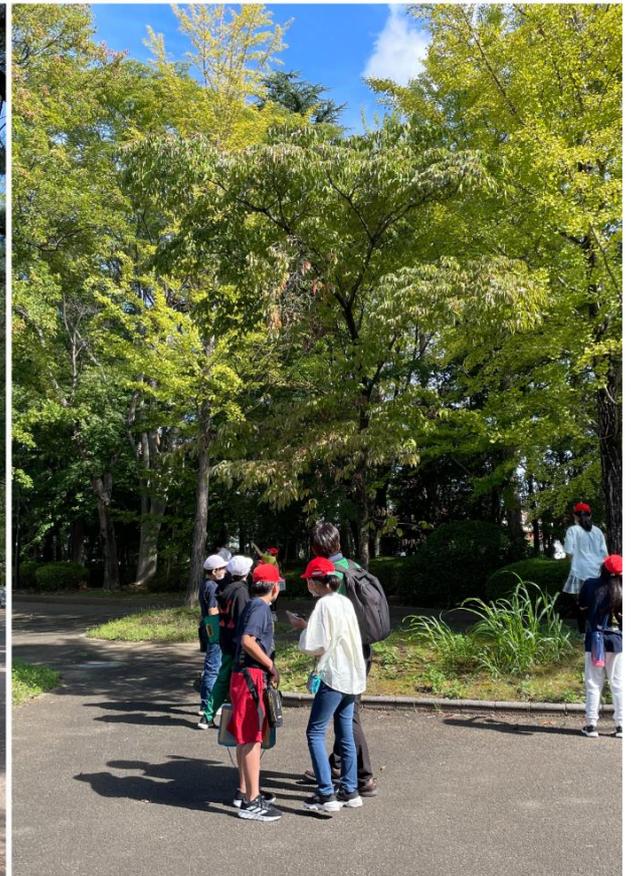
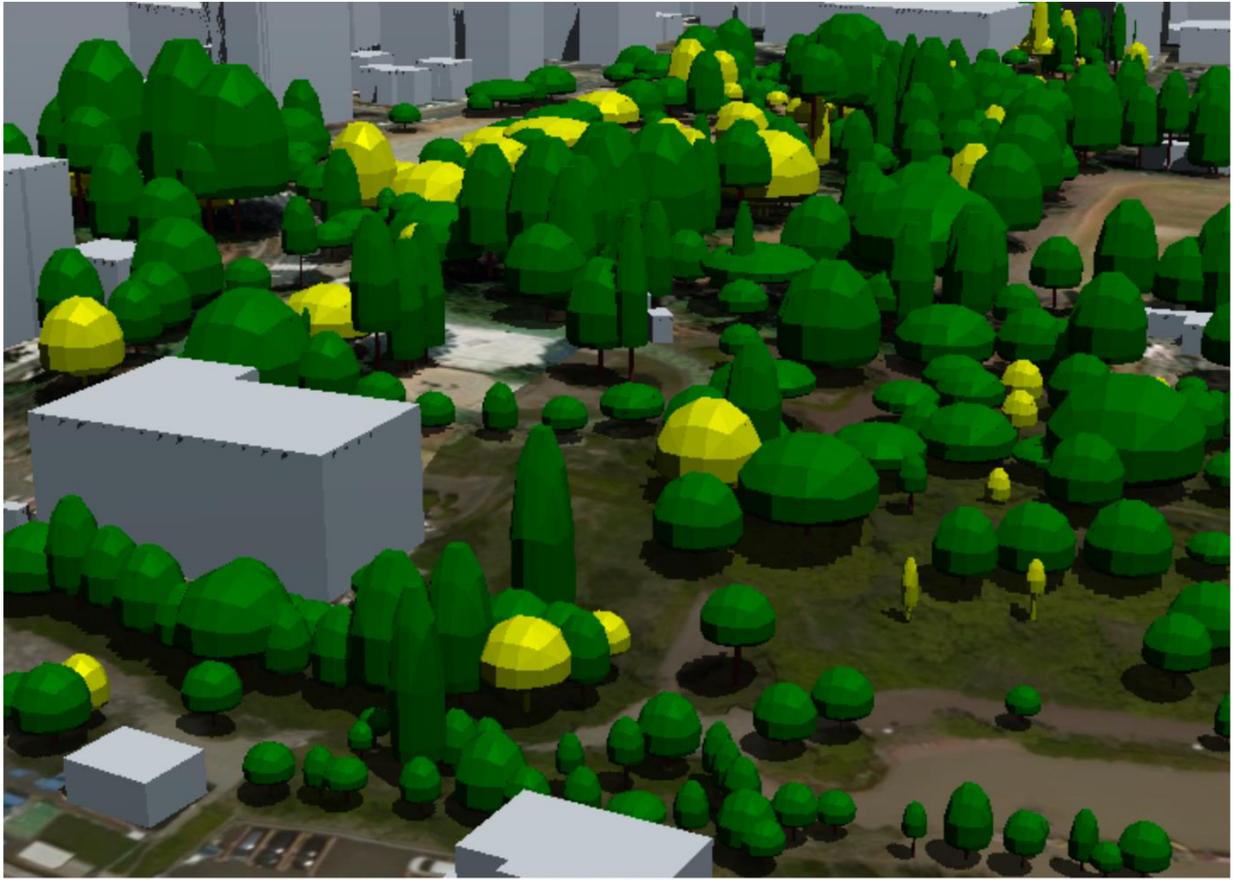




PLATEAU
by MLIT

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



市民協働による樹木管理 DX

技術検証レポート

Technical Report on Digital Transformation of Tree Management Operations
through Civic Collaboration

series No. 84

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	- 2 -
1-2. 課題解決のアプローチ	- 3 -
1-3. 創出価値	- 5 -
1-4. 想定事業機会	- 6 -
2. 実証実験の概要	- 7 -
2-1. 実証仮説	- 7 -
2-2. 実証フロー	- 8 -
2-3. 検証ポイント	- 9 -
2-4. 実施体制	- 10 -
2-5. 実証エリア	- 11 -
2-6. スケジュール	- 12 -
3. 実証システム	- 13 -
3-1. アーキテクチャ	- 13 -
3-1-1. システムアーキテクチャ	- 13 -
3-1-2. データアーキテクチャ	- 16 -
3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ	- 17 -
3-2. システム機能	- 23 -
3-2-1. システム機能一覧	- 23 -
3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ	- 26 -
3-2-3. 開発機能の詳細要件	- 26 -
3-3. アルゴリズム	- 52 -
3-3-1. 利用したアルゴリズム	- 52 -
3-3-2. 開発したアルゴリズム	- 55 -
3-4. データインタフェース	- 56 -
3-4-1. ファイル入力インタフェース	- 56 -
3-4-2. ファイル出力インタフェース	- 57 -
3-4-3. 内部連携インタフェース	- 59 -
3-4-4. 外部連携インタフェース	- 62 -
3-5. 実証に用いたデータ	- 63 -
3-5-1. 活用したデータ一覧	- 63 -
3-5-2. 生成・変換したデータ	- 66 -
3-6. ユーザーインタフェース	- 67 -
3-6-1. 画面一覧	- 67 -

3-6-2. 画面遷移図	- 69 -
3-6-3. 各画面仕様詳細	- 72 -
3-7. 実証システムの利用手順	- 85 -
3-7-1. 実証システムの利用フロー	- 85 -
3-7-2. 各画面操作方法	- 86 -
4. 実証技術の検証	- 95 -
4-1. 市民協働型調査の精度検証	- 95 -
4-1-1. 検証目的	- 95 -
4-1-2. KPI	- 95 -
4-1-3. 検証方法と検証シナリオ	- 96 -
4-1-4. 検証結果	- 98 -
4-2. LiDAR 測量精度の検証	- 103 -
4-2-1. 検証目的	- 103 -
4-2-2. KPI	- 104 -
4-2-3. 検証方法と検証シナリオ	- 104 -
4-2-4. 検証結果	- 107 -
5. 政策面での有用性検証	- 109 -
5-1. 検証目的	- 109 -
5-2. 検証方法	- 110 -
5-3. 被験者	- 113 -
5-4. ヒアリング・アンケートの詳細	- 114 -
5-4-1. アジェンダ・タイムテーブル	- 114 -
5-4-2. アジェンダの詳細	- 114 -
5-4-3. 検証項目と評価方法	- 116 -
5-4-4. システムデモの概要	- 117 -
5-4-5. 実証実験の様子	- 124 -
5-5. 検証結果	- 126 -
6. 実証の成果と課題、今後の展望	- 138 -
6-1. 本実証で得られた成果	- 138 -
6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性	- 138 -
6-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性	- 139 -
6-1-3. 3D 都市モデルの政策面での優位性	- 140 -
6-2. 実証実験で得られた課題と対応策	- 141 -
6-3. 今後の展望	- 143 -
7. 用語集	- 144 -

1. ユースケースの概要

1-1. 現状と課題

1-1-1. 課題認識

都市公園や街路等における樹木管理業務では、日々の点検や積算業務において樹木規格や腐朽菌発生といった情報を記録・共有・管理することが求められているが、地方公共団体では管理台帳自体が整備されていないケースが多く、紙ベースやExcelデータ等の管理に留まっている。また、グローバルの先進事例をみると、都市内の樹木情報を収集し、CO₂ 吸収量に代表される生態系サービスの定量評価など、都市緑化やカーボンニュートラルの観点から樹木情報を活用する動きが広がっている。このため、豊富な樹木情報を収集しデータベース化することは、インフラ管理の効率化のみならず、都市内の樹木の付加価値を高めることにもつながることが期待されている。

他方、現存する樹木の情報を収集・データ化し、網羅的なデータベースを構築するコストは大きくなりがちであり、地方公共団体における導入は広がっていない。特に位置や樹高などの基礎的な情報に加え、健康状態や周辺の生態などの樹木の付加的な情報を収集しようとする場合はコストが問題となるため、いかにして効率的にデータ収集を行うかが課題となっている。

実証実験を行う仙台市においても既存の樹木管理業務では、公園内の樹木の状態把握が不十分であり、データに裏打ちされた定期メンテナンスや緊急時の対応ができていない状況である。また、樹木のデータが不完全であるため、公園の緑化計画や環境影響評価に必要な情報が十分に提供されておらず、このような状況は、公園の緑地の質の維持向上、市民の利用促進、更には地域の生態系保全において潜在的な課題と考えられる。

1-1-2. 既存業務フロー

全国の地方公共団体に共通する公園樹木管理業務に関わる業務フローの概要を以下に示す。

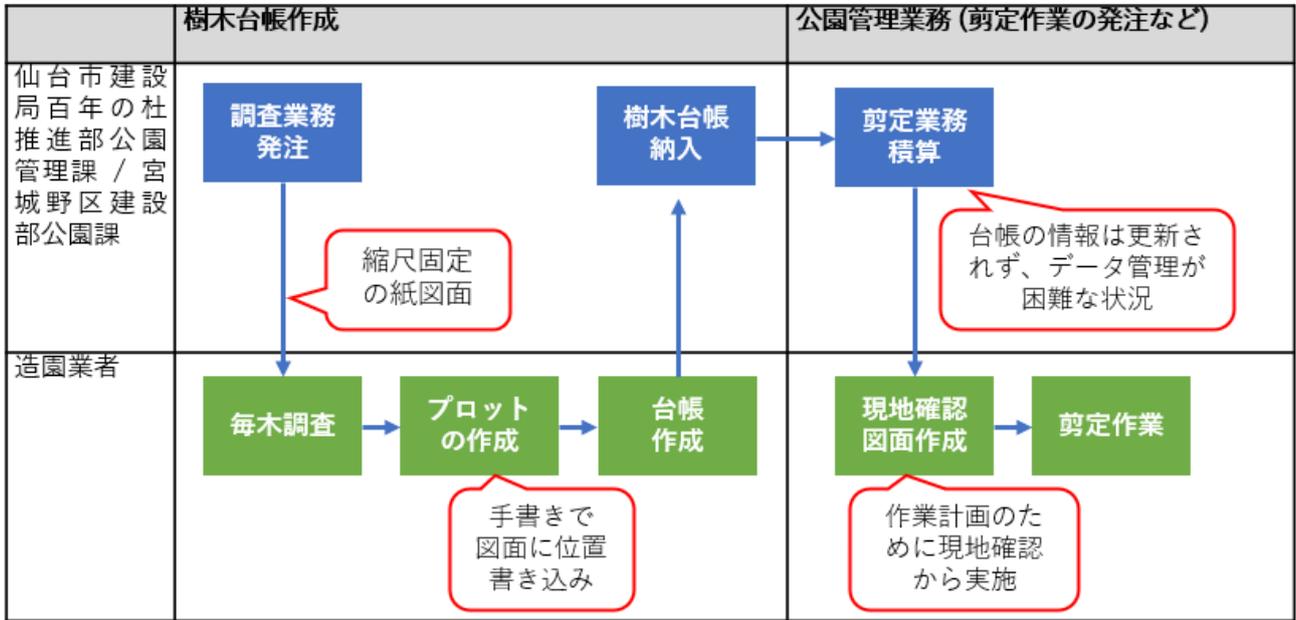


図 1-1 既存業務フロー

表 1-1 既存業務概要

実施項目	実施主体	業務概要
①樹木管理台帳作成	仙台市建設局百年の杜推進部公園管理課/宮城野区建設部	<ul style="list-style-type: none"> ● 設計図面をもとに完成当初の情報を整理する。 ● 専門業者に委託して高木の樹木調査を行い、最新情報を更新する。 ● 設計図面に反映されていない伐採あるいは補植された高木の情報を整理する。 ● 紙印刷又は Excel データで管理する。
②積算・管理業務	公園課	<ul style="list-style-type: none"> ● 管理台帳の情報をもとに手計算で剪定や危険木調査の積算業務を行う。 ● 管理履歴の更新情報を紙又は Excel に記録する。
③危険木調査		<ul style="list-style-type: none"> ● 危険木調査に当たっては、専門業者に委託し、簡易診断で全ての樹木のキノコ（腐朽菌）の有無を調べ、将来倒木の恐れのある対象木を絞り込んだ後に精密診断を行う。 ● 規定の帳票に点検結果を記載し、保管する。

また、公園管理者によって違いはあるものの、既存の業務フローが一般的に抱えている課題としては、次のような内容が挙げられる。

- 1) 樹木情報の収集コスト
 - 地方公共団体によってはコストや人手の問題から、樹木の位置やサイズなどの基礎的なデータについて更新が十分とはいえない状態となっている。

- 健康状態や周辺の生態などの付加的な情報取得はコストの面からほとんどなされていないのが現状であり、樹木の健康状態や周辺環境との関係性にもとづいた効果的な管理計画の立案が難しくなっている。
- 2) 非効率な情報管理と積算業務
 - 現状、多くの地方公共団体では樹木管理台帳が整備されておらず、紙ベースや Excel データ等での管理に留まっている。
 - そのため、データの整合性や一貫性を保つことが難しく、地図情報との紐づけもなされていないことから、樹木管理に関する積算業務の効率性が損なわれている。
 - 現地調査や現場管理をはじめとする樹木管理業務では手作業での計算や記録が中心であり、業務効率に課題がある。
 - 特に、危険木調査においては、専門家の人手をかけた調査しか方法がなく、コスト面ですべての樹木を対象とできないことからリスクのある樹木を見逃す可能性がある。

1-2. 課題解決のアプローチ

本実証実験では、3D 都市モデル（植生モデル）を活用した樹木データベースシステムを開発。スマホアプリと連携することで、樹木の写真や情報をクラウドソーシング型で収集する仕組みを構築した。また、クラウド環境で樹木情報の管理や集計を可能とし、管理業務の発注や CO₂ 吸収量算定等に活用した。

これにより、台帳整備やデータ化に課題のあった公園樹木について、3D 都市モデル（植生モデル）のデータを用いることで標準的なデータベース化を可能とし、体系的な樹木情報の管理を実現した。加えて、公園樹木の管理に必要な幹周や樹高等の計測情報は 3D 都市モデルから取得しつつ、樹種や CO₂ 吸収量等は判読 AI を搭載したスマホアプリから収集する仕組みとすることでクラウドソーシング型の情報収集ができるようになった。

本システムの導入で想定される樹木のデータ取得と管理や積算業務の業務フローを記載する。

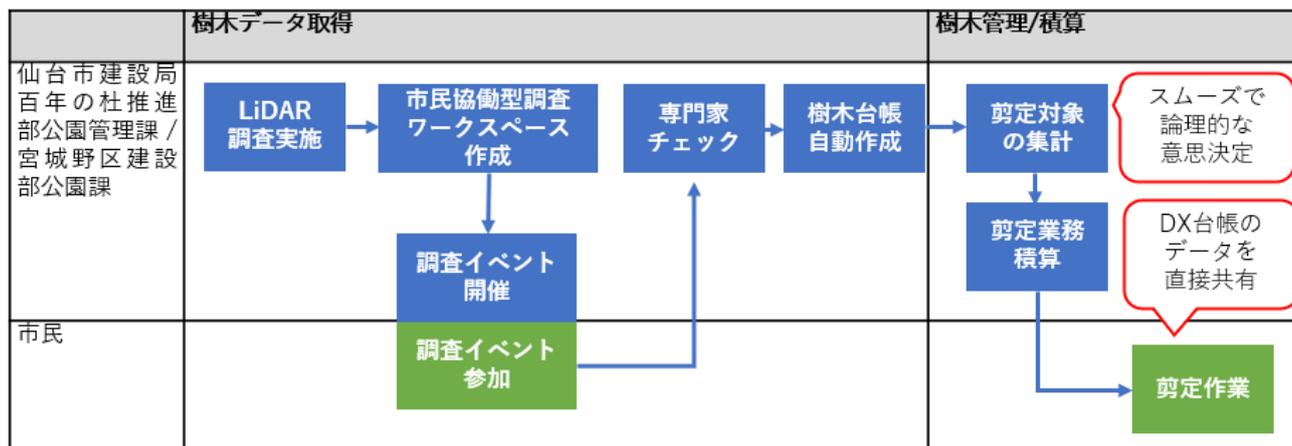


図 1-2 改善後の業務フロー

表 1-2 本システムの導入による改善点

実施項目	実施主体	業務概要
① 樹木データ取得	仙台市建設局百年の杜推進部公園管理課/宮城野区建設部公園課	<ul style="list-style-type: none"> ● スマホアプリを活用した市民協働型のクラウドソーシングによる情報収集により、樹木の写真や樹種、位置情報、健康状態について、専門の事業者にも頼ることなく全数データを作成することができる。 ● 位置情報やサイズデータといった基礎的なデータにくわえ、樹種や健康状態といったデータを一元的に取得することができる。また、こうした豊富なデータが揃うことで、今まで算出が難しかった樹木の環境価値を定量化しデータに加えることができるようになる。
	市民	<ul style="list-style-type: none"> ● 公園樹木のデータ作成の過程に携わる時間ができるため、公共空間に対して興味関心が深まる。 ● 小学校などのデジタル教育及び環境教育の一環として地域の樹木について学ぶ機会となる。
② 樹木管理/積算	宮城野区建設部公園課	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルの植生モデルを活用することで、データの整合性や一貫性を保ちつつ、視覚的に情報を確認し効率的に更新や共有することができるようになる。 ● 樹木管理を行う際に、健康状態の記録と紐付く樹木データを地図上で確認できるため、根拠をもって効率的に樹木診断の計画を立てることができる。 ● 樹木の情報データベースで管理することにより、樹木の樹種やサイズのデータについて手作業での計算や記録の手間を大幅に削減することができるため、剪定や伐採などの積算業務に掛かる労力が大きく削減される。

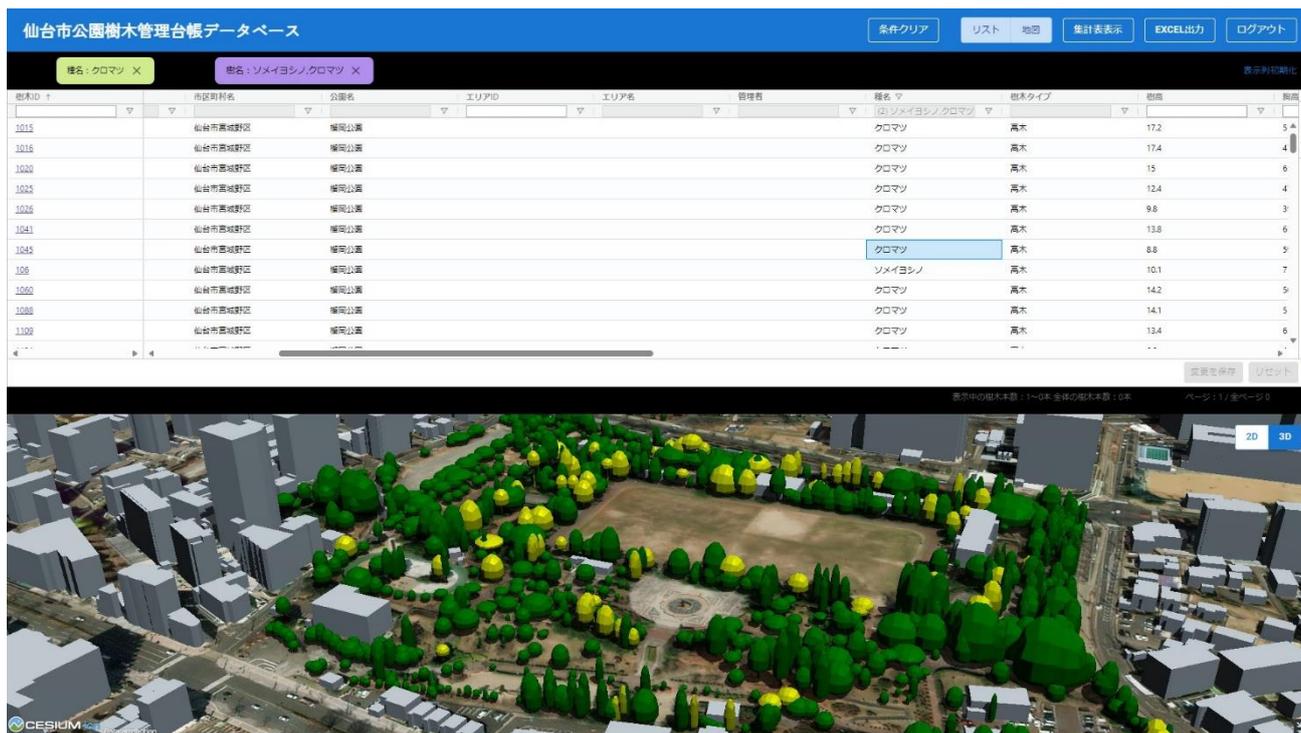


図 1-3 開発したシステムのイメージ

1-3. 創出価値

スマホアプリを活用した市民協働型によるデータ収集と 3D 都市モデル（LOD2 植生モデル）を基とした樹木管理用データベースシステムを統合することで、樹木の効率的な管理とデータの活用を可能とする。このシステムにより、以下の価値を創出する。

まず、3D 都市モデルと連携した樹木管理用データベースにより、樹木の位置情報や属性情報を一元的に管理できるようになる。これにより、市民協働型調査により樹木データを効率的に更新できるため、常に最新の状態で樹木情報を保持することが可能となり、樹木の維持管理業務の効率化や、データに基づいた意思決定につながる。

また、樹木管理用データベースに、今まで情報が不足していた樹木の健康状態や腐朽菌の有無などの項目もデータが登録される。これらのデータを活用することで、現地調査を別途実施することなく樹木の健全性を評価し、危険木の可能性が高い樹木を特定することができるようになるため、計画的かつ効率的な樹木のモニタリングにより、倒木リスクを低減させることができる。

さらに、樹木の多様な属性情報を樹木管理用データベースに整備することで、外部システムと連携した樹木環境価値のシミュレーションが可能となり、樹木の CO₂ 吸収量や雨水遮断量などの環境価値の定量的な評価を自動的に取得できるようになる。これにより、公園樹木の環境効果の可視化や、グリーンインフラとしての樹木管理計画の根拠となるデータを提供する。

市民協働調査を実施することはデータ取得コストの削減以外の価値も提供する。市民協働調査を通じて公園管理業務に市民参加を促し、樹木管理に関する理解度の向上や環境意識に関する普及啓発、まちづくりへの参画意識の醸成が期待される。

1-4. 想定事業機会

表 1-3 想定事業機会

項目	内容
利用者	<ul style="list-style-type: none"> ● 公園管理者（地方公共団体、指定管理者） ● 一般市民
提供価値	<ul style="list-style-type: none"> ● 公園樹木の管理・マネジメントの効率化、積算業務の自動化 ● 樹木の健康状態に関わる概況データの取得による、効率的な樹木診断の実施、及びコストの合理化に伴う倒木リスクの少ない街路樹・公園行政の実現
サービス仮説	<ul style="list-style-type: none"> ● 市民協働型の調査アプリの提供と取得したデータの納品 <ul style="list-style-type: none"> ➢ プロモーションも兼ねた調査イベントの実施 ➢ 学校教育とリンクした環境・デジタル教育コンテンツとしても提供 ● 市民が取得したデータをそのまま利用するのではなく、地方公共団体が品質の確認、及びデータ修正が可能な 3D 樹木管理台帳を提供 ● 管理アプリ・システムの提供・運用保守サービス（クラウドベースによる Web システムの提供） ● 基本的な管理機能を使用できるパッケージの販売や定額サービス（サブスクリプション）を展開

2. 実証実験の概要

2-1. 実証仮説

多くの地方公共団体では、街路樹や公園樹木などのグリーンインフラに関するデータの整備が不十分であり、効率的な管理や定量評価にもとづく計画策定が困難な状況である。そこで以下の仮説にもとづき実証をおこなう。

- 3D 都市モデル（LOD2 植生モデル）を基盤とし、市民協働型調査を導入することで、樹木の位置情報や属性情報を効率的に収集・更新できる。これにより、従来手法と比較して、低コストかつ高頻度でデータを更新できるようになり、樹木管理の精度と効率が向上する。
- 従来は整備されていない属性情報を樹木管理データベースに組み込むことで行政の公園業務に対して新しい価値を生み出すことができる。具体的には、市民協働型調査で収集した樹木の健康状態や腐朽菌の有無などのデータを活用することで、樹木の健全性を簡易的に評価し、危険木のおそれがある樹木の特定が可能になる。また、樹木の属性情報をもとに、CO₂ 吸収量や雨水遮断量などの環境価値を定量的に評価することで、行政の脱炭素施策に寄与する緑地計画の立案に役立てることができる。
- 市民協働型調査では、一般市民を対象に樹木データの収集に参加する機会を提供することで、参加者が街路樹や公園の樹木の価値について理解を深め、価値を再確認する場を提供する。データを収集するプロセスを通じて、市民の公園行政への関心を高め、理解を深めることができる。さらに、小学生向けにプログラムを提供することで、将来を担う子どもたちの環境意識の向上に寄与するとともに、デジタル技術を活用した樹木調査を通して ICT スキルの向上も図る。

2-2. 実証フロー

- 1) 地上 LiDAR 調査
 - 高木の位置、規格を把握する。
 - 市民協働型調査 DB を作成する。
- 2) 市民協働型調査の実施
 - 市民協働型調査 DB をもとに、BiomeSurvey を用いて市民協働型調査を行い、樹種及び特定情報を記録する。
 - 取得した情報をもとに高木の環境価値を定量的に評価する。
 - 参加者を可能な限り多く募るため市民協働型調査は2パターン実施する。
 - ①仙台市立榴岡小学校（5年生 150名程度）の協力により授業枠で実施する。
 - ②市民参加型として延べ6日間（午前の部、午後の部）によるワークショップを12回開催する（悪天候の場合は中止）。
- 3) 記録情報の確認と保管
 - 樹木管理台帳 DB に高木の情報、写真を保管する。
 - 樹木管理台帳 DB は2D/3D表示機能を持つ公園樹木管理台帳システムに関連付けた保管を行い、容易に剪定や危険木調査の積算、管理業務を可能とする。
- 4) 点検結果の確認と保管
 - 点検結果を確認する。
 - 点検結果を踏まえ、樹木管理台帳システムに保管する。

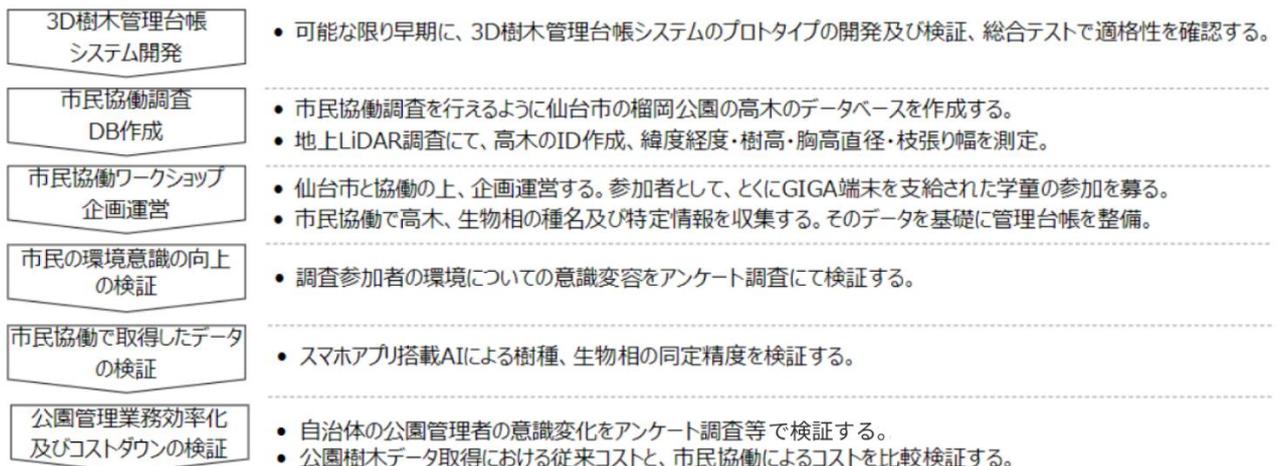


図 2-1 実証フロー

2-3. 検証ポイント

- 公園樹木データ収集において、市民協働型調査と従来の手段とのコスト比較
従来手段と比較し、公園樹木データ収集を市民協働で行うことによるデータ整備コスト削減の効果を調べる。
※ 【4. 実証技術の検証】に検証結果を記載
- スマートフォンアプリ搭載 AI を利用した市民協働型調査による樹種判定精度の検証（サービス側の内部検証）
既存の専門家による調査と比較して情報の精度がどの程度担保できるかが手法の有用性において重要なポイントとなるため、市民協働で収集した樹種判定の信頼性を確認する。
※ 【4. 実証技術の検証】に検証結果を記載
- 樹木管理台帳システム利用者 ※Web アンケートを想定
3D 都市モデルに紐づく公園樹木管理台帳に関する機能や使用感に関する意見を収集する。
※ 【5. 政策面での有用性検証】に検証結果を記載
- ワークショップ参加者 ※Web アンケートを想定
地方公共団体と市民協働型調査のワークショップに参加してのアプリの使いやすさ、及びプログラムの効果を検証する。
※ 【5. 政策面での有用性検証】に検証結果を記載

2-4. 実施体制

表 2-1 実施体制

役割	主体	詳細
全体管理	国交省 都市局	● プロジェクト全体ディレクション
	アクセンチュア	● プロジェクト全体マネジメント
実施事業者	東邦レオ	● ユースケース実証における企画・運営 市民協働型調査の企画と運営ならびにインプットデータの作成 ● 開発済みの樹木価値定量化システムの提供
	Pacific Spatial Solutions	● 公園樹木管理台帳の機能の設計と開発 ● CityGML データ作成
	バイオーム	● 市民協働型調査アプリの提供 ※一部機能新規開発 ● 市民協働型調査の運営ならびに収集データの検証
実施協力	仙台市 都市計画課	● 3D 都市モデルの整備に当たっての関係部署との調整
	仙台市 公園管理課	● 3D 樹木管理台帳の利用者 ● 過去の図面データ提供
	仙台市宮城野区 公園課	● 3D 樹木台帳の利用者 ● 過去の図面データ提供
	仙台市 環境共生課	● 市民協働型調査参加者の集客協力
	仙台市立榴岡小学校	● 課外授業として市民協働型調査への参加協力
	仙台駅東まちづくり協議会	● 市民協働型調査参加者の集客協力 ● 市民協働型調査の運営協力
	仙台市 PTA 協議会	● 市民協働型調査参加者の集客協力

2-5. 実証エリア

表 2-2 実証エリア

項目	内容
実証地	宮城県仙台市
面積	0.112 km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	 <p>Map showing the experimental area (red outline) in Sendai, Miyagi Prefecture. The area includes Rikugakiguchi Station (榴ヶ岡駅), Rikugakiguchi Park (榴岡公園), and the Third Cooperative Office (第三合同庁舎). Other nearby landmarks include Sendai Sun Plaza Hall (仙台サンプラザホール) and the Third Office (第三庁舎).</p>

図 2-2 実証エリア

3. 実証システム

3-1. アーキテクチャ

3-1-1. システムアーキテクチャ

今回の実証実験では、樹木 1 本単位の樹種や樹勢（樹木の健康状態）、腐朽菌（樹木を腐食・劣化させるキノコ）の有無等の樹木情報や、炭素貯蔵量、年間 CO₂ 吸収量、雨水樹冠遮断量等の環境価値をリレーショナルデータベースとして管理する「①公園樹木台帳システム」を開発・構築した。樹木情報の登録に関しては、スマートフォンで撮影した写真から動植物の種名候補を AI がレコメンドし、撮影者が容易に種名を判定できるいきもの調査アプリ「BiomeSurvey」（株式会社バイオーム）を用い、撮影者が樹種、樹勢、腐朽菌の有無といった付加情報を登録できるようなカスタマイズを行った（「②BiomeSurvey のカスタマイズ」）。また、環境価値については、樹木の環境価値を定量化するソフトウェア「U-GREEN」（東邦レオ株式会社）に新たに「①公園樹木台帳システム」と連携するための API を開発することで、樹木情報が修正・更新された際に樹木単位での環境価値の更新ができるようにした（「③U-GREEN との API 連携」）。

加えて、実証実験の事前準備として、実証地である仙台市榴岡公園の樹木データを準備するため、地上 LiDAR 計測による測量を公共測量として実施し、樹木の位置、樹高、直径、枝下高さ等の樹木の基礎的な情報を含む 3D 都市モデル（LOD2 植生モデル）を作成した。

「①公園樹木台帳システム」は、作成した植生モデルを格納し、データベース管理を行うための web アプリケーションとして構成され、JavaScript フレームワークである react.js を利用して開発した。主な機能として、データベース管理機能、地図との連携機能、「BiomeSurvey」との連携機能を構築した。

データベース管理機能として、個票表示機能、文字および数値による絞り込み機能、樹木の幹周ランクによる集計機能、公園管理者等による属性情報編集機能、Excel 形式のデータエクスポート機能をリスト機能として実装した。データベース管理は PostgreSQL を用いて構築している。

地図との連携機能として、2次元および3次元での樹木表示機能、台帳リストの絞り込みに連動した樹木表示機能、属性値による色分け表示機能、樹木のクリックによる個票表示機能を実装した。表示機能は cesium.js 及び 3DTiles のパッケージを用いている。

BiomeSurvey との連携機能は、同ツールのスマートフォンアプリ版にて取得したデータの自動集約、及び樹種名等の誤登録情報修正（クレンジング）後データの送付機能を実装した。

これらの機能により、これまででない直感的な 3次元表示とリストの連動による樹木の状況把握、柔軟で高速な絞り込みと集計が実現でき、効率的な公園樹木の管理が行えるようになった。

今回の実証実験では、実証地である榴岡公園のデータを用い、「榴岡公園デジタル公園樹木台帳」として試験運用を行っている。

「②BiomeSurvey のカスタマイズ」は、作成した植生モデルに対して樹種、樹勢、腐朽菌の有無といった付加情報を収集するためのアプリとして開発を行った。BiomeSurvey の既存機能である地図上に樹木データを 2D のポイントとして表示する機能、スマホ GPS から取得されたユーザー位置情報を地図上に表示する機能、ユーザーが情報収集対象となる樹木データのポイントを選択する機能、対象樹木について写真の登録、撮影

