

デジタルツイン構築に向けた  
インフラ管理の **DX** に関する実証調査研究  
調査報告書

令和 6 年 3 月

株式会社 **NTT** データ

エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社

## 目次

1.	はじめに.....	1-1
1.1	本書の位置づけ.....	1-1
2.	業務概要.....	2-1
2.1	背景.....	2-1
2.2	本業務の目的.....	2-1
2.3	本業務の実施事項と調査報告書構成.....	2-2
2.4	実施スケジュール.....	2-3
2.5	実施体制.....	2-5
2.6	実施したユースケースの概要.....	2-8
3.	2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等.....	3-1
3.1	実証内容.....	3-1
3.1.1	目的・狙い.....	3-1
3.1.2	KGI・KSF・KPI（ビジネス・業務）.....	3-2
3.1.3	KGI・KSF・KPI（システム）.....	3-4
3.1.4	実施体制.....	3-5
3.1.5	個別課題の調査方針（ビジネス・業務）.....	3-7
3.1.6	個別課題の調査方針（システム）.....	3-8
3.2	実施結果.....	3-13
3.2.1	実施結果の概要.....	3-13
3.2.2	KPIの達成度（ビジネス・業務）.....	3-13
3.2.3	KPIの達成度（システム）.....	3-18
3.2.4	個別課題の調査結果（ビジネス・業務）.....	3-23
3.2.5	個別課題の調査結果（システム）.....	3-26
3.3	考察.....	3-59
3.3.1	ユースケース全体の考察.....	3-59
3.3.2	個別課題の調査結果に対する考察（ビジネス・業務）.....	3-60
3.3.3	個別課題の調査結果に対する考察（システム）.....	3-62
3.4	今後の展望.....	3-66
4.	対象設備への地上設備の追加に関する実証等.....	4-1
4.1	実証内容.....	4-1
4.1.1	目的・狙い.....	4-1

4.1.2	KGI・KSF・KPI.....	4-1
4.1.3	実施体制.....	4-3
4.1.4	個別課題の調査方針（イロ）.....	4-8
4.2	実施結果.....	4-8
4.2.1	実施結果の概要.....	4-8
4.2.2	KPIの達成度.....	4-12
4.2.3	個別課題の調査結果（イロ）.....	4-15
4.3	考察.....	4-21
4.3.1	ユースケース全体の考察.....	4-21
4.3.2	個別課題の調査結果に対する考察（イロ）.....	4-22
4.4	今後の展望.....	4-23
5.	遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）....	5-1
5.1	実証内容.....	5-1
5.1.1	目的・狙い.....	5-1
5.1.2	KGI・KSF・KPI.....	5-1
5.1.3	実施体制.....	5-2
5.1.4	個別課題の調査方針（イロハ）.....	5-5
5.2	実施結果.....	5-5
5.2.1	実施結果の概要.....	5-5
5.2.2	KPIの達成度.....	5-6
5.2.3	個別課題の調査結果（イロハ）.....	5-9
5.3	考察.....	5-13
5.3.1	ユースケース全体の考察.....	5-13
5.3.2	個別課題の調査結果に対する考察（イロハ）.....	5-13
5.4	今後の展望.....	5-16
6.	遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）....	6-1
6.1	実証内容.....	6-1
6.1.1	目的・狙い.....	6-1
6.1.2	KGI・KSF・KPI.....	6-5
6.1.3	実施体制.....	6-7
6.1.4	調査方針.....	6-8
6.2	調査結果.....	6-11
6.2.1	調査結果の概要.....	6-11
6.2.2	調査プロセス.....	6-11
6.2.3	調査結果.....	6-12
6.2.4	KPIの達成度.....	6-52

6.3	考察 .....	6-54
6.3.1	特定されたユースケースの特性及び実現性 .....	6-54
6.3.2	流通情報に関する課題と検討した改善策 .....	6-55
6.4	今後の展望 .....	6-57
6.4.1	情報共有の仕組み .....	6-57
6.4.2	災害対応の必要情報 .....	6-57
6.4.3	ユースケース拡張性 .....	6-57
7.	全体 .....	7-1
7.1	調査結果 .....	7-1
7.1.1	地下埋設物のユースケースの調査 .....	7-1
7.1.2	地上設備のユースケースの調査 .....	7-1
7.1.3	遠隔操作のユースケースの調査 .....	7-2
7.1.4	災害対応のユースケースの調査 .....	7-3
7.1.5	特定された課題 .....	7-4
7.2	将来展望 .....	7-4
7.2.1	早期社会実装への展望 .....	7-4
7.2.2	短期的な展望 .....	7-5
7.2.3	中長期的な展望 .....	7-7
7.3	総論 .....	7-9
8.	その他 .....	8-1
8.1.	用語と定義 .....	8-1



## 1. はじめに

### 1.1 本書の位置づけ

本書は、「デジタルツイン構築に向けたインフラ管理のDXに関する実証調査研究」における成果物群（表 1.1-1）の内、「調査報告書」に対応しており、指定の課題に対する調査及び実証の方針と方法、調査及び実証結果、及び得られた結果に対する考察を纏める。

表 1.1-1 成果物の一覧

成果物名	成果物の役割及び内容
調査報告書	調査及び実証の方針と方法、調査及び実証結果、及び得られた結果に対する考察が記載される。
技術仕様書	調査及び実証を通じて定められるシステムの仕様が記載される。
OSS	調査及び実証を通じて定められるシステム仕様の内、公開することで、システムの開発者の生産性向上に寄与すると考えられるプログラム群を示す。

## 2. 業務概要

### 2.1 背景

デジタル庁は、経済産業省や国土交通省をはじめとする関係省庁と連携して、自動運転車やドローン、自動配送ロボット等による、運行環境をリアルタイムで把握し経路決定を行う等の高度な運行を可能とするとともに、こうしたモビリティの運行の基礎となる地図・インフラ設備等を効率的に整備するため、3D都市モデルも含めた様々な3次元地理空間情報や気象状況、交通状況等のリアルタイム情報等をデジタル化した上で機械可読な形で効率的に流通させる基盤としてデジタルインフラの整備を進めるに当たって、デジタルツインを構築することを企図している。

また、政府では、人口減少が進むなかでもデジタルによる恩恵を全国津々浦々に行き渡らせるため、約10年のデジタルライフライン全国総合整備計画を策定する予定である。その中で、デジタルツインの構築に関する取組として、2024年度からさいたま市と八王子市において200km<sup>2</sup>以上の「インフラ管理DX」を実現するアーリーハーベストプロジェクトを掲げている。

加えて、独立行政法人情報処理推進機構に設置されたデジタルアーキテクチャ・デザインセンター（以下、「DADC」という）では、アーリーハーベストプロジェクトを見据えたデジタルライフライン全国総合整備計画と連動して、4次元時空間情報基盤における優先検討課題を設定し、社会実装の担い手となり得る実証事業者と密に連携しながらアーキテクチャの検討を進めている。各社が保有する設備情報を、標準化・位置基準を統一・3Dモデル化したうえで、4次元時空間情報基盤にて設備が埋設されている場所をインデックスとしてデータ主権の制御を行いながら各社の業務をシェアリング可能にし、インフラ管理DXの促進を図っている。また設備の空間IDを、各インフラ事業者が認可する事業領域に共有することで、新たなビジネスモデルの創出を目指している。

### 2.2 本業務の目的

本業務「デジタルツイン構築に向けたインフラ管理のDXに関する実証調査研究」では、4次元時空間情報基盤ガイドラインをもとに、デジタル庁が企図する2024年度からの「インフラ管理DX」の社会実装に向けて必要となる実証調査研究を行うことを目的としている。2022年度の「デジタルツイン構築に関する調査研究」の成果を踏まえて、2023年度は「2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加」、「対象設備への地上設備の追加」、「遠隔操作のユースケースの追加」及び「災害対応のユースケースの追加」の4つの観点から実証調査研究を行った。本業務は、ウラノス・エコシステムの構築の一環の取組である。

なお、仕様検討においては、DADCが検討するアーキテクチャを踏まえ、インフラ管理DXにおいては、インフラ設備の3Dデジタル化による協調領域のデータシェアリン

グの上に、コスト・技術のシェアリングを狙った競争領域のアプリケーションが多数創出されるアーキテクチャの構築を狙いとした。

### 2.3 本業務の実施事項と調査報告書構成

本業務の主たる実施事項と、調査報告書の構成を以下に示す。

- ・ 1章：はじめに

本章では、本業務の成果物における本書の位置づけと改訂履歴を示す。

- ・ 2章：業務概要

本章では、本業務の背景・目的、及び主たる実施事項を記載する。

- ・ 3章：2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

本章では、「ビジネス・業務」及び「システム」の観点から4次元時空間情報基盤の機能の更新・追加に関する調査を行うため、個別課題の調査方針を定義し、調査の結果と考察を記載する。あらかじめ設定した経済的・社会的価値のKPI (Key Performance Indicator (以下、「KPI」という))、及び技術的検証項目を確認することで、空間IDの有用性を検証し、結果・考察を取り纏める。

- ・ 4章：対象設備への地上設備の追加に関する実証等

本章では、電力・ガス・上水道・下水道・通信のインフラ設備について、地下埋設物に加えて、地上設備の空間情報についてもデジタル化して空間IDを介して相互に共有できるようにするために、個別課題の調査方針を定義し、調査の結果と考察を記載する。あらかじめ設定した経済的・社会的価値のKPI、及び技術的検証項目を確認することで、空間IDの有用性を検証し、結果・考察を取り纏める。

- ・ 5章：遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

本章では、電力・ガス・上水道・下水道・通信のインフラ設備について、地下埋設物に加えて、地上設備の空間情報を共有・活用するユースケースとして、個別課題の調査方針を定義し、調査の結果と考察を記載する。あらかじめ設定した

経済的・社会的価値の KPI、及び技術的検証項目を確認することで、空間 ID の有用性を検証し、結果・考察を取り纏める。

- ・ 6 章：遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）
 

災害時に、種類の異なる多数の IoT 機器等から被害状況や復旧作業状況に関する空間情報を取得して、復旧に取り組む事業者・自治体・政府に対して、必要な範囲で鮮度及び正確性に優れたデータをリアルタイムに提供するため、個別課題の調査方針を定義し、調査の結果と考察を記載する。あらかじめ設定した経済的・社会的価値の KPI、及び技術的検証項目を確認することで、空間 ID の有用性を検証し、結果・考察を取り纏める。
- ・ 7 章：全体
 

本章では、各ユースケースでの調査結果を通して明確化した、次年度の課題を一覧として示す。加えて、2024 年度からの「インフラ管理 DX」の社会実装に向けての展望を示す。
- ・ 8 章：その他
 

本章では、各章で用いた用語と定義について示す。

## 2.4 実施スケジュール

本業務の工程を以下の実施スケジュール表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 実施スケジュール

実施項目	スケジュール（月）							
	8	9	10	11	12	1	2	3
マイルストーン	▼計画書提出 <div style="text-align: right;">▼検討状況の中間報告 ▼検討結果の報告</div>							
作業計画書の作成等								
計画書提出								
2024 年度の地下埋設物領域における運用開始								

実施項目		スケジュール (月)							
		8	9	10	11	12	1	2	3
を見据えた機能の更新・追加に関する実証等 (ビジネス・業務課題)									
	検討計画の策定								
	実証準備/関係者調整								
	机上検討の実施と結果報告								
2024年度の地下埋設物領域における運用開始 を見据えた機能の更新・追加に関する実証等 (システム)									
	検討計画の策定								
	実証準備/関係者調整								
	机上検討の実施と結果報告								
対象設備への地上設備の追加に関する実証等									
	検討計画の作成								
	実証準備/関係者調整								
	データ作成								
	机上検討の実施と結果報告								
遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加 に関する実証等 (遠隔操作のユースケース)									
	検討計画の策定								
	実証準備/関係者調整								
	机上検討の実施と結果報告								
遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加 に関する実証等 (災害対応のユースケース)									
	検討計画の策定								
	実証準備/関係者調整								
	机上検討の実施と結果報告								
調査報告書の作成									
	執筆								
技術仕様書の作成									
	執筆								
OSSの作成									
	執筆								

2.5 実施体制

2022年度の「デジタルツイン構築に関する調査研究」の成果を踏まえて、2023年度は「2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加」、「対象設備への地上設備の追加」「遠隔操作のユースケースの追加」及び「災害対応のユースケースの追加」の4つの観点から実証調査研究を行う。各観点の調査ごとに想定するユースケースを定める。その対応を表 2.5-1 に示す。また、本業務の流れを図 2.5-1、実施体制を図 2.5-2 及び表 2.5-2 に示す。

表 2.5-1 ユースケース定義

観点	対応するユースケース
2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加	地下埋設物ユースケース
対象設備への地上設備の追加	地上設備ユースケース
遠隔操作のユースケースの追加	遠隔操作ユースケース
災害対応のユースケースの追加	災害対応ユースケース

