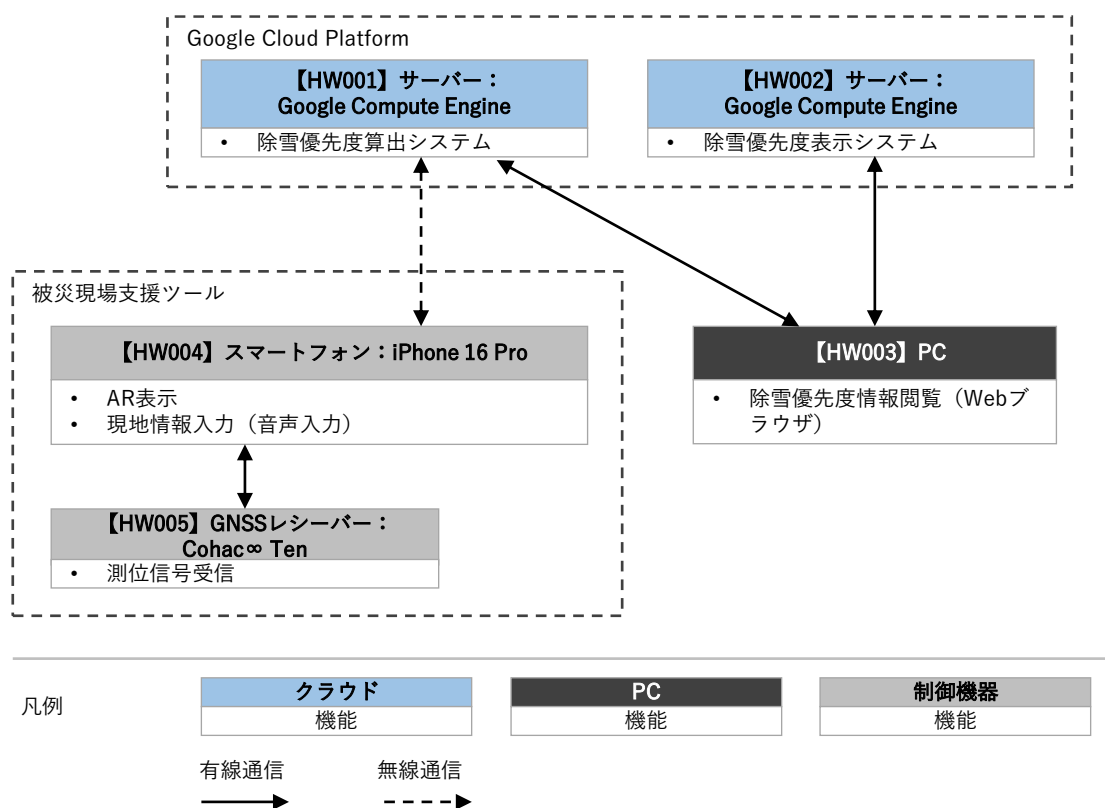


図 4-3 ハードウェアアーキテクチャ

表 4-1 利用するハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	サーバー	Google Compute Engine	● 除雪優先度算出システムを動作させる
HW002	サーバー	Google Compute Engine	● 除雪優先度表示システムを動作させる
HW003	PC	PC (型番を限定しない)	● Web ブラウザを利用して、除雪優先度表示システムが提供する情報を閲覧する
HW004	スマートフォン	iPhone 16 Pro	● 被災現場支援ツールのソフトウェアを動作させる
HW005	GNSS レシーバー	Cohac∞ Ten	● 位置情報を取得する

4-1-3-2. 利用するハードウェア詳細

1) 【HW001】 サーバー：Google Compute Engine

- 選定理由
 - ハードウェアを所有せずにサーバー機能を利用できる
 - 必要に応じてサーバーのスペック（CPU、メモリ、ストレージ）を変更できる
 - ハードウェアの保守作業を伴わずに安定したサーバー運用ができる
- 仕様・スペック
 - マシンタイプ：e2-standard-4
 - 仮想 CPU 数：4
 - メモリ容量：16GB
 - ストレージ容量：1TB
 - オペレーティングシステム（OS）：Ubuntu 24.04.3 LTS
- イメージ

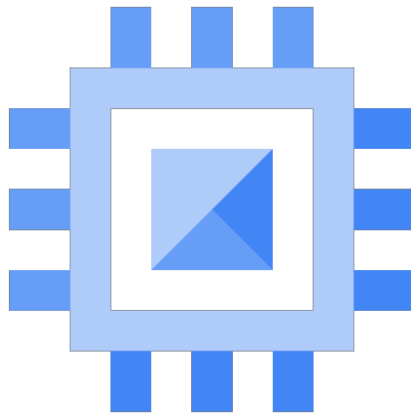


図 4-4 Google Compute Engine⁹

⁹ 公式 HP より抜粋：<https://cloud.google.com/products/compute?hl=ja>

2) 【HW002】 サーバー：Google Compute Engine

- 選定理由
 - ハードウェアを所有せずにサーバー機能を利用できる
 - 必要に応じてサーバーのスペック（CPU、メモリ、ストレージ）を変更できる
 - ハードウェアの保守作業を伴わずに安定したサーバー運用ができる
- 仕様・スペック
 - マシンタイプ：e2-standard-2
 - 仮想 CPU 数：2
 - メモリ容量：8GB
 - ストレージ容量：200GB
 - オペレーティングシステム（OS）：Ubuntu 24.04.3 LTS

3) 【HW003】 PC

- 仕様・スペック
 - Web ブラウザが動作すること（Chrome 最新版、Edge 最新版、Firefox 最新版のいずれか）
 - インターネット接続が利用可能であること
 - ディスプレイ解像度：フル HD（1920×1080 ピクセル）以上を推奨

4) 【HW004】 モバイル端末：iPhone 16 Pro

- 選定理由
 - 被災現場支援ツールは、iOS で動作するアプリのため
 - LiDAR スキャナ搭載によるドリフト誤差の軽減
- 仕様・スペック
 - センサー：LiDAR スキャナ、ハイダイナミックレンジジャイロ、高重力加速度センサー、近接センサー、デュアル環境光センサー
 - チップ：A18 Pro
 - ディスプレイ：6.1 インチ（対角）オールスクリーン OLED ディスプレイ
 - サイズ：幅: 71.5 mm、高さ：146.7 mm、厚さ：7.4 mm
 - 重さ：187g
- イメージ



図 4-5 アップル iPhone 16 Pro¹⁰

¹⁰ 公式 HP より抜粋：<https://www.apple.com/jp/iphone-16-pro/>

5) 【HW005】 GNSS レシーバー : Cohac∞ Ten

- 選定理由
 - センチメートル級の高精度測位に対応
 - 小型で軽量
 - アンテナケーブル 3m と L1/L2/L6 対応アンテナが含まれる
 - Wi-Fi で接続したスマートフォン端末から、専用ツール不要で受信機の出力設定やデータ取得が可能
- 仕様・スペック
 - サイズ：幅 100mm、長さ 67mm、高さ 24mm
 - 重さ：100g 以下
 - 対応する周波数：PS：L1/L2、QZSS：L1/L2/L6、GLONASS：L1/L2、Galileo：E1/E5b、Beidou：B1/B3、SBAS：EGNOS/WAAS/GAGAN/MSAS/SDCM（L1）
 - 測位方式：CLAS、RTK（Ntrip 方式含む）、DGPS 等
- イメージ



図 4-6 Cohac∞ Ten¹¹

¹¹ 公式 HP より抜粋：<https://www.core.co.jp/service/industrial/gnss/receiver/ten>

4-2. システム機能

4-2-1. システム機能一覧

表 4-2 【HW001】サーバー機能一覧

※朱文字：新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW001】 SNOWPACK	FN001	積雪変質モデル 計算	● 冬期を通じた積雪構造を計算する
【SW003】除 雪優先度算出ソ フトウェア	FN003	分布画像生成	● 計算データから分布画像を作成する
	FN005	積雪重量算出用 データ生成	● 気象庁等が提供する気象データを収集し、 SNOWPACK の積雪重量の算出に用いるデータを 生成する
	FN007	除雪優先度デー タ作成	● 屋根勾配を考慮した積雪重量データを作成する ● 除雪優先度データを作成する
	FN008	除雪優先度アラ ート通知	● 除雪優先度データを基にアラート通知を発信する
	FN009	表示システム向 けデータ提供	● 表示システムが使用するデータを提供する
	FN010	PLATEAU VIEW 向けエク スポートデータ 提供	● PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータを提供す る
	FN011	QGIS 向けエク スポートデータ 提供	● QGIS 向けエクスポートデータを提供する
	FN012	被災現場支援ツ ール向けデータ 提供	● 被災現場支援ツール向けデータを提供する
	FN013	アラート通知設 定	● アラート通知の設定を反映する
	FN014	現地報告情報入 力	● 建物毎の現地報告情報を除雪優先度算出システム に提供する
	FN015	ユーザー認証	● 除雪優先度表示ソフトウェアからのユーザー認証 リクエストに対して認証結果を返す
FN016	フィードバック 送信	● ユーザーが入力したシステムに関するフィードバ ックをシステム管理者に通知する	

	FN017	積雪深・積雪重量グリッドデータ生成	● 積雪深と積雪重量のグリッドデータを作成する
--	-------	-------------------	-------------------------

表 4-3 【HW002】サーバー機能一覧

※朱文字：新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW002】 Apache HTTP Server	FN101	リクエスト処理	● 除雪優先度表示ソフトウェアが提供する Web コンテンツへのアクセスを制御する

表 4-4 【HW003】PC 機能一覧

※朱文字：新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW004】 除雪優先度表示 ソフトウェア	FN211	ログイン認証	● 除雪優先度表示システムのログイン認証を行う
【LB001】 OpenLayers	FN201	地図表示	● 国土地理院 地理院タイルを表示する
	FN202	積雪深分布表示	● 積雪深の分布を地図に重ねて表示する
	FN203	積雪重量分布表示	● 積雪重量の分布を地図に重ねて表示する
	FN204	建物毎積雪重量表示	● 建物毎の積雪重量を地図に重ねて表示する
	FN205	除雪優先度表示	● 建物毎の除雪優先度を地図に重ねて表示する
	FN206	2D 建物表示	● 2D の建物形状を地図に重ねて表示する
【LB002】 jQuery UI	FN207	現地報告情報表示	● 建物毎の現地報告情報を表示する
	FN208	PLATEAU VIEW 向けデータエクスポート	● PLATEAU VIEW 向けのエクスポートデータをダウンロードする
	FN209	QGIS 向けデータエクスポート	● QGIS 向けのエクスポートデータをダウンロードする
	FN210	アラート通知設定	● アラート通知機能の設定をする
	FN212	フィードバック入力	● システムに関するフィードバックを入力する
	FN213	概要説明表示	● 除雪優先度算出システムの概要説明を表示する

表 4-5 【HW004】スマートフォン機能一覧

※朱文字：新規開発・既存改修

ソフトウェア	ID	機能名	機能説明
【SW006】 Unity	FN301	データ取込	<ul style="list-style-type: none"> ● 選択したエリアの建物情報及びマーカー情報を読み込む ※ 対象地域の変更には、3D 都市モデル及びマーカー情報の差し替えとアプリケーションの再ビルドが必要となる ※ アプリケーションの再ビルドは原則として被災現場支援ツールを保有するベンダーが実施することを前提とする
	FN302	積雪深表示	● 現地映像に積雪深情報（文字情報）を重畳して表示する
	FN303	除雪優先度表示	● 現地映像に除雪優先度を重畳して表示する
	FN304	現地報告情報表示	● 建物毎の現地報告情報を表示する
	FN305	建物形状表示	● 現地映像に建物形状を重畳して表示する
	FN306	マーカー表示	● 現地映像にマーカー情報を表示する
【LB003】 Unity Speech to Text	FN307	現地報告情報作成	● 建物毎の現地報告情報を音声で入力しテキスト情報に変換して除雪優先度算出システムに送信する

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：新規開発・既存改修

ID	項目	バージョン	内容
SW001	SNOWPACK	20250701	● スイス連邦雪・雪崩研究所が開発した、気象データを用いて積雪の層構造を計算するモデル
SW002	Apache HTTP Server	2.4.58	● Web アプリで配信を行うための Web サーバーソフトウェア
SW003	除雪優先度算出ソフトウェア	1.0	● 積雪重量と建物情報から除雪優先度を演算し、計算データを提供するソフトウェア
SW004	除雪優先度表示ソフトウェア	1.0	● 除雪優先度算出システムが算出した積雪深、積雪重量、及び除雪優先度の情報を公開するためのソフトウェア
SW005	被災現場支援ソフトウェア	1.1.0	● AR 技術を利用して 3D モデルや現地での災害対応に必要な情報を現実世界の映像に重畳表示するソフトウェア ● 現地からの情報を GIS 上に反映する機能を備える
SW006	Unity	2022.3.62f2	● 3D モデルを表示するエンジン
SW007	GDAL	3.8.4	● ラスター及びベクター地理空間データ形式用の変換ライブラリ・コマンドラインツール
SW008	CDO	2.4.0	● 気候モデル及び数値予報モデルデータを操作・解析するためのコマンドラインツール

表 4-7 利用するライブラリー一覧

※朱文字：新規開発・既存改修

ID	項目	バージョン	内容
LB001	OpenLayers	10.6.0	● ブラウザで地図データを表示する JavaScript ライブラリ
LB002	jQuery UI	1.14.1	● UI を提供する JavaScript ライブラリ
LB003	Unity Speech to Text	1.1.1	● 音声をテキストに変換するライブラリ

4-2-3. 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**朱文字**で示す。

1) 【HW001】サーバー用機能一覧

1. 【FN001】積雪変質モデル計算

- 機能概要
 - 冬期を通じた積雪構造を計算する
- フローチャート

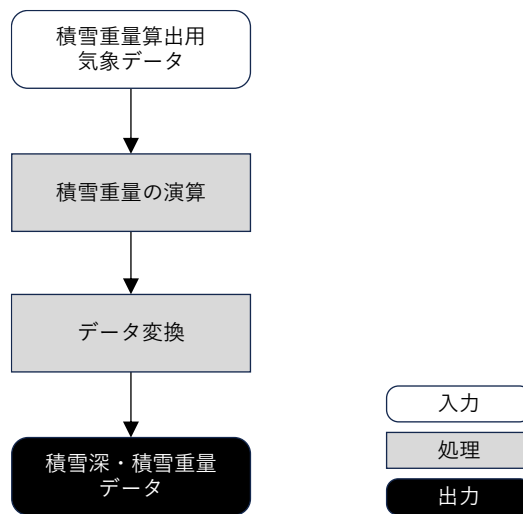


図 4-7 積雪変質モデル計算のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 積雪重量算出用気象データ
 - 内容
 - 気温、風速、降水量、日照時間
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF204】を参照
 - 出力
 - ◇ 積雪深・積雪重量データ
 - 内容
 - 積雪深、積雪重量のデータ
 - 形式
 - テキスト

- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF205】を参照
- 機能詳細
 - 積雪計算
 - ◇ 処理内容
 - 層毎に積雪構造及びその変化を計算する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - SNOWPACK (ソフトウェア・ライブラリ【SW001】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - 利用したアルゴリズム【AL001】を参照

2. 【FN003】分布画像生成

- 機能概要
 - 積算深・積雪重量グリッドデータから分布画像を作成する
- フローチャート

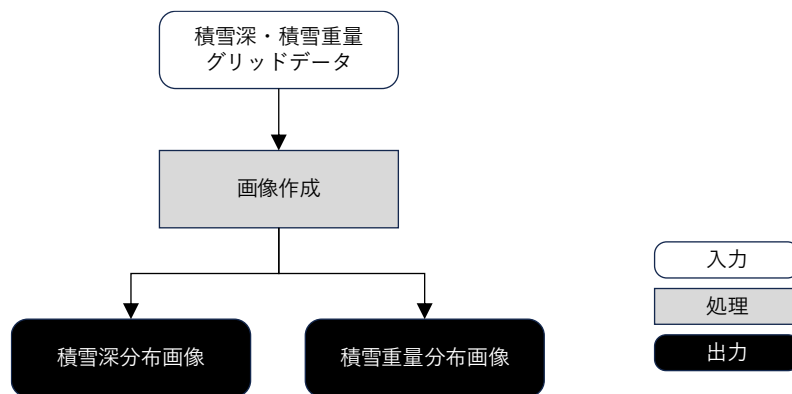


図 4-8 分布画像生成のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 積雪深・積雪重量グリッドデータ
 - 内容
 - 積雪深、積雪重量のグリッドデータ
 - 形式
 - NetCDF
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF226】を参照
 - 出力
 - ◇ 積雪深分布画像
 - 内容
 - 積雪深の分布画像

- 形式
 - PNG
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF223】を参照
- ◇ 積雪重量分布画像
 - 内容
 - 積雪重量の分布画像
 - 形式
 - PNG
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF223】を参照
- 機能詳細
 - 画像作成
 - ◇ 処理内容
 - グリッドデータから地図上に表示される画像を作成する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

3. 【FN005】積雪重量算出用データ生成

- 機能概要
 - 気象庁などの機関が提供する気象データを収集する
 - SNOWPACK の積雪重量の算出に用いるデータを生成する
- フローチャート

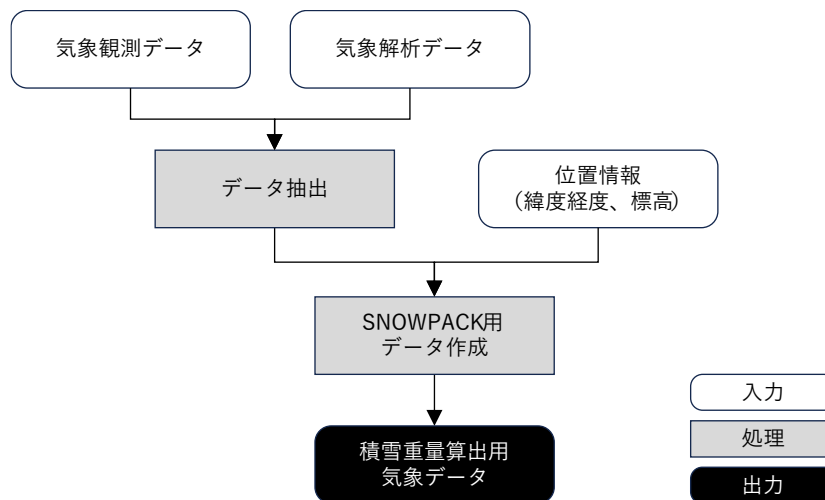


図 4-9 積雪重量算出用データ生成のフローチャート

- データ仕様

- 入力
 - ◇ 気象観測データ
 - 内容
 - 気象庁等の気象観測データ（気象庁 アメダス観測データ）
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF003】を参照
 - ◇ 気象解析データ
 - 内容
 - 気象庁等の気象解析データ（気象庁 解析雨量）
 - 形式
 - grib2
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF005】を参照
 - ◇ 気象観測地点の位置情報データ
 - 内容
 - 気象観測地点の緯度、経度、標高（手作業で作成）
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF224】を参照
- 出力
 - ◇ 積雪重量算出用気象データ
 - 内容
 - 気象データ
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF204】を参照

- 機能詳細

- データ変換
 - ◇ 処理内容
 - 気象データから SNOWPACK 用の形式のデータを作成する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - 開発したアルゴリズム【AL101】を参照

4. 【FN007】 除雪優先度データ作成

- 機能概要
 - 屋根勾配を考慮した建物毎の積雪重量を算出する
 - 建物毎の除雪優先度を算出する
- フローチャート

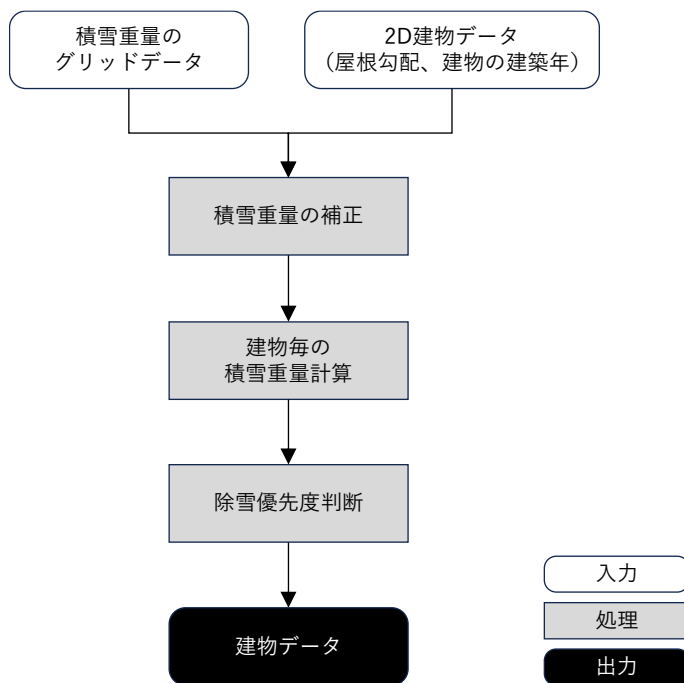


図 4-10 除雪優先度データ作成のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 積雪重量グリッドデータ
 - 内容
 - 積雪重量のグリッドデータ
 - 形式
 - NetCDF
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF226】を参照
 - ◇ 2D建物データ
 - 内容
 - 建物毎の屋根勾配、建物毎の建築年
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - 出力

- ◇ 建物データ
 - 内容
 - 2D 建物形状、建物毎の積雪重量、建物毎の除雪優先度
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
- ◇ 積雪深分布データ
 - 内容
 - 積雪深の分布
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
- ◇ 除雪優先度データ
 - 内容
 - 除雪優先度の分布
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
- 機能詳細
 - 重ね合わせ
 - ◇ 建物毎の積雪重量演算
 - 屋根の勾配を考慮して建物毎の積雪重量を演算する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - 開発したアルゴリズム【AL103】を参照
 - 除雪優先度判断
 - ◇ 処理内容
 - 建物の屋根の積雪重量と建築年から除雪優先度を判断する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - 開発したアルゴリズム【AL104】を参照
 - 開発したアルゴリズム【AL105】を参照

5. 【FN008】 除雪優先度アラート通知

- 機能概要
 - 建物屋根の積雪重量データを基にアラート通知を発信する
- フローチャート

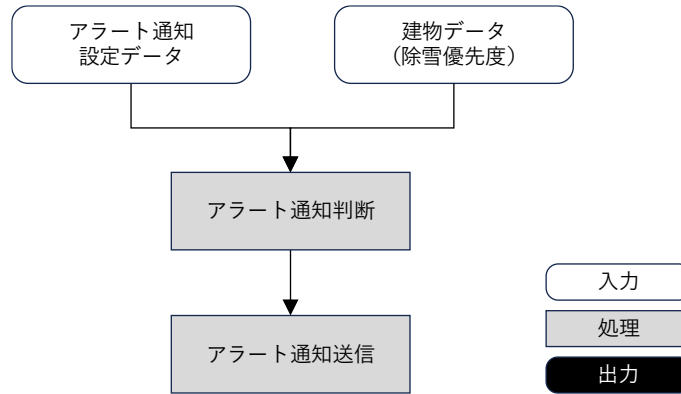


図 4-11 除雪優先度アラート通知のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 建物データ
 - 内容
 - 2D 建物形状、除雪優先度、築年数
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
 - ◇ アラート通知設定データ
 - 内容
 - アラート通知条件、アラート通知送信先
 - 形式
 - データベース
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF217】を参照
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - アラート通知を送信する
 - ◇ 処理内容
 - アラート通知条件（閾値超過）を満たすか判定する
 - アラート通知条件（閾値超過）を満たす場合に、通知対象の連絡先へ通知を送信する
 - ◇ 利用するライブラリ

- なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

6. 【FN009】表示システム向けデータ提供

- 機能概要
 - 表示システムが使用するデータを提供する
- フローチャート

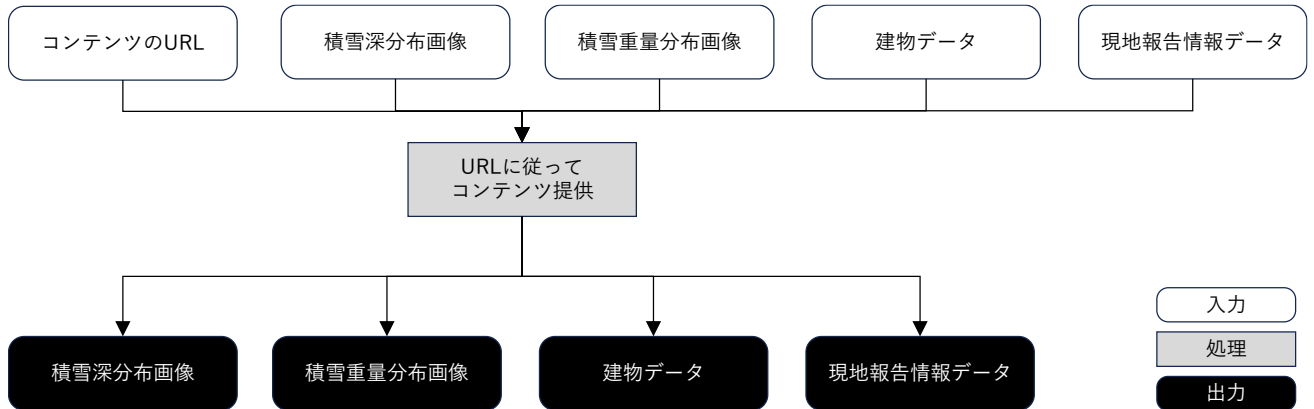


図 4-12 表示システム向けデータ提供のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ URL
 - 内容
 - コンテンツの URL
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF208】を参照
 - 内部連携インタフェース【IF209】を参照
 - 内部連携インタフェース【IF210】を参照
 - 内部連携インタフェース【IF211】を参照
 - ◇ 積雪深分布画像
 - 内容
 - 積雪深の分布画像
 - 形式
 - PNG
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF223】を参照
 - ◇ 積雪重量分布画像

- 内容
 - 積雪重量の分布画像
- 形式
 - PNG
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF223】を参照
- ◇ 建物データ
 - 内容
 - 2D 建物形状、建物毎の積雪重量、建物毎の除雪優先度
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
- ◇ 現地報告情報データ
 - 内容
 - ユーザーによる現地報告情報
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF221】を参照
- 出力
 - ◇ 積雪深分布画像
 - 内容
 - 積雪深の分布画像
 - 形式
 - PNG
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF208】を参照
 - ◇ 積雪重量分布画像
 - 内容
 - 積雪重量の分布画像
 - 形式
 - PNG
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF209】を参照
 - ◇ 建物データ
 - 内容
 - 2D 建物形状、建物毎の積雪重量、建物毎の除雪優先度

- 形式
 - GeoJSON
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF210】を参照
- ◇ 現地報告情報データ
 - 内容
 - ユーザーによる現地報告情報
 - 形式
 - JSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF211】を参照
- 機能詳細
 - コンテンツ提供
 - ◇ 処理内容
 - Apache 機能によってコンテンツを提供する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

7. 【FN010】 PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ提供

- 機能概要
 - PLATEAU VIEW の MyData にインポート可能な CZML を出力する
- フローチャート

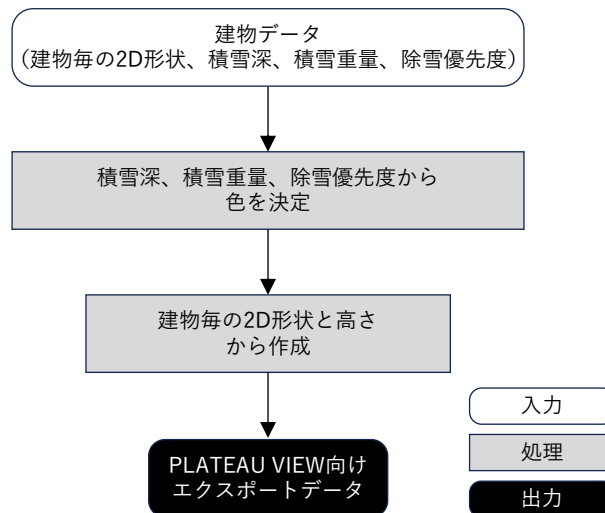


図 4-13 PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ提供のフローチャート

- データ仕様
 - 入力

- ◇ 建物データ
 - 内容
 - 建物毎の 2D 形状、積雪深、積雪重量、除雪優先度データ
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
 - 出力
 - ◇ PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ
 - 内容
 - 建物形状、積雪深・積雪重量・除雪優先度の情報（建物の色で表現する）
 - 形式
 - CZML
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF212】を参照
 - 機能詳細
 - 積雪深、積雪重量、除雪優先度から色決定
 - ◇ 処理内容
 - 積雪深・積雪重量・除雪優先度に応じた色を決定
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
 - 建物 2D 形状と高さから作成
 - ◇ 処理内容
 - 決定した色と建物 2D 形状と高さより CZML を作成
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
8. 【FN011】 QGIS 向けエクスポートデータ提供
- 機能概要
 - QGIS 向けエクスポートデータを提供する
 - フローチャート

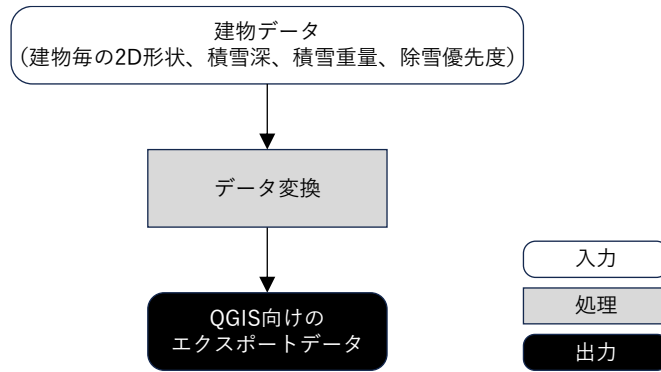


図 4-14 QGIS 向けエクスポートデータ提供のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 建物データ
 - 内容
 - 建物毎の 2D 形状、積雪深、積雪重量、除雪優先度データ
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
 - 出力
 - ◇ QGIS 向けエクスポートデータ
 - 内容
 - QGIS で読み込める形式の建物データ (積雪深、積雪重量、除雪優先度の情報を含む)
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF213】を参照
 - 機能詳細
 - データ変換
 - ◇ 処理内容
 - QGIS で読み込める形式にデータを変換する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
9. 【FN012】被災現場支援ツール向けデータ提供
- 機能概要
 - 被災現場支援ツールに必要な情報を提供する

● フローチャート

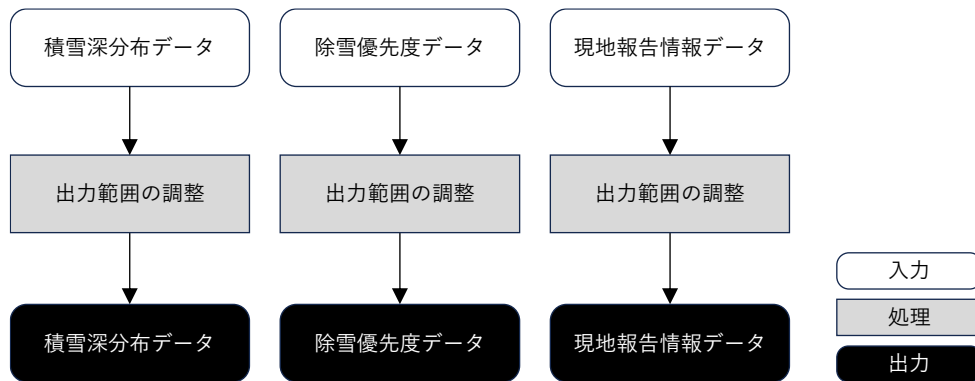


図 4-15 被災現場支援ツール向けデータ提供のフローチャート

● データ仕様

➤ 入力

◇ 積雪深分布データ

- 内容
 - 積雪深分布データ
- 形式
 - GeoJSON
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照

◇ 除雪優先度データ

- 内容
 - 建物毎除雪優先度データ
- 形式
 - GeoJSON
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF207】を参照

◇ 現地報告情報データ

- 内容
 - 建物毎の現地報告情報
- 形式
 - GeoJSON
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF221】を参照

➤ 出力

◇ 積雪深分布データ

- 内容
 - 積雪深分布データ
- 形式

- GeoJSON
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF214】を参照
- ◇ 除雪優先度データ
 - 内容
 - 建物毎除雪優先度データ
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF215】を参照
- ◇ 現地報告情報データ
 - 内容
 - 建物毎の現地報告情報
 - 形式
 - JSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF216】を参照
- 機能詳細
 - 積雪深分布データ、除雪優先度データ、現地報告情報データを提供する
 - ◇ 処理内容
 - HTTP リクエスト (GET) で指定されたパラメータを条件に出力データを絞り込む
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

10. 【FN013】アラート通知設定

- 機能概要
 - アラート通知の設定を反映する
- フローチャート

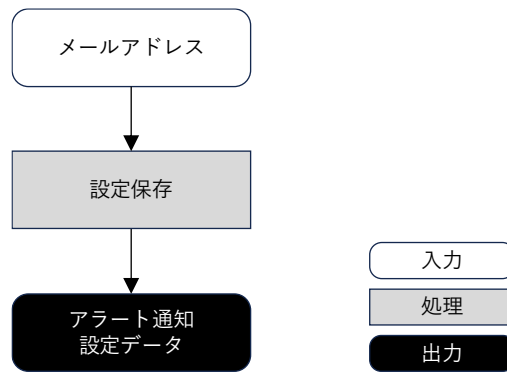


図 4-16 アラート通知設定のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ メールアドレス
 - 内容
 - アラート通知の送信先メールアドレス
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF219】を参照
 - 出力
 - ◇ アラート通知設定ファイル
 - 内容
 - アラート通知の送信先メールアドレス
 - 形式
 - データベース
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF217】を参照
- 機能詳細
 - 通知設定保存
 - ◇ 処理内容
 - HTTP リクエスト (POST) で送られた情報を保存する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

11. 【FN014】現地報告情報入力

- 機能概要
 - 建物毎の現地報告情報を除雪優先度算出システムに入力する

- フローチャート

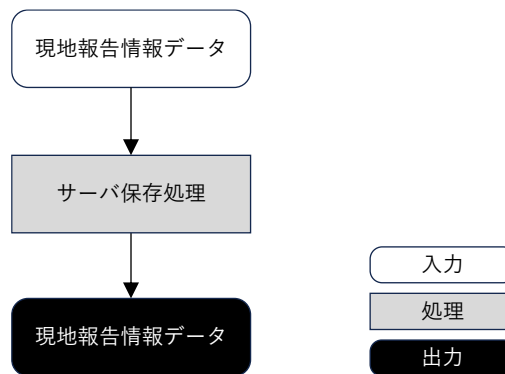


図 4-17 現地報告情報入力のフローチャート

- データ仕様

- 入力

- ◇ 現地報告情報データ

- 内容
 - 現地報告情報
- 形式
 - JSON
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF221】を参照

- 出力

- ◇ 現地報告情報データ

- 内容
 - 現地報告情報を保存する
- 形式
 - データベース
- データ詳細
 - 日時、緯度、経度、報告内容（テキスト）

- 機能詳細

- データ保存

- ◇ 処理内容

- 入力した現地報告情報を保存する

- ◇ 利用するライブラリ

- なし

- ◇ 利用するアルゴリズム

- なし

12. 【FN015】ユーザー認証

- 機能概要

- 指定されたユーザーID 及びパスワードからユーザーを認証する

- フローチャート

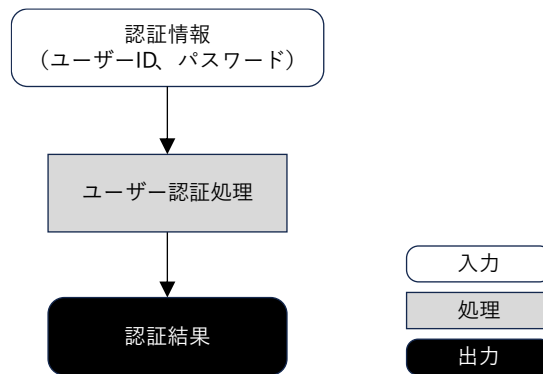


図 4-18 ユーザー認証のフローチャート

- データ仕様

- 入力

- ◇ 認証情報 (ユーザー入力)

- 内容
 - ユーザーが入力したユーザーID、パスワード
- 形式
 - HTTP リクエスト (POST)
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF222】を参照

- ◇ 認証情報 (サーバー保管)

- 内容
 - サーバーに保管されているユーザーID、パスワード
- 形式
 - テキスト (データベース)

- 出力

- ◇ 認証結果

- 内容
 - ユーザー認証の結果を返す
- 形式
 - HTTP レスポンス
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF222】を参照