写真を用いた画像判読 AI による樹種名判定機能、付加情報収集済みの樹木データを色分けする機能、樹木の環境価値を計測しアプリ上で表示する機能はそのまま活用し、新規機能として「樹勢や腐朽菌の有無といった属性情報をユーザーが入力する機能」を開発し実装した。

これらの機能により、住民参加型のワークショップ等で樹木情報を収集することを可能としている。ユーザーは BiomeSurvey 上にマップされた各樹木を選択し、対象樹木を複数の角度から撮影することで、AI が複数の種名候補を Recommend し、参加者が最も適する種名を選択することで、樹木の樹種名を取得することができる。また、ユーザーが目視により樹勢（樹木の健康状態）や腐朽菌（キノコ）の有無を判断し、記録できるようにしている。

BiomeSurvey 上で表示される樹木データは ID によって「①公園樹木台帳システム」の樹木データと紐づけられており、取得されたデータが自動的に連携する仕組みとなっている。具体的には、BiomeSurvey から得られたデータは Amazon S3 に csv 形式で保存され、FME Server を用いたクラウド上の処理により植生モデル（CityGML 形式）に付与されるとともに、「①公園樹木台帳システム」のリレーショナルデータベースとして保存される仕様とした。

「③U-GREEN との API 連携」は、既存の BiomeSurvey との連携に加え、「①公園樹木管理台帳システム」と API 連携するよう改修した。U-GREEN は樹種名と樹木規格の情報から CO₂ 吸収量等の樹木の定量的な環境価値を算出するサードパーティのサービスである。元々、BiomeSurvey と連携することで樹木情報を登録すると環境価値がアプリ上で表示されるような仕様になっていたが、今回の実証実験では「①公園樹木管理台帳システム」と API で連携することで、台帳上でも環境価値を可視化することができるようにした。さらに、動的な連携の仕組みを構築することで、台帳上の樹木情報が修正・更新された際に、その変更内容に応じて環境価値を再計算し、リレーショナルデータベースに再格納する機能を開発した。

本システムのシステムアーキテクチャは下図のとおり。

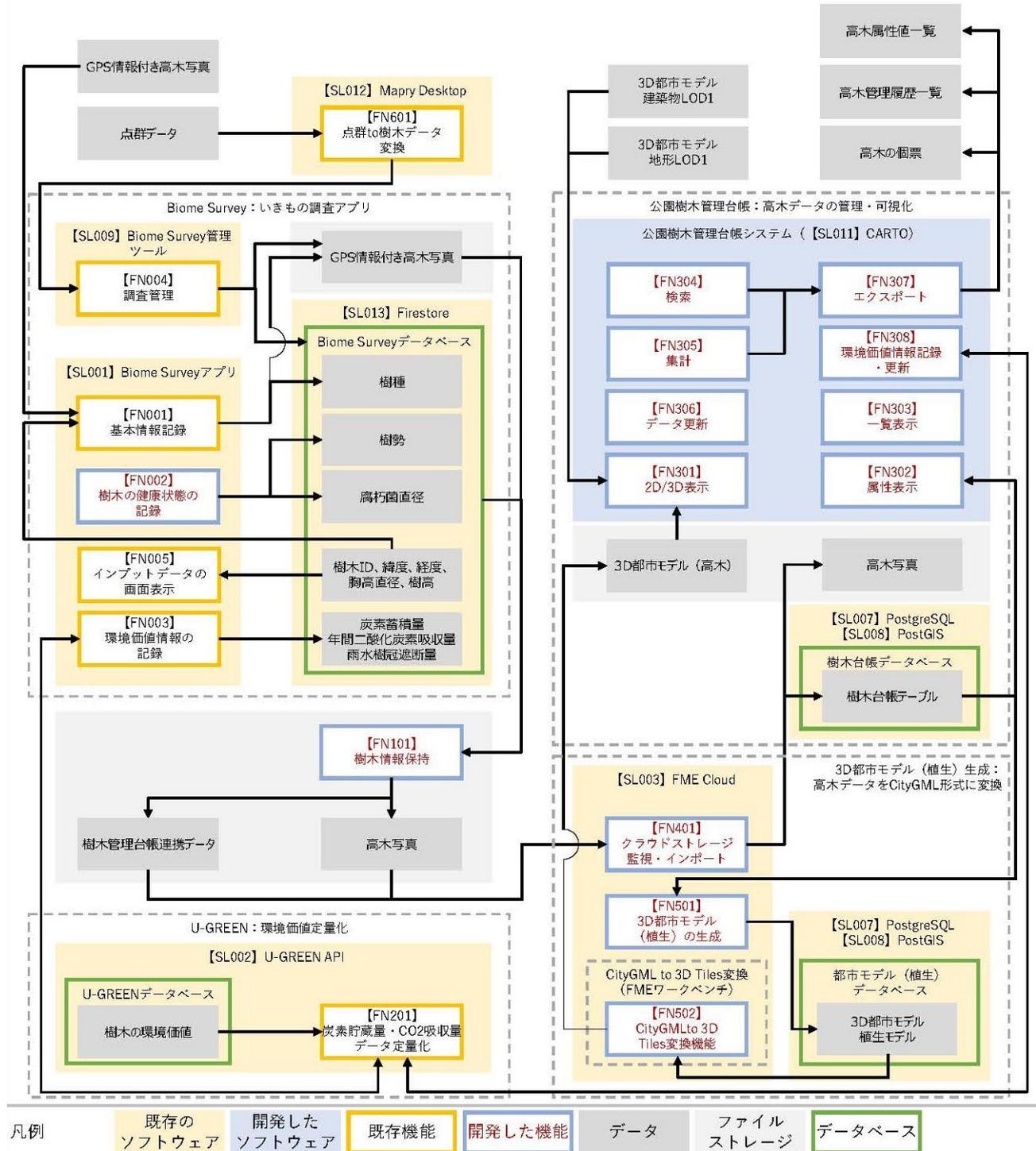


図 3-1 システムアーキテクチャ

3-1-2. データアーキテクチャ

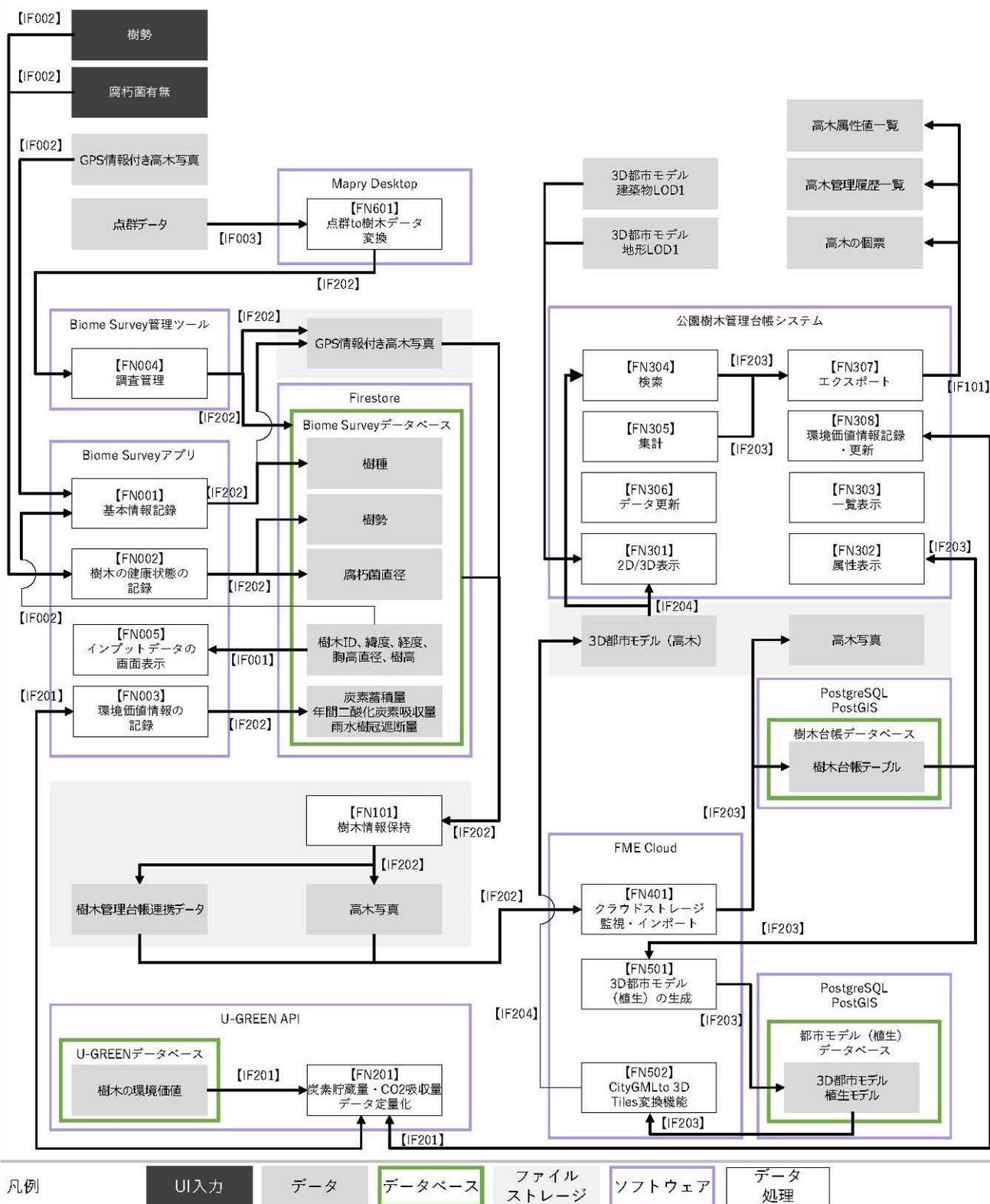


図 3-2 データアーキテクチャ

3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ

3-1-3-a. 利用したハードウェア一覧

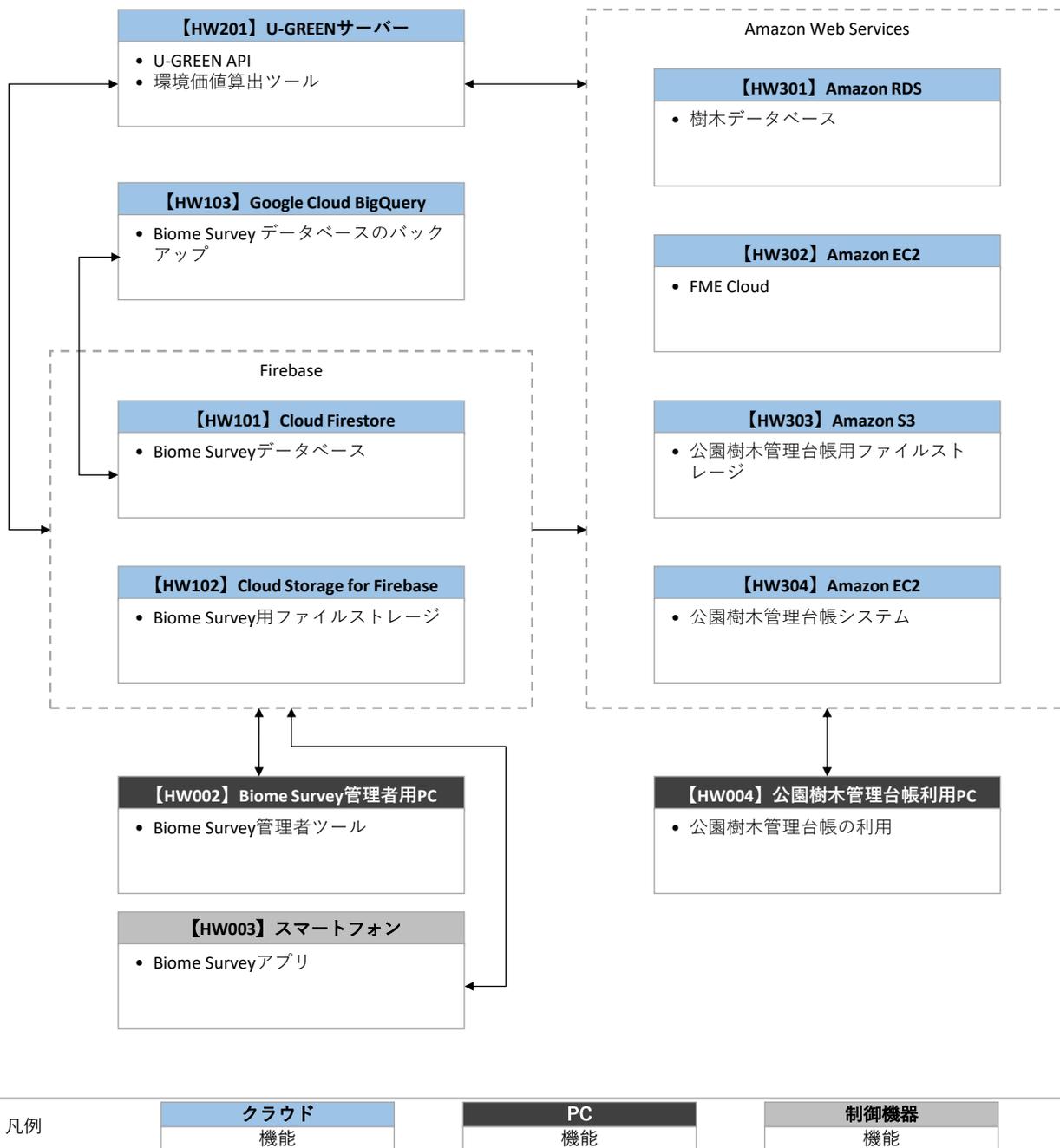


図 3-3 市民協働型調査のハードウェアアーキテクチャ

表 3-1 利用したハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	地上 LiDAR	mapry 社製 LA01、LA03	● 公園樹木の空間データの測定
HW002	BiomeSurvey 管理者用 PC	運用担当者の業務 PC	● Biome Survey 管理画面の確認と市民参加型調査におけるワークスペースの作成
HW003	スマートフォン	iPhone 又は Android (参加者の持参品)	● 市民参加型調査における Biome Survey アプリの使用
HW004	公園樹木管理台帳利用 PC	運用担当者の業務 PC	● ブラウザ上での公園樹木管理台帳の閲覧
HW101	BiomeSurvey データベース	Cloud Firestore	● BiomeSurvey のデータベースとして利用
HW102	BiomeSurvey ストレージ	Cloud Storage for Firebase	● BiomeSurvey のストレージとして利用
HW103	BiomeSurvey バックアップ用データベース	Google Cloud BigQuery	● BiomeSurvey のサーバーとして利用
HW201	U-GREEN サーバー	CARTO	● U-GREEN の環境価値算出システムと API 提供機能のホスト先として利用
HW301	公園樹木台帳仮想データベース	Amazon RDS	● 樹木管理台帳システムのデータベースとして利用
HW302	FME Cloud 利用サーバー	AmazonEC2	● FME Cloud のサーバーとして利用
HW3-3	公園樹木台帳仮想ストレージ	Amazon S3	● 樹木管理台帳システムのストレージとして利用
HW304	公園樹木台帳仮想サーバー	Amazon EC2	● 樹木管理台帳システムのサーバーとして利用

3-1-3-b. 利用したハードウェア詳細

1) 【HW001】 3D LiDAR : mapry LA01、mapry LA03

- 選定理由
 - 小型軽量
 - 森林や屋外での使用を想定して機能やデザインが開発されている。
- 仕様・スペック
 - 樹木の胸高直径測定精度 ±0.05m 以内
 - 20m の照射距離で ~20mm の歪み
 - 位置情報の誤差 50mm 以内

- イメージ

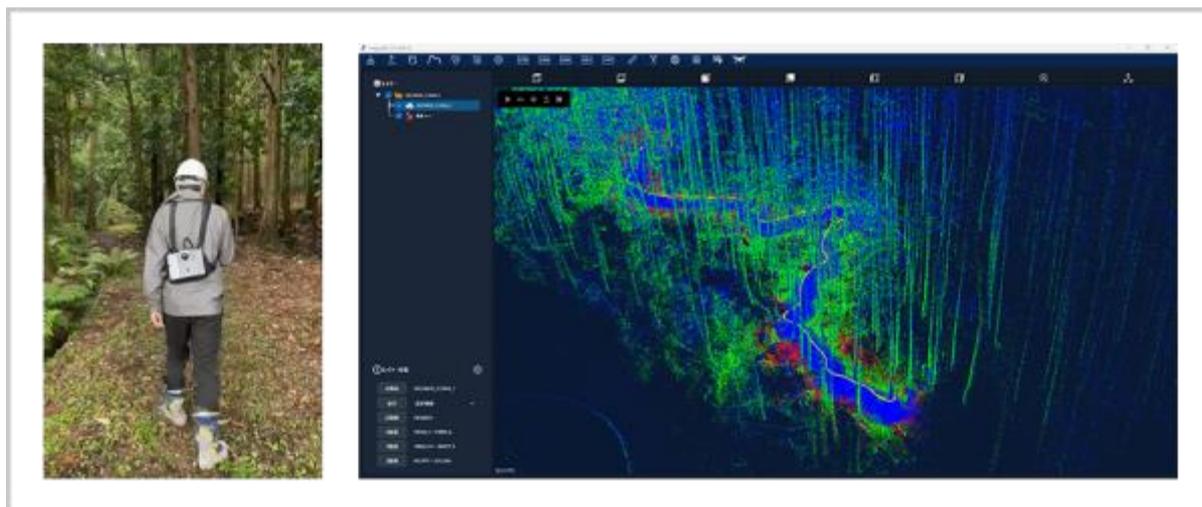


図 3-4 mapry LA03¹

2) 【HW002】 BiomeSurvey 管理者用 PC：運用担当者の業務 PC

- 選定理由
 - ブラウザで使用できるため、通常業務で使用されている PC であれば利用可能
- 仕様・スペック
 - CPU: Intel Core i5 以上
 - メモリ: 4GB 以上
- イメージ



図 3-5 BiomeSurvey 管理者が使用する PC の想定イメージ

¹ 公式 HP より抜粋：<https://mapry.jp/service/3150/>

3) 【HW003】スマートフォン：iPhone 又は Android (参加者の持参品)

- 選定理由
 - BiomeSurvey アプリは iPhone および Android で配信しているため
- 仕様・スペック
 - GPS: 標準的な精度
 - OS: iOS 12 以上 または Android 9 以上
- イメージ



図 3-6 BiomeSurvey アプリを使用する一般市民のスマートフォンの想定イメージ

4) 【HW004】公園樹木管理台帳利用 PC：運用担当者の業務 PC

- 選定理由
 - ブラウザで使用できるため、現在業務で使用されている PC であれば利用可能
- 仕様・スペック
 - CPU: Intel Core i5 以上
 - メモリ: 4GB 以上
- イメージ



図 3-7 樹木管理台帳を使用する PC の想定イメージ

5) 【HW101】 Cloud Firestore

- 選定理由
 - BiomeSurvey にて通常業務で使用しているため
 - BiomeSurvey のデータベースとして使用
- 仕様・スペック
 - データ保存形式: ドキュメントベースの JSON 形式
 - 自動スケーリング: 使用量に基づいてリソース自動調整
 - セキュリティ: Firebase Authentication と統合し、強力なアクセス管理を提供

6) 【HW102】 Cloud Storage for Firease

- 選定理由
 - BiomeSurvey にて通常業務で使用しているため
 - BiomeSurvey 用ファイルストレージとして使用
- 仕様・スペック
 - ストレージ容量: 無制限
 - ファイルサイズ制限: 最大 5TB のファイルアップロード可能
 - セキュリティ : Firebase Authentication トークンによるアクセス制御

7) 【HW103】 Google Cloud BigQuery

- 選定理由
 - BiomeSurvey にて通常業務で使用しているため

- BiomeSurvey データベースのバックアップとして使用
- 仕様・スペック
 - ストレージ容量：無制限
 - リアルタイム分析: ストリーミングデータをリアルタイムで受け取り、分析する機能を提供
 - 連携機能: 他の Google Cloud プラットフォームサービスとシームレスに連携

- 8) 【HW201】 CARTO
 - 選定理由
 - 地理空間データの分析や視覚化に関して、大規模なデータボリュームを扱う能力を有する
 - データや機能をホストして外部連携用の API を提供する
 - 仕様・スペック
 - API 提供: REST API を通じて、地図作成やデータ分析機能を提供
 - データ管理: 地理空間データのストレージとしても機能

- 9) 【HW301】 Amazon RDS
 - 選定理由
 - 通常業務において AWS 上に開発基盤を有しているため
 - 樹木管理台帳システムのデータベースとして利用
 - 仕様・スペック
 - データベースエンジン: PostgreSQL をサポート
 - スケーラビリティ: データベースの容量を簡単に拡張

- 10) 【HW302】 Amazon EC2 (FME Cloud)
 - 選定理由
 - 既存サービスのサーバーとして利用
 - 仕様・スペック
 - メモリ: 1GB から 12TB
 - ネットワークパフォーマンス: 最大 100Gbps
 - インスタンスタイプ: 多種多様で最大 12TB メモリを搭載したインスタンスを選択可能

- 11) 【HW303】 Amazon S3
 - 選定理由
 - 通常業務において AWS 上に開発基盤を有しているため
 - 樹木管理台帳システムのストレージとして利用
 - 仕様・スペック
 - ストレージ容量: 無制限

- セキュリティ: SSL 暗号化と IAM による詳細なアクセス制御
- 耐久性: 99.99999999%

12) 【HW304】 Amazon EC2

- 選定理由
 - 通常業務において AWS 上に開発基盤を有しているため
 - 樹木管理台帳システムのサーバーとして利用
- 仕様・スペック
 - メモリ: 1GB から 12TB
 - ネットワークパフォーマンス: 最大 100Gbps
 - インスタンスタイプ: 多種多様で最大 12TB メモリを搭載したインスタンスを選択可能

3-2. システム機能

3-2-1. システム機能一覧

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

1) BiomeSurvey：いきもの調査アプリ

表 3-2 BiomeSurvey 機能一覧

大分類	小分類	ID	機能名	機能説明
基本機能	共通	FN001	基本情報記録	● 高木や動植物の写真から種名を同定し、アプリユーザーが収集した高木データをアプリ画面へ表示した後、記録する。
	付加情報	FN002	樹木の健康状態の記録	● 対象高木の樹勢の観測結果を画面表示・記録する。 ● 対象高木の腐朽菌（キノコ）の有無を画面表示・記録する。
		FN003	環境価値情報の記録	● U-GREEN と API 連携し、アプリユーザーが記録した樹木情報をもとに、樹木の環境価値を算出・表示・記録する。
調査管理	調査管理	FN004	調査管理	● アプリユーザーの調査への参加、調査データの修正等を行う。
調査画面のカスタマイズ	位置情報既知の樹木調査	FN005	入力データの画面表示	● LiDAR で取得した点群データをもとに作成した樹木情報を記録し、アプリ画面で表示する。

2) ストレージ：記録された高木情報を蓄積する機能一覧

表 3-3 ストレージ機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
基本機能	FN101	樹木情報保持	● BiomeSurvey によって記録されたデータをバックグラウンドで保持し、公園樹木管理台帳で利用可能な状態を保つ。

3) U-GREEN：樹木の環境価値定量化システム機能一覧

表 3-4 U-GREEN 機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
API 連携	FN201	炭素貯蔵量・CO ₂ 吸収量・雨水樹冠遮断量の定量化	● API のリクエストで入力として受け取った樹木データに対応する炭素貯蔵量・CO ₂ 吸収量を出力する。

4) 公園樹木管理台帳 機能一覧

表 3-5 管理者用機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
樹木管理台帳利用者ページ	FN301	2D/3D 表示	● データベース (Amazon S3) に格納された高木の 3D Tiles を地図上に 2D/3D で切替表示を行う。
	FN302	属性表示	● 図上に表示した高木位置をタップした際に属性値をポップアップ表示する。
	FN303	一覧表示	● データベース (PostgreSQL) に格納された高木の属性値を表形式で表示する。 ● 管理履歴等の時系列のデータについては、ユーザーが一覧から選択した際に表示される。 ● ユーザーが地図上で高木を選択した際にはユーザーレコードが表示される。
	FN304	検索	● 表形式で表示した高木の属性値について、任意の値、あるいは範囲を指定して (数値データの場合) 該当するレコードを絞り込み表示する。
	FN305	集計	● 指定したカラムの値について、指定した集計 (合計、平均、最大、最小) を行う。
	FN306	データ更新	● ユーザーが樹木の点検結果等の管理記録 (枯死、撤去、見回りなど) を入力する。
	FN307	エクスポート	● 高木の属性値、管理履歴の一覧 (Excel 形

			式)、あるいは高木の個票 (PDF 形式) の出力を行う。 ● 出力されるデータは検索 (FN304)、集計 (FN305) 結果を反映したデータセットとなる。
	FN308	環境価値情報記録・更新	● U-GREEN と API 連携し、データベースに記録されている樹木情報が追加・更新された場合、樹木の環境価値を算出・表示・記録する。

5) データ格納 機能一覧

表 3-6 データ格納 機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
データ格納	FN401	クラウドストレージ監視・インポート	● 高木データ及び写真データが格納されるクラウドストレージ (2) を監視し、データの登録をトリガーとして、高木の属性データは PostgreSQL に、写真は S3 にそれぞれ格納する。

6) データ変換 機能一覧

表 3-7 データ変換 機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
データ変換	FN501	都市モデル (Vegetation) の生成	● 高木データを都市モデルの Vegetation に対応した CityGML 形式に変換し、PostgreSQL に格納する。
	FN502	CityGML から 3DTiles の生成	● 都市モデルの Vegetation データを 3DTiles に変換し、S3 に格納する。

7) LiDAR 点群処理 機能一覧

表 3-8 データ変換 機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
LiDAR 点群処理機能	FN601	点群 to 樹木データ変換	● LiDAR で取得した 3次元点群データをもとに樹木を抽出し位置情報やサイズ情報を算出し csv 形式で出力する。

3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ

利用したソフトウェア、ライブラリを表に示す。

表 3-9 利用したソフトウェア・ライブラリ

ID	項目	内容
SL001	BiomeSurvey アプリ	<ul style="list-style-type: none"> ● バイオーム社が提供する、生き物調査に特化したクロスプラットフォームアプリ ● BiomeSurvey のマップ機能によって、目の前にある高木が ID 何番の樹木なのか GPS 等を用いて特定できる。
SL002	U-GREEN API	<ul style="list-style-type: none"> ● 東邦レオ社が提供する、樹木環境価値定量化システムの一部機能を提供する API
SL003	FME Cloud	<ul style="list-style-type: none"> ● Safe Software 社が提供する、地理情報を含む多くのファイルフォーマットに対応したファイル変換等の機能を持つ自動処理ソフトウェア
SL004	Cesium ion	<ul style="list-style-type: none"> ● Cesium GS 社が提供する、3D データの変換と配信のクラウドサービス
SL005	Cesium.js	<ul style="list-style-type: none"> ● Cesium GS 社が提供する、3D 表示のためのオープンソースライブラリ
SL006	AG Grid	<ul style="list-style-type: none"> ● AG Grid 社が提供する、表を扱うためのライブラリ
SL007	PostgreSQL	<ul style="list-style-type: none"> ● PostgreSQL Global Development Group が提供する、広く利用されているオープンソースの汎用データベース
SL008	PostGIS	<ul style="list-style-type: none"> ● OSGeo 財団が提供する、Postgres と組み合わせて使う、オープンソースの GIS エンジン
SL009	BiomeSurvey 管理ツール	<ul style="list-style-type: none"> ● バイオーム社が提供する、BiomeSurvey アプリで実施する調査の調査票やユーザーを管理するシステム
SL010	Firestore	<ul style="list-style-type: none"> ● Google 社が提供する、データを記録するクラウド上のストレージ ● BiomeSurvey で用いるデータの記録に用いる
SL011	CARTO	<ul style="list-style-type: none"> ● CARTO 社が提供する、地図や位置情報を活用したアプリケーションの構築が可能なクラウドサービス
SL012	mapry Desktop	<ul style="list-style-type: none"> ● マプリー社が保有する、LiDAR で取得した 3 次元点群データから樹木を抽出し、位置情報やサイズ情報を算出するソフトウェア
SL013	React.js	<ul style="list-style-type: none"> ● Meta 社および開発コミュニティにより提供されている、オープンソースの Web アプリケーション用の JavaScript ライブラリ

3-2-3. 開発機能の詳細要件

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

1) BiomeSurvey：生き物調査アプリ

1. 【FN001】基本情報記録

● 機能概要

- 高木や動植物の写真から種名を同定し、アプリユーザーが収集した高木データをアプリ画面へ表示した後、記録する。

● フローチャート



図 3-8 基本情報記録のフローチャート

● データ仕様

➢ 入力

◇ 高木のメタデータ付写真

- 内容
 - ユーザーが撮影した対象となる生き物の写真データ
- 形式
 - GPS などメタデータ付きの EXIF 形式
- データ詳細
 - ファイル入力インターフェース【IF002】を参照

◇ 樹木 ID

- 内容
 - 登録した樹木データに固有で振り分けられる管理番号
- 形式
 - JSON 形式
- データ詳細
 - ファイル入力インターフェース【IF002】を参照

◇ 胸高直径

- 内容
 - 樹木の胸高直径を記録したデータ
- 形式
 - JSON 形式

- データ詳細
 - ファイル入力インターフェース【IF002】を参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 樹木基本データの登録
 - ◇ 処理内容
 - 樹木の単木データの記録を作成し、対応する樹木の写真データと胸高直径の入力データを記録した上で画面上に表示する。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - 生物名前判定モデル【AL001】
 - ◇ 利用するデータ
 - BiomeDB【DT101】

2. 【FN002】樹木の健康状態の記録

- 機能概要
 - 樹勢や腐朽菌の有無など高木に関する付加的な情報をアプリ画面へ表示した後、記録する。
- フローチャート

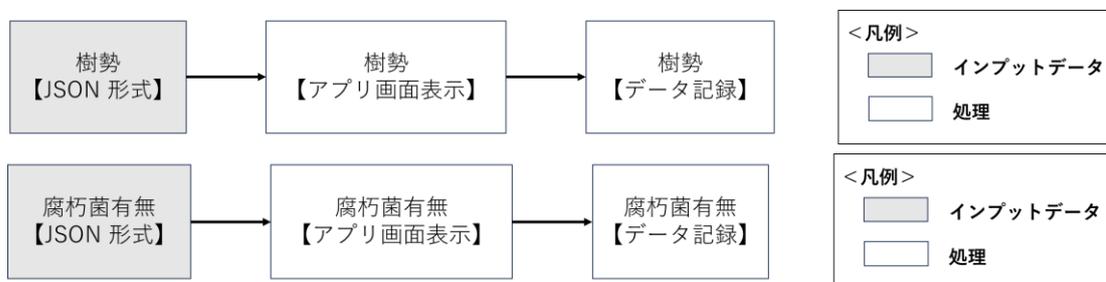


図 3-9 樹木の健康状態の記録のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹勢
 - 内容
 - ユーザーが判定した樹木の樹勢データ
 - 形式
 - JSON形式
 - データ詳細
 - ファイル入力インターフェース【IF002】を参照

- ◇ 腐朽菌有無
 - 内容
 - ユーザーが判定した樹木の腐朽菌の有無のデータ
 - 形式
 - JSON 形式
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF002】を参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 樹勢判定の記録
 - ◇ 処理内容
 - 参加者は観測対象の高木を目視し、樹勢の状態が良い場合「○」、枯死している場合「×」、その中間の場合は「△」で樹勢判定を行う。
 - BiomeSurvey に入力された「○・△・×」をもとに、それぞれに該当する「"good"・"poor"・"bad"」の文字列を記録する。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
 - 腐朽菌の有無の記録
 - ◇ 処理内容
 - 参加者は観測対象の高木を目視し、腐朽菌の有無を調査する。
 - BiomeSurvey に腐朽菌の「有り・無し」を選択して入力する。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
- 3. 【FN003】環境価値情報の記録
 - 機能概要
 - U-GREEN と API 連携し、アプリユーザーが記録した樹木情報をもとに、樹木の環境価値を算出・表示・記録する。
 - フローチャート

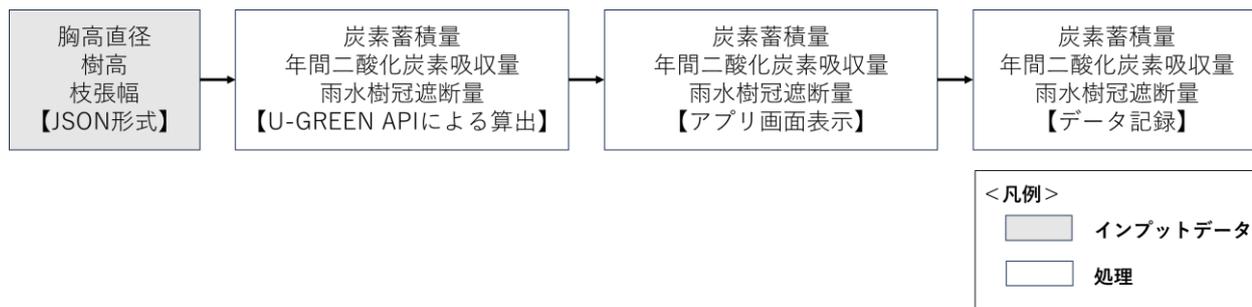


図 3-10 環境価値情報の記録のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 胸高直径
 - 内容
 - 対象樹木の胸高直径
 - 形式
 - JSON 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - ◇ 樹高
 - 内容
 - 対象樹木の樹高
 - 形式
 - JSON 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - ◇ 枝張幅
 - 内容
 - 樹木の枝張幅を記録したデータ
 - 形式
 - JSON 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 樹木基本データの登録
 - ◇ 処理内容
 - U-GREEN と API 連携し、アプリユーザーが記録した樹木情報をもとに、樹木の環境価値

を算出・表示・記録する。

- ◇ 利用するライブラリ
 - なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - U-GREEN API 【AL002】

4. 【FN004】 調査管理

- 機能概要
 - アプリユーザーの調査への参加、調査データの修正、データインポート等を行う。
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ なし
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 樹木基本データの登録
 - ◇ 処理内容
 - アプリユーザーの調査への参加、排除、調査データの修正等を行う。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

5. 【FN005】 インputデータの画面表示

- 機能概要
 - LiDAR で取得した点群データから作成したテーブルデータをもとに樹木のポイント情報を記録し、アプリ画面で表示する機能

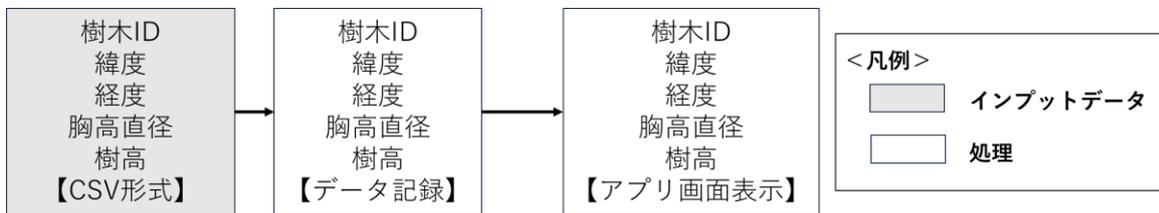


図 3-11 インputデータの画面表示のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木 ID

- 内容
 - 対象樹木の樹木 ID 【DT201】
- 形式
 - CSV 形式
- データ詳細
 - ファイル入力インタフェース 【IF001】 を参照
- ◇ 緯度
 - 内容
 - 対象樹木が位置している緯度 【DT201】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース 【IF001】 を参照
- ◇ 経度
 - 内容
 - 対象樹木が位置している経度 【DT201】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース 【IF001】 を参照
- ◇ 胸高直径
 - 内容
 - 対象樹木の胸高直径 【DT201】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース 【IF001】 を参照
- ◇ 樹高
 - 内容
 - 対象樹木の樹高 【DT201】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース 【IF001】 を参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 樹木基本データの登録