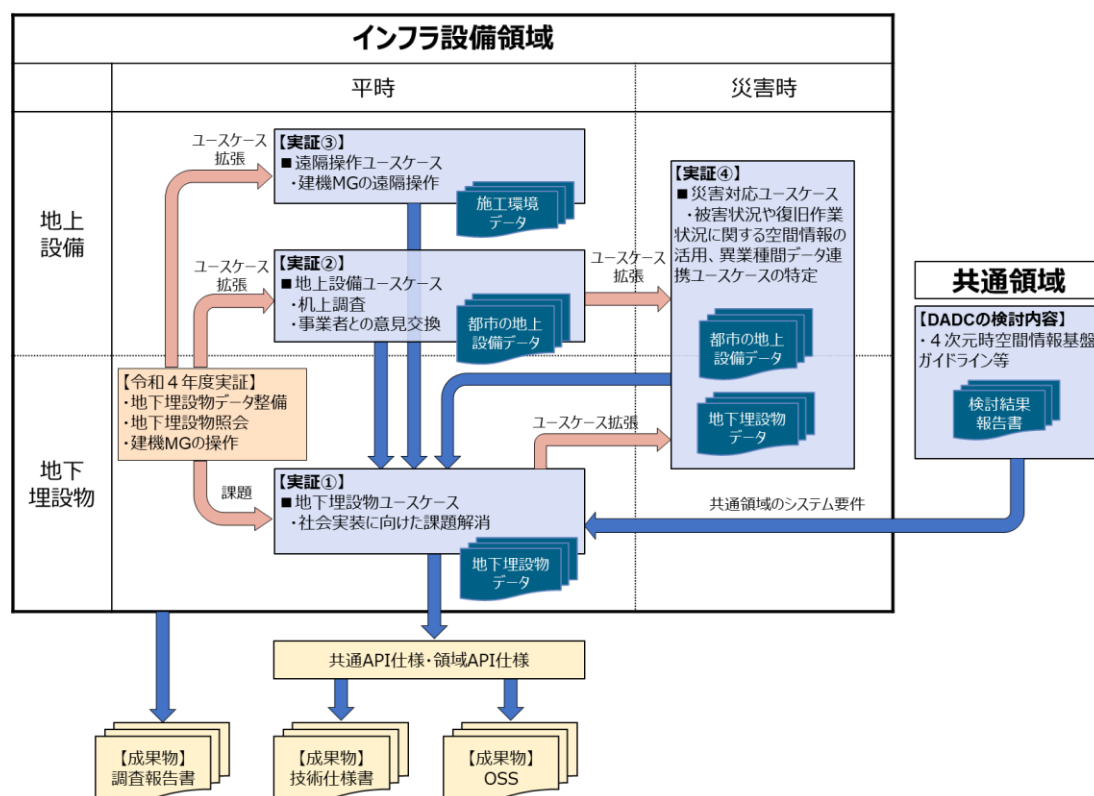


図 2.5-1 本業務の流れ

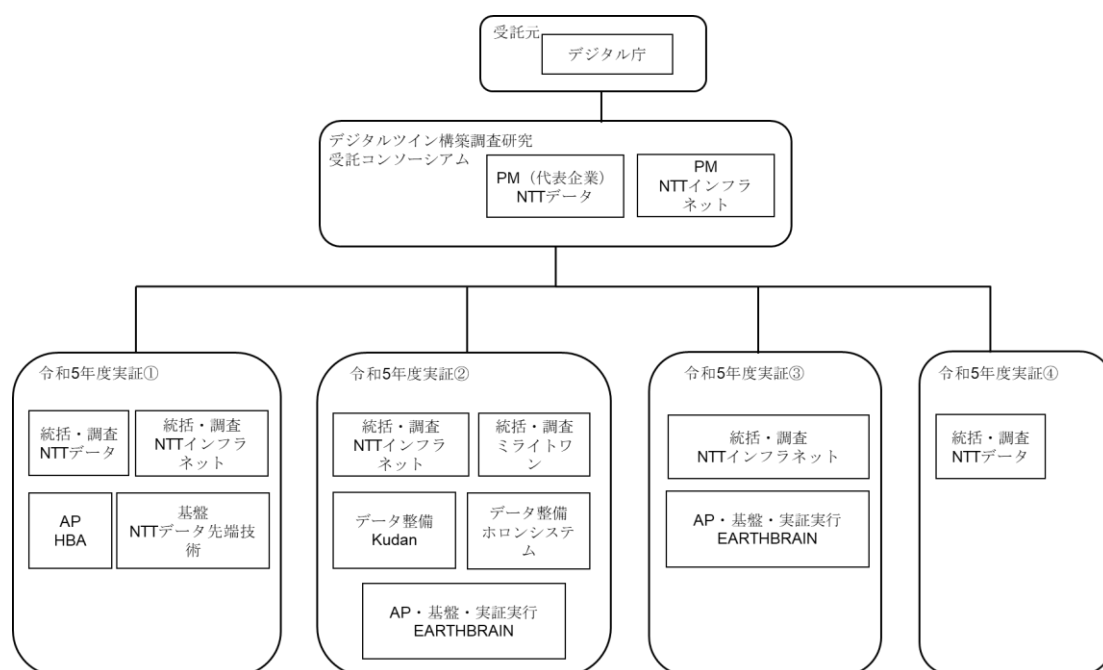


図 2.5-2 調査の実施体制図

表 2.5-2 本業務の役割一覧

体制	実施体制（実施企業）
委託元	デジタル庁
アーキテクチャ検討支援	デジタルアーキテクチャ・デザインセンター (以下、「DADC」という)
受託者	NTT データ・NTT インフラネット共同提案体 代表企業：株式会社 NTT データ エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社 (図 2.5-2 中では「NTT インフラネット」と表記する)
地下埋設物ユースケース検討担当	エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社
地下埋設物ユースケース基盤システム検討担当	株式会社 NTT データ 株式会社 HBA NTT データ先端技術株式会社
地上設備ユースケース検討担当	エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社 株式会社ミライト・ワン
地上設備ユースケースデータ整備担当	株式会社 Kudan 株式会社ホロンシステム
地上設備ユースケースアーキ・基盤	株式会社 EARTH BRAIN

体制	実施体制（実施企業）
担当・実証実行担当	
遠隔操作ユースケース検討担当	エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社
遠隔操作ユースケースアーキ・基盤 担当・実証実行担当	株式会社 EARTHBRAIN
災害対応ユースケース検討担当	株式会社 NTT データ



## 2.6 実施したユースケースの概要

本業務では、以下の表 2.6-1 に示す全 4 種類のユースケースについて開発・実証を行う。

表 2.6-1 ユースケース一覧

領域	ユースケース
地下埋設物のユースケース	地下埋設物領域における 4 次元時空間情報基盤の 2024 年度から始まるアーリーハーベストプロジェクトに向け、社会実装に向けた諸課題について、調査・実証を行う。
地上設備のユースケース	地上設備の種類別に、机上調査や主たる事業者との意見交換等を通じて現状を整理し、空間 ID を介して相互に共有できるようにするためのデータ整備手法の検討、及び、実証を行う。
遠隔操作のユースケース	遠隔操作のユースケースについて、机上調査、及び、主たる事業者との意見交換等を通じて必要な要素を調査、整理し、遠隔操作の伴う施工現場における空間 ID の効果を検証する。
災害対応のユースケース	災害復旧作業を円滑にする目的で、インフラ管理情報及び IoT センサー情報が企業・自治体へ共有され、災害復旧作業を促進する具体的なユースケースを設定し、その実現性と効果について調査を行う。

表 2.6-2 から表 2.6-5 に各ユースケースの概要を記載する。

- ・ 2024 年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 2.6-2 地下埋設物のユースケース

項目	詳細
課題	<p>地下埋設物領域はインフラ事業者がこれまで自事業での利用を主目的にデータ整備を行っており、仕様が統一されていない。また、4次元時空間情報基盤において地下埋設物領域の双方向なデータ流通に必要な API が定義されていない。加えて、2022 年度の「デジタルツイン構築に関する調査研究」では、地下埋設物データを空間 ID に紐付けることにより得られる効果を確認できた。しかし、地下埋設物データの仕様によっては、空間 ID の紐付け自体に多大な工数が必要となる課題がある。</p>
展望	<p>空間 ID への紐付けに係る作業工数の低減を図るとともに、社会実装に向けて有用な空間 ID のコア機能を定義する。そしてユースケースに基づき、定義した空間 ID のコア機能に関する有用性を評価し、2024 年度から始まるアーリーハーベストプロジェクトに向けての運用が可能であることを示す。また、施工・点検等の分野において、空間 ID が利用できる業務領域を拡大する。また、日本全国の地下埋設物領域において、効率的かつ、安心・安全な施工を実施できる社会づくりを目指す。</p>
実証概要	<p>継続的なデータ更新を可能とする地下埋設物データの仕様統一及び4次元時空間情報基盤の運用を検討し、空間 ID の API 定義及びその有用性を確認する。</p>
実証における空間 ID の活用方法	<p>統一された地下埋設物データの仕様を用いることで、空間 ID への紐付けに係る作業工数の効率化を図る。</p>

- ・ 対象設備への地上設備の追加に関する実証等

表 2.6-3 地上設備のユースケース

項目	詳細
課題	<p>地下埋設物の維持管理で開削施工を行う際、建設機械の持ち込み可否や稼働範囲の確認、周囲への騒音対策や安心・安全を確保する等、地上構造物が施工計画に与える影響は大きい。また、インフラ事業を取り巻く環境は、設備の老朽化、熟練した技術者の減少等様々な課題に直面している。空間 ID により地上設備が存在する空間を明確に定義することで、熟練した技術者に依存しない施工設計技術の実現を実証する。</p>
展望	<p>インフラ設備のデータを設備の維持管理目的以外で利用する際の課題について実証を通じて洗い出し、他分野での利活用を視野に入れた地上設備空間 ID の拡張性や期待するサービスについて考察する。将来的には施工・点検作業等の自動化も視野に入れたデータ蓄積・活用も想定しておく。</p>
実証概要	<p>インフラ事業者が管理する地上設備データから空間 ID を紐付けるデータ整備手法の机上調査を行う。また、空間 ID を紐付けた地上設備データが施工（設計を含む）に与える品質向上効果の実証を行う。</p>
実証における空間 ID の活用方法	<p>空間 ID に地上設備を紐付けることで設計段階から現場にある設備の存在を認識できるようになり、熟練した技術者が不在であっても、周辺環境や地上・地下のインフラ設備に対する施工設計の品質や施工時における安心・安全の確保を狙う。</p>

- ・ 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 2.6-4 遠隔操作のユースケース

項目	詳細
課題	<p>インフラ設備の維持管理を担当する土木建設業界の労働人口減少は社会問題として認識されており、対策は急務である。遠隔操作を利用した建設機械による施工は土木建設業界における働き方改革を実現する技術の1つであるが実際に利用するには制約が多く、「安心・安全」な遠隔施工の実現に向けて解決すべき課題は多い。</p>
展望	<p>技術者不足解消への一助となり得る安心・安全な遠隔操作ソリューションにおいて、社会インフラとしての空間 ID が果たすべき役割を明確にする。また、空間 ID を用いた安心・安全な遠隔操作が適応可能な業種・作業条件及び特性を明確にし、現在・将来で実現可能なユースケースの方向性を明確にする。</p>
実証概要	<p>インフラ設備を対象とした遠隔施工において、建機 MG による空間 ID の有用性を検証する。</p>
実証における空間 ID の活用方法	<p>遠隔操作を伴う施工現場において必要となる空間的要素(種類、データ項目、粒度、リアルタイム性等)を意見交換により調査することで、これらの要素から空間 ID の整備により解決可能な課題を洗い出し、実現性を評価する。また、遠隔操作による安心・安全な施工を達成するため評価した実現性に基づき、空間 ID を用いた安心・安全な遠隔操作ソリューションの創出に必要な機能や環境等の条件を整理する。</p>

- ・ 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

表 2.6-5 災害対応のユースケース

項目	詳細
課題	災害時の情報流通は煩雑かつ迅速性・共有性が低く、復旧作業への情報利用が困難である。また、災害時、自治体や企業にとって、能動的に十分な情報収集は困難である一方、受動的に獲得できる情報は時間的・内容的にニーズに合わないことに加え、情報の規格が統一されていないという課題がある。
展望	平時及び災害時に取得可能な情報（インフラサービス情報や被害情報）と災害復旧支援情報とのマッチングの調査を通じ、4次元時空間情報基盤で管理すべき情報を特定して、ニーズに合った災害情報の流通を実現する。災害時の情報共有範囲は、認証認可を管理する仕組みによってコントロールされる。
実証概要	災害復旧作業のための情報要件（災害種別、時間軸、内容、エリア、表現方法等）の調査と、情報共有の実現性、4次元時空間情報基盤を通じて共有される情報による災害復旧の改善効果の検討を行う。
実証における空間 ID の活用方法	情報提供及び情報取得にかかる負担の軽減、情報秘匿化による公開範囲の拡大を図る。また、平時利用と日常時利用の切り替え（マルチユースなアーキテクチャの構築）を行えるよう、多種の情報による複合的な被害情報を共有する。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

## 3. 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

### 3.1 実証内容

#### 3.1.1 目的・狙い

本実証（地下埋設物領域のユースケース）では、机上調査を通じて、空間 ID を利用したアーキテクチャを介して様々なインフラ事業者が管理する地下埋設物等の空間情報の相互共有を始めるため、「ビジネス・業務」と「システム」の2つの側面から、現状における課題を整理した上で、検討及び実証を行った。

現在は、地下埋設物に関連する土木工事の計画や施工計画、施工時において、土木設計事業者及び施工事業者が地下埋設物に関する情報の一部をインフラ事業者から借り受けている。熟練した土木設計事業者及び施工事業者の技術者は、インフラ事業者から借り受けた様々な様式及び形式の情報を読み解き、1つの現場情報へ統合した上で土木設計及び施工サービスの計画や設計、実施を行っている。これにより、高品質な土木設計及び施工サービスが可能となり、その結果として「安心・安全」な国民の生活環境を実現している。そして「安心・安全」は土木設計事業者及び施工事業者が達成すべきサービス品質の1つとして定着し、現在に至っている。

インフラ設備の老朽化が社会問題となった現状において、インフラ設備の更新に必要な土木工事の件数は増加傾向にある。一方で、労働人口不足も社会問題となっている現状において、土木設計及び施工サービス業界の労働人口も減少傾向にある。これらの状況をインフラ設備管理の観点で要約すると、老朽化を含むインフラ設備の更新及び維持に必要な土木設計及び施工サービス業界の需給バランスが崩れ始めている状況にあると言える。これまで実現してきた高品質な土木設計及び施工サービスが継続できなくなると、インフラ設備に支えられていた「安心・安全」な国民の生活環境が脅かされる恐れが出てくる。

インフラ設備を取り巻く複合化した社会問題の解決策として、土木設計及び施工サービスを構成する要素である技術者、すなわち、「ヒト」に依存した土木設計及び施工サービス品質からの脱却が挙げられる。本業務では、解決手法の1つとして、「ヒト」から「ヒト+モノ」への転換を想定し、異なる業種のインフラ事業者の間で複合化した社会問題において解決すべき課題と、本業務の KGI（上位目標）・KSF（重要成功要因）・プロセス KPI（管理指標）として定めた仮説に基づき、新たな「モノ」となる4次元時空間情報基盤の運用開始に必要な機能を整理した。「4次元時空間情報基盤ガイドライン」等に基づき、事業者間のビジネスや業務で「モノ」を新たに活用するためのデータ流通において必要となる機能を整理し、これらの有用性を評価することで、運用開始に必要な機能が定義済みであることを確認した。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン（β版）<sup>1</sup>」で示された解決すべき課題のうち、実証事業のビジネス・業務観点及びシステム観点で選定した課題をそれぞれ以下の表 3.1-1、表 3.1-2 に示す。

**表 3.1-1 定義された課題一覧（ビジネス・業務）**

課題	課題名
イ	データの保存期間
ロ	共通データ項目の定義
ハ	ビジネスモデル、運用体制及びインセンティブ
ニ	セキュリティレベルの整理

**表 3.1-2 定義された課題一覧（システム）**

課題	課題名
イ	地表面情報への対応
ロ	ズームレベルの柔軟な変更
ハ	情報更新等のコスト削減
ニ	膨大なデータの管理手法
ホ	データ品質の定義及びデータ品質情報の共有
ヘ	空間 ID の活用を容易にするツール
ト	API のアーキテクチャ設計
チ	ターンアラウンドタイムが延びることへの対応
リ	分散型 DB
ヌ	アクセス権限の設定

#### 3.1.2 KGI・KSF・KPI（ビジネス・業務）

地下埋設物領域のユースケースについて、ビジネス・業務観点の KGI（上位目標）・KSF（重要成功要因）・KPI（管理指標）の全体像を図 3.1-1 に示す。

<sup>1</sup> 「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン（β版）」

[https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/Individual-link/ps6vr7000001gz5z-att/3dsatial\\_guideline.pdf](https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/Individual-link/ps6vr7000001gz5z-att/3dsatial_guideline.pdf)

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

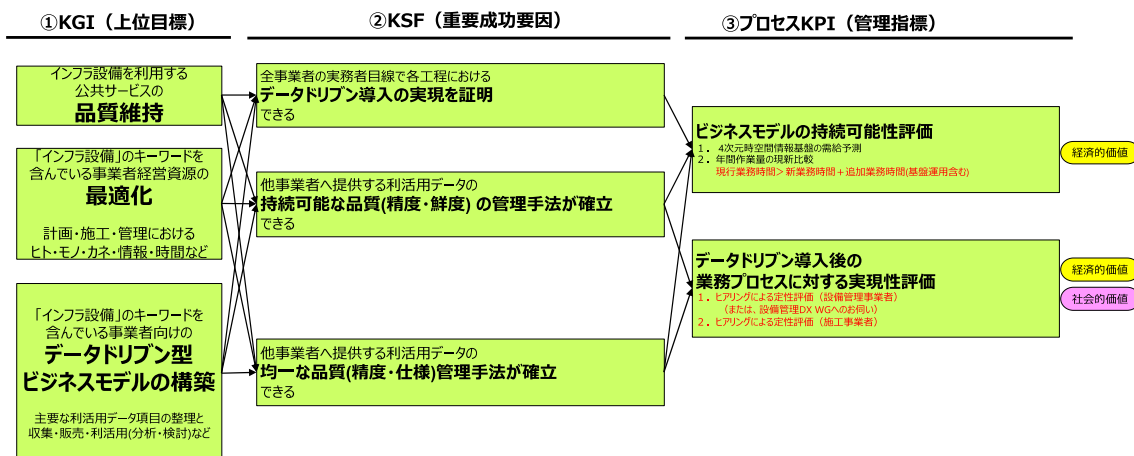


図 3.1-1 地下埋設物領域のユースケースの KGI・KSF・KPI 案 (ビジネス・業務)

#### (1) KGI (上位目標)

KGI としては以下の3点を設定する。

- ・ インフラ設備を利用する公共サービスの品質維持
- ・ 「インフラ設備」のキーワードを含んでいる事業者経営資源の最適化 (計画、施工、管理におけるヒト、モノ、カネ、情報、時間等)
- ・ 「インフラ設備」のキーワードを含んでいる事業者向けのデータドリブン型ビジネスモデルの構築 (主要な利活用データ項目の整理と収集、販売、利活用 (分析、検討) 等)

#### (2) KSF (重要成功要因)

KGI を実現するための KSF としては、以下のような要因を設定する。

- ・ 全事業者の実務者目線で各工程におけるデータドリブン導入の実現を証明できる
- ・ 他事業者へ提供する利活用データの持続可能な品質 (精度・鮮度) の管理手法が確立できる
- ・ 他事業者へ提供する利活用データの均一な品質 (精度・仕様) 管理手法が確立できる