- 機能詳細

- ユーザー認証

- ◇ 処理内容

- 指定されたユーザーID 及びパスワードからユーザーを認証する

- ◇ 利用するライブラリ

- なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

13. 【FN016】 フィードバック送信

- 機能概要
 - ユーザーが入力したシステムに関するフィードバックをシステム管理者に通知する
- フローチャート

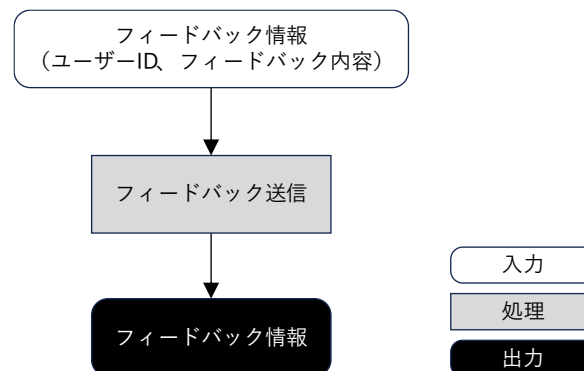


図 4-19 フィードバック送信のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ フィードバック情報
 - 内容
 - ユーザーID、フィードバック内容
 - 形式
 - HTTP リクエスト (POST)
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF225】を参照
 - 出力
 - ◇ フィードバック通知
 - 内容
 - フィードバック情報
 - 形式
 - テキスト (メールなどによる通知を想定)
- 機能詳細
 - フィードバック通知
 - ◇ 処理内容
 - ユーザーが登録したフィードバック情報 (ユーザーID、フィードバック内容をシステム管理者に通知する)

- ◇ 利用するライブラリ
 - なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

14. 【FN017】 積雪深・積雪重量のグリッドデータ生成

- 機能概要
 - SNOWPACK で計算された積雪深・積雪重量のテキストデータから、グリッドデータを生成する
- フローチャート

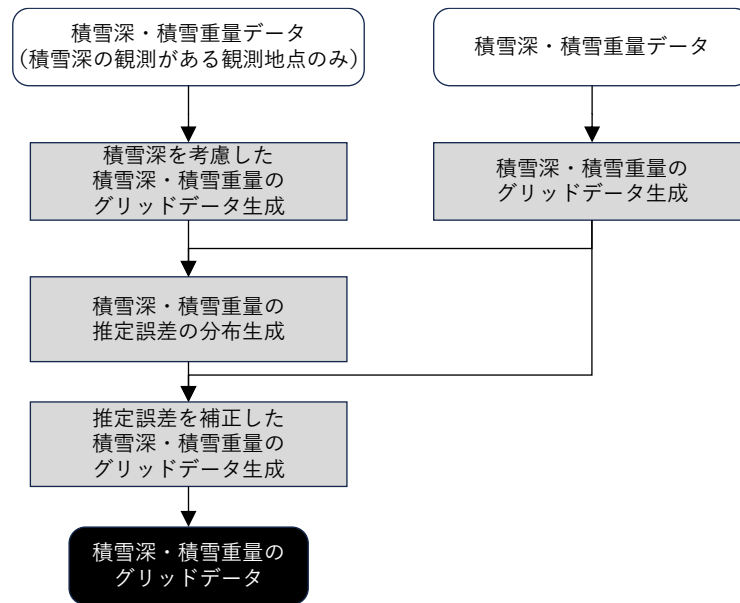


図 4-20 フィードバック送信のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 積雪深・積雪重量データ
 - 内容
 - SNOWPACK で計算された積雪深と積雪重量
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF205】を参照
 - 出力
 - ◇ 積雪深・積雪重量のグリッドデータ
 - 内容
 - 積雪深・積雪重量のグリッドデータ
 - 形式
 - NetCDF

- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF226】を参照
- 機能詳細
 - 積雪深・積雪重量のグリッドデータ生成
 - ◇ 処理内容
 - SNOWPACK で計算された積雪深・積雪重量のテキストデータからグリッドデータを生成する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - 開発したアルゴリズム【AL102】を参照

2) 【HW002】サーバー用機能一覧

1. 【FN101】リクエスト処理

- 機能概要
 - 除雪優先度表示ソフトウェアが提供する Web コンテンツへのアクセスを制御する
- フローチャート

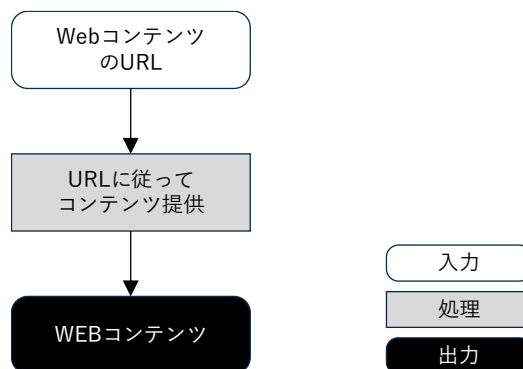


図 4-21 リクエスト処理のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ URL
 - 内容
 - Web コンテンツの URL
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - なし
 - 出力
 - ◇ コンテンツ

- 内容
 - リクエストに従ったコンテンツ
- 形式
 - コンテンツによる
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF218】を参照
- 機能詳細
 - コンテンツ提供
 - ◇ 処理内容
 - リクエストに従ってコンテンツ（データ）を提供する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

3) 【HW003】 PC 機能一覧

1. 【FN201】 地図表示

- 機能概要
 - 地図画像を表示する
- フローチャート

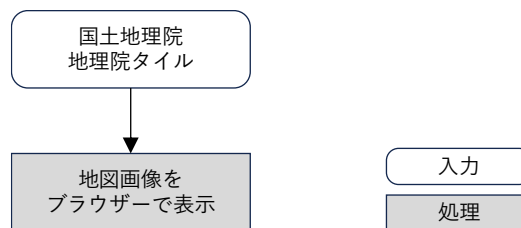


図 4-22 地図表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 国土地理院 地理院タイル
 - 内容
 - 国土地理院 地理院タイル画像
 - 形式
 - PNG
 - データ詳細
 - 外部連携インタフェース【IF301】を参照
 - 出力
 - ◇ なし

- 機能詳細
 - 地図表示
 - ◇ 処理内容
 - 地図画像をブラウザで表示
 - ◇ 利用するライブラリ
 - OpenLayers (ソフトウェア・ライブラリ【LB001】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

2. 【FN202】積雪深分布表示

- 機能概要
 - 積雪深の分布を地図に重ねて表示する
- フローチャート

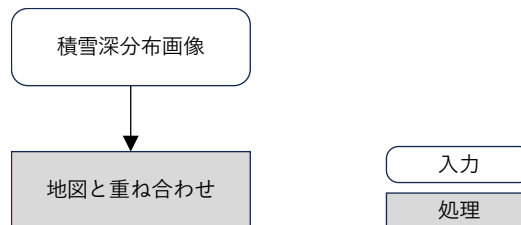


図 4-23 積雪深分布表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 積雪深分布画像
 - 内容
 - 積雪深分布画像
 - 形式
 - PNG
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF223】を参照
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 重ね合わせ
 - ◇ 処理内容
 - 位置情報に従って積雪深分布画像を地図と重ねて表示する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - OpenLayers (ソフトウェア・ライブラリ【LB001】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム

- なし

3. 【FN203】積雪重量分布表示

- 機能概要
 - 積雪重量の分布を地図に重ねて表示する
- フローチャート

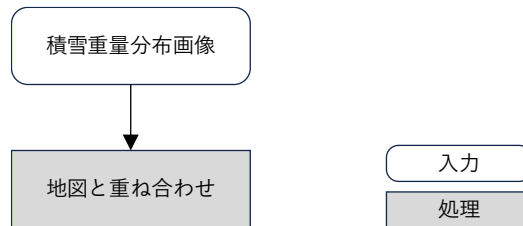


図 4-24 積雪重量分布表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 積雪重量分布画像
 - 内容
 - 積雪重量分布画像
 - 形式
 - PNG
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF223】を参照
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 重ね合わせ
 - ◇ 処理内容
 - 位置情報に従って積雪重量分布画像を地図に重ねて表示する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - OpenLayers (ソフトウェア・ライブラリ【LB001】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

4. 【FN204】建物毎積雪重量表示

- 機能概要
 - 建物毎の積雪重量を地図に重ねて表示する
- フローチャート

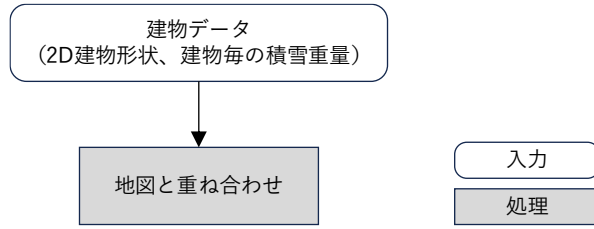


図 4-25 建物毎積雪重量表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 建物データ
 - 内容
 - 2D 建物形状、建物毎の積雪重量
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF210】を参照
 - ◇ なし
 - ◇ 処理内容
 - 位置情報に従って建物毎の積雪重量を地図と重ねて表示する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - OpenLayers (ソフトウェア・ライブラリ【LB001】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

5. 【FN205】除雪優先度表示

- 機能概要
 - 建物毎の除雪優先度を地図に重ねて表示する
- フローチャート

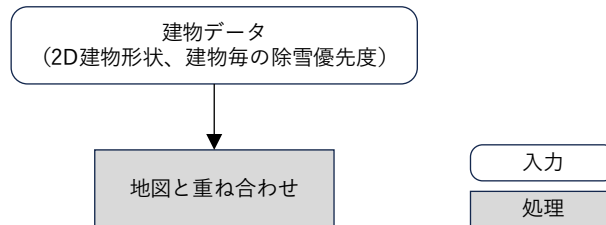


図 4-26 除雪優先度表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力

- ◇ 建物データ
 - 内容
 - 2D 建物形状、建物毎の除雪優先度
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF210】を参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 重ね合わせ
 - ◇ 処理内容
 - 位置情報に従って建物毎の除雪優先度を地図に重ねて表示する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - OpenLayers (ソフトウェア・ライブラリ【LB001】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

6. 【FN206】 2D 建物表示

- 機能概要
 - 建物の 2D 形状を地図に重ねて表示する
- フローチャート

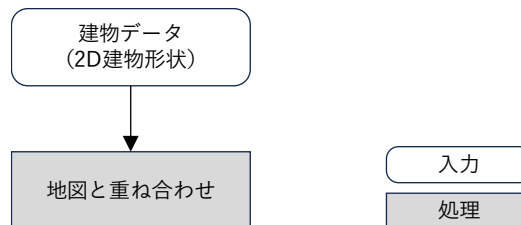


図 4-27 2D 建物表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 建物データ
 - 内容
 - 2D 建物形状
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF210】を参照
 - 出力

◇ なし

- 機能詳細

- 重ね合わせ

- ◇ 処理内容

- 位置情報に従って 2D 建物形状を地図に重ねて表示する

- ◇ 利用するライブラリ

- OpenLayers (ソフトウェア・ライブラリ【LB001】を参照)

- ◇ 利用するアルゴリズム

- なし

7. 【FN207】現地報告情報表示

- 機能概要

- 建物毎の現地報告情報を表示する

- フローチャート

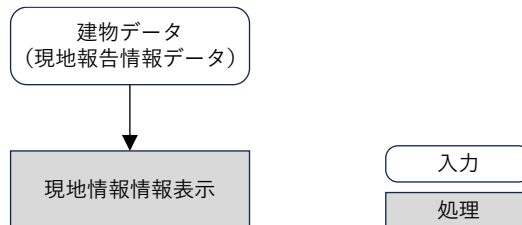


図 4-28 現地報告情報表示のフローチャート

- データ仕様

- 入力

- ◇ 建物データ

- 内容
 - 現地報告情報データ (建物データに含まれる)
- 形式
 - JSON
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF211】を参照

- 出力

- ◇ なし

- 機能詳細

- 現地報告情報表示

- ◇ 処理内容

- ユーザーが選択した建物の現地報告情報を表示する

- ◇ 利用するライブラリ

- jQuery UI (ソフトウェア・ライブラリ【LB002】を参照)

- ◇ 利用するアルゴリズム

- なし

8. 【FN208】 PLATEAU VIEW 向けデータエクスポート

- 機能概要
 - PLATEAU VIEW 向けのエクスポートデータをダウンロードする
- フローチャート

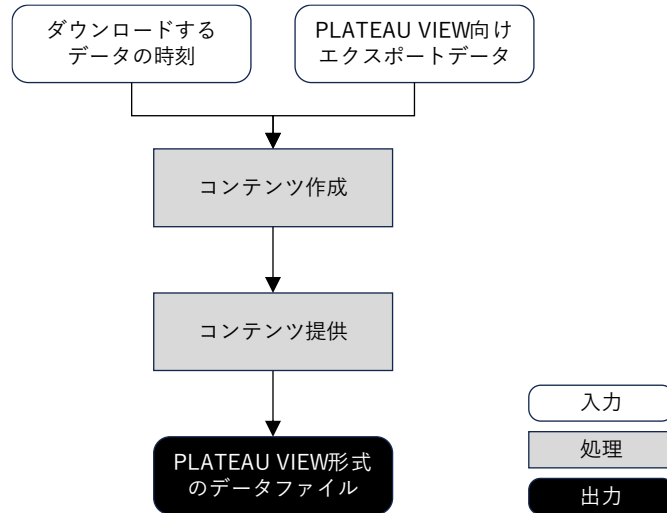


図 4-29 PLATEAU VIEW 向けデータエクスポートのフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ リクエスト情報
 - 内容
 - ダウンロードするデータの時刻
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - なし
 - ◇ PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ
 - 内容
 - PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ
 - 形式
 - CZML 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF212】を参照
 - 出力
 - ◇ PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ
 - 内容
 - PLATEAU VIEW 形式のデータファイル

- 形式
 - CZML
- データ詳細
 - ファイル出力インターフェース【IF101】を参照
- 機能詳細
 - リクエスト提供
 - ◇ 処理内容
 - リクエストに従うコンテンツを提供する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

9. 【FN209】 QGIS 向けデータエクスポート

- 機能概要
 - QGIS 向けのエクスポートデータをダウンロードする
- フローチャート

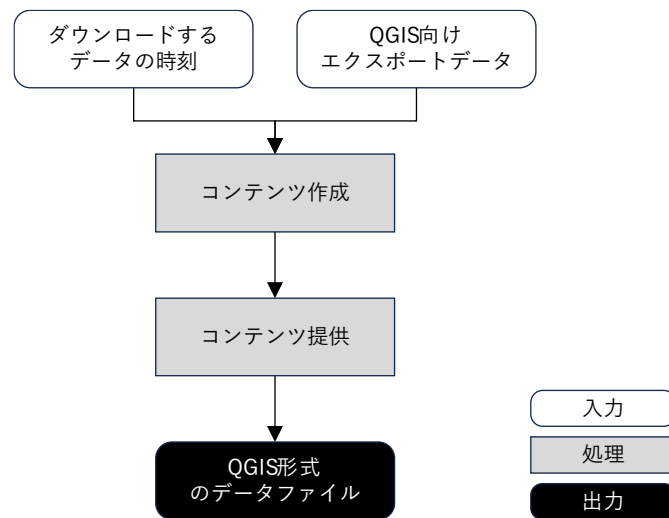


図 4-30 QGIS 向けデータエクスポートのフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ リクエスト情報
 - 内容
 - ダウンロードするデータの時刻
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - なし

- ◇ リクエスト情報
 - 内容
 - QGIS 向けエクスポートデータ
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF213】を参照
- 出力
 - ◇ データファイル
 - 内容
 - QGIS 形式のデータファイル
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF102】を参照
- 機能詳細
 - リクエスト提供
 - ◇ 処理内容
 - リクエストに従うコンテンツを提供する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

10. 【FN210】アラート通知設定

- 機能概要
 - アラート通知機能を設定する
- フローチャート

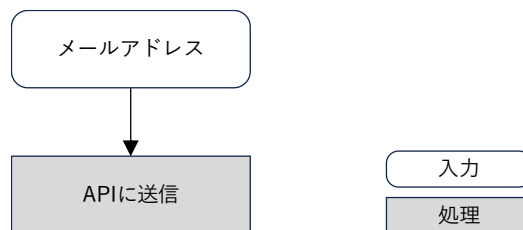


図 4-31 アラート通知設定のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 通知設定パラメータ
 - 内容

- メールアドレス
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - メールアドレス
- 出力
 - ◇ 通知設定パラメータ
 - 内容
 - メールアドレス
 - 形式
 - HTTP リクエスト (POST)
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF219】を参照
- 機能詳細
 - 設定保存
 - ◇ 処理内容
 - ユーザーが指定したアラート通知先メールアドレスを受け渡す
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

11. 【FN211】 ログイン認証

- 機能概要
 - ログイン認証する
- フローチャート

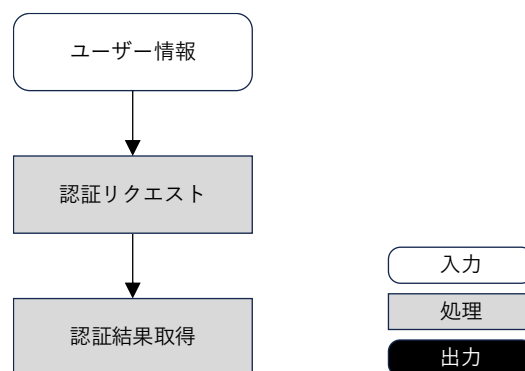


図 4-32 アラート通知設定のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ ユーザー情報

- 内容
 - ユーザーID、パスワード
- 形式
 - テキスト
- データ詳細
 - Web フォームからの入力
- 出力
 - ◇ セッション情報
 - 内容
 - ユーザーID、パスワード
 - 形式
 - HTTP リクエスト (POST)
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF222】を参照
- 機能詳細
 - 設定保存
 - ◇ 処理内容
 - ユーザーが入力したユーザーID とパスワードを基に認証処理を行う
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

12. 【FN212】 フィードバック入力

- 機能概要
 - システムに関するフィードバックを入力する
- フローチャート

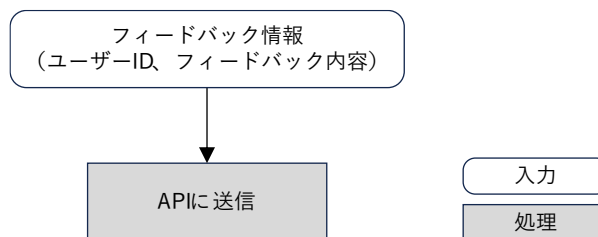


図 4-33 フィードバック入力のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ フィードバック情報
 - 内容
 - ユーザーID、フィードバック内容

- 形式
 - テキスト
- データ詳細
 - フィードバックを入力したユーザーのユーザーID、システムに関するフィードバックを記述したテキスト
- 出力
 - ◇ 通知設定パラメータ
 - 内容
 - フィードバック情報
 - 形式
 - HTTP リクエスト (POST)
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF225】を参照
- 機能詳細
 - フィードバック入力
 - ◇ 処理内容
 - システムに関するフィードバックを受け渡す
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

13. 【FN213】 概要説明表示

- 機能概要
 - 除雪優先度算出システムの概要説明を表示する
- フローチャート

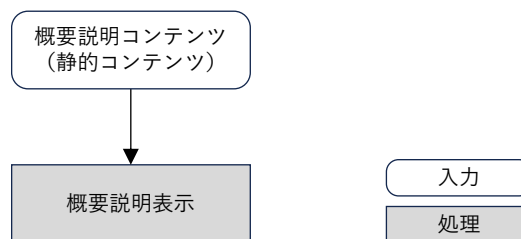


図 4-34 概要説明表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 概要説明コンテンツ
 - 内容
 - システムの概要、システムに関連する情報

- 形式
 - HTML
- データ詳細
 - システムの概要、システムが提供する情報の説明、参考情報へのリンク、問合せ先
- 出力
 - ◇ 概要説明コンテンツ
 - 内容
 - システムの概要、システムに関連する情報
 - 形式
 - HTML
 - データ詳細
 - システムの概要、システムが提供する情報の説明、参考情報へのリンク、問合せ先
- 機能詳細
 - 概要説明表示
 - ◇ 処理内容
 - システムに関する概要説明コンテンツを表示する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - jQuery UI (ソフトウェア・ライブラリ【LB002】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

4) スマートフォン用機能一覧

1. 【FN301】データ取込

● 機能概要

- 選択したエリアの建物情報及びマーカ情報を読み込む
- あらかじめアプリ内の埋め込みデータとして建物情報（GLB形式）、マーカ情報（JSON形式）を設定しておき、機能実行時に埋め込みデータを読み込む

● フローチャート

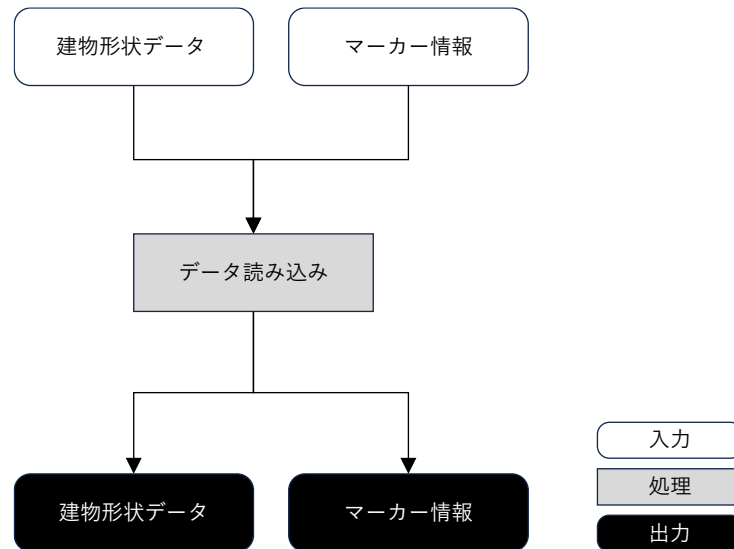


図 4-35 データ取込のフローチャート

● データ仕様

➢ 入力

◇ 建物形状データ

- 内容
 - 建物形状データ、方位、位置
- 形式
 - GLB
- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照

◇ マーカ情報

- 内容
 - 事前に決められた排雪口などの情報
- 形式
 - JSON
- データ詳細
 - ファイル入力インターフェース【IF004】を参照

➢ 出力

- ◇ 建物形状データ
 - 内容
 - 建物形状データ、方位、位置
 - 形式
 - GLB
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF202】を参照
- ◇ マーカー情報
 - 内容
 - 事前に決められた排雪口などの情報
 - 形式
 - JSON
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF004】を参照
- 機能詳細
 - データ取得
 - ◇ 処理内容
 - 選択したエリアの建物情報及びマーカー情報を読み込む
 - ※3D都市モデル及びマーカー情報は事前に作成する(手作業)。対象地域の変更には、3D都市モデル及びマーカー情報の差し替えとアプリケーションの再ビルドが必要となる。アプリケーションの再ビルドは、原則として被災現場支援ツールを保有するベンダーが実施することを前提とする
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Unity (ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

2. 【FN302】積雪深表示

- 機能概要
 - 現地映像に積雪深情報（文字情報）を重畳して表示する
- フローチャート

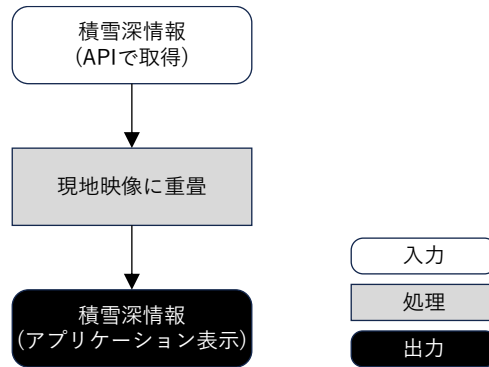


図 4-36 積雪深表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 積雪深情報
 - 内容
 - 積雪深データ
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF214】を参照
 - 出力
 - ◇ 積雪深情報表示
 - 内容
 - 積雪深情報（文字情報）
 - 形式
 - アプリケーション画面表示
 - データ詳細
 - なし
- 機能詳細
 - 積雪深情報表示
 - ◇ 処理内容
 - 積雪深情報を API で取得する
 - 現地映像に積雪深情報（文字情報）を重畳して表示する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Unity（ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照）
 - ◇ 利用するアルゴリズム

- なし

3. 【FN303】 除雪優先度表示

- 機能概要
 - 現地映像に除雪優先度を重畳して表示する
- フローチャート

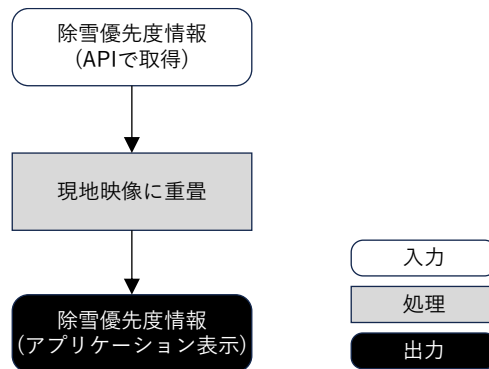


図 4-37 除雪優先度表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 除雪優先度情報
 - 内容
 - 建物毎の除雪優先度データ
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF215】を参照
 - 出力
 - ◇ 除雪優先度情報表示
 - 内容
 - 除雪優先度情報
 - 形式
 - アプリケーション画面表示
 - データ詳細
 - なし
- 機能詳細
 - 除雪優先度表示
 - ◇ 処理内容
 - 除雪優先度情報を API で取得する
 - 現地映像に除雪優先度を重畳して表示する
 - ◇ 利用するライブラリ

- Unity (ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照)
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

4. 【FN304】現地報告情報表示

- 機能概要
 - 現地映像に建物毎の現地報告情報を重畳して表示する
- フローチャート

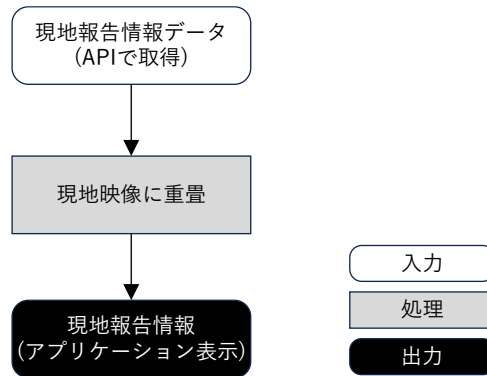


図 4-38 現地報告情報表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 現地報告情報データ
 - 内容
 - 建物毎の現地報告情報
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF216】を参照
 - 出力
 - ◇ 現地報告情報表示
 - 内容
 - 建物毎の現地報告情報
 - 形式
 - アプリケーション画面表示
 - データ詳細
 - なし
- 機能詳細
 - 現地報告情報表示
 - ◇ 処理内容
 - 建物毎の現地報告情報を API で取得する

- 現地映像に建物毎の現地報告情報を重畳して表示する
- ◇ 利用するライブラリ
 - Unity（ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照）
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

5. 【FN305】建物形状表示

- 機能概要
 - 現地映像に建物形状を重畳して表示する
- フローチャート

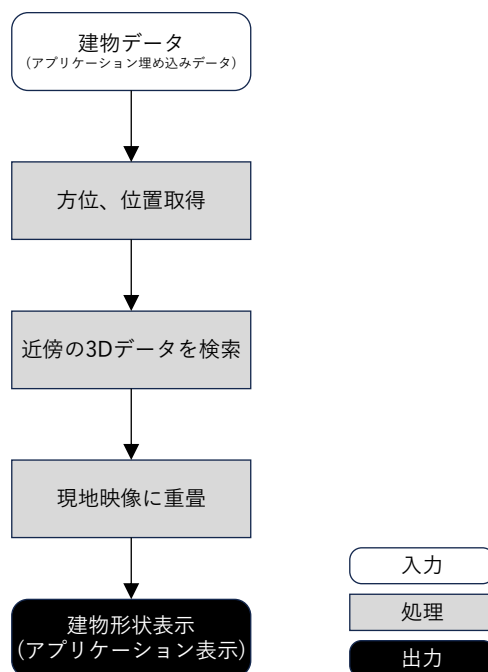


図 4-39 建物形状表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ データ取込設定
 - 内容
 - データ取込画面で選択したエリア
 - 形式
 - テキスト
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF220】を参照
 - ◇ 建物形状データ
 - 内容
 - 建物形状データ、方位、位置

- 形式
 - GLB
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF202】を参照
- 出力
 - ◇ 建物形状表示
 - 内容
 - 建物形状
 - 形式
 - アプリケーション画面表示
 - データ詳細
 - なし
- 機能詳細
 - 建物形状表示
 - ◇ 処理内容
 - 方位、現在位置を取得
 - 近傍の3Dデータをアプリケーション内埋め込みデータから検索
 - 近傍の3Dデータを現地映像に重畳して表示
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Unity（ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照）
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

6. 【FN306】 マーカー表示

● 機能概要

- 現地映像にマーカーを重畳して表示する

● フローチャート

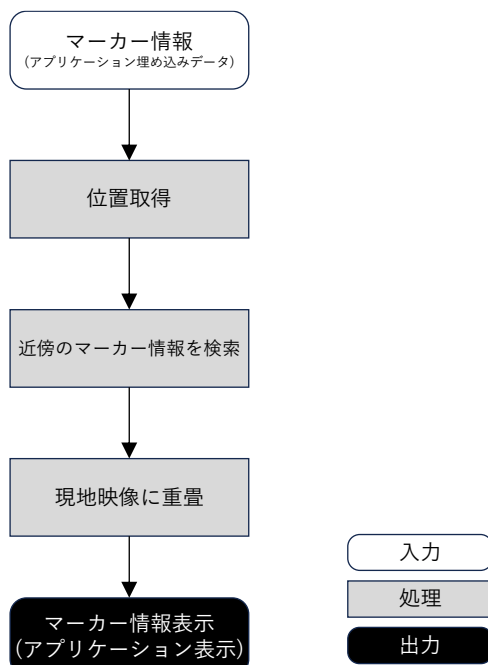


図 4-40 マーカー表示のフローチャート

● データ仕様

➢ 入力

◇ マーカー情報

- 内容
 - 事前に決められた排雪口などの情報
- 形式
 - JSON
- データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF004】を参照

➢ 出力

◇ マーカー情報表示

- 内容
 - 事前に決められた排雪口などの情報
- 形式
 - アプリケーション画面表示
- データ詳細
 - なし

● 機能詳細

- マーカー表示

- ◇ 処理内容
 - 現在位置を取得
 - 近傍のマーカ情報をアプリケーション内埋め込みデータから検索
 - 近傍のマーカ情報を現地映像に重畳して表示
- ◇ 利用するライブラリ
 - Unity (ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照)
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

7. 【FN307】現地報告情報作成

- 機能概要
 - 現地報告情報を作成し、データ入力 API 経由で登録する
- フローチャート

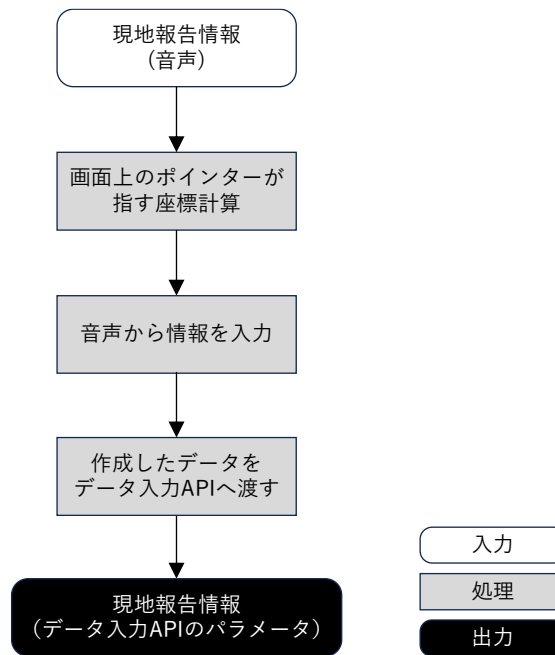


図 4-41 現地報告情報作成のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 音声
 - 内容
 - 現地情報の音声
 - 形式
 - マイク入力
 - データ詳細
 - なし

- 出力
 - ◇ 現地報告情報
 - 内容
 - 建物 ID、建物毎の現地報告情報
 - 形式
 - GeoJSON
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF221】を参照

- 機能詳細

- 現地報告情報を作成
 - ◇ 処理内容
 - 音声操作により作成開始
 - 画面上のポインターが指す座標を計算
 - 音声入力により情報を入力
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Unity (ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照)
 - Unity Speech to Text (ソフトウェア・ライブラリ【LB003】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
- 現地報告情報を登録
 - ◇ 処理内容
 - 音声操作により登録を実行
 - 作成したデータをデータ入力 API へ渡しシステムへ登録する
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Unity (ソフトウェア・ライブラリ【SW006】を参照)
 - Unity Speech to Text (ソフトウェア・ライブラリ【LB003】を参照)
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

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
AL001	FN001	積雪変質モデル (SNOWPACK)	<ul style="list-style-type: none"> ● 気象データや積雪深のデータを入力して雪質や密度、含水率の層構造を計算するモデル ● 積雪重量の推定値を算出するために利用する 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高さ毎の密度の違いも考慮して正確に積雪重量を計算でき、防災科研が開発した「雪おろシグナル」システムでの利用実績もあるため

1) 【AL001】積雪変質モデル (SNOWPACK)

● 説明

- 気象データや積雪深のデータを入力して雪質や密度、含水率の層構造を計算するモデル。積雪重量の推定値を算出するために利用する

● 演算のイメージ

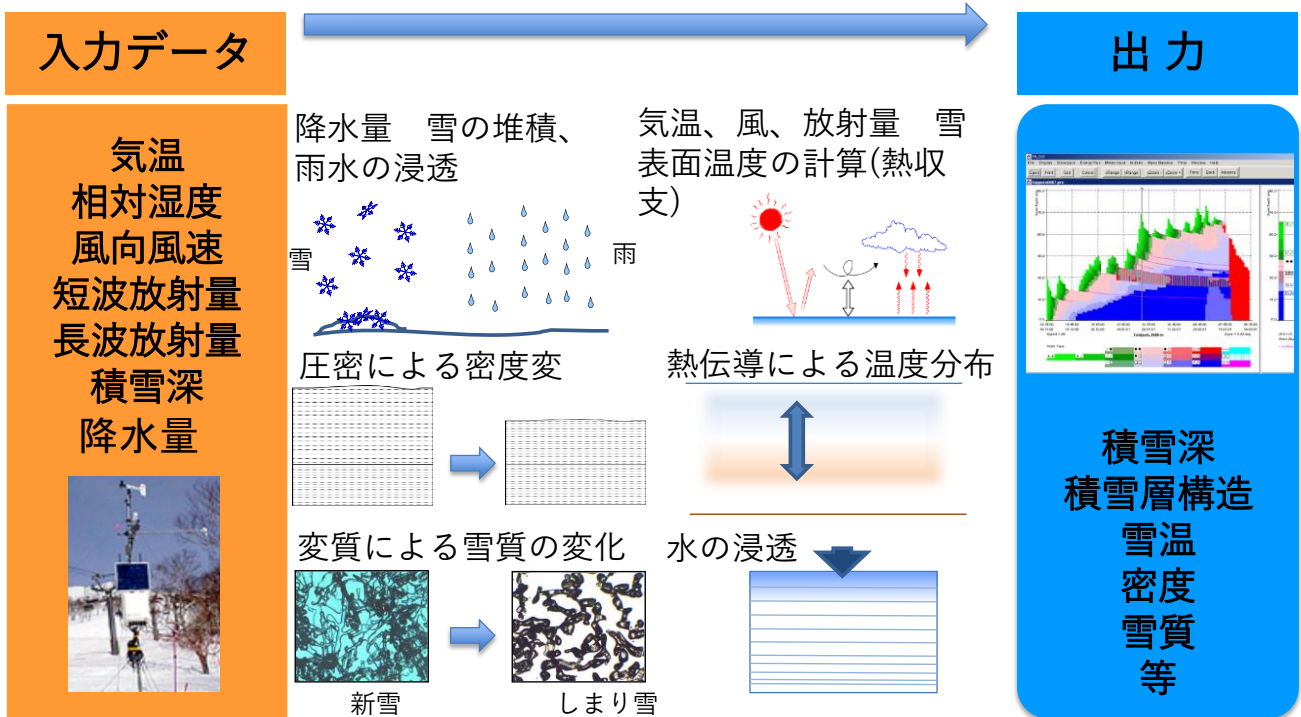


図 4-42 SNOWPACK による演算のイメージ

● 計算の流れ

- 積雪深等の気象データを入力として、積雪変質モデル SNOWPACK を用いて積雪重量を計算する。SNOWPACK の計算結果を用いて積雪重量の分布を作成する

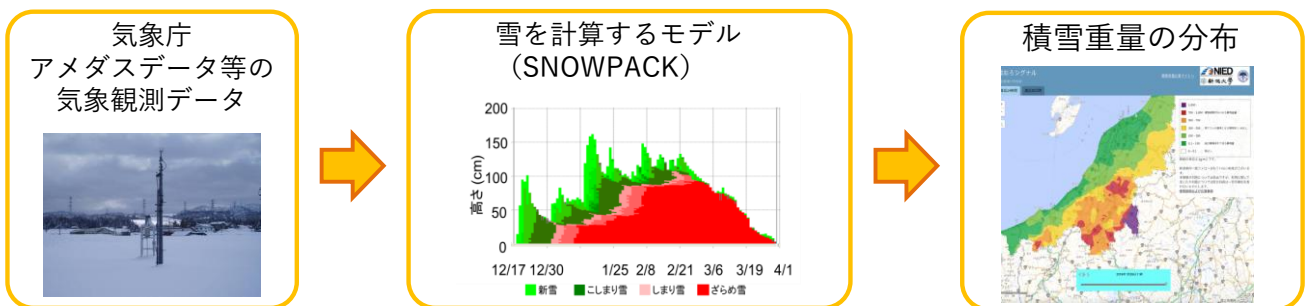


図 4-43 SNOWPACK を用いた演算の流れ

● 参考文献

- 平島寛行, 2014: 積雪変質モデルによる雪崩発生予測の現状と課題. 雪氷, 76, 411-419.
- 平島寛行, 山口悟, 小杉健二, 根本征樹, 青木輝夫, 的場澄人, 2015: 断面観測結果を用いた積雪変質モデルの検証, 雪氷, 77, 5-16.
- Lehning, M., P. Bartelt, B. Brown, T. Russi, U. Stöckli and M. Zimmerli, 1999: SNOWPACK model calculations for avalanche warning based upon a new network of weather and snow stations. Cold Regions Science and Technology. 30, 145-157.
- Bartelt, P and M. Lehning, 2002: A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning Part I: numerical model. Cold Regions Science and Technology, 35, 123-145.
- Lehning, M., P. Bartelt, B. Brown, C. Fierz and P. Satyawali, 2002a: A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning Part II. Snow microstructure. Cold Regions Science and Technology, 35, 147-167.
- Lehning, M., P. Bartelt, B. Brown and C. Fierz, 2002b: A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning Part III: meteorological forcing, thin layer formation and evaluation. Cold Regions Science and Technology, 35, 169-184
- N. Wever, C. Fierz, C. Mitterer, H. Hirashima, M. Lehning 2014: Solving Richards Equation for snow improves snowpack meltwater runoff estimations in detailed multi-layer snowpack model, Cryosphere, 8 (2014), pp. 257-274.
- 平島寛行, 伊豫部勉, 河島克久, 上石勲, 2016: 積雪荷重推定にむけた積雪変質モデルの応用. 寒地技術論文・報告集, 32 33-37.
- H. Hirashima, T. Iyobe, K. Kawashima, and H. Sano, 2020: Development of a Snow Load Alert System, “YukioroSignal” for Aiding Roof Snow Removal Decisions in Snowy Areas in Japan, J. Disaster Res., Vol.15 No.6, pp. 688-697.