- ◇ 処理内容
 - LiDAR で取得した点群データをもとに作成した樹木情報を CSV 形式で入力し、緯度と経度のデータを用いることでアプリ画面の地図上にポイントデータとして表示する。
- ◇ 利用するライブラリ
 - なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

2) ストレージ：記録された高木情報を蓄積する機能一覧

1. 【FN101】 樹木情報保持

● 機能概要

- BiomeSurvey によって記録されたデータをバックグラウンドで保持し、公園樹木管理台帳で利用可能な状態を保つ。

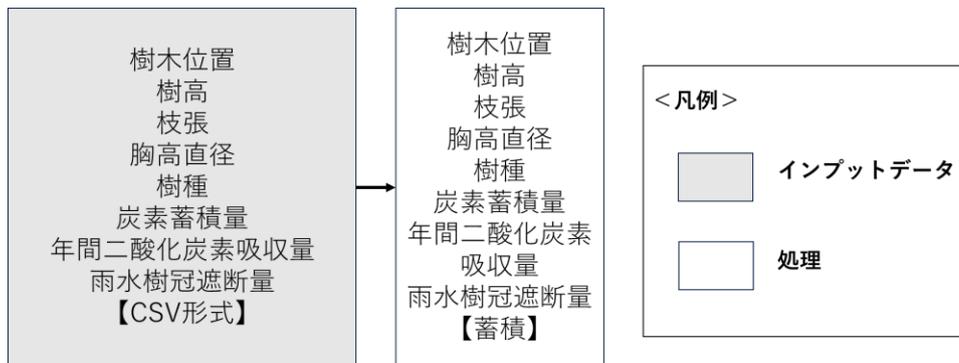


図 3-12 樹木情報保持のフローチャート

● データ仕様

➢ 入力

- ◇ 樹木位置
 - 内容
 - 樹木の座標データ 【DT202】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース 【IF202】 を参照
- ◇ 樹高
 - 内容
 - 樹木の樹高 【DT202】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細

- 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- ◇ 枝張幅
 - 内容
 - 樹木の枝張幅【DT202】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- ◇ 胸高直径
 - 内容
 - 樹木の胸高直径【DT202】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- ◇ 樹種
 - 内容
 - 樹木の樹種【DT202】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- ◇ 炭素蓄積量
 - 内容
 - 樹木の炭素貯蔵量【DT202】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- ◇ 年間 CO₂ 吸収量
 - 内容
 - 樹木の年間二酸化炭素吸収量【DT202】
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- 出力
 - ◇ 樹木情報

- 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
- 形式
 - CSV 形式
- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- ◇ 樹木写真
 - 内容
 - 樹木の写真データ
 - 形式
 - JPEG 形式
 - データ詳細
 - 樹木 ID と紐づいた樹木写真データ
- 機能詳細
 - 樹木データのストレージへの記録
 - ◇ 処理内容
 - 記録された高木情報をストレージ（S3）に蓄積する機能
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

3) U-GREEN：樹木の環境価値定量化システム 機能一覧

1. 【FN201】高木の樹木環境価値定量化

● 機能概要

- API リクエストで入力として受け取った樹木データに対応する炭素貯蔵量・CO₂吸収量のデータを出力として返す機能

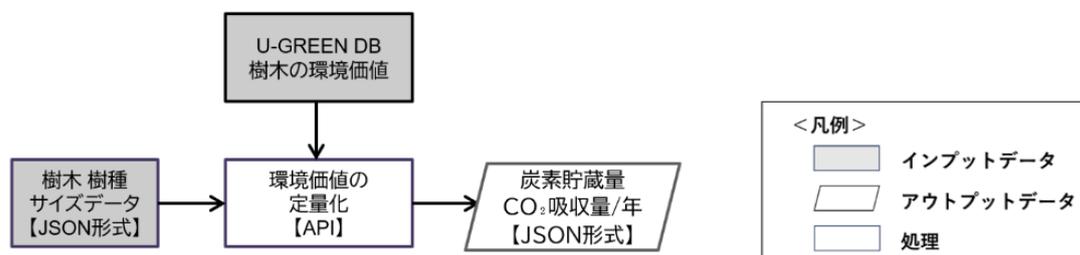


図 3-13 高木の樹木環境価値定量化のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木情報

- 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - JSON 形式 (HTTP リクエスト)
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - ◇ U-GREEN DB
 - 内容
 - 樹木の環境価値定量化に用いるパラメータ
 - 形式
 - PostgreSQL
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - 出力
 - ◇ 樹木環境価値情報
 - 内容
 - 樹木情報をもとに計算された炭素貯蔵量及び年間 CO₂ 吸収量のデータ
 - 形式
 - JSON 形式 (HTTP リクエスト)
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - 機能詳細
 - 高木の樹木環境価値定量化
 - ◇ 処理内容
 - 入力として受け取った樹木データに対応する炭素貯蔵量・CO₂吸収量のデータを出力として返す。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - なし
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - U-GREEN API【AL002】
- 4) 公園樹木管理台帳 機能一覧
1. 【FN301】2D/3D 表示機能
- 機能概要
 - データベース (Amazon S3) に格納された高木の 3D Tiles を地図上に 2D 及び 3D で切替え表示を行う機能



図 3-14 2D/3D 表示機能のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木情報 (3D Tiles)
 - 内容
 - 樹木の 3D モデル 【DT204】
 - 形式
 - 3D Tiles
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース 【IF204】 を参照
 - ◇ 図面データ
 - 内容
 - 樹木管理台帳のベースマップ 【DT203】
 - 形式
 - Tiff 形式
 - データ詳細
 - 樹木データと重ね合わせて利用する榴岡公園の図面
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 2D/3D 表示機能
 - ◇ 処理内容
 - データベース (Amazon S3) に格納された高木の 3D Tiles を地図上に 2D/3D で切替え表示を行う。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Cesium Ion 【SL004】
 - Cesium.js 【SL005】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

2. 【FN302】 属性表示機能

● 機能概要

- 地図上に表示した高木位置をタップした際に属性値をポップアップ表示する機能

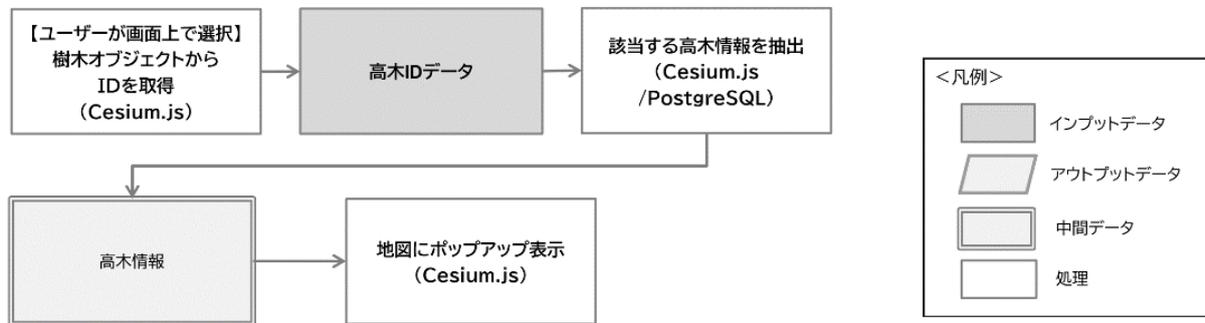


図 3-15 属性表示機能のフローチャート

● データ仕様

➢ 入力

◇ 樹木情報

- 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
- 形式
 - PostgreSQL
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF203】を参照

➢ 出力

◇ なし

● 機能詳細

➢ 属性表示機能

◇ 処理内容

- 地図上に表示した高木位置をタップした際に属性値をポップアップ表示する。

◇ 利用するライブラリ

- Cesium.js【SL005】

◇ 利用するアルゴリズム

- なし

3. 【FN303】 一覧表示機能

● 機能概要

- データベース（PostgreSQL）に格納された高木の属性値を表形式で表示する機能
管理履歴等の時系列データについては、ユーザーが一覧から選択した際に表示されるユーザーが地図上で高木を選択した際にはユーザーレコードが表示される。



図 3-16 高木データの一覧表示機能のフローチャート

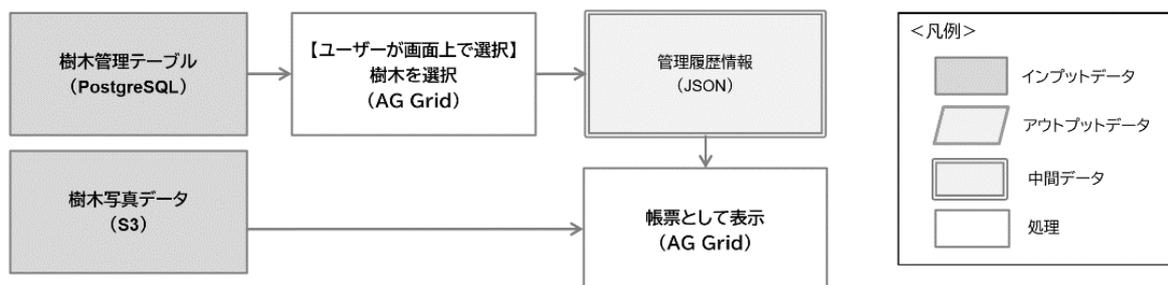


図 3-17 管理履歴等の時系列データの一覧表示機能のフローチャート

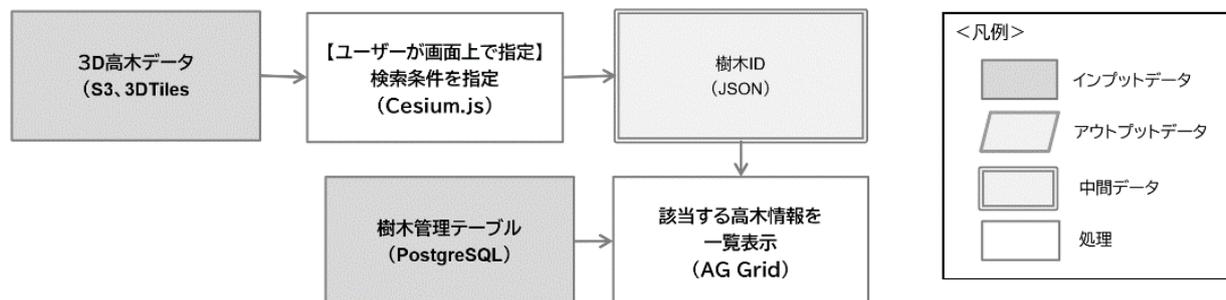


図 3-18 ユーザーが地図上で選択したデータの一覧表示機能のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木情報
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ【DT205】
 - 形式
 - PostgreSQL
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF203】を参照
 - ◇ なし
- 出力

● 機能詳細

- 一覧表示機能
 - ◇ 処理内容
 - ◇ データベース（PostgreSQL）に格納された高木の属性値を表形式で表示する機能
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Cesium.js 【SL005】
 - AG Grid 【SL006】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

4. 【FN304】 検索機能

● 機能概要

- 表形式で表示した高木の属性値について、任意の値、あるいは範囲を指定して（数値データの場合）該当するレコードを絞り込み表示する機能

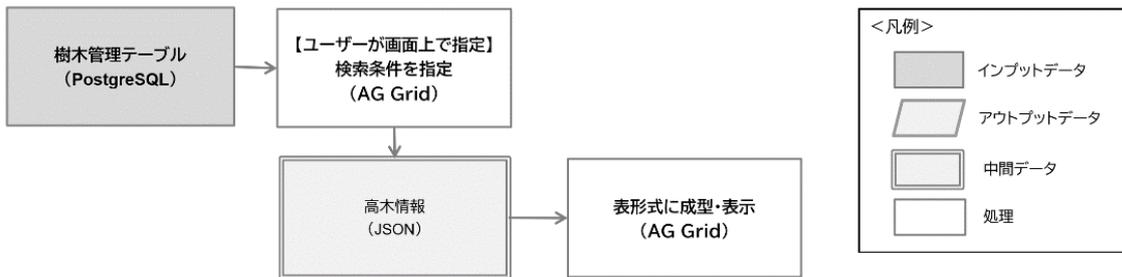


図 3-19 検索機能のフローチャート

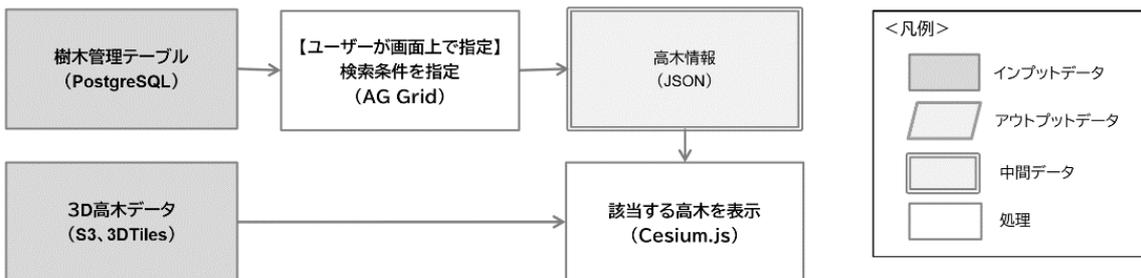


図 3-20 検索結果を地図上の表示内容に反映する機能のフローチャート

● データ仕様

- 入力
 - ◇ 樹木情報
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - PostgreSQL

- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF203】を参照
- ◇ 樹木情報 (3D Tiles)
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - 3D Tiles
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF204】を参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 検索機能
 - ◇ 処理内容
 - 表形式で表示した高木の属性値について、任意の値、あるいは範囲を指定して（数値データの場合）該当するレコードを絞り込み表示する。なお、地図に表示される高木も表での検索結果を反映して絞り込み表示される。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - Cesium.js【SL005】
 - AG Grid【SL006】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

5. 【FN305】 集計機能

- 機能概要
 - 指定したカラムの値について、指定した集計（合計、平均、最大、最小）を行う機能

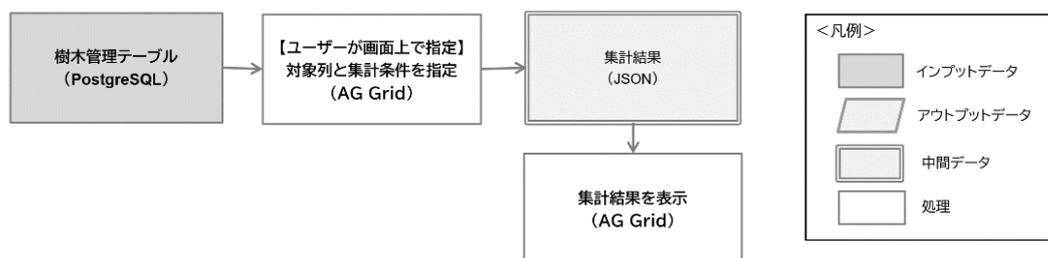


図 3-21 集計機能のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木情報
 - 内容

- 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - PostgreSQL
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF203】を参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 集計機能
 - ◇ 処理内容
 - 指定したカラムの値について、指定した集計（合計、平均、最大、最小）を行う。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - AG Grid【SL006】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

6. 【FN306】データ更新機能

- 機能概要
 - 樹木管理者による点検結果等の管理記録（枯死、撤去、見回りなど）を入力する機能

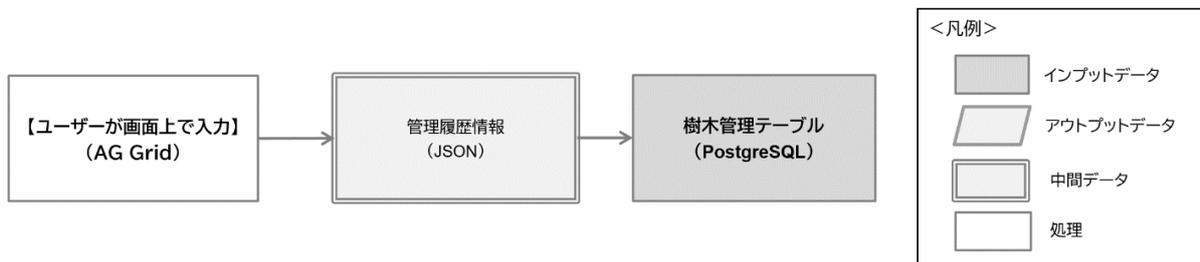


図 3-22 データ更新機能のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木情報
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - PostgreSQL
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF203】を参照
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細

- データ更新機能
 - ◇ 処理内容
 - 樹木の点検結果等の管理記録（枯死、撤去、見回りなど）を入力する。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - AG Grid 【SL006】
 - PostgreSQL 【SL007】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

7. 【FN307】 エクスポート機能

● 機能概要

- 高木の属性値、管理履歴の一覧（Excel 形式）、あるいは高木の個票（PDF 形式）のエクスポートを行う機能

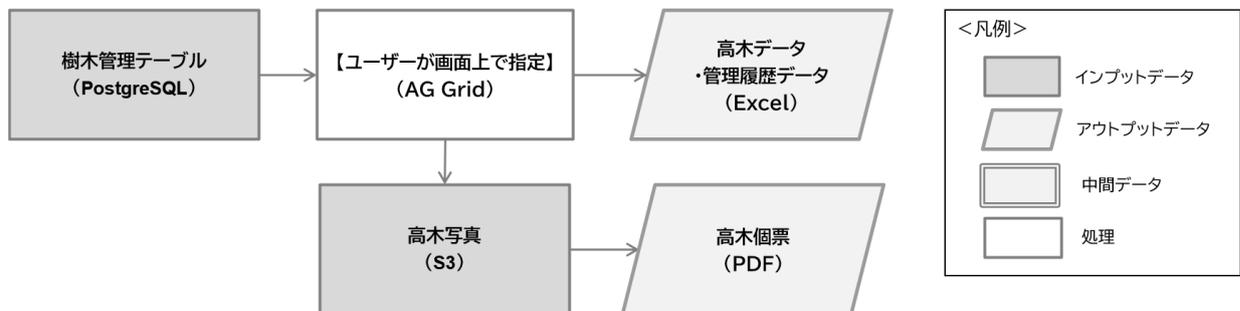


図 3-23 エクスポート機能のフローチャート

● データ仕様

- 入力
 - ◇ 樹木情報
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - PostgreSQL
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF203】を参照
- 出力
 - ◇ 樹木管理台帳
 - 内容
 - 樹木の基礎的なデータや管理データ、環境データが一覧になったデータ
 - 形式
 - Excel 形式
 - データ詳細
 - ファイル出力インターフェース【IF101】を参照

- ◇ 個票
 - 内容
 - 樹木の単木ごとの情報や写真が集約されたデータ
 - 形式
 - PDF 形式
 - 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

- データ更新機能
 - ◇ 処理内容
 - 樹木の点検結果等の管理記録（枯死、撤去、見回りなど）を入力する。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - AG Grid【SL006】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

8. 【FN308】環境価値情報記録・更新機能

- 機能概要

- 追加・更新された樹木のデータを監視し樹木の環境価値を算出し記録・更新する機能

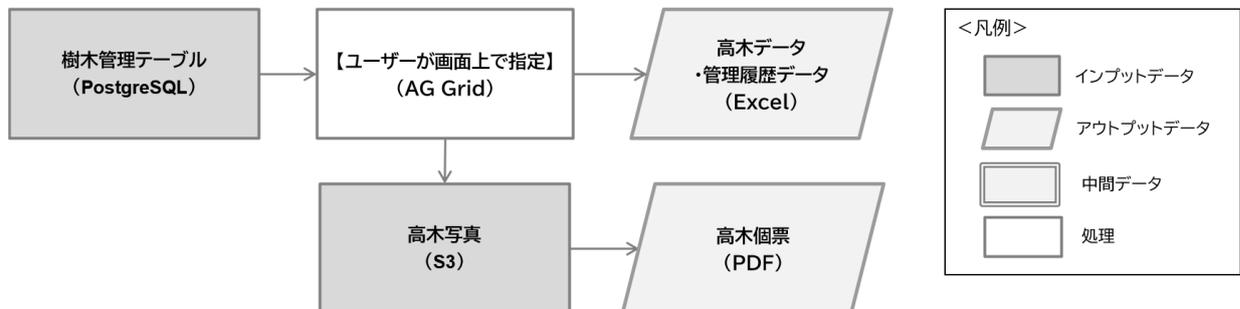


図 3-24 環境価値情報記録機能のフローチャート

- データ仕様

- 入力
 - ◇ 胸高直径
 - 内容
 - 対象樹木の胸高直径
 - 形式
 - JSON 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF201】を参照
 - ◇ 樹高

- 内容
 - 対象樹木の樹高
 - 形式
 - JSON 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - ◇ 枝張幅
 - 内容
 - 樹木の枝張幅を記録したデータ
 - 形式
 - JSON 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
 - 出力
 - ◇ なし
 - 機能詳細
 - 環境価値情報記録・更新機能
 - ◇ 処理内容
 - 追加・更新された樹木情報を読み取り、U-GREEN API を通じて樹木の環境価値を算出し記録・更新を行う。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - U-GREEN API【SL002】
 - React.js【SL013】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
- 5) データ格納 機能一覧
1. 【FN401】クラウドストレージ監視・インポート
 - 機能概要
 - クラウドストレージを監視して自動的にデータをインポートする機能

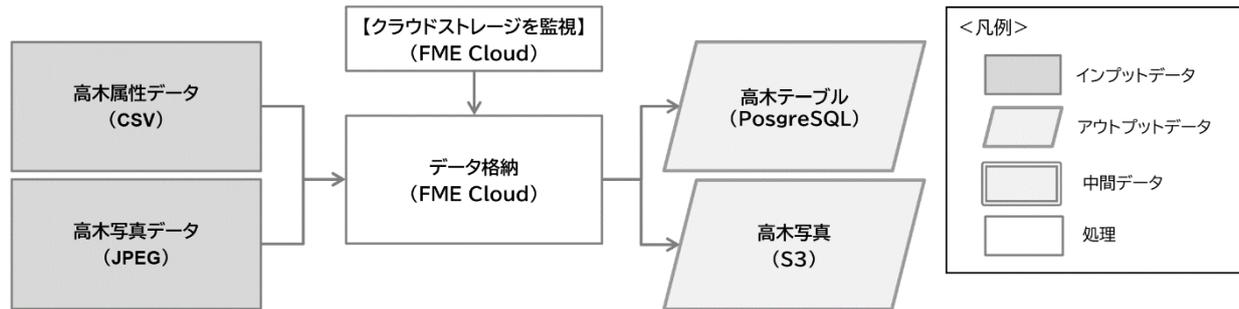


図 3-25 クラウドストレージ監視・インポートのフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木情報
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF202】を参照
 - ◇ 樹木写真
 - 内容
 - 樹木の写真データ
 - 形式
 - JPEG 形式
 - データ詳細
 - 樹木 ID と紐づいた樹木写真データ
 - 出力
 - ◇ 樹木情報
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - PostgreSQL
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF203】を参照
 - ◇ 樹木写真
 - 内容
 - 樹木の写真データ
 - 形式
 - JPEG 形式
 - データ詳細

➤ 樹木 ID と紐づいた樹木写真データ

● 機能詳細

➤ データ格納機能

◇ 処理内容

- 高木データ及び写真データが格納されるクラウドストレージを監視し、データの登録をトリガーとして、高木の属性データは PostgreSQL に、写真は S3 にそれぞれ格納する。

◇ 利用するライブラリ

- FME Cloud 【SL003】
- PostgreSQL 【SL007】
- PostGIS 【SL008】

◇ 利用するアルゴリズム

- なし

6) データ変換 機能一覧

1. 【FN501】 3D 都市モデル (植生モデル) の生成

● 機能概要

- 高木データを n 3D 都市モデルの植生(vegetation) モデル LOD2 に対応した CityGML 形式に変換し、PostgreSQL に格納する機能

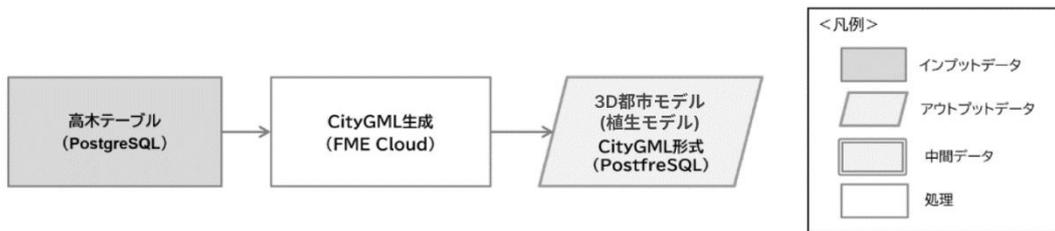


図 3-26 3D 都市モデル (植生モデル) の生成機能のフローチャート

● データ仕様

➤ 入力

◇ 樹木情報

- 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
- 形式
 - PostgreSQL
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース 【IF203】 を参照

➤ 出力

◇ 樹木情報 (CityGML)

- 内容

- 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
- 形式
 - PostgreSQL (CityGML 形式に対応)
- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF203】を参照
- 機能詳細
 - 3D 都市モデル (植生モデル) の生成機能
 - ◇ 処理内容
 - FME Cloud に登録した以下の処理を実行するワークスペースを実行。
 - 高木データが格納された PostgreSQL に接続しデータを取得。
 - 高木データの緯度経度情報に基づいてジオメトリを生成。
 - glm_id やメッシュコードなど 3D 都市モデル標準製品仕様書に沿って、必要な属性値を取得、生成。
 - モデル生成のため平面直角座標系に変換。
 - 樹木位置と樹高データから LOD1 のモデルを生成。
 - 高木データの枝下高、樹高、枝張の属性値に基づいてスケールした、幹と樹冠を表す基礎的な図形からなる樹木モデル (LOD2) を生成。
 - 上記のモデルを統合し、座標系を緯度経度に戻し、CityGML を生成。
 - 生成した CityGML を PostgreSQL に格納。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - FME Cloud 【SL003】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

2. 【FN502】 CityGML から 3DTiles の生成

- 機能概要
 - CityGML 形式の高木データを 3DTiles に変換し S3 に格納する機能。

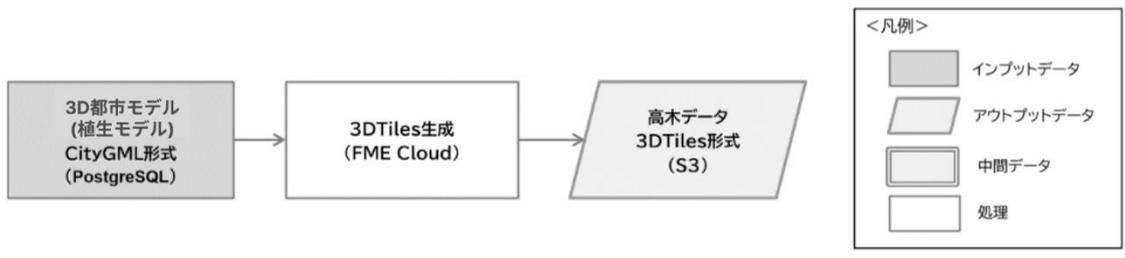


図 3-27 CityGML から 3DTiles の生成を行うフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 樹木情報 (CityGML)

- 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - PostgreSQL
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF203】を参照
 - 出力
 - ◇ 樹木情報 (3D Tiles)
 - 内容
 - 樹木の樹種や胸高直径などの基本データ
 - 形式
 - 3D Tiles
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF204】を参照
 - 機能詳細
 - データ変換機能
 - ◇ 処理内容
 - CityGML の植生モデルを 3DTiles 形式に変換し、S3 に格納する。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - FME Cloud【SL003】
 - PostgreSQL【SL007】
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし
- 7) LiDAR 点群処理 機能一覧
3. 【FN601】点群 to 樹木データ変換
- 機能概要
 - 3次元点群データから樹木の基本情報を csv 形式で抽出する機能

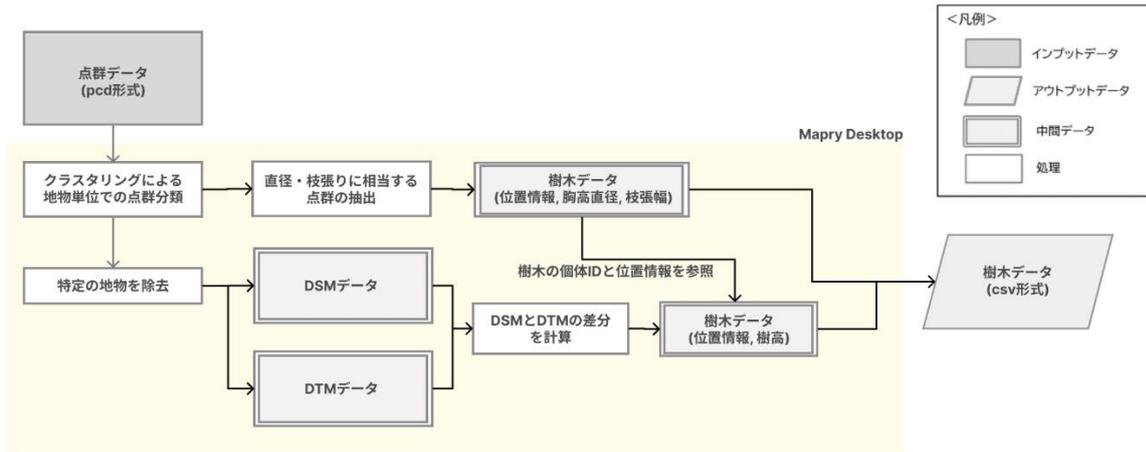


図 3-28 点群 to 樹木データ変換機能のフローチャート

● データ仕様

➤ 入力

◇ 3次元点群データ

- 内容
 - LiDAR で取得した樹木を含む空間のスキャンデータ
- 形式
 - pcd 形式
- データ詳細
 - ファイル入力インターフェース【IF003】を参照

➤ 出力

◇ 樹木位置

- 内容
 - 樹木の座標データ
- 形式
 - CSV 形式
- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照

◇ 樹高

- 内容
 - 樹木の樹高
- 形式
 - CSV 形式
- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照

◇ 枝張幅

- 内容

- 樹木の枝張幅
- 形式
 - CSV 形式
- データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- ◇ 胸高直径
 - 内容
 - 樹木の胸高直径
 - 形式
 - CSV 形式
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF202】を参照
- 機能詳細
 - 点群 to 樹木データ変換機能
 - ◇ 処理内容
 - 3次元点群データを読み込み、点群データから樹木の個体を抽出し、同様に抽出した地形情報と組み合わせることで樹木サイズを算定するソフトウェアを使用し、点群データに含まれている樹木個体の一覧を位置情報とサイズ情報とともに csv ファイルで抽出する。
 - ◇ 利用するライブラリ
 - 【SL012】 mapry Desktop
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - 【AL003】 mapry 樹木データ抽出アルゴリズム

3-3. アルゴリズム

3-3-1. 利用したアルゴリズム

表 3-10 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	生物名前判定モデル	<ul style="list-style-type: none"> ● 生物を撮影した画像、及びその撮影日時・地点を入力とし、考えられる生物種の候補を確率と共に出力するアルゴリズム。バイオームが所有する特許に基づき実装されている（特許：第 6590417 号、US 11,048,969）。本アルゴリズムでは、バイオームが所有する畳み込みニューラルネットワークモデル、及び生物分布予測モデルのそれぞれから算出された推論結果を複合し、候補となる種名及びその確率を計算する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 市民参加型調査で利用した BiomeSurvey の生物の名前判定の内部システムとして利用されているため。
AL002	FN003 FN201	U-GREEN	<ul style="list-style-type: none"> ● U-GREEN は樹木情報・環境条件から樹木を持つ環境機能を推定する。U-GREEN における樹木価値推定のアルゴリズムは大きく次のステップで構成されている。 ①樹種をもとに使用する相対成長式を決定する。②樹木のサイズデータを相対成長式に代入し、バイオマス量を推定する。③樹木の健康状態をもとに年間の樹木の成長量を推定する。④バイオマスの総量および年間の成長量を環境価値を算出するモデル式に代入し、炭素吸収量や雨水樹冠遮断量を推定する。 ● 環境価値の推定は樹木の単木ごとに行われ、API では事前に計算されたパラメータを参照することで効率的に U-GREEN による推定結果を提供している。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 環境価値を樹木 1 本単位で推定するシステムのうち、日本の気象情報や樹木の成長特性を反映したものは U-GREEN しか存在しないため。 ● また、U-GREEN API による自動での計算システムが提供され、BiomeSurvey への接続も既に実装されている。

AL003	FN601	mapry 樹木データ抽出アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none"> ● LiDAR で測定した 3 次元点群データを読み込み、クラスタリングを行うことで樹木や地面の点群を抽出する。 ● 抽出したデータから樹木の個体を認識し、それぞれのサイズデータを自動的に算出する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● LiDAR データから樹木の位置情報ならびに樹木サイズ情報を自動的に算出することができる。
-------	-------	---------------------	--	---

1) 【AL001】 生物名前判定モデル

- 計算量
 - 生物名前判定モデルは写真情報を入力データとして、バックエンドで保有している生物データベースから適合度の確率を計算し生物の種名を判定するアルゴリズムである。このモデルは、畳み込みニューラルネットワークを用いた画像分類モデルと、位置や日時といった生物の出現情報を学習した統計モデルを組み合わせたアンサンブルモデルである。
- イメージ



図 3-29 生物名前判定モデルのイメージ

2) 【AL002】 U-GREEN

- 計算量
 - U-GREEN では樹木の樹種、サイズ（樹高、胸高直径、枝張幅、枝下高）、健康度をインプットのデータとして炭素貯蔵量や二酸化炭素の年間吸収量を計算することができる。このとき、樹種によ

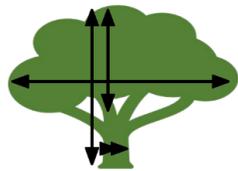
て参照している学術的な成長モデルが異なるため、一概に計算式だけでアルゴリズムを示すことはできない。

- U-GREEN の計算ロジックは『i-Tree Eco との互換性・拡張性を実現する樹木構造解析システム』（中谷ら, 2020, 緑化工学会）²において技術報告として公開されているため、こちらを参照することができる。

● イメージ

U-GREENにおける二酸化炭素削減の考え方:炭素貯蔵量

個別の樹木についてサイズと種類に基づきバイオマス量を推定し、そこから樹木が貯蔵している炭素量を算出している



測定の難しい樹木全体の重量を部分的なサイズから推定する式: 相対成長式 (アロメトリー式)

$$Y(\text{バイオマス量}) = aX(\text{部分サイズ}) - c$$

相対成長式の一例。係数や用いる部位は樹種により違う

樹種を元に、使用する相対成長式を決定

幹の太さ、樹高、樹冠の大きさを式に代入し、バイオマス量の推定値を算出
※バイオマス量: 常緑樹は幹+葉、
落葉樹は幹

バイオマス量に含まれる炭素量を算出
※バイオマス量における炭素量の比率は一定(0.5)

図 3-30 U-GREEN における炭素貯蔵量のロジック (1/2)

U-GREENにおける二酸化炭素削減の考え方:炭素吸収量(吸収量)

樹木の一年間の成長率を成長期間、光環境、健康状態を元に決定し、炭素貯蔵量との積で一年後の炭素貯蔵量を算出する。この一年分の差が炭素吸収量となる。



$$\text{次年の炭素貯蔵量} - \text{前年の炭素貯蔵量}$$

対象地の霜の降りない期間を年間の成長期として設定

樹木の光環境と健康状態で成長率の掛け率を設定
※光環境と状態が良いほど成長率が高くなる

炭素貯蔵量に年間成長率を掛け、一年後の炭素貯蔵量を算出

一年分の差を炭素吸収量として算出

図 3-31 U-GREEN における炭素吸収量のロジック (2/2)