#### (3) プロセス KPI (管理指標)

更に、プロセス KPI として、以下のような事項を設定する。

- ・ ビジネスモデルの持続可能性評価
  - 4次元時空間情報基盤の需給予測
  - 年間作業量の現新比較



### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

- ・ データドリブン後の業務プロセスに対する実現性評価
  - ヒアリングによる定性評価（設備管理事業者、又は設備管理 DX WG）
  - ヒアリングによる定性評価（施工事業者）

#### 3.1.3 KGI・KSF・KPI（システム）

地下埋設物領域のユースケースについて、システム観点の KGI（上位目標）・KSF（重要成功要因）・KPI（管理指標）の全体像を図 3.1-2 に示す。



図 3.1-2 地下埋設物領域のユースケースの KGI・KSF・KPI 案（システム）

#### (1) KGI（上位目標）

KGI（上位目標）としては、3.1.2 で設定した KGI（上位目標）の1つである以下を設定した

- ・ 「インフラ設備」のキーワードを含んでいる事業者向けのデータドリブン型ビジネスモデルの構築

#### (2) KSF（重要成功要因）

KGI（上位目標）を実現するための KSF（重要成功要因）としては、以下のような要因を設定する。

- ・ 適切な人・組織が適切な粒度のデータの操作をすることができる
- ・ 品質・鮮度の高いデータの管理ができる
- ・ 利用者が必要な時にデータを取得できる
- ・ 事業者間でデータを連携・活用ができる

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

- ・ 事業者間で共通的な機能を共有できる
- ・ 事業者が必要なデータ・機能を拡張できる

#### (3) プロセス KPI (管理指標)

プロセス KPI (管理指標) として、以下のような事項を設定する。

- ・ データ主権、データトラストの整理
- ・ データの管理手法の整理
- ・ システムのサービスレベルの整理
- ・ 連携方式、データフォーマットの標準化
- ・ 機能一覧の整理
- ・ 機能の API 化

システムは、表 3.1-2 にある課題の調査結果により、KPI の達成度を評価する。  
課題と KPI の対応については表 3.1-3 に示す。

表 3.1-3 課題と KPI の対応表

KPI	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	チ	リ	ヌ
データ主権、データトラストの整理		○								○
データの管理手法の整理					○					
システムのサービスレベルの整理				○					○	
連携方式、データフォーマットの標準化						○				
機能一覧の整理	○		○				○	○		
機能の API 化							○			

#### 3.1.4 実施体制

##### (1) 作業プロセス

地下埋設物領域のユースケースを中心とする本実証全体の実施予定内容と作業プロセスは図 3.1-3 に示す。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

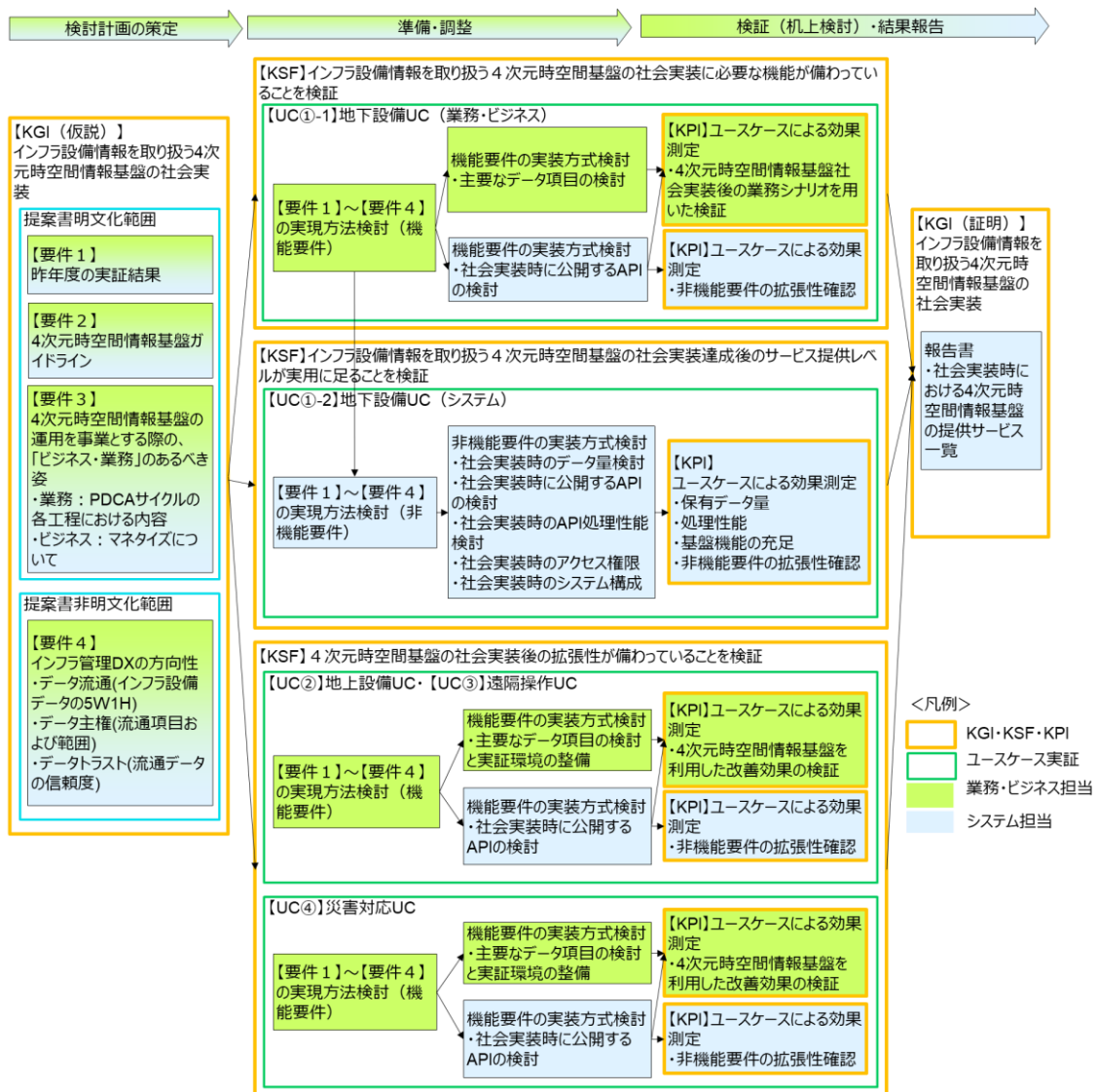


図 3.1-3 作業プロセス

また、実証全体の概念図を図 3.1-4 に示す。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

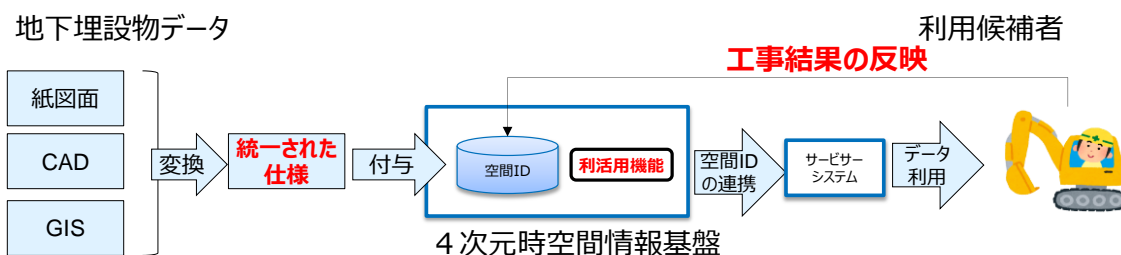


図 3.1-4 実証概念図

#### (2) 検討計画の策定

2024年度中に地下埋設物領域の4次元時空間情報基盤が運用開始されることを見据え、「4次元時空間情報基盤ガイドライン」が示す方向性と「インフラ管理のDX」の一環として実施する各ユースケースで4次元時空間情報基盤の運用を事業化する際の「システム」の観点を掛け合わせ、あるべき姿の検討を行った。

#### (3) 実証準備/関係者調整

4次元時空間情報基盤の要件を洗い出すために、デジタル庁、経済産業省、及びDADC（デジタルアーキテクチャ・デザインセンター）に対し、ヒアリングを行った。

また、4次元時空間情報基盤の基本仕様（技術仕様書及びOSS（オープンソースソフトウェア））作成に必要な情報について、DADCからの提供を受け、デジタル庁、経済産業省、及びDADCと協議して、技術仕様書及びOSSを作成した。

#### (4) 机上検討の実施と結果報告

関係者へのヒアリング結果をもとに機能、非機能の要件を洗い出し、4次元時空間情報基盤の要件定義を行った。また、要件定義の内容に基づきシステム基盤の基本仕様（技術仕様書及びOSS）を作成の上、デジタル庁、経済産業省、及びDADCへ報告した。

### 3.1.5 個別課題の調査方針（ビジネス・業務）

表 3.1-1 に示したビジネス・業務面における以下の4点の個別課題の概要と調査方針を示す。個別課題の概要に関しては、「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン（β版）」で示された解決すべき課題に書かれている概要説明を引用した。

#### (1) (イ) データの保存期間

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

空間 ID を紐付けた地下埋設物データの適切な保存期間について検討する。

#### (2) (ロ) 共通データ項目の定義

空間 ID を紐付けた地下埋設物データについて、業種・事業者・システム等の中で共通して設定・整備すべきデータ項目の定義を検討する。

#### (3) (ハ) ビジネスモデル、運用体制及びインセンティブ

本実証で想定する 4次元時空間情報基盤を活用した地下埋設物データの流通システムについて、ビジネスモデルや運用体制及びインセンティブ設計等を検討する。

#### (4) (ニ) セキュリティレベルの整理

本実証で想定する 4次元時空間情報基盤を活用した地下埋設物データの流通システムについて、どのようなセキュリティレベルを設定すべきか、検討及び整理を行う。

なお、ここでのセキュリティレベルはデータの提供側から利用側に対してどのデータにアクセスすることを容認するか、という観点で検討する。不正アクセス・不正利用の観点での検討はシステム側で検討する。

#### 3.1.6 個別課題の調査方針（システム）

表 3.1-2 に示したシステム面における以下の 10 点の個別課題の概要と調査方針を示す。個別課題の概要に関しては、「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン（β版）」で示された解決すべき課題に書かれている概要説明を引用する。

##### (1) (イ) 地表面情報への対応

###### 1) 課題概要

地下埋設物の位置は土被りの情報（地上面を 0m として地下方向に正值）で管理されている。そのため、土被りの情報については、DEM データを利用したジオイド面基準の標高情報に変換し、空間 ID を算出可能な仕組みを提供することを検討する必要がある。

###### 2) 調査方針

土被りの情報から空間 ID を算出可能な仕組みについて検討する。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

#### (2) (ロ) ズームレベルの柔軟な変更

##### 1) 課題概要

1つの空間情報に対して複数のズームレベルで管理したい場合、現状全てのズームレベルでのデータを作成する必要があり、柔軟な変更ができていない。そのため、対象のズームレベルを柔軟に変更もしくは、親子要素を取得できる仕組みを検討する必要がある。

##### 2) 調査方針

任意の空間IDと親子関係にある空間IDを取得できるロジックについて検討する。

#### (3) (ハ) 情報更新等のコスト削減

##### 1) 課題概要

空間属性情報の公開・更新・管理を継続するにはコストが発生する。そのコストを削減して持続可能性を高めるため、例えば、地下埋設物領域における、地下埋設物管理事業者による情報公開、開削工事事業者による実測、地下埋設物管理事業者による情報更新といった情報を環流する仕組みを検討する必要がある。また、こうした情報環流サイクルの構築により、情報更新等のコスト削減にとどまらず、空間属性情報の詳細化や種類の増加により、4次元時空間情報基盤の利便性向上や新サービスの創出が見込まれる。

##### 2) 調査方針

各アクターから空間属性情報を公開・更新・管理するためのコスト構造を検討する。各アクターが4次元時空間情報基盤の利用する前のコスト（現状のコスト）と将来4次元時空間情報基盤を利用する場合のコスト（将来ビジョン）を比較する。

本調査では4次元時空間情報基盤の利用する人、組織をアクターと呼ぶ。アクターは情報利用者、情報提供者、システム運用者及びシステム開発者に分類される。情報提供者は地下埋設物管理事業者（以降、「インフラ事業者」とする）、情報利用者は施工事業者を指す。コストとは業務にかかる時間、金銭のことと定義する。

#### (4) (ニ) 膨大なデータの管理手法

##### 1) 課題概要

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

空間属性情報に関するデータを4次元時空間情報基盤に集約することで情報アクセスが容易となる一方で、データ件数の増加に起因してDBのフェッチ処理の速度が低下するおそれがある。特にリアルタイム性を求められるユースケースでは、顕著な課題となる。膨大なデータであっても、高速に処理できる管理方法を確立することを検討する必要がある。

#### 2) 調査方針

膨大なデータを格納することを想定し、かつ、フェッチ処理を高速に処理できる管理手法を検討する。

#### (5) (ホ) データ品質の定義及びデータ品質情報の共有

##### 1) 課題概要

鮮度や精度等に関するデータの品質を担保することが求められるユースケースも存在するので、データ品質の定義やその品質を担保する仕組み、利用者が品質を把握できるようにする仕組みについて検討する必要がある。

##### 2) 調査方針

運用上担保が求められる地下埋設物領域のインフラ設備の品質要素を調査してデータ品質の定義を検討し、その妥当性を想定される地下埋設物領域のインフラ設備を利用するシステム運用者へのヒアリングを通じて評価する。また、その品質を担保する仕組み、利用者が品質を把握できるようにする仕組みをデータトラストの観点及びアーキテクチャ設計の観点から検討・評価する。

#### (6) (ヘ) 空間IDの活用を容易にするツール

##### 1) 課題概要

空間IDを活用するにあたって、汎用ビューヤーやインポートツールの対応フォーマット拡張、異なるデータのボクセル属性を掛け合わせるといった演算機能を有する解析ツールの準備等を通じて、ノンエンジニアでも空間属性情報を活用することができる環境を整備することを検討する必要がある。

##### 2) 調査方針

ノンエンジニアでも空間ID・属性情報を活用できる環境を整備するために、汎用的に空間ID・属性情報を取り扱うことができるツールとして何が必要であるか整理し、必要な情報、機能を明らかにする。上記の調査結果をもとに、必要な機能の仕

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

組みを検討し、仕組みの妥当性を想定される運用者へヒアリングを通して評価する。

また、「デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回<sup>2</sup>」の9ページにある、4次元時空間情報基盤は設備 3D 都市モデル<sup>3</sup>（以下「設備 3D モデル」という）形式のデータをインポートすることが可能であることを前提条件とする。

#### (7) (ト) API のアーキテクチャ設計

##### 1) 課題概要

将来的に4次元時空間情報基盤で取り扱う空間属性情報の種類が増えると想定されるが、空間属性情報ごとにAPI名を命名した場合、膨大な数のAPIが作られることとなり、空間IDを用いたシステム開発者（特に、複数領域に跨るサービス開発ベンダーの開発者）に多大な負担を強いることになる。また、APIを設計するにあたっては、既に広く普及している多種多様な外部システムと連携できるようにすることを考慮する必要がある。そのため、領域内の異なるユースケース間でのデータ連携や、領域を跨ぐデータ連携を行うために有用な仕組みとして、個別の用途に対応できるローレベルのAPIに加えて、複数用途を想定して一定の処理を纏めて実施するハイレベルのAPIの拡張を検討する必要がある。

##### 2) 調査方針

地下埋設物領域のユースケースで必要な機能を洗い出す。洗い出した機能をもとに個別の用途に対応できるローレベルのAPIと一定の処理を纏めて実施するハイレベルのAPIに分類する。また、ローレベルのAPIとハイレベルのAPIそれぞれで共通API（領域外共通）、領域API（領域内共通）、及び固有API（サービス固有）として分類する。

#### (8) (チ) ターンアラウンドタイムが伸びることへの対応

##### 1) 課題概要

---

<sup>2</sup> 「デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回」

[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/digital\\_architecture/lifeline\\_kaigi/infracw/dai2\\_1206/siryou\\_2.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/lifeline_kaigi/infracw/dai2_1206/siryou_2.pdf)