4-3-2. 開発したアルゴリズム

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
AL101	FN005	積雪重量算出用の気象データを生成するアルゴリズム	● 積雪重量算出を行うために、以下のアルゴリズムで積雪変質モデル（SNOWPACK）用の入力データを作成する	● 面的な積雪重量データを作成するため
AL102	FN017	積雪深・積雪重量のグリッドデータを生成するアルゴリズム	● 積雪変質モデル（SNOWPACK）による地点毎の演算結果から以下のアルゴリズムで積雪深・積雪重量のグリッドデータを生成する	● 積雪深・積雪重量の精度向上、及び、積雪深・積雪重量データの稠密化のため
AL103	-	3D 都市モデルデータから屋根勾配を求めるアルゴリズム	● 3D 都市モデルの屋根形状データを基に、屋根勾配を自動的に求める	● 屋根勾配に応じた積雪重量の算出のため
AL104	FN007	建物毎の積雪深・積雪重量を求めるアルゴリズム	● 演算結果の地上の積雪深と積雪重量、屋根勾配から、屋根上の積雪深・積雪重量を推定する	● 屋根勾配によって変化する屋根上の積雪深・積雪重量を反映するため
AL105	FN007	建物毎の積雪重量から除雪優先度を求めるアルゴリズム	● 演算結果の屋根雪荷重と建物の建築年から除雪優先度を求める	● 建築当時の設計荷重を考慮した除雪優先度を算出するため

1) 【AL101】積雪重量算出用の気象データを生成するアルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用する機能
 - 【FN005】積雪重量算出用データ作成
- アルゴリズムの詳細

- 積雪重量算出を行うために、以下のアルゴリズムで積雪変質モデル（SNOWPACK）用の入力データを作成する

1. アメダスの気象観測データのグリッド化

【SW007】 GDAL を用いて、複数地点の気象観測データを線形内挿し、対象範囲のグリッドデータ（5km メッシュ）を作成する

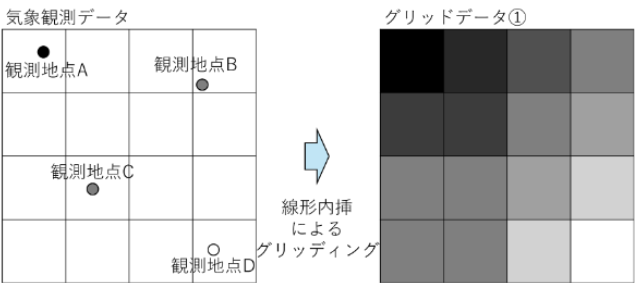
2. 解析雨量データのダウンサンプリング

解析雨量データは【SW008】 CDO を用いて上記で作成した気象データグリッドに合わせてダウンサンプリングし、対象範囲のグリッドデータ（5km メッシュ）を作成する

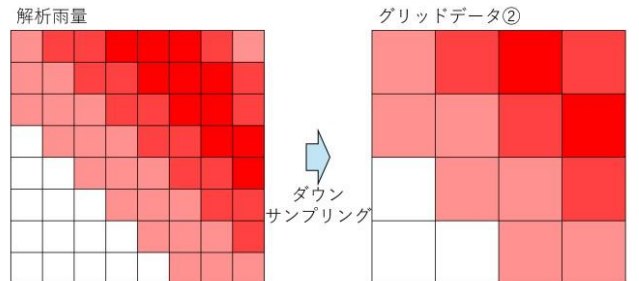
3. 気象時系列データ作成

上記のグリッドデータから、セル毎に気象時系列データを出力する

アメダスの気象観測データのグリッド化



解析雨量のダウンサンプリング



気象時系列データ作成

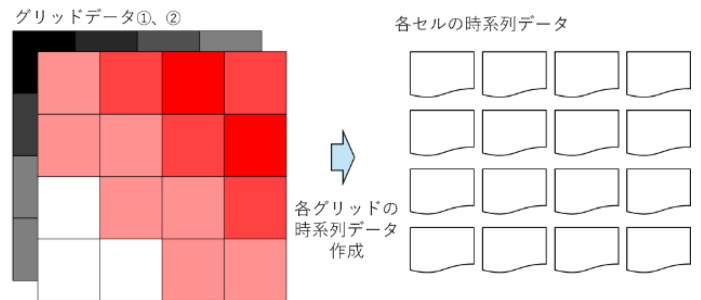


図 4-44 積雪重量算出用データの作成イメージ

2) 【AL102】 積雪深・積雪重量のグリッドデータを生成するアルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用する機能
 - 【FN017】 積雪深・積雪重量グリッドデータ生成
- アルゴリズムの詳細
 - 積雪変質モデル（SNOWPACK）による地点毎の演算結果から以下のアルゴリズムで積雪深・積雪重量のグリッドデータを生成する

1. 積雪深・積雪重量の誤差算出

積雪深の観測値を考慮した演算結果と積雪深の観測値を考慮しない演算結果の同地点比較により、積雪

深の観測値のあるセルの積雪深と積雪重量の誤差を算出する。この計算は積雪深の観測データがある地点に限っている（数地点）

$$S_e = S_o - S_n$$

ここで、 S_e は積雪深・積雪重量の誤差、 S_o は積雪深を考慮した積雪深・積雪重量の演算結果、 S_n は積雪深を考慮しない積雪深・積雪重量の演算結果である

2. 誤差データのグリッド化

地点毎の積雪深・積雪重量の誤差から、他の気象データのグリッドに合わせて対象範囲のグリッドデータ（5kmメッシュ）を作成する

4. 積雪深・積雪重量の補正

出来上がった誤差グリッドデータを用いて 1.で作成した積雪深・積雪重量のグリッドデータ（5kmメッシュ）を次式で補正する

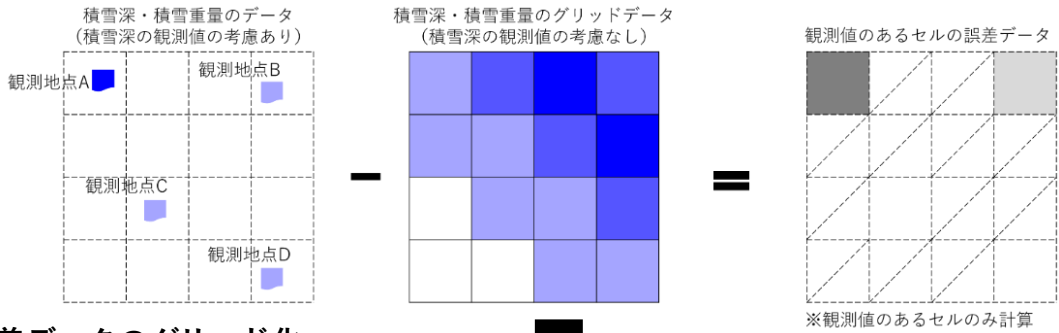
$$X' = \max(0, X + \Delta x)$$

ここで、 X は補正前の積雪深又は積雪重量、 Δx は誤差、 X' は補正後の積雪深又は積雪重量である。

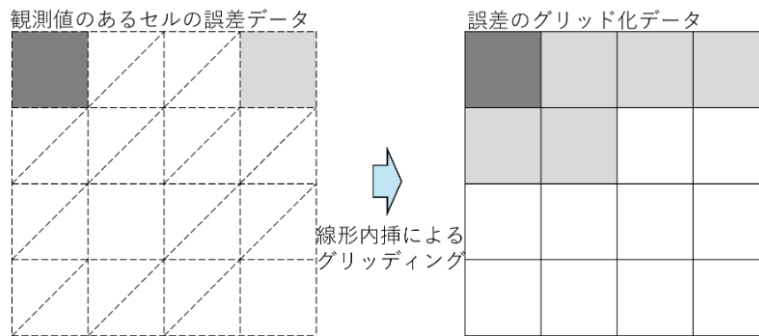
5. 250mグリッドへのアップサンプリング

積雪深・積雪重量の5kmメッシュのグリッドデータから、【SW007】GDALの線形内挿により250m間隔のグリッドデータを作成する

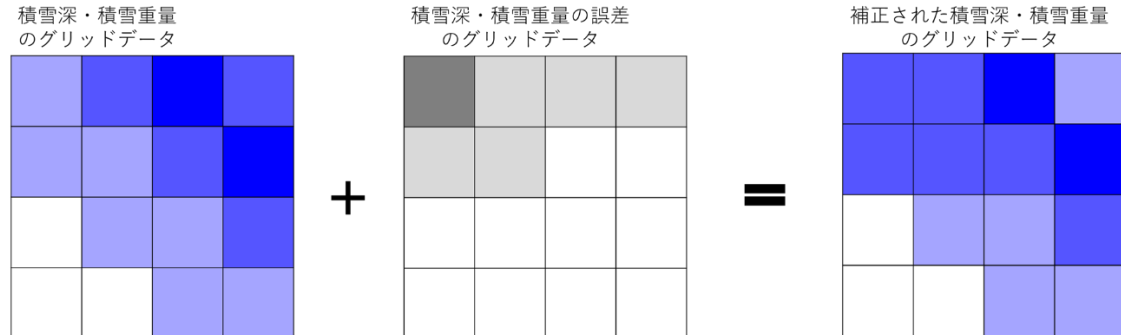
積雪深・積雪重量の誤差算出



誤差データのグリッド化



積雪深・積雪重量の補正



250mグリッドへのアップサンプリング

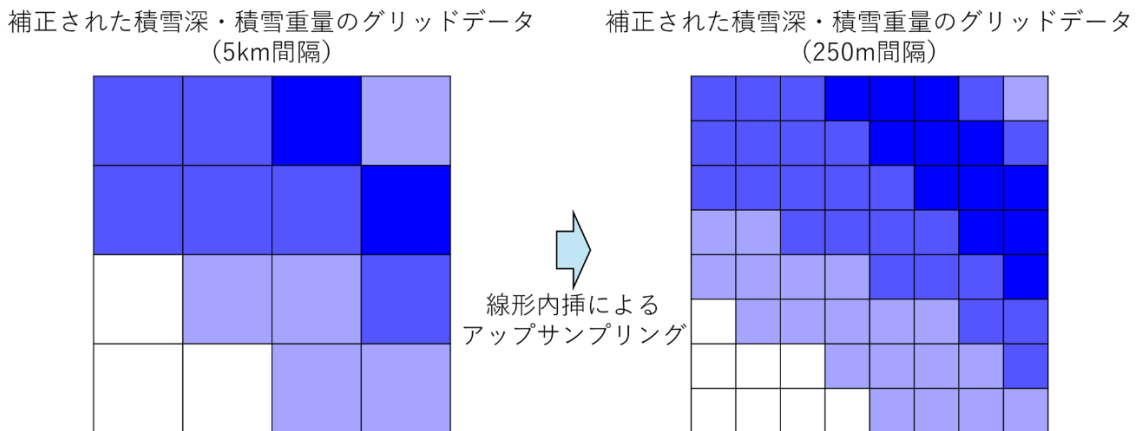


図 4-45 積雪深・積雪重量のグリッドデータ生成イメージ

3) 【AL103】 3D 都市モデルデータから屋根勾配を求めるアルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用する機能
 - 3D 都市モデル情報抽出手法（手作業）
- アルゴリズムの詳細
 - 3D 都市モデルの屋根形状データを基に、屋根勾配を自動的に求めるアルゴリズムを開発した。なお、形状が複雑で勾配が一定ではない屋根もあるため、屋根勾配を一つの代表的な値として建物毎に求める

1. 屋根の最大標高差、最大の幅、水平投影面積の算出

屋根形状の点群から各屋根の最大標高差 H_{MAX} 、最大の幅 W_{MAX} 及び水平投影面積 A を求める

2. 屋根勾配の算出

幅 W_{MAX} と標高差 H_{MAX} から次式で屋根毎に勾配 β (%) を求める

$$\beta = \frac{H_{MAX}}{W_{MAX}} \times 100$$

3. 屋根勾配の代表値の算出

建物に複数の屋根が存在する場合、屋根毎の面積 A_i を重みとして、屋根勾配 β_i の加重平均を代表値 β_0 として次式で算出する

$$\beta_0 = \frac{\sum_i A_i \beta_i}{\sum_i A_i}$$

4) 【AL104】建物毎の積雪深・積雪重量を求めるアルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用する機能
 - 【FN007】除雪優先度データ作成
- アルゴリズムの詳細
 - 演算結果の地上の積雪深と積雪重量、屋根勾配から、屋根上の積雪深・積雪重量を推定するアルゴリズムを開発した

1. 屋根形状係数の算出

【AL101】で求めた建物毎の屋根勾配 $\beta_0(^{\circ})$ から、屋根形状係数 μ_0 を求める¹²

$$\mu_0 = \sqrt{\cos(1.5\beta_0)}$$

2. 屋根上の積雪深・積雪重量の算出

【AL001】の演算結果から以下式で、屋根上の積雪深と積雪重量（屋根雪荷重）を求める¹³

$$S = \mu_0 S_0$$

ここで、 S_0 は地上の積雪深（m）または地上の積雪重量（ kN/m^2 ）、 S は屋根上の積雪深（m）または屋根上の積雪重量（ kN/m^2 ）である

5) 【AL105】建物毎の積雪重量から除雪優先度を求めるアルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用する機能
 - 【FN007】除雪優先度データ作成
- アルゴリズムの詳細
 - 年代によって建築基準法が変わってきているため、建物が建築された年によって、除雪が必要となる屋根雪荷重の基準値が異なる
 - 上記を基に、演算結果の屋根雪荷重と建物の建築年から除雪優先度を求めるアルゴリズムを開発した

1. 建築当時の設計荷重の参照

建物の建築年情報から建築当時の垂直積雪量 $H(\text{cm})$ と設計荷重 $S_s(\text{kN}/\text{cm} \cdot \text{m}^2)$ 参照する

2. 建物毎の積雪重量の閾値の計算

1と【AL101】で求めた β_0 から、建物毎の積雪重量の閾値 S_{max} を求める

$$S_{max} = HS_s\beta_0$$

3. 積雪重量の閾値に対する積雪重量の割合の算出

建物毎の積雪重量の閾値 S_{max} に対する建物毎の積雪重量 S の百分率 $S_r(\%)$ を算出する

¹² 建築基準法施行令、令和元年政令第百八十一号、第四十六条

¹³ 建築物荷重指針・同解説、2015、日本建築学会

$$S_r = \frac{S}{S_{max}} \times 100$$

4. 除雪優先度の算出

S_r に応じて以下の除雪優先度ランク（6段階想定）を決定する

表 4-10 建物毎の積雪重量の百分率 S_r と除雪優先度ランク

除雪優先度ランク	ランク別名称	分類基準 (S_r)
6	建物倒壊積雪量 150%以上	$150\% \leq S_r$
5	建物倒壊積雪量 125%以上	$125\% \leq S_r < 150\%$
4	建物倒壊積雪量以上	$100\% \leq S_r < 125\%$
3	建物倒壊積雪量以下	$75\% \leq S_r < 100\%$
2	建物倒壊積雪量 75%以下	$50\% \leq S_r < 75\%$
1	建物倒壊積雪量 50%以下	$S_r < 50\%$

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】 3D 都市モデル (Project PLATEAU) 長岡市 (2023 年度)

- 本インタフェースを利用した機能
 - 手作業で編集するため該当なし。本データから建物形状 (2D) データ、屋根形状データ、建築年データ、建物形状 (3D) データを作成
- データについて

表 4-11 長岡市 利用データ一覧

整備データ	形式
建築物モデル (LOD1, 2)	CityGML
地形モデル (LOD1)	CityGML

※ 併せて 4-5-1 1) ①を参照

2) 【IF002】 3D 都市モデル (Project PLATEAU) 札幌市 (2020 年度)

- 本インタフェースを利用した機能
 - 手作業で編集するため該当なし。本データから建物形状 (3D) データを作成
- データについて

表 4-12 札幌市 利用データ一覧

整備データ	形式
建築物モデル (LOD1)	CityGML
地形モデル (LOD1)	CityGML

※ 併せて 4-5-1 1) ②を参照。

3) 【IF003】 気象庁等の気象観測データ

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN005】
- データ形式
 - テキスト

表 4-13 気象庁等の気象観測データ

日時	気温	風速	降水量	日射量
...
観測日時を表す	気温を表す	風速を表す	降水量を表す	日射量を表す

4) 【IF004】 マーカー情報

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN306】
- データ形式
 - JSON

■ マーカー情報の JSON ファイル

```
{  
  "locations": [  
    {  
      "label": "排雪口 001",  
      "lat": "38.2621674191931",  
      "lng": "140.89696991157325",  
      "image": "排雪口.JPG",  
      "distance": true  
    }  
  ]  
}
```

5) 【IF005】 気象庁等の気象解析データ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN005】
- データ形式
 - grib2※併せて 4-5-1 2) 1 を参照

4-4-2. ファイル出力インタフェース

1) 【IF101】 PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ

- 本インタフェースを利用した機能
 - (システム利用者による PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータのダウンロード操作)
- データ形式
 - CZML

■ PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータの CZML ファイル

```
[
  {
    "id": "document",
    "version": "1.0"
  },
  { //建物毎の情報
    "id": "bldg_620c6fa2-8dc7-4502-80f3-2f769e5e238d",
    "name": "bldg_620c6fa2-8dc7-4502-80f3-2f769e5e238d",
    "description": "",
    "polygon": {
      "positions": { //建物 2D 形状の座標
        "cartographicDegrees": [
          138.8318995368894,37.41910768521615,0,
          138.83182224168863,37.419129258373715,0,
          138.83177503618253,37.41903126056893,0,
          138.83185141912975,37.41900779768307,0,
          138.8318995368894,37.41910768521615,0
        ]
      },
      "extrudedHeight": 24, //建物の高さ
      "extrudedHeightReference": "RELATIVE_TO_GROUND",
      "material": {
        "solidColor": {"color":{"rgba" : [0, 191, 255, 150 ]}} //色は対応するプロパティ値によって変更
      }
    }
  }
]
```

2) 【IF102】 QGIS 向けエクスポートデータ

- 本インターフェースを利用した機能
 - (システム利用者による QGIS 向けエクスポートデータのダウンロード操作)
- データ形式
 - GeoJSON

4-4-3. 内部連携インターフェース

- 1) 【IF201】 2D 建物データ
 - 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN007】
 - データ形式
 - GeoJSON

表 4-14 レスポンス

データ項目	用途など
建物 ID	建物の判別キー
2D 建物形状	建物毎積雪重量の算出、2D 建物形状の表示
屋根面毎の勾配	積雪重量の算出
屋根面毎の面積	積雪重量の算出
建物の高さ	CZML 出力時の高さ算出
建物の楕円体高	CZML 出力時の高さ算出
標高	CZML 出力時の高さ算出

- 2) 【IF202】 建物形状データ
 - 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN305】
 - データ形式
 - GLB
- 3) 【IF204】 積雪重量算出用気象データ
 - 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN001】
 - データ形式
 - CSV
- 4) 【IF205】 積雪深・積雪重量データ
 - 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN017】
 - データ形式
 - CSV
 - データの内容
 - 積雪深、積雪重量

5) 【IF207】 除雪優先度データ

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN009】
 - 【FN010】
 - 【FN011】
 - 【FN012】
- データ種別
 - 建物データ
 - ◇ データ形式
 - GeoJSON
 - ◇ データの内容
 - 建物 ID、建物形状データ、建物毎の積雪重量値、建物毎の除雪優先度
 - 積雪深分布データ
 - ◇ データ形式
 - GeoJSON
 - ◇ データの内容
 - 建物 ID、建物毎の積雪深値
 - 除雪優先度データ
 - ◇ データ形式
 - GeoJSON
 - ◇ データの内容
 - 建物 ID、建物毎の除雪優先度

6) 【IF208】 表示システム向け積雪深分布データ

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN202】
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF223】を参照
- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス
 - 表示時刻を含めた URL で取得する 例：/map/sd/2025/12/sd202512201400.png
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-15 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
404	リソースが存在しない
503	処理エラー

7) 【IF209】表示システム向け積雪重量分布データ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN203】
- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF223】を参照
- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス
 - 表示時刻を含めた URL で取得する 例：/map/sw/2025/12/sw202512201400.png
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-16 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
404	リソースが存在しない
503	処理エラー

8) 【IF210】表示システム向け建物データ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN204】
 - 【FN205】
 - 【FN206】
- データ形式
 - GeoJSON
- データの内容

表 4-17 表示システム向け建物データ（GeoJSON 形式）

要素	形式
建物 ID	文字列
建物形状	座標の配列
積雪重量	小数
除雪優先度	整数

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス
 - 表示時刻を含めた URL で取得する 例：/data/bld/2025/12/bld202512201400.json
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-18 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
404	リソースが存在しない
503	処理エラー

- 9) 【IF211】現地報告情報データ
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN207】
 - データ形式
 - JSON
 - データの内容

表 4-19 現地報告情報データ

データ	形式
建物 ID	文字列
現地報告情報	文字列

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス

- 建物 ID、表示時刻をパラメータに、GET で取得 例：/get_bld_info?id=???&time=???
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-20 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
503	処理エラー

10) 【IF212】 PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN208】
- データ形式
 - CZML

表 4-21 PLATEAU VIEW 向けエクスポートデータの例

```
[
  {
    "id": "document",
    "version": "1.0"
  },
  {
    "id": "620c6fa2-8dc7-4502-80f3-2f769e5e238d",
    "name": "5638163811",
    "description": "",
    "polygon": {
      "positions": {
        "cartographicDegrees": [
          138.8318995368894,37.41910768521615,0,
          138.83182224168863,37.419129258373715,0,
          138.83177503618253,37.41903126056893,0,
          138.83185141912975,37.41900779768307,0,
          138.8318995368894,37.41910768521615,0
        ]
      }
    },
    "extrudedHeightReference": "RELATIVE_TO_GROUND",
  }
]
```

```

    "extrudedHeight": 6.843, //建物高さ-地形の標高
    "material": {
      "solidColor": {
        "color": {
          "rgbaf": [0,0,1,0.5]
        }
      }
    }
  }
}
]

```

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス
 - エリア範囲、表示時刻をパラメータに、GET で取得
例 : /get_plateau_data?kind=???lon1=???&lon2=???&lat1=???lat2=???&time=????
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-22 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
503	処理エラー

11) 【IF213】 QGIS 向けエクスポートデータ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN209】
- データ形式
 - GeoJSON
- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス

- エリア範囲、表示時刻をパラメータに、GET で取得 例：
/get_qgis_data?lon1=???&lon2=???&lat1=???&lat2=???&time=????

- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-23 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
503	処理エラー

12) 【IF214】被災現場支援ツール向け積雪深分布データ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN302】
- データ形式
 - GeoJSON
- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス
 - 建物 ID をパラメータに、GET で取得 例：/get_snow_depth?id=???
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-24 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
404	リソースが存在しない
503	処理エラー

13) 【IF215】被災現場支援ツール向け除雪優先度データ

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN303】
- データ形式
 - GeoJSON

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス
 - GET で取得 例：/get_bldg_snow_removal_priorities
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-25 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
404	リソースが存在しない
503	処理エラー

14) 【IF216】(被災現場支援ツール向け) 現地報告情報データ

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN304】
- データ形式
 - JSON
- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - GET
- パス
 - GET で取得 例：/get_field_reports
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-26 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
503	処理エラー

15) 【IF217】 アラート通知設定

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN008】
- データ形式
 - テキスト

16) 【IF218】 Web コンテンツリクエストへのレスポンス

- 本インターフェースを利用した機能
 - 閲覧用環境 (PC の Web ブラウザ) 上での Web コンテンツ表示
- プロトコル
 - HTTP/HTTPS

17) 【IF219】 アラート通知設定

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN013】
- データ形式
 - URL エンコードされたフォームデータ

表 4-27 フォームデータ

キー	値
name	氏名
email	通知先メールアドレス
bldID	建物 ID

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - POST
- パス
 - 例 : /alert_settings
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-28 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー

503	処理エラー
-----	-------

18) 【IF220】 データ取込設定

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN305】
- データ形式
 - テキスト

19) 【IF221】 現地報告情報

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN014】
- データ形式
 - JSON

表 4-29 現地報告情報データ

```

{
  "items": [
    {
      "id": "7101fd6b-9105-4f9a-a72a-2626421341b8",
      "lat": 42.977238057136034,
      "lng": 141.45266816469777,
      "text": "外壁に日々¥n 木造 2 階建て¥n 家族 4 名¥n 怪我なし全員の無事確認避難済み",
      "user_id": "178b98d4-9e67-42be-a653-915d0933d673",
      "y": 0.6153183,
      "created_dt": "2025-08-28T10:58:10.2728487+09:00",
      "updated_dt": "2025-08-28T10:58:10.2728487+09:00"
    },
    {
      "id": "8cb661e9-817a-4647-99bb-98008f0bdb55",
      "lat": 42.976987248287365,
      "lng": 141.45258615766178,
      "text": "1 階 3 回¥n 軽量鉄骨造 3 階建て¥n 家族 5 名¥n 車両に閉じ込め 1 名反応あり¥n1 名は避難済み怪我",
      "user_id": "178b98d4-9e67-42be-a653-915d0933d673",
      "y": 2.53772736,
      "created_dt": "2025-08-28T10:57:07.2938665+09:00",
      "updated_dt": "2025-08-28T10:57:07.2938665+09:00"
    }
  ]
}

```

}

※ “text”の値に含まれる「¥n」は改行を表す。

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - POST
- パス
 - POST で登録
例：/send_field_reports
- cookie
 - 使用しない
- レスポンス

表 4-30 レスポンス

ステータスコード	説明
204	成功
401	認証エラー
503	処理エラー

20) 【IF222】 ログイン認証

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN015】
- データ形式
 - URL エンコードされたフォームデータ

表 4-31 フォームデータ

キー	値
username	ユーザーID
password	パスワード

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - POST
- パス
 - /login
- cookie

- なし
- レスポンス

表 4-32 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
401	認証エラー
503	処理エラー

21) 【IF223】積雪深分布画像、積雪重量分布画像

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN009】
- データ種別
 - 積雪深分布画像
 - ◇ データ形式
 - PNG
 - ◇ データの内容
 - 積雪深分布
 - 積雪重量分布画像
 - ◇ データ形式
 - PNG
 - ◇ データの内容
 - 積雪重量分布

22) 【IF224】気象観測地点の位置データ作成

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN005】
- データ形式
 - テキスト
- データの内容
 - 気象観測地点の緯度・経度・標高

23) 【IF225】フィードバック情報

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN016】
- データに形式
 - URL エンコードされたフォームデータ

表 4-33 フォームデータ

キー	値
username	ユーザーID
email	連絡用メールアドレス
feedback	フィードバックコメント

- プロトコル
 - HTTP/HTTPS
- メソッド
 - POST
- パス
 - /send_feedback
- cookie
 - なし
- レスポンス

表 4-34 レスポンス

ステータスコード	説明
200	成功
503	処理エラー

24) 【IF226】積雪深・積雪重量グリッドデータ

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN003】
 - 【FN007】
- データ形式
 - NetCDF
- データの内容
 - 積雪深、積雪重量

4-4-4. 外部連携インターフェース

1) 国土地理院 地理院タイル

① 【IF301】国土地理院 地理院タイルデータ

- インタフェースの概要
 - 国土地理院のサーバーが配信するタイル状に分割された地図データを地図利用者のブラウザに表示するためのインターフェース¹⁴
- 本インターフェースを利用する機能
 - 【FN201】
- プロトコル
 - HTTPS
- API パス
 - 標準地図 <https://cyberjapandata.gsi.go.jp/xyz/std/{z}/{x}/{y}.png>
 - 淡色地図 <https://cyberjapandata.gsi.go.jp/xyz/pale/{z}/{x}/{y}.png>
 - 白地図 <https://cyberjapandata.gsi.go.jp/xyz/blank/{z}/{x}/{y}.png>
- メソッド
 - GET
- パラメータ
 - {x}：タイル座標の X 値
 - {y}：タイル座標の Y 値
 - {z}：ズームレベル

¹⁴ 国土地理院 地理院タイルについて：<https://maps.gsi.go.jp/development/siyou.html>

4-5. 実証に用いたデータ

4-5-1. 活用するデータ一覧

1) 利用した 3D 都市モデル

- ① 実証エリア (1/2) : 実証実験 (除雪優先度算出システムと被災現場支援ツール) の対象エリア
 - 年度 : 2024 年度 (西暦)
 - 都市名 : 長岡市
 - ファイル名 : 15202_nagaoka-shi_city_2024_citygml_1_op
 - メッシュ番号 : 56381637、56381638、56381647、56381648 (図 4-46 で黄色囲いの箇所)

長岡市 3D都市モデル整備範囲図

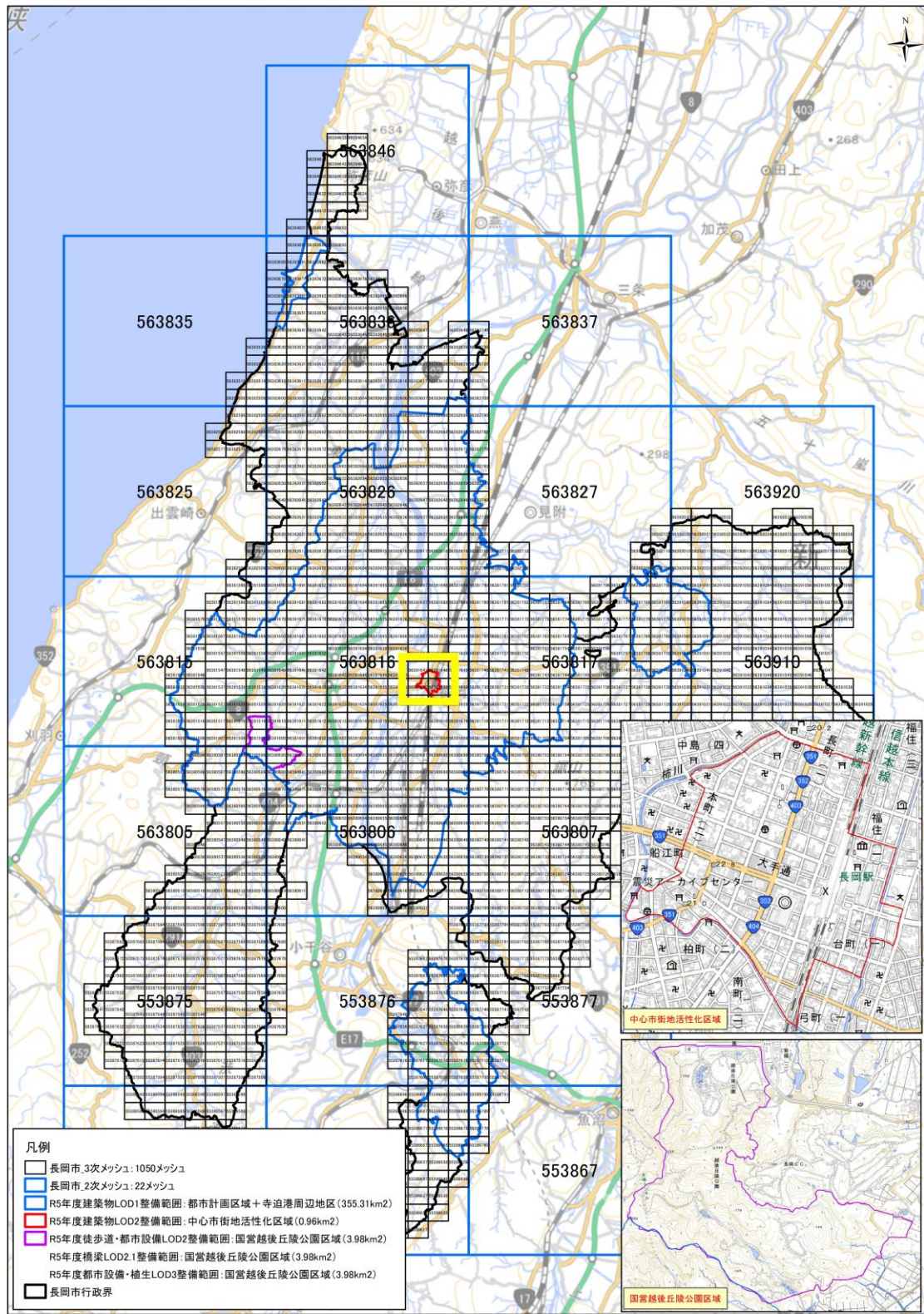


図 4-46 インデックスマップ (長岡市)

② 実証エリア（2/2）：実証実験（被災現場支援ツール）の対象エリア

- 年度：2020年度（西暦）
- 都市名：札幌市
- ファイル名：01100_sapporo-shi_city_2020_citygml_7_op
- メッシュ番号：64413376（図 4-47 で黄色囲いの箇所）