3) 【AL003】 mapry 樹木データ抽出アルゴリズム

● 計算量

- LiDAR から取得した点群データを入力として、樹木の位置情報とサイズ情報を自動的に算出するアルゴリズムである。このアルゴリズムは主に以下の3つのステップで構成されている。

² i-Tree Eco との互換性・拡張性を実現する樹木構造解析システム (中谷ら, 2020, 緑化工学会誌 46 (1))

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsrt/46/1/46_71/_article/-char/ja

- ◇ 独自の点群クラスタリング技術により、入力された点群データを地物ごとに分類する。これにより、樹木や地面などの点群を抽出することができる。
- ◇ セグメンテーションの結果から抽出した点群をもとに、DTM(Digital Terrain Model)と DSM(Digital Surface Model)を作成する。DTM は地表面の標高モデルで、樹木など地表面上の地物を除去することで求めることができる。DSM は地表面と地物の表面を含む標高モデルで、地表面と地物に該当する点群から算出することができる。
- ◇ セグメンテーションにより分類した点群データおよび DSM・DTM データを用いることで樹木情報に関する解析を行う。これにより、樹木の個体を抽出し、それぞれの位置情報と樹高・胸高直径・枝張幅などのサイズ情報を算出する。
- 樹木の算出過程については、さらに以下の2つのステップに分割することができる。
 - ◇ 独自の点群解析アルゴリズムにより、セグメンテーションで抽出された樹木の点群データから、直径や枝張りに相当する部分を抽出する。抽出された点群データをもとに樹木の位置情報を特定し、点群データ上で計測を行うことで胸高直径と枝張幅を算出する。
 - ◇ 特定した樹木の位置情報と DTM-DSM の差分のデータと前のステップで特定した樹木の位置情報をもとに樹高を算出する。これにより、樹木の個体に紐づくサイズ情報がすべて算出される。
- この樹木データ抽出アルゴリズムは mapry Desktop 上で提供されており、技術的詳細は非公開となっている。算出結果の妥当性は検証され、科学的なレポートとして公開されている。³

3-3-2. 開発したアルゴリズム

なし

³ Tatsumi et al., "ForestScanner: A mobile application for measuring and mapping trees with LiDAR-equipped iPhone and iPad", Methods in Ecology and Evolution, 2022

3-4. データインタフェース

3-4-1. ファイル入力インタフェース

1) 【IF001】 樹木計測データの BiomeSurvey への入力

- 本インタフェースを利用する機能：【FN005】

表 3-11 樹木計測データの BiomeSurvey への入力（サンプル）

treeID	lat	lng	DBH	treeHeight
1	36.08318	140.1119	30.2	8.35
樹木個体の識別用 ID	緯度	経度	胸高直径	樹高

2) 【IF002】 ユーザーによる BiomeSurvey への調査データの入力

- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】【FN002】【FN101】

表 3-12 ユーザーによる BiomeSurvey への調査データの入力

入力データ項目	値の範囲	データフォーマット	入力方法
メタデータ（撮影緯度経度・撮影日時）付高木写真	-	EXIF	各利用者がスマートフォンにおいて撮影しアプリへアップロードし入力
種名（テキスト）	-	JSON	Biome API による自動判定により種名の候補が提案され、利用者が選択し入力。手入力も可能
高木 ID（テキスト、数値）	12 桁のテキスト及び数値		ID が降られていない新出の高木個体の場合、利用者が入力
胸高直径（数値）	1 cm～200cm		地上 LiDAR での測定値入力が未完の場合、利用者が測定し入力
樹勢（テキスト）	"good"、"poor"、"bad"のいずれか		適切な選択肢を入力（3段階評価）
腐朽菌有無（テキスト）	"presence"、"absence"のどちらか		有無を選択して入力

3) 【IF003】 LiDAR で取得した点群データの変換システムへの入力

- 本インタフェースを利用した機能：【FN601】

表 3-13 LiDAR で取得した点群データの変換システムへの入力

入力データ項目	値の範囲	データフォーマット	入力方法
3次元点群データ	-	pcd 形式	LiDAR 機器からデータを出力しインポート

3-4-2. ファイル出力インタフェース

1) 【IF101】 樹木管理台帳からのデータ出力

樹木管理台帳で表示されているデータ（検索などを行った場合はその結果）を Excel ファイルとしてエクスポートする。また、個別の樹木を選択した際に表示される個票は PDF 形式でエクスポートする。

出力される Excel は樹木管理台帳、管理台帳のスキーマと同じである。

- 本インタフェースを利用した機能

- 【FN307】

表 3-14 樹木管理台帳からの出力データ

項目	内容	フィールド名	データ型
樹木 ID	固有 ID	tree_id	string
計測日	樹木データの作成日	measurement_date	date
緯度	JGD2011 の 10 進緯度、小数点以下 6 位まで	latitude	number
経度	JGD2011 の 10 進経度、小数点以下 6 位まで	longitude	number
標高	樹木位置の地盤高、m 単位で少数以下 3 位まで記述	ground_level	number
市区町村コード	41025	citycode	string
市区町村名	仙台市宮城野区	cityname	string
公園名	榴岡公園	parkname	string
エリア ID	公園内エリア番号	area_id	string
エリア名	公園内エリア名	area_name	string
管理者	仙台市宮城野区	administrator	string
樹種	標準和名	tree_name	string
樹木タイプ	高木	tree_type	string
樹高	0.1m 単位	height	number
胸高直径	1cm 単位	diameter	number
枝張	0.1m 単位	width	number
樹冠長	0.1m 単位	crown_height	number
枝下高	0.1m 単位	trunk_height	number
炭素貯蔵量	0.1 kg 単位	carbon_storage	number

(kg)			
CO ₂ 吸収量 (kg/年)	0.1 kg単位	carbon_dioxide_absorption	number
雨水樹冠遮断 量 (m ³ /年)	0.1 m ³ 単位	rainwater_canopy_interception	number
環境指標計測 日	年月日	environmental_index measurement_date	date
枯損	枯損フラグ	is_dead	boolean
撤去	撤去フラグ	is_remove	boolean

表 3-15 管理台帳からの出力データ

項目	内容	フィールド名	データ型
管理作業 ID	管理作業ごとに付与する固有な番号	maintenance_id	string
樹木 ID	公園内で固有な ID	tree_id	string
エリア ID	公園内エリア番号	area_id	string
エリア名	公園内エリア名	area_name	string
日付	実施日付	maintenance_date	date
管理項目	剪定、病虫害防除、清掃等	category	string
内容説明	作業内容の説明	description	string
指示者	作業指示の責任者	director	string
作業者	作業者あるいは受託者	worker	string
指示書番号	作業内容の指示書	instruction	string
作業時メモ	作業時のメモ	note	string

表 3-16 個票に表示されるデータ

項目	内容
樹木データ	樹木管理台帳のスキーマと同じ
管理履歴データ	管理台帳のスキーマと同じ 樹木一本に対する管理の履歴を時系列で表示
写真	公園内エリア番号

3-4-3. 内部連携インターフェース

BiomeSurvey のデータをインプットとした U-GREEN での計数処理は API を通じて実装する【IF201】。BiomeSurvey から樹木管理台帳へのデータ受け渡しは CSV ファイルにより行う【IF202】。また、樹木管理台帳に関わるデータを運用するデータベースのスキーマを記載する【IF203】。

1) 【IF201】 U-GREEN API

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN003】 【FN201】 【FN308】
- プロトコル
 - HTTPS
- メソッド
 - GET
- リクエストパラメータ

表 3-17 リクエストパラメータ

パラメータ名	名称	説明	値	必須
Spcode	樹種コード	樹種と紐づいた識別子	文字型	必須
DBH	胸高直径	樹木の胸高直径	浮動小数点数	必須
trheight	樹高	樹木の樹高	浮動小数点数	必須
crwidth	枝張幅	樹木の枝張幅	浮動小数点数	必須

- レスポンス

表 3-18 レスポンスパラメータ

フィールド	名称	説明
carbon_storage_kg	炭素蓄積量 (kg)	樹木がバイオマスとして蓄積している炭素量
CO ₂ _seq	年間二酸化炭素吸収量 (kg/yr)	樹木が1年間で吸収する二酸化炭素の推定量

2) 【IF202】 BiomeSurvey-樹木管理台帳連携データ

BiomeSurvey から CSV 形式で以下の情報を付与したデータを作成しストレージに設置。PostgreSQL から一定間隔でデータを読み込むことで自動的にデータ連携を行う。

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN101】 【FN401】 【FN601】

表 3-19 BiomeSurvey から CSV 形式でストレージに設置するデータ

項目
樹木位置

樹高
枝張
胸高直径
樹種
炭素貯蔵量
年間二酸化炭素吸収量
雨水樹冠遮断量

3) 【IF203】 PostgreSQL のテーブルスキーマ

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN302】 【FN303】 【FN304】 【FN305】 【FN306】 【FN307】 【FN401】 【FN502】 【FN501】

表 3-20 樹木台帳の公園樹木情報のテーブル

項目	内容	フィールド名	データ型
樹木 ID	公園樹木の固有 ID	tree_id	string
計測日	樹木データの作成日	measurement_date	date
緯度	JGD2011 の 10 進緯度、小数点以下 6 位まで	latitude	number
経度	JGD2011 の 10 進経度、小数点以下 6 位まで	longitude	number
標高	樹木位置の地盤高、m単位で少数以下 3 位まで記述	ground_level	number
市区町村コード	41025	citycode	string
市区町村名	仙台市宮城野区	cityname	string
公園名	榴岡公園	parkname	string
エリア ID	公園内エリア番号	area_id	string
エリア名	公園内エリア名	area_name	string
管理者	仙台市宮城野区	administrator	string
樹種	標準和名	tree_name	string
樹木タイプ	高木	tree_type	string
樹高	0.1m 単位	height	number
胸高直径	1cm 単位	diameter	number
枝張	0.1m 単位	width	number
樹冠長	0.1m 単位	crown_height	number
枝下高	0.1m 単位	trunk_height	number
炭素貯蔵量 (kg)	0.1 kg単位	carbon_storage	number
CO ₂ 吸収量 (kg/年)	0.1 kg単位	carbon_dioxide_absorption	number
雨水樹冠遮断量 (m ³ /年)	0.1 m ³ 単位	rainwater_canopy_interception	number

環境指標計測日	年月日	environmental_index measurement_date	date
枯損	枯損フラグ	is_dead	boolean
撤去	撤去フラグ	is_remove	boolean

表 3-21 樹木台帳の管理情報のテーブル

項目	内容	フィールド名	データ型
管理作業 ID	管理作業の固有 ID	maintenance_id	string
樹木 ID	公園内の樹木の固有 ID	tree_id	string
エリア ID	公園内エリア ID	area_id	string
エリア名	公園内エリア名	area_name	string
日付	実施日付	maintenance_date	date
管理項目	剪定、病虫害防除、清掃等	category	string
内容説明	作業内容の説明	description	string
指示者	作業指示の責任者	director	string
作業者	作業者あるいは受託者	worker	string
指示書番号	作業内容の指示書	instruction	string
作業時メモ	作業時のメモ	note	string

4) 【IF204】 3DTiles の属性情報

- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN301】 【FN304】 【FN502】
- インタフェース詳細
 - 生成・変換したデータ 【DT204】 を開発機能 【FN502】 で 3DTiles に変換

表 3-22 樹木台帳の公園樹木情報のテーブル

項目	内容	フィールド名	データ型
樹木 ID	公園樹木の固有 ID	tree_id	string
計測日	樹木データの作成日	measurement_date	date
緯度	JGD2011 の 10 進緯度、小数点以下 6 位まで	latitude	number
経度	JGD2011 の 10 進経度、小数点以下 6 位まで	longitude	number
標高	樹木位置の地盤高、m 単位で少数以下 3 位まで記述	ground_level	number
市区町村コード	41025	citycode	string
市区町村名	仙台市宮城野区	cityname	string
公園名	榴岡公園	parkname	string
エリア ID	公園内エリア番号	area_id	string

エリア名	公園内エリア名	area_name	string
管理者	仙台市宮城野区	administrator	string
樹種	標準和名	tree_name	string
樹木タイプ	高木	tree_type	string
樹高	0.1m 単位	height	number
胸高直径	1cm 単位	diameter	number
枝張	0.1m 単位	width	number
樹冠長	0.1m 単位	crown_height	number
枝下高	0.1m 単位	trunk_height	number
炭素貯蔵量 (kg)	0.1 kg単位	carbon_storage	number
CO ₂ 吸収量 (kg/年)	0.1 kg単位	carbon_dioxide_absorption	number
雨水樹冠遮断量 (m ³ /年)	0.1 m ³ 単位	rainwater_canopy_interception	number
環境指標計測日	年月日	environmental_index measurement_date	date
枯損	枯損フラグ	is_dead	boolean
撤去	撤去フラグ	is_remove	boolean

3-4-4. 外部連携インターフェース

なし

3-5. 実証に用いたデータ

3-5-1. 活用したデータ一覧

1) 利用した 3D 都市モデル

- 年度：2022 年度
- 都市名：仙台市
- ファイル名：04100_sendai-shi_2022_citygml_1_op
- メッシュ番号：57403720-57403722, 57403710-57403712, 57403700-57403702

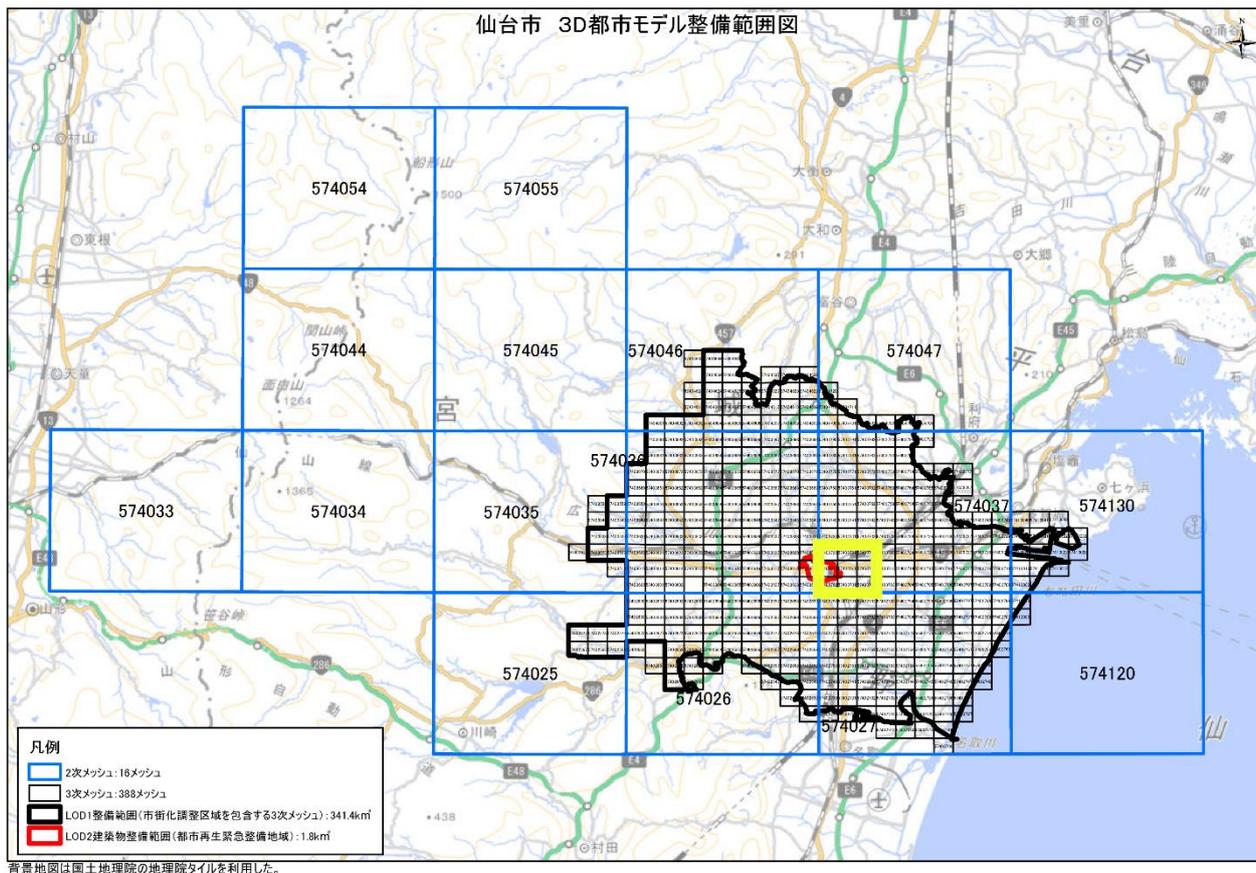


図 3-32 インデックスマップ (仙台市)

表 3-23 利用した 3D 都市モデル

地物	地物型	属性区分	ID	属性名	内容	データを利用した機能 (ID)
建築物 LOD1	bldg:Building	空間属性	DT001	bldg:lod1Solid	● 3DTiles に変換して表示用に使用	FN310

2) 利用したその他のデータ

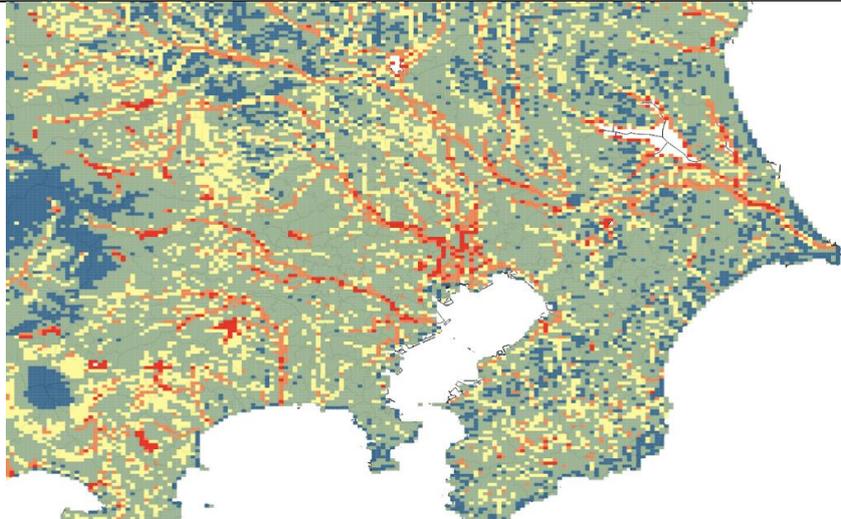
1. データ一覧

表 3-24 利用したその他データ（一覧）

ID	エリア (都市)	活用データ	内容	データ形式	出所	データを利用した機能 (ID)
DT101	全国	BiomeDB	<ul style="list-style-type: none"> ●国内動植物約 10 万種の種名、分類、写真などを格納したデータベース ●BiomeSurvey 内で表示する種の説明画面や種名検索で利用 	JSONI	バイオーム	FN001
DT102	全国	U-GREEN DB	<ul style="list-style-type: none"> ●種名、サイズに対応した二酸化炭素吸収量や雨水樹冠遮断量などの環境価値の数値を格納したデータベース ●BiomeSurvey で利用する U-GREEN API で参照 	JSON	東邦レオ	FN002
DT103	仙台市	公園管理情報	●公園敷地、ゾーニング、園路、駐車場、公園管理計画書	PDF	仙台市	FN005

2. データサンプル（イメージ）

表 3-25 利用したその他データ（サンプル）

ID	活用データ	サンプル・イメージ
DT101	Biome DB	

TreeID	UpName	SpecCode	Group	TbnlType	LeafType	FoGroup	FoType	LeafArea	LAI	LeafBiomass	WtBiomass	Biomass	CarbonStora
1	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	18,761,466,478	3,894,488,852	1,404,001,497	41,958,781,701	41,958,781,701	20,979,435
2	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	47,421,883,671	5,314,433,892	3,949,811,035	105,176,1726	105,176,1726	52,083,681
3	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	51,024,378,161	5,689,070,122	3,820,422,885	99,210,392,990	99,210,392,990	49,609,473
4	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	48,138,183,057	5,049,219,788	3,804,716,223	69,746,953,851	69,746,953,851	34,873,295
5	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	52,380,742,422	7,402,659,938	6,911,718,641	217,822,123,233	217,822,123,233	108,911,081
6	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	112,087,697,117	8,039,403,854	8,944,377,411	117,712,715,154	117,712,715,154	58,988,829
7	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	35,342,812,242	4,891,381,877	2,649,650,176	44,632,044,447	44,632,044,447	22,317,007
8	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	32,378,159,181	4,709,056,246	2,424,441,401	130,187,781,653	130,187,781,653	65,098,869
9	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	42,642,417,859	5,270,271,103	3,153,788,886	72,596,258,084	72,596,258,084	36,238,123
10	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	118,727,618,858	8,313,958,871	8,891,385,471	130,424,785,661	130,424,785,661	65,212,392
11	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	28,392,301,791	4,799,798,938	1,974,836,574	29,344,793,000	29,344,793,000	10,112,256
12	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	33,557,942,824	4,792,700,863	2,512,091,573	120,940,888,888	120,940,888,888	60,470,449
13	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	32,459,777,125	13,143,770,007	24,303,760,207	58,958,723,238	58,958,723,238	29,479,103
14	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	22,023,007,024	4,108,783,887	1,948,138,884	58,421,481,425	58,421,481,425	29,218,740
15	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	59,952,905,629	6,099,988,712	4,492,432,829	156,321,896,641	156,321,896,641	76,160,942
16	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	71,068,157,947	6,878,767,878	5,321,629,246	171,789,927,276	171,789,927,276	85,897,796
17	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	56,246,940,059	5,331,930,940	4,211,677,482	78,736,917,754	78,736,917,754	38,794,842
18	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	22,869,113,346	4,159,939,249	1,712,008,124	135,366,362,242	135,366,362,242	67,683,912
19	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	246,239,429,495	6,800,000,000	18,443,816,885	1,404,034,361	1,404,034,361	702,017,618
20	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	29,704,482,625	4,578,173,230	2,224,847,837	11,784,441,152	11,784,441,152	5,892,720
21	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	55,174,399,047	5,882,312,705	4,131,607,819	90,181,615,815	90,181,615,815	45,098,259
22	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	69,528,378,820	6,039,889,744	5,200,112,855	66,068,789,892	66,068,789,892	33,032,393
23	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	53,307,193,933	5,792,945,544	3,991,788,771	153,518,889,693	153,518,889,693	75,264,034
24	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	181,030,626,426	9,887,166,234	12,058,401,171	533,230,446,040	533,230,446,040	266,611,522
25	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	39,169,461,198	5,096,669,399	2,933,147,676	93,080,880,659	93,080,880,659	46,540,494
26	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	32,081,110,778	4,709,949,494	2,402,919,953	101,898,948,401	101,898,948,401	50,949,182
27	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	73,012,719,195	6,652,661,545	5,467,388,462	433,574,989,973	433,574,989,973	216,787,749
28	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	28,110,890,815	4,539,741,918	2,139,844,885	58,054,656,301	58,054,656,301	28,027,823
29	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	23,119,996,881	4,178,442,310	1,730,763,446	78,396,343,621	78,396,343,621	38,691,713
30	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	23,072,600,005	4,172,881,672	1,727,834,458	69,880,056,664	69,880,056,664	46,400,032
31	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	35,940,100,038	4,923,950,683	2,691,292,054	92,832,954,387	92,832,954,387	46,414,771
32	コナラ	MACLASS	MACLASS	HARDWOOD	DECIDUOUS	MACLASS	BROADLEAF	117,630,473,882	8,278,981,413	8,809,888,755	134,672,833,071	134,672,833,071	67,326,412

DT103 公園管理情報



3-5-2. 生成・変換したデータ

表 3-26 生成・変換したデータ

ID	システムに入力するデータ (データ形式)	用途	処理内容	データ処理ソフトウェア	活用データ (データ形式)	データを利用した機能 (ID)
DT201	地上 LiDAR データ (las 形式)	樹木の位置や 3 次元情報を抽出し調査や台帳掲載用のデータとして使用する。	● 地上 LiDAR の計測データから各樹木の測量データを特定し CSV データとして記録する。	mapry	CSV 形式	FN005
DT202	属性データベース (CSV 形式)	樹木管理台帳及び CityGML 形式で 3D 都市モデルを作成する際の樹木の基礎データとして使用する。	● BiomeSurvey で記録したデータを統合してストレージに出力する。	BiomeSurvey	樹木サイズ、位置情報、樹種、環境価値など (CSV 形式)	FN101
DT203	図面データ (PDF 形式)	樹木管理台帳のベースマップとして利用する。	● QGIS を利用してジオリファレンスによって図面データを平面上に投影。	QGIS	図面ベースマップ (Tiff 形式)	FN301
DT204	緑被 (樹木) LOD2 (CityGML 形式)	街路樹管理台帳における樹木の 3D 表示を行うため。	● CityGML の空間属性を地図上に表示可能な形式に変換する。	FME Cloud	樹木立体モデル (3D Tiles 形式)	FN301
DT205	緑被 (樹木) 属性情報 (CityGML 形式)	樹木管理台帳における情報整備に用いる。	● CityGML の主題属性をもとに台帳に掲載する情報を抽出する。	FME Cloud	樹木サイズ、位置情報、樹種、環境価値など (PostgreSQL 形式)	FN303

3-6. ユーザーインターフェース

3-6-1. 画面一覧

1) BiomeSurvey

表 3-27 【一般アカウント】BiomeSurvey 画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC001	-	新規登録・ログイン	● 新規登録、ログインを行う。	FN004
SC002	002	利用規約	● 利用規約を表示する。	FN004
SC003	001, 002	ホーム	● マップや調査、管理等の各種機能へアクセスできる。	FN001
SC004	003	マップ	● 調査が行われている場所を表示する。	FN001
SC005	003	調査ホーム	● 調査ルール、進捗、樹木の環境価値などを表示する。	FN001
SC006	004	観測の追加	● 発見した樹種や動植物の種名を入力し、観測データを追加する。	FN001
SC007	004	観測の編集	● 既に作成した観測の内容を編集する。	FN001

表 3-28 【管理者アカウント】BiomeSurvey 画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC101	-	新規登録・ログイン	● 新規登録、ログインを行う。	FN004
SC102	SC102	利用規約	● 利用規約を表示する。	FN004
SC103	SC101, 102	ホーム	● マップや調査、管理等の各種機能へアクセスできる。	FN001
SC104	SC103	マップ	● 調査が行われている場所を表示する。	FN001
SC105	SC103	調査ホーム	● 調査ルール、進捗、樹木の環境価値などを表示する。	FN001
SC106	SC104	観測の追加	● 発見した樹種や動植物の種名を入力し、観測データを追加する。	FN001
SC107	SC104	観測の編集	● 既に作成した観測の内容を編集する。	FN001
SC108	SC105	調査の作成	● 日時、場所、メンバー等を入力し、調査を作成する。	FN004
SC109	SC105	調査の編集	● 既に作成した調査の内容を編集する。	FN004

SC110	SC105	ワークスペース設定	● 調査の管理を行う。	FN004
SC111	SC110	メンバー管理	● ワークスペースに参加するメンバーを管理する。	FN004
SC112	SC110	データ出力	● ワークスペース内で作成された調査結果を CSV で出力する。	FN101
SC113	SC105	調査テンプレート管理	● 調査のテンプレート（毎木調査、在不在調査等）の対象種等の情報を編集する。	FN005

2) 3D 樹木管理台帳

表 3-29 3D 樹木管理台帳画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC201	-	ログイン	● あらかじめ登録されたアカウントによりログインする。	FN301
SC202	SC203,205	高木一覧	<ul style="list-style-type: none"> ● 高木の一覧表を画面表示する。 ● 各列に条件設定をして絞り込み表示できるようにする。 ● 台帳の行をタップすると個票に遷移する。 ● 表示内容を Excel 形式でエクスポートする。 	FN303 FN307
SC203	SC203,205	地図 (2D/3D)	<ul style="list-style-type: none"> ● 公園地図を表示する。 ● 2D と 3D を切り替えられるようにする。 ● 地図上のオブジェクト (高木) をタップすると個票に遷移する。 	FN301 FN302
SC204	SC202,203	高木一覧と地図	<ul style="list-style-type: none"> ● 高木の一覧表と地図を画面分割して表示する。 ● 一覧表と地図の表示内容を連動させる。 	FN301 FN303
SC205	SC202,203	個票	● 高木の個票 (単木) の情報 (調査データ及び写真) を表示する。	FN302 FN306
SC206	SC202,203-	集計表	<ul style="list-style-type: none"> ● 高木の一覧をあらかじめ決められたルールで集計した表を画面表示する。 ● 表示内容を Excel 形式でエクスポートする。 	FN304
SC207	-	ユーザー管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 管理者、編集者、閲覧者それぞれの役割について、ユーザーを管理する。 ● 管理者は編集者の権限に加えて、ユーザー登録、削除、データのインポート/エクスポート 	-

			ートを行う。 <ul style="list-style-type: none">● 編集者は情報の閲覧、登録、更新を行う。● 閲覧者は情報の閲覧のみを行う。	
--	--	--	--	--

3-6-2. 画面遷移図

1) BiomeSurvey

【一般アカウント】

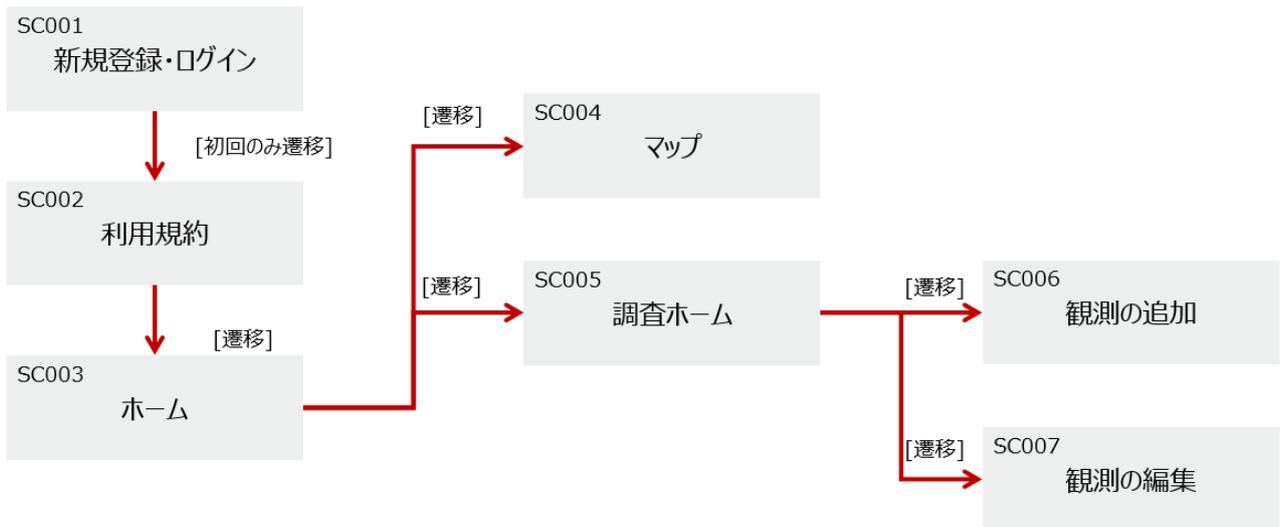


図 3-33 BiomeSurvey 一般アカウント画面遷移図

【管理アカウント】

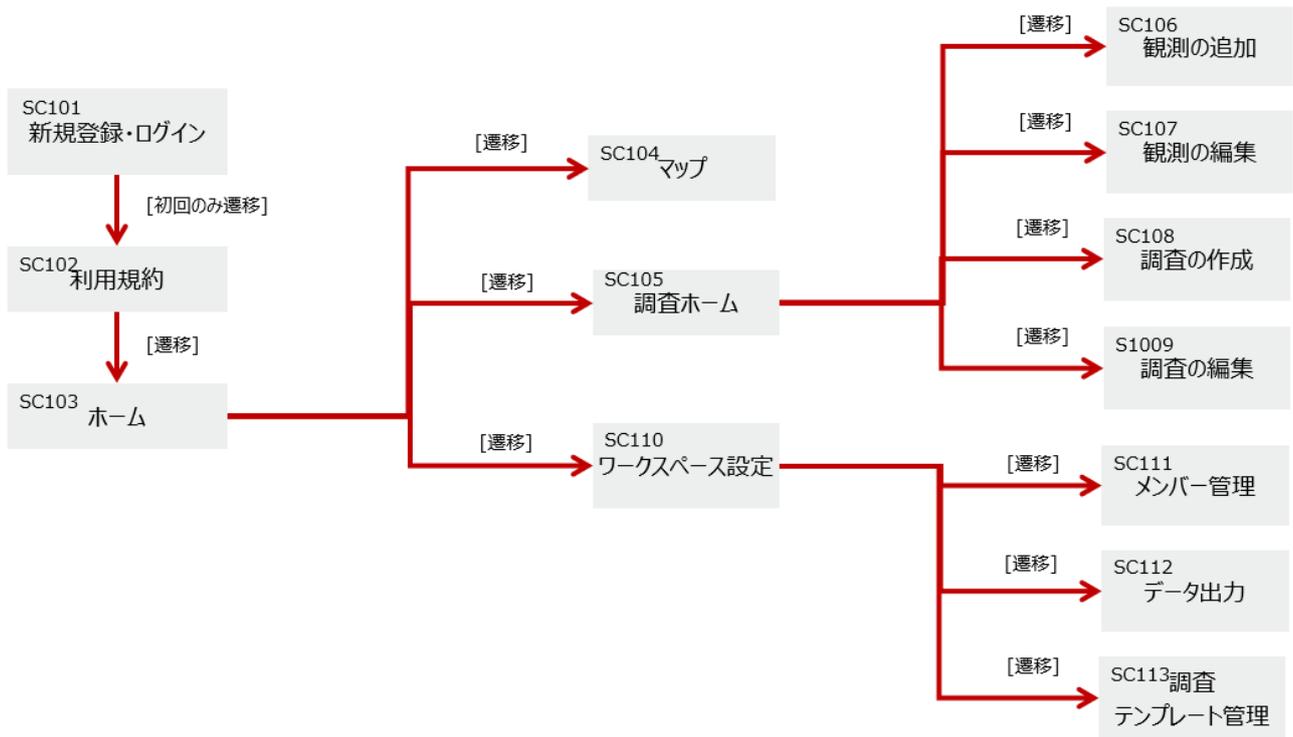


図 3-34 BiomeSurvey 管理者アカウント画面遷移図

2) 3D 樹木管理台帳

【閲覧権限アカウント】

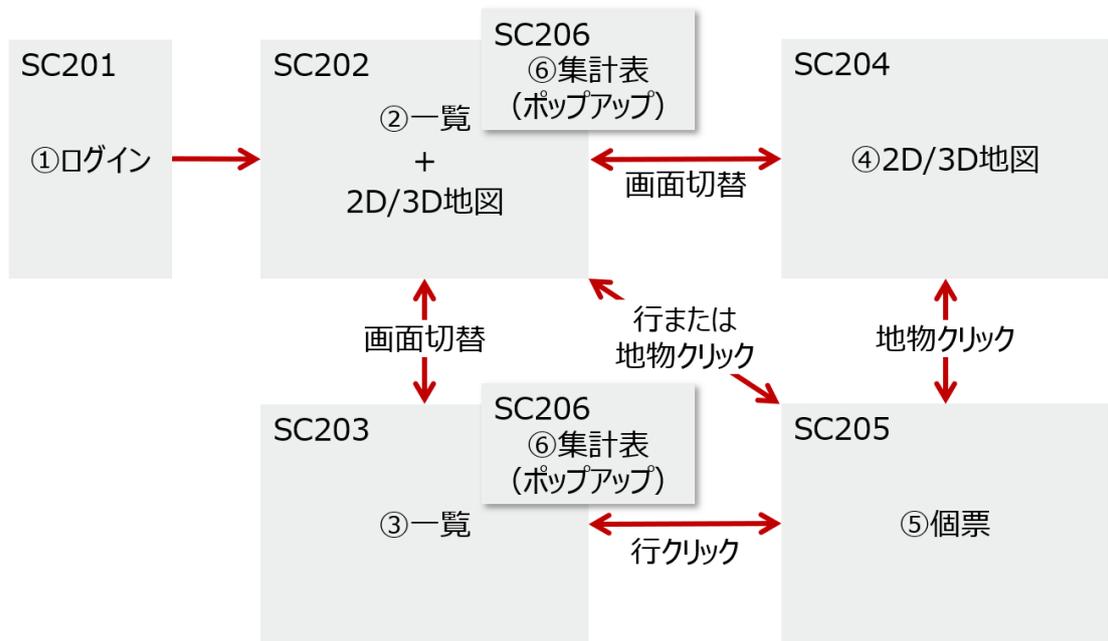


図 3-35 3D 樹木管理台帳の閲覧権限アカウント画面遷移図

【編集権限アカウント】

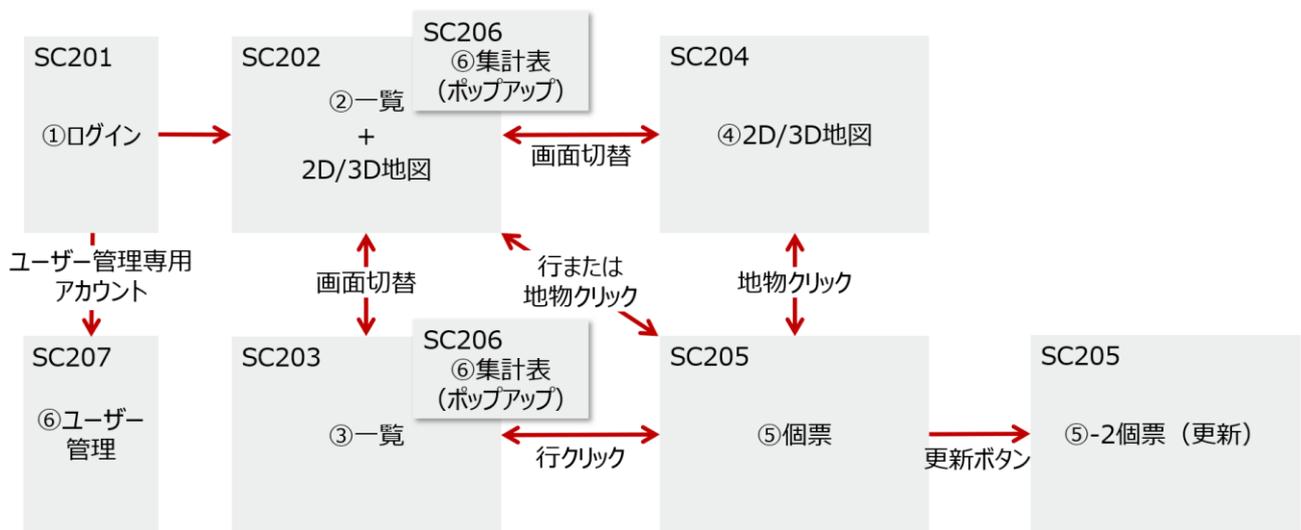


図 3-36 3D 樹木管理台帳の編集権限アカウント画面遷移図

3-6-3. 各画面仕様詳細

1) BiomeSurvey

1. 【SC001/101】新規登録・ログイン画面

- 画面の目的・概要
 - 新規登録のユーザーは「初めての方」をクリックすることにより【SC002】利用規約のページに遷移する (①)。
 - 既存ユーザーは「利用したことがある方」を通じてログイン画面に遷移する (②)。
- 画面イメージ