<sup>3</sup> 設備 3D 都市モデルは、設備情報を標準化・位置基準を統一・3D モデル化する国土交通省が公開している 3D 都市モデル（PLATEAU）を指す



### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

データ量が増えてリクエスト及びレスポンスのターンアラウンドタイム（空間情報サービスが4次元時空間情報基盤システムに処理要求を送信してから結果の出力が終了するまでの時間）が延びる可能性を考慮し、リクエストとレスポンスを2つに分割して非同期に動作する仕組みを検討する必要がある。

#### 2) 調査方針

空間IDに紐付けたデータを扱う機能を非同期に動作させる仕組みについて検討する。

#### (9) (リ) 分散型DB

##### 1) 課題概要

機微な空間属性情報を取り扱う場合には、同情報を保有する者が引き続きデータを管理することが考えられるため、分散管理・省コスト管理が可能な運用手順を含めて、分散型DBとして拡張することを前提に、高速処理できる仕組みを検討する必要がある。

##### 2) 調査方針

拡張性、処理速度を考慮し、分散型DBとして空間属性情報を分散して管理する仕組みを実現するために必要な機能や設計のポイントを明らかにする。また、4次元時空間情報基盤で様々な情報提供者がいることを前提とし、API仕様の検討も含めて4次元空間情報基盤にあるデータを各情報提供者が適切な権限を持って制御することが可能なデータベースの構成を検討する。

また、4次元時空間情報基盤上の時空間データは、認可を受けた利用者（情報提供者、情報利用者、及び開削業者等）に対し協調領域として全て情報公開することを前提条件とする。そのため、特定の情報提供者のみが参照・更新可能となるデータをデータベースに格納しないことを想定とする。

#### (10) (ヌ) アクセス権限の設定

##### 1) 課題概要

機微な空間属性情報を取り扱うユースケースにおいて、設定したセキュリティレベルを技術的に実現するため、共有する相手やデータ項目、期間等の条件を柔軟に設定するといったアクセス権限の管理方法を確立することを検討する必要がある。アクセスするユーザーの認証・認可や、ユーザーごとに利用できるAPIを制御、ログの保存等の仕組みが想定される。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

#### 2) 調査方針

機微な空間属性情報を4次元時空間情報基盤で取り扱うことを考慮し、インフラ事業者が空間属性情報のアクセス権限の設定方法や管理方法及びアクセス権限に基づいた認証・認可機能、及びログの保存に関して検討を行う。

## 3.2 実施結果

### 3.2.1 実施結果の概要

地下埋設物領域のユースケースでは、過年度の検討成果を踏まえつつ、関係者へのヒアリングやビジネスモデル、システム関連の検討等の机上検討を実施する。検討により、2024年度以降、地下埋設物領域における4次元時空間情報基盤が、ビジネス・業務面、システム面の両面において構築、運用しうることを確認した。また、今後の具体的な事業化に向けての課題を確認する。

検討成果の詳細は3.2.2項以降に示す。

### 3.2.2 KPIの達成度（ビジネス・業務）

#### (1) ビジネスモデルの持続可能性評価

##### <4次元時空間情報基盤の需給予測>

地下埋設物領域では、異なる業種・事業者の整備・管理している各種地下埋設物に係るデータについて、空間IDを活用しながら適切に整備・共有することにより、異なる業種・事業者間による地下埋設物の照会や工事に係る協議等の業務が効率化されること等が期待される。ここでは、4次元時空間情報基盤システムの導入による業務効率化の効果を概略試算する。

##### <試算の前提・方法>

##### (対象業務)

4次元時空間情報基盤を導入し、各業種、事業者の地下埋設物に係るデータを電子化、共有化することにより、これまで長い時間を要していた地下埋設物調査業務の時間数、人工数を削減することを効果として期待する。

地下埋設物の調査は、道路工事を実施する際に加え、地下埋設物の維持管理や工事の計画、検討段階でも実施されていると考えられる。ここでは、道路工事件数を統計等から想定しやすい道路工事の実施に係る地下埋設物調査業務に絞って効果試算を行う。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

(試算方法)

まず道路工事1件あたりの地下埋設物調査に係る所要業務時間について、システム導入前後での想定、比較を行う。次いで、これに業務従事者（土木施工事業者、地下埋設物を管理するインフラ事業者）の想定業務委託単価を乗ずることで効果を金額換算する。更に、全国における道路工事件数の統計から、4次元時空間情報基盤による地下埋設物調査が全国に普及した場合の導入効果を概略試算する。

＜道路工事1件あたりの所要業務時間数・業務委託単価の想定＞

表 3.2-1 の通り、過年度の検討成果や関係者等へのヒアリングにより、システム導入前後での地下埋設物調査業務にかかる時間を想定する。

地下埋設物を整備、管理している主な5業種（下水道、水道、電力、ガス、通信）について、4次元時空間情報基盤を導入しておらず地下埋設物に関するデータを共有できていない場合は、各種の地下埋設物の調査にそれぞれ概ね60分程度（事務所間の往復移動時間を含む）の業務時間を要すると見込まれる（各事業者ヒアリング等から想定）。回答側についても概ね30分程度（移動時間を含まない）の業務時間を要すると見込まれる。また、ある業種の事業者（例：通信）における業務では、自らの整備、管理している地下埋設物については社内システム又は社内管理台帳等により即時（3分程度）で調査できるものの、他の4業種（例：下水道、水道、電力、ガス）については60分程度かかると想定されることから、道路工事1件あたりの業務時間は計363分と見込まれる。

これに対し、4次元時空間情報基盤を導入することにより、全5業種の地下埋設物の調査をそれぞれ3分程度で行えるようになると所要業務時間は計27分程度となる。

以上より、システム導入前後の業務時間の差分から336分の業務時間削減効果が期待できる。

表 3.2-1 4次元時空間情報基盤導入前後の道路工事1件あたりの地下埋設物調査業務の所要業務時間の想定

項目	想定	備考
A. 導入前 所要業務時間	363分/件	4種×60分×1人（調査側） + 4種×30分×1人（回答側） + 1種×3分×1人（自社分の確認）
B. 導入後 所要業務時間	27分/件	4種×3分×2人+1種×3分×1人
C. 導入による所要業務時間削減量	336分/件	A-B

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

＜道路工事1件あたり効果の金額換算＞

地下埋設物調査業務に携わる従業者の業務委託単価について、「令和5年3月から適用する設計業務委託等技術者単価について」（国土交通省）の設計業務の55,200円/日（技師（A））と想定した。表3.2-2の通り、前述した所要業務時間削減量336分（5.6時間）と1日の実作業時間を7時間と仮定して、この業務委託単価（7,886円/時間（小数点未満切上））を乗ずると、道路工事1件あたり44,162円（小数点未満切上）の効果があると見込まれる。

表 3.2-2 4次元時空間情報基盤導入前後の業務時間削減効果（金額換算）

項目	想定	備考
A. 導入による所要業務時間削減量	336分/件	前述の試算より（5.6時間/件）
B. 導入後 所要業務時間	7,886円/時間	令和5年3月から適用する設計業務委託等技術者単価について（設計業務 技師（A））
C. 導入効果の金額換算	44,162円/件	A×B

＜全国に普及展開した場合の効果波及規模の概略試算＞

全国における道路工事の件数は、令和4年度分建設工事受注動態統計調査から、99,893件/年となっている。仮に全国で実施される道路工事すべてにおいて4次元時空間情報基盤が導入され効果が発揮できると想定した場合、表3.2-3の通り所要業務時間では約76万時間/年の削減、金額換算では約60億円/年の効果が見込まれる。

表 3.2-3 4次元時空間情報基盤導入による効果（全国全工事に普及した場合）

項目	想定	備考
A. 導入による所要業務時間削減量	336分/件	前述の試算より
B. 導入効果の金額換算	44,162円/件	前述の試算より
C. 全国における道路工事件数	99,893件/年	令和4年度分建設工事受注動態統計調査（道路工事）
D. 導入による業務時間削減効果（全国）	約56万時間/年	A×C
E. 導入効果の金額換算（全国）	約44億円/年	B×C

(2) データドリブン導入後の業務プロセスに対する実現性評価



3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

一方、データの正確性、信頼性の確保、及びセキュリティ対策や、各事業者が保有する情報を共有する範囲を整理する必要があるといった課題が提示する。

表 3.2-4 設備管理事業者による評価

<p>空間 ID 活用システムの業務における活用可能性</p>	<p>実用化に向けて想定される課題が解決されれば、業務の省力化、効率化に資する技術開発となり得る。</p> <p>地下埋設物調査の段階であれば、対象範囲内に地下埋設物の有無を確認できる程度の精度でよいが、施工段階となると高い精度の位置情報が必要となる。目的に応じて求められる精度が異なる点に配慮できれば活用可能性が広がる。</p> <p>対象範囲内に地下埋設物が他にあるか確認できれば有用なものとなる。</p> <p>対面、紙媒体等を介しての調査から代替することで省力化、効率化の可能性はある。</p>
<p>活用に向けた課題</p>	<p>閲覧者の目的、場面（高精度なデータが必要であるか否か、閲覧者の属性等）に応じた閲覧者向けのサービス提供が必要である。</p> <p>セキュリティ対策の観点から、閲覧者の属性に応じて、公開、共有できる情報の範囲等のルール化が必要である。</p> <p>元データの正確性、信頼性に課題がある。元データの精緻化、高精度が課題である。</p> <p>データをどのように更新していくか、ルール化、役割分担が必要である。</p> <p>すべてのデータを公開する前提とする場合、元データを提供することは難しい。目的や用途に合わせ、公開、共有の範囲をルール化することが必要である。</p> <p>提供者から共有する情報を、アプリケーションや Web サービスがわかりやすく加工して閲覧者に受け渡すことも重要な観点である。</p> <p>効率化、省力化は図りつつも「閲覧者の顔」が把握できるような運用ルールの設定が必要である。</p>

<2. 施工事業者による評価>

施工事業者に対するヒアリング等により得られた評価は表 3.2-5 の通りである。システムの業務における活用可能性としては、作業の安心・安全の確保に効果を発揮する可能性があるとの評価を得られた。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

一方、課題としては、狭隘箇所ではボクセル単位では作業困難となる可能性があること、データ更新頻度を一定レベル以上に確保する必要があること等が指摘された。

表 3.2-5 施工事業者による評価

空間 ID 活用システムの業務における活用可能性	ボクセル 1 辺 50cm の設定なので、安全面に余裕のある状態で確認ができる。 長尺物の運搬や、手渡し時の周辺設備、障害物との離隔を数値的に把握でき、安全な配管作業計画を立案できる。 施工現場において熟練技術者が行っている安心・安全の確保のための考慮事項（例：騒音対策、ガードマンの配置、地下水位による排水対策や土留め工法の検討、掘削時の地質変化等から過去の掘削履歴を読み取り事業者の敷設深度等の特性も踏まえて管路の位置を推定する等）へも活用されることが期待される。
活用に向けた課題	狭隘箇所ではボクセルへの接触を回避しようとする作業困難となるケースが懸念される。 最新データ取得後の地下埋設物敷設等があると接触の懸念がある。データ更新頻度が課題である。 大型構造物では、詳細なシミュレーションがあった方が、安心・安全が担保できる。

#### 3.2.3 KPIの達成度（システム）

##### (1) データ主権、データトラストの整理

###### 1) 達成目標

本実証での調査を通じて達成したい目標を以下のように設定する。

- ・ 4次元時空間情報基盤に格納されている空間設備情報の保有者であるインフラ事業者が、空間設備情報に対してアクセス権限の設定、公開粒度の決定ができる仕組みが整理できている

###### 2) 調査方法

表 3.1-3 に示す通り、本 KPI では以下の個別課題の調査結果により、達成度の評価を行う。

- ・ (ロ) ズームレベルの柔軟な変更
- ・ (ヌ) アクセス権限の設定

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

#### 3) 調査結果

各課題の調査結果から以下のことがいえる。

各課題の調査結果の詳細は 3.2.5 項に記載する。

- ・ 4次元時空間情報基盤に1つのズームレベルで格納した空間属性情報から、任意のズームレベルに変換して空間属性情報を取得できる
- ・ 空間属性情報の保有者であるインフラ事業者が、4次元時空間情報基盤に空間属性情報を格納するタイミングで、アクセス権限の設定を行う

#### 4) 考察

調査結果からインフラ事業者は機微な空間属性情報を4次元時空間情報基盤で管理したとしても、どの情報を、どれくらいの情報の粒度で、誰に対して、どんな操作を許可するかをアクセス権限として設定できるため、目標を達成できるといえる。

### (2) データの管理手法の整理

#### 1) 達成目標

本実証での調査を通じて達成したい目標を以下のように設定する。

- ・ 4次元時空間情報基盤に格納する空間属性情報の品質を定義し、定義した品質を担保及び公開するために、4次元時空間情報基盤に必要な機能が分かる

#### 2) 調査方法

表 3.1-3 に示す通り、本 KPI では以下の個別課題の調査結果により、達成度の評価を行う。

- ・ (ホ) データ品質の定義及びデータ品質情報の共有

#### 3) 調査結果

各課題の調査結果から以下のことがいえる。

各課題の調査結果の詳細は 3.2.5 項に記載する。

- ・ データの品質を精度と鮮度の観点から項目を定義し、4次元時空間情報基盤にアシュアランスレベル設定機能、データ整合性チェック機能、品質情報連携機能、及び品質情報確認機能を機能として用意することで品質の担保及び公開をする

#### 4) 考察



### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

調査結果から、定義したデータの品質を担保及び公開することができる機能及び仕組みが整理されたため、本 KPI の目標は達成したといえる。

#### (3) システムのサービスレベルの整理

##### 1) 達成目標

本実証での調査を通じて達成したい目標を以下のように設定する。

- ・ 4次元時空間情報基盤に膨大なデータを格納しても、高い可用性や迅速な応答時間等を含む、厳格な要求仕様を満たすサービスレベルを実現するための対策を整理する

##### 2) 調査方法

表 3.1-3 に示す通り、本 KPI では以下の個別課題の調査結果により、達成度の評価を行う。

- ・ (ニ) 膨大なデータの管理手法
- ・ (リ) 分散型 DB

##### 3) 調査結果

各課題の調査結果から以下のことがいえる。

各課題の調査結果の詳細は 3.2.5 項に記載する。

- ・ データベースの機能及びテーブル設計により、性能の劣化を防ぐ
- ・ クエリ層及びデータストア層のスケーリングが可能な分散型データベースを採用することでアクセス数増加による性能の劣化を防ぐ
- ・ 分散型データベースをクラスター構成で展開し、DR レプリケーションを利用することで、4次元時空間情報基盤に格納された空間属性情報の欠損を防ぎ、高い可用性を実現できる

##### 4) 考察

- ・ 調査結果から、高い可能性及び迅速な応答時間を含む厳格な要求仕様を満たすサービスレベルを実現するための対策を整理できたため、本 KPI の目標を達成できたといえる。

#### (4) 連携方式、データフォーマットの標準化

##### 1) 達成目標

本実証での調査を通じて達成したい目標を以下のように設定する。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

- ・ 4次元時空間情報基盤を介した各事業者間でのデータ連携方式及びフォーマットが決まる

#### 2) 調査方法

表 3.1-3 に示す通り、本 KPI では以下の個別課題の調査結果により、達成度の評価を行う。

- ・ (へ) 空間 ID の活用を容易にするツール

#### 3) 調査結果

各課題の調査結果から以下のことがいえる。

各課題の調査結果の詳細は 3.2.5 項に記載する。

- ・ インフラ事業者は設備 3D モデル形式のデータを 4次元時空間情報基盤に格納し、空間情報サービスは空間 ID により取得する
- ・ インフラ事業者は設備情報インポートツールにより、4次元時空間情報基盤に空間属性情報を格納し、空間情報サービスは API により、空間属性情報を取得する

#### 4) 考察

調査結果から、4次元時空間情報基盤の各利用者が、どのフォーマット、どのような連携方式で登録及び取得を行うかを整理できたため、本 KPI で設定した目標は達成したといえる。

### (5) 機能一覧の整理

#### 1) 達成目標

本実証での調査を通じて達成したい目標を以下のように設定する。

- ・ 地下埋設物領域において、4次元時空間情報基盤に必要な機能を整理する。

#### 2) 調査方法

表 3.1-3 に示す通り、本 KPI では以下の個別課題の調査結果により、達成度の評価を行う。

- ・ (イ) 地表面情報の対応
- ・ (ハ) 情報更新等のコスト削減
- ・ (チ) ターンアラウンドタイムが延びることへの対応
- ・ (ト) API のアーキテクチャ設計