札幌市 構築範囲図

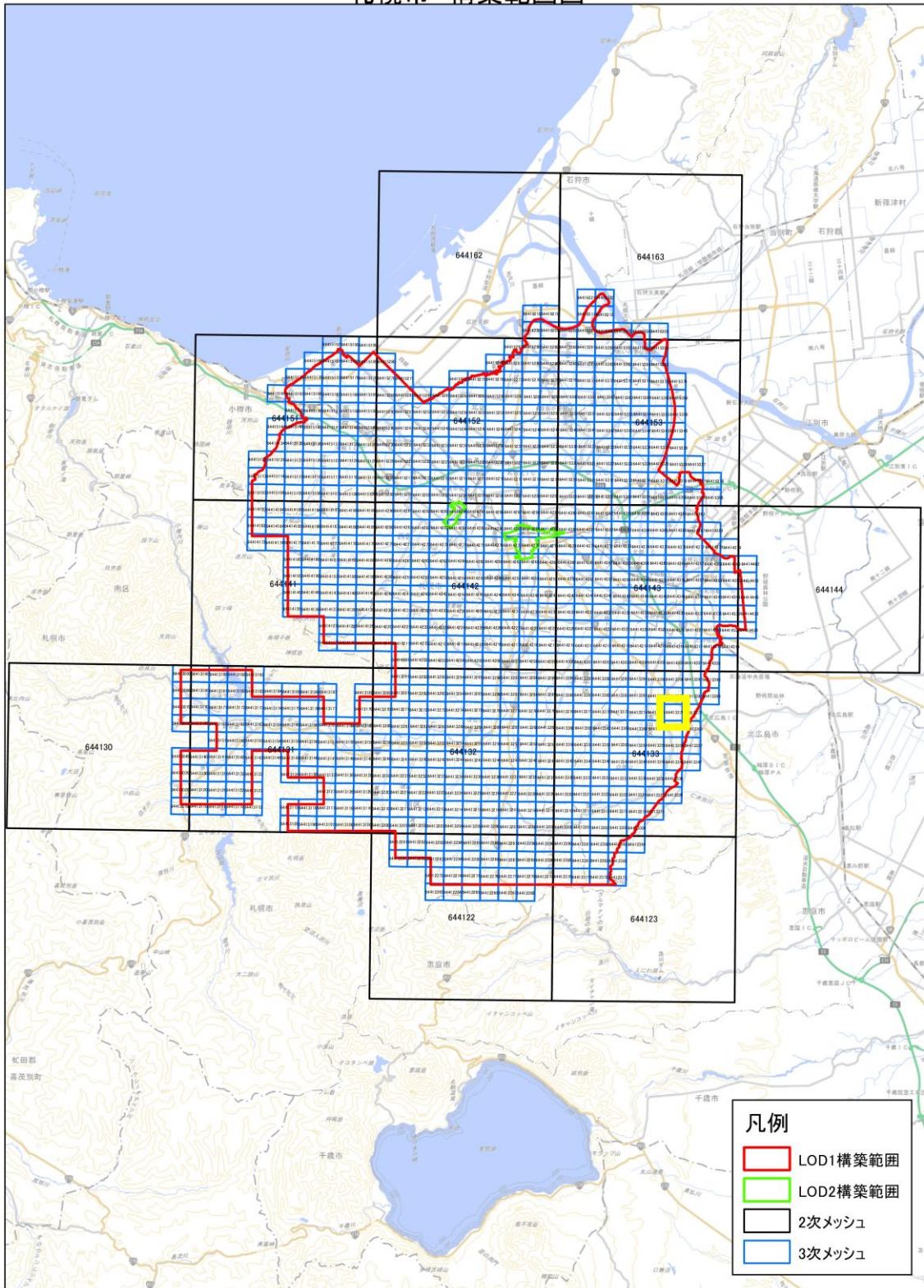


図 4-47 インデックスマップ (札幌市)

表 4-35 利用する 3D 都市モデル

地物	地物型	属性区分	属性名	内容	データ を利用 した機 能 (ID)
建築物 LOD1・ LOD2	bldg:Building	主題属性	bldg:yearOfConstruction	建築年	FN007
		空間属性	bldg:lod0RoofEdge	建築物の外 周の正射影	FN007
建築物 LOD2	bldg:Building	空間属性	bldg:RoofSurface	建築物の上 部を覆う構 造物	FN007
			bldg:lod2Solid	建築物の主 要構造の外 形を示す立 体	FN007
建築物 LOD1	bldg:Building	空間属性	bldg:lod1Solid	建築物の主 要構造の外 形を示す立 体	FN007

2) 利用するその他のデータ


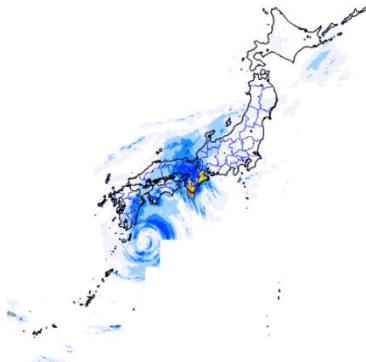

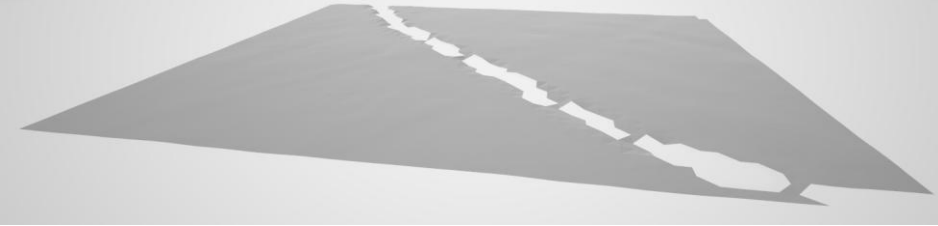
1. データ一覧

表 4-36 利用するその他データ (一覧)

ID	データ名称	内容	データ形式	更新情報	出所	データを利用した機能(ID)
DT001	気象観測データ (アメダス)	気象庁アメダスの気象観測データ	CSV	-	気象庁 Web サイト	FN005
DT002	気象解析データ (解析雨量)	気象庁が気象レーダーやアメダスなどの降水量観測値から作成した降水量分布データ	grib2	-	気象業務支援センター	FN005
DT003	地理院タイル	国土地理院が配信するタイル状の地図データ	PNG (XYZ形式)	-	国土地理院	FN201
DT004	基盤地図情報 数値標高モデル	国土地理院が提供する標高データ	GML	-	国土地理院	3D 都市モデル情報抽出手法 (手作業)

2. データサンプル (イメージ)

表 4-37 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																																																																																																									
DT001	気象観測データ (アメダス)	 <p>全国 新潟県 長岡の観測データ</p> <p>長岡(ナガオカ) 北緯: 37度27.0分 東経: 138度49.4分 標高: 23m</p> <p>表示形式: 一覧表(1時間毎) 一覧表(10分毎) グラフ</p> <p>観測要素: 一覧表に表示する観測要素を選択</p> <p>最低気温、最高気温、最大瞬間風速の観測表</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">日時</th> <th>気温</th> <th>降水量 (前1h)</th> <th>風向</th> <th>風速</th> <th>日照時間 (推計) (前1h)</th> <th>湿度</th> </tr> <tr> <th>°C</th> <th>mm</th> <th>16方位</th> <th>m/s</th> <th>h</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="12">10日</td> <td>13:00</td> <td>26.2</td> <td>0.0</td> <td>西南西</td> <td>1.3</td> <td>0.1</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>12:00</td> <td>23.2</td> <td>0.0</td> <td>北北西</td> <td>0.9</td> <td>0.4</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>11:00</td> <td>20.7</td> <td>0.0</td> <td>北東</td> <td>0.6</td> <td>0.0</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>10:00</td> <td>18.8</td> <td>0.0</td> <td>東北東</td> <td>1.0</td> <td>0.0</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>09:00</td> <td>17.2</td> <td>0.0</td> <td>北西</td> <td>1.9</td> <td>0.0</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>08:00</td> <td>16.6</td> <td>0.0</td> <td>北北西</td> <td>1.0</td> <td>0.0</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>07:00</td> <td>15.5</td> <td>0.5</td> <td>北西</td> <td>1.3</td> <td>0.0</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>06:00</td> <td>15.0</td> <td>0.0</td> <td>西北西</td> <td>0.8</td> <td>0.0</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>05:00</td> <td>14.5</td> <td>0.0</td> <td>北北東</td> <td>0.7</td> <td>0.0</td> <td>99</td> </tr> <tr> <td>04:00</td> <td>14.6</td> <td>1.0</td> <td>東</td> <td>1.3</td> <td>0.0</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>03:00</td> <td>14.4</td> <td>1.5</td> <td>北東</td> <td>0.7</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>02:00</td> <td>14.7</td> <td>1.0</td> <td>東北東</td> <td>0.6</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>01:00</td> <td>15.1</td> <td>0.5</td> <td>北東</td> <td>0.8</td> <td></td> <td>96</td> </tr> </tbody> </table>	日時	気温	降水量 (前1h)	風向	風速	日照時間 (推計) (前1h)	湿度	°C	mm	16方位	m/s	h	%	10日	13:00	26.2	0.0	西南西	1.3	0.1	55	12:00	23.2	0.0	北北西	0.9	0.4	72	11:00	20.7	0.0	北東	0.6	0.0	80	10:00	18.8	0.0	東北東	1.0	0.0	88	09:00	17.2	0.0	北西	1.9	0.0	93	08:00	16.6	0.0	北北西	1.0	0.0	96	07:00	15.5	0.5	北西	1.3	0.0	97	06:00	15.0	0.0	西北西	0.8	0.0	97	05:00	14.5	0.0	北北東	0.7	0.0	99	04:00	14.6	1.0	東	1.3	0.0	97	03:00	14.4	1.5	北東	0.7		100	02:00	14.7	1.0	東北東	0.6		100	01:00	15.1	0.5	北東	0.8		96
日時	気温	降水量 (前1h)		風向	風速	日照時間 (推計) (前1h)	湿度																																																																																																				
	°C	mm	16方位	m/s	h	%																																																																																																					
10日	13:00	26.2	0.0	西南西	1.3	0.1	55																																																																																																				
	12:00	23.2	0.0	北北西	0.9	0.4	72																																																																																																				
	11:00	20.7	0.0	北東	0.6	0.0	80																																																																																																				
	10:00	18.8	0.0	東北東	1.0	0.0	88																																																																																																				
	09:00	17.2	0.0	北西	1.9	0.0	93																																																																																																				
	08:00	16.6	0.0	北北西	1.0	0.0	96																																																																																																				
	07:00	15.5	0.5	北西	1.3	0.0	97																																																																																																				
	06:00	15.0	0.0	西北西	0.8	0.0	97																																																																																																				
	05:00	14.5	0.0	北北東	0.7	0.0	99																																																																																																				
	04:00	14.6	1.0	東	1.3	0.0	97																																																																																																				
	03:00	14.4	1.5	北東	0.7		100																																																																																																				
	02:00	14.7	1.0	東北東	0.6		100																																																																																																				
01:00	15.1	0.5	北東	0.8		96																																																																																																					
DT002	気象解析データ (解析雨量)																																																																																																										
DT003	地理院タイル																																																																																																										
DT004	基盤地図情報 数値標高モデル																																																																																																										

4-5-2. 生成・変換するデータ

表 4-38 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)	
DT101	3D 都市モデル 【GLB】 モデル情報(被災現場支援ツール固有) 【JSON】	被災現場支援ツールでのモデル表示のため	CityGML から 5 次メッシュを選択し、建物、土地起伏を GLB 形式で出力	PLATEAU SDK for Unity	CityGML	-	
			5 次メッシュ単位の複数ファイルをまとめる 独自 JSON ファイルを作成 モデル原点の緯度経度を持つ	-	-	-	
			モデル JSON ファイルの一覧を持つ独自 JSON ファイルを作成 ● モデル JSON ファイル名 ● 原点の緯度経度	-	-	-	
			被災現場支援ツールのリソースとして提供	-	-	FN305	
DT102	建物形状データ 【GeoJSON】	除雪優先度表示システム、PLATEAU VIEW、QGIS への表示のため	CityGML から建物 ID 毎の建物 2D データ (bldg:lod0RoofEdge)、屋根形状データ (bldg:RoofSurface) を収集	Python	3D 都市モデル (CityGML)	-	
			建物 2D データから GeoJSON のポリゴンを作成 geometry.type="polygon" geometry.coordinates に座標を設定			-	-
			屋根形状データ毎に屋根勾配と面積を算出し、			数値標高モデル	-

			それらを使用して屋根勾配の代表値を算出し、全屋根勾と面積、代表の屋根勾配を GeoJSON の Property に設定		ル (GML)	
			建物の高さ (標高) から楕円体高を算出し、両方を GeoJSON の Property に設定			-
			建物位置の標高を取得し、GeoJSON の Property に設定			-
			建物 ID を GeoJSON の Property に設定		-	-
			建築年データから該当建物の建築年を取得し、GeoJSON の Property に設定		建築年データ (テキスト)	-
			作成した GeoJSON をファイルに出力		-	FN009、FN010、FN011
DT105	積雪深分布データ 【PNG】	除雪優先度算出システムのコンテンツとして表示するため	気象データを基に積雪深分布の 250m メッシュ画像 (PNG) を生成	GDAL	積雪深・積雪重量グリッドデータ (NetCDF)	FN202
DT106	積雪重量分布データ 【PNG】	除雪優先度算出システムのコンテンツとして表示するため	気象データを基に算出した積雪重量分布の 250m メッシュ画像 (PNG) を生成	GDAL	積雪深・積雪重量グリッドデータ (NetCDF)	FN203
DT107	建物毎積雪重量データ 【GeoJSON】	除雪優先度算出システムのコンテンツとして表示するため	積雪重量分布を基に建物毎の積雪重量データ (GeoJSON) を生成	Python	積雪深・積雪重量グリッドデータ	FN204

					(NetC DF)	
					2D 建物 データ (GeoJ SON)	
DT108	建物毎除雪優先度データ 【GeoJSON】	除雪優先度算出システムのコンテンツとして表示するため	積雪重量を基に建物毎の除雪優先度データ (GeoJSON) を生成	Python	建物毎積雪重量データ (GeoJ SON)	FN205
					建物データ (GeoJ SON、建 築年)	
DT109	2D 建物形状データ	除雪優先度算出システムのコンテンツとして表示するため	2D の建物形状データ (GeoJSON) を生成	Python	建物毎積雪重量データ (GeoJ SON)	FN206
					建物毎除雪優先度データ (GeoJ SON)	
DT110	PLATEAU VIEW向けエクスポートデータ 250m 積雪深【CZML】	PLATEAU VIEW に積雪深データを表示するため	除雪優先度算出システムから 250m 格子の積雪深データを取得 積雪深さに応じて色を決定 CZML ファイルを出力	Python	-	FN208
					-	
					-	
DT111	PLATEAU VIEW向けエクスポートデータ	PLATEAU VIEW に建物毎の積雪重量データを表示するため	除雪優先度算出システムから建物毎の積雪重量データを取得	Python	建物毎積雪重量データ	FN208

	タ建物積雪重量【CZML】				(GeoJSON)	
			積雪重量に応じて建物毎の表示色を決定		-	
			CZML ファイルを出力		-	
DT112	PLATEAU VIEW向けエクスポートデータ建物除雪優先度【CZML】	PLATEAU VIEWに建物毎の除雪優先度データを表示するため	除雪優先度算出システムから建物毎の除雪優先度データを取得	Python	建物毎除雪優先度データ (GeoJSON)	FN208
			除雪優先度に応じて建物毎の表示色を決定		-	
			CZML ファイルを出力		-	
D113	QGIS向けエクスポートデータ建物毎積雪重量【GeoJSON】	QGISに建物毎の積雪重量データを表示するため	積雪重量に応じて建物毎の表示色を決定	Python	建物毎積雪重量データ (GeoJSON)	FN209
			GeoJSON形式のファイルを出力		-	
D114	QGIS向けエクスポートデータ建物毎除雪優先度【GeoJSON】	QGISに建物毎の除雪優先度データを表示するため	除雪優先度に応じて建物毎の表示色を決定	Python	建物毎除雪優先度データ (GeoJSON)	FN209
			GeoJSON形式のファイルを出力		-	
DT115	積雪深分布データ【GeoJSON】	被災現場支援ツール上での表示のため	除雪優先度算出システムから建物毎の積雪深データを取得	PHP	建物毎積雪重量データ (GeoJSON)	FN302

DT116	建物毎除雪優先度分布データ 【GeoJSON】	被災現場支援ツール上での表示のため	除雪優先度算出システムから建物毎の除雪優先度データを取得	PHP	建物毎除雪優先度データ (GeoJSON、最新データ)	FN303
DT117	現地報告情報データ 【GeoJSON】	被災現場支援ツール上での表示のため	被災現場支援ツールで入力された現地報告情報をファイル又はデータベースに登録	PHP	現地報告情報データ (データベースより)	FN304
DT118	マーカー情報 【JSON】	設備(消火栓等)の位置を表示するため	現地映像に近傍のマーカーを重畳して表示する	(手作業)	マーカー情報 (JSON)	FN306
DT119	位置情報 【テキスト】	現地報告情報を表示するため	現地映像に近傍の現地報告情報を重畳して表示する	-	位置情報(テキスト)	FN304

4-6. ユーザーインターフェース

4-6-1. 画面一覧

1) 【HW003】 PC用画面

表 4-39 【HW003】 PC用画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	説明	画面を表示した機能 (ID)
SC101	SC111	ログイン画面 (PC)	● ユーザー認証を行う	FN211
SC111	SC112 ～ SC115	地図表示画面 (PC)	● 地図上で積雪深、積雪重量、除雪優先度の情報を表示する	FN201 ～ FN210、 FN212
SC112	-	アラート通知設定画面	● アラート通知を行うための設定を行う	FN210
SC113	-	フィードバック画面	● 除雪優先度算出システムへのフィードバックを行う	FN212
SC114	-	概要画面	● 除雪優先度算出システムの概要説明を表示する	FN213
SC115	-	データエクスポート画面	● 表示範囲の建物の積雪深や積雪重量、除雪優先度を出力する (PLATEAU VIEW 向け、QGIS 向け)	FN208、 FN209

2) 【HW004】 スマートフォン用画面

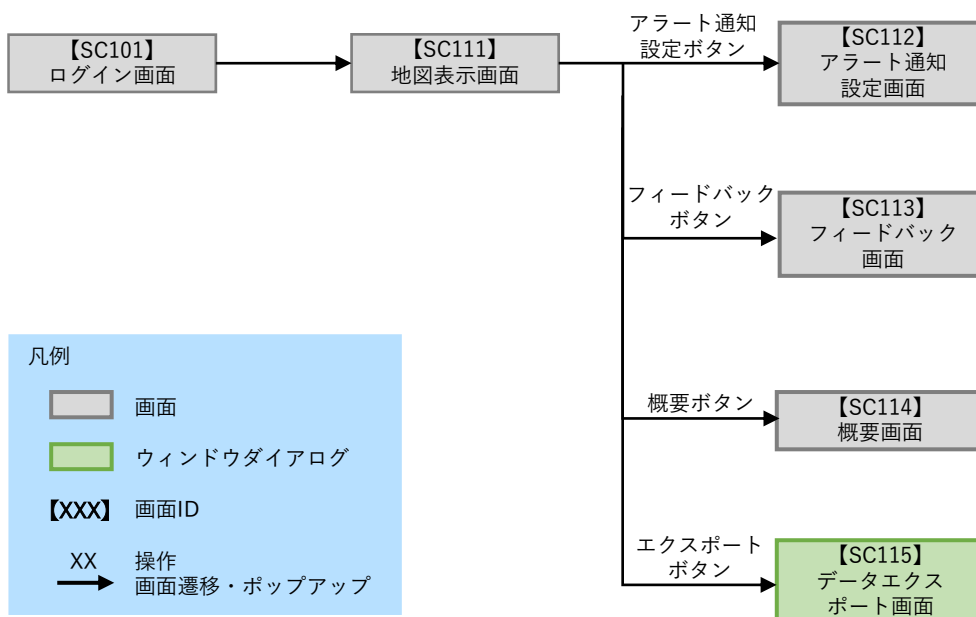
表 4-40 【HW004】 スマートフォン用画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	説明	画面を表示した機能 (ID)
SC201	SC211	データ取込	● 実証対象エリア一覧からエリアを選択し、選択されたエリアの建物情報及びマーカー情報を読み込む	FN301
SC211	SC201、 SC212	メイン画面	<ul style="list-style-type: none"> ● 選択されたエリアの建物形状をワイヤーフレーム等で表示 ● エリア積雪深をラベル表示 ● 建物の除雪優先度を色分け等で表示 ● 建物の被害状況をラベル表示 	FN302～ FN306

			<ul style="list-style-type: none">● マーカー情報を表示	
SC212	SC211	音声情報入力	<ul style="list-style-type: none">● 建物をタップすることでダイアログを表示し、音声による情報入力を行う	FN307

4-6-2. 画面遷移図

1) 【HW003】 PC 用画面



1) 図 4-48 【HW003】 PC 用画面遷移図

2) 【HW004】 スマートフォン用画面

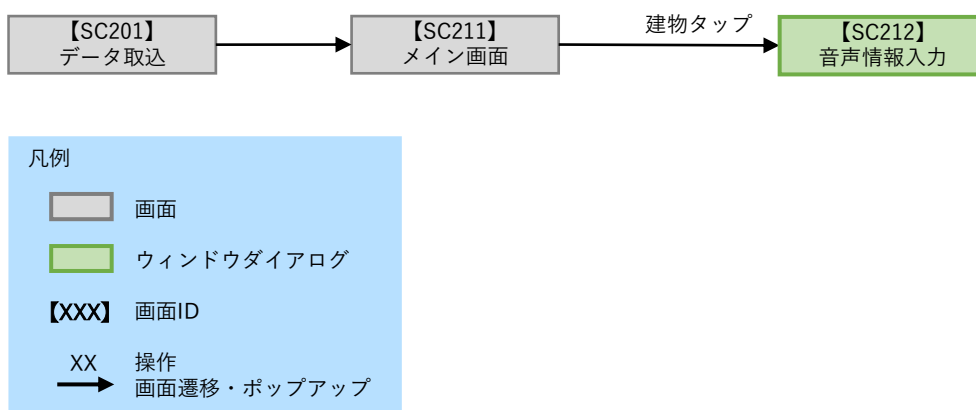


図 4-49 【HW004】 スマートフォン用画面遷移図

4-6-3. 各画面仕様詳細

1) 【HW001】 PC 用画面

1. 【SC101】 ログイン画面



図 4-50 ログイン画面

- 本画面の目的
 - 除雪優先度算出システムへのアクセス認証を行う

- 本画面から利用できる機能
 - 【FN211】 ログイン認証

2. 【SC111】 地図表示画面

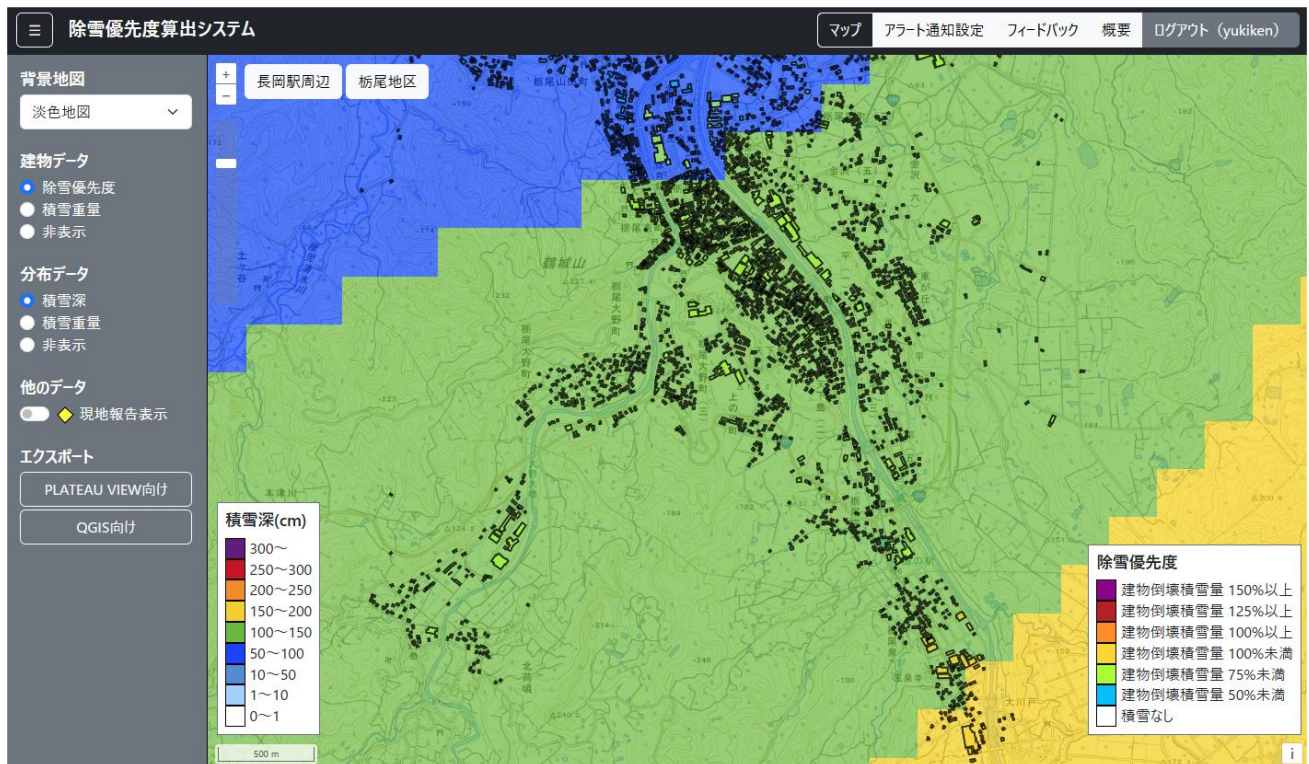


図 4-51 地図表示画面

- 本画面の目的
 - 除雪優先度や積雪重量などを地図上に表示する
 - 表示する情報を設定する
 - システムに関するフィードバックを送信する
 - PLATEAU VIEW 向けデータ及び QGIS 向けデータをエクスポート（ダウンロード）する
 - アラート通知の設定を行う

- 本画面から利用できる機能
 - 【FN201】 地図表示
 - 【FN202】 積雪深分布表示
 - 【FN203】 積雪重量分布表示
 - 【FN204】 現地報告情報表示
 - 【FN205】 除雪優先度表示
 - 【FN206】 2D 建物表示
 - 【FN207】 現地報告情報表示

3. 【SC112】アラート通知設定画面

除雪優先度算出システム

マップ アラート通知設定 フィードバック 概要 ログアウト (yukiken)

アラート通知設定

お名前
お名前を入力してください

メールアドレス
メールアドレスを入力してください

建物ID
通知を受け取る建物IDを入力してください

建物の名前
通知を受け取る建物の名前を入力してください

登録済み建物の通知受け取りを中止する

決定

図 4-52 アラート通知設定画面

- 本画面の目的
 - アラート通知の設定を行う
- 本画面から利用できる機能
 - 【FN210】アラート通知設定

4. 【SC113】 フィードバック画面

除雪優先度算出システム

マップ アラート通知設定 **フィードバック** 概要 ログアウト (yukiken)

システムに対するフィードバック

お名前
お名前を入力してください

メールアドレス
メールアドレスを入力してください

フィードバック
意見や問い合わせ内容を入力してください

送信

図 4-53 フィードバック画面

- 本画面の目的
 - 除雪優先度を算出システムへのフィードバックの入力を行う
- 本画面から利用できる機能
 - 【FN212】 フィードバック入力

5. 【SC114】 概要画面



図 4-54 概要画面

- 本画面の目的
 - 除雪優先度算出システムの概要やその他の気象情報へのリンク等を表示する
- 本画面から利用できる機能
 - 【FN213】 概要説明表示

6. 【SC115】 データエクスポート画面

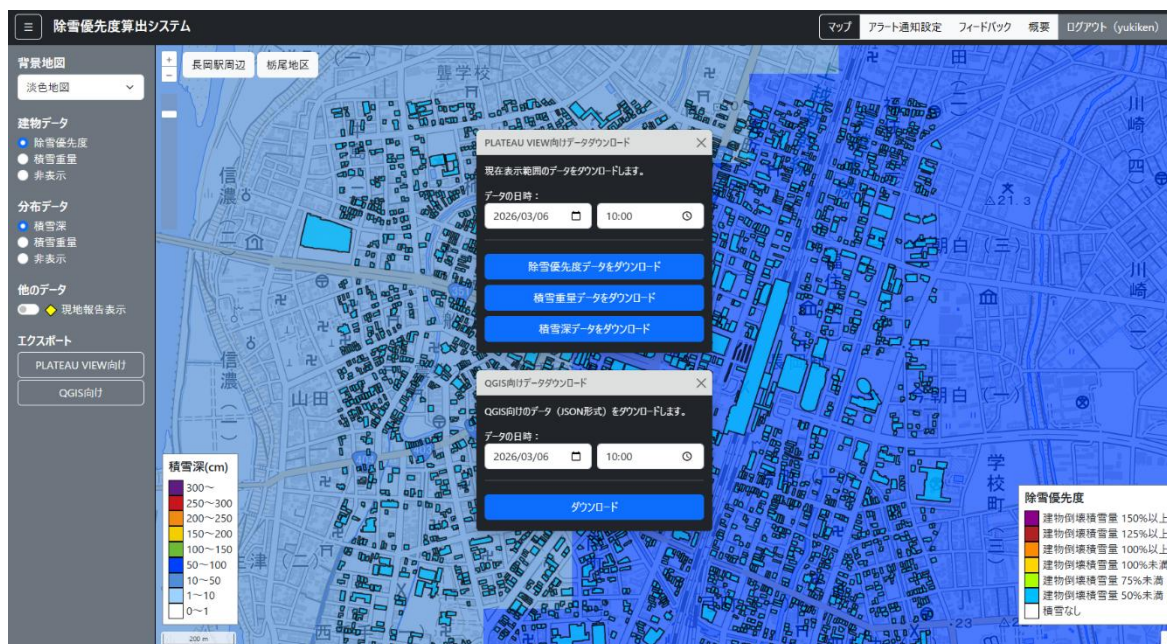


図 4-55 データエクスポート画面

- 本画面の目的
 - 表示範囲の建物の積雪深や積雪重量、除雪優先度をエクスポートする
- 本画面から利用できる機能
 - 【FN208】 PLATEAU VIEW 向けデータエクスポート
 - 【FN209】 QGIS 向けデータエクスポート

2) 【HW004】スマートフォン用画面

1. 【SC201】データ取込



図 4-56 データ取込

- 本画面の目的
 - 実証対象エリア一覧からエリアを選択し、選択されたエリアの建物情報及びマーカ情報を読み込む
- 本画面から利用できる機能
 - 【FN301】データ取込

2. 【SC211】メイン画面



図 4-57 メイン画面

- 本画面の目的
 - 選択されたエリアの建物形状をワイヤーフレーム等で表示
 - エリア積雪深をラベル表示
 - 建物の除雪優先度を色分け等で表示
 - 建物の現地報告情報をラベル表示
 - マーカー情報を表示
- 本画面から利用できる機能
 - 【FN302】積雪深表示
 - 【FN303】除雪優先度表示
 - 【FN304】現地報告情報表示
 - 【FN305】建物形状表示
 - 【FN306】マーカー表示

3. 【SC212】 音声情報入力

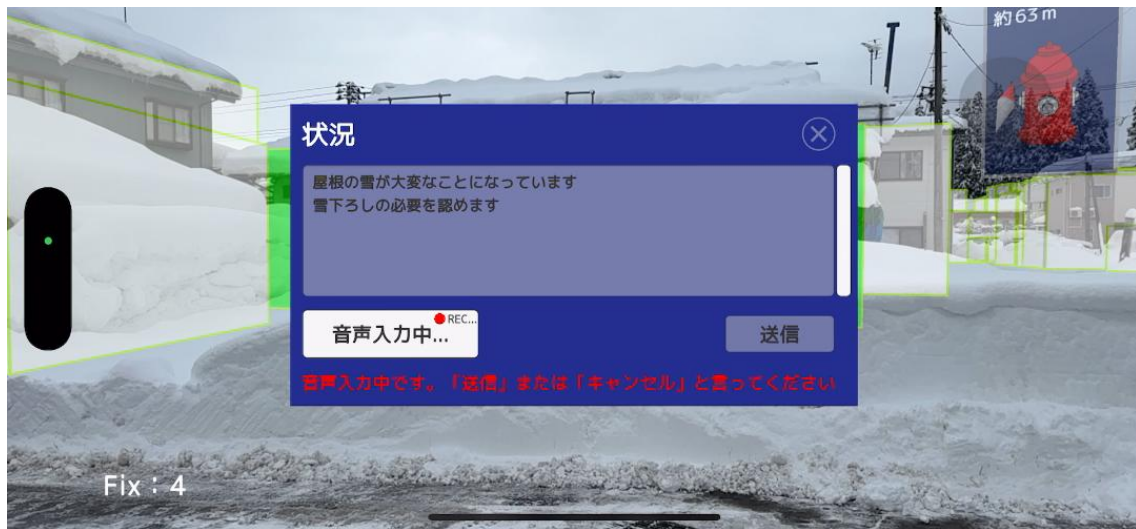


図 4-58 音声情報入力

- 本画面の目的
 - 建物をタップすることでダイアログを表示し、音声による情報入力を行う
- 本画面から利用できる機能
 - 【FN307】 現地報告情報作成

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

- 除雪優先度算出システム

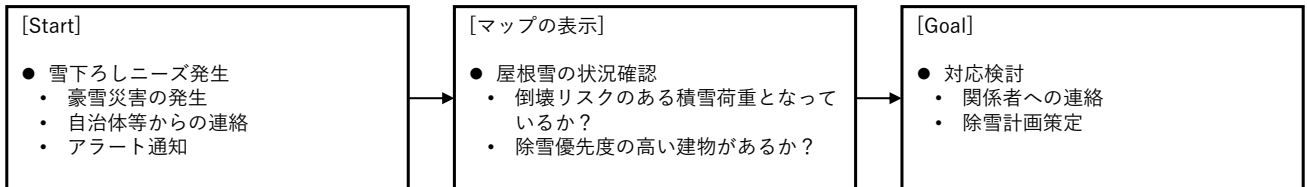


図 4-59 システムの利用フロー（除雪優先度算出システム）

- 豪雪災害の発生や、地方公共団体等からの連絡、アラート通知などをきっかけに除雪優先度算出システムにアクセスし、建物毎の積雪重量や除雪優先度等の情報をマップで閲覧し、倒壊リスクのある建物の有無などを確認する。確認した情報を基に、関係者への連絡や除雪計画の策定などの対応を検討する

- 被災現場支援ツール

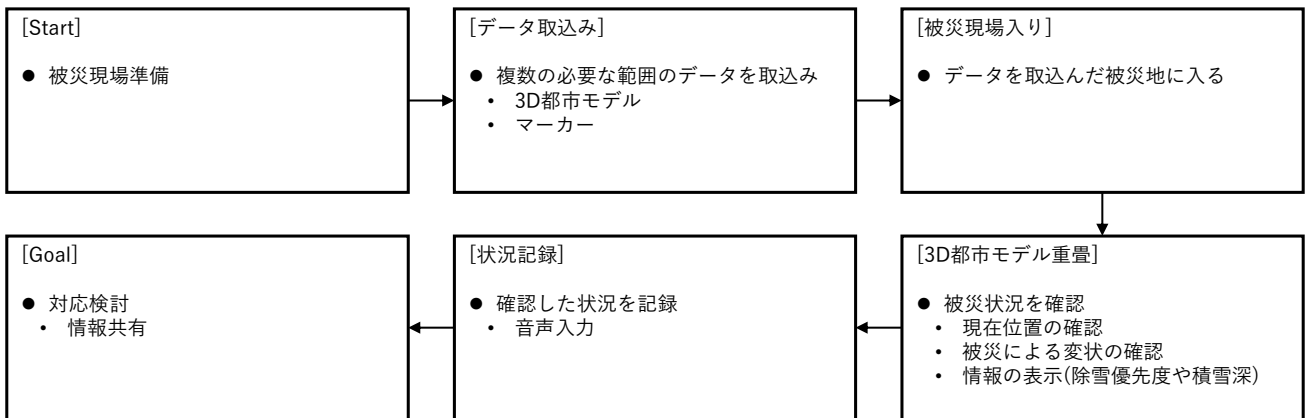


図 4-60 システムの利用フロー（被災現場支援ツール）

- 被災現場で3D都市モデルを重畳し、現在位置や被災による変状を確認し、音声入力で被災状況を記録する。記録された情報がシステムで統合され災害対応関係者間で情報共有される