図 3-37 新規登録・ログイン画面のイメージ

2. 【SC002/102】利用規約画面

- 画面の目的・概要
 - 新規登録のユーザーを対象に利用規約の確認を行って、同意を選択することでユーザー登録が行われホーム画面に遷移する。

- 画面イメージ

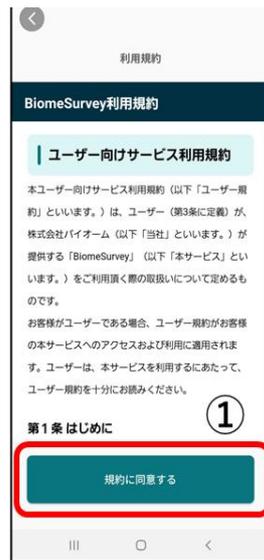


図 3-38 利用規約画面のイメージ

3. 【SC003/103】 ホーム画面

- 画面の目的・概要

- ホームの上部にユーザー名が表示され鉛筆マークから編集を行うことができる。
- 参加中の調査から現在参加している調査を選択し調査ホームに遷移する。

- 画面イメージ



図 3-39 ホーム画面のイメージ

4. 【SC004/104】 マップ画面

- 画面の目的・概要

- マップ上で現在行われている調査の概況やユーザーの現在位置を知ることができる。

- 画面イメージ

- ホーム画面から①をタップすることで、マップが表示される。

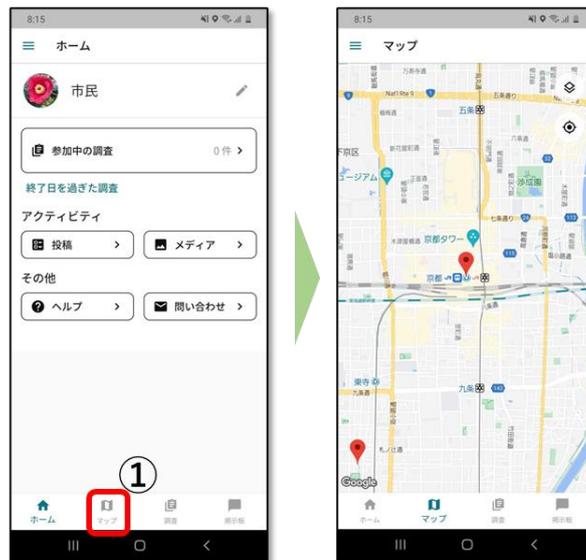


図 3-40 マップ画面のイメージ

5. 【SC005/105】調査ホーム画面

- 画面の目的・概要

- ユーザーが現在参加している調査のルールや目標を確認することができる。

- 画面イメージ

- ホーム画面から①のボタンをタップすることで調査画面に移行する。



図 3-41 調査ホーム画面のイメージ

6. 【SC006/106】観測追加画面

- 画面の目的・概要

- ユーザーが調査した生物の観測データについて調査ページを選択しデータを入力することにより記

録することができる。

- このとき調査ごとに設定された記入項目にデータを入力するほか、画像や生物判定 AI の結果を記録することができる。

● 画面イメージ

- ①から調査を選択し、②から観測を追加することができる。



図 3-42 観測追加画面のイメージ

7. 【SC007/107】観測編集画面

● 画面の目的・概要

- ユーザーが調査した生物の観測データについて調査ページを選択し、表示された観測データの一覧から各詳細を確認することができる。
- このとき観測データ下部の編集ボタンをクリックすることで入力データの間違いを修正することができる。

● 画面イメージ

- ①から調査を選択し②で観測データを選択することで編集画面に移行し、③から観測データの編集を行うことができる。

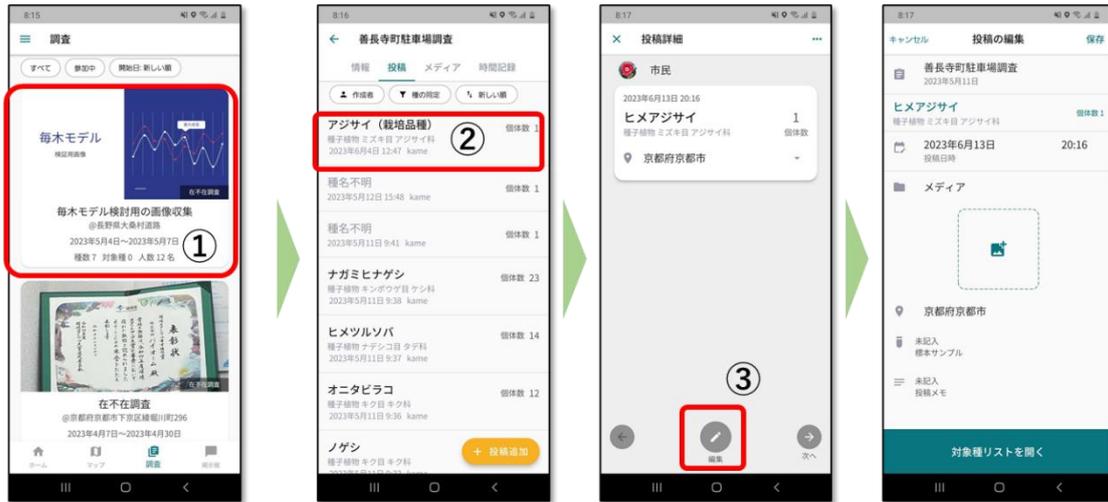


図 3-43 観測編集画面のイメージ

8. 【SC108】 調査作成画面

● 画面の目的・概要

- 管理者権限が付与されたアカウントのみ調査ホームの画面から新規の調査を作成することができる。

● 画面イメージ



図 3-44 調査作成画面のイメージ

9. 【SC109】 調査編集画面

● 画面の目的・概要

- 管理者権限が付与されたアカウントのみ調査ホームの画面から現在の調査に関する情報の編集を行うことができる。

- 操作としては調査の編集及び削除を選択することが可能で、編集を選択した場合は調査のテンプレートや入力項目の変更を行うことができる。

● 画面イメージ

- ①から調査を選択し、②のボタンから調査の詳細を編集することができる。

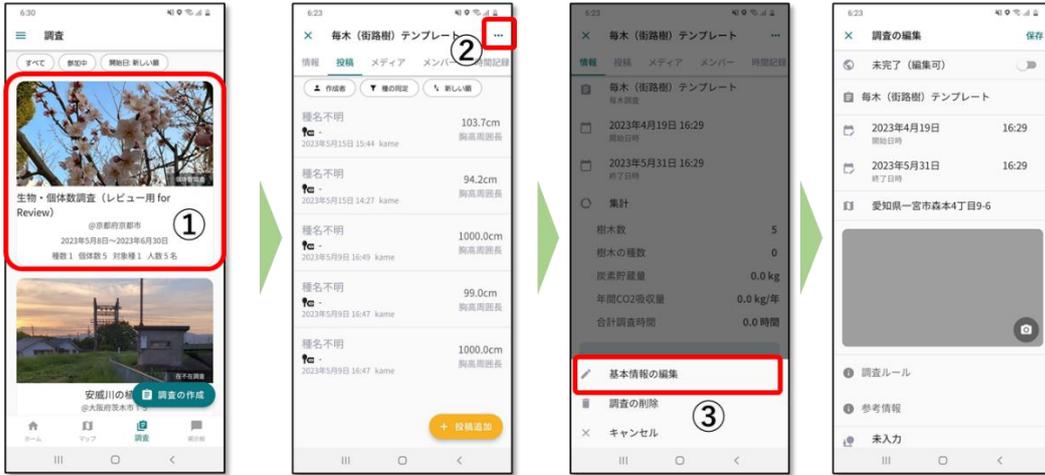


図 3-45 調査編集画面のイメージ

10. 【SC110】ワークスペースの設定画面

● 画面の目的・概要

- 管理者権限を持つユーザーのみ、調査とユーザーの権限やメンバー管理に関わる設定を一括で行うことができる「ワークスペース」の管理を行うことができる。

● 画面イメージ

- ホーム画面から①をタップし、②を選択することで設定画面に移行する。

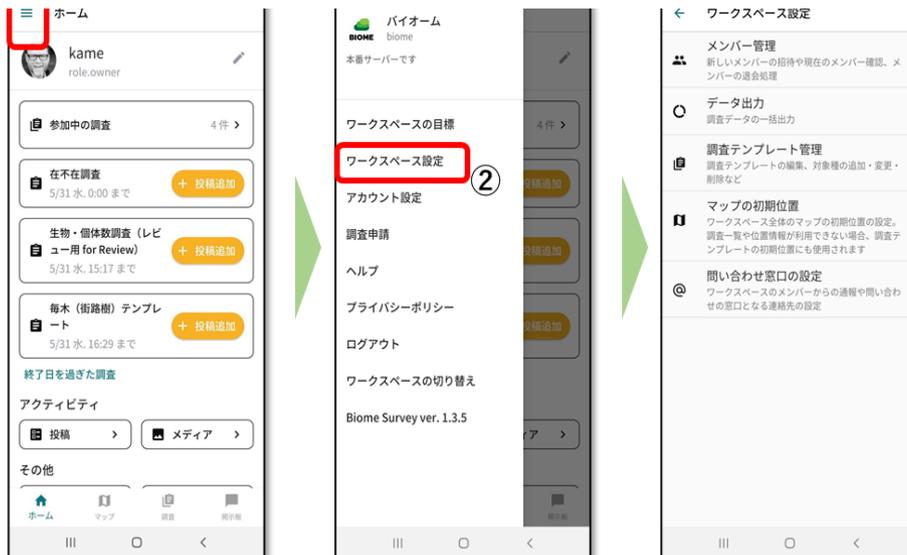


図 3-46 ワークスペースの設定画面のイメージ

11. 【SC111】メンバー管理画面

- 画面の目的・概要
 - 管理者権限を持つユーザーのみ、ワークスペースに所属するユーザーの変更を行うことができる。
 - また、ユーザーの一覧を閲覧することも可能。
- 画面イメージ
 - ワークスペース設定画面から①を選択することでメンバー管理画面に移行する。



図 3-47 メンバー管理画面のイメージ

12. 【SC112】データ出力画面

- 画面の目的・概要
 - 管理者権限を持つユーザーのみ、ワークスペース内に設定された調査結果のデータを CSV 形式で出力することができる。
- 画面イメージ



図 3-48 データ出力画面のイメージ

13. 【SC113】 調査テンプレート管理画面

- 画面の目的・概要
 - ワークスペース管理画面から調査の設定などで用いることができるプリセットを作成することができる。また登録済みテンプレートの削除や編集も可能。
- 画面イメージ
 - ワークスペース設定の画面から①を選択することでテンプレート管理を実行できる。



図 3-49 調査テンプレート管理画面のイメージ

2) 樹木管理台帳

1. 【SC201】 ログイン画面

- 画面の目的・概要
 - あらかじめ登録されたアカウントによりログインする。
 - パスワードを忘れた場合に備えて、登録済みのメールアドレスを經由して更新するためのリンクを設ける。
 - ID にはメールアドレス、パスワードはユーザーが設定したものを使用する (①)。
 - パスワードを忘れた時のリセット画面を呼び出す (②)。

- 画面イメージ

仙台市公園樹木管理台帳データベース

メールアドレス

パスワード

ログイン

図 3-50 ログイン画面

2. 【SC202】 高木一覧画面

- 画面の目的・概要

- ログイン後の初期画面で、画面内に一覧表、集計表、2D/3D 地図をレイアウトする。
- デフォルトの表示は 2D 地図を用いる。
- 利用者の権限が編集者以上の場合には、一覧表のデータを編集できるようにする。
- 高木一覧に遷移することでより詳細の情報を確認することができる。
- また、表示項目や表示する高木についてフィルターやソートが可能な状態にする。

- 画面

樹木ID	計画日	地蔵図	市区町村コード	市区町村名	公園名	エリアID
0	2023-10-131700:00:00+0900		41025	仙台市宮城野区	榊岡公園	
1	2023-10-131700:00:00+0900		41025	仙台市宮城野区	榊岡公園	
10	2023-10-087000:00:00+0900		41025	仙台市宮城野区	榊岡公園	
100	2023-10-087000:00:00+0900		41025	仙台市宮城野区	榊岡公園	

図 3-51 高木一覧画面

3. 【SC203】 地図 (2D/3D) 画面

- 画面の目的・概要

- ユーザーは 2D 表示と 3D 表示を切り替えて樹木の情報を地図上で視覚的に閲覧することができる。
- また、表示する高木についてフィルターやソートが可能となっている。

● 画面



図 3-52 地図画面 (2D)



図 3-53 地図画面 (3D)

4. 【SC204】 高木一覧と地図の画面

● 画面の目的・概要

- ユーザーは2D又は3D表示の地図を閲覧しながら対応する樹木を一覧表で確認することができる。
- また、表示する高木についてフィルターやソートが可能となっている。

- 画面イメージ



図 3-54 高木一覧と地図の画面 (2D)

5. 【SC205】 個票画面

- 画面の目的・概要
 - 樹木 1 本単位で詳細にわたるデータを確認することができる。
- 画面



詳細画面	
種名	シダレザクラ
樹木タイプ	高木
樹高	6.3
胸高直径	26
幹周	81
枝張	5.4
樹冠高	4.9
枝下高	1.4
固定炭素量	161.5586768
二酸化炭素吸収量	85.39296965

図 3-55 個票画面

6. 【SC206】集計表画面

- 画面の目的・概要
 - 台帳に掲載されている高木の情報についてシステム上で集計を行える。
 - 具体的には条件を設定してフィルターやソートをかけることで閲覧したいデータを絞り込むことができる。
 - また、絞り込みを行った状態でデータ出力をすることができる。
- 画面

樹種	樹木...	写真	幹周ランク	樹高(m)	幹周(cm)	枝張(m)
クログネモチ	検索...		B	6	39	4
クログネモチ	<input checked="" type="checkbox"/> アジサイ類		B	6.5	44	3.5
クログネモチ	<input checked="" type="checkbox"/> アセビ		B	7.5	50	4
クログネモチ	<input checked="" type="checkbox"/> アツバキミガヨラン		B	6.5	47	4
クログネモチ	<input checked="" type="checkbox"/> アベリア		B	6.5	47	4
モクレン属	<input checked="" type="checkbox"/> アメリカトキワマンサク		B	4.5	39	2
クログネモチ	<input checked="" type="checkbox"/> アメリカザイフリボク		B	6.5	42	3

絞り込み： 樹高(m)：『10~20』の範囲 × 樹木タイプ：高木 × 枝張(m)：『15』以上 × 幹周(cm)：『200』以上 ×						
樹木ID	樹種	樹木...	写真	樹高(m)	幹周(cm)	枝張(m)
1010-65-091-h-00_00008	ケヤキ	高木		13.5	203	15
1020-53-066-h00_00057	ケヤキ	高木		14.2	260	15
1020-84-035-h00_00102	クスノキ	高木		15	201	15
1010-53-069-h-00_00041	ケヤキ	高木		15	262	16
1020-53-066-h00_00127	ケヤキ	高木		15.8	250	16
1020-53-067-h00_00145	ケヤキ	高木		15.9	210	15
1020-53-068-h00_00151	ケヤキ	高木		16.8	208	15
1020-53-067-h00_00291	ケヤキ	高木		17	210	15
1010-63-070-h-00_00015	クスノキ	高木		17	253	15
1020-53-067-h00_00152	ケヤキ	高木		18	204	17
1020-53-068-h00_00159	ケヤキ	高木		18	205	15

図 3-56 集計表画面

7. 【SC207】ユーザー管理・データ更新

● 画面の目的・概要

- 編集権限を持っているユーザーのみ、台帳にアクセスできるメンバーを追加及び削除することができる。
- 編集権限を持っているユーザーは登録されている樹木データを閲覧するだけでなく、システム上で情報の変更を加えることもできる。

● 画面

公園樹木管理		戻る
樹木ID	A1-0018	
樹種	サクラ	
品種	ソメイヨシノ	
樹高 (m)	8.5	9.0
幹周 (cm)	120	
枝張 (m)	11.0	
写真	<input type="button" value="写真更新"/>	
炭素貯蔵量 (kg)	379	
炭素固定量 (kg/年)	39	
CO2吸収量 (kg/年)	135	

図 3-57 ユーザー管理・データ更新画面

3-7. 実証システムの利用手順

3-7-1. 実証システムの利用フロー



図 3-58 BiomeSurvey による市民協働型調査の利用フロー

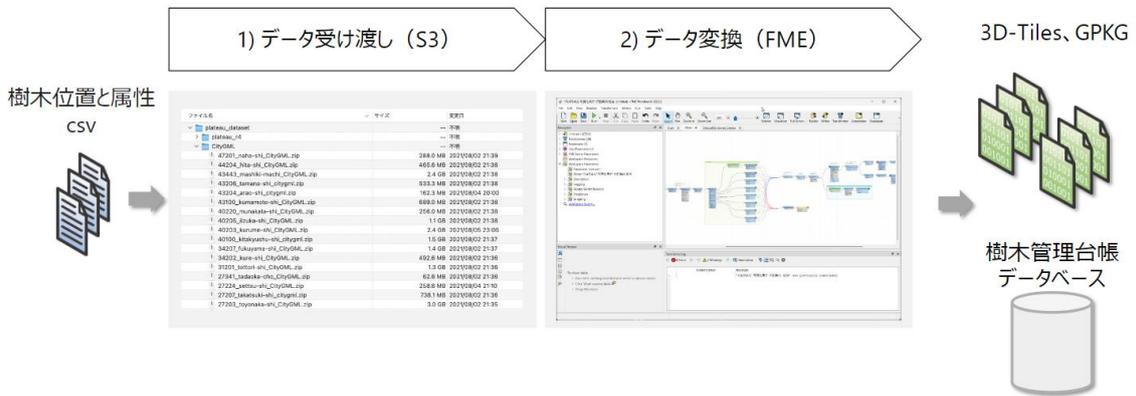


図 3-59 BiomeSurvey で取得したデータから CityGML 及び 3D Tiles を生成するフロー



図 3-60 3D 樹木管理台帳システムの利用フロー

- 公園樹木の 3D 都市モデル（植生モデル）を作成するために必要なデータについて BiomeSurvey を用いて市民協働型調査によって取得する。取得したデータは FME Cloud を通じて 3D 樹木モデルに変換される。

- 上記のフローで作成したデータに、周辺地域の 3D 都市モデルを統合することによって、今まで 2D でしか表現できなかった樹木台帳を 3D で閲覧できる状態にし、業務効率の改善や価値提供につなげる。

3-7-2. 各画面操作方法

1) BiomeSurvey

- ユーザー登録を行い樹木調査の招待を受けることで、樹木データの登録を行うことができるようになる。
- アプリを開いて最初に表示されるホーム画面から画面下の調査タブをタップすることで、「調査一覧」に遷移し、ユーザーが参加できる調査の一覧を閲覧することができる。
-



図 3-61 Biome Survey ホーム画面の操作

- 調査一覧から参加する調査スペースを探してタップして選択することで、該当する調査スペースのホーム画面に切り替わり、調査対象地や調査対象個体を確認することができる。



図 3-62 BiomeSurvey 調査一覧画面の操作

- 調査ホーム画面に表示されている樹木のシンボルを選択すると、樹木の登録情報がポップアップで表示され、「詳細を編集」をタップすると「調査票入力画面」に遷移する。この画面で調査票の内容に従って樹木の調査データや写真データを追加することで調査スペースに新たな観測結果を追加することができる。



図 3-63 BiomeSurvey 調査対象樹木選択の操作

- 「調査票入力画面」のメディアの欄にある写真追加ボタンを選択すると、写真を撮影するかスマホのライブラリを参照するかの選択が表示され、いずれかの方法で写真を選択することで写真登録画面に遷移する。トリミングや回転などにより写真の調整ができれば、完了をタップすることで樹木の写真を登録

することができる。



図 3-64 BiomeSurvey 樹木写真登録の操作

- 写真の登録後、調査票入力画面に樹種判定ボタンが追加されるため、これをタップすることで樹種判定画面に遷移する。動物の仲間か植物の仲間かを選択すると、生物判定 AI が起動し該当する樹種の候補が表示されるので、実際の樹木を確認しながら該当する樹種を選択することで、樹種名を登録することができる。



図 3-65 BiomeSurvey 樹種判定と樹種登録の操作

- 調査票入力画面から樹勢の項目を選択することで、樹勢登録画面に遷移する。表示された選択肢の中から、観察している樹木の健康状態ともっとも近いものを選びタップすることで、樹勢の情報を登録することができる。

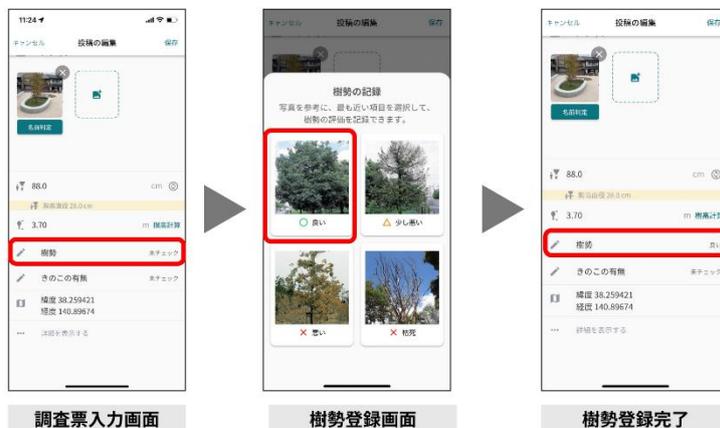


図 3-66 BiomeSurvey 樹勢情報登録の操作

- 調査票入力画面からきのこの有無の項目を選択することで、腐朽菌有無登録画面に遷移する。表示された画面と観察している樹木を見比べながら腐朽菌有無を判断し、該当する選択肢を選びタップすることで、腐朽菌有無の情報を登録することができる。

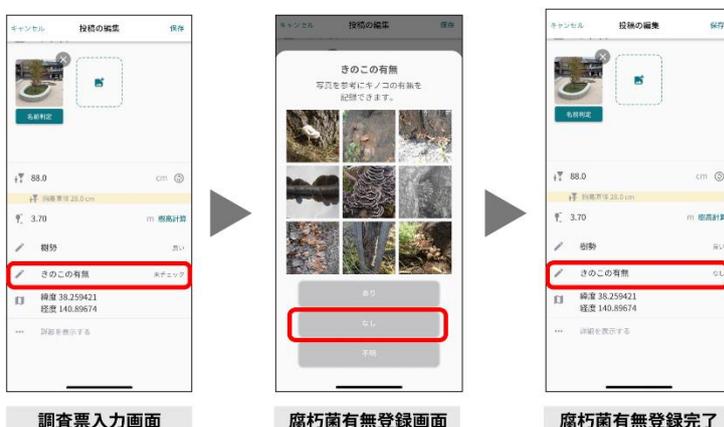


図 3-67 BiomeSurvey 腐朽菌有無情報登録の操作

- 調査票入力画面でひと通りデータの登録が完了したら、右上の保存をタップすることで記録内容が保存され、調査ホーム画面に戻る。このとき登録を行った樹木を確認するとシンボルの色が黄色(=未登録)から青色(=登録済み)に変化する。



図 3-68 BiomeSurvey 調査票の保存操作

2) CityGML 及び 3D Tiles の作成と読み込み

- BiomeSurvey で作成されたデータがバックエンドで処理され、市民協働型調査で取得した樹木データをもとに樹木の CityGML ならびに 3D Tiles のデータが作成される。
- また、併せて周辺の建築物の CityGML 及び 3D Tiles のデータも読み込まれる。

3) 樹木管理台帳での利用

- 樹木データベースの閲覧画面から「EXCEL 出力」ボタンを押すことで、樹木管理情報を Excel 出力で積算業務に活用できる。出力の対象となる樹木は画面上のフィルター機能を用いて選択することができる。



図 3-69 樹木管理情報を Excel 出力する操作

- 仙台市の剪定積算区分による幹周ランク単位で抽出ができる。

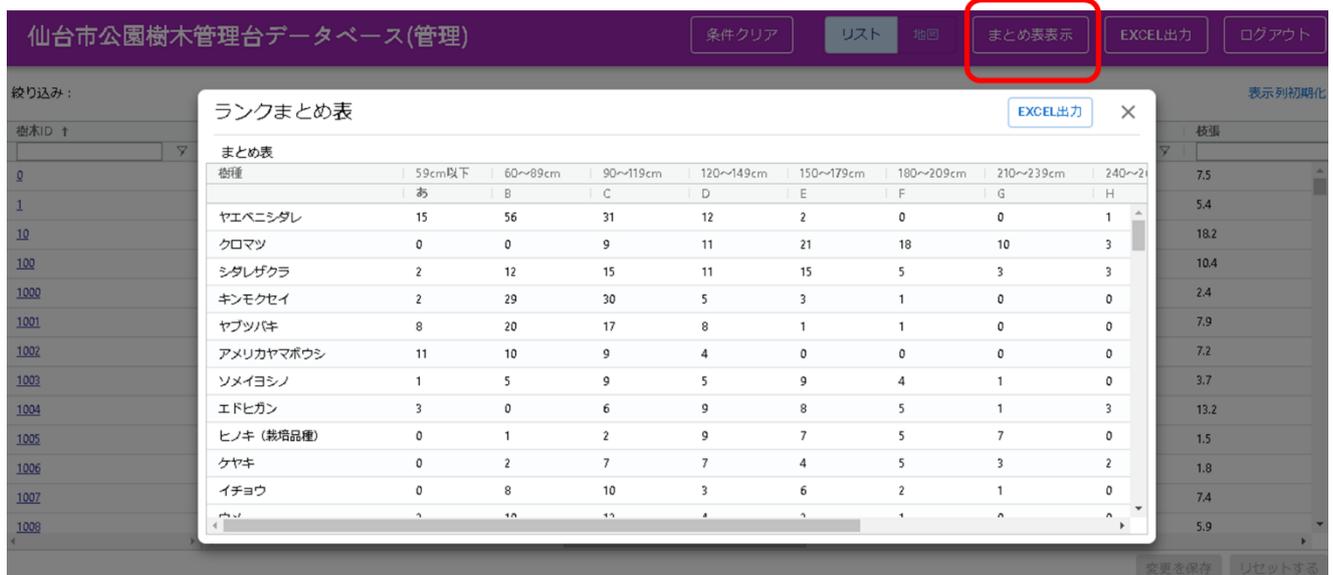


図 3-70 幹周ランク単位まとめ表を参照する操作

- 樹木管理情報とマップ情報を同時に表示



図 3-71 リストと地図画面を対応させて閲覧する操作

- マップ情報のみで 3D 表示できる。



図 3-72 地図表示にフォーカスして閲覧する操作

- マップ情報のみで 2D 表示できる（背景に仙台市からの要望で公園施設設計 CAD 図を反映）。



図 3-73 地図表示を 2D にして従来の図面と同様に閲覧する操作

- 目通り幹周ランクに該当する樹木を特定して抽出でき、積算業務に活用できる。



図 3-74 目通り幹周の規格を特定して表示する操作

- 樹種名を特定して表示でき、積算業務に活用できる。

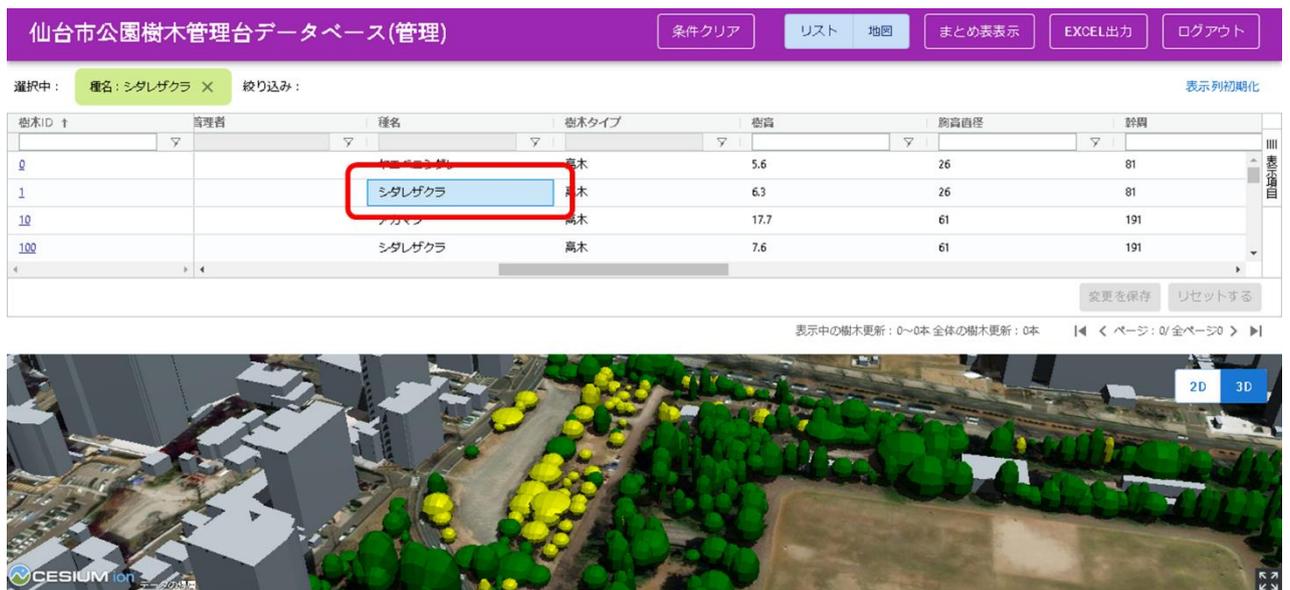


図 3-75 樹種名を選択して地図上で閲覧する操作

- 腐朽菌ありの樹木を黄色で表示でき、積算業務に活用できる。

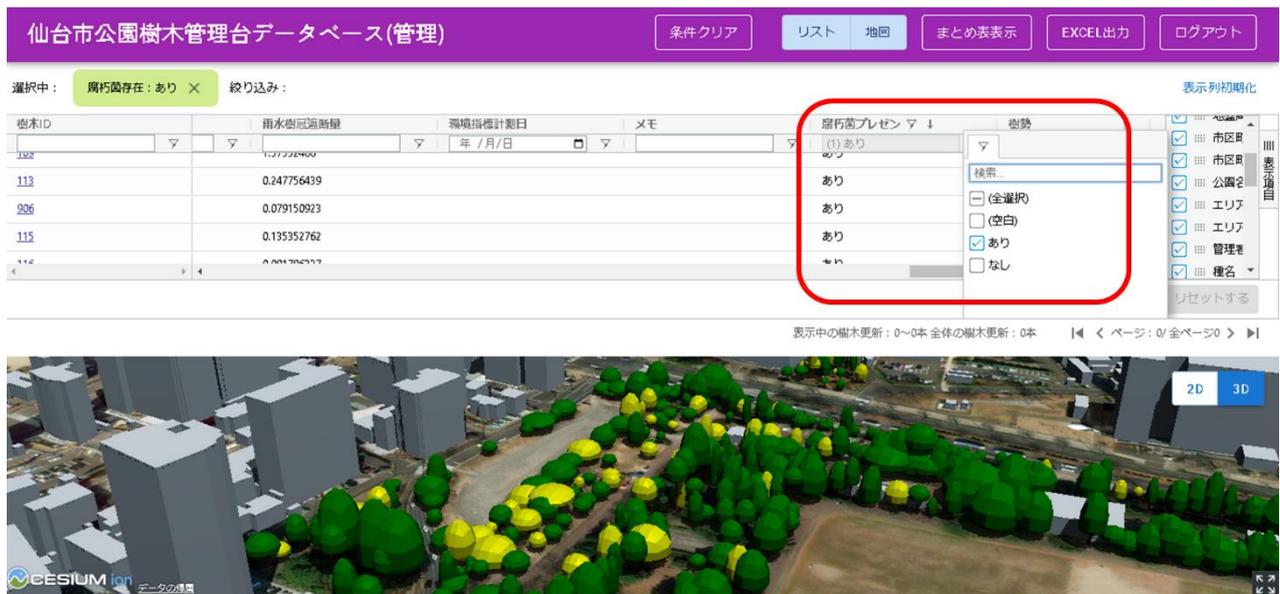


図 3-76 腐朽菌の有る樹木を地図上で閲覧する操作

- 枯損木や樹勢が悪化している樹木を特定して表示でき、積算業務に活用できる。



図 3-77 健康状態のよくない樹木を選択的に閲覧する操作

4. 実証技術の検証

4-1. 市民協働型調査の精度検証

本ユースケース開発において、市民協働による調査は、公園管理や街路樹管理といった分野におけるデータ不足の解消に重要な役割を担っている。このアプローチの要点は、従来の方法では捉えきれない豊富なデータを収集することであり、従来の方法と比較してどのような利点と課題があるかを検証する必要がある。