#### 3) 調査結果

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

各課題の調査結果から以下のことがいえる。

各課題の調査結果の詳細は 3.2.5 項に記載する。

- ・ 土被りの情報から空間 ID を算出するロジック及びその実現に必要な機能を整理した
- ・ 情報環流の仕組みを検討したことにより、4次元時空間情報基盤の用途を整理した
- ・ 非同期処理の実装方式が整理できたため、業務要件に合わせた機能を実装が可能となる
- ・ 地下埋設物領域における必要な機能及び機能の API は一覧に整理した

#### 4) 考察

調査結果から、4次元時空間情報基盤に必要な機能を一覧として整理できたため、本 API で設定した目標を達成できたといえる。

### (6) 機能の API 化

#### 1) 達成目標

本実証での調査を通じて達成したい目標を以下のように設定する。

- ・ 4次元時空間情報基盤で対応するデータ及び機能の追加を考慮した API のアーキテクチャ設計ができている。

#### 2) 調査方法

表 3.1-3 に示す通り、本 KPI では以下の個別課題の調査結果により、達成度の評価を行う。

- ・ (ト) API のアーキテクチャ設計

#### 3) 調査結果

各課題の調査結果から以下のことがいえる。

各課題の調査結果の詳細は 3.2.5 項に記載する。

- ・ API のレイヤ観点 (ハイレベル/ローレベル) 及び、API の利用範囲観点 (共通/領域/固有) で API の分類をした API アーキテクチャとする

#### 4) 考察

調査結果から、4次元時空間情報基盤に対して、様々なデータ・機能追加の要望があったとしても、煩雑に API が作成されることを防ぐための設計方針が整理できたため、本 KPI で設定した目標は達成できたといえる。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

#### 3.2.4 個別課題の調査結果（ビジネス・業務）

3.1.5項で定義した、データ等に係る個別課題について調査検討した結果を示す。

##### (1) (イ) データの保存期間

4次元時空間情報基盤で取り扱う地下埋設物データの保存期間については、地下埋設物データを何世代か保有することにより更新履歴の把握、管理等ができることを期待できる。しかし、データを維持管理するためのコストや業務及び社会問題への短期的な必要性を考慮すると、現在のユースケースでは情報照会又は差分比較といった最新版及び1世代前のデータを利活用する用途が最も効果的と考えられる。そのため、4次元時空間情報基盤構築時の機能要件としては2世代とすることが望ましい。

##### (2) (ロ) 共通データ項目の定義

インフラ事業者間で共有すべき地下埋設物に係るデータ項目については、地理空間データの標準化団体である **Open Geospatial Consortium (OGC)** が策定した **3D都市モデル**のためのオープンデータモデル及びデータファイル形式の国際標準である「**CityGML**」や、これに準拠し我が国の標準として策定された「**3D都市モデル標準製品仕様書**」に準拠することが適切と考えられる。

このデータファイル形式の活用事例として、国土交通省の **Project PLATEAU<sup>4</sup>**の取組である「地下埋設物データを活用した都市開発の **DX**」では、地下埋設物情報を **3D都市モデル**へ統合し、建設協議やインフラ管理に活用する実証が行われており、このような検討成果を活用、連携して事業を推進していくことが考えられる。

次に、我が国の標準として策定された **3D都市モデル**から空間 **ID**に必要な情報を生成する実現性について調査する。地下埋設物領域において、空間 **ID**に必要な項目は「3次元の座標 (**XYZ**)」「地下埋設物の材質」「地下埋設物の業種 (水道・下水道・電力・ガス・通信)」「地下埋設物を管理する事業者及び連絡先」であり、それらが **3D都市モデル**のどこに記録されているのかを確認した。結果は以下の通りであり、**3D都市モデル**から空間 **ID**に必要な情報を生成することは可能であると言える。

##### <3次元の座標 (**XYZ**)>

・4次元時空間情報基盤用 共通ライブラリ (**Python** 版) がサポートするデータはシェープファイルに格納されたマルチパッチ<sup>5</sup>で表現されるジオメトリデータであ

<sup>4</sup> 出典：<https://www.mlit.go.jp/plateau/>

<sup>5</sup> マルチパッチ：接続された一連の三角形、又は扇状の連結三角形

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

り、地下埋設物の各型に LOD2 のジオメトリーから取得・生成が可能である。

<地下埋設物の業種、事業者名、連絡先>

・地下埋設物の各型に属性として定義されている以下の属性から取得可能である。

**uro:occupierType** (事業者の種類)

**uro:occupierName** (事業者の名称)

**uro:administrator** (埋設物の主管事業者)

上記3つの項目は全てコード値によるリスト選択型 (**gml:CodeType**) だが、リストに存在しない場合は項目に文字列を直接設定することが容認されている。

<地下埋設物の材質>

・地下埋設物の各型に属性として定義されている以下の属性から取得可能である。

**uro:material** (材質の種類)

上記項目はコード値によるリスト選択型 (**gml:CodeType**) だが、リストに存在しない場合は項目に文字列を直接設定することが容認されている。

なお、データ利活用を推進する目的からリストに新たな内容を追加する際は、データ利用側で追加内容を識別する必要がある場合に限ることが望ましい。

#### (3) (ハ) ビジネスモデル、運用体制及びインセンティブ

ビジネスモデルについては、インフラ管理 DX の前提条件でもある「労働人口不足」と「土木工事件数の増加」に対し、「ヒト」から「ヒト+モノ」への転換によって社会全体でこれらの社会問題も並行して解決する必要がある。この中心となる役割を4次元時空間情報基盤が担うことで、インフラ管理に関連する様々な事業者が新しいビジネスモデルの中に入りやすい仕組みづくりを検討する必要がある。

インセンティブの検討に先立ち、資本主義社会におけるビジネスモデルは一般的にライフサイクル（導入期、成長期、成熟期、衰退期）が存在することが知られている。ライフサイクルのうち、導入期や成長期といった早いタイミングでの参画には「効果はあることは認められるが、具体的な効果を示す事例が少ない又は無い」というリスクとリターンがあり、成熟期や衰退期といった遅いタイミングでの参画には「効果と具体的な事例は多い又は明確」という特徴がある。

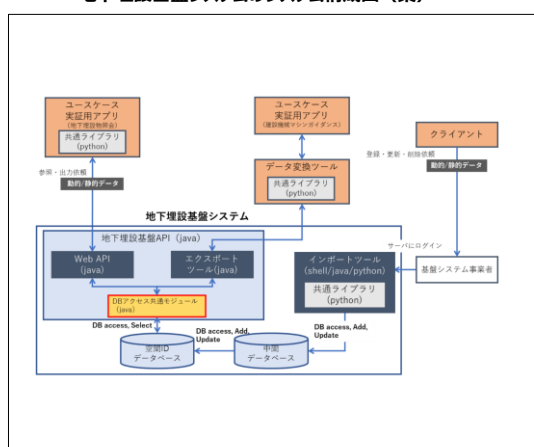
そのため、インセンティブについては定期的に参画事業者数や適用可能市区町村数といった統計情報を収集して公表することで、社会問題の解決に向けた進捗状況の確認や、インフラ管理に関連する様々な事業者への設備投資リスクに対する適切な支援の検討が可能になると考えられる。とりわけ、設備投資リスクについてはビジネスモデルに対応する準備としての「ヒト」「モノ」（スキルアップとデータ+アーキテクチャ）と、準備する経営資源の調達や投資の経営判断に必要な「カネ」

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

「時間」「情報」について分けて考える必要がある。これらを前進させるための支援施策はライフサイクルの進捗状況に応じて検討することが望ましいと考える。また、情報を用いたビジネスモデルにはそれを扱うソフトウェア（データ連携システム等のIT技術）と対応したハードウェア（IT技術に対応可能な建設機械）が必要不可欠であることから、事業者の規模や特性（民間企業・自治体・地方公営企業等）によるリスクについて、潜在する課題は異なることが想定される。そのため、事業者が属する業種・業界に対してヒアリングを行い、4次元時空間情報基盤を中心とするインフラ管理DXのビジネスモデルに参画するための法制度等の改正や必要な支援施策を検討することが望ましいと考える。

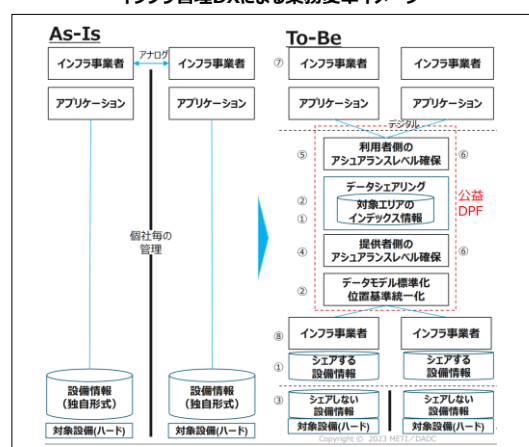
運用体制については4次元時空間情報基盤が「情報を用いたビジネスモデル」の一部であるという特性を生かし、インフラ管理事業者が従来は自力で情報を得ていた業務の一部を、土木設計及び施工サービス業界等の別の事業者から「情報を買う」という選択肢を新たに追加することで、インフラ管理事業者とその他の事業者による「インフラ管理データ等の売買」が新事業として創出できる。この新事業においては「データ」が共創領域として事業者間や社会全体の新たな経営資源となり「ヒト」から「ヒト+モノ」へ替わっていくことで、4次元時空間情報基盤を用いたデータドリブン型ビジネスモデルが社会問題の解決に繋がっていくものと考えられる。また新事業を通じてインフラ管理事業者の事業継続による国民生活への高品質で「安心・安全」なインフラサービスを持続的かつ継続的なものにする事が可能になると考える。

地下埋設物基盤システムのシステム構成図（案）



出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書/デジタルツイン構築調査研究委託コンソーシアム/2023年3月  
[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426\\_policies\\_mobility\\_report\\_01.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426_policies_mobility_report_01.pdf)

インフラ管理DXによる業務変革イメージ



出典：「デジタルライフライン全国総合整備実現会議 インフラ管理DXワーキンググループ 第2回資料/経済産業省・DADC/2023年12月  
[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426\\_policies\\_mobility\\_report\\_01.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426_policies_mobility_report_01.pdf)

図 3.2-2 システム構成・業務プロセス変革イメージ（再掲）

#### (4) (二) セキュリティレベルの整理

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

これまで地下埋設物領域では、インフラ事業者が自社事業での利用を主な目的としてデータ整備を行ってきた。それぞれの事業者が取り扱うライフラインの性質（流体、気体、導体（電気、光）、危険性（感電、可燃性）、テロ対策）が異なるため、データ項目の管理体系は社風、慣習、事業規模等により大きく異なる。

現在の地下埋設物領域におけるデータの共有に該当するものは、各インフラ事業者から土木設計事業者及び施工事業者へ、設計や施工に必要な範囲を限定して必要最小限の情報提供が行われている。提供の形式は、紙・電子ファイル・システムを用いたデータ連携等様々である。「自社事業での利用」の延長線上で共有されるインフラ設備情報については、現在も情報提供時に名刺等を用いた身分照会や利用目的の確認等が一般的に実施されているため、これに準ずるセキュリティレベルは確保する必要がある。機密保持・業務の効率性とのバランスとこれまでのインフラ事業者へのヒアリング結果を考慮し、身分照会や利用目的の確認に替えて一般的なシステム認証で用いられる技術とデータアクセスログを併用することで実現可能なレベルであると考えられる。

#### 3.2.5 個別課題の調査結果（システム）

3.1.6 項で定義した、データ等に係る個別課題について調査検討した結果を示す。

##### (1) (イ) 地表面情報への対応

###### 1) 調査プロセス

土被りの情報から空間 ID を算出可能な仕組みについて検討するにあたり、はじめに土被りの情報から空間 ID を算出するロジック及びその実現に必要な機能とデータを調査した。調査したロジックはいずれも地表面の情報を利用するため、地表面情報を管理するシステム（以下「地表面情報管理システム」という）が必要であった。そのため、次に地表面情報管理システムの配置場所について調査を行った。配置場所の候補としたのは、各空間情報サービス内、4次元時空間情報基盤内、及び4次元時空間情報基盤外の3通りである。そして、ロジックと地表面情報管理システムの配置場所の組合せによって候補となる仕組みを求めた後、土被りの情報から空間 ID を算出可能な仕組みについて機能とデータの側面から整理を行い、適切な仕組みを特定した。更に、業務要件をもとに地下埋設物領域のユースケースにおいて適切な仕組みの特定を行った。

###### 2) 調査結果

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

土被りの情報から空間 ID を算出可能なロジックとしては以下の 2 通りが考えられる。また、これらのロジックを実現するために必要な機能を表 3.2-6、ロジック 1、2 に必要なデータを表 3.2-7 及び表 3.2-8 に示す。

- ロジック 1 :

DEM データから取得した地表面の標高値から地下埋設物の位置情報に含まれる土被りの値を減じることで土被りの値によって表された地点の標高値を算出し、その標高値と対象地点の緯度経度をもとに空間 ID を取得する。

- ロジック 2 :

DEM データから取得した地表面の標高値を紐付けた空間 ID から、地下埋設物の位置情報に含まれる土被り値を空間ボクセル<sup>6</sup>（以下「ボクセル」という）の 1 辺の長さで除した数分下に位置するボクセルの空間 ID を取得する。

---

<sup>6</sup> 空間ボクセルは、「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン（β版）」14 ページより、空、地上、地下、屋内、海を含む地球上のあらゆる空間を直方格子状に分割した際の個々の直方体の空間領域のことを指す。



3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-6 必要な機能一覧

機能	概要	ロジック 1	ロジック 2
緯度経度高度→空間 ID 変換機能	緯度、経度、標高値を空間 ID に変換する機能（共通ライブラリにて提供されている機能）	○	○
土被り値→標高値変換機能	土被り値と地表面標高値から土被り値が表す地点の標高値を算出する機能	○	—
土被り値→空間 ID 変換機能	土被り値と地表面の空間 ID から土被り値が表す地点の空間 ID を算出する機能	—	○
地表面情報（標高値）参照機能	緯度経度を用いて地表面の標高値を取得する機能	○	—
地表面情報（空間 ID）参照機能	空間 ID のズームレベル、x、y のインデックスを用いて地表面と紐付くボクセルの空間 ID を取得する機能	—	○
地表面情報（標高値）登録機能	DEM データから取得した標高値を地表面情報として登録する機能	○	—
地表面情報（空間 ID）登録機能	DEM データを空間 ID に変換した地表面情報を登録する機能	—	○

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-7 ロジック 1 で必要なデータ項目

項目	内容
メッシュ位置	メッシュの範囲（ポリゴンの位置情報等）
標高値	メッシュに紐付いた地表面の標高値

表 3.2-8 ロジック 2 で必要なデータ項目

項目	内容
空間 ID	地表面に紐付いた空間 ID
ズームレベル	空間 ID のズームレベル
f インデックス	空間 ID の f インデックス
x インデックス	空間 ID の x インデックス
y インデックス	空間 ID の y インデックス

これらのロジックと地表面情報管理システムの配置場所の組合せからなる土被りの情報から空間 ID を算出可能な仕組みとして、適切と評価したのは以下の 3 種類である。

- ・ 仕組み 1：ロジック 1 × 4 次元時空間情報基盤外
- ・ 仕組み 2：ロジック 2 × 4 次元時空間情報基盤内
- ・ 仕組み 3：ロジック 2 × 4 次元時空間情報基盤外

また、これらの仕組みはそれぞれ表 3.2-9 のような特徴をもつため、変換された空間 ID に対し、どの程度の誤差を許容するか、ユースケースにおいて地表面の標高値又は地表面の空間 ID の利用用途があるか等を踏まえて採用する仕組みを決定することが望ましい。

表 3.2-9 検討した仕組みの特徴

仕組み	変換された空間 ID の誤差	中間生成物
仕組み 1	処理によって発生する誤差無し	地表面の標高値 土被り値が表す地点の標高値
仕組み 2 仕組み 3	地表面に紐付けたボクセルの 1 辺の長さ分誤差が生じる	地表面に紐付いた空間 ID