4-7-2. 各画面操作方法

- 除雪優先度算出システム

- 1) マップの表示

- 2次元のマップで建物毎の積雪重量や除雪優先度を表示する。利用目的に応じて任意の縮尺で閲覧する

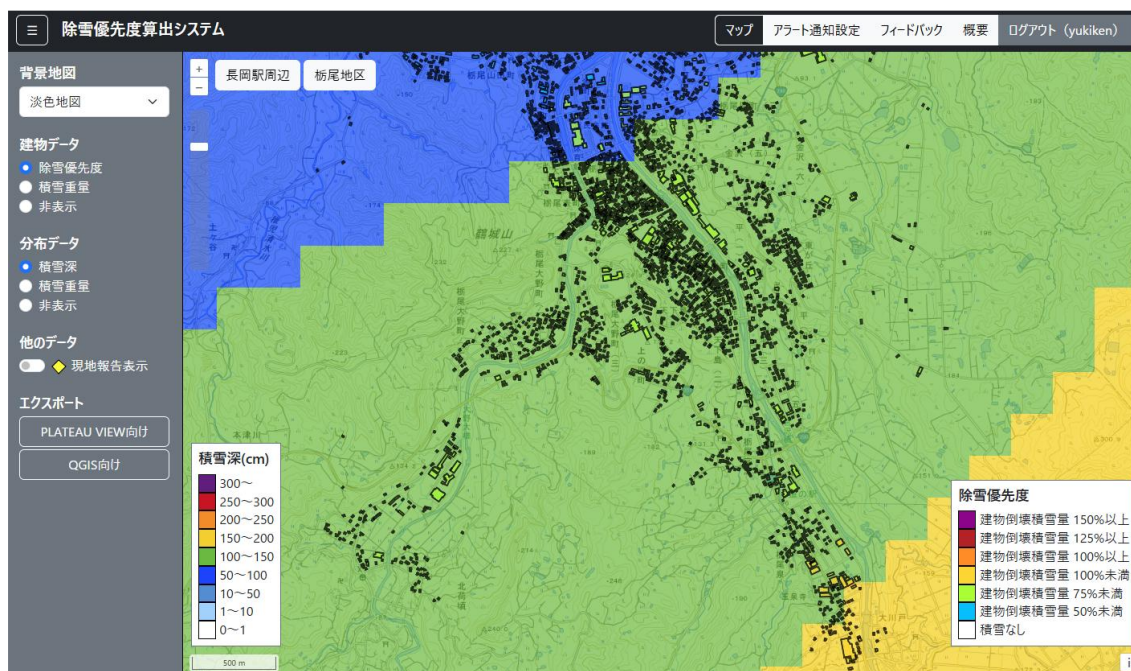


図 4-61 マップの表示 (除雪優先度算出システム)

- 被災現場支援ツール

- 1) 被災現場準備

- 被災地域エリア（実証エリア）の3D都市モデルを取得する

- 2) データ取込

- 3D都市モデルのデータ変換及びマーカー情報を用意し、被災現場支援ツールへ事前に取り込む

- 3) 被災現場入り

- 被災現場支援ツールを導入した端末を携行し、被災現場（実証現場）入り

- 4) 3D都市モデル重畳

- AR技術を用いて3D都市モデルや除雪優先度等の情報を現実の映像に重畳して表示する



図 4-62 3D 都市モデル重畳（被災現場支援ツール）

- 5) 状況記録

- 被害状況を記録したい建物や箇所を選択し、音声入力により被害状況などの記録を行う

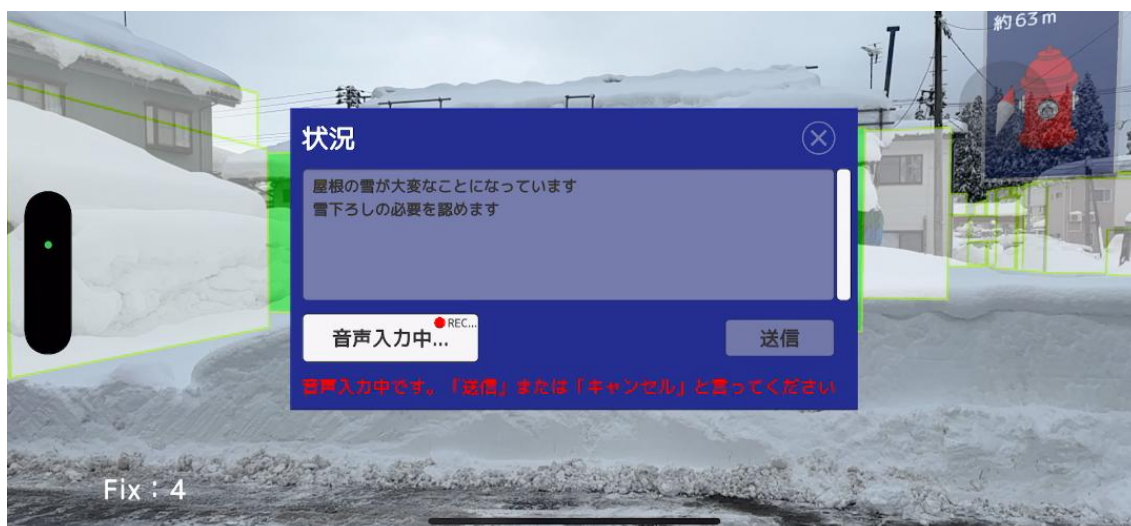


図 4-63 3D 都市モデル重畳（被災現場支援ツール）

6) 対応検討

- 被災現場支援ツールからのリアルタイム情報共有により、対応を検討する

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	非機能項目	要件詳細
性能	NR001	除雪優先度算出の速度	● リアルタイムの気象データが公開されてから 1 時間以内をめどに除雪優先度が可視化できること
	NR002	3D 都市モデルへのリアルタイム重畳表示の速度	● 被災現場支援ツールを操作してから除雪優先度を 3D 都市モデルに重畳して表示するまで 180 秒以内であること
可用性	NR003	除雪優先度算出システムの安定動作時間	● 実証実験の試用時間である 1 時間まで安定動作時間を確保すること
	NR004	被災現場支援ツール安定動作時間	● 実証実験の試用時間である 1 時間まで安定動作時間を確保すること
拡張性	NR005	対象地域の変更	● 被災現場支援ツールにおいて、対象地域を変更し、複数地域で利用できること ※ 対象地域の変更には、3D 都市モデル及びマーカ情報の差し替えとアプリケーションの再ビルドが必要となる。アプリケーションの再ビルドは、原則として被災現場支援ツールを保有するベンダーが実施することを前提とする。
	NR006	インフラの拡張性	● システムが稼働するサーバーのスペックを必要に応じて変更できること
保守性	NR007	建物形状データの生成手順の再現	● 3D 都市モデルデータから建物形状データを生成する手順の資料を基に再現が可能であること
	NR008	利用者の特定	● 障害発生時の調査などのため利用者を特定できること

1) 【NR001】 除雪優先度算出の速度

- 要件詳細
 - リアルタイムの気象データが公開されてから 1 時間以内をめどに除雪優先度が可視化できること
- 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 【SW003】 除雪優先度算出ソフトウェア
- 設定理由
 - リアルタイムの気象データが公開されてから除雪優先度が可視化できるまでの時間を短くすることで情報の鮮度を確保するため

- 評価方法
 - 気象データの入手から除雪優先度算出までの時間を計測する

- 2) 【NR002】 3D 都市モデルへのリアルタイム重畳表示の速度
 - 要件詳細
 - 被災現場支援ツールを操作してから除雪優先度を 3D 都市モデルに重畳して表示するまで 180 秒以内であること
 - 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 【SW005】 被災現場支援ソフトウェア
 - 設定理由
 - 被災現場において被災現場支援ツールを使用した状況把握や現地状況の情報登録を開始できるまでの時間を把握し、有用性を検証するため
 - 評価方法
 - 被災現場支援ツールで重畳表示される 3D モデルの描画を動画で保存し表示までの時間を計測する

- 3) 【NR003】 除雪優先度算出システムの安定動作時間
 - 要件詳細
 - 実証実験の試用時間である 1 時間まで安定動作時間を確保すること
 - 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 【SW003】 除雪優先度算出ソフトウェア、【SW004】 除雪優先度表示ソフトウェア
 - 設定理由
 - 実証実験の試用時間を参考として、障害等がなく稼働できる時間を把握するため
 - 評価方法
 - 実証実験の際の試用時間中に除雪優先度算出システムが不具合等によって停止した時間を確認して評価する

- 4) 【NR004】 被災現場支援ツール安定動作時間
 - 要件詳細
 - 実証実験の試用時間である 1 時間まで安定動作時間を確保すること
 - 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 【SW005】 被災現場支援ソフトウェア
 - 設定理由
 - 実証実験の試用時間を参考として、障害等がなく稼働できる時間を把握するため
 - 評価方法
 - 実証実験の際の試用時間中に被災現場支援ツールが不具合等によって停止した時間を確認して評価する

5) 【NR005】対象地域の変更

- 要件詳細
 - 被災現場支援ツールにおいて、対象地域を変更し、複数地域で利用できること
- ※ 対象地域の変更には、3D 都市モデル及びマーカー情報の差し替えとアプリケーションの再ビルドが必要となる。アプリケーションの再ビルドは、原則として被災現場支援ツールを保有するベンダーが実施することを前提とする
- 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 【SW005】被災現場支援ソフトウェア
- 設定理由
 - 被災現場支援ツールの拡張性の観点で機能を確認するため
- 評価方法
 - 対象地域の変更に対応していることを確認する

6) 【NR006】インフラの拡張性

- 要件詳細
 - ※ システムが稼働するサーバーのスペックを必要に応じて変更できること
- 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 【SW003】除雪優先度算出ソフトウェア、【SW004】除雪優先度表示ソフトウェア
- 設定理由
 - 除雪優先度算出システムの拡張性の観点でサーバースペックを拡張可能であることを確認するため
- 評価方法
 - 対象地域の変更に対応していることを確認する

7) 【NR007】建物形状データの生成手順の再現

- 要件詳細
 - 3D 都市モデルデータから建物形状データを生成する手順の資料を基に再現が可能であること
- 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 技術資料
- 設定理由
 - 除雪優先度算出システム及び被災現場支援ツールの保守性の観点で、システムやツールが使用する建物形状データの作成方法に関する技術資料が整備されていることを確認するため
- 評価方法
 - 技術資料を基に、除雪優先度算出システムや被災現場支援ツールで使用する建物形状データの作成が再現可能であることを確認する

8) 【NR008】利用者の特定

- 要件詳細
 - 障害発生時の調査などのため利用者を特定できること

- 本非機能要件の対象となるソフトウェア
 - 【SW004】 除雪優先度表示ソフトウェア
- 設定理由
 - 除雪優先度算出システムの保守性の観点で、障害発生時の調査などのため利用者を特定する手段を確保するため
- 評価方法
 - ログ等の記録からシステムの利用者を特定できることを確認する

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

対象システム	試験項目	確認内容	試験期間	アクティビティ
除雪優先度算出システム	システム機能 FN001、 FN003～FN017、 FN101～FN102、 FN201～FN213	「4-2-3. 開発機能の詳細要件」 に記載の入出力項目との一致	2025年8月～12月	※ 単体テスト 及び結合テ ストによる 検証
被災現場支援 ツール	システム機能 FN301、FN302、 FN303、FN304、 FN305、FN306、 FN307	「4-2-3. 開発機能の詳細要件」 に記載の入出力項目との一致	2025年8月～12月	※ 単体テスト 及び結合テ 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

対象システム	試験項目	確認内容	試験期間	アクティビティ
除雪優先度算出システム	非機能要件 NR001、NR003、 NR006、NR008、	「5-1 社会実装に向けた非機能要件」に記載の評価方法を実施	2025年11月～ 2026年2月	※ 運用テストによる検証
被災現場支援ツール	非機能要件 NR002、NR004 NR005、NR007	「5-1 社会実装に向けた非機能要件」に記載の評価方法を実施	2025年11月～ 2026年2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. 積雪荷重リスク算定機能の検証

7-1-1. 検証目的

- 気象データ等を基にリアルタイムの 250m 格子の積雪重量 (kg/m²) データを作成し、3D 都市モデルと重ね合わせて推定した建物毎の積雪重量と、実装エリア（長岡市）で観測した積雪重量の真値を比較することにより、積雪重量推定値の精度を検証することを目的とする。実際の屋根上の積雪量に近い積雪重量の推定値を提供することにより、適切かつ効率的な除雪計画の策定や除雪作業の実施を実現する。

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	真値との誤差率	20% 以内 (※)	● 除雪優先度の算出には建物毎の積雪重量が必要であり、除雪優先度判定の精度に影響するため	● 実証エリア（長岡市）で観測した積雪重量と除雪優先度算出システムで算出される積雪重量の差や比を精度として評価する ● 協力者へのヒアリングにより、どの程度の誤差であれば許容できるかを把握する

※ 目標値は気象観測点が存在する都市近郊を想定して設定する。気象観測地点がない山岳部では誤差率が大きくなる。

$$\text{誤差率}[\%] = \frac{|\text{推定値} - \text{積雪重量観測値}|}{\text{積雪重量観測値}} \times 100$$

7-1-3. 検証方法と検証シナリオ

1) 真値との誤差率

実証エリアで計測した積雪重量を真値とし、気象データ等を基に推定した積雪重量と真値との差を真値で除した値を誤差率とする

分母：実証エリアで計測した積雪重量（真値）

分子：実証エリアで計測した積雪重量（真値）と気象データ等を基に推定した積雪重量（推定値）の差の絶対値

$$\text{真値との誤差率[\%]} = \frac{|\text{真値}-\text{推定値}|}{\text{真値}} \times 100$$

表 7-2 検証シナリオ一覧（真値との誤差率）

No.	検証方法	エリア	対象データ
a-1	真値との誤差率	長岡市	<ul style="list-style-type: none"> ● 実証エリアで計測した積雪重量 ● 気象データ等を基に推定した積雪重量（推定値）

2) 真値の観測方法

真値の確認は、観測機器による 10 分間隔での自動計測と、観測者による月 1 回の現地測定を行う。

< 観測機器 >

- 観測機器は、小型重量計、積雪深計を用いる
- 観測地点の状況把握を目的としてカメラを設置する
- 観測機器はバッテリー一体型のソーラーパネルから給電を行う
 - 観測項目と観測方法
 - ◇ 積雪重量：小型積雪重量計（MN） 10 分間隔で積雪重量（電圧値）を取得
 - ◇ 積雪深計：積雪計（SDTH） 10 分間隔で積雪深（デジタル値）を取得
 - ◇ 現地状況：カメラ（トレイルカメラ） 10 分間隔で画像を取得

<観測機器設置イメージ>

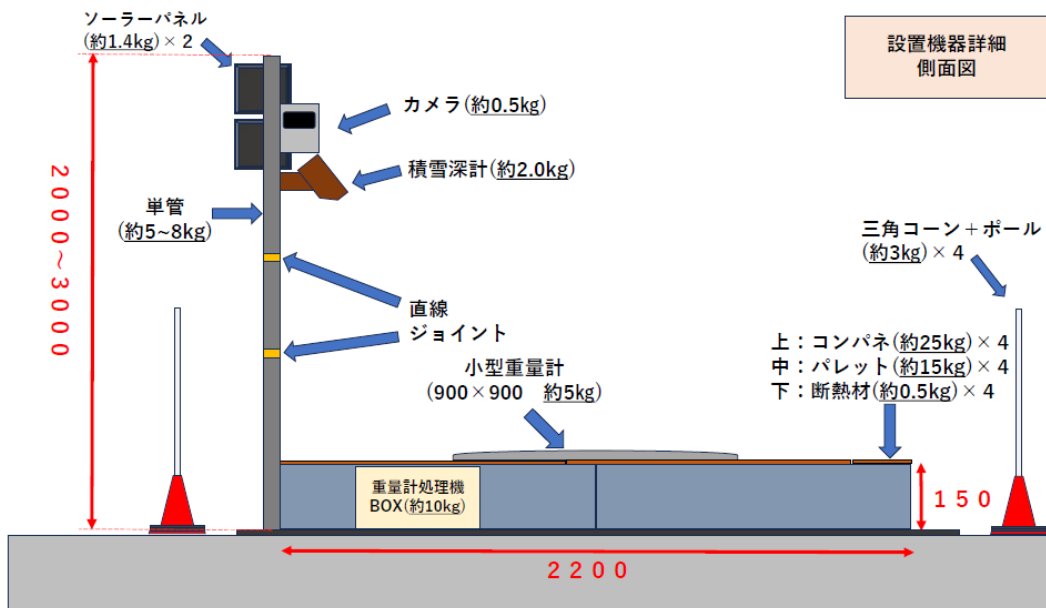


図 7-1 観測機器設置イメージ (側面図)

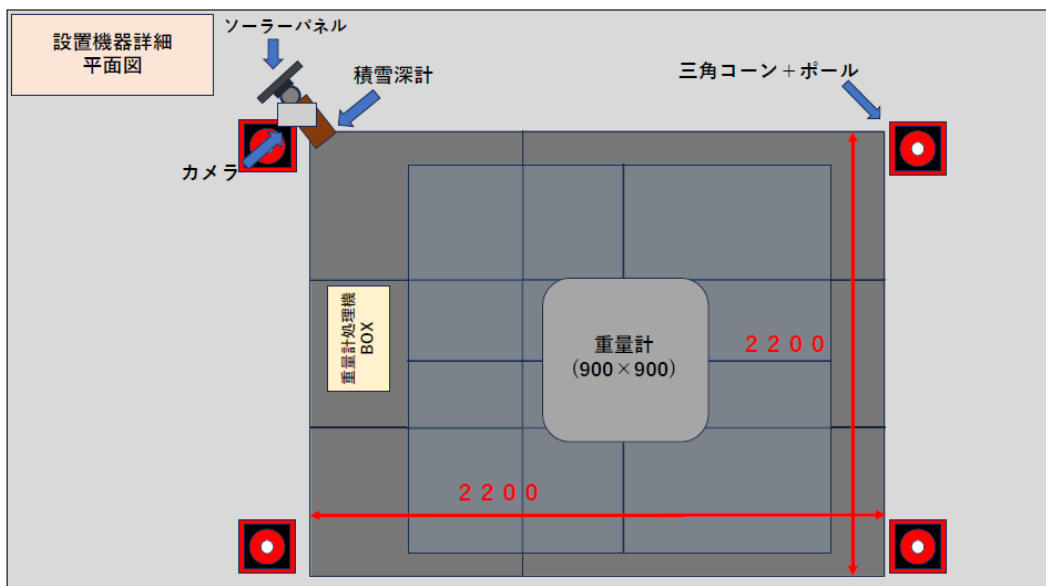


図 7-2 観測機器設置イメージ (平面図)

<観測者による測定>

観測者による測定は、観測機器を設置した場所において、月2回（15日に1回程度）行う。

測定方法は、スノーサンプラーによる雪の採取後、採取した雪の電子天秤による重量の測定及び、雪採取場所の目視による積雪深測定を行う。

● 測定項目と測定方法

- 積雪深 ……雪を採取した場所でメジャーによる積雪深の測定 (cm)
- 全層重量 ……採取した雪の全層重量 (g)

- 平均密度 ……測定した雪の情報と、スノーサンプラーの断面積より算出 (g/cm³)
- 積雪重量 ……測定した雪の情報より算出 (g/cm²)

<観測者による積雪断面観測イメージ>



図 7-3 積雪断面観測イメージ (スノーサンプラーによる雪の採取)



図 7-4 積雪断面観測イメージ (積雪深の観測)

観測地点

長岡市中心部エリア（大手通庁舎）の観測場所



図 7-5 観測場所位置図（長岡市中心部エリア、大手通庁舎）



図 7-6 観測場所位置図（長岡市中心部エリア、大手通庁舎、拡大）

長岡市中心部エリア（大手通庁舎）の観測機器設置イメージ

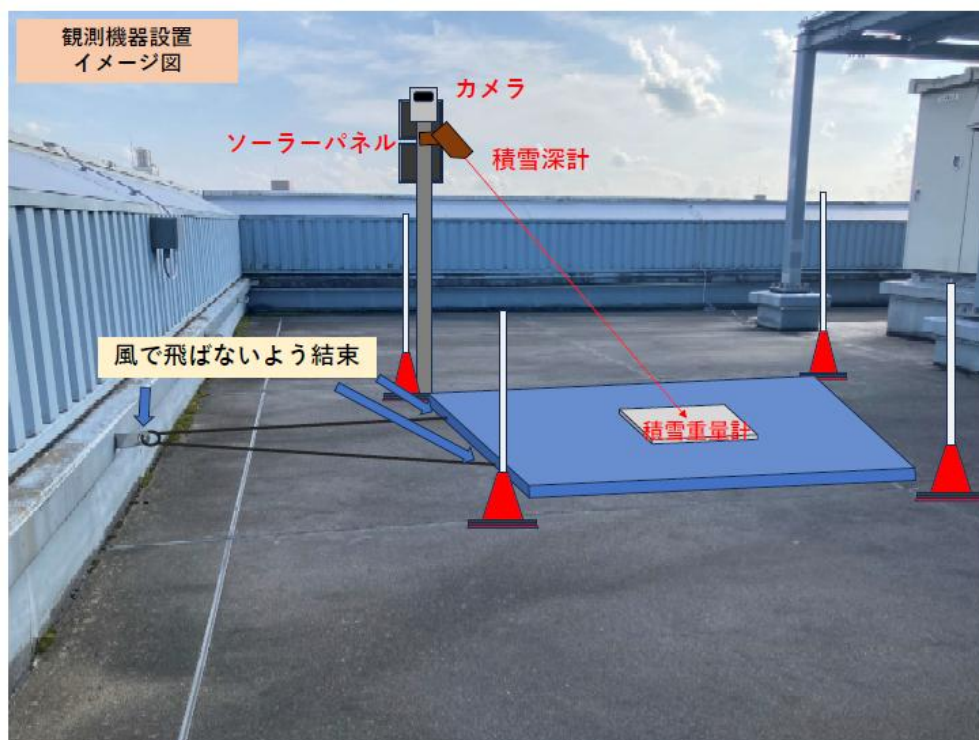


図 7-7 観測機器設置イメージ（長岡市中心部エリア、大手通庁舎）

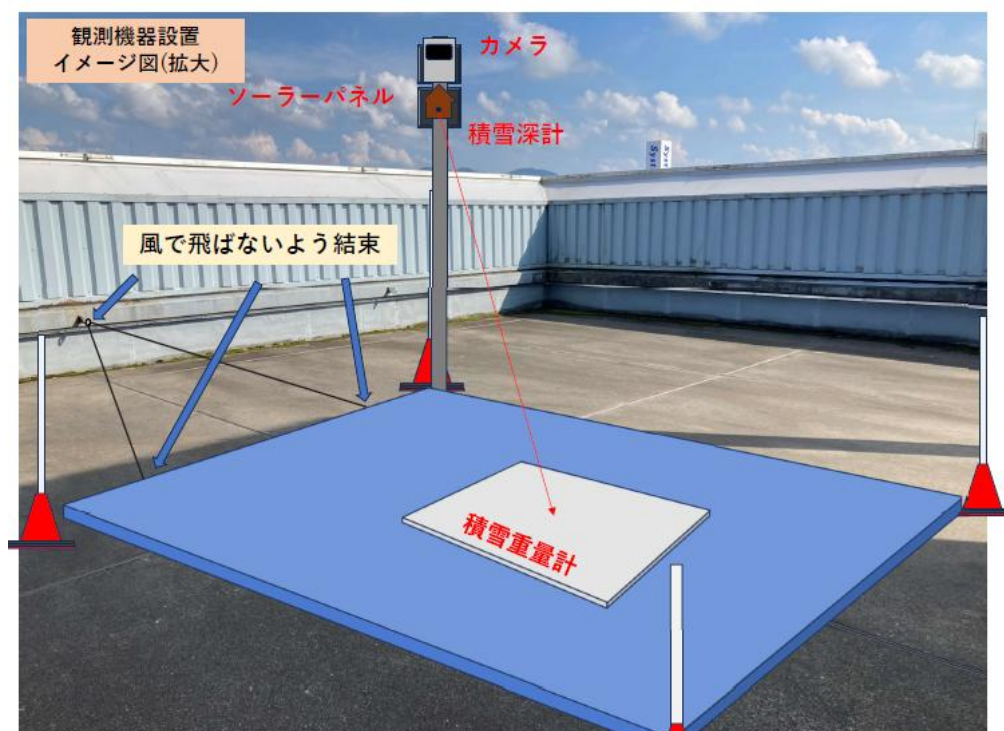


図 7-8 観測機器設置イメージ（長岡市中心部エリア、大手通庁舎、拡大）

長岡市栃尾エリア（長岡市栃尾支所）の観測場所



図 7-9 観測場所位置図（長岡市栃尾エリア、長岡市栃尾支所）

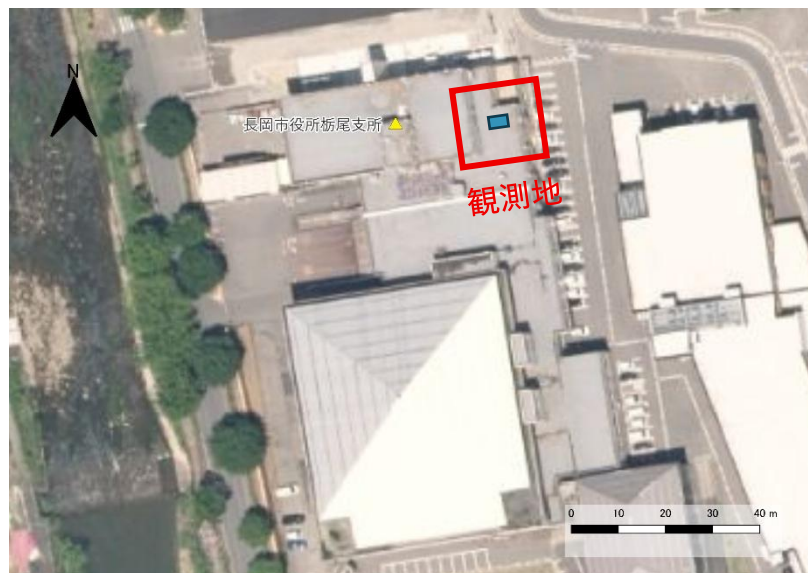


図 7-10 観測場所位置図（長岡市栃尾エリア、長岡市栃尾支所、拡大）

長岡市栃尾エリア（長岡市栃尾支所）の観測機器設置イメージ

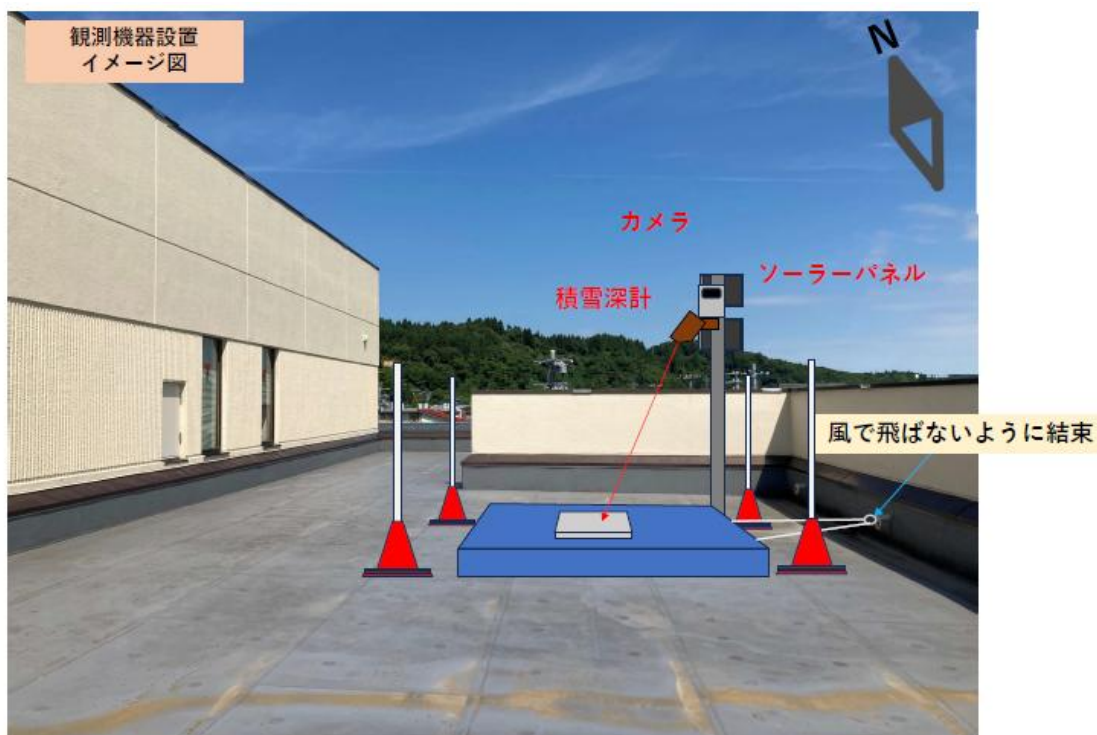


図 7-11 観測機器設置イメージ（長岡市栃尾エリア、長岡市栃尾支所）



図 7-12 観測機器設置イメージ（長岡市栃尾エリア、長岡市栃尾支所）

7-1-4. 検証結果

屋根上で観測した積雪重量を真値として、積雪重量の推定値の誤差率を整理した。目標としていた 20%よりも誤差率が高い結果となった。12/31～1/10 までの期間は観測値と推定値に大きな差は無いが、1/10～1/20 にかけて積雪が減少する期間や、1/20～1/25 にかけて積雪が急増する期間で誤差が増加した。1/10～1/20 の期間で生じた誤差については、積雪重量の計算に用いた積雪変質モデル（SNOWPACK）で屋根面からの熱が考慮できていないため、この熱による積雪重量の減少が推定誤差の原因だと考えられる。1/20～1/25 の期間については、積雪深の増加に伴い誤差も増加していることから、質量増加の計算部分で誤差が生じていると考えられる。この誤差が生じた要因としては、建物上で生じる吹きだまりが考慮できていない点や、入力に用いた気象データの誤差や空間内挿の精度、SNOWPACK の計算の設定等が挙げられる。

表 7-3 検証結果サマリー

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※	
積雪重量の誤差率	真値との誤差率	20%以内	長岡市中心部エリア	34%	<ul style="list-style-type: none"> ● 屋根面からの融雪や吹きだまり等の建物特有の状況の考慮が必要 ● 入力とする気象データに誤差がある場合に精度が低下する ● 空間内挿の精度や SNOWPACK の設定等について改良が必要
			長岡市栃尾エリア	48%	

※観測期間（2025 年 12 月 1 日～2026 年 2 月 3 日）で積雪重量が最も大きい 2 月 3 日の積雪重量で評価

a. 積雪重量の誤差率

評価指標：真値との誤差率=30~40% (KPI の 20%以内を達成できず)

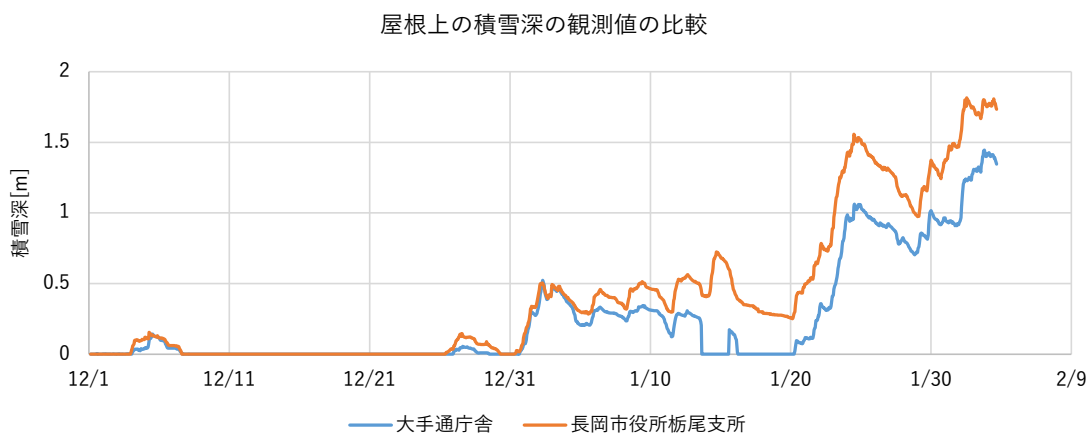


図 7-13 観測値と推定値の比較 (積雪深)

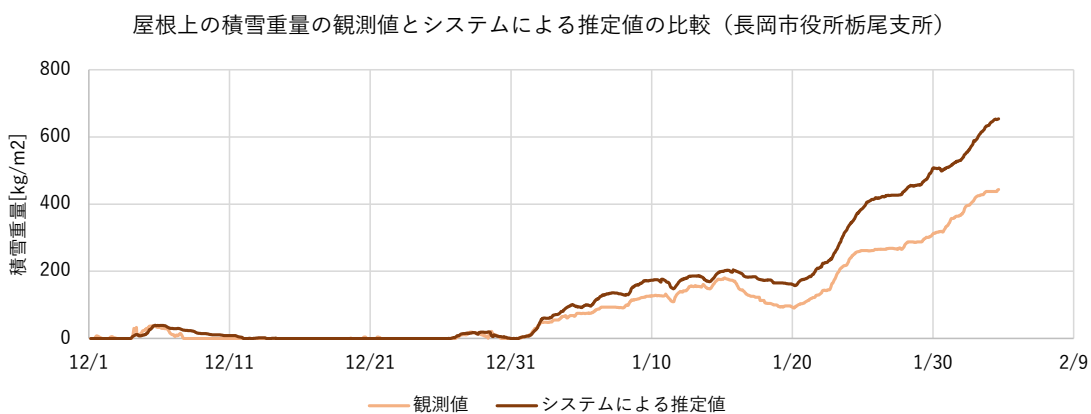


図 7-14 観測値と推定値の比較 (積雪重量)



図 7-15 真値との誤差（積雪重量）

7-2. 3D 都市モデル重畳機能の検証

7-2-1. 検証目的

- 本機能は、豪雪や震災等により現地で建物を直接確認できない被災現場において、一般的なスマートフォンのカメラを用い、現場に向けた際に 3D 都市モデル等の情報を AR（拡張現実）として表示する機能を提供する。
- 本検証では、3D 都市モデルの表示と現場位置との重畳精度として「誤差 1m 未満」を目標とし、その実現性を評価する。これにより、救助活動や安全確保を支援するための建物の正確な位置把握が可能かを検証する。

7-2-2. KPI

表 7-4 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	実際の建物の位置と 3D 都市モデルへのリアルタイム重畳表示における建物の位置	1m 未満	<ul style="list-style-type: none"> ● 実際の建物と 3D 都市モデルの重畳精度を現場作業に耐えうるものとするため、CLAS（センチメートル級測位補強サービス）に対応した GNSS レシーバーを用いることにより、SLAS（サブメートル級測位補強サービス）を上回る誤差 1m 未満の精度を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> ● 実際の建物と AR デバイスで重畳した 3D 都市モデルをスクリーンキャプチャし比較

7-2-3. 検証方法と検証シナリオ

1) 実際の建物と重畳した 3D 都市モデルの誤差

実際の建物から、重畳表示した 3D 都市モデルまで巻尺で計測し、その際、巻尺が画面に収まった状態でスクリーンキャプチャを撮り、建物位置の誤差を確認する

表 7-5 検証シナリオ一覧（実際の建物と重畳した建物の誤差）

No.	検証方法	エリア	対象データ
a-1	実際の建物と重畳表示した 3D 都市モデルの位置の誤差を巻尺で実測	札幌市清田区エリア	スクリーンキャプチャ
a-2		新潟県長岡市エリア (アーケードあり/なし)	

2) スクリーンキャプチャと PLATEAU VIEW の誤差

キャプチャを取得した位置（緯度経度）を PLATEAU VIEW で開いて建物位置の誤差を確認する

表 7-6 検証シナリオ一覧（スクリーンキャプチャと PLATEAU VIEW の誤差）

No.	検証方法	エリア	対象データ
b-1	スクリーンキャプチャ	札幌市清田区エリア	スクリーンキャプチャ
b-2	スクリーンキャプチャと PLATEAU VIEW の誤差	新潟県長岡市エリア	

7-2-4. 検証結果

1) 実際の建物と重畳した 3D モデルの誤差

● 検証結果まとめ

目標値である「1m 未満の誤差」を概ね満たしていることを確認した。AR による重畳表示においても、実際の建物と 3D 都市モデルが同一の建物であると目視で判別できる精度が確保されていた。

一方で、立地条件や周辺建物の影響により、SLAS（サブメータ級測位補強サービス）以下の精度で位置情報が取得されるケースが発生した。このような環境下では精密測位が困難となり、その影響で 1m 以上の位置ずれが生じ、3D 都市モデルが本来の位置から離れて表示される建物も一部で確認された。