4-1-1. 検証目的

市民協働によるデータ収集の一般的な課題として、収集されたデータの精度が問題となりやすい。データの品質や正確性が確保されなければ、政策決定や管理計画の策定に活用することはできない。そこで、樹木医や植物生態学や植物分類学といった分野の知見を持つ専門家による詳細なレビューを行い、必要に応じてデータの修正や補足を加えることで、データの信頼性を担保するアプローチを採用した。そこで、本検証においては、市民から提供されたデータの精度及び、それを専門家によって検証し活用する際の KPI について検証を行う。

4-1-2. KPI

表 4-1 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1	市民参加型調査による樹種判定の一致率	60%	● 最終的に専門家によるチェックが入るため、市民による調査の難易度も考慮し設定	● 専門家による、検証を目的として実施した調査の結果との一致率を算出
2	樹勢判定の一致率	70%	● 実証事業者へのヒアリングにおいて、70%の自動化（30%手作業）ができれば十分に導入可能であるとの回答を得たため、同値で設定	● 専門家による、検証を目的として実施した調査の結果との一致率を算出
3	腐朽菌の有無の一致率	80%	● 腐朽菌の有無は樹木の強度に大きく関わっており、危険木調査の対象を絞り込みに用いることを想定し、市民協働型調査としては高い水準での一致率を目標として設定	● 専門家による、検証を目的として実施した調査の結果との一致率を算出
4	市民協働型調査でカバーできた本数の割合	90%	● 公園樹木のデータベースを整備するために、現地での記録は可能な限り取得する必要がある	● 事前調査によって取得した樹木データのうち、市民協働型調査でデータを取得できた樹木の本

			ある一方、安全上の理由で市民協働型調査が難しい地点などのイレギュラーを想定し90%に設定	数から算出
--	--	--	--	-------

4-1-3. 検証方法と検証シナリオ

1) 市民参加型調査による樹種判定の一致率

市民協働で取得した樹木データのうち、樹種の判定結果について、専門家による検証用の取得データをもとにその一致率を算出する。

分母：市民協働型調査でデータを取得できた樹木の数

分子：市民協働型調査で取得したデータと専門家による調査で取得したデータで樹種が一致している数

市民参加型調査による樹種判定の一致率（％）

$$= \frac{\text{市民協働型調査と専門家による調査で取得した樹種データが一致している数}}{\text{市民協働調査でデータを取得できた樹木の数}} \times 100$$

※市民協働調査でデータを取得できた樹木のうち、専門家による調査によって当該樹木の登録が無効（地上LiDARによる街灯等の誤登録等）と判断された樹木に関しては、「無効」として集計する

表 4-2 検証シナリオ一覧（市民参加型調査による樹種判定の一致率）

No.	検証方法	エリア	対象データ
1-1	市民参加型調査による樹	実証エリア全体	一般イベント
1-2	種判定の一致率		小学生

2) 樹勢判定の一致率

市民協働で取得した樹木データのうち、樹勢の判定結果について、専門家による検証用の取得データをもとにその一致率を算出する。

分母：市民協働調査でデータを取得できた樹木の数

分子：市民協働調査で取得したデータと専門家による調査で取得したデータで樹勢が一致している数

市民参加型調査による樹勢判定の一致率（％）

$$= \frac{\text{市民協働型調査と専門家による調査で取得した樹勢データが一致している数}}{\text{市民協働調査でデータを取得できた樹木の数}} \times 100$$

※市民協働調査でデータを取得できた樹木のうち、専門家による調査によって当該樹木の登録が無効（地上LiDARによる街灯等の誤登録等）と判断された樹木に関しては、「無効」として集計する。

表 4-3 検証シナリオ一覧（樹勢判定の一致率）

No.	検証方法	エリア	対象データ
2-1	市民参加型調査による	実証エリア全体	一般イベント
2-2	樹勢判定の一致率		小学生

3) 腐朽菌の有無の一致率

市民協働（一般イベント）で取得した樹木データのうち、腐朽菌の有無の判定結果について、専門家による検証用の取得データをもとにその一致率を算出する。

分母：市民協働調査でデータを取得できた樹木の数

分子：市民協働型調査と専門家による調査で取得した腐朽菌有無データが一致している数

市民参加型調査による腐朽菌有無の判定一致率（％）

$$= \frac{\text{市民協働型調査と専門家による調査で腐朽菌有無のデータが一致している数}}{\text{市民協働調査でデータを取得できた樹木の数}} \times 100$$

※市民協働調査でデータを取得できた樹木のうち、専門家による調査によって当該樹木の登録が無効（地上LiDARによる街灯等の誤登録等）と判断された樹木に関しては、「無効」として集計する。

表 4-4 検証シナリオ一覧（腐朽菌の有無一致率）

No.	検証方法	エリア	対象データ
3-1	市民参加型調査による	実証エリア全体	一般イベント
3-2	腐朽菌有無の判定の一致率		小学生

4) 市民協働調査でカバーできた本数の割合

市民協働（一般イベント）で取得した樹木本数を、専門家による検証用の取得データをもとにその一致率を算出する。

分母：市民協働調査でデータを取得できた樹木の本数

分子：専門家による調査で取得した樹木の本数（全樹木）

$$\text{市民参加型調査による樹木調査本数のカバー率（％）} = \frac{\text{市民協働調査でデータを取得できた樹木の本数}}{\text{専門家による調査で取得した樹木の本数}} \times 100$$

表 4-5 検証シナリオ一覧（市民協働型調査による樹木調査本数のカバー率）

No.	検証方法	エリア	対象データ
4-1	市民参加型調査によりデータを取得できた樹木の全体本数に対する割合	実証エリア全体	一般イベント

4-1-4. 検証結果

市民協働型調査は、都市環境における樹木の状態把握とデータ収集の新たな方法を探る試みであった。調査の結果、樹種と樹勢の一致率及び市民協働型調査でカバーできた割合について KPI を達成することができず、課題が明確に提示された。一方で、腐朽菌の有無に関するデータ収集においては、設定された KPI を達成し、危険木の特定に対する有望なアプローチを示した。

本調査によって得られた成果とフィードバックは、今後の市民協働型調査の展開において貴重なガイドラインとなる。特に、アプリケーションの細かい修正による市民協働型調査の精度向上、インセンティブ設計やプログラム改善による調査カバー範囲の拡大を通じた改善など、技術的な改善策とともに、現実的なモデルとしての可能性が示唆された。

表 4-6 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	
市民協働型調査による測定結果と専門家による検証データの一致率	樹種判定の一致率 (括弧内は科名レベルでの一致率)	60%	一般イベント	46.4% (66.8%)	<ul style="list-style-type: none"> データの正確性を担保するための専門家調査が重要である。 サクラ類を中心に園芸品種が多岐にわたる樹木の入力が難しく、市民協働型調査に適した種名登録の方法は改善の余地がある。
			小学生	24.6% (53.3%)	
	樹勢判定の一致率	70%	一般イベント	69.6%	<ul style="list-style-type: none"> 一致率は惜しくも KPI に届かなかったが、UI や判定基準の提示方法によって実用可能な水準に到達することは不可能ではない。
			小学生	60.3%	<ul style="list-style-type: none"> 樹種の一致率と比べて一般イベントとの数値の差が小さく、本ユー

					スペースで新規開発した樹勢判定機能は誰でも直感的に樹勢を判定できるUIであると考えられる。
	腐朽菌の有無の一致率	80%	一般イベント	86.1%	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般・小学生共に目標値をクリアし市民協働型調査としては高い水準の一致率となった。 ● 市民参加型での調査結果をもとに公園内の樹木の危険木や問題のあるエリアを推定し、より高次的な公園管理に用いることは現実的に実装可能である。
			小学生	84.1%	<ul style="list-style-type: none"> ● 腐朽菌の有無については小学生でも一般と大きな差はなく、取得データの活用という観点では、この部分に特化したプログラムが効率がよい。
市民協働型調査による調査樹木のカバー率	市民協働型調査でカバーできた本数の割合	90%	一般イベント	73.6%	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般参加イベントでは危険なエリアや服装が汚れるような茂みの調査は積極的には進まなかった。 ● 未調査樹木を調査することによるインセンティブや服装に関する周知など、安全確保を最優先としつつ能動的な仕掛けが重要である可能性がある。

a. 市民協働型調査による測定結果と専門家による検証データの一致率

① 樹種判定の一致率

検証の結果は下記のとおりであった。専門家による調査で取得したデータと樹木の種名が一致した割合は46%程度であり、KPI である 60%には到達しなかった。一方、樹木の科名が一致した割合は 66%程度となった。

小学生による樹木判定については、種名の一致率で 24.6%となり、想定よりも低い値となった。また、無効な入力も一般参加者に比べて多くなっており、システムの設計等により無効な回答を回避する工夫の必要性が示された。

一般参加者の一致率は、小学生の一致率に比べて倍近くの差が出た。このことは、小学生による高い精度の樹種判定は現実的に難しいという現状を示すものであると同時に、観察能力の向上や周辺知識によって樹種判定の結果が改善されることを示唆する。一般市民に対し単発で協働調査を行うのではなく、3D 都市モデルの継続的な活用と併せて継続的なモニタリングを行いながら市民のエンゲージメントを高める活動を通じて樹種判定精度が向上する可能性がある。また、判定精度に個人差が見られる場合、判定の正答率をもとに市

民協働型調査によって得られるデータをラベリングすることで、より柔軟な活用のワークフローを構築することも考えられる。

不一致になった調査記録を確認したとき、サクラを中心に公園樹木特有の栽培品種が多く含まれており、例えば正データ「サクラ（栽培品種）」（実際の品種はエドヒガン）に対して「ソメイヨシノ」と回答をしてしまうなど、樹種登録におけるアプローチを、生物学的に正確な種名判定と折り合いをつけた形でどう改善するかが課題として挙げられる。

表 4-7 樹種判定の一致率

判定	一般イベント		小学生	
	樹木の種名の集計	樹木の科名の集計	樹木の種名の集計	樹木の科名の集計
一致（件）	166	239	142	308
不一致（件）	192	119	436	270
無効（件）	51	51	98	98
一致率（%）	46.4	66.8	24.6	53.3

② 樹勢判定の一致率

イベント参加者による調査結果と専門家による調査で取得したデータと樹木の樹勢が一致した割合は 69%程度であり、KPI である 70%には僅かに届かなかった。一方、小学生による調査では一致率は 60%程度となり、目標水準には満たないものの、樹種判定結果ほど低い値にはならなかった。

BiomeSurvey における樹勢判定の評価機能は本ユースケースの追加機能として開発されたもので、画面上に 4 段階の樹勢の写真を提示して直感的に近いものを選択させるというものであった。非常にシンプルであり、小学生による判定精度が一般参加者によるものと大きく変わらなかったことから、この樹勢判定機能が子どもでも扱いやすい形になっていたと評価できる。

一方で、判定が観察者の主観に依存する部分が多いことも指摘できる。現在のシンプルな UX を維持しながら、テキストによる補足的な基準の提示や、樹種に応じた例示画像の制御などの工夫によって、いかに客観的で一貫性の高い基準を設定できるかによって、判定精度が変わる可能性がある。

表 4-8 樹勢判定の一致率

判定	一般イベント	小学生
一致（件）	263	202
不一致（件）	115	133
無効（件）	31	73
一致率（%）	69.6	60.3

③ 腐朽菌の有無の判定一致率

専門家による調査で取得したデータと腐朽菌の有無が一致した割合は、一般参加者による調査データで 86%

程度であり、小学生による調査データでも 84%程度と、どちらについても KPI である 80%を達成することができた。これは、市民参加による調査が有効であることを示唆している。

一方で、地方公共団体にとって、樹木の倒木リスクを回避するための情報源としてそのまま用いることは難しい。地方公共団体は樹木診断により危険木を把握し対処することで倒木による被害を防いでいるが、街路や公園の樹木に対して全数的な把握を行うことは、予算や人手の制約から現実的でない場合が多い。もし、市民協働による調査をもとに対象樹木を絞り込み樹木診断を実施することができれば、より効果的な危険木対策となる。公共の安全と行政の責任を考慮すると、不一致の可能性のある 20%の樹木について、その倒木リスクを無視することはできない。

この点は、偽陰性と偽陽性を考慮した多層的な分析によって克服できる可能性がある。市民協働型による調査結果をもとに、3D 都市モデルや地理情報システムを組み合わせ、日照条件や土壌状況、風のシミュレーションなどの環境条件を考慮に入れてクラスタリングを行うことで、リスクの高い樹木をより高い精度で特定することが可能となる。これにより、専門家による診断が必要な樹木を効果的に絞り込むことができ、地方公共団体の限られたリソースでの最大限の倒木対策の実施につながる。市民協働型調査によって取得した腐朽菌の有無のデータをもとに、多様な情報リソースを組み合わせシステムの精度向上につなげられるかは今後の課題となる。

表 4-9 腐朽菌の有無の判定一致率

判定	一般イベント	小学生
一致 (件)	329	285
不一致 (件)	53	54
無効 (件)	27	69
一致率 (%)	86.1	84.1

b. 市民協働型調査によって調査できた樹木の割合

検証の結果は下記の通りであった。市民協働調査でカバーできた本数の割合は 73%程度であり、KPI である 90%を達成することができなかった。主な理由として、茂みや密集した植樹エリアの奥まった箇所又は安全上の問題がある場所につき調査が困難であったことが挙げられる。

LiDAR による調査結果から 23m×35m のグリッドを設定し、調査対象樹木（地上ライダーが取得した全樹木、1,151 本）が存在する密度を算出した結果を市民協働型調査により調査できた樹木の配置と重ね合わせたところ、樹木密度の高い樹木が茂っている場所では市民協働での調査がうまく進まなかったことがうかがえる。実際に、イベントの参加者は茂みに入って調査することを想定していたとは考えにくく、ターゲットの設定としても家族連れが気軽に参加する想定をしていた。場合によっては、茂みに入って調査することを想定したコンセプト設計で別途プログラムを実施し、異なるターゲットを設定するなど運用上の工夫の必要性が示唆された。

また、調査が難しい樹木や未調査の樹木について、これを調べることにインセンティブを設定するアプローチも考えられる。市民協働調査のアプリケーションとして、インセンティブ設計を調査に反映することで調査のカバー範囲や細かい誘導を行うことは今後の改善点として想定される。

表 4-10 一般参加イベントにおいて調査が完了した樹木の割合

判定	本数 (本)	割合 (%)
取得	847	73.6
未取得	304	26.4

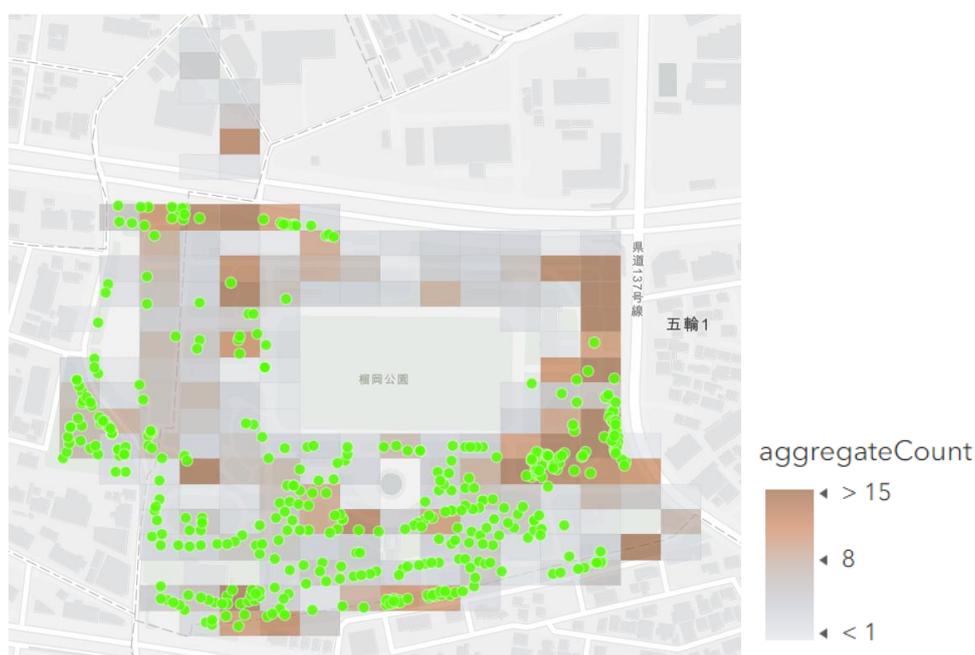


図 4-1 対象エリアの樹木密度（グリッド）とイベント内で調査が完了した樹木の位置（ポイント）

なお、今回の実証実験では、市民協働型調査によって集められたデータのクレンジングに専門家による現地調査のデータを用いた。今回の実証において、市民協働型調査の有効性を検証するため判定精度を KPI として設定しており、判定精度検証用の正解データとして専門家による全数的な調査データを作成し、データクレンジングにも用いることができた。

しかしながら、現実的な運用を考えると、専門家が全数調査を行うことは難しい。今後の運用においては、市民協働型調査で得られた写真をもとに専門家が種の同定や健全度の判定を行うことを想定している。緯度経度や撮影日時等のメタデータから出現の可能性が低い生物種を特定したり、科目名レベルでの間違いの可能性を参照することで効率的な同定作業を行うことができる。そのうえで、どうしても判断が難しい樹木に限定し専門家の現地調査を行うことでデータの質を担保することで、専門家の労力を最小限に抑えつつ、市民参加のアドバンテージを活かしたデータ収集が可能となる。

4-2. LiDAR 測量精度の検証

本ユースケースにおいて、PLATEAU の 3D 都市モデルの精度を満たした 3 次元の樹木データを作成するため、対象となる高木毎に LiDAR によって緯度経度、樹木規格情報を取得した。それらを解析した上で ID を付与し、市民協働調査を実施するための DB を作成した。

本ユースケースにおいて、LiDAR 測量精度の検証は、市民協働型調査における樹木データの計測精度を担保するうえで必要である。この検証を通じて、LiDAR 技術の精度と信頼性を確認する。

4-2-1. 検証目的

LiDAR による測量は一般化しつつある一方、樹木や植物への適用は形状の複雑さや、風による揺らぎ、茂みや樹冠の重なりなど、精度を乱す要因が存在するため困難である。

樹木の樹高、樹冠幅、幹直径など多様なサイズデータを取得することで、樹木が提供する環境価値をシミュレーションできる。LiDAR による豊富なデータの収集と市民協働型調査から得られる情報の統合により、従来では不可能だった高度な緑化計画や環境影響評価が実現可能となる。

LiDAR による測量データの正確性を確認することは、本ユースケースで得られたデータの応用性を保証する上で必要な技術検証である。

4-2-2. KPI

表 4-11 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1-1	LiDAR 樹木計測精度（胸高直径）	0.05m 未満	公共測量級の測定精度	● 測量対象からランダムサンプリングにより実測を行い、LiDAR による計測値と比較
1-2	LiDAR 樹木計測精度（樹高）	15% 未満	公共測量級の測定精度	● 測量対象からランダムサンプリングにより実測を行い、LiDAR による計測値と比較
1-3	LiDAR 樹木計測精度（枝下高）	15% 未満	公共測量級の測定精度	● 測量対象からランダムサンプリングにより実測を行い、LiDAR による計測値と比較
1-4	LiDAR 樹木計測精度（枝張）	15% 未満	公共測量級の測定精度	● 測量対象からランダムサンプリングにより実測を行い、LiDAR による計測値と比較
2	LiDAR 基準点測量精度	50mm 未満	公共測量級の測定精度	● 測量対象範囲付近の 2 級基準点および 3 級基準点で測量を行い精度検証

4-2-3. 検証方法と検証シナリオ

1) LiDAR 樹木計測精度

- 検証方法
 - 樹木の胸高直径、樹高、枝下高、枝張幅を実測し、LiDAR による測定結果と比較し、LiDAR の測定精度を検証する。
- 精度の評価方法
 - 樹木のサイズについて、既存の測定手法による実測データも一定の測定誤差があることが報告されている⁴が、傾斜地で測定された事例で誤差が 3%以内に留まっていることから、本検証においては実測値を正解データとして扱う。
- 本検証における樹木計測精度の算出方法を以下に示す
 - 胸高直径(DBH)の測定精度

$$\left| DBH_{LiDAR} - DBH_{実測値} \right|$$
 - 樹高(H)の測定精度

⁴ Yan et al., "Assessing Precision in Conventional Field Measurements of Individual Tree Attributes", Forests, 2017

$$\left| \frac{H_{LiDAR} - H_{実測値}}{H_{実測値}} \right| \times 100$$

➤ 枝下高及び枝張幅の測定精度の算出は樹高の算出方法に準ずる

- 実測を実施したプロットの詳細



図 4-2 実測を行ったプロット位置（黄色で図示）

2) LiDAR 基準点測量精度

- 検証方法
 - 調査対象エリア周辺の基準点で LiDAR 測量を実施し取得した座標情報の精度を検証する。
- 精度の評価方法
 - LiDAR の測定結果を基準点の成果表の情報と比較し、その誤差を算出する。
 - 以下の式に従い測量精度を検証する。

$$dx = | PLiDARx - P成果表x |$$

$$dy = | PLiDARy - P成果表y |$$

$$dz = | PLiDARz - P成果表z |$$

● 実測を実施したエリアの詳細



図 4-3 基準点と実測プロットの位置と写真

4-2-4. 検証結果

1) LiDAR 樹木計測精度

● 検証結果まとめ

➤ 胸高直径

◇ 各プロットの全ての樹木において、計測差が 0.05m を下回った。

➤ 樹高・枝下高・枝張

◇ 各プロットの全ての樹木において、実測値に対する計測差の比率が 15% を下回った。

黄セル：KPI 達成

青セル：KPI 未達

表 4-12 樹木計測精度検証結果（胸高直径）

プロット	樹木	実測 (m)	LiDAR 計測値 (m)	計測差 (m)
1	1	0.61	0.60	0.013
	2	0.51	0.53	0.022
	3	1.23	1.17	0.062
	4	0.25	0.24	0.013
	5	0.32	0.31	0.005
	6	0.31	0.30	0.007
2	1	0.21	0.23	0.022
	2	0.20	0.21	0.014
	3	0.21	0.22	0.006
	4	0.17	0.17	0.001
	5	0.22	0.19	0.027
3	1	0.60	0.57	0.026
	2	0.11	0.11	0.004
	3	0.31	0.33	0.012
	4	0.45	0.47	0.025
	5	0.23	0.25	0.020
	6	0.14	0.15	0.006
	7	0.29	0.27	0.024

表 4-13 樹木計測精度検証結果（樹高・枝下高・枝張）

プロット	樹木	実測			LiDAR 計測値			計測差					
		樹高	枝下高	枝張	樹高	枝下高	枝張	樹高		枝下高		枝張	
		m	m	m	m	m	m	m	%	m	%	m	%
1	1	16.2	6.2	12.2	15.8	6.5	13.5	0.4	2.5	0.3	4.8	1.3	10.7
	2	18.2	7.3	7.1	17.6	7	6.2	0.6	3.3	0.3	4.1	0.9	12.7

	3	22.4	5.3	13.9	21.9	5.5	12.3	0.5	2.2	0.2	3.8	1.6	11.5
	4	7.02	1.82	6.4	6.8	1.6	6.1	0.22	3.1	0.22	12.1	0.3	4.7
	5	11.17	1.76	7.7	11.8	1.8	7.4	0.63	5.6	0.04	2.3	0.3	3.9
	6	10.14	2.32	9.7	10.2	2.3	10.1	0.06	0.6	0.02	0.9	0.4	4.1
2	1	6.2	2.7	5.8	5.7	2.5	5.2	0.5	8.1	0.2	7.4	0.6	10.3
	2	5.6	1.9	6.3	5.5	2	6.6	0.1	1.8	0.1	5.3	0.3	4.8
	3	3.5	1.64	5.1	3.1	1.7	5.6	0.4	11.4	0.06	3.7	0.5	9.8
	4	5.3	2.2	5	4.8	2.2	4.8	0.5	9.4	0	0.0	0.2	4.0
	5	5.5	1.4	5.1	6.1	1.5	5.2	0.6	10.9	0.1	7.1	0.1	2.0
3	1	20.9	6.5	7.6	18.9	7	7.3	2	9.6	0.5	7.7	0.3	3.9
	2	4.6	2	3.9	4.2	1.9	4.2	0.4	8.7	0.1	5.0	0.3	7.7
	3	12.3	5.3	12.5	12.8	5.4	13.1	0.5	4.1	0.1	1.9	0.6	4.8
	4	19.9	7.8	7.8	17.9	8.1	8.4	2	10.1	0.3	3.8	0.6	7.7
	5	5.1	1.9	3.6	4.7	2	3.4	0.4	7.8	0.1	5.3	0.2	5.6
	6	4	1.55	3.6	4.4	1.6	3.8	0.4	10.0	0.05	3.2	0.2	5.6
	7	7.1	1.3	5	7	1.3	5.6	0.1	1.4	0	0.0	0.6	12.0

2) LiDAR 基準点測量精度

● 検証結果まとめ

➤ 基準点測定結果

LiDAR による基準点の測定精度は誤差が 0.05m 以内となり、基準値内であることが確認された。

黄セル：KPI 達成

青セル：KPI 未達

表 4-14 LiDAR の基準点測定結果と測定精度の検証

種類	名称	x	y	z	dx	dy	dz
2 級基準点	成果表	-193280	5388.628	30.244	-0.019	-0.038	0.028
	LiDAR	-193280	5388.666	30.216			
3 級基準点	成果表	-193091	5343.737	40.68	-0.007	-0.035	-0.013
	LiDAR	-193091	5343.772	40.693			

5. 政策面での有用性検証

5-1. 検証目的

実証仮説に基づき、以下の検証目的を設定する。

【検証仮説】

樹木データは既存の管理手法では更新頻度が低く情報が必ずしも現状を反映していない場合が多い。これに対し、市民協働型調査により取得されるデータはリアルタイム性が高く、樹木の細かい広範な情報を最新の状態に保つことができる上、コストの削減と取得データの拡充に大きく貢献する可能性がある。

また、取得した樹木データと 3D 都市モデルの建物データを組み合わせることにより、3次元の樹木管理台帳を生成することができる。このアプローチは、既存の業務を効率化するだけでなく、市民の環境意識の向上や社会的連携の強化など、新しい価値の創出にも寄与するものと考えられる。

「市民協働型調査」と「3D 樹木管理台帳」について、以下の観点から政策面での有用性検証を行った。

- 市民協働型調査
 - 市民協働型調査の調査体験と継続参加の意欲
 - ◇ 市民協働型調査のイベント自体への参加意欲や満足度を調べ、市民の樹木のモニタリングに市民参加を継続的に促すことが可能か確認する。
 - システムのユーザビリティ検証
 - ◇ BiomeSurvey を用いた市民協働型調査における UI/UX の分かりやすさ・使いやすさを確認する。
 - 参加者の環境意識の変容
 - ◇ 市民協働型調査への参加を通じて参加者の環境意識に変化が生じたかを確認し、市民参加型調査の副次的な普及啓発効果を確認する。
 - 既存の樹木データ取得のフローと比較した際のコスト削減効果の検証
 - ◇ 市民協働型調査によって取得したデータを既存の方法で取得した場合のコストを試算し、更に取得可能なデータの違いと併せて、市民参加型調査を導入した際の業務改善効果を検証する。
- 3D 樹木管理台帳
 - 既存の樹木管理台帳と比較した業務改善効果の検証
 - ◇ 担当職員へのヒアリングを通じて、3D 樹木管理台帳の導入により、従来の樹木管理台帳と比較して、機能性とアクセス性の向上により業務の効率化や意思決定の質の改善が実現されるかを評価する。
 - システムのユーザビリティ検証
 - ◇ 三次元 DX 樹木台帳を用いた市民協働型調査における UI/UX の分かりやすさ・使いやすさを確認する。

5-2. 検証方法

「市民協働型調査」と「3D 樹木管理台帳」について、それぞれ以下の方法で検証を行った。

市民協働型調査のイベント参加者アンケート調査実施方法

- 会場：榴岡公園（宮城県仙台市）
- 機材：参加者がスマートフォンを持参し、調査用のアプリケーションを事前にインストールした状態で市民協働型調査を実施。
- アンケート配布：イベント終了後、参加者が自身のスマートフォンを使って 2 次元コードを読み取ることで、市民協働型調査に関するアンケートを実施。
- 参加者の募集：仙台市内の各関連団体と連携をしてチラシの配布を行った。

表 5-1 市民協働型調査 参加者募集の告知方法

配布物	配布先	配布方法	配布枚数
チラシ	仙台市内 小学校	公園近隣の小学校に仙台市 PTA 協議会の後援協力により直接配布	2,930 枚
	榴岡、幸町、宮 城野エリア各世 帯	仙台駅東まちづくり協議会を通じて新聞の折り込みチ ラシとポスティングを実施	30,000 部
ポスター	榴岡公園近隣各 施設	仙台駅東まちづくり協議会を通じてポスターを掲載	100 枚
市政だより	仙台市内各世帯	仙台市の市政だよりのイベント募集欄で市民協働型調 査イベントの案内を掲載	500,000 部

つつじがおかこうえん
榴岡公園にて
6日間計12回開催!!
※複数回の参加も
大歓迎!!

PLATEAU
by MILIT

～ PLATEAU の30都市モデル活用プロジェクト～

いきもの大調査隊!

10/7^土・8^日・9^{月祝}・14^土・15^日・28^土

【午前の部】 9:30～12:00
【午後の部】 13:30～16:00

参加費無料
小雨決行

集合：旧レストハウス前（噴水広場西側）

お問い合わせ先 ▶ moriya@toho-leo.co.jp
東邦レオ株式会社（担当者：森谷）

樹木のCO₂吸収量も分かる！
O₂ CO₂

最新のいきもの判定AIアプリを使って、公園の木や虫を大調査！
撮った写真をアプリに登録すると、木や虫の種類を調べることができるよ！
いろんないきものを見つけて調べて、いきもの博士をめざそう♪

【持ち物】通信可能なスマートフォン

専用のスマホ用調査アプリを使用します。
ご参加の方には「事前準備」として、
アプリのインストール方法をご案内します！

お申込みは
こちらから
開催日の前日まで
受付中！！

◆主催：国土交通省都市局 ◆共催：仙台市、仙台駅東まちづくり協議会
◆後援：仙台市PTA協議会 ◆実施事業者：東邦レオ株式会社/株式会社バイオーム

国土交通省プロジェクト「PLATEAU」の詳細はこちら <https://www.mlit.go.jp/plateau/>

図 5-1 市民協働型調査参加者募集用のチラシ・ポスターデザイン

既存の樹木調査の業務フローと市民協働型調査の比較検証の実施方法

- 方法：榴岡公園を対象として、地元の業者に樹木調査の見積り依頼を実施し、取得可能なデータやコストに関するデータを取得した。

3D 樹木管理台帳の職員ヒアリング・アンケート調査実施方法

- 会場：仙台市役所、宮城野区役所
- 機材：担当職員にアカウントを配布し、普段業務で利用している PC で利用可能なデモ環境を提供した。
- ヒアリングの開催：担当職員へのヒアリングは二段階に分けて実施した。初回のヒアリングでは、基本機能を備えた試作版を用いて職員のニーズと業務要件を把握し、改修項目を特定することを目的とした。このフィードバックを基にシステムの改良とチューニングを行い、二回目のヒアリングでは完成版を使用して機能評価を実施し、更なる改善点を検討した。
- アンケート配布：第 2 回のヒアリング終了後、Web アンケートの URL を配布し回答を得た。

5-3. 被験者

表 5-2 市民協働型調査アンケート対象者リスト

分類	具体名称	作業内容	人数
イベント型調査	一般参加者	<ul style="list-style-type: none"> 一般市民が参加するイベントとして開催され、地域の樹木のデータ収集に貢献することを意図したプログラムとなっている。参加者は樹木の位置の記録、樹木の健康状態の観察などを行い、BiomeSurvey に記録する。 	100 名
課外授業型調査	榴岡小学校 小学生 (5 年生)	<ul style="list-style-type: none"> 児童たちが樹木の観察を通じて自然について学ぶことを意識したプログラム設計となっており、樹種の識別、樹木の健康状態の観察などを行い、BiomeSurvey に記録する。 	150 名

表 5-3 3D 樹木管理台帳 第 1 回ヒアリング参加者

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
公園管理業務委託者	仙台市	建設局百年の杜推進部公園管理課	主幹、技師	公園の計画を行う担当者	2 名
		都市整備局計画部都市計画課	技師	都市計画における緑地計画の担当者	1 名
	仙台市宮城野区	建設部公園課	主幹、主任、主査、技師	公園の管理運営に携わる担当者	6 名

表 5-4 3D 樹木管理台帳 第 2 回ヒアリング参加者/アンケート対象者

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
公園管理業務委託者	仙台市	建設局百年の杜推進部公園管理課	主幹、技師	公園の計画を行う担当者	1 名
	仙台市宮城野区	建設部公園課	主幹、主任、主査、技師	公園の管理運営に携わる担当者	3 名

5-4. ヒアリング・アンケートの詳細

5-4-1. アジェンダ・タイムテーブル

表 5-5 市民協働型調査（一般参加イベント） アジェンダ・タイムテーブル

No.	アジェンダ	所要時間
1	インストールチェック	5分
2	市民協働型調査・概要説明	10分
3	操作の体験	15分
4	自由探索	100分
5	アンケート回答（Google フォームでの回答）	15分
6	クロージング	5分

表 5-6 市民協働型調査（榴岡小学校） アジェンダ・タイムテーブル

No.	アジェンダ	所要時間
1	市民協働型調査 概要説明	10分
2	調査機器の配布	5分
3	操作の体験	15分
4	班に分かれて自由探索	80分
5	クロージング	10分

※アンケートは後日教室にて回答

表 5-7 3D 樹木管理台帳 第1回ヒアリング アジェンダ・タイムテーブル

No.	アジェンダ	所要時間
1	プロジェクトの概要を説明	10分
2	3D 樹木管理台帳の機能紹介と活用シーンの具体例の紹介	10分
3	作業手順のデモ・説明	20分
4	追加や修正してほしい機能のヒアリング及び質疑応答	20分

表 5-8 3D 樹木管理台帳 第2回ヒアリング アジェンダ・タイムテーブル

No.	アジェンダ	所要時間
1	プロジェクトの概要説明と第1回の振り返り	10分
2	修正対応箇所のデモと説明	20分
3	質疑応答と業務活用を想定した改善点や応用方法のヒアリング	20分
4	アンケート回答（Google フォームでの回答）	10分

5-4-2. アジェンダの詳細

表 5-9 市民協働型調査 アジェンダの詳細

No.	アジェンダ（再掲）	内容
1	インストールチェック	<ul style="list-style-type: none"> ● 参加者の持参するスマートフォンに BiomeSurvey が正しくインストールされているか確認 ● もしインストールができていない場合、担当者が対応をおこない、それでもインストールが難しい場合は、運営側のスマートフォンを貸与 ※小学生の参加型調査ではすべてインストール済みの実機を貸与したためスキップ
2	市民協働型調査・概要説明	<ul style="list-style-type: none"> ● 調査の目的 ● アプリケーションの説明 ● データの用途の説明 ● タイムテーブルの確認
3	操作の体験	<ul style="list-style-type: none"> ● スタッフによるアプリケーション操作の実演後、参加者が実際に操作方法を試し、問題があればスタッフがフォローを実施
4	自由探索	<ul style="list-style-type: none"> ● 操作方法を会得した参加者から順次、未調査の樹木について調査に移行
5	アンケート回答（Google フォームでの回答）	<ul style="list-style-type: none"> ● 2 次元読み取りによって Google フォームのアンケートを配布し、その場で回答と送信を依頼
6	クロージング	<ul style="list-style-type: none"> ● 感想の共有と締め挨拶