地下埋設物領域のユースケースでは、現状地表面情報に紐付けられた空間 ID の利用用途がないことに加え、インフラ事業者が保有する設備データを設備 3D モデ

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

ルに変換する際に土被り値が表す地点の標高値を利用するため、中間生成物として土被り値が表す地点の標高値が取得できる仕組み1の利用が適切であると考えられる。

#### (2) (ロ) ズームレベルの柔軟な変更

##### 1) 調査プロセス

ズームレベルの変更には、ズームレベルの小さい空間 ID からズームレベルの大きい空間 ID への変更と、ズームレベルの大きい空間 ID からズームレベルの小さい空間 ID への変更の2種類があるため、それぞれのロジックについて調査を行った。更に、ズームレベルを柔軟に変更できることを、変換前のズームレベルと変換後のズームレベルの差によって処理内容や実行時間が変化しないことと捉え、調査したロジックを対象にズームレベルの柔軟な変更が可能なロジックの特定を行った。また、業務要件をもとに地下埋設物領域のユースケースにおいて適切なロジックの特定を行った。

なお、調査対象のズームレベルはズームレベル 15 からズームレベル 26 の範囲とした。これは、地下埋設物領域のユースケースにおけるズームレベル変更の利用用途をもとに一般的な工事範囲 (300m) の2倍の範囲を内包するズームレベル 15<sup>7</sup>を最小のズームレベルとし、「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン (β版)」で示されているズームレベルの最大値であるズームレベル 26 を最大のズームレベルとしたものである。

##### 2) 調査結果

###### ① ズームレベルの大きい空間 ID への変更ロジック調査結果

ズームレベルの大きい空間 ID への変更ロジックは以下の2通りである。

- ・ ロジック 1 :

ズームレベル変換前の空間 ID をタイルハッシュ<sup>8</sup>に変換し、そのタイルハッシュを用いて前方一致で検索を行う。

---

<sup>7</sup> 「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン (β版)」より、ズームレベル 15 のボクセルの大きさは水平方向 1,222.99m、鉛直方向 1,024.00m である。

<sup>8</sup> ZFX (3次元タイル番号) をハッシュ化した値。Ouranos Ecosystem (ウラノス・エコシステム) 4次元時空間情報基盤関連リポジトリで公開されている4次元時空間情報基盤用 共通ライブラリ

(JavaScript 版) でタイルハッシュへの変換機能が提供されている。

<https://github.com/ouranos-gex>

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

- ロジック 2 :  
ズームレベル変換前の空間 ID を  $f$ 、 $x$ 、 $y$  インデックスに分割し、変換後のズームレベルにおける各インデックスの最大最小値を計算する。ここで求める各インデックスの最大最小値は、ズームレベル変換前のボクセルが内包する変換後ズームレベルのボクセル群のうち、底面の左上端に位置するボクセル（空間 ID は、変換後のズームレベル/ $f$  インデックス最小値/ $x$  インデックス最小値/ $y$  インデックス最小値）と最上面の右下端（空間 ID は、変換後のズームレベル/ $f$  インデックス最大値/ $x$  インデックス最大値/ $y$  インデックス最大値）の各インデックスに相当する。親子関係を持つボクセルの各インデックスは求めた最大最小値の範囲内であるため、 $f$ 、 $x$ 、 $y$  インデックスの最大最小値を用いて範囲検索を行う。

各ロジックのイメージを図 3.2-3 に示す。ズームレベル変換前のボクセルが内包する変換後のズームレベルのボクセルを全て算出し、算出したボクセルの空間 ID を用いて完全一致検索をするロジックは変換前後のズームレベル差が大きくなることで算出する空間 ID の数が指数的に増加する一方、ロジック 1 及びロジック 2 はその影響を受けず、処理内容は変化しない。また、表 3.2-10 に示す通り、変換前後のズームレベルの差によって実行時間が大きく変化しないことから、ズームレベルを柔軟に変更可能なロジックであるとした。

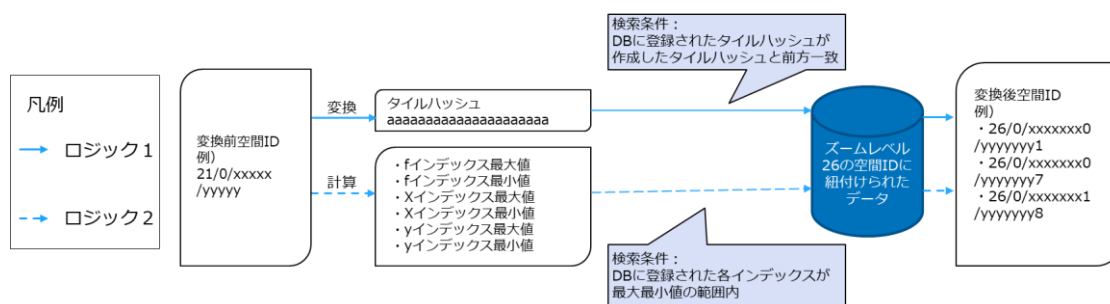


図 3.2-3 ズームレベルの大きい空間 ID への変更ロジックイメージ

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-10 ズームレベルの大きい空間 ID への変更ロジック実行時間（単位：ミリ秒）<sup>9</sup>

ロジック	変換前後のズームレベル差（変換後ズームレベル-変換前ズームレベル）							
	4	5	6	7	8	9	10	11
ロジック 1	683.9	688.6	685.5	685.6	687.4	685.6	685.5	686.4
ロジック 2	896.0	901.5	908.5	902.9	908.6	903.1	903.7	906.1

ロジック 1 及びロジック 2 を用いる際の制約は以下の表 3.2-11 の通りである。インフラ管理有識者へのヒアリング結果より、地下埋設物領域のユースケースにおいては、設備データは全てズームレベル 26 の空間 ID に紐付けて 4 次元時空間情報基盤へ登録される。したがって、複数のズームレベルがデータベース内に混在することはない。更に、埋設物照会業務では工事範囲を検索範囲とするため、立方体の検索範囲は発生し得ない。以上より、地下埋設物領域のユースケースにおいてはロジック 2 を用いることが適切であると考えられる。

表 3.2-11 ズームレベルの大きい空間 ID への変更ロジックを用いる際の制約

ロジック	制約
ロジック 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ テーブルにタイルハッシュカラムが必要である。</li> <li>・ 検索範囲は必ず立方体となり、親子関係を持つボクセルの一部のみを取得することはできない。</li> </ul>
ロジック 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ テーブルに空間 ID の各インデックス（ズームレベル、f インデックス、x インデックス、y インデックス）のカラムが必要である。</li> <li>・ 検索対象のズームレベルごとに最大最小値の計算が必要であるため、テーブル内に複数のズームレベルが混在する場合には不適切である。</li> </ul>

② ズームレベルの小さい空間 ID への変更ロジック調査結果

ズームレベルの小さい空間 ID への変更ロジックは以下の 2 通りである。

- ・ ロジック 1 :  
変換前の空間 ID を f、x、y インデックスに分割し、変換後の各インデックスの値を計算で求め、算出した各インデックスを用いて空間 ID を作成する。
- ・ ロジック 2 :  
変換前のボクセルのタイルハッシュ末尾の桁を変換前後のズームレベル差と

<sup>9</sup> 実行環境のスペックは CPU : Intel(R) Xeon(R) Platinum 8175M CPU @ 2.50GHz、メモリ : 16GiB。実行時間の単位はミリ秒。

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

同じ数割り、変換後のズームレベルに合わせた桁数のタイルハッシュを作成する。そして、そのタイルハッシュを空間 ID に変換する。

各ロジックのイメージを図 3.2-4 に示す。いずれのロジックも変換前後のズームレベル差によって処理内容は変化しない。また、実行時間についても表 3.2-12 で示すように変換前後のズームレベル差による変化が見られないため、ズームレベルを柔軟に変更可能なロジックであるとした。

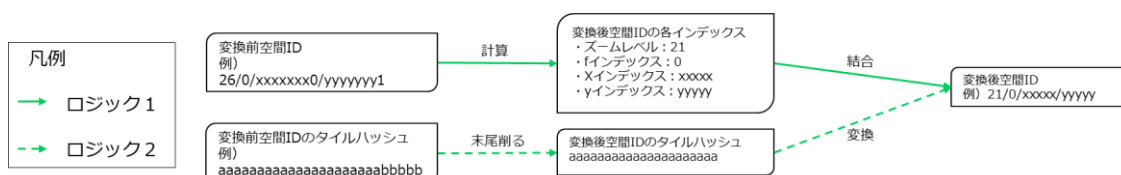


図 3.2-4 ズームレベルの小さい空間 ID への変更ロジックイメージ

表 3.2-12 ズームレベルの小さい空間 ID への変更ロジック実行時間

ロジック	変換前後のズームレベル差 (変換前ズームレベル-変換後ズームレベル)		
	4	6	11
ロジック 1	1 ミリ秒未満	1 ミリ秒未満	1 ミリ秒未満
ロジック 2	1 ミリ秒未満	1 ミリ秒未満	1 ミリ秒未満

ロジック 1 及びロジック 2 を用いる際の制約は以下の表 3.2-13 の通りである。地下埋設物領域のユースケースにおいては、ズームレベルの大きい空間 ID への変更ロジックで最大最小値を用いるロジック (ロジック 2) が望ましいと考察しているため、ロジック 1 を採用することでタイルハッシュを扱う必要がなくなり、管理するデータ項目を減らすことができる。したがって、地下埋設物領域のユースケースにおいてはロジック 1 が適切であると考えられる。

表 3.2-13 ズームレベルの小さい空間 ID への変更ロジックを用いる際の制約

ロジック	制約
ロジック 1	空間 ID があれば変換できるため、制約は特になし。
ロジック 2	空間 ID をタイルハッシュに変換する必要がある。

(3) (ハ) 情報更新等のコスト削減

1) 調査プロセス

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

4次元時空間情報基盤の利用により、各アクターの情報更新等のコスト削減ができ、情報還流ができるのが目標であるため、各アクターが4次元時空間情報基盤の利用する前のコスト（現状のコスト **As-Is**）と将来4次元時空間情報基盤を利用する場合のコスト（将来ビジョン **To-Be**）を比較して、どのようなコストが軽減できるか、どこまでコスト削減できるのかを調査する。

また、どのような情報還流できるのかについて検討する。

#### 2) 調査結果

はじめに、各アクターのコスト削減の調査結果について記載する。

各アクターの観点から軽減できるコストについて表 3.2-14 に示す。

表 3.2-14 各アクターの観点からのコスト

アクター	軽減できるコスト
①情報利用者	地下埋設物の情報を手に入れるためのコスト
②情報提供者	設備情報を公開、更新、管理するためのコスト
③システム運用者	システムを管理維持するための運営コスト
④システム開発者	システム開発時に情報更新は行わないため、今回は検討対象外となる

##### ① 情報利用者

###### ・ 更新と管理 **【As-Is】**

従来方式だと電話・メール・FAX・訪問による他の事業者へ地下埋設物の情報をヒアリングが必要になり、時間がかかる。また、最新情報を入手するためには都度ヒアリングをしなければならない。

各インフラ事業者は自事業の実施を目的に設備情報の管理を行っている。そのため、図面等は他事業者への共有や他事業者での活用を目的には作られておらず、データの使用目的の違いからデータフォーマットも異なり、他事業者が自事業のデータを利用するためにはデータ変換をしなければならない。

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

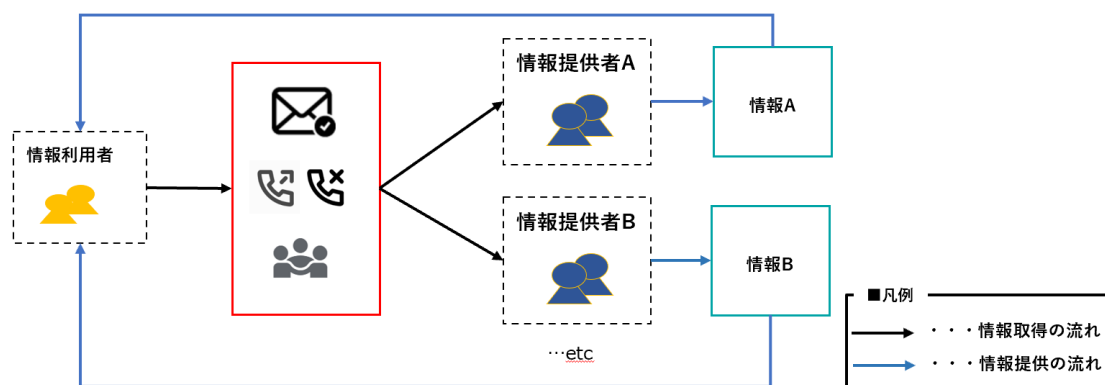


図 3.2-5 情報利用者の現状<sup>10</sup>

・ 更新と管理【To-Be】

4次元時空間情報基盤を使い、確認したい地下埋設物の最新情報を手に入れられ、別のコストがかからず業務時間が短縮され、業務速度の向上による時間短縮することができる。

情報利用者は各埋設物事業者(情報提供者)の図面等から共通のデータフォーマットでやり取りができ、利用者はデータ変換をせず利用可能となる。

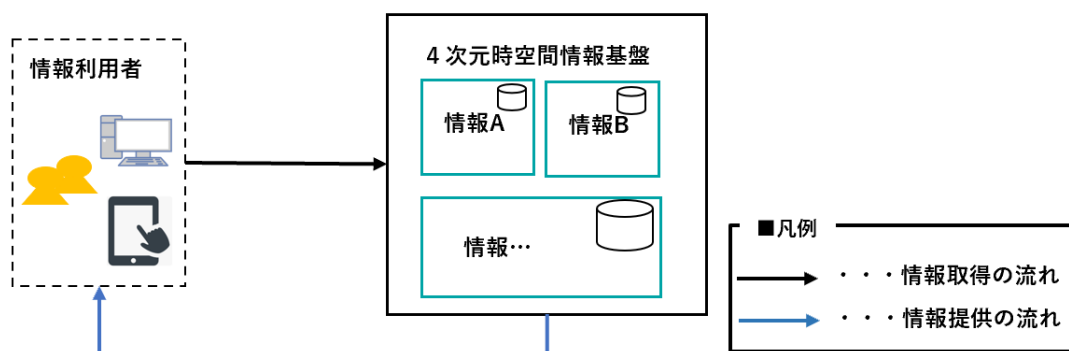


図 3.2-6 情報利用者の将来ビジョン<sup>11</sup>

<sup>10</sup> 参考資料：【デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回】アーリーハーベストPJのユースケース (P.10)

<sup>11</sup> 参考資料：【デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回】アーリーハーベストPJのユースケース (P.10)



### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

#### ② 情報提供者

##### ・ 公開と更新【As-Is】

安全管理上の理由から情報提供者によって、地下埋設物情報の公開できる範囲が異なる。毎回情報利用者からのメール、電話や打合せでの確認が多い。

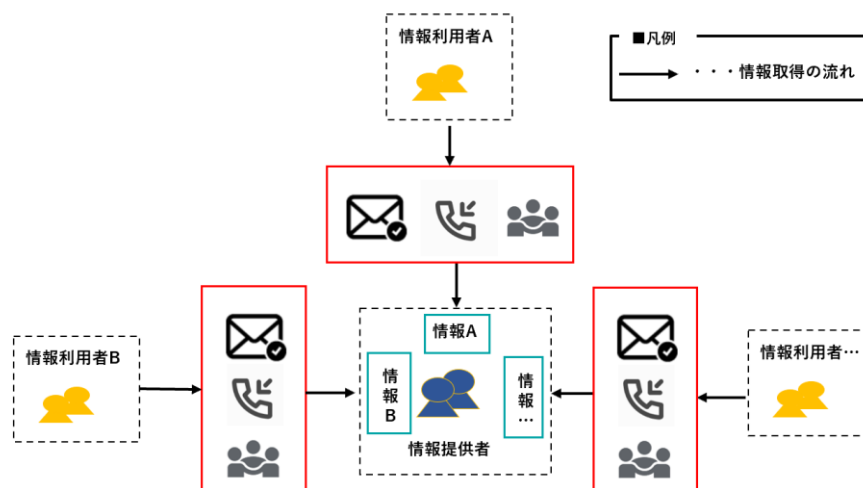


図 3.2-7 情報提供者の現状<sup>12</sup>

##### ・ 公開と更新【To-Be】

4次元時空間情報基盤の利用により、利用者の資格審査について、システム利用開始前に審査・認可するため、情報提供者に負担がかからない。

<sup>12</sup> 参考資料：【デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回】アーリーハーベストPJのユースケース (P.10)