表 7-7 検証結果サマリー

黄セル：KPI 達成

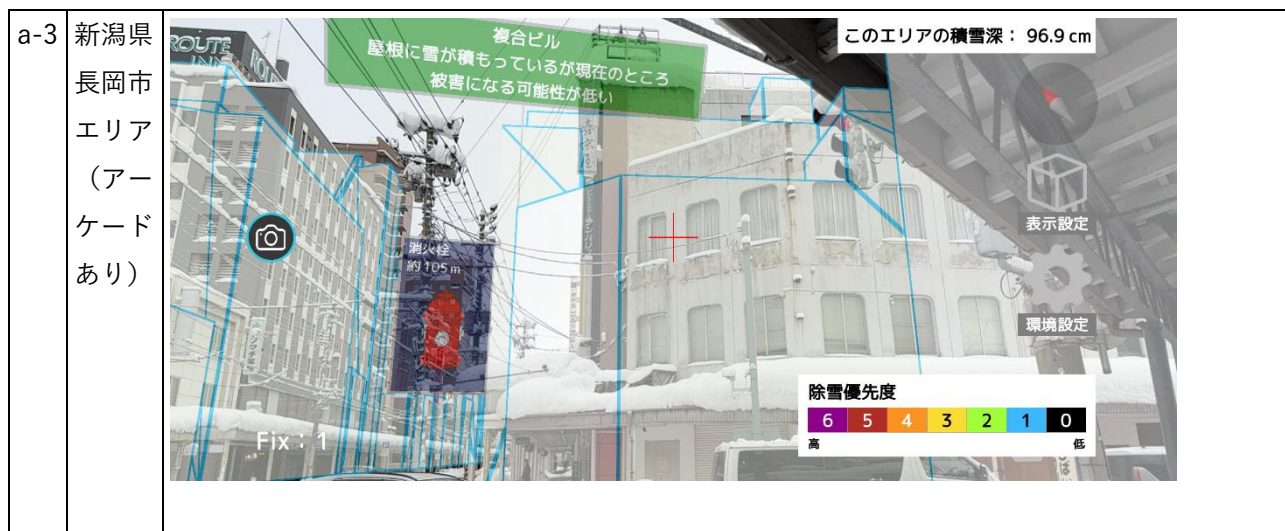
青セル：KPI 未達

検証内容	評価指標・KPI	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
実際の建物と AR デバイスで重畳した 3D 都市モデルをスクリーンキャプチャし比較	実際の建物の位置と 3D 都市モデルへのリアルタイム重畳表示における建物の位置	1m 未満	札幌市清田区エリア	私有地に入ることができず、巻尺は撮影できなかった	● 目標とした位置精度に関して概ね良好な結果が得られ、AR 重畳表示においても実用上支障のない表示状態が確認された
			新潟県長岡市エリア（アーケードなし）	17cm	
			新潟県長岡市エリア（アーケードあり）	精密測位不可（目視で 1m 以上の位置ずれを確認）	● アーケードにより、GNSS 電波の受信が阻害され、位置情報を正常に取得できないことで、大幅な位置ずれが生じたため、精密測位が

					<p>困難であった</p> <ul style="list-style-type: none"> ● アーケード等の障害物により、位置情報が取得しづらい場所では SLAS 以下の精度で位置情報が取得される場合があるため、利用環境に応じた運用上の配慮が重要と考えられる
--	--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 7-8 検証結果一覧

No.	エリア	スクリーンキャプチャ
a-1	札幌市 清田区 エリア	<p>※清田区では私有地に入る事ができず巻尺は撮影できなかった</p>
a-2	新潟県 長岡市 エリア (アーケードなし)	



2)スクリーンキャプチャと PLATEAU VIEW の誤差

● 検証結果まとめ

被災現場支援ツールで取得した緯度・経度情報を PLATEAU VIEW に取り込み表示したところ、両者の位置情報に大きな差異は確認されなかった。なお、被災現場支援ツールには現在位置を表示する機能が備わっていないため、GNSS レシーバーの設定画面を参照し、ツール上の現在位置を特定した。また、PLATEAU VIEW では、取得した緯度・経度情報を My データとして取り込み、地図上で可視化を行った。

表 7-9 検証結果サマリー

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

検証内容	場所	目標値	結果	示唆
スクリーンキャプチャと PLATEAU VIEW の誤差	長岡市中心部エリア (LOD2) ⑦一般住宅 (LOD2) の横にある消雪操作盤の前	位置情報に顕著な差異がないこと	○	● 現場支援ツールにおける重畳位置と、PLATEAU VIEW に表示される位置関係について、顕著な差異は認められなかった
	長岡市中心部エリア (LOD2) ⑦一般住宅 (LOD2) の左端		○	

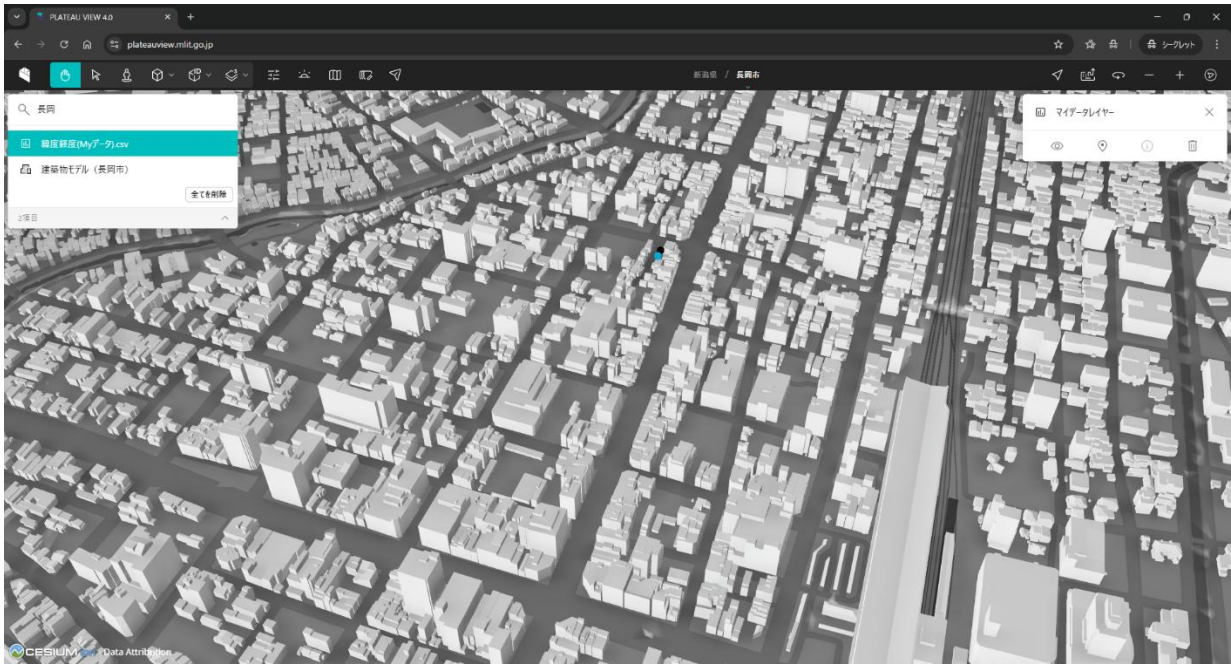


図 7-13 緯度・経度情報を PLATEAU VIEW で表示 (長岡市エリア ズームアウト)

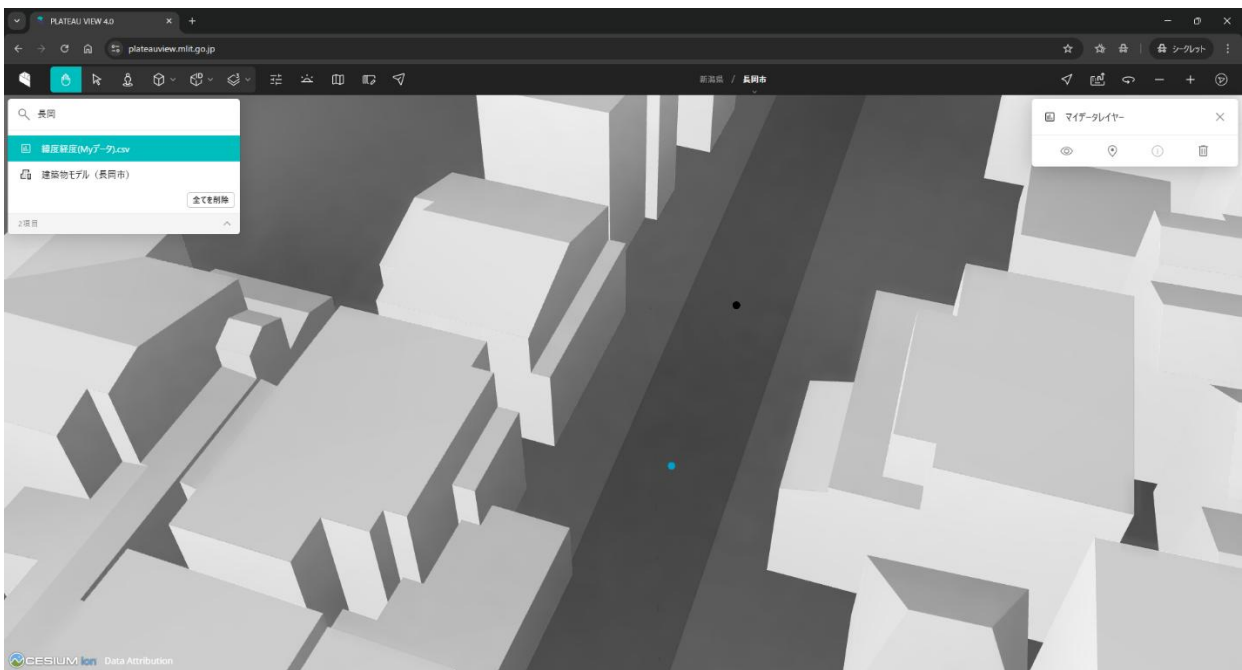

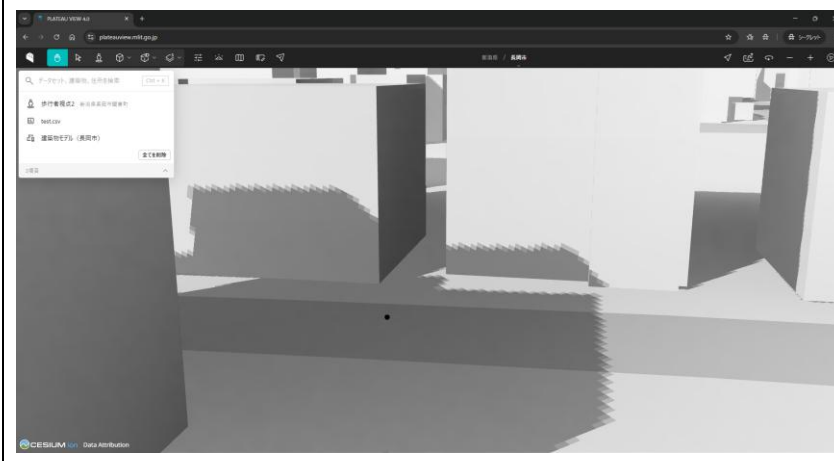
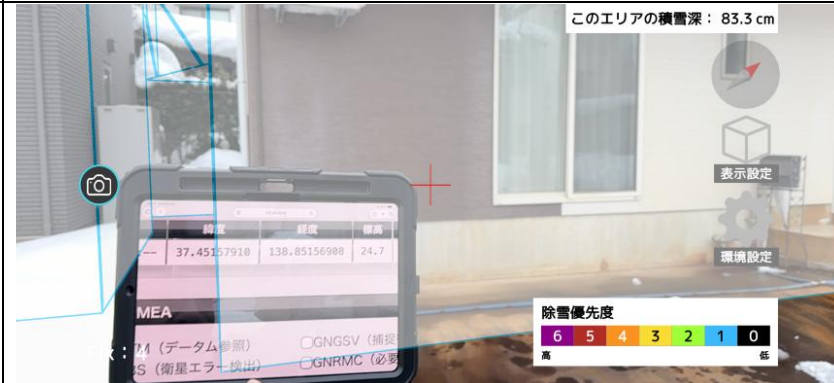
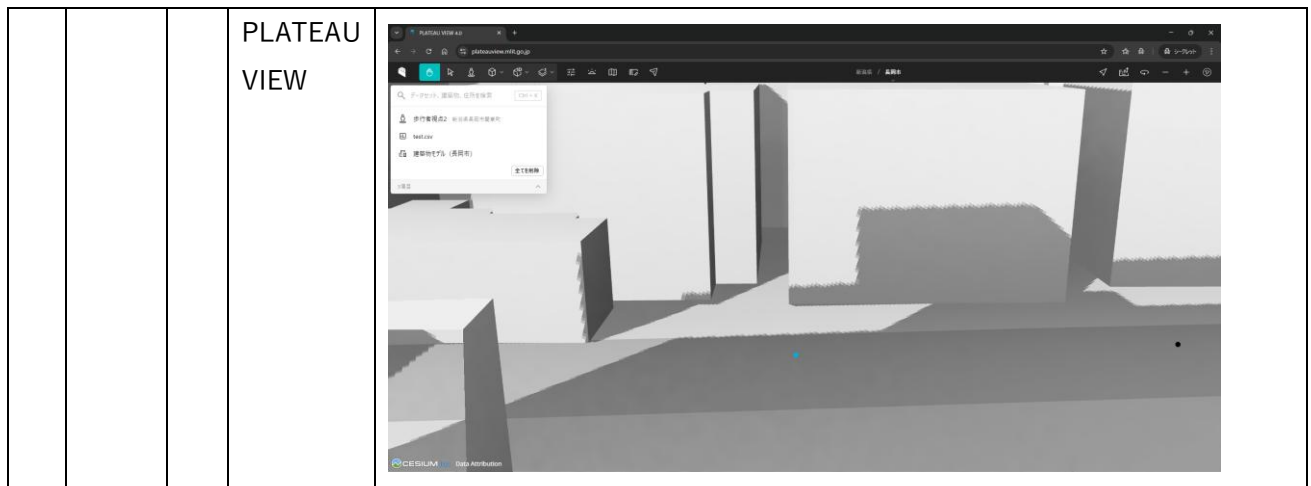


図 7-14 緯度・経度情報を PLATEAU VIEW で表示 (長岡市エリア ズームイン)

表 7-9 検証結果一覧

No.	エリア	比較	スクリーンキャプチャ
a-2	新潟県 長岡市 エリア	①	キャプチャ 
		PLATEAU VIEW	
		②	キャプチャ 



7-3. 3D 都市モデル一部取込機能の検証

7-3-1. 検証目的

- 現場での表示速度を高めるために、3D 都市モデルのデータから必要な部分だけを事前に取り込む機能を提供する。
- 3D 都市モデルのダウンロードを省くことで時間を短縮し、ユーザーが選択したエリアの建物情報やマーカー情報を効率的に表示することを目的とする。本検証では、選択したエリアの建物情報及びマーカー情報の読み込み速度の目標を「180 秒以内」に設定して、その実現性を評価する。

7-3-2. KPI

表 7-10 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	選択したエリアの建物情報及びマーカー情報の読み込み・表示速度	180 秒以内	● システム上の制約を踏まえつつ、現場作業の効率向上や快適なユーザー体験の提供に十分な時間と考えるため	● エリアを選択後から読み込まれて表示されるまでの時間を計測

7-3-3. 検証方法と検証シナリオ

1) 選択エリアの建物情報及びマーカー情報の読み込み・表示速度の計測

- エリア選択、位置合わせが完了後から、3D モデル（建物情報）、マーカー情報、除雪優先度情報、積雪深情報を読み込み表示されるまでをストップウォッチで計測する。その際、ストップウォッチが画面に収まった状態で動画を撮り、所要時間を確認する

表 7-11 検証シナリオ一覧（選択エリアの建物情報及びマーカー情報の読み込み・表示速度の計測）

No.	検証方法	エリア	対象データ
a-1	対象データの読み込みから表示までの所要時間をストップウォッチで実測	新潟県長岡市エリア	3D モデル（建物情報）、マーカー情報、除雪優先度情報、積雪深情報

7-3-4. 検証結果

● 検証結果まとめ

被災現場支援ツールでエリア選択後、位置調整画面において設定を完了した時点からモデル表示までの時間を実測した結果、目標値である 180 秒を大幅に下回り、約 9 秒でモデルを表示することができた。計測場所は、建物が密集している LOD2 区域内の「③河井継之助記念館」裏手で実施した。

なお、モデルをオンライン経由でダウンロードする方式では、災害時や通信状況が不安定な地域において読み込み時間が増加する可能性が高い。そのため、今回の検証により、事前にモデルデータ及びマーカー情報を端末へ取り込んでおく手法が有効であることが確認できた。

表 7-12 検証結果サマリー

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※	
エリアを選択後から読み込まれて表示されるまでの時間を計測	選択したエリアの建物情報及びマーカー情報の読み込み・表示速度	180 秒以内	新潟県長岡市エリア	9 秒	<ul style="list-style-type: none"> ● 本検証において、モデル表示までの時間は目標値を十分に下回る結果が得られ、実運用を想定した条件下においても即応性を確保できる可能性が示された ● 通信環境の影響を受けやすい状況を考慮すると、モデルデータ及び関連情報を事前に端末へ取り込む構成は、表示遅延の抑制及び運用安定性の観点から有効な選択肢の一つになり得ると考えられる

表 7-12 検証結果一覧

No.	エリア	スクリーンキャプチャ
a-1	新潟 県長 岡市 エリア	

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 非機能要件の一覧

カテゴリ	ID	非機能項目	要件詳細
性能	NR001	除雪優先度算出の速度	● リアルタイムの気象データが公開されてから1時間以内をめどに除雪優先度が可視化できること
	NR002	3D都市モデルへのリアルタイム重畳表示の速度	● 被災現場支援ツールを操作してから除雪優先度を3D都市モデルに重畳して表示するまで180秒以内であること
可用性	NR003	除雪優先度算出システムの安定動作時間	● 実証実験の試用時間である1時間まで安定動作時間を確保すること
	NR004	被災現場支援ツール安定動作時間	● 実証実験の試用時間である1時間まで安定動作時間を確保すること
拡張性	NR005	対象地域の変更	● 被災現場支援ツールにおいて、対象地域を変更し、複数地域で利用できること ※ 対象地域の変更には、3D都市モデル及びマーカー情報の差し替えとアプリケーションの再ビルドが必要となる。アプリケーションの再ビルドは、原則として被災現場支援ツールを保有するベンダーが実施することを前提とする
	NR006	インフラの	● システムが稼働するサーバーのスペックを必

		拡張性	要に応じて変更できること
保守性	NR007	建物形状データの生成手順の再現	● 3D都市モデルデータから建物形状データを生成する手順の資料を基に再現が可能であること
	NR008	利用者の特定	● 障害発生時の調査などのため利用者を特定できること

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（除雪優先度算出システム）

試験項目	確認内容	試験期間	アクティビティ
非機能要件 NR001：除雪優先度算出の速度	● 気象データの公開から1時間以内をめぐりに除雪優先度を可視化できるか	2025年11月～2026年2月	● 運用テストによる検証
非機能要件 NR003：除雪優先度算出システムの安定動作時間	● 1時間まで安定動作するか	2025年11月～2026年2月	● 運用テストによる検証
非機能要件 NR006：インフラの拡張性	● サーバーのスペックを変更できること	2025年11月～2026年2月	● サーバー環境構築時の検証
非機能要件 NR008：利用者の特定	● 障害発生時の調査などのため利用者を特定できること	2025年11月～2026年2月	● 運用テストによる検証

表 8-3 非機能要件の検証方法（被災現場支援ツール）

試験項目	確認内容	試験期間	アクティビティ
非機能要件 NR002：3D都市モデルへのリアルタイム重畳表示の速度	● 被災現場支援ツールを操作して除雪優先度を重畳して表示するまで180秒以内か	2025年11月～2026年2月	● 運用テストによる検証
非機能要件 NR004：被災現場支援ツールの安定動作時間	● 1時間まで安定動作するか	2025年11月～2026年2月	● 運用テストによる検証
非機能要件 NR005：対象地域の変更	● 対象地域を変更でき、複数地域で利用できるか	2025年11月～2026年2月	● 運用テストによる検証

非機能要件 NR007：建築物形状データの生成手順の再現	● 作成した資料を基に再現が可能か	2025年11月～2026年2月	● 運用テストによる検証
------------------------------	-------------------	------------------	--------------

8-2-2. 検証結果

● 除雪優先度算出システム

実証実験を実施するにあたり、設定した KPI はすべて目標を達成することができ、実証実験は実施可能であると判断した

● 被災現場支援ツール

実証実験を実施するにあたり、設定した KPI はすべて目標を達成することができ、実証実験は実施可能であると判断した

表 8-4 検証結果サマリー（除雪優先度算出システム）

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
除雪優先度算出の速度	気象データの公開から除雪優先度が可視化されるまでの時間	1時間以内	20～30分	● 長岡市 (20MB/1h) の気象データの配信が正時後 10 分程度、データの受信から 20 分程度で可視化され、目標の半分程度の時間で可視化されることを確認した
安定動作時間	安定動作する時間	1時間	1時間以上	● 実証期間中 (12～1月) で不具合なく可動したことが確認され、目標を超えて安定稼働したことを確認した
インフラの拡張性	サーバーのスペックを変更できる	変更可能	○	● サーバーのスペック (CPU 数、RAM 容量、ストレージサイズ) を変更できることを確認した
利用者の特定	障害発生時の調査などのため利用者を特定できる	特定可能	○	● 除雪優先度算出システムの Web アクセスログにログイン ID が出力され、利用者を特定できることを確認した

表 8-5 検証結果サマリー（被災現場支援ツール）

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
重畳表示の速度	除雪優先度が重畳されるまでの時間	180 秒以内	約 9 秒	● 「7-3-4.検証結果」を参照
被災現場支援ツールの安定動作時間	安定動作する時間	1 時間	1 時間以上	● 安定して目標値を超える時間稼働した
建物形状データの生成手順の再現	作成した資料を基に再現が可能か	手順を再実施	可能	● 資料を基に再現が可能だった
被災現場における活動の効率化	紙地図を利用した場合に比べて活動時間が短縮される	ツールと紙地図の利用を比較しツール利用が紙地図と比較して短縮される	○	● 活動時間として、紙地図は平均 4 分程度のところ、ツールは平均 1 分程度だった

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。

除雪優先度算出システム

【除雪作業の最適化】

- 3D都市モデルと雪おろシグナルを組み合わせることで、個々の建物レベルでの積雪重量と除雪優先度を高精度で算出できる
 - 建物の3D情報（屋根形状）と気象データを組み合わせることで、従来の面的な積雪重量推定では把握できなかった建物毎の積雪重量を推定できる
 - 建物の属性情報（建築年）を加味した荷重耐性評価により、真にリスクの高い建物を特定できる
 - 開発システムによる除雪優先度の可視化により、除雪の人員配置の最適化が可能になる
 - システムの導入により、緊急性の低い雪下ろし作業が削減され、雪下ろし作業中の事故件数が低減する
- 優先度情報の関係者間で共有することによって、広域の除雪計画策定が可能になるなど、より効率的な除雪体制の構築が促進される

上記の検証目的に基づき、降雪時期における現地観測及び、現地の除雪関係者へのヒアリングを実施し、以下の観点について有用性の評価を行う。

【積雪重量、除雪優先度の推定精度】

1. 雪下ろしの担い手が判断する除雪優先度と算出した除雪優先度はマッチするか
2. 除雪が必要（又は不要）な建物を推定できているか

【積雪重量、除雪優先度の提供速度】

3. 情報の鮮度（気象情報の発表時刻から除雪優先度情報提供までのタイムラグ）は実用の範囲内か

【ユーザビリティ】

4. 操作方法は分かりやすいか
5. 画面表示は分かりやすいか
6. システムの動作は重くないか
7. データ出力までの作業時間は実用的な水準か

【情報の通知】

8. 通知のタイミング・内容は適切か

【除雪作業、除雪計画の最適化】

9. 本システムの実行結果が除雪計画を策定する上で有用か
10. 本システムの実行結果が除雪計画を策定する上で有用か
11. システムを利用することで除雪計画策定に要するコストが軽減するか
12. 除雪優先度の可視化によって除雪作業時の人員配置が最適化されるか

被災現場支援ツール

【被災現場での活動の迅速化】

- 大雪や震災などの災害発生時に、ARによる3D都市モデルの現実世界への重畳表示により被災前後の状況比較が容易となり、被災現場における被害状況把握の速度と精度を向上させる
 - 大雪や震災などの被災現場で把握した状況（被害状況や対応状況）について、被災現場から入力することが可能となることから、取りまとめ作業を行わずとも、被害の覚知をリアルタイムで共有することが可能となる
 - 地域に精通していない作業員でも、AR重畳システムにより、被災前の状態を迅速に把握できる
 - ARによる3D都市モデル重畳と状況情報の共有により、実動機関（消防、自衛隊等）や地方公共団体間の情報共有に要する時間が減少する
 - 積雪や瓦礫等により建物の視認性が悪化した状況下でも、AR重畳システムにより倒壊した建築物や隠れた構造物を可視化でき、救助活動の効率が向上する
- 年齢層や情報リテラシーの異なる現場作業員でも、直感的に操作できるインターフェースにより、多様な年齢層のユーザーでも操作が可能になる

上記の検証目的に基づき、技術的な検証及び地方公共団体職員に対する有用性アンケート並びにヒアリングを実施することによって、以下の観点について有用性の評価を行う。

【被災現場での可用性】

1. 実証対象の被災現場において利用可能か

【ユーザビリティ】

2. 操作方法はわかりやすく操作しやすいか
3. 画面表示はわかりやすく操作しやすいか
4. 重畳表示された3D都市モデルの形状から現地状況を把握できるか
5. 現地情報が対象建物との関連が分かる位置に表示されているか

【その他の地域やユースケースへの拡張性】

6. 実証対象以外の地域へ拡張可能か
7. 本ユースケースと異なる被災内容での活用ができるか

【運用保守性】

8. ツールの調達コストが低いか
9. ツールの教育コストが低いか
10. 保守、更新が容易か

【被災現場での有用性】

11. 大雪や震災などの被災現場での作業負荷（情報入力に要する時間など）がどの程度軽減されるか
12. 大雪や震災などの被災現場での対策検討（現地で得られる情報以外の関連情報の参照）がどの程度効率化されるか

9-2. 検証方法

● 除雪優先度算出システム

有用性の検証として、冬期間被験者（地方公共団体職員、地域共助団体）に本システムを試用してもらい、本システム活用による除雪計画や除雪作業の効率化への期待度や、使いやすさやわかりやすさ等に関するヒアリングを実施する。

（被験者の詳細については「9-3.被験者」において、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）

除雪計画担当者向けヒアリングの実施方法

- 実施場所：長岡市の一部地域
- 実施期間：積雪のある期間（11～2月）
- 準備：一般的なPC環境で閲覧可能なWebブラウザ

除雪作業担当者向けヒアリングの実施方法

- 実施場所：長岡市の一部地域
- 実施期間：積雪のある期間（12～2月）
- 準備：体験・デモ用に以下の機材を用意する
 - PC：除雪優先度表示システム閲覧用PC
 - スマートフォン：iPhone 16 Pro（3～5台）
 - GNSSレシーバー：Cohac[∞] Ten（3～5台）
 - 3Dデータ：検討地域の3Dデータ（除雪優先度を表示）

- 被災現場支援ツール

有用性の検証として、被験者（地方公共団体職員、消防職員）に本ツールを体験してもらい、本ツールの活用による被害把握の有効性や情報共有の迅速化の検証、及び本ツールの使いやすさやわかりやすさ等に関するヒアリングを実施する。また、地下街における地方公共団体ニーズや将来的な開発可能性、課題についてもヒアリングを行う。

（被験者の詳細については「9-3.被験者」において、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）

地方公共団体向けヒアリングの実施方法

- 実施場所：札幌市清田区
- 実施期間：8月
- 準備：体験、デモ用に以下のデータ・機材を用意する
 - PC：SIP4D-Xedge 閲覧用 PC（2台）
 - スマートフォン：iPhone 16 Pro（1台）
 - GNSS レシーバー：Cohac[∞] Ten（1台）
 - 3D データ：検討地域の 3D データ（建物の損壊状況を付与）

地方公共団体向けヒアリング（地下街での活用可能性について）の実施方法

- 実施場所：札幌市
- 実施期間：8月
- 準備：被験者が活用状況をイメージしやすくするために以下の準備を行う
 - 札幌市の実際の地下街を対象とするパース図を作成し、被験者に提示する
 - 調査者は、上記のパース図の対象場所を、事前に訪問し、火災時等における進入上の課題を把握した上で、インタビュー調査に臨む

消防職員向けヒアリングの実施方法

- 実施場所：長岡市
- 実施期間：12～2月
- 準備：体験、デモ用に以下のデータ・機材を用意する
 - PC：除雪優先度表示システム閲覧用 PC
 - スマートフォン：iPhone 16 Pro（3台）
 - GNSS レシーバー：Cohac[∞] Ten（3台）
 - 3D データ：検討地域の 3D データ（除雪優先度を表示）

9-3. 被験者

- 除雪優先度算出システム

本ユースケースでは、長岡市で除雪やその計画を行っている団体（地方公共団体、事業者、地域共助組織等）のうち、実際に除雪の作業や計画を行っている担当者をターゲットとする。

本実証実験では、これらのユーザーに該当する以下の方々に本システムの体験とヒアリングを行い、本システムの有用性を検証する。

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
事業者/ ユーザー	長岡市	地域振興戦略部	担当係長ほか	除雪ボランティア、克雪方針策定	1
		都市整備部都市政策課	担当係長ほか	施設管理	1
		消防本部警防課	課長補佐、担当係長	消防力の整備、現場活動の方針決定	2
	長岡市社会福祉協議会	栃尾支所	支所長	地域除雪ボランティア	1
	中越防災安全推進機構	地域防災力センター	コーディネーター	地域防災の指導	1

- 被災現場支援ツール

本ユースケースでは、被災現場で活動を行っている団体（地方公共団体、消防、自衛隊など）のうち、実際に災害対応を行っている担当者をターゲットとする。

本実証実験では、これらのユーザーに該当する以下の方々に本ツールの体験とヒアリングを行い、本システムの有用性を検証する。

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
事業者/ ユーザー	札幌市役所	危機管理局 危機管理部 危機管理課	防災計画担当係 長 ほか	災害対応に関する計画	5
	札幌市消防局	（札幌市危機管理課に出向）	企画担当係長、 避難支援担当係 長	危機管理体制、対応、 避難所支援等に関する 業務	2
	陸上自衛隊 北 部方面隊	第 11 旅団	地誌幹部 ほか	情報資料の収集分析	4

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

本ユースケースでは、札幌市での被災現場支援ツールの使用体験後のヒアリング、長岡市での除雪優先度算出システム及び被災現場支援ツールの使用体験後のヒアリングの計2回のヒアリングを実施する。

表 9-1 アジェンダ・タイムテーブル（札幌市：8月）

No.	アジェンダ	所要時間
1	実験の目的を説明	10分
2	作業手順の説明、操作のデモ（SIPで開発した被災現場支援ツール）	20分
3	移動	60分
4	操作の体験（SIPで開発した被災現場支援ツール）	40分
5	移動	60分
6	システム・ツールの有用性や操作感等についてのヒアリング	20分
7	システム・ツールの有用性や操作感等についてのアンケート回答	10分

表 9-2 アジェンダ・タイムテーブル（長岡市：1月）

No.	アジェンダ	所要時間
1	実験の目的を説明	10分
2	作業手順の説明（除雪優先度算出システム）	10分
3	作業手順の説明（本UCでカスタマイズした被災現場支援ツール）	10分
4	移動	5分
5	操作の体験（被災現場支援ツール）	30分
6	移動	5分
7	システム・ツールの有用性や操作感等についてのアンケート回答	10分
8	システム・ツールの有用性や操作感等についてのヒアリング	40分

9-4-2. アジェンダの詳細

本ユースケースでは、札幌市での被災現場支援ツールのヒアリング、長岡市での除雪優先度算出システム及び被災現場支援ツールのヒアリングの計2回のヒアリングを実施する。

表 9-3 アジェンダの詳細（札幌市：8月28日）

No	アジェンダ（再掲）	内容
1	実験の目的を説明	<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 ● 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
2	作業手順の説明、操作のデモ	<ul style="list-style-type: none"> ● 本実証実験の作業手順を説明 ● 被災現場支援ツールの使用方法の説明、デモ
3	移動	<ul style="list-style-type: none"> ● 被災現場として設定した地点へ移動
4	被害把握作業の比較実験	<ul style="list-style-type: none"> ● 札幌市役所の協力のもと、3D 都市モデルのリアルタイム重畳を用いた被害把握の有効性を検証。具体的な検証方法は以下を想定 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 対象エリア内（図 9-1）から 10 棟を選定し、「全壊」「半壊」「被害軽微」及びその他の付与状況（対象建物に設定した仮定の被害状況）を設定する ➢ 札幌市（札幌市消防局を含む）から 5 名 1 チームで合計 2 チームを発出していただき、1 チームは紙地図（A チーム）、1 チームは当該システムを持参して現場に向かう（B チーム）。このとき、両チームに計測員が同行する ➢ 現場に向かった両チームに対して、上記の付与状況が設定された建物の前に来たときに、計測員から付与状況を通知する ➢ 各チームに設定した手段で被害状況を記録する <ul style="list-style-type: none"> A チーム：現地でメモ書きを作成し、市役所に戻った後、Xedge（GIS をベースとする情報共有システム）に被害を入力する B チーム：現地において、3D 都市モデルのリアルタイム重畳システムに付与状況を入力し、自動的に Xedge に情報を共有する ➢ 一連の活動時間を計測員が計測する ➢ 上記の一連の作業に要する時間を計測することで、当該システムを用いた状況把握の効率性を定量的に把握する ➢ また、上記の検証は、実際には被災していない建物を対象に検証を行っていることから、建物が完全に倒壊した場合等の有効性に関して、実動機関の職員の意見をインタビュー調査により聴取する

5	移動	● ヒアリング会場へ移動
6	操作感のヒアリング	● 質疑応答及びヒアリングを実施
7	アンケート回答	● Google フォームでアンケート回答を依頼し、その場で回答（10分）、送信を依頼



図 9-1 札幌市実証の対象範囲

表 9-4 札幌市実証のスケジュール

No.	時期	実施内容
1	2025 年 6 月下旬	● 札幌市に対する計画説明
2	2025 年 6 月下旬	● 現地（清田区）における 3D 都市モデルのリアルタイム重畳システムの動作確認
3	2025 年 7 月下旬	● システム最終確認 ● 実証実験アジェンダの確定
4	2025 年 8 月 28 日	● 実証実験の実施 ● 札幌市役所（札幌市消防局を含む）へのインタビュー調査

表 9-5 アジェンダの詳細（長岡市：1月29日）

No.	アジェンダ（再掲）	内容
1	実験の目的や背景を説明	<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 ● 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・ツールの提供価値 ● システム・ツールの全体像の説明
2	除雪優先度算出システムについての紹介、説明	<ul style="list-style-type: none"> ● システムの詳細説明 ● 今冬の除雪優先度算出システムの推定状況について説明
3	被災現場支援ツールについての紹介、説明	<ul style="list-style-type: none"> ● ツールの詳細説明 ● 操作の体験に際しての使用方法の説明
4	移動	<ul style="list-style-type: none"> ● 実証地域を移動
5	操作の体験	<ul style="list-style-type: none"> ● 実証地域内を移動し被災現場支援ツールを用いて対象建物の除雪優先度を確認 ● 音声入力機能による現地状況記録を体験。 ● 実証地域内の防災設備（ここでは消火栓）の位置を被災現場支援ツールで確認する
6	移動	<ul style="list-style-type: none"> ● ヒアリング会場へ移動
7	システム・ツールの有用性や操作感等についてのアンケート回答	<ul style="list-style-type: none"> ● 冬期間除雪優先度を試用頂いた実証参加者から、除雪優先度算出システムに関するアンケートを実施 ● 操作の体験をした実証参加者から被災現場支援ツールに関するアンケートを実施
8	システム・ツールの有用性や操作感等についてのヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> ● 質疑応答及びヒアリングを実施

9-4-3. 検証項目と評価方法

有用性評価を検証項目として評価した。

表 9-6 検証項目と評価方法（除雪優先度算出システム）

検証ポイント	No.	検証項目	定量評価	定性評価
1)積雪重量、除雪優先度の推定精度	1	雪下ろしの担い手が判断する除雪優先度と算出した除雪優先度はマッチしているか	<ul style="list-style-type: none"> ● 対象ユーザーに既存のシステム及び本年度開発したシステムを体験していただいた後、アンケートを実施 ● 選択肢は5段階で設定（「そう思う」を1、「そう思わない」を5、など） ● 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） 	<ul style="list-style-type: none"> ● インタビュー調査又はアンケート調査（検討中）によってユーザビリティを評価する 具体的には以下を聴取する ① イニシャルコスト・ランニングコスト等を踏まえた、実証対象地方公共団体への将来的な導入可能性や課題等 ② システム導入を見据えたモデル整備可能性 ● アンケートの各設問に自由記入欄を設定
	2	除雪が必要（又は不要）な建物を推定できているか		
2)積雪重量、除雪優先度の提供速度	3	情報の鮮度（気象情報の発表時刻から除雪優先度情報提供までのタイムラグ）は実用の範囲内か		
3)ユーザビリティの評価	4	操作方法は分かりやすいか		
	5	システムの動作は軽く、利用にあたってストレスはない		
	6	画面表示は分かりやすいか		
	7	データ出力までの時間は実用の範囲内か		
4)情報の通知の適切性	8	通知のタイミングは適切か		
	9	通知の内容は適切か		
5)除雪作業、除雪計画の最適化	10	システムの出力結果が除雪計画を策定する上で有用か		
	11	システムを利用することによって除雪計画の策定に要するコスト（人員、時間、費用）が軽減するか		