表 5-10 3D 樹木管理台帳 第 1 回ヒアリング アジェンダの詳細

No.	アジェンダ（再掲）	内容
1	プロジェクトの概要を説明	<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 ● 3D 樹木管理台帳に用いたデータの取得方法の説明
2	3D 樹木管理台帳の機能紹介と活用シーンの具体例の紹介	<ul style="list-style-type: none"> ● 本実証実験で提供するシステムの概要説明 ● システムの全体像の説明
3	作業手順のデモ・説明	<ul style="list-style-type: none"> ● システムの操舵方法と各種機能のデモ
4	追加や修正してほしい機能のヒアリング・質疑応答	<ul style="list-style-type: none"> ● 参加者からの質疑応答 ● 参加者から修正が必要な点や要望などの意見交換

表 5-11 3D 樹木管理台帳 第 2 回ヒアリング アジェンダの詳細

No.	アジェンダ（再掲）	内容
1	プロジェクトの概要説明と第 1 回の振り返り	<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 ● 第 1 回のヒアリングで出た意見の振り返り
2	修正対応箇所のデモと説明	<ul style="list-style-type: none"> ● 前回のヒアリングを受けて改修した箇所や機能の紹介
3	質疑応答と業務活用を想定した改善点や応用方法のヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> ● 修正を受けての質疑応答 ● 更に修正が必要な点や、新しい利用方法に関する意見のヒアリング
4	アンケート回答（Google フォーム）	<ul style="list-style-type: none"> ● メールにて配布した URL から Google フォームのアンケートに

ームでの回答)	回答
---------	----

5-4-3. 検証項目と評価方法

検証項目と評価方法については、以下の通りとした。

表 5-12 市民協働型調査 検証項目と評価方法

検証観点	No.	検証項目	定量評価	定性評価		
1) 市民参加型調査イベントに対するデータ取得手法としての持続性と優位性の検証	1	アンケート回答者の属性	<ul style="list-style-type: none"> ● 市民参加型調査のイベント参加者に、イベント終了後、アンケートを実施 ● 属性データ以外については順序尺度による主観評価で、各構成概念に対し7段階の選択肢を設定 ● 回答を集計し、各選択肢の選択率から評価 	<ul style="list-style-type: none"> ● アンケートの各設問に自由記入欄を設定 		
	2	市民参加型調査イベントプログラムの満足度				
2) 市民参加型調査アプリのUI/UX評価	3	ユーザーのエンゲージメント評価				
	4	ユーザビリティ評価				
	5	視認性評価				
3) 市民協働型調査の参加者の意識変容	6	公園樹木に対する関心の変化			<ul style="list-style-type: none"> ● 地元の造園業者に同等の樹木調査を依頼した場合の見積りからコスト比較 	<ul style="list-style-type: none"> ● 地元の造園業者に同等の見積りから作業内容を比較
	7	環境意識の変化				
4) 既存の手法との優位性の比較	8	コスト比較				

表 5-13 3D 樹木管理台帳 検証項目と評価方法

検証観点	No.	検証項目	定量評価	定性評価
1) 既存システムとの利便性比較	1	機能の過不足に関する評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 対象ユーザーに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 ● 順序尺度による主観評価で、各構成概念に対し 7 段階の選択肢で設定回答を集計し、各選択肢の選択率から評価 	<ul style="list-style-type: none"> ● アンケートの各設問に自由記入欄を設定
	2	情報の過不足に関する評価		
	3	活用方法の発展可能性に関する評価		
	4	業務効率化の可能性に関する評価		
2) ユーザビリティの評価	5	画面表示の視覚性の評価		
	6	検索・フィルター・集計機能のユーザビリティ評価		
	7	検索・フィルター・集計機能の条件項目の妥当性の評価		

5-4-4. システムデモの概要

1) BiomeSurvey のシステムデモ

市民協働型調査イベントのシステム説明の場に仙台市職員が同席し、BiomeSurvey による調査の説明を受けたうえで実際の調査記録を体験した。

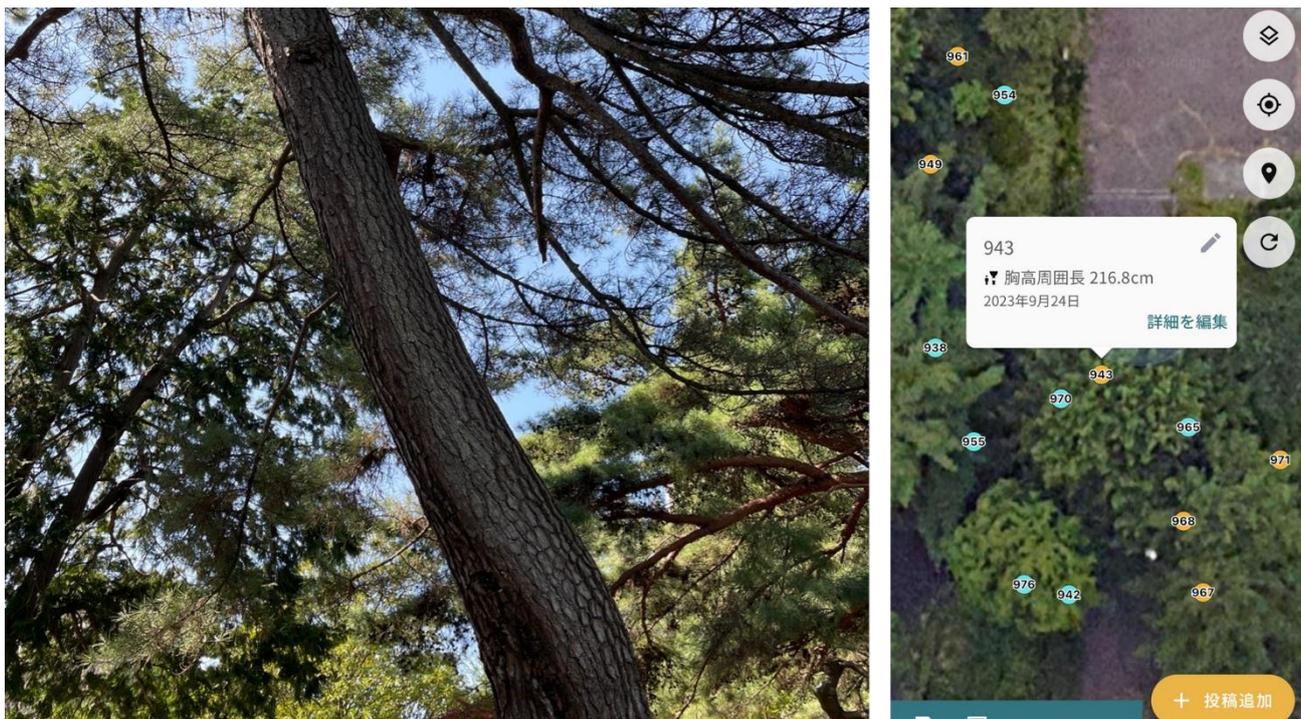


図 5-2 BiomeSurvey のデモの様子 (ID が青色のシンボルは調査完了、黄色のシンボルは未完了を示す)

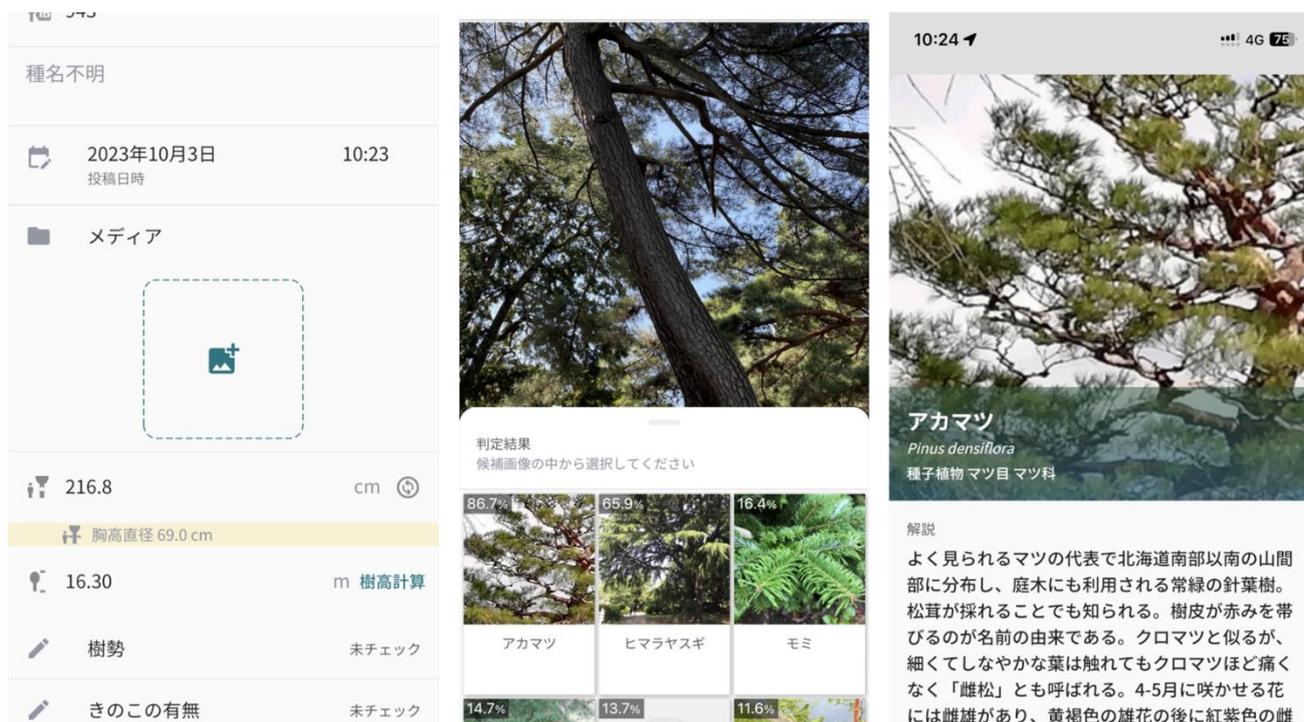


図 5-3 BiomeSurvey の画面遷移 (樹種名の登録)

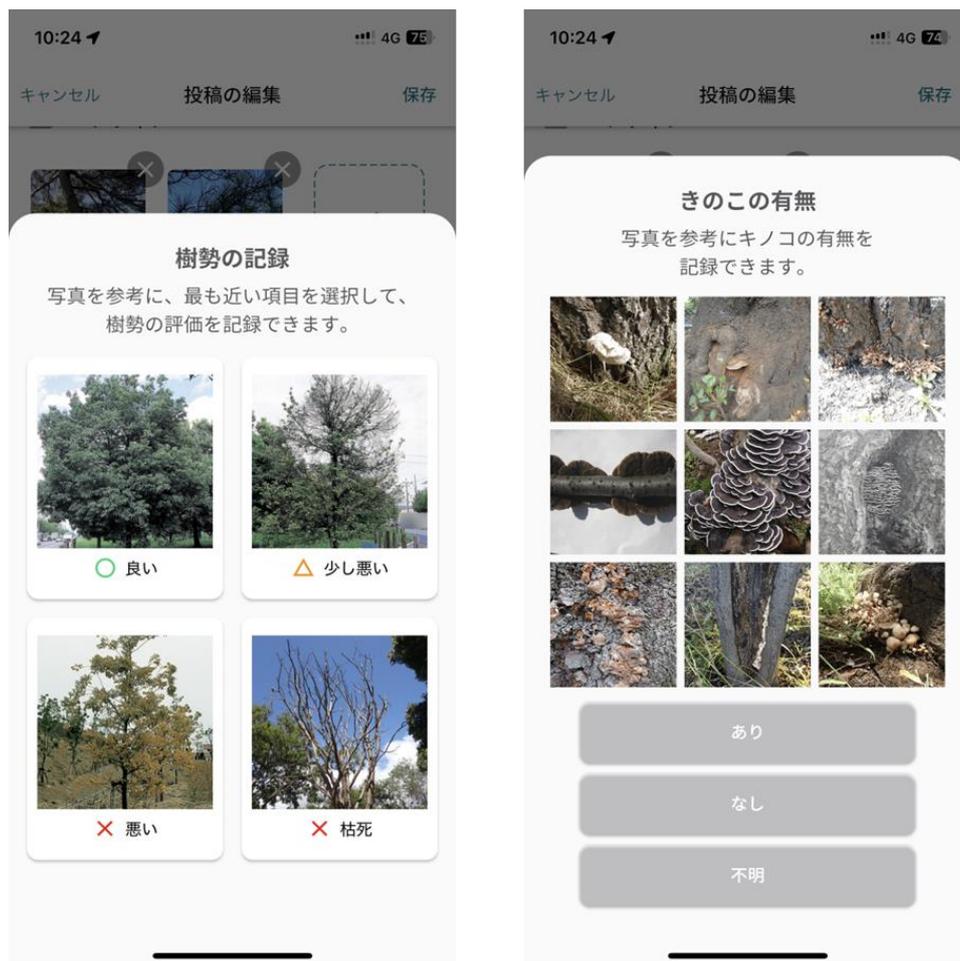


図 5-4 BiomeSurvey の画面遷移（樹勢と腐朽菌の記録）



図 5-5 BiomeSurvey の画面遷移（調査完了）

2) 3D 樹木管理台帳のシステムデモ

開発した 3D 樹木管理台帳について、公園課の職員にデモを実施し、業務へ導入した際の期待や課題についてヒアリングを行った。計 2 回のデモを実施し、公園樹木管理業務の合理化に向けて積算支援機能の拡充・改善を図った。仙台市職員より要望のあった具体的な改善項目は 3 つであった。①剪定積算業務で積算区分にしている、目通り幹周ランク単位で抽出できるようにすること。②発注業務の際、説明資料として使えるよう、2D 表示の背景に CAD 図（公園施設設計図）を反映させること。③サクラ類の種名登録を特定品種名に更新すること。この 3 点を追加実装した。

仙台市公園樹木管理台データベース(管理)

条件クリア リスト 地図 まとめ表表示 EXCEL出力 ログアウト

絞り込み: 表示列初期化

樹木ID ↑	種名	樹木タイプ	樹高	胸高直径	幹周	枝振
0	ヤエベニシダレ	高木	5.6	26	81	7.5
1	シダレザクラ	高木	6.3	26	81	5.4
10	アカマツ	高木	17.7	61	191	18.2
100	シダレザクラ	高木	7.6	61	191	10.4

変更を保存 リセットする

表示中の樹木更新: 0~0本 全体の樹木更新: 0本 |< < ページ: 0/ 全ページ0 > >|



図 5-6 システムデモ-公園樹木管理台帳の樹木リストとマップを表示

仙台市公園樹木管理台帳データベース(管理)

条件クリア リスト 地図 まとめ表表示 EXCEL出力 ログアウト

選択中: 樹木ID: あり × 絞り込み: 表示列初期化

図 5-7 システムデモ-腐朽菌ありの樹木を黄色で表示

仙台市公園樹木管理台帳データベース(管理) 条件クリア リスト 地図 まとめ表示 EXCEL出力 ログアウト

絞り込み: 幹周(cm): f&j 以上 表示列初期化

樹木ID	幹周	枝張	樹冠高	枝下高	固定炭素量	二酸化炭素量
91	88	以上	2.8	1.4	245.6427226	110.11506
566	88	60	2.8	2.2	0	0
780	88	かつ	16.1	2.2	170.7824899	84.599449
961	88	以下	3.2	1.7	203.216769	92.185562

変更を保存 リセットする

表示中の樹木更新: 0~0本 全体の樹木更新: 0本 ページ: 0/全ページ



図 5-8 システムデモ-目通り幹周寸法を絞り込んで表示

仙台市公園樹木管理台帳データベース(管理) 条件クリア リスト 地図 まとめ表示 EXCEL出力 ログアウト

絞り込み: 表示列初期化

図 5-9 システムデモ-2D 表示の際に背景に公園施設設計 CAD 図を反映

詳細画面

詳細画面 管理履歴 相談記録 データ編集 編集履歴

樹木ID	1000
計測日	2023-10-07T00:00:00+0900
緯度	38.259491

図 5-10 システムデモ-樹木の個票を表示

5-4-5. 実証実験の様子

市民協働型調査にて、参加者がスマートフォンを用いて公園内の樹木や生き物を観察しながら、自発的に管理に寄与するデータを収集し記録した。



図 5-11 榴岡小学校の小学生と樹木調査の指導風景



図 5-12 BiomeSurvey を用いた小学生による自発的な樹木調査の様子



図 5-13 一般参加イベントにおける市民協働型調査・レクチャー時の様子



図 5-14 仙台市ローカルニュース番組で放映



図 5-15 仙台市ローカルニュース番組で放映

5-5. 検証結果

市民協働型調査においては、イベントのプログラムとアプリケーション自体に対して参加者の高い満足度が確認され、効果的な告知を行えば継続的に参加者を集めることも可能であることが示唆された。アプリケーションのユーザビリティには改善の余地があるものの、参加者からは概ね肯定的な反応が得られており、市民協働型調査を実施していくには十分な水準にあると考えられる。さらに、参加者の公園樹木への関心と環境意識が顕著に向上したことは、プログラムの教育効果が高いことを示している。

また、既存の手法と比較して、同程度のコストでより豊富なデータが得られることが明らかになった。全数的な LiDAR 調査を初期の台帳整備に限定すれば、継続的なモニタリングにおいては更にコストを削減できる可能性がある。

これらの結果を踏まえると、BiomeSurvey を用いた市民協働型調査は緑地計画や環境政策における基礎的なデータ取得と市民の公共空間や環境に対するエンゲージメント向上の施策において、非常に有用な手段であると結論付けられる。

3D 樹木管理台帳については、本ユースケースで開発した基本的な機能に関しては堅実な評価を受けたものの、実際の業務への統合に関してはいくつかの課題が明らかになった。職員が 3D 樹木管理台帳による新しい活用方法を発想することに難しさを感じている可能性があり、特に、現場の既存の業務フローや情報共有方法が従来のアナログ方式に根差していることが実用上の課題として挙げられる。3D 樹木管理台帳の可能性を最大限に発揮するためには、これらの業務プロセスにおけるデジタル移行が必要であることが示唆された。

- 市民協働型調査の検証結果

1) 市民協働型調査イベントに対するデータ取得手法としての持続性と優位性の検証

Q1：アンケート回答者の属性

小学生のアンケート回答者数は 142 名、一般参加者はグループの代表者が回答を行い 53 名から回答を得た。アンケート回答者の属性は以下の通りである。

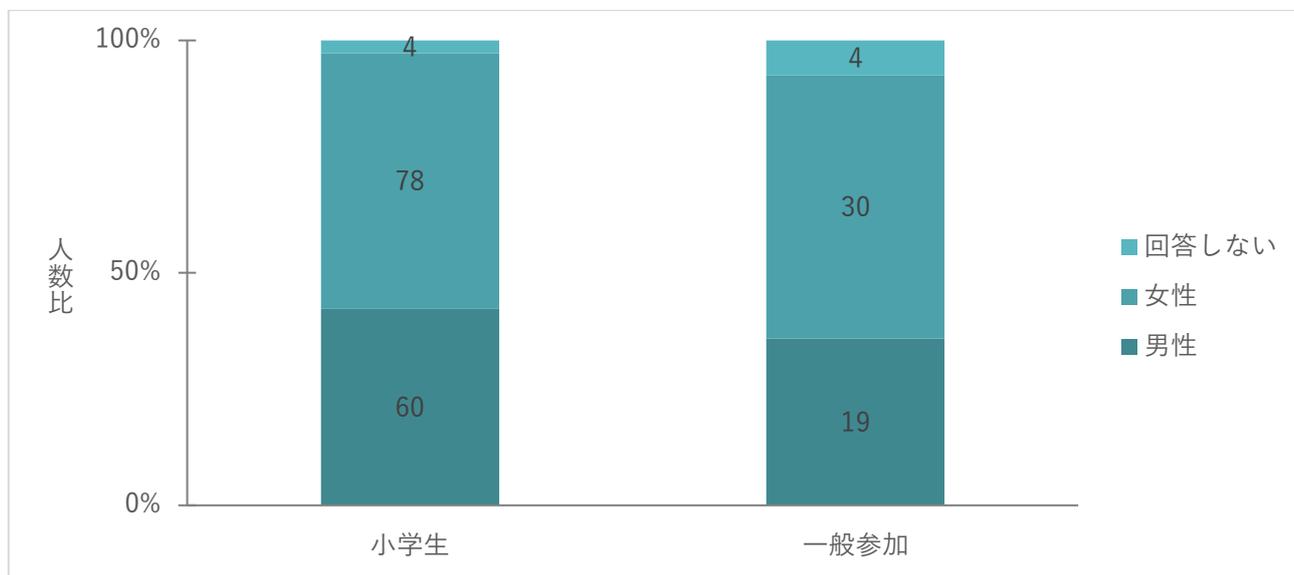


図 5-16 Q1：市民協働型調査アンケート回答者属性（性別）

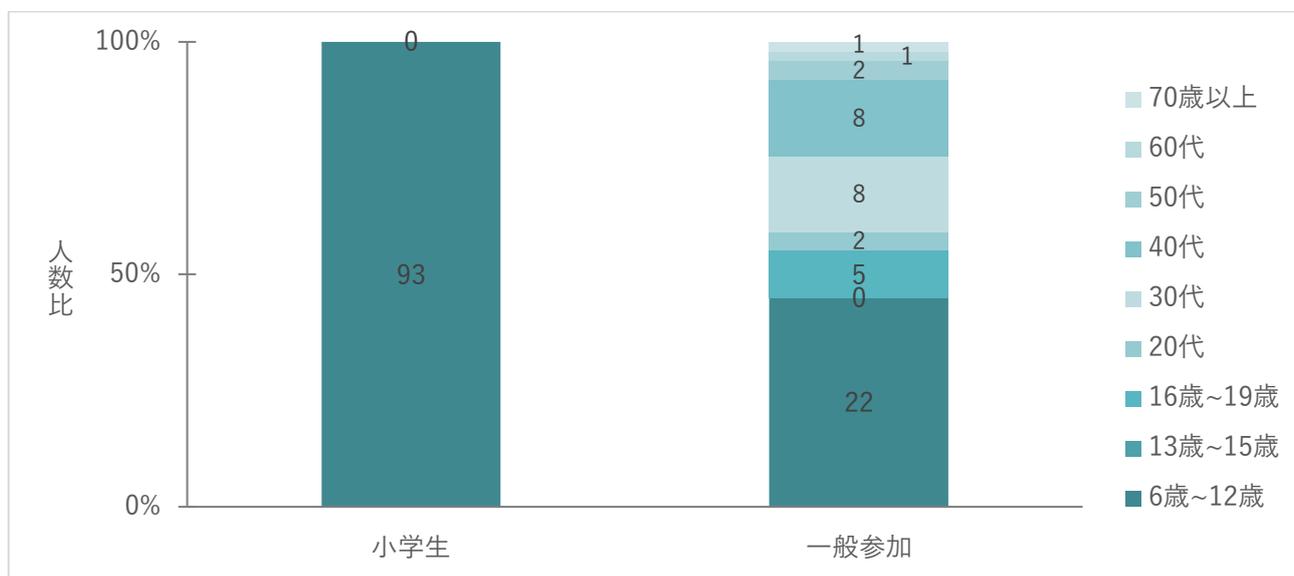


図 5-17 Q1：市民協働型調査アンケート回答者属性（年齢）

Q2：市民協働型調査イベントプログラムへの満足度

プログラムに対する満足度として、「とても満足した」「満足した」を合計すると、小学生では 78%、一般参加者では 80%に達した。これらの結果は、参加者がプログラムに非常に肯定的に反応していることを示しており、今後の同様のイベントや活動に対する参加意欲が高いことが期待される。

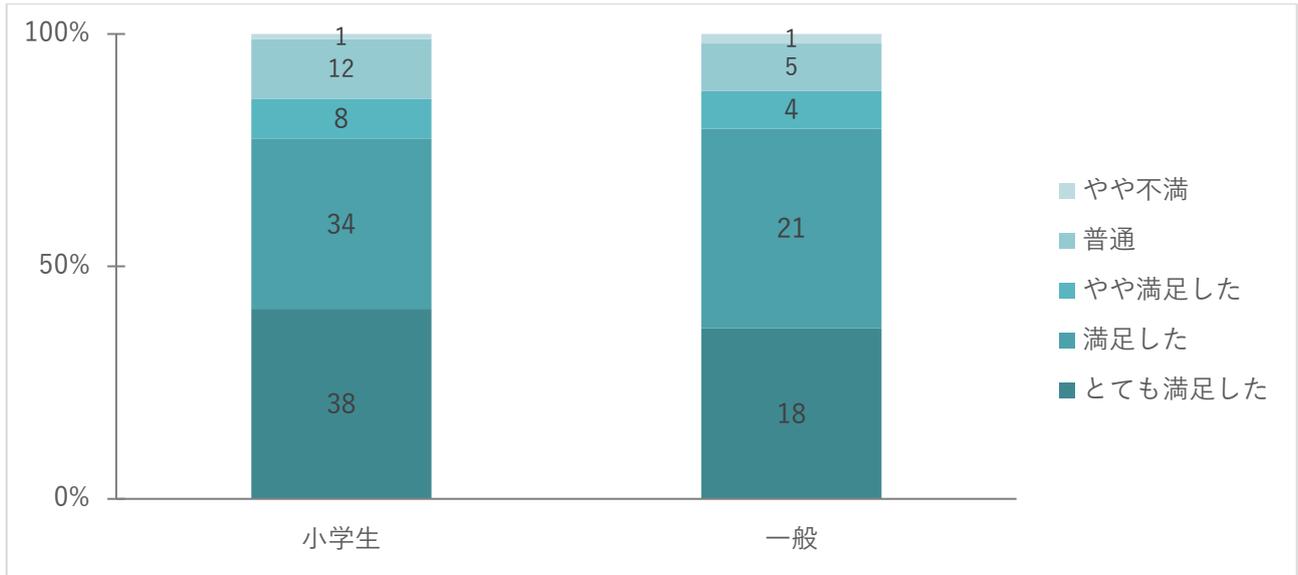


図 5-18 Q2：イベントプログラムへの満足度

2) 市民参加型調査アプリの UI/UX 評価

Q3：調査アプリ「BiomeSurvey」について①面白さ（ユーザーのエンゲージメント評価）

Q4：調査アプリ「BiomeSurvey」について②使いやすさ（ユーザビリティ）

Q5：調査アプリ「BiomeSurvey」について③見やすさ（視認性評価）

BiomeSurvey に関して調査アプリケーションとしての性能評価を行うため、ユーザーのエンゲージメント「面白さ」、ユーザビリティを「使いやすさ」、視認性を「画面の見やすさ」という質問項目に置き換え、この3つの観点から満足度を調査した。

「面白さ」に関しては、「とても面白かった」または「面白かった」と回答した割合が小学生で 84%、一般参加者で 82%に上り、多数の参加者がアプリケーションに肯定的な反応を示した。特に小学生の参加者においては、「面白くなかった」と回答した者は極めて少数であった。「面白さ」に関して高い評価を受けたことは、調査活動の普遍的な退屈さを克服し、市民協働型の活動を促進する可能性を示唆している。特に小学生の参加者からの高い肯定的な反応は、教育的な側面でもこのアプリケーションが有効であることを示しており、市民協働型調査の推進において重要な役割を果たすと期待される。

「使いやすさ」については、「とても使いやすかった」または「使いやすかった」と回答した割合が小学生で 53%、一般参加者で 59%となり、過半数が使いやすさを肯定的に評価している。ただし、使いにくさを感じたと回答した割合は小学生で 18%、一般で 16%となっており、こうした回答者の具体的な意見を収集し、改善に役立てる予定である。最後に「見やすさ」の評価では、「とても見やすかった」、見やすかった」または「やや見やすかった」と回答した割合が小学生で 72%、一般で 80%となり、参加者はおおむね画面の見やすさに満足していることが明らかになった。以上の結果は、アプリケーションのデザインとインタフェースが効果的に機能していることを反映している。

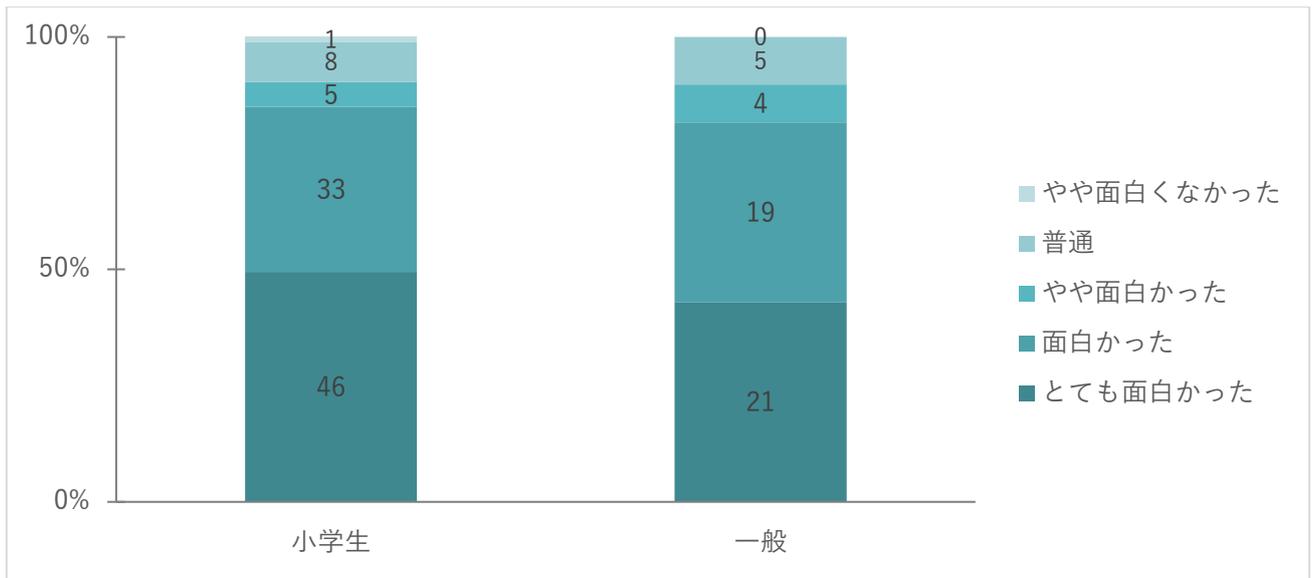


図 5-19 Q3：調査アプリについて①面白さ

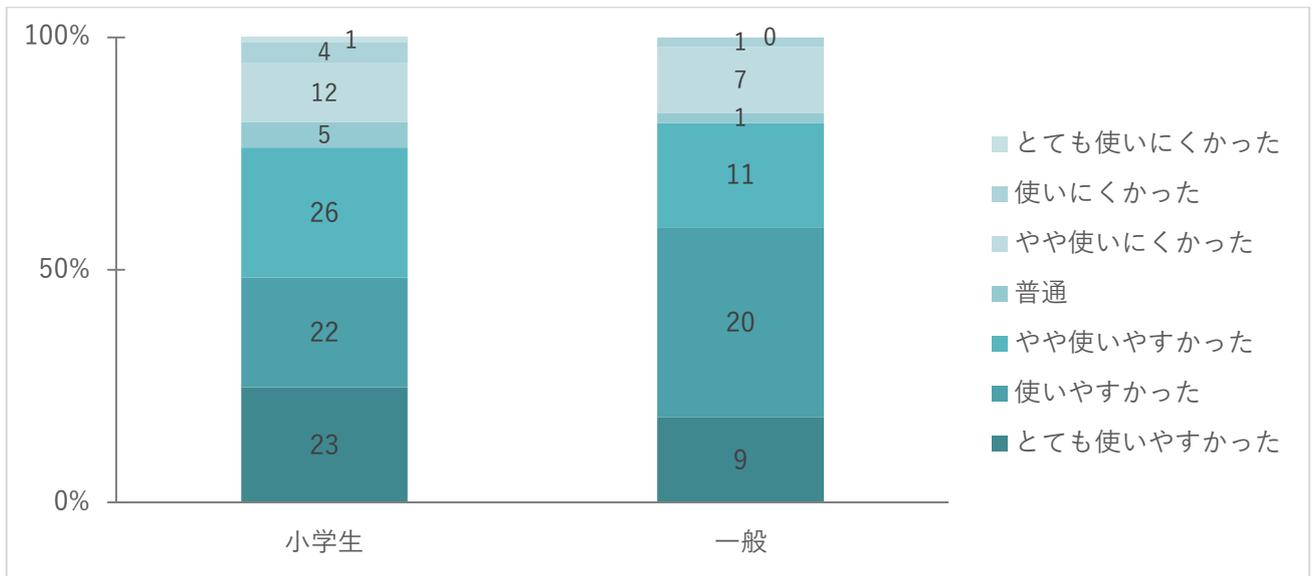


図 5-20 Q4：調査アプリについて②使いやすさ

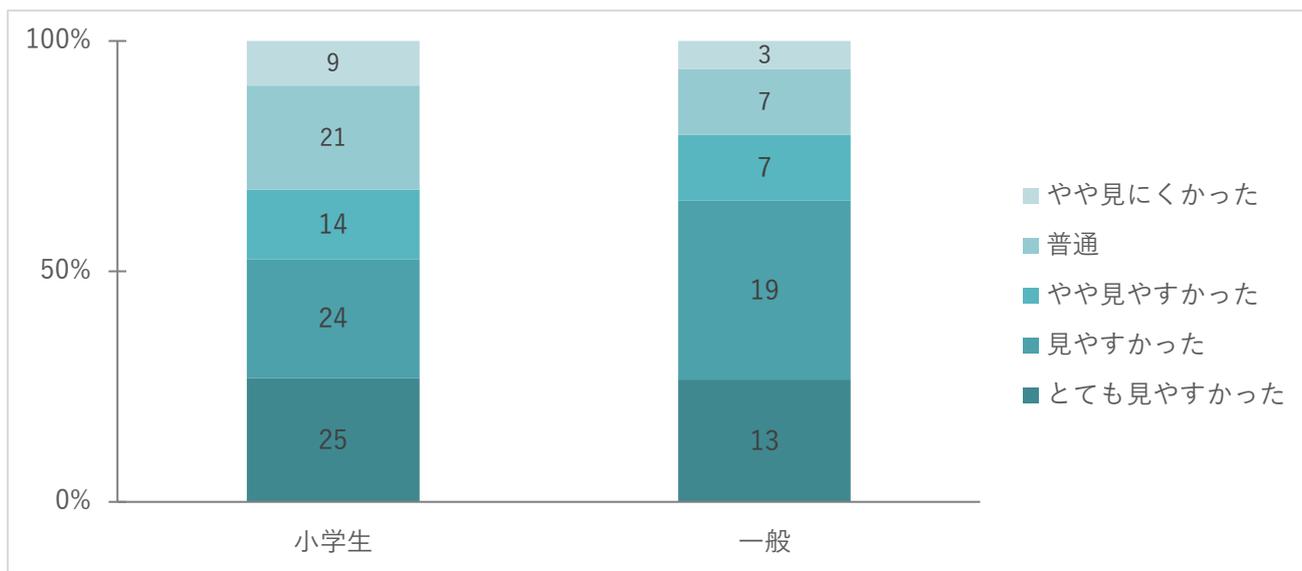


図 5-21 Q5：調査アプリについて③見やすさ

3) 市民協働型調査の参加者の意識変容

Q6：プログラムを通じて公園内の樹木に対する関心は上がりましたか？

Q7：調査によって表示されたCO₂吸収量や観察を通じて、環境への関心は変化しましたか？

プログラムに参加した後の意識変容に関する調査では、「公園樹木への関心」と「環境意識」の二つの側面について質問を行った。公園樹木に対する関心については、「とても関心が上がった」「関心が上がった」「やや関心が上がった」と肯定的に回答した割合が小学生で 91%、一般参加者で 94%に達した。これは、樹木調査を通じて参加者が公園樹木に深く関心を持ち、理解を深める契機となったことを示している。