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

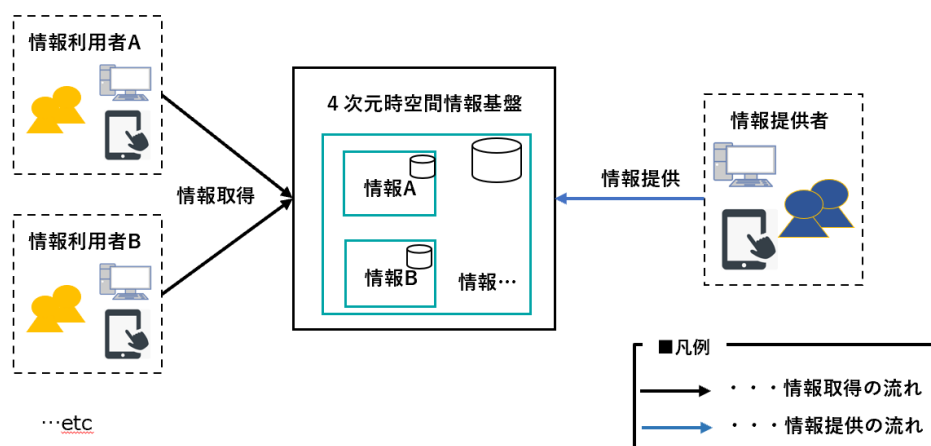


図 3.2-8 情報提供者の将来ビジョン<sup>13</sup>

- ・ 管理【As-Is】

各インフラ事業者は自事業の実施を目的に空間属性情報の管理を行っているため、図面等は他事業者への共有や他事業者での活用を目的に作られておらず、データの使用目的の違いからデータフォーマットも不揃いであり、他事業者が自事業のデータを利用するためデータ変換をしなければならない。

- ・ 管理【To-Be】

4次元時空間情報基盤の利用により、各情報利用者は各情報提供者の図面等の設備情報を共通のデータフォーマットで情報取得ができ、利用者はデータ変換をせず利用可能となる<sup>14</sup>。

③ システム運用者

- ・ 公開、更新及び管理【As-Is】

現時点各インフラ事業者（情報提供者と情報利用者両方）が各自のシステムを運営し、設備情報の利用は各設備情報の管理者のみにしか許可されておらず、事業者間での共有や一般への公開は行われていない。

<sup>13</sup> 参考資料：【デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回】インフラ管理 DX が目指すゴールイメージ

<sup>14</sup> 参考資料：【デジタルツイン構築に関する調査研究調査報告書】地下埋設物 将来ビジョン (P.222)

[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426\\_policies\\_mobility\\_report\\_01.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426_policies_mobility_report_01.pdf)

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

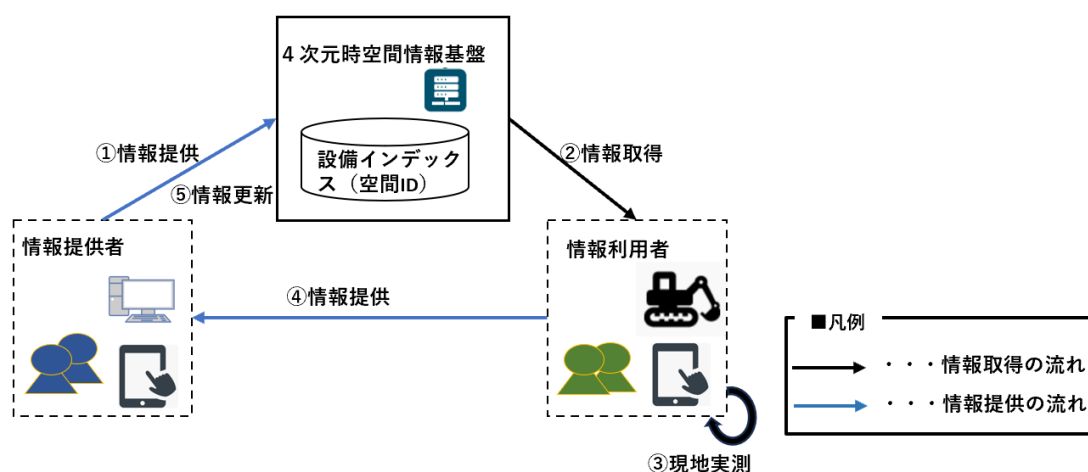
インフラ事業者のシステム運用者は設備情報管理業務の有無に関わらず各インフラ事業者でシステムを運用しなければならないから、インフラ事業者ごとにシステム維持費用が発生する。

#### ・ 公開、更新及び管理【To-Be】

4次元時空間情報基盤の利用により、一元管理することでシステム運用を4次元時空間情報基盤に寄せることができるため、各インフラ事業者側ではシステム運用の負担を減らすことでシステムの維持費用が抑えられる<sup>15</sup>。

次に、情報還流の仕組みの調査結果について記載する。

4次元時空間情報基盤を利用した場合、情報還流の仕組みについて、図 3.2-9 に示す。



- ① 情報提供者が地下埋設物の情報を公開する。
- ② 情報利用者等は公開された情報を取得して、利用する。
- ③ 情報利用者は現地実測で最新の地下埋設物の情報を手に入れる。
- ④ 情報利用者による実測した情報を情報提供者に連携する。

<sup>15</sup> 【デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回】インフラ管理 DX で何がかわるか (P.7)

<sup>16</sup> 参考資料：【デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理 DX ワーキンググループ 第1回】インフラ管理 DX を活用した平時のオペレーション (To-Be) (P.4)

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

⑤ 情報提供者は連携した情報により情報の更新を行う。

(4) (二) 膨大なデータの管理手法

1) 調査プロセス

膨大なデータを想定したデータストア層の選定をしつつ、フェッチ処理性能劣化を最小限にするための対策を検討する。

フェッチ処理性能の劣化対策として以下を検討した。

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-15 フェッチ処理性能劣化対策

フェッチ処理性能劣化抑止対策	概要
テーブルの分割	<p>フェッチ処理性能の劣化を最小限にするために、膨大なレコード挿入により肥大化したテーブルを水平分割（水平パーティショニング）し、参照するテーブルのレコード件数を減らす。テーブルごとのレコード数の最適化により、検索回数を減らしフェッチ処理速度の向上を図る。</p> <p>テーブルの分割イメージは以下の通り。            テーブル「広域エリア A」            エリア条件 a-1 に合致 &gt; テーブルスペース A-1 のテーブル A-1 へ INSERT            エリア条件 a-2 に合致 &gt; テーブルスペース A-2 のテーブル A-2 へ INSERT</p>
インデックスの最適化	<p>各テーブルの列の値の特性と、クエリの種類に応じた最適なインデックスを張る。定期的なインデックスの再構成（オンライン/サービス提供時間中）・再構築（定期 DB メンテナンス期間中）を行い、インデックスの断片化を解消する。</p>
VACUUM 処理	<p>レコードの物理的な配置を最適化し、ディスク領域を解放するために VACUUM 操作を実行する。この処理は一時的にテーブルをロックし、膨大なデータの整理には時間がかかる可能性があるため、データベースの定期メンテナンス期間中に行う必要がある。</p>
クラスター化処理	<p>レコードの物理的な並び替えを実施する。指定されたインデックスを基準にテーブルをソートし、データを物理的にまとめて再配置することにより特定のインデックスの効率が向上し、範囲検索の性能が向上する。クラスター化処理は一時的にテーブルをロックし、膨大なデータに対しては処理が重くなる可能性があるため、データベースの定期メンテナンス期間中に行う必要がある。</p>

上記、フェッチ処理性能劣化抑止対策を実施するとともに、肥大化したテーブルの分割を行うことで、1テーブル内の検索回数を減らしフェッチ処理性能の劣化を最小限にできる。

例) 都道府県エリア別にテーブルを分割する。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

1 テーブルあたりの空間 ID のレコード数が一定数を下回るか、フェッチ処理性能が所定の基準を満たすまでエリア単位でのテーブル分割を行う。

- ・ 都道府県エリア
- ・ 大都市エリア
- ・ 市区町村エリア

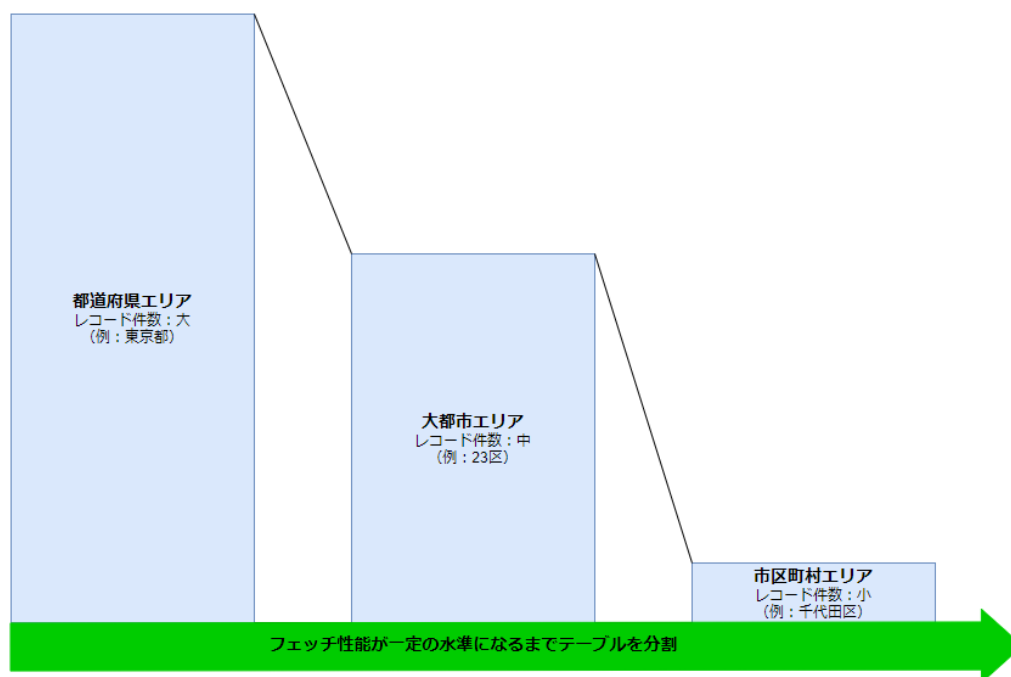


図 3.2-10 エリア別テーブル分割イメージ

#### 2) 調査結果

データストア層については膨大なデータの格納を想定するため、メンテナンス性や拡張性を考慮し、水平スケールアウトが可能となるデータベースを採用することが望ましいと考えられる。また、膨大なデータのフェッチ処理性能の劣化を最小限にするために表 3.2-15 に記載した対応が必要となる。

#### (5) (ホ) データ品質の定義及びデータ品質情報の共有

##### 1) 調査プロセス

データ品質の定義及びデータ品質情報の共有について調査及び検討を行うため、インフラ管理有識者へ以下の内容についてヒアリングを行った。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

- ・データ品質を確認するための項目定義
- ・データ品質を担保する仕組み
- ・利用者がデータ品質を把握できるようにする仕組み

上記ヒアリング結果をもとに、4次元時空間情報基盤でデータ品質を管理及び確認するために必要な項目、そのデータ品質項目を管理及び確認する機能について検討を行った。

#### 2) 調査結果

インフラ管理有識者へヒアリングした結果を以下に示す。

- ・ データ品質を確認するための項目定義について

品質を判断する情報として、データ提供者から4次元時空間情報基盤運用者へ提供されたデータの位置基準（精度）及び提供データより設備3Dモデルを生成した日時、頻度（鮮度）がある。また、設備3Dモデルより空間ID生成後の品質を示す情報として、設備3Dモデルを空間IDとしてデータ登録した日時（鮮度）、更新頻度（鮮度）、及び設備3Dモデルと4次元時空間情報基盤に登録されている空間IDとの整合性（精度）がある。

- ・ データ品質を担保する仕組みについて

地下埋設物のデータ精度向上のため、工事現場の情報（検知内容）をフィードバックして設備3Dモデル及び4次元時空間情報基盤内のデータ精度を徐々に上げていく必要がある。データ品質を担保するために、提供されるデータの取得方法が一定、取得基準が決まっている、及び位置基準が補正可能となっていることが前提となってくる。測量した点群は一定基準を満たすもの（物体検知できることが前提）でなければならない。

- ・ 利用者が品質を把握できるようにする仕組みについて

データ利用者は参照可能なデータについて、品質状況を確認できる必要があり、確認するための制約（一部の項目のみ確認可能、等）はない。

ヒアリング結果の内容と「デジタルライフライン全国総合整備実現会議 インフラ管理DXワーキンググループ 第2回」で掲げられているデータ提供元が設定するアシュアランスレベルの情報<sup>17</sup>、及び設備3Dモデルの属性情報よりデータ品質に関連する項目があると仮定した。仮定した項目について、以下の表 3.2-16 に示す。

---

<sup>17</sup> 【デジタルライフライン全国総合整備実現会議インフラ管理DXワーキンググループ 第2回】インフラ管理DXで何がかわるか（P.7）、アーリーハーベストPJのシステム構成概要（P.9）

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-16 データ品質管理に必要な項目定義

観点	項目	概要
精度	元データ保有事業者	データ提供者の事業者名
	元データ位置精度	データ提供者が提供したデータの位置精度 例) 測量成果 2500、測量成果 1000、測量成果 500、非測量成果 2500、非測量成果 1000、非測量成果 500、位置精度なし
	データ整合性レベル	設備 3D モデルと空間 ID をインデックスとして管理するテーブル群 (以下「設備インデックス (空間 ID)」という) に登録したデータの整合性の指標レベル 例) A : 100%一致、B : 75%以上一致、C : 50%以上一致、等
鮮度	元データ整備年月日	データ提供者が提供したデータを整備した日付
	データ生成年月日	データ提供者が提供したデータより設備 3D モデルを生成した日付
	データ更新日時	設備 3D モデルを設備インデックス (空間 ID) にデータを登録・更新した日時
	データ更新回数	設備 3D モデルを設備インデックス (空間 ID) にデータを登録・更新した回数

上記仮定したデータ品質項目を管理及び確認するために4次元時空間情報基盤に必要な機能を検討した。検討結果を表 3.2-17 に示す。

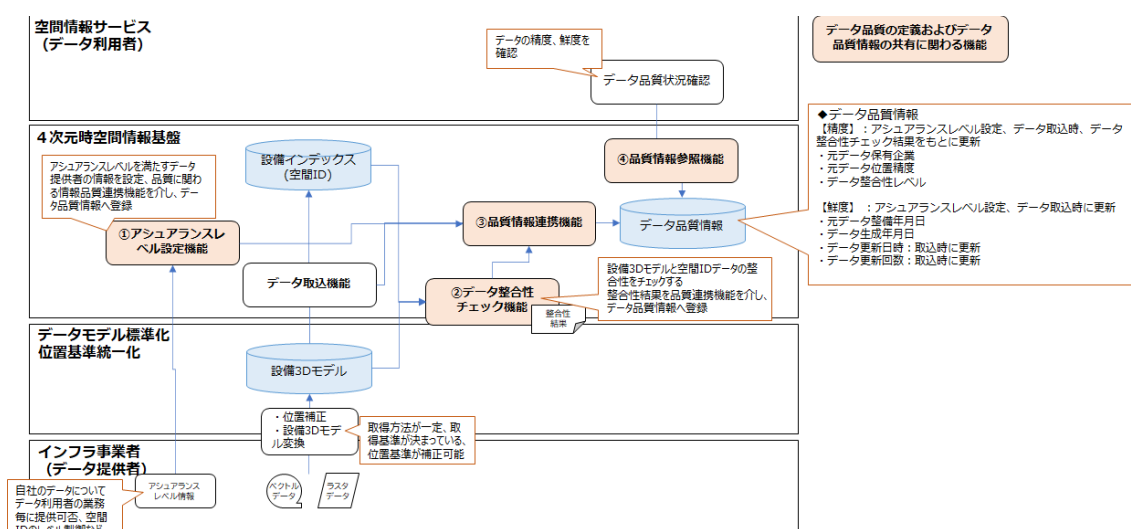


3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-17 データ品質管理及び確認するために必要な機能

機能	概要
アシュアランスレベル設定機能	データ提供者が定義したアシュアランスレベルを設定する機能
データ整合性チェック機能	データ整合性を品質情報として管理及び確認するために、設備 3D モデルと 4 次元時空間情報基盤に登録されている空間 ID との整合性を確認する機能（ツール）
品質情報連携機能	アシュアランスレベルの情報や設備 3D モデルの属性情報及びデータ整合性チェック機能より出力したデータ整合性結果をもとに抽出したデータ品質項目を 4 次元時空間情報基盤内で連携し、データの品質情報として管理する機能
品質情報確認機能	データ利用者がデータの品質情報を確認できる機能