	12	除雪優先度の可視化によって除雪作業時の人員配置が最適化されるか		
--	----	---------------------------------	--	--

表 9-7 検証項目と評価方法（被災現場支援ツール）

検証ポイント	No.	検証項目	定量評価	定性評価
1) 被災現場での利用可否	1	実証対象の被災現場において利用可能か	<ul style="list-style-type: none"> ● 検証実験を動画で撮影し、作業項目毎に作業時間を比較する ● 対象ユーザーに既存のシステム及び本年度開発したシステムを体験していただいた後、ヒアリング、アンケートを実施 ● 選択肢は 5 段階で設定（「そう思う」を 1、「そう思わない」を 5、など） ● 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） 	<ul style="list-style-type: none"> ● インタビュー調査によってユーザビリティを評価する ● 具体的には以下を聴取する ① イニシャルコスト・ランニングコスト等を踏まえた、実証対象地方公共団体への将来的な導入可能性や課題等 ② システム導入を見据えたモデル整備可能性 ③ 地上（屋外）での使用にとどまらず、地下街における 3D 都市モデル活用の地方公共団体ニーズや将来的な開発可能性、課題等
2) ユーザビリティの評価	2	操作方法はわかりやすく、操作しやすいか		
	3	画面表示はわかりやすく、操作しやすいか		
	4	重畳表示された 3D 都市モデルの形状から現地状況を把握できるか		
	5	現地情報が対象建物との関連がわかる位置に表示されているか		
3) 実証現場以外の地域への拡張性、他の被災内容への活用可能性	6	実証対象以外の地域へ拡張可能か		
	7	本ユースケースと異なる被災内容での活用ができるか		
4) ツールの教育コスト	8	ツールの調達、更新、教育コストが低い		
5) 被災現場での有用性	9	被災現場での作業負荷がどの程度軽減されるか		
	10	被災現場での対策検討がどの程度効率化されるか		

9-4-4. 実証実験の様子

- 除雪優先度算出システム

被災現場支援ツール実証中の積雪、降雪の状況。地上で1m 前後の積雪がある。



図 9-2 実証実験中の長岡駅周辺の積雪状況

ディスプレイで除雪優先度算出システムを表示しながら、除雪優先度算出システムを紹介。



図 9-3 除雪優先度算出システムの紹介、閲覧の様子

実証日（1月29日）の長岡駅周辺の除雪優先度。屋根上に1m近い積雪はあるものの、長岡駅周辺の垂直積雪量（建物の設計時に想定する積雪深）が2.5mと大きいため、除雪優先度は低い。



図 9-4 除雪優先度算出システムの表示画面（1月29日長岡駅周辺）

実証日（1月29日）の栃尾地区の除雪優先度。屋根上に1~2m近い積雪はあるものの、栃尾地区の垂直積雪量（建物の設計時に想定する積雪深）が3.1mと大きいため、除雪優先度は低い。

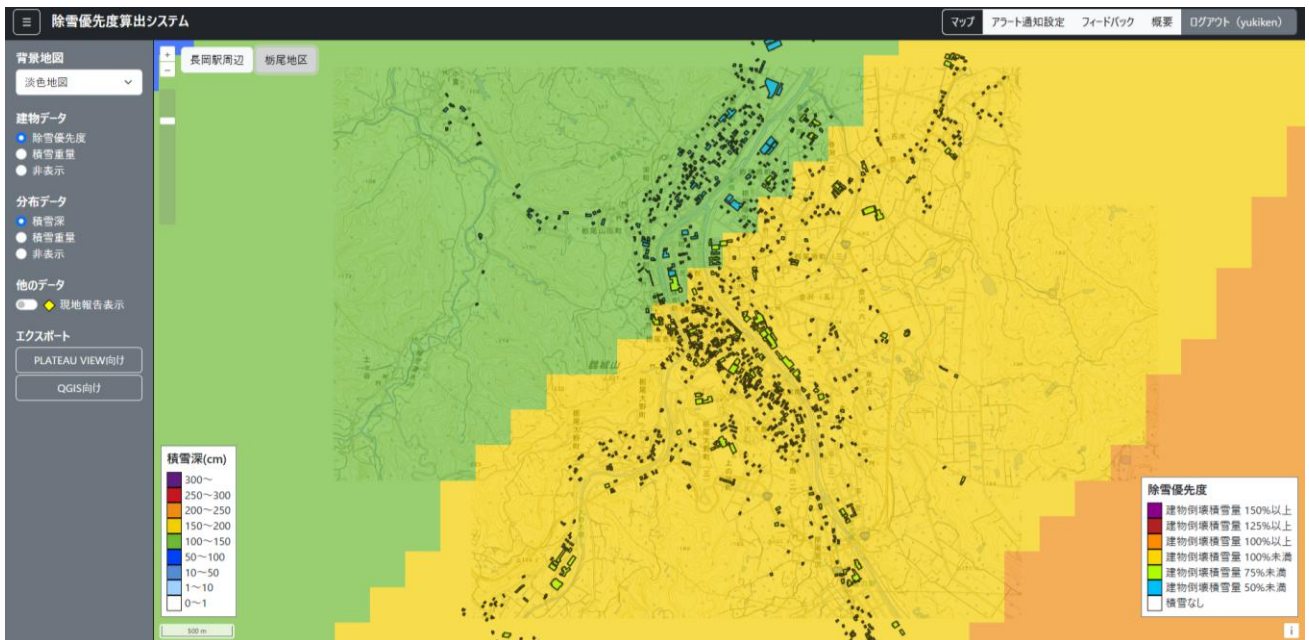


図 9-5 除雪優先度算出システムの表示画面（1月29日栃尾地区）

データの提供対象とした大手通庁舎の積雪状況。屋根上の積雪状況は図 9-7 に示す。



図 9-6 データ提供対象建物の積雪状況 (1月29日 大手通庁舎)

図 9-6 の屋根上の積雪状況。1m 近い積雪があるものの、鉄筋造の建物で除雪優先度は低いと考えられる。



図 9-7 データ提供対象建物の屋根上の積雪状況（1月29日 大手通庁舎）

データ提供対象建物とした河井継之助記念館の積雪状況。屋根上に 50cm 前後の積雪があり、システムで算出された積雪深と同程度の深さであることが見受けられた。



図 9-8 データ提供対象建物の積雪状況 (1 月 30 日 河井継之助記念館)

データ提供対象建物とした喜京屋ビルの積雪状況。屋根上に 50cm～1m 程度の積雪があり、システムで算出された積雪深と同程度の積雪状況となっていることが確認できた。



図 9-9 データ提供対象建物の積雪状況 (1月29日 喜京屋ビル)

データ提供対象建物とした長岡市役所栃尾支所（画像左側）の積雪状況。外からは屋根上の積雪状況は確認できない。図 9-11 に屋根上の積雪状況を示す。



図 9-10 データ提供対象建物の積雪状況（1月29日 長岡市役所栃尾支所）

図 9-10 の屋根上の積雪状況。1m を超える積雪があるが、鉄筋造の建物で除雪優先度は低い。



図 9-11 データ提供対象建物の屋根上の積雪状況 (1 月 29 日 長岡市役所栃尾支所)

データ提供対象建物とした道の駅 R290 とちおの積雪状況。屋根上に 1m を超える積雪があり、システムで計算された積雪深と同程度の積雪状況であることが確認できた。



図 9-12 データ提供対象建物の積雪状況 (1月29日 道の駅 R290 とちお)

- 被災現場支援ツール

被災現場支援ツールを起動し、キャリブレーションを行っている様子（8月実施、札幌市実証）



図 9-13 被災現場支援ツール実証実験の様子
(被災現場支援ツールのキャリブレーション、8月実施、札幌実証)

A チーム（紙地図、手書きによる記録）が仮想の被災建物前へ移動し、設定された被災状況を記録用紙に記入する様子（8月実施、札幌市実証）



図 9-14 被災現場支援ツール実証実験の様子（A チーム、手書きによる記録）

Bチーム（被災現場支援ツールの音声入力機能による記録）が仮定の被災建物前へ移動し、設定された被災状況を音声入力する様子



図 9-15 被災現場支援ツール実証実験の様子（Bチーム、音声入力による被災状況の入力）

A チーム（紙地図、手書きによる記録）が仮定の拠点へ移動し、現場で紙に記録した被災状況を記録システム（※）に入力する様子（8月実施、札幌市実証）

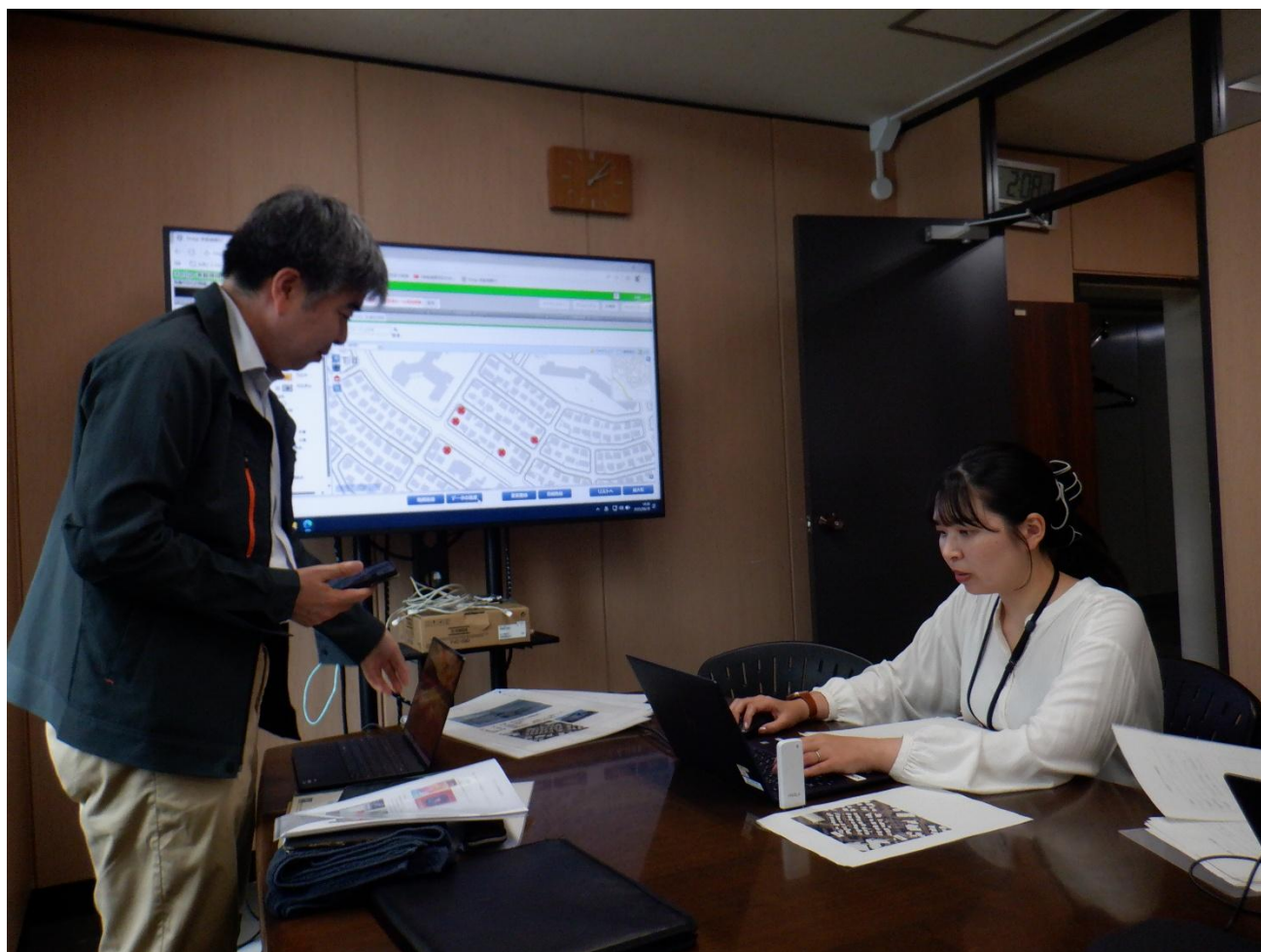


図 9-16 被災現場支援ツール実証実験の様子
(A チーム、手書きにより記録した被災状況を記録システムへ入力)

※ 記録システムとして SIP4D-Xedge¹⁵を利用した

¹⁵ 国立研究開発法人防災科学技術研究所 SIP4D-Xedge（SIP4D 利活用システム）Web サイトを参照：
<https://ecom-plat.jp/k-cloud/>

9-5. 検証結果

● 除雪優先度算出システム

本プロジェクトで開発した除雪優先度算出システムを活用し、除雪優先度情報を除雪作業の関係者間で共有することにより、除雪計画策定が効率化されるとの評価を得た一方で、本システムが算出する除雪優先度の情報が除雪に関わっている市民や地方公共団体職員の感覚とやや乖離していること、ユーザビリティのなかでも特に除雪優先度の表現方法がわかりづらいこと等に課題が残る結果となった。

積雪重量、除雪優先度の推定精度に関しては、除雪に関わる市民や地方公共団体職員を対象としたヒアリングを行った。推定精度は個人によって意見が割れており、感覚と合っているとの意見が得られる一方で、木造の古い建物では感覚と合っていないという意見も得られた。ここから、本来は除雪すべき建物の除雪優先度を正確に見積もることが出来ていない可能性が示唆された。これは、古い建物で地域の垂直積雪量を考慮せずに建築された建物があることや、除雪を前提として地域の垂直積雪量よりも小さい垂直積雪量で設計している建物が存在することで、建築当時の地域の垂直積雪量に基づいて算出した除雪優先度が実際の除雪の必要性和マッチしない建物が生じてしまったことが要因として考えられる。また、積雪重量、除雪優先度の提供速度に関しては半数以上の参加者から、実用の範囲内であると評価され、実運用に耐える情報の提供速度であることが確認された。

被験者から高く評価された除雪作業、除雪計画の最適化に関しては、除雪に関わる事業者が本システムを閲覧し除雪計画を立てることで効率的な除雪が可能になるといった意見や、データの見える化によって除雪の必要性を客観的に判断できるようになるなど、除雪計画の効率化や不要な除雪の削減につながる意見がみられた。また、空き家情報や居住者の年齢や世帯人数等の情報を紐づけることで、定性的な情報も加味しながら除雪優先度を判断したいとの意見が得られ、社会実装のためには追加の情報を付加することが期待されている。

ユーザビリティの評価に関しては、半数以上の参加者から高い評価を得られたため、多くのユーザーが比較的容易に使用できることが確認された。このような評価となった理由として、他の地図閲覧サイトと類似した操作性にしたことや、提供する情報が少なく理解しやすいことが考えられる。また、情報の通知の適切性に関しても、半数以上の参加者から通知のタイミングや内容について高い評価が得られ、建物の除雪の必要性を通知する上では有用な情報であることが確認された。一方で、除雪優先度については現在の表現（建物倒壊積雪重量〇〇%）が直感的に状況を把握しにくいという意見もあり、より分かりやすい表現に改良する必要がある。

ヒアリング調査による地方公共団体の本システム導入可能性の観点からは、屋根の雪下ろしは個人の判断で行うものであり、地方公共団体が除雪計画や雪下ろしの指示をすることはなく、予算も限られているため市町村単位の判断でシステムを導入することを決定するのは難しいとのコメントがあった。本システムは OSS 化されるが、サーバー費用や気象データの受信費用などの経費も掛かるため、現状のシステムでは完全な無償化は難しい。システム導入による費用対効果の整理やシステムへの機能追加による有用性の向上など、導入に向けたハードルを下げる必要がある。本システムの導入ハードルを下げ、除雪優先度の推定精度を市民の感覚と合

わせていくことでシステムへの需要が惹起され、3D 都市モデルの整備可能性も高まる可能性があるとして想定する。

1) 積雪重量、除雪優先度の推定精度

計 6 名の回答者のうち、「そう思う」もしくは「ややそう思う」を選択した割合が、システムが算出した除雪優先度と実際の屋根の除雪優先度はマッチしているかについては 50%、除雪優先度は除雪が必要（又は不要）な建物を推定できているかについては 33%であった。

これは定性コメントで挙げられたとおり、長岡駅前地域住民からは一般住宅ではシステムの除雪優先度と実感は合っているが、強度の弱い古い木造の建物などでは除雪優先度が合っていないという感覚から意見が割れる結果になったと考えられる。本来強度の弱い古い木造の建物は、地域の垂直積雪量を考慮せずに建築された建物があることや、除雪を前提として地域の垂直積雪量よりも小さい垂直積雪量で設計している建物が存在しており、建築当時の地域の垂直積雪量に基づいて算出した除雪優先度が実際の除雪の必要性和マッチしない建物が生じてしまったことが要因として考えられる。

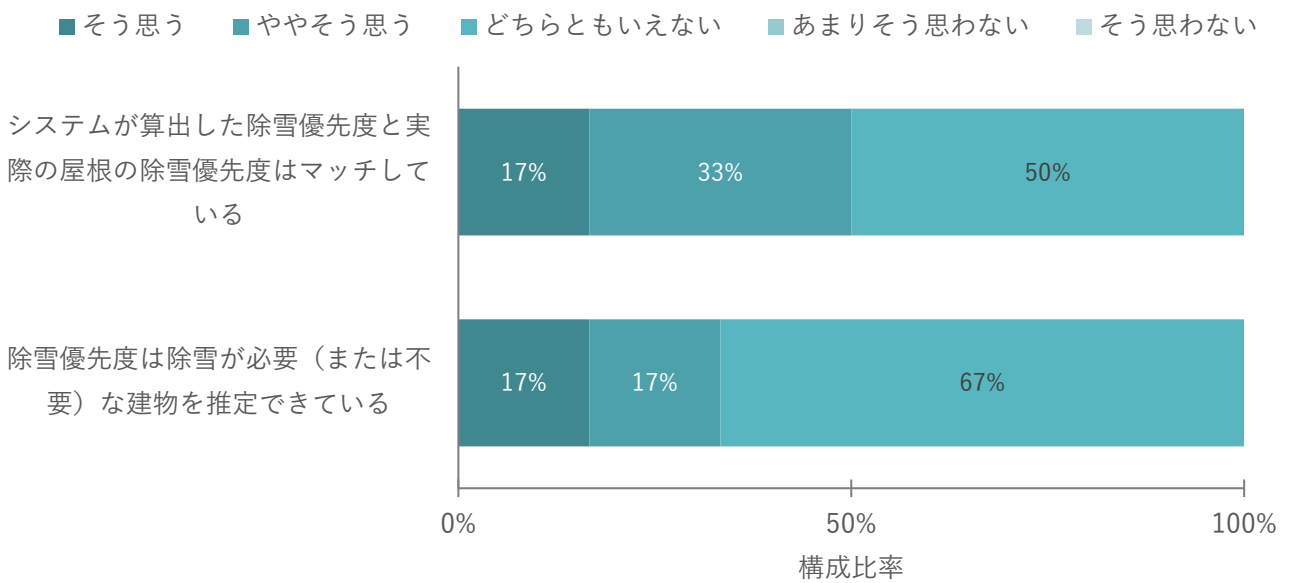


図 9-17 積雪重量、除雪優先度の推定精度に関するアンケート結果 (n=6)

表 9-8 積雪重量、除雪優先度の推定精度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	雪下ろしの担い手が判断する除雪優先度と算出した除雪優先度はマッチしているか	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般住宅については、積雪量や除雪の必要性についてシステムと実感はマッチしている（長岡駅周辺住民） ● 木造の古い建物などの精度が向上すれば、システムの優先度と実際の感覚がマッチしてくると思う（長岡市職員）
2	除雪が必要（又は不要）な建物を推定できているか	<ul style="list-style-type: none"> ● 実際の除雪判断は経験と感覚に基づいているため、データの可視化により客観的な判断が可能になる（長岡市職員）

2) 積雪重量、除雪優先度の提供速度

計5名の回答者のうち、「そう思う」もしくは「ややそう思う」を選択した割合が60%で、残りの40%の回答者はどちらともいえないと評価した。

本システムは気象データの取得から25分程度で最新の情報となり比較的早い時間更新されること、他に類似した情報を提供しているサービスもなく、他のサービスに比べて遅れていると判断される可能性も低いことから、このような評価になったと考えられる。

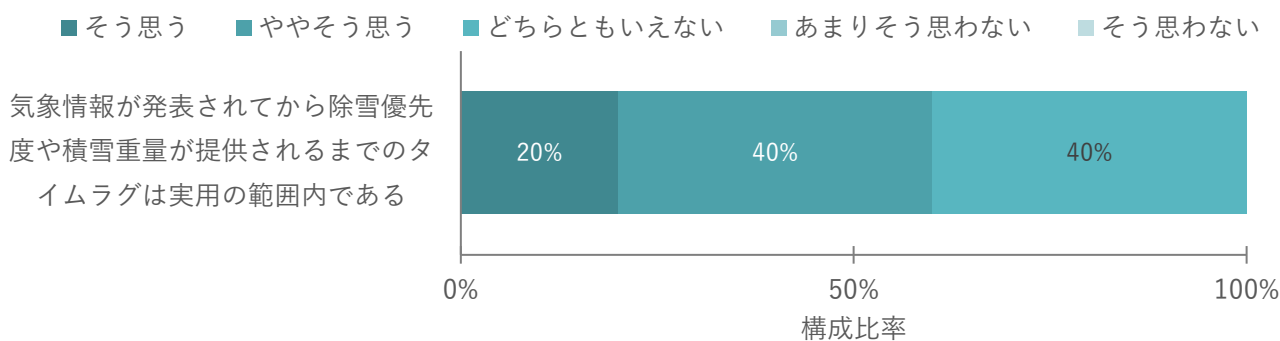


図 9-18 除雪優先度の提供速度に関するアンケート結果 (n=5)

表 9-9 除雪優先度の提供速度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	情報が表示されるまでのタイムラグ	● 体感としては特段問題ないように感じる (長岡市職員)

3) ユーザビリティの評価

計 5~6 名の回答者のうち、「そう思う」もしくは「ややそう思う」を選択した割合が、操作方法は分かりやすくなるについては 80%、システムの動作が軽いかについては 60%、画面の表示が分かりやすいかについては 50%、データ出力までの作業時間については 50%という結果となった。

ユーザビリティについて半数以上の参加者から高い評価を得られる結果となった。一方で、画面の表示の分かりやすさについては、除雪優先度の階級（建物倒壊積雪重量〇〇%）が直感的にわかりにくいという意見もあり、ユーザーにとって分かりやすい表現に改良する必要がある。

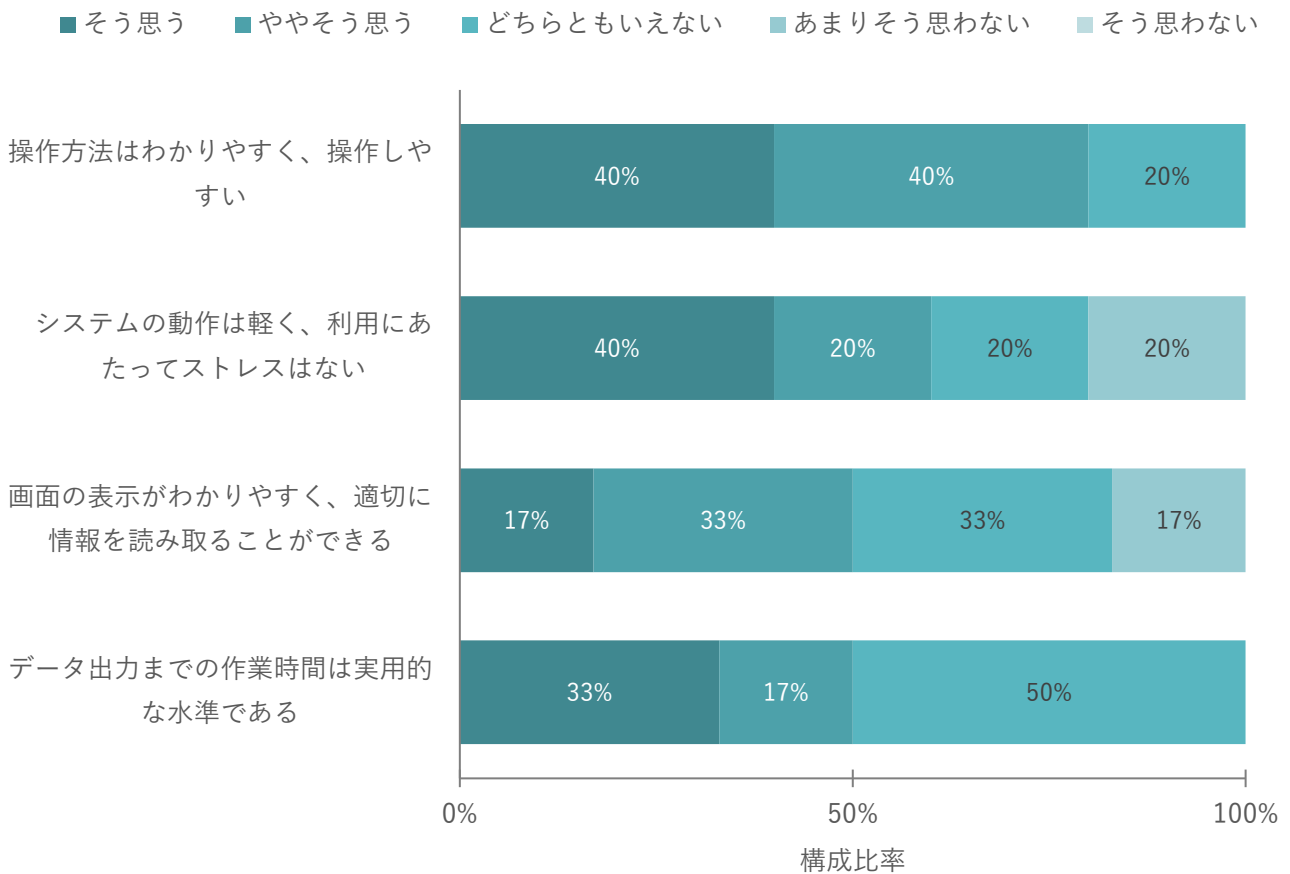


図 9-19 除雪優先度算出システムのユーザビリティの評価に関するアンケート結果
(上 2 設問 : n=5、下 2 設問 : n=6)

表 9-10 除雪優先度算出システムのユーザビリティの評価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	操作方法はわかりやすく、操作しやすいか	● 不都合は感じなかった（長岡市職員）
2	システムの動作は軽く、利用にあたってストレスはな	

	い	
3	画面表示は分かりやすいか	<ul style="list-style-type: none">● 除雪優先度の階級（建物倒壊積雪重量〇〇%）が直感的にわかりにくい（消防職員）● 「除雪が必要」のような明確な表現や「危険度レベル」のような指標の方が分かりやすい（消防職員）
4	データ出力までの作業時間は実用的な水準である	<ul style="list-style-type: none">● 問題ないと思う（長岡市職員）

4) 情報の通知の適切性

計 6 名の参加者のうち、「そう思う」もしくは「ややそう思う」を選択した割合が、通知の内容が適切であるかについては 50%、通知のタイミングが適切であるかについても 50%という結果となった。

情報の通知については、概ね良い評価を得られる結果となった。一方で、一部の参加者からは参加者の通知の内容については単位面積あたりの重量ではなく、屋根全体の重量の方がイメージしやすいとの意見もあり、除雪判断をする上でこういった表現が良いか調査が必要である。

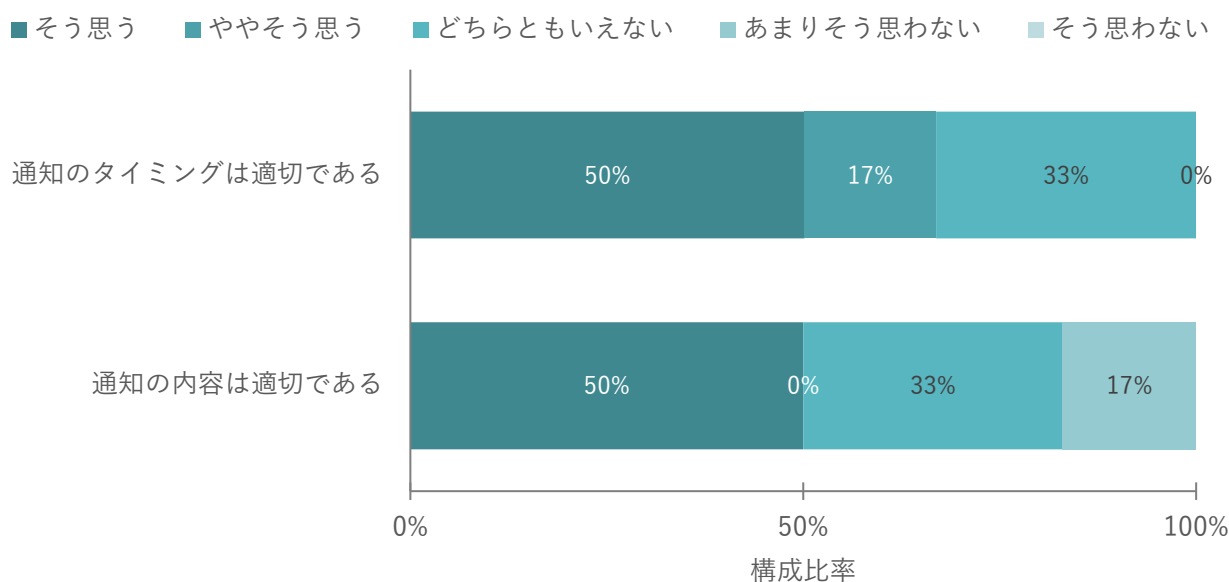


図 9-20 情報の通知の適切性に関するアンケート結果 (n=6)

表 9-11 情報の通知の適切性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	通知のタイミングは適切か	● 朝夕の計 2 回の通知のタイミングは適切である (長岡市職員)
2	通知の内容は適切か	● 積雪重量の表現は平米当たりの重量ではなく、屋根全体の重量で通知された方がイメージしやすいように思う (消防職員)

5) 除雪作業、除雪計画の最適化

計 6 名の参加者のうち、「そう思う」もしくは「ややそう思う」を選択した割合が、除雪計画の策定に有用であるかについては 66%、除雪計画の策定に要するコストが削減されるかについては 66%、除雪作業時の人員配置が最適化されるかについては 83%という結果となった。

除雪に関わる事業者が本システムを閲覧し除雪計画を立てることで効率的な除雪が可能になるといった意見や、データの見える化によって除雪の必要性を客観的に判断できるようになるなど、除雪計画の効率化や不要な除雪の削減につながる意見が得られ、除雪優先度算出システムの情報が除雪計画の策定や除雪の最適化・省力化に有用であることが示された。加えて、定性コメントに示されたように、除雪優先度の精度の向上や除雪優先度に加えて建物の利用状況や住民の情報を合わせて提供することが期待されている。

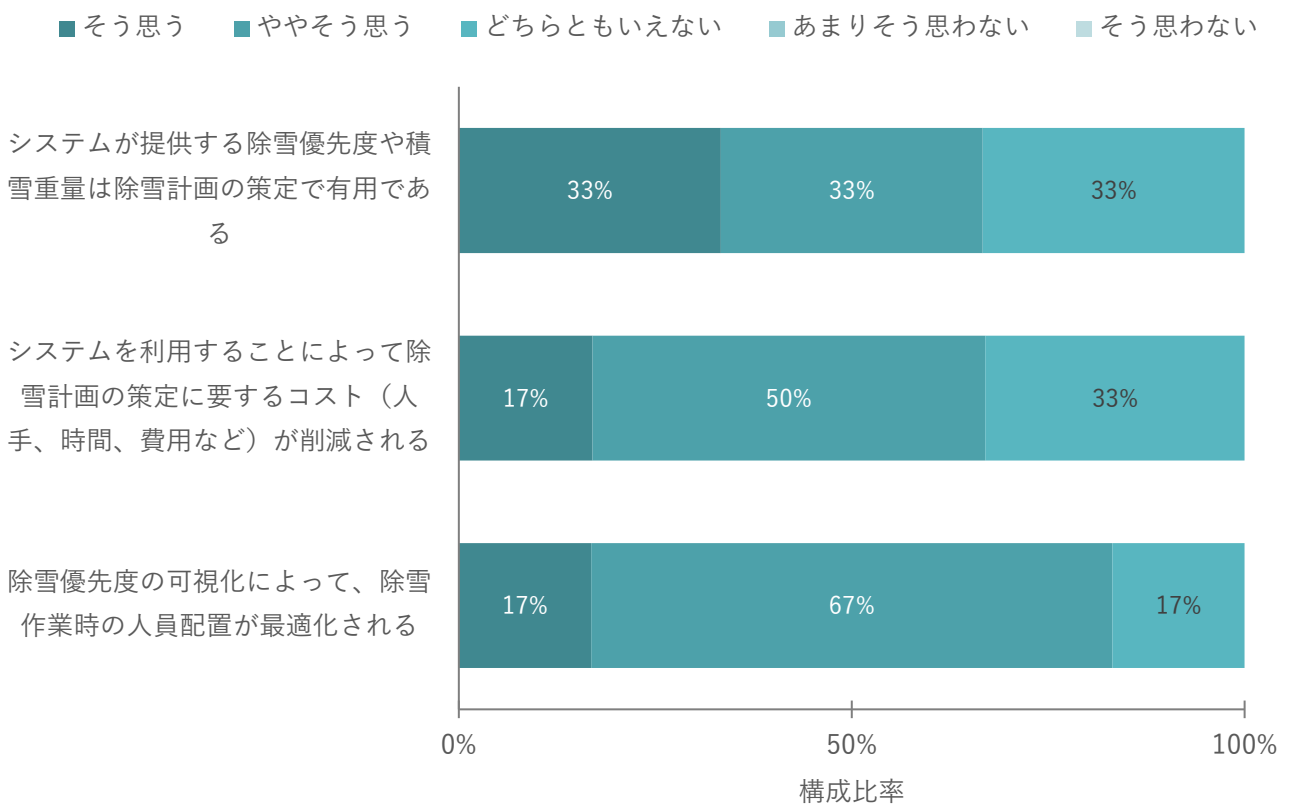


図 9-21 除雪作業、除雪計画の最適化に関するアンケート結果 (n=6)

表 9-12 除雪作業、除雪計画の最適化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	システムの出力結果が除雪計画を策定する上で有用か	<ul style="list-style-type: none"> ● 実際の除雪判断は経験と感覚に基づいているため、データの見える化によって客観的に判断できるようになる（長岡市職員） ● 長岡市役所にいながら栃尾地区の積雪状況を確認できる点が良い（長岡市職員） ● 基本的に雪下ろしは個人の判断で行うものであり、地方公共団体が雪

		下ろしの計画を立てることや雪下ろしの指示をすることはないため、本システムを使用して、地方公共団体が除雪計画を指示することは難しい（長岡市職員）
2	システムを利用することによって除雪計画の策定に要するコスト（人員、時間、費用）が軽減するか	<ul style="list-style-type: none"> ● 空き家であるか利用中であるかによって、屋根上の状況や雪下ろしの有無などに違いが生じる。建物の利用状況の情報が含まれていると有用である（長岡市職員） ● 除雪ができない要援護世帯などの情報もあるとよい（長岡市職員）
3	除雪優先度の可視化によって除雪作業時の人員配置が最適化されるか	<ul style="list-style-type: none"> ● 大雪時には除雪業者は除雪の依頼が一杯になり、手が回らない状態になる。除雪優先度の精度が向上すれば、除雪業者がシステムを閲覧し、どの建物から除雪するか判断することで効率的に除雪ができるようになると思う（長岡市職員）

● 被災現場支援ツール

本プロジェクトでは、大雪や震災などの被災現場でリアルタイムに3D都市モデルを重畳表示する被災現場支援ツールを用いて、実動機関（消防、自衛隊等）や地方公共団体職員が、現場で状況入力等を行うことで、災害対応の関係者間でリアルタイムでの情報共有を検証した。従来型の紙様式とGISシステムへの入力による作業時間に比べ、本ツールを用いた場合は作業時間と共有に要する時間が1件あたり平均約4分から約1分に短縮され、大幅な作業時間の減少が確認できた。参加者からは、災害現場での活用の有効性、直感的な操作と音声入力による状況報告、3D都市モデルの視認性に高い評価を得られた。一方で、音声変換や視認性、現場で利用する際の堅牢性については課題が残る結果となった。