同様に、環境意識の変化に関する調査結果も肯定的であり、小学生で 78%、一般参加者で 81%が意識の変化を示した。この結果は、樹木調査が環境に対する意識を高める効果を有していることを強調しており、特に樹木による CO₂ 吸収量などの環境価値を即座に計算して表示する機能が、その意識変容に大きく寄与していることを示唆している。

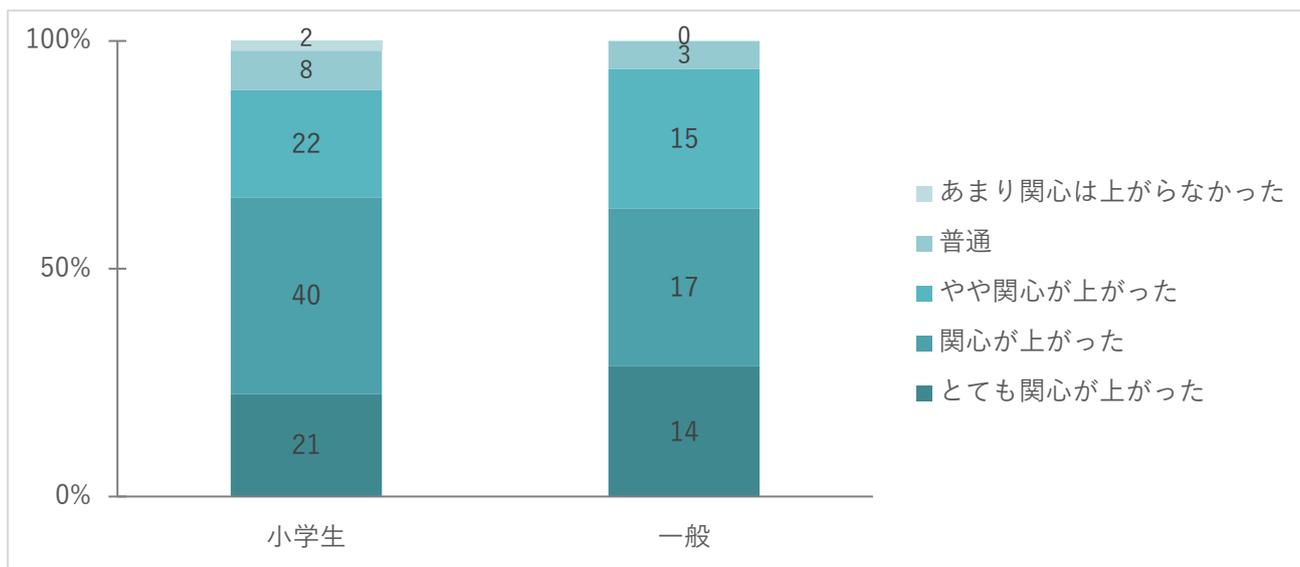


図 5-22 Q6：公園樹木への関心の変化

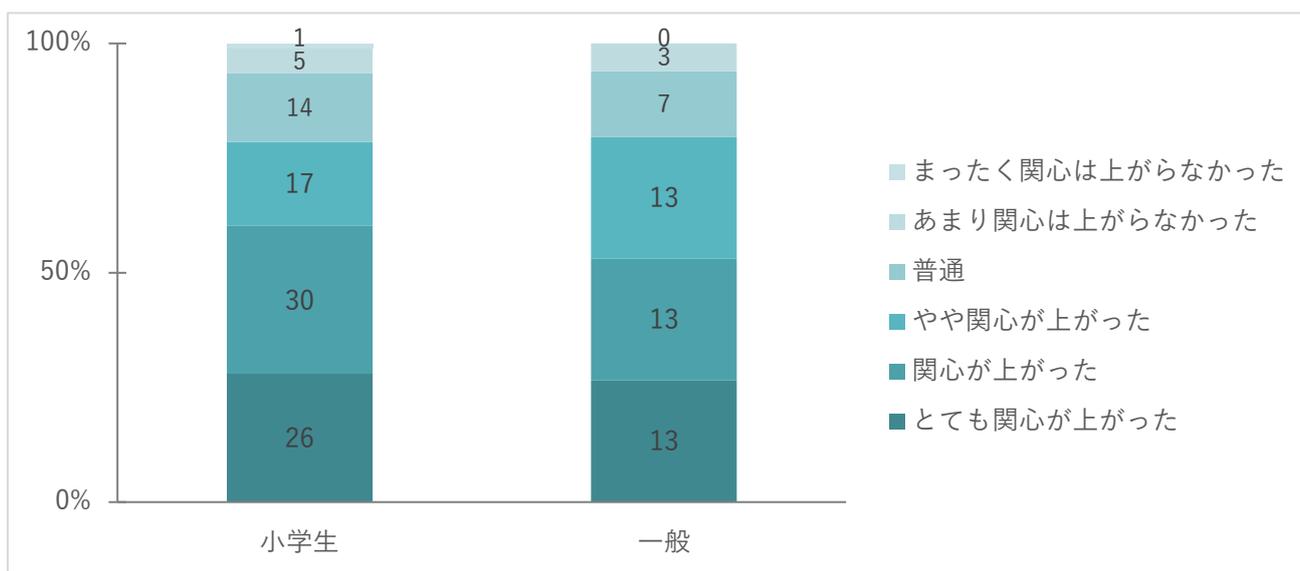


図 5-23 Q7：環境意識の変化

4) 既存の手法との優位性の比較

市民参加型調査の政策面での有用性を検証するため、従来手法と比較した際のコストと取得データの違いについて、地元の公園管理業者に見積りを依頼し比較を行った。

表 5-14 専門家による現地調査と市民協働型調査のコスト比較 ※概算金額

従来手法		市民協働型調査	
項目	見積金額 (万円)	項目	見積金額 (万円)
現地調査(42 人工、14 日/計 112 時間)	126	BiomeSurvey 利用 (6 日/計 18 時間)	100
台帳取りまとめ (10 日/計 80 時間)	84	(行政職員による専門的な確認作業は別途実施)	-
総計	210	総計	100

市民協働型調査におけるコストと時間の削減効果は、従来の調査手法と比較して顕著に表れた。この新しいアプローチは、市民の積極的な参加により、都市環境における樹木データの収集を迅速かつ経済的に行うことが可能になっている。市民協働型調査で取得されたデータには精度面での課題が存在するものの、地方公共団体の樹木医や専門家による検証作業によって信頼性を確保することが可能となっている。

総じて、3D 都市モデルを利用して市民協働型調査によって追加で重要な情報を取得する手法は、コストを抑えつつ市民参加を促すことができる有用性の高いアプローチであるといえる。

● 3D 樹木管理台帳・ヒアリング調査結果

第 1 回のヒアリング調査では基本機能を備えた試用版をもとに、必要な機能や修正が必要な箇所についてのヒアリングを実施し、以下のような用途や機能に関する希望があった。既に実装済みの機能で対応できる用途はその方法をレクチャーしたうえで、実装可能機能について改善や追加を行った。

表 5-15 第 1 回ヒアリングでのコメントと対応内容

No.	ヒアリングで希望のあった機能	第 2 回ヒアリングまでの対応/回答
1	腐朽菌がある樹木のみ抽出して画面上に表示したい。	● 既存のフィルタリング機能で当該樹木のみ色を変えて表示可能であり、抽出も可能。
2	真上から見た完全な 2D マップが欲しい。調査したい樹木を絞り込み、そのまま図面にして発注したい。	● どのような改善を施せば管理業務合理化に向けて満たされるのか、具体的に指示して頂きたい。 ● 2D 表示の際の背景に CAD 図の反映と言われるが、具体的なものを支給して頂きたい。
3	3D マップで表示した際に、樹木の形状が少し見づらい。	● 第 2 回までに樹木の 3D シンボルについて、より精度の高いものに差し替える。

表 5-16 第 2 回ヒアリングでのコメントと対応内容

No.	ヒアリングで意見のあった樹木台帳を活用可能な業務	具体的な要望	実装した機能
1	公園樹木積算業務	● 剪定積算業務で積算区分に用いている目通り幹周のラ	● 仙台市指定のランク分けで抽出できるようにした

		<p>ンク分け単位で抽出できるようにしたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 59 cm以下 ➤ 60 cm～119 cm ➤ 120cm～149cm ➤ 150cm～179cm ➤ 180cm～209cm ➤ 210cm～239cm ➤ 240cm～269cm ➤ 270cm～299cm ➤ 300 cm以上
2	公園樹木積算業務	<ul style="list-style-type: none"> ● 工事発注の際に説明資料として 2D 表示画像を活用したため、背景に公園施設設計図を反映させて欲しい仙台市から支給された CAD 図を 2D 表示画像に反映させた。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 仙台市から支給された CAD 図を 2D 表示画像に反映させた
3	特定樹木の管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 仙台市随一のサクラの名所であるため、AI 判定では追いついていないヤエベニシダレやカンザクラ等をサクラ（栽培品種）で括るのではなく、出来る限り特定品種名で登録して欲しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 仙台市から支給された桜マップを基に約 300 本のサクラの種名を更新した。

● 3D 樹木管理台帳アンケート調査検証結果

1) 既存システムとの利便性比較

Q1：既存の管理台帳と比較して不足している機能はあるか？

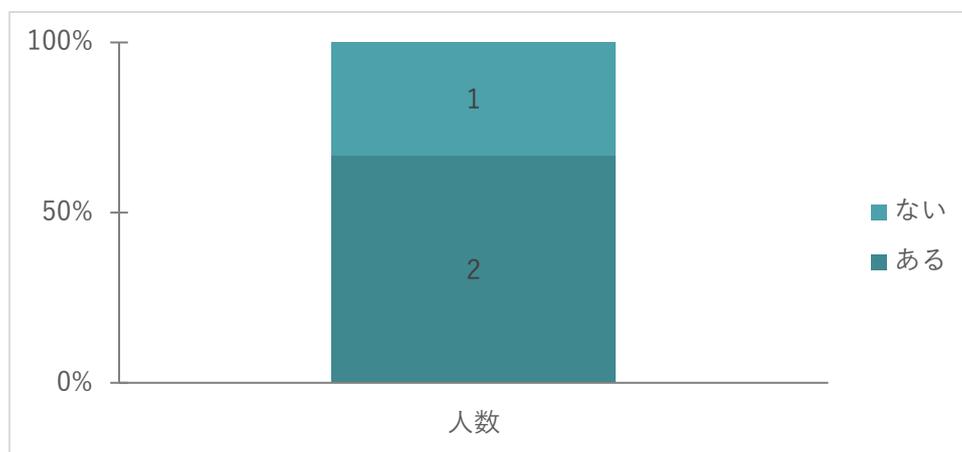


図 5-24 Q1：不足している機能があるか

表 5-17 関連する定性コメント

No.	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	従来の業務で紙を用いたコミュニケーションが主体となっているため、台帳だけでなく業務の方法と併せたデジタル化を想定した設計が重要である。	<ul style="list-style-type: none"> ● 地図に印刷すると分かりにくい。 ● 情報共有を行う際にパソコンが必要だと使いにくい。
2	機能や操作性について、日常的にデジタルマップを使っていないと直感だけでは分からない部分があった。既存の手法に最適化した職員にとって移行に伴う認知的なコストを意識して、デジタルネイティブでない世代に対するユーザビリティも考慮する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ● リストで樹木を選択した場合、その樹木が分かるようなマーキングができると良い（実際にはできる）。 ● 3D で見ているときに、角度を変えた後、真上からの視点に戻るボタンがあると良い（2D 切替ボタンで対応できる）。

Q2 必要な情報が正しく表示されているか？

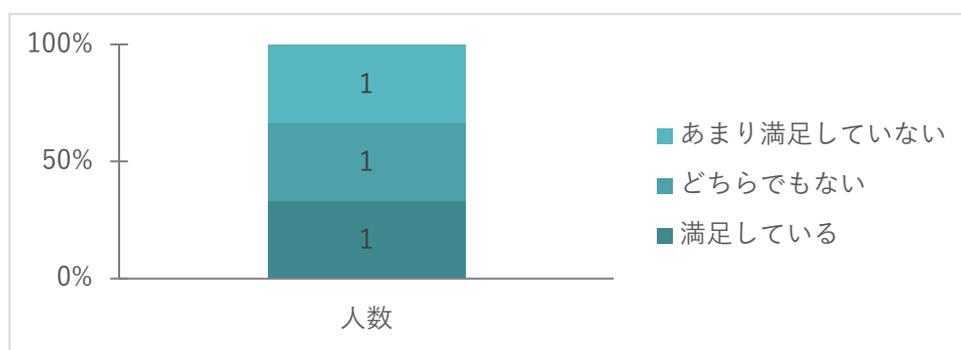


図 5-25 Q2：必要な情報が正しく表示されているか

表 5-18 関連する定性コメント

No.	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	3D 樹木管理台帳に必要な情報について、樹木データに限らず行政側に情報がそろっていない場合が想定されるため、綿密なヒアリングの上オープンデータ等を活用し、低コストで要件を満たす必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ● 図面データを表示したい。

Q3 樹木台帳がデジタル化されることにより従来手法では実現できなかった新しい活用方法が広がる可能性があるか？

回答者全員が「どちらともいえない」に該当する 4 を選択し、具体的な活用方法に関する言及を得ることができなかった。「可能性を感じない」を選ばなかったことから、3D 樹木管理台帳に触れてみて「新しい活用手法があるはずだが具体的には思いつかない」という回答であると解釈できる。

回答に協力いただいた職員全員が同様の反応を示したことから、既存業務の枠組み自体を改善するためには既存業務を執行している職員の内発的な意見だけでなく、外部から可能性を提示するプロセスをどう設計するかが重要になると考えられる。

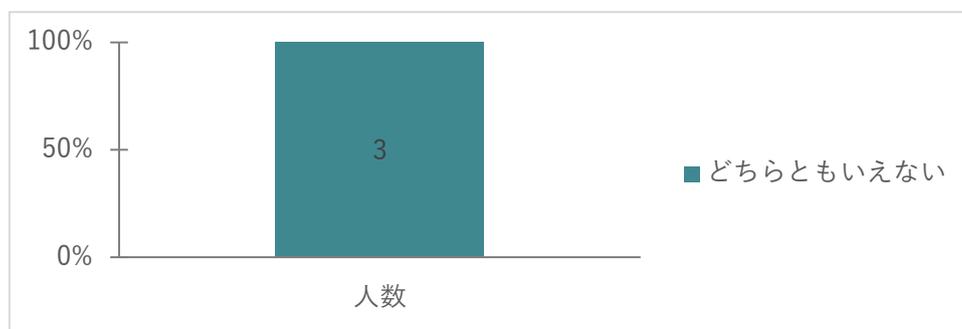


図 5-26 Q3：3D 樹木管理台帳で実現可能な新しい活用方法が見出せるか

Q4 樹木台帳がデジタル化されることにより業務効率化に寄与する可能性はあるか？

Q3 と同様、回答者全員が「どちらともいえない」に該当する 4 を選択した。

一方で、自由記述欄に具体的な回答があったことから、新しい業務フローの構想は外部の知見を取り入れつつ、既存業務の改善については現場の意見を中心にアプローチできる可能性がある。

ただし、「可能性はある」という回答も「可能性はない」という回答もないことから、本当に効率化できるかどうかについては現場職員で確信をもって判断することは難しく、実際の改善については外部が主導しながらヒアリングを進めていく必要があると考えられる。

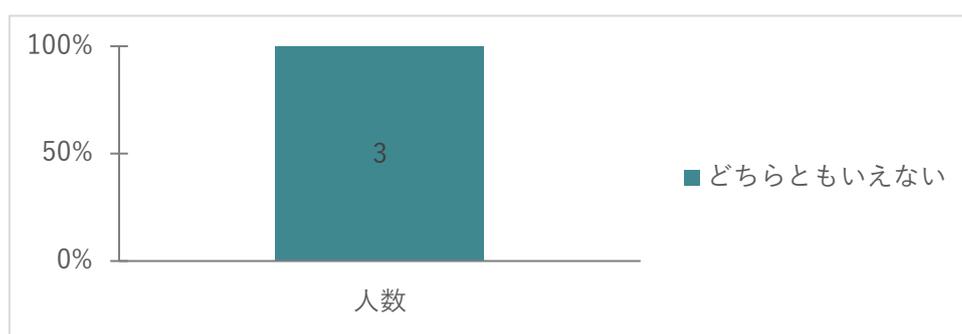


図 5-27 Q4：3D 樹木管理台帳による業務効率化の可能性

表 5-19 関連する定性コメント

No.	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	各用途で活用するための具体的な課題や問題点についてはヒアリングが必要であるが、現状の樹木	● 選択範囲の樹木集計を表示できれば時間短縮になる。

<p>台帳で様々な業務効率化に寄与する可能性が示唆された。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 発注図面の作成ができれば良いと思う。 ● 市民へ公開し、問合せ等への説明で使えるのではないか。
-----------------------------------	--

2) ユーザビリティの評価

Q5 3D 樹木管理台帳の画面表示が視覚的に分かりやすかったか

Q6 検索・フィルター・集計機能を使用する際に使い方がわかりにくくなかったか

Q7 検索・フィルター・集計機能で条件として設定する項目は適切だったか

DX 樹木台帳のユーザビリティ評価について、画面の見やすさ、機能の使いやすさ、絞り込み項目の妥当性についての以下の回答を得た。

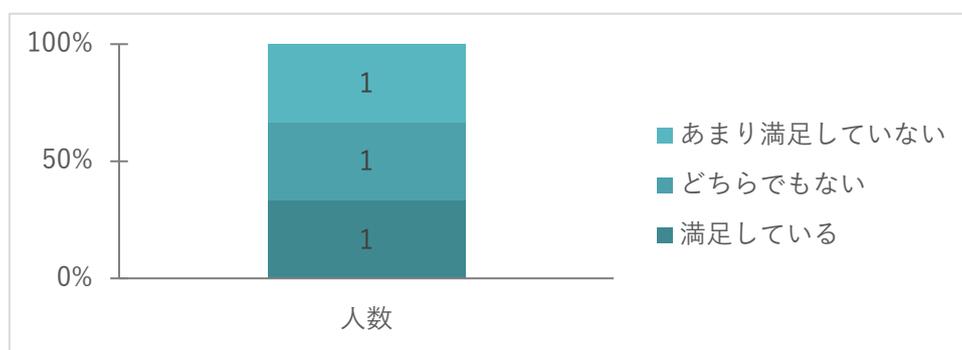


図 5-28 Q5：3D 樹木管理台帳の画面表示が視覚的に分かりやすかったか

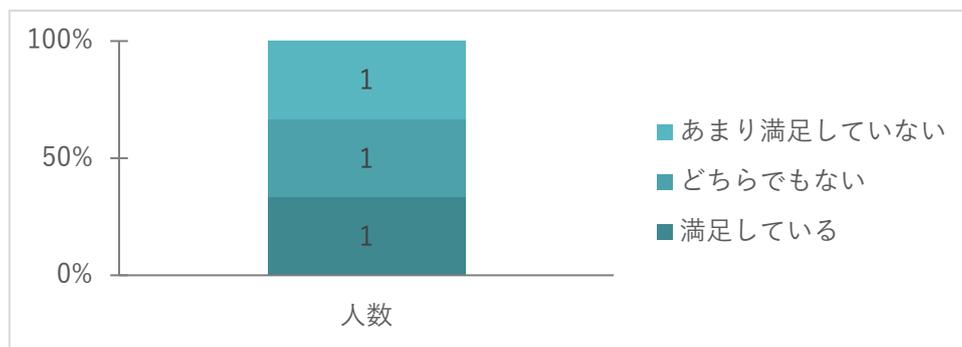


図 5-29 Q6：検索・フィルター・集計機能を使用する際に使い方がわかりにくくなかったか

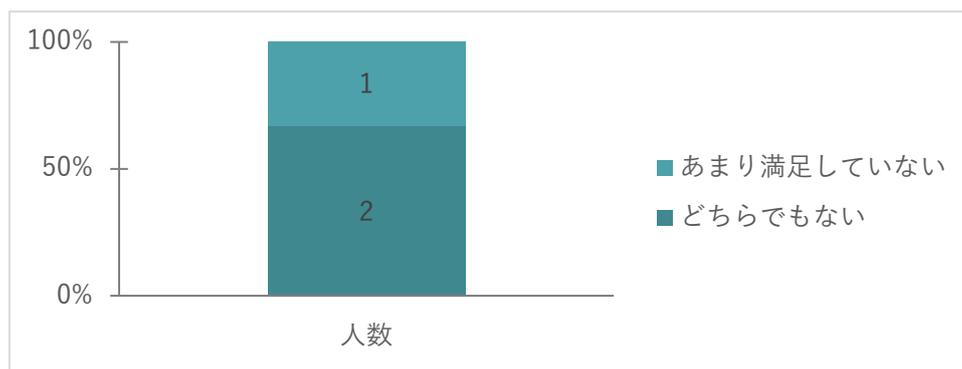


図 5-30 Q7: 検索・フィルター・集計機能で条件として設定する項目は適切だったか

表 5-20 関連する定性コメント

No.	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	絞り込み機能と画面表示について、直感的には満足しない部分があったが、それぞれの機能としては高い評価を得た。	<ul style="list-style-type: none"> ● 樹木を絞り込み表示できる点が優れている。 ● 公園の全体像を把握できて良かった。 ● データの絞り込みが容易になった。

6. 実証の成果と課題、今後の展望

6-1. 本実証で得られた成果

6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性

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

表 6-1 3D 都市モデルの技術面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの技術面での優位性
システム・機能	一人称視点での状況の再現性	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルによって、現場の視点を再現したうえで、どれが該当樹木かも認識可能になり、台帳から実際の樹木個体を特定する作業が大幅に効率化する。 ● 樹木台帳に格納されている写真は複数の樹木が写り込んでいることが一般的で、3D 植生モデルと比較することで写真がどの個体を指しているか視認性が向上する。
	3D による植栽図のクエリと視覚表現	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルの CityGML が持つ属性情報により、3D 樹木管理台帳上で立体的な樹木を対象に絞り込みの実施と視覚的な表現が可能となる。
アルゴリズム	環境価値定量化との接続	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルの CityGML について、植生モデルに含まれる詳細な空間情報(樹高、幹周、枝張、枝下高)を参照することで CO₂吸収量や雨水樹冠遮断量などの環境価値をより高い精度で算出することが可能となる。
	3D データに基づくパラメータの利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルを利用して日照条件のシミュレーション結果を用いることができるため、植生の生育や環境価値など幅広いシミュレーション領域へ応用することができるようになる。

6-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルのビジネス面での優位性が示された。

表 6-2 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルのビジネス面での優位性
サービスの提供価値向上	市民協働型調査による提供価値	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルの植生モデルを市民協働型調査の基盤データとして用いることで、予備調査の必要がなくなり、高精度な位置情報をもとに膨大なデータを短期間かつ低コストで取得できるようになる。 ● 市民協働型調査によって得られる樹木のデータから、3D 都市モデルを生成することによって、従来ではできなかったシミュレーションへの応用が可能になり、より幅広いニーズに対応できる。 ● 市民協働型調査の成果品として、表データや平面的な地図データに加えて、立体的でインタラクティブな情報を提供できるようになるため、一連のプログラムによって訴求できる価値が向上する。
	シミュレーションの高度化	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルが整備される以前は、樹木のデータを整備するところまでが樹木台帳整備の範囲で、周辺環境や建物情報を含めた詳細なデータと統合することはコストの問題で想定もされていなかった。 ● 樹木の 3D データと併せて参照可能な 3D 都市モデルの存在により、高度なシミュレーションの実施が可能になる。
	教育や普及啓発効果の向上	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D 都市モデルによる強力な視覚表現を取り入れることによって、市民協働型調査の成果のビジュアル表現が強化され、プログラムを通じて参加者が受け取る情報が充実し普及啓発効果や教育効果の向上につながる。 ● 市民協働型調査の教育効果の向上は、学校の授業との連携や市民を対象とした普及啓発事業など新しいビジネスチャンスを提供する。
サービス開発期間・コストの削減	展開性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ● ビジネスとしてのスケールを考えた場合、従来の樹木台帳整備は事業規模と人的コストが比例するビジネスモデルとなる。 ● 一方、市民協働型調査を通じた 3D 樹木台帳整備はベースとなるシステムの提供と動員するコミュニティの形成により規模を拡大できるため、事業の展開性が向上する。

6-1-3. 3D 都市モデルの政策面での優位性

表 6-3 3D 都市モデルの政策面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの政策面での優位性
行政業務自体の価値/品質向上	緑地管理計画の高度化	<ul style="list-style-type: none"> ● 植生の 3D データを取得し、3D 都市モデルと組み合わせることによって、日照条件や景観情報など、より多くの情報を引き出すことができる。 ● さらに、これらの 3D データやシミュレーション結果を台帳上で統合することによって、従来は容易ではなかった環境条件に応じた管理計画を策定できるようになる。
	データに基づいた危険木対策の実現	<ul style="list-style-type: none"> ● 行政にとって倒木リスクの回避は責任を伴う重要な業務であり、危険木の把握と適切な対応が求められる。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ しかし、正確な診断は専門家によって時間を掛けて行う必要があるため、管轄内のすべての樹木に対し樹木診断を行うことはできない。 ● 本検証において、市民協働型調査によって一定の精度で樹勢や腐朽菌の有無を調査することが可能であり、このデータを用いて診断対象とする樹木を絞り込むことで効率的な危険木対策を行える可能性が示唆された。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ ただし、危険木の診断はリスクの高い樹木の調査漏れが許されないため、市民協働型調査の結果をそのまま用いることはできない。 ● 3D 都市モデルと 3D 植生モデルを組み合わせることで、これまで難しかった環境条件のシミュレーションが容易にできるようになり、これを市民協働型調査の診断結果と組み合わせることによって、偽陰性のおそれがある樹木を統計的に抽出し、より高い精度で絞り込みを行うことができるようになる。
行政業務の効率化	既存業務の自動化	<ul style="list-style-type: none"> ● 既存の管理業務においては、積算業務など日常的な業務がシステム化されておらず、職員が労力を掛けて運用することによりカバーされている部分が多い。 ● 3D 都市モデルによる DX 樹木台帳により業務の大幅な効率化が見込める。
	情報伝達の効率化	<ul style="list-style-type: none"> ● 既存の業務フローでは紙を中心にアナログな媒体をもとに情報伝達が行われており、業務の効率化を妨げている。 ● 3D 都市モデルと属性情報を紐づけて管理することにより、視覚的な情報と構造的な情報を統合的に閲覧や編集することが可能となり、現場の 3 次元的な状況をリアルタイムなデータとして共有することで、業務の抜本的な改善につながる。

6-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 6-4 実証実験で得られた課題と対応策

大項目	小項目	実証実験で得られた課題	課題に対する対応策
市民協働型調査	市民協働型調査の判定精度の向上(樹種)	<ul style="list-style-type: none"> ● 今回の実証では一般参加者による判定と小学生による判定を実施したが、どちらも判定水準が目標を下回り、精度が課題となった。 ● 特に、公園特有の園芸品種が樹種名のリストに対応していないなど、生物学的な分類の正確性とユーザビリティが相反する部分があった。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 樹種は判定精度が十分でないという前提で、市民による樹種判定後に専門家が確認を行いデータの正確性を確保する。 ● また、そのフィードバックを市民が受け取れるようにし、継続的なモニタリングにおける精度向上を目指す。 ● 樹種判定に自信がない場合に専門家へ簡単にアクセスできる Q&A をアプリケーションに組み込み、市民が AI 判定でうまく判断できない樹種の調査記録に費やす時間を減らす(市民による樹種判定精度は良くないという前提で、空欄でも問題ないものとして扱う)。 ● 市民協働調査の参加者の過去の判定履歴を分析し、判定精度が高い参加者のデータを重点的に活用すると同時に、高精度の参加者に対してはインセンティブを提供するなど、市民協働型調査アプリケーションの実装上の工夫を検討する。
	市民協働型調査の判定精度の向上(樹勢)	<ul style="list-style-type: none"> ● 樹勢判定は直感的な UI により小学生以下でも比較的高い判定精度となっていた一方、明確な基準が不足し、主観的な評価に依存する側面があった。 ● 画像を見て樹勢を選択する方法は、視覚的な印象に大きく影響され、一貫性のある評価が難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 樹勢の判定基準を明文化し、写真だけでなく具体的な指標や特徴を文書化して提示することで、判定の一貫性と精度を向上させる。 ● 提示するビジュアルを改善し、単なる写真に加えて図示や解説が含まれた資料を使用することで、より明確な判断基準を提供する。 ● ユーザーインターフェースを操作する人の年齢や専門性に応じて変更することで、直感的かつ客観的な情報に基づく判定が行えるように

	市民協働型調査による調査カバー率	<ul style="list-style-type: none"> ● 市民協働型調査では調査が進まない樹木が一定存在することが分かった。 ● 特に、茂みの中やアクセスが困難な場所の樹木は、市民による調査から漏れる可能性が高く、これを補完する追加の手段が必要である。 	<p>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 未調査エリアの樹木に対する特別なインセンティブを設定することで、調査が厄介な樹木を積極的にカバーする動機付けを与えることは有効な手段として想定される。 ● 調査困難な茂みエリアに特化した「本格調査プログラム」を企画するなど、市民協働型調査のプログラムを多様化し、様々なターゲットやスキルレベルの市民が参加できるように調査システムの設計を工夫することで調査のカバー範囲を拡大することも考えられる。
3D 樹木管理台帳	図面化への対応	<ul style="list-style-type: none"> ● デジタル台帳と従来の手法との間に情報の連携や互換性の課題が存在し、これが効率的な業務運用を妨げている。 ● 従来の情報伝達方法との併用が必要であり、DX 台帳だけでは発注時の全てのニーズに対応できない。 ● 現地作業員は通常、デジタルデバイスを携行しないため、紙ベースの情報提供が引き続き重要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● DX 台帳に、既存の図面データに樹木情報を重ねて出力できる機能を追加し、デジタルと紙ベースの情報を統合することで既存の業務フローとの互換性を持たせる。 ● 既存の図面データが不足している場合のために、新たに図面をデジタル化するプロセスを検討し、基礎データの充実を図る。 ● DX 台帳と従来の図面との互換性を高めるために、データのフォーマットや出力オプションを柔軟に設定できるシステムを導入する。
行政の政策面への実装	業務フロー改善の実現に向けた課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 樹木台帳のDX化により影響を受ける業務フローの範囲が事前に想定していたより広範に及び、樹木台帳DX化の効果を最大化するために必要な改善が関係業者のITインフラ整備や理解の増進など、課題が多岐にわたることがわかった。 ● DX化の過程で、組織内のデジタルスキルの不足や抵抗感が、台帳の活用拡大や新しい業務フローの構想を妨げている可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 若手職員を中心に最小限の試験導入しながら実際の業務に即した理想的なワークフローを段階的に構築するなど、プロジェクト化して実装を目指すことで、抜本的な課題解決に寄与できる可能性がある。 ● DX化の導入効果を定量的に算出し、データに基づく明確な証拠を提供することで、組織的な意思決定を促すことも本格的な導入に際しては重要であると考えられる。
アルゴリズム	シミュレーション機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状の3D樹木台帳は表示機能と絞り込みや集計などの基本的な機能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D都市モデルを用いた日陰や風のシミュレーションや、土壌条件や

	拡充	<p>のみの実装となっている。台帳のデータを管理業務に活用するには十分だが、それを超える革新的な業務フローや意思決定支援ツールとしての機能が未実装である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 実際の業務プロセスに基づいて機能の拡充を予定していたが、新しい業務フローの構築に関する情報を引き出すことはできなかった。 	<p>水分条件など外部の環境データを活用することで、樹木の健康と成長に関するより詳細な情報を得ることができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● これらのデータソースを統合して情報を生成するアルゴリズムを開発することで、3D 樹木管理台帳を通じてより包括的な環境分析に基づく意思決定に貢献することが可能になる。
--	----	--	--

6-3. 今後の展望

今後、地方公共団体による公園・街路樹管理の場面において DX の推進がますます期待される。管理業務の DX は単なる業務効率化にとどまらず、都市緑化分野における高度な計画や管理の実施に寄与する。特に、公園樹木や街路樹の CO₂ 吸収量等の生態系サービス評価は都市環境の持続可能性に関する重要な指標となる。

樹木管理の DX において、大規模かつ網羅的なデータの効率的な収集は非常に重要である。市民参加型による樹木情報の収集・更新は、低コストかつ短期間で完了することが期待されるものであり、今回の実証実験によって、一定の効果があるアプローチであることが確認された。市民参加型による樹木情報の収集・更新を発展させていくためには、既述したような調査手法の改善に加え、参加者をより多く募るための魅力的なインセンティブの設計・開発を今後進めていく必要がある。

樹木管理に対する継続的な市民参加は、地域住民の環境意識の向上にも寄与する。これらの取り組み全国的に広めていくことで、日本各地で、より環境を意識した持続可能なまちづくりが実現される。

7. 用語集

A) アルファベット順

表 7-1 用語集（アルファベット順）

No.	用語	説明
1	AG Grid	JavaScript ベースの高機能なグリッド（表）を提供するライブラリ
2	API	ソフトウェア間のインタフェースで、一方のシステムが他方のシステムと通信するための手段
3	AWS	Amazon が提供するクラウドコンピューティングプラットフォーム
4	BiomeSurvey	バイオームが開発運営している生物調査に特化したクロスプラットフォームアプリ https://biome-survey.com/
5	Cesium.js	3D 地理空間情報をブラウザで扱うための JavaScript ライブラリ
6	Amazon EC2	AWS が提供する、スケーラブルなコンピューティング容量を提供するサービス
7	FME Cloud	地理情報を含む多くのファイルフォーマットに対応したファイル変換等の機能を持つ自動処理ソフトウェア商品
8	i-Tree Eco	アメリカの農務省が提供する樹木や緑地が都市環境に与える影響を評価するためのソフトウェアで、樹木の成長、炭素吸収、大気質改善などの生態系サービスを定量化できる
9	LiDAR	Light Detection And Ranging の略称 レーザー光を照射して、その反射光の情報をもとに、対象物までの距離や対象物の形などを計測する技術
10	PostGIS	Postgres と組み合わせて使う、オープンソースの GIS エンジン
11	PostgreSQL	広く利用されているオープンソースの汎用データベース
12	Amazon RDS	AWS が提供するリレーショナルデータベースを簡単にセットアップ、運用、スケールできるサービス
13	Amazon S3	AWS が提供するオンラインストレージサービス
14	U-GREEN	東邦レオが開発した樹木の環境価値定量化システム。i-Tree Eco と基礎理論を共有し、日本の気候や植生に適合したモデルを採用 https://greeninfrastructure.jp/u-green/

B) 五十音順

表 7-2 用語集（五十音順）

No.	用語	説明
1	インセンティブ設計	行動を促進するために報酬や特典を提供することによる動機づけを設定する方法。報酬は物理的なものだけでなく、名誉や承認感情の充足など幅広い選択肢を持つ

2	枝下高	樹木の地面から最低の枝までの高さ
3	枝張	樹木の枝が広がる幅
4	胸高直径	樹木の胸高での幹の直径。国によって胸高が異なり、日本においては地面から 1.2m の高さをさす
5	グリーンインフラ	社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組
6	市民協働型調査	データ収集に一般市民を積極参加させる手法。専門性や精度の求められる調査には向かない一方で、広い対象範囲で大量のデータを集めるのに適しているとされる。参加者の意識の向上や地域コミュニティの活性化など副次的な効果も期待される
7	樹勢	樹木の生育状態や健康度を示す指標
8	相対成長式	樹木などの生物の成長や形状の変化を記述するための数学的な式

以上

市民協働による樹木管理 DX
技術検証レポート

2024年3月 発行

委託者：国土交通省 都市局

受託者：東邦レオ株式会社/Pacific Spatial Solutions 株式会社/
株式会社バイオーム