本ツールの有効性の観点については、家屋被害の把握に有効だと期待が寄せられた。特に、札幌市のような積雪地帯では、冬季の災害時に建物被害や道路状況、消火栓の位置等の把握が視覚的に行うことが困難となる。被災前の建物、道路の位置等の空間状況を把握できることには有効であると評価された。本ツールでは、GNSSと連動した高精度な位置座標の取得により、精緻なリアルタイムが重畳できるだけでなく、現場での利用状況を想定した方角補正などを画面上で行うことができ、より建物の重畳精度を高めることができることが高評価の要因になったと考えられる。さらに、市役所庁舎のような遠隔地にも即時に情報が共有され、現場での様式等を用いた従来手法に比べ、圧倒的に迅速な情報共有が可能な点も評価された。一方で、実証実験の対象となった清田区のエリアは低層家屋が多く問題は生じなかったが、札幌市中心部のような高層建築が多い箇所では、高さ方向のずれが生じないのか懸念が示された。地盤標高との関係による重畳精度については今後も検証、改善が必要である。また、長岡市ではアーケードによるGNSS電波の受信状況によって位置精度が低くなることがあり、家屋や消火栓の正確な位置を取得できないことが課題として挙げられた。

本ツールのユーザビリティの評価に関しては、災害現場（救助現場で手が離せない状況や冬季に手袋をした状況を主に想定）での入力が想定されるため、音声入力の機能に対して良好な評価が得られた。また、初見での操作も問題なく、使いやすさや学習コストの低さについても高評価を得られた。一方で、音声入力の精度に関して、災害現場で一般的に使われるような用語の誤変換が散見され、変換精度の向上が必要と指摘があった。実証実験ではすぐに操作に慣れる状況が確認されたが、適宜開発者側で被験者の支援や、再キャリブレーション（機械及び測定基準の調整）を実施した場面もあり、操作説明書をより充実させる必要が示唆された。

ヒアリング調査による地方公共団体の本ツール導入可能性の観点からは、部局単体での導入は厳しいが、土木部局や消防部局と含めて全庁的な取り組みとしての有効性があれば導入の可能性はあるとの意見があり、平時利用を含めてユースケースが提示できる場合は、本ツールの地方公共団体への導入の期待が寄せられた。平時利用における用途としては、道路沿いの構造物等の詳細を把握することで除雪車の運用に活用することや消火活動時に建物ダクト位置や消火栓の位置を把握することで安全性の向上や迅速な対応に活用することが挙げられた。屋外にとどまらず、地下街での煙や停電等による暗視下での救助活動に関しても有効であるとの意見が得られた。これらの機能を追加実装することで、本ツールの導入可能性が高まり、ひいては3D都市モデルの整備可能性も高まると考えられる。

1) 被災現場での利用可否

計 12 名の回答者のうち、被災現場での活用可能かという設問に対し、84%が「そう思う」と回答した。これにより、本ツールの被災現場での有効性が確認された。より被災現場での使いやすさを高めるという観点では、構造物や消火栓の位置ずれが無くなり、精度が高まれば非常に有用であるとの意見が得られた。また、被災現場支援ツール使用時に着用するヘルメット上にアンテナがあると被災現場での作業の妨げになり、横に装着する方がよい、また、その場合は強度の強化が必要との意見があった。

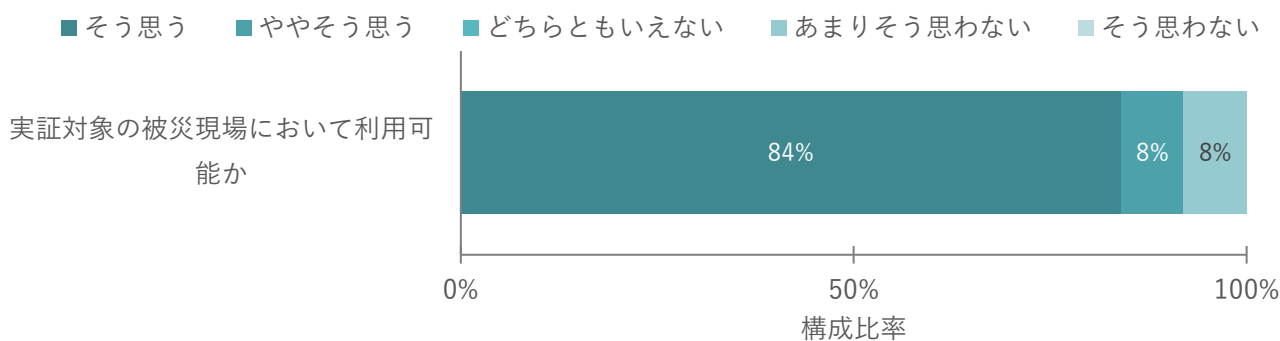


図 9-22 被災現場での利用可否に関するアンケート結果 (n=12)

表 9-13 被災現場での利用可否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	実証対象の被災現場において利用可能か	<ul style="list-style-type: none"> ● 積雪時の被災状況の把握、構造物の位置確認、消火栓の把握ができれば有用 (長岡市職員) ● 民生品のため、信頼性の確保が必要 (自衛隊員) ● 目標情報関連の共有として、動いている相手に情報が共有できるのが課題。地点共有だとダブルカウントになる可能性がある (自衛隊員)

2) ユーザビリティの評価

計 12 名の回答者のうち「そう思う」「ややそう思う」と答えた割合は、操作性については 92%、画面表示については 84%、重畳表示による現地状況把握については 67%、現地重畳法と建物の関係性については 75%であった。ヒアリングの結果、グレーの重畳では分かりにくい部分があり、視認性の向上を求める意見があった。また、音声入力に関しては音声でのメモ入力だけでなく操作自体も音声で実施したいこと、また、音声入力の精度に関して、災害現場で一般的に使われるような用語の誤変換が散見され、変換精度の向上が必要と指摘があった。実証実験ではすぐに操作に慣れる状況が確認されたが、適宜開発者側で被験者の支援や、再キャリブレーションを実施した場面もあり、操作説明書をより充実させる必要が示唆された。

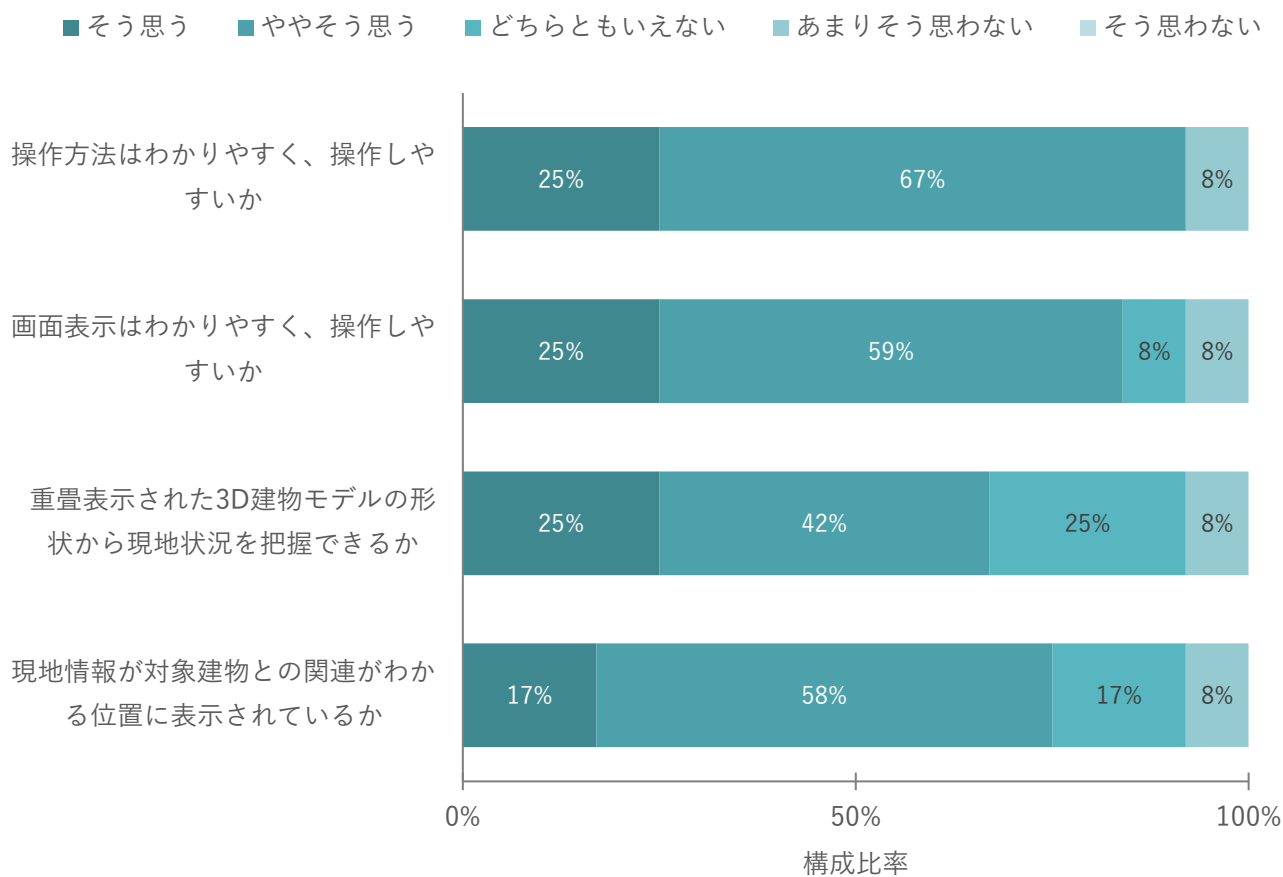


図 9-23 ユーザビリティの評価に関するアンケート結果 (n=12)

表 9-14 ユーザビリティの評価に関連する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
1	操作方法はわかりやすく、操作しやすいか	<ul style="list-style-type: none"> ● 基本的には操作が直感的で簡単だった。(札幌市職員) ● 現地報告情報の送信も音声操作で実行できるとよい(札幌市職員) ● 改行以外にもスペースなどの区切りに使える文字を音声入力できるとよい(長岡市職員) ● 音声入力のみではなくキーボード入力も現場で使える場面があるのではないか(長岡市職員)
2	画面表示はわかりやすく、操作しやすいか	<ul style="list-style-type: none"> ● 想定していた建物ではなく隣の建物に近い場所にピンが落ちることがある(札幌市職員)
3	重畳表示された 3D 都市モデルの形状から現地状況を把握できるか	<ul style="list-style-type: none"> ● 夜間などの暗い状況ではグレーの重畳は見にくい可能性がある(札幌市職員) ● 3D 都市モデルをグレーの立方体で表現すると建物の境目がわかりにくい(札幌市職員) ● PLATEAU に基礎情報を持たせておき、住基台帳などと合わせて、対象の家に不明及び避難済みの人数を把握できればよい。さらに顔写真もあれば検索時に役立つ(自衛隊員)
4	現地情報が対象建物との関連がわかる位置に表示されているか	<ul style="list-style-type: none"> ● 撮影地点と対象物のオフセットが課題。本部で見たときにどの建物を対象とした現地情報なのかを判断するのが難しい(札幌市職員)

3) 実証現場以外の地域への拡張性、他の被災内容への活用可能性

計 12 名の回答者のうち「そう思う」「ややそう思う」と答えた割合は、いずれも 84%であった。3D 都市モデルの重畳表示に高い関心が寄せられ、実証に参加した被験者からは、火災の損害調査や水害の垂直避難の判断にも使用できるのではないか、という意見が得られた。建物ダクト位置が把握できれば火災現場での救助活用にも活用できる。また、札幌市では市が管理する地下街があるため、火災時など照明の無い状況で突入する際に活用できるなど地下街での 3D 都市モデルの活用に関する意見も見られた。

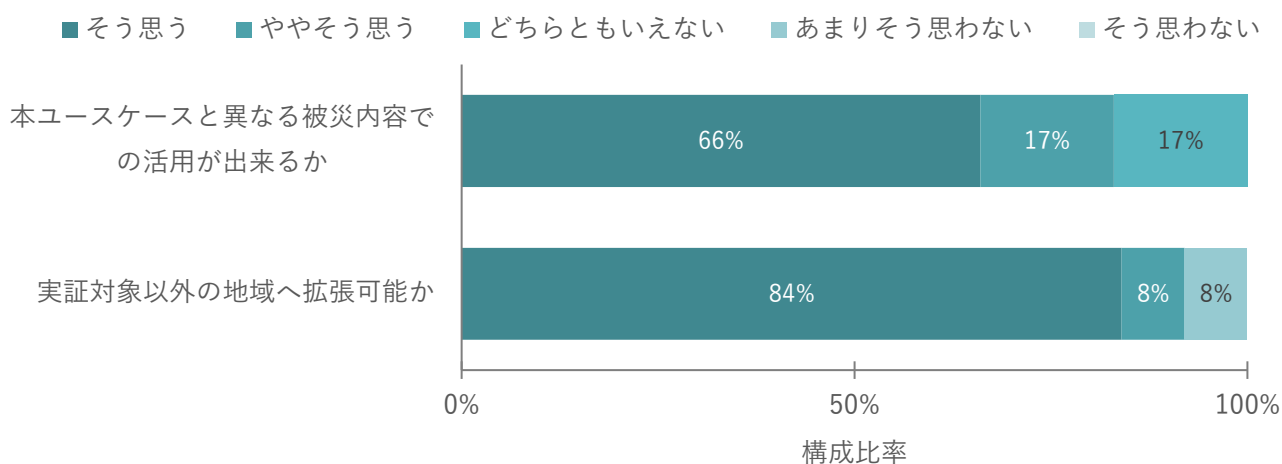


図 9-24 実証現場以外の地域への拡張性、他の被災内容への活用可能性に関連するアンケート結果 (n=12)

表 9-15 実証現場以外の地域への拡張性、他の被災内容への活用可能性に関連する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
1	実証対象以外の地域へ拡張可能か	<ul style="list-style-type: none"> ● 札幌市を含め北海道は積雪があるため、冬季に災害が発生すると建物被害や道路状況の状況を視覚的に把握することが難しい。その際に、ある程度、ここに家があったとかなどの空間的状況がわかることはよい（札幌市職員） ● 災害時の消防の対応では、まず調査隊が行って被害状況を確認し、救助隊が現地に入るという流れが基本。調査隊が入る前に現地の被害状況が把握できることはよい。道外や海外からの支援が入る可能性もあり、その場合の現地被害状況の共有ができると望ましい（札幌市職員）
2	本ユースケースと異なる被災内容での活用ができるか	<ul style="list-style-type: none"> ● 火災の損害調査にも活用できるのではないか（札幌市職員） ● 地下街の火災時や照明がない状況では、どこに何があるか分からない状態が入っていくことになる。スマートグラスなどで重畳表示できると良い。（札幌市職員） ● 火災現場ではダクトの位置を把握できるとよい（札幌市職員） ● 水害時の水面を重畳できると垂直避難の判断や計画に活用できるかもしれない（札幌市職員） ● 災害時以外では、工事用途で地下埋設管（水道、ガス）の位置を把握できるとよいのではないかと。深さの情報も必要なので 3D のメリットがある（札幌市職員） ● 消火栓の位置が精度よくわかれば日常の水利除雪などで使える。（長岡市消防職員）

4) ツールの教育コスト

計 12 名の回答者のうち、未経験者の操作利用可能性について「そう思う」「ややそう思う」と答えた割合は、83%であった。実証実験の参加者は当日の簡単な説明で十分に操作がなされ、早期に習熟することが確認できた。インタビュー調査では、ツールの使いやすさについては問題なく利用できるという意見があった。

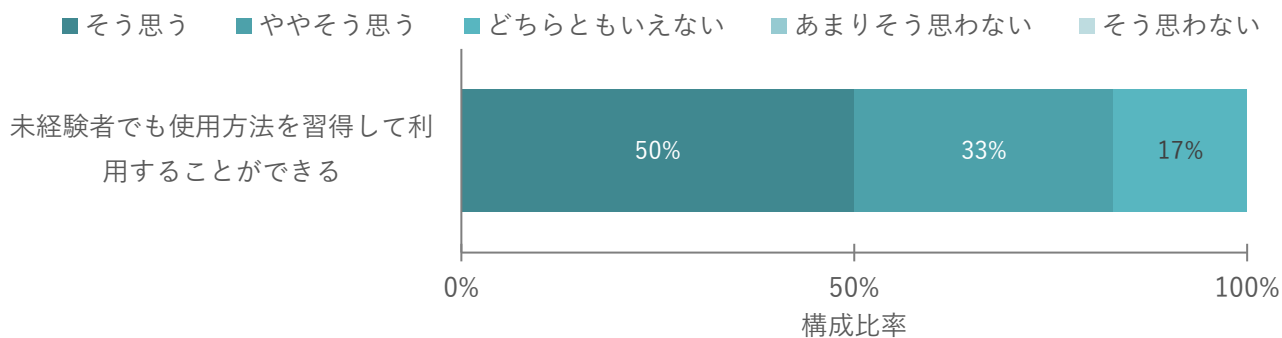


図 9-25 ツールの教育コストに関連するアンケート結果 (n=12)

表 9-16 ツールの教育コストに関連する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
1	ツールの調達、更新、教育コストが低い	<ul style="list-style-type: none"> ● ツールの使いやすさは問題ない（札幌市職員） ● 市役所全体で災害時に使えるのであれば、学習や教育に係るコストは低くシステム全体としても低廉である。平常時のユースケースの効率的な提案があれば、より高い導入費用であっても可能（札幌市職員）

5) 被災現場での作業負荷軽減、対策検討の効率化

計 12 名の回答者のうち、「そう思う」「ややそう思う」と答えた割合は、いずれも 75%であった。アナログによる作業時間は 1 件あたり平均約 4 分に対して、本ツールを使用した場合は約 1 分であり、負担が軽減されると考えられる。また、リアルタイムで遠隔地の市役所等と情報共有可能なため、対策の検討が効率化されるとの意見が得られた。一方で、より良いツールにするための意見として、入力された情報を AI で処理することでより効率的に情報収集ができないかというインプットが得られた。

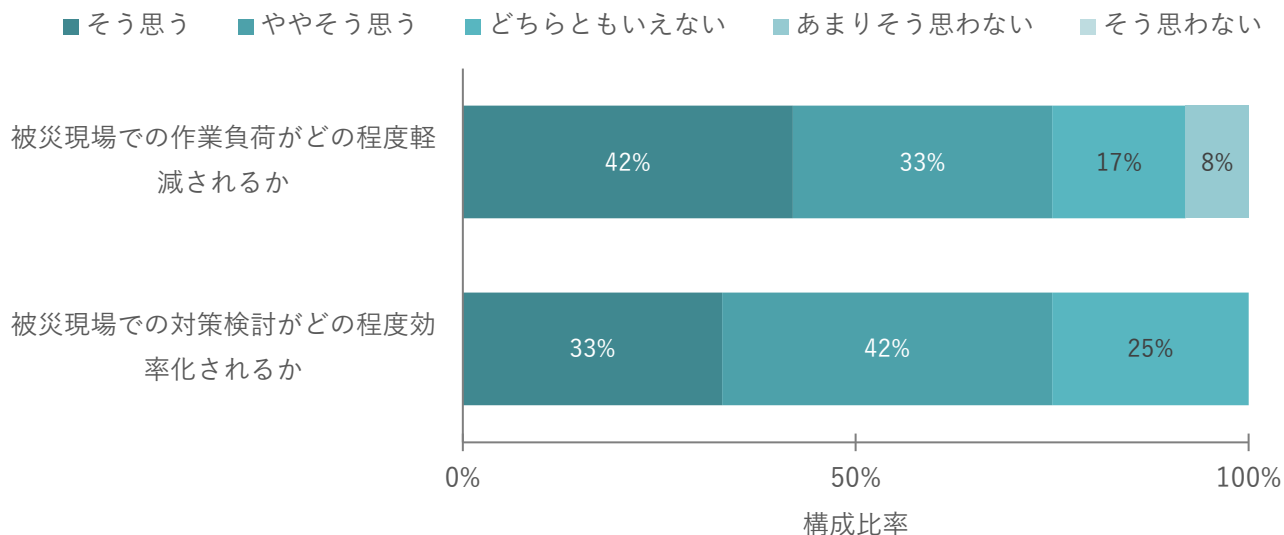


図 9-26 被災現場での作業不可軽減、対策検討の効率化に関連するアンケート結果 (n=12)

表 9-17 被災現場での作業負荷軽減、対策検討の効率化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	被災現場での作業負荷がどの程度軽減されるか	<ul style="list-style-type: none"> ● 手書きに比べて音声入力の方が間違いなく早いと考えられる（地方公共団体職員） ● 音声入力は1分程度で実施できたため、手書き+システム入力にかかる3~4分の時間と比較すれば軽減される（地方公共団体職員）
2	被災現場での対策検討がどの程度効率化されるか	<ul style="list-style-type: none"> ● リアルタイムで遠隔地の市役所等と情報共有可能なため、対策の検討が効率化される（地方公共団体職員） ● 本日の実証では建物がある状況で重畳表示を確認したが、津波や土砂崩れなどの災害で実際に建物が見えなくなっている状況で有効である ● 音声入力は効率的に入力ができるが、発話情報がそのまま入力されるので情報を見る側で判断する必要が生じる。情報を利用する側での負担は増えるかもしれない。AIなどを利用して分類や要約をする機能があるとより使いやすくなるのでは（地方公共団体職員）

10. 成果と課題

10-1. 本実証で得られた成果

10-1-1. 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 10-1 3D 都市モデルの技術面での優位性（除雪優先度算出システム）

大項目	小項目	3D 都市モデルの技術面での優位性
情報の詳細化	個別建物の積雪重量、除雪優先度の算出	<ul style="list-style-type: none"> ● これまで「雪おろシグナル」では地域の積雪重量の情報を提供していたが、3D 都市モデルの LOD2 を利用することで、個々の建物の積雪重量を計算することが可能となった ● 3D 都市モデルに含まれる建築年の情報から、個々の建物の除雪優先度を計算することが可能となった

表 10-2 3D 都市モデルの技術面での優位性（被災現場支援ツール）

大項目	小項目	3D 都市モデルの技術面での優位性
モデル精度	建物形状や除雪優先度の視認性	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルを実空間の建築物に重ね合わせることで除雪優先度を直感的に把握できる。特に LOD2 では屋根形状まで詳細に再現されているため、多少の位置ずれが生じた場合であっても、モデルと実景の対応関係を容易に確認でき、精度を損なわずに状況把握を行うことが可能となる
データポータビリティ	組み込み易さ	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルは、標準化された CityGML 形式で整備されており、データ構造及び属性体系が共通仕様として定義されている。これにより、特定のシステムや実装方式に依存しにくく、異なる環境間においても一貫したデータ解釈が可能となる ● CityGML は空間単位での管理や分割との親和性が高く、利用目的に応じた範囲抽出や形式変換を前提とした設計が容易である。これにより、3D 都市モデルをアプリ内に直接読み込む被災現場支援ツールにおいても、必要なデータのみを選択的に適用でき、処理負荷や容量制約に応じた柔軟な構成が可能となる ● さらに、形式の標準化は変換処理及び軽量化処理の体系化を可能とし、利用環境の違いを吸収しやすい

データ体系化	建物データの独立性の担保	● 3D 都市モデルでは、建物ごとにユニークな建物 ID が体系的に付与されているため、特定の建物に独自の属性情報を容易に付加できる。建物 ID を基点として現地報告データを正確に紐づけることができることから、データ連携が効率的かつ確実にできる
--------	--------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

表 10-3 3D 都市モデルのビジネス面での優位性（除雪優先度算出システム）

大項目	小項目	3D 都市モデルのビジネス面での優位性
作業の効率化・省力化	除雪計画の策定の効率化	<ul style="list-style-type: none"> ● 大雪時には除雪業者に除雪の依頼が殺到するため、緊急で除雪が必要な建物であっても除雪が後回しになってしまう場合があるが、本システムを利用することで緊急性の高い建物から除雪する計画を策定することが可能となる ● 遠隔で除雪を依頼された建物の屋根雪の状況や除雪優先度を確認できるため、現地確認の工数が削減され、より効率的に除雪計画を策定することが可能となる ● 本システムの OSS を利用し、除雪を行う事業者等が必要な情報をシステム上で付与する等の改良ができれば、より効率的に除雪計画の策定や除雪作業を効率的に行うことも可能となると考えられる

表 10-4 3D 都市モデルのビジネス面での優位性（被災現場支援ツール）

大項目	小項目	3D 都市モデルのビジネス面での優位性
サービス提供の迅速化	リードタイムの短縮	<ul style="list-style-type: none"> ● 共通プラットフォームとして提供されている 3D 都市モデルを活用することで、災害発生エリアに関する基盤データを即座に利用でき、追加のデータ取得やモデル構築の手間を大幅に削減できる。その結果、アプリケーション提供までのリードタイムを短縮でき、迅速なサービス提供や開発コストの抑制につながる

10-1-3. 3D 都市モデルの公共政策面での優位性

表 10-5 3D 都市モデルの公共政策面での優位性（除雪優先度算出システム）

大項目	小項目	3D 都市モデルの公共政策面での優位性
防災上の情報インフラの整備	建物管理の DX 化	<ul style="list-style-type: none"> ● 国土の 50.8%が豪雪地帯、特別豪雪地帯の日本の雪国の防災の観点から、冬季の豪雪に加え、冬季の地震による複合災害を考えると、冬季の建物状態に対するリスクの把握が必要であり、公共政策での重要度も高い ● 3D 都市モデルのデータ構造のベースとなっている CityGML の高い柔軟性と拡張性を活かし、空き家、高齢者、要介護者などの家屋の管理の情報にリンクさせることで、将来的に防災上の新たな情報インフラとして活用できる

表 10-6 3D 都市モデルの公共政策面での優位性（被災現場支援ツール）

大項目	小項目	3D 都市モデルの公共政策面での優位性
支援体制の強化	状況把握、情報共有の迅速化	<ul style="list-style-type: none"> ● 整備された 3D 都市モデルを活用することで、突然の災害時でも速やかに建物の構造や配置、周辺環境の情報を作成することができ、他の地域から派遣された被災地の地理を知らない職員でも、速やかに災害現場での活動（搜索範囲の設定や被害状況の判断等）に着手することができる ● 消防設備や道路構造物などの正確な位置の情報が整備されれば、3D 都市モデルと併用することで、平時でも公共政策における効率化に寄与することができる

10-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 10-7 実証実験で得られた課題（除雪優先度算出システム）

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)	建物の利用状況の追加	<ul style="list-style-type: none"> ● 居住者がいる建物と空き家では屋根雪の状況や除雪の有無が変わるため、除雪優先度の算出に建物の利用状況の情報が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ● 国交省の整備している空き家データベース等を用いて、建物の利用状況を付与する
システム (UI・UX)	除雪優先度の表現の改良	<ul style="list-style-type: none"> ● 除雪優先度の表現（建物倒壊積雪重量〇〇%）が直感的に理解しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ● 積雪重量と倒壊の危険性について検討を行い、「危険度ランク」のような指標化や、「除雪が必要」「除雪は不要」などの表現に変更する
アルゴリズム	積雪重量の推定精度向上	<ul style="list-style-type: none"> ● 観測された屋根上の積雪重量と推定した積雪重量に 30～40%程度の誤差が見られた 	<ul style="list-style-type: none"> ● 屋根上の積雪重量の観測と推定値の比較を行い誤差が生じる要因を特定し、屋根上の積雪重量推定に適した計算パラメータや計算の設定を検討する
	除雪優先度の推定精度向上	<ul style="list-style-type: none"> ● 古い木造の建物や除雪を前提として設計された建物では、地域の垂直積雪量と建物で想定している垂直積雪量が異なるため、除雪優先度がマッチしない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建物毎に想定している垂直積雪量を把握することは困難であるため、除雪優先度を数ケース計算（地域の垂直積雪量、雪下ろしを前提とした場合の垂直積雪量など）し、利用者が必要な情報を確認できるようにする
サービス運用	実業務への利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方公共団体でシステム導入できない場合、一企業や地域組織などが費用負担することとなるため、導入のハードルが高まる ● 除雪優先度をより精緻に把握するためには必要と考えられる、空き家、高齢者、要介護者等の家屋の所有者の情報連携が現状のシステムでは不可 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運用にかかるコストを踏まえ、地方公共団体への将来的な導入可能性や各システム導入を見据えたモデル整備可能性について調査する ● 現状は地方公共団体職員が保有する台帳等と照合しながら実施する。将来的にはシステムに世帯情報を加え、地方公共団体や民間企業での有用性を向上させることでシステム導入を支援する

表 10-8 実証実験で得られた課題（被災現場支援ツール）

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)	音声認識の向上	<ul style="list-style-type: none"> 被災現場特有の用語に関して誤変換が発生した 	<ul style="list-style-type: none"> 専用の音声変換エンジンの実装やサーバー側での処理を行う
システム (UI・UX)	データ送信時における音声認識での操作	<ul style="list-style-type: none"> データ送信時も画面上のボタンを手動で選択する必要があった 	<ul style="list-style-type: none"> データ送信時も音声認識で送信機能が機能するようにする
システム (ハード)	現場での堅牢性	<ul style="list-style-type: none"> アンテナや配線がむき出しである 	<ul style="list-style-type: none"> 被災現場での厳しい環境を想定したハード設計を行う
サービス運用	実業務への利用	<ul style="list-style-type: none"> 防災部局単体での本システム導入は予算確保の観点から現実的ではない（土木部局や消防部局を含めて全庁的な取り組みとしての有効性があれば導入の可能性はある） 地下街での災害対応に対応可能な通信環境が確保できなかった 	<ul style="list-style-type: none"> 平常利用を含めたユースケースの提案を行う 地下街での通信環境の確保を含めた研究開発を行う
	重畳モデル	<ul style="list-style-type: none"> 消火栓の位置情報データが無く、消火栓標識の位置を登録していたが、消火栓が消火栓標識と異なる位置にある場合があり、位置が異なっていた 	<ul style="list-style-type: none"> より正確な消火栓位置のデータ整備が必要

10-3. 今後の展望

● 除雪優先度算出システム

除雪優先度算出システムは、実証実験の参加者から、除雪計画の策定や除雪作業のコスト削減に有効であると評価を得られ、豪雪地帯の除雪作業を支援する目的に対して有用なシステムであることを示すことができた。3D 都市モデルを用いて、個々の建物の積雪重量や除雪優先度を見える化したことが、上記の評価を得られた要因だと考えられる。

一方、豪雪地帯の除雪作業を支援するためには、屋根上の積雪重量と除雪優先度の精度向上の2つの課題が残されている。屋根上の積雪重量の精度が低くなった要因として、建物からの熱による屋根雪の融雪や建物上の

吹きだまり、吹き払いなど、推定が難しい要素を考慮しなかったことが挙げられる。今後、地上の積雪重量と屋根上の積雪重量の関係を整理し、推定に組み込むべき要素の選定や地上の積雪重量から屋根上の積雪重量を推定する方法などについて検討する必要がある。積雪重量の予測精度を向上させることができれば、除雪優先度の算出精度の向上も期待できる。また、除雪優先度の精度向上に向けては、建物ごとの積雪重量の許容値や居住状況を把握し、建物毎に適切な除雪優先度を求めることも必要である。それを実現するためには、建物の構造特性や建築年代が異なる複数のパターン（地域の垂直積雪量、除雪を前提とした場合の垂直積雪量など）で除雪優先度を算出することや、除雪優先度の表現を変えることなどで、精度の限界を補うことができると考えられる。

将来的には、除雪優先度算出システムが地方公共団体、豪雪地帯における雪下ろしの担い手及び住民に利用されることにより、適時適切な除雪の必要性の判断を可能とし、効率的な屋根雪の除雪を行うことで、屋根の雪下ろしの負担及び雪下ろしによる事故の軽減を目指す。

● 被災現場支援ツール

被災現場支援ツールでは、実証実験の参加者から災害現場での有効性、直感的な操作と音声入力による状況報告、3D 都市モデルの視認性に高い評価を得られた。特に、被災状況の記録や情報共有に要する時間については、本ツールを用いることで従来の手法（紙様式）よりも大幅に時間が削減できることが確認できた。

一方で、多様な使用環境に耐え得る重畳精度の確保が課題として挙げられた。札幌市清田区の実証エリアは低層家屋が多く問題は生じなかったが、札幌市中心部のような高層建築が多い箇所、高さ方向のずれが生じる可能性が課題として挙げられ、今後、地盤標高と重畳精度の関係について検証、改善が必要だと考えられる。また、長岡市ではアーケードによって GNSS 電波の受信が阻害されたことで重畳の位置精度が低下した。電波障害によって位置情報の精度が低下することは被災地での救助活動にとって致命的な問題となりえる。アーケードや地下空間等の GNSS の電波を受信しにくい場所で正確な位置情報を取得する手法の開発が必要である。今回被災現場支援ツールを検証した札幌市では市の管理する大規模な地下空間があり、冬季の災害における避難空間としての活用など、地下空間の積極的な防災利用を検討している。また、長岡市での課題で挙げられた GNSS 電波の障害による対応は、他都市でも同様に課題となるものであり、今後の実装に向けて対策が求められる。

今後は、除雪優先度算出システムが活用される地方公共団体を増やし、豪雪地域における気候変動による局地的な集中豪雪や湿雪による被害発生等の雪氷災害対応の効率化を図ることで、高齢化による除雪担い手不足の解消と雪下ろし事故の削減に貢献する。また、被災現場支援ツールについては、位置情報の取得が難しい山中や高層建築の多い都市部等、様々な場所での災害現場への応用を強化することで、効率的かつ安全な災害支援を実現する。

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	API	ソフトウェア間で情報をやり取りするための仕組み、Application Programming Interface
2	AR	現実世界にデジタル情報を重ねる技術、Augumented Reality
3	CityGML	OGC(Open Geospatial Consortium)で提唱されている 3D 都市モデルを扱うための標準的なフォーマット
4	DEM	地盤の高さを数値データとして表現したモデル、Digital Elevation Model
5	GDAL	豊富なファイル形式の空間情報の参照・加工・分析等が可能な GIS フリーソフトウェア、Geospatial Data Abstraction Library
6	GeoJSON	JSON を用いて空間データをエンコードし、非空間属性を関連づけるファイルフォーマット
7	GLB	3D モデル、テクスチャ、アニメーション、PBR マテリアルを 1 つのバイナリファイルにまとめた、軽量で Web やモバイル配信に最適な形式
8	GNSS	人工衛星を利用して位置を測るシステムの総称、Global Navigation Satellite System
9	GIS	位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）の管理や加工、分析等を行う技術、Geographic Information System
10	NetCDF	科学的な多次元データ（気温、湿度等）を格納するためのバイナリファイル形式
11	OpenLayers	ブラウザで地図データを表示する、JavaScript で組まれたオープンソースライブラリ
12	OSS	ソースコードが公開されたソフトウェア、Open Source Software
13	QGIS	オープンソースの GIS ソフトのひとつ
14	SIP	内閣府総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクト、Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
15	SNOWPACK	スイス連邦雪・雪崩研究所が開発した、気象データを用いて積雪の層構造を計算するモデル
16	Unity	2D・3D ゲームや AR・VR コンテンツ、ツール系のアプリケーション開

		発などに対応しているゲームエンジン
17	X-FACE	災害現場の最前線で活動する実動機関の隊員用デバイス（スマートフォン等）により、被害状況及び活動状況を自動的に収集・解析し、被害状況の報告等の入力負荷を低減するシステム

B) 五十音順

表 11-2 用語集（五十音順）

No.	用語	説明
1	音声認識	音声入力をテキスト情報に変換する技術
2	豪雪地帯	冬に多量の積雪がある地域のこと、日本の法制度上では、豪雪地帯対策特別措置法に基づき指定された地域を指す
3	合同調整所	災害現場において、警察、消防、海上保安庁、自衛隊、DMAT 等関係機関における情報共有及び活動調整等を行う場所
4	除雪	積雪や屋根雪を除去すること。本 UC では、屋根雪の除雪（雪下ろし）を指す
5	積雪重量	単位面積あたりの積雪の重さ
6	積雪変質モデル	SNOWPACK などの積雪深や積雪密度の変化を計算するモデル
7	地理院タイル	国土地理院が提供するタイル状の地図データ
8	雪おろシグナル	国立研究開発法人防災科学技術研究所が開発した、地域の雪の重さと危険度を演算、表示するシステム
9	要援護世帯	高齢世帯や母子世帯、障がい者世帯など支援が必要な世帯。本 UC では、実証を行った長岡市の「要援護世帯除雪費助成事業」の助成対象となる世帯を指す

以上

豪雪地帯の建築物における
除雪優先度算出システム及び被災現場支援ツールの開発
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：株式会社雪研スノーイーターズ

国立研究開発法人防災科学技術研究所

株式会社マイスター