上記データ品質を計るための項目及び機能をまとめた機能イメージを図 3.2-11 に示す。図に示したデータ品質を計る項目、データ品質項目を管理するデータストア、及びデータ品質項目を管理するデータストアにアクセスする機能を 4 次元時空間情報基盤内に具備することにより、地下埋設物領域のユースケースにおいてデータ品質を管理及び確認が可能になると考えられる。



(6) (へ) 空間 ID の活用を容易にするツール

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

1) 調査プロセス

①アクターの整理を行う。

アクターの整理の整理結果を以下、表 3.2-18 に示す。

表 3.2-18 各アクターとユースケースの整理

アクター	ユースケース	アクターの例
情報提供者	公開可能な設備情報を4次元時空間情報基盤に提供する 他インフラ事業者が公開する設備情報を4次元時空間情報基盤に照会する	地下埋設物を保有及び管理するインフラ事業者（電力、ガス、上下水、通信）
情報利用者（空間情報サービス）	公開されている設備情報を業務アプリケーションと連携させるために4次元時空間情報基盤より取得する	埋設物照会システム運用者 マシンガイダンスシステム運用者
情報利用者（空間情報サービス利用者）	競争領域において、公開されている設備情報を業務アプリケーションと連携させるために4次元時空間情報基盤より取得する 4次元時空間情報基盤は空間情報サービス経由でエンドユーザーに情報を提供するため、ノンエンジニアに対する考慮は対象外とする	地下埋設物を保有、管理するインフラ事業者（電力、ガス、上下水、通信） 開削工事を実施する施工事業自治体
システム開発者、システム運用者	4次元時空間情報基盤のシステム構築、システム管理、システム運用を行う。空間IDの活用に必要なツールを提供する。 設備情報の利活用の観点よりツール使用者からは対象外とする	4次元時空間情報基盤の運営主体 公益デジタルプラットフォーム事業者

②各アクターのユースケースにおいて必要となるツールの種別と機能について検討する。

各アクターに必要となるツールの検討結果を以下、表 3.2-19 に示す。

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-19 各アクターとユースケースの整理

アクター	必要となるツール	ユースケースの例
情報提供者	設備情報インポートツール	提供する設備情報を4次元時空間情報基盤にインポートする。 所定の場所に格納されている設備3Dモデル形式の設備情報を読み取り、空間情報機能に接続後、データのインポートを行う。 インポート処理後、設備情報が正常4次元時空間情報基盤に登録されたことをチェックするための処理結果の一覧を表示する。
情報利用者（空間情報サービス）	4次元時空間情報基盤の各種API	空間IDをキーとして4次元時空間情報基盤より公開された設備情報を取得する。
情報利用者（空間情報サービス利用者）	-	空間IDの活用観点から対象外とする。
システム開発者、システム運 用者	導入支援ツール	空間情報サービスや設備3Dモデルインポート機能の開発に必要なSDK（サンプルコード、アプリやモック環境一式等）を提供する。

空間IDの活用を容易にするツールの例を示す。

「3Dボクセル可視化ツール」（仮名）は、3Dビューワーとして存在する地下埋設物を視覚的に描画する。描画イメージを以下、図 3.2-12 に示す。

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

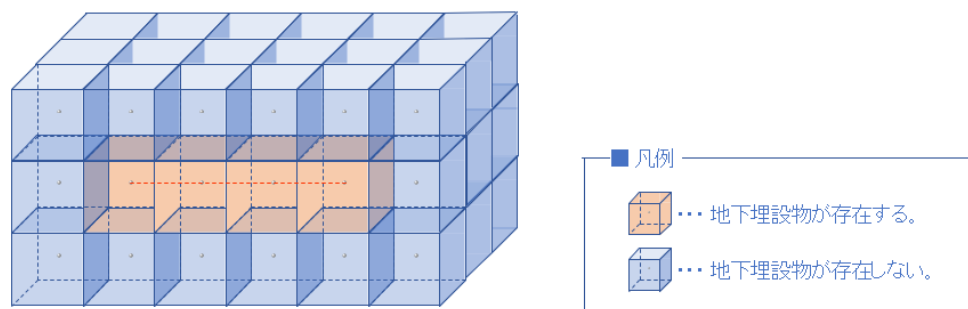


図 3.2-12 3D ボクセル可視化ツール（仮名）のイメージ

2) 調査結果

4次元時空間情報基盤の設備情報の利活用を促すためには情報提供者側のデータ提供手段、情報利用者側データ取得手段を可能な限り簡便にするためのツール・OSSの提供が必要となる。OSSは、API仕様、共通ライブラリ、サンプルコードとして公開する。ツール、OSSについて以下に示す。

①ツール

情報利用者に提供するツールを以下、表 3.2-20 に示す。

表 3.2-20 提供ツール

ツール	アクター
設備情報インポートツール	情報提供者
4次元時空間情報基盤の各種 API	情報利用者（空間情報サービス）
導入支援ツール	情報提供者、情報利用者（空間情報サービス利用者）

②OSS

OSSが公開するAPIの機能を以下表 3.2-21 に示す。

表 3.2-21 OSS 機能

OSS 機能	想定する利用者
機能① 設備 3D モデル形式のデータを 4次元時空間情報基盤に登録する。	情報提供者
機能② 指定する空間 ID の設備情報を取得する。	情報利用者（空間情報サービス）

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

(7) (ト) APIのアーキテクチャ設計

1) 調査プロセス

APIのアーキテクチャ設計にあたり、地下埋設物領域のユースケースについて、業務内容をヒアリングし、必要な機能の調査を行った。

洗い出した機能をもとに個別の用途に対応できるローレベルのAPIと一定の処理を纏めて実施するハイレベルのAPIについて整理を行った。また、ローレベルのAPIとハイレベルのAPIそれぞれで共通API（領域外共通）、領域API（領域内共通）、及び固有API（サービス固有）として分類を行った。

2) 調査結果

必要な機能の調査のため、インフラ管理有識者へ業務内容についてヒアリングを行い、業務と設備インデックス（空間ID）との関連を整理した。整理した結果を図3.2-13に示す。

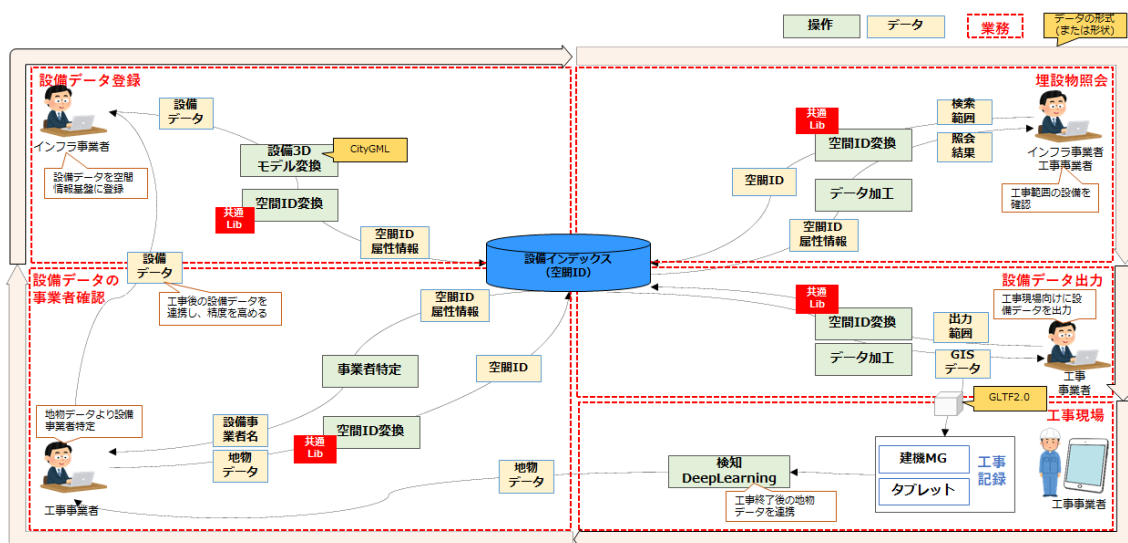


図 3.2-13 業務と設備インデックス（空間ID）の関連図

次に上記ヒアリングした業務内容をもとに機能検討を行い、機能検討結果よりローレベル/ハイレベル、共通/領域/固有APIに分類を行った。

ローレベル/ハイレベルのAPIの分類（レイヤ）について、業務機能に依存せず汎用的に利用可能なAPI（設備インデックス（空間ID）に対する情報取得、更新、登録、削除、タイムハッシュ（モートンオーダー）変換、非同期処理のためのタスク情報取得、更新、登録、削除等）がローレベルのAPI対象とし、業務機能に依存するAPI（設備データ取込依頼・取込・確認、埋設物存否取得、及び埋設物属性情報

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

報取得等)がローレベルAPIを利用したハイレベルのAPI対象と整理した。ハイレベルのAPIから設備インデックス(空間ID)、ストレージ、及びタスクの情報にアクセスする場合は、ローレベルのAPIを介する処理方式として整理を行った。

共通/領域/固有APIの分類について、調査方針にある共通(領域外共通)のAPI対象は、「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン(β版)」の52ページにもある通り、地下埋設物領域において、地下埋設物データ自体が機密性の高い情報であり、他領域における利用は想定していないため、ハイレベルのAPIにあたる共通(領域外共通)APIは存在しない。但し、ローレベルのAPIでは領域を跨いで汎用的に利用できるAPIを共通APIとして検討を行った。

地下埋設物領域のユースケースにおいては、ハイレベルにある領域API、ローレベルにある共通APIが必要なAPIとなる結果を得た。

分類した結果を下記表 3.2-22 に示す。

下記表 3.2-22 にある「設備データ取込(日次バッチ)」以外のAPIはREST APIを想定し、「設備データ取込(日次バッチ)」はREST APIではなく、4次元時空間情報基盤内の常駐機能として検討した機能となるが、表中に含めている。

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

表 3.2-22 API一覧

レイヤ	分類	業務名	API名	概要
ハイレベル	領域	設備データ登録	設備データ取込依頼 API	リクエスト情報のファイル（設備データ）をもとに4次元時空間情報基盤に設備データ取込依頼を行う。 設備データ取込は非同期で実行する。
			設備データ取込（日次バッチ）	設備データ取込依頼 API で受領した設備データを4次元時空間情報基盤にDB登録する。
			設備データ取込状況確認 API	リクエスト情報をもとに、設備データ取込状況を取得する。 設備データ取込状況を確認するために利用する。
		設備データ出力	設備データ出力 API	リクエスト情報をもとに、設備データ出力範囲の空間ID、属性情報を取得する。
		設備データの事業者確認	設備データ所有確認 API	空間IDと現在管理している設備データとの突合せを行い、インフラ事業者を特定する。
		埋設物照会	埋設物存否取得 API	指定した範囲内の埋設物有無を取得する。 埋設物が存在する場合、その空間IDとインフラ事業者の事業者コードを取得する。
			埋設物属性情報取得 API	地下埋設物の属性情報を取得する。

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

レイヤ	分類	業務名	API名	概要
ローレベル	共通	業務共通	空間 ID 情報参照 API	空間 ID 情報を参照する。
			空間 ID 情報登録 API	空間 ID 情報を登録する。
			空間 ID 情報更新 API	空間 ID 情報を更新する。
			空間 ID 情報削除 API	空間 ID 情報を削除する。
			属性情報参照 API	属性情報を参照する。
			属性情報登録 API	属性情報を登録する。
			属性情報更新 API	属性情報を更新する。
			属性情報削除 API	属性情報を削除する。
			タスク参照 API	タスクを参照する。
			タスク更新 API	タスクを更新する。
			タスク登録 API	タスクを登録する。
			タスク削除 API	タスクを削除する。
			データアップロード API	ストレージにデータをアップロードする。
			データダウンロード API	ストレージにあるデータをダウンロードする。
			アップロードデータ削除 API	ストレージにあるデータを削除する。
			タイルハッシュ変換 API	空間 ID をタイルハッシュに変換する。
			空間・属性情報参照 API	空間 ID 情報と属性情報を取得する。
			メタデータ・テーブルレジストリ 情報参照 API	メタデータ・テーブルレジストリを参照する。



### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

#### (8) (チ) ターンアラウンドタイムが伸びることへの対応

##### 1) 調査プロセス

空間 ID に紐付けたデータを扱う機能を非同期に動作させる仕組みについて検討するため、非同期で動作させるために必要なデータと機能について調査を行った。また、検討した仕組みの地下埋設物領域のユースケースへの適用可否について評価を行った。なお、調査対象はデータ参照機能とした。ターンアラウンドタイムがデータ量の影響を受ける機能として、データベースを扱う上で一般的な機能である、登録 (Create)、参照 (Read)、更新 (Update)、削除 (Delete) が挙げられるが、このうち登録、更新、削除はデータに変更を加えるため、利用者を制限することが想定される。一方、参照はデータに変更を加えないため、不特定多数の利用が想定され、利用時間や利用頻度を制御することは困難である。したがって、上記4つの機能のうち最も負荷が大きく重要な機能はデータ参照であると考えられるため、調査対象とした。

##### 2) 調査結果

リクエストとレスポンスを2つに分割して非同期に実行させるためには、リクエストとレスポンスを紐付けて管理するタスク管理テーブルが必要となる。タスク管理テーブルのデータ項目を表 3.2-23 に示す。非同期で実行させる場合、リクエストしたタスクの実行状況をリクエスト後に利用者が確認できる必要があるため、その際に検索条件となり得る項目も同じテーブルで管理する。具体的には、リクエストを実施した日時であるタスク作成日時と、タスクの実行状況が挙げられる。なお、これらのデータ項目はいずれも必須項目とする。更に、タスクを管理するためのタスク ID も同様に必須項目とする。一方で、タスク実行日時、リクエスト内容、レスポンス内容、及びエラー内容は処理の種類やタイミングによって設定されない可能性があるため、任意項目とした。

表 3.2-23 タスク管理テーブルのデータ項目

項目	内容	レベル
タスク ID	タスクを一意に識別するための ID。	必須
タスク作成日時	タスクが登録された日時。タスク参照で条件に指定する。	必須
タスク実行日時	タスクが実行された日時。	任意
タスク状況	タスクの実行状況。未処理、処理中、完了、及びエラー等のコード値を格納する。	必須
リクエスト内容	タスクのリクエスト情報。データ参照の場合は検索条件等を格納する。	任意
レスポンス内容	タスクの実行結果。データ参照の場合は取得結果を格納する。	任意
エラー内容	タスク実行時にエラーが発生した場合のエラー内容。	任意

3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

データ参照を非同期で実行させるために必要な機能を表 3.2-24 に示す。データ参照のリクエストを行う機能、データ参照を実行する機能の他に利用者がデータ参照の実行状況を確認するための機能が必要となる。また、上記のタスク管理テーブルを扱う機能として、参照、登録、更新機能も合わせて必要となる。これらの調査結果を踏まえ、1つの機能を1つのAPIで実現した場合のデータ参照を非同期で実行するイメージを図 3.2-14 に示す。

表 3.2-24 データ参照の非同期実行に必要な機能一覧

機能	概要
データ参照依頼機能	データ参照のリクエストを受け付ける機能
データ参照（非同期）機能	データ参照を非同期で実行する機能
データ参照状況確認機能	データ参照の実行状況やデータ参照結果をレスポンスする機能
タスク参照機能	タスク管理テーブルを参照する機能
タスク登録機能	タスク管理テーブルタスク情報を登録する機能
タスク更新機能	タスク管理テーブルを更新する機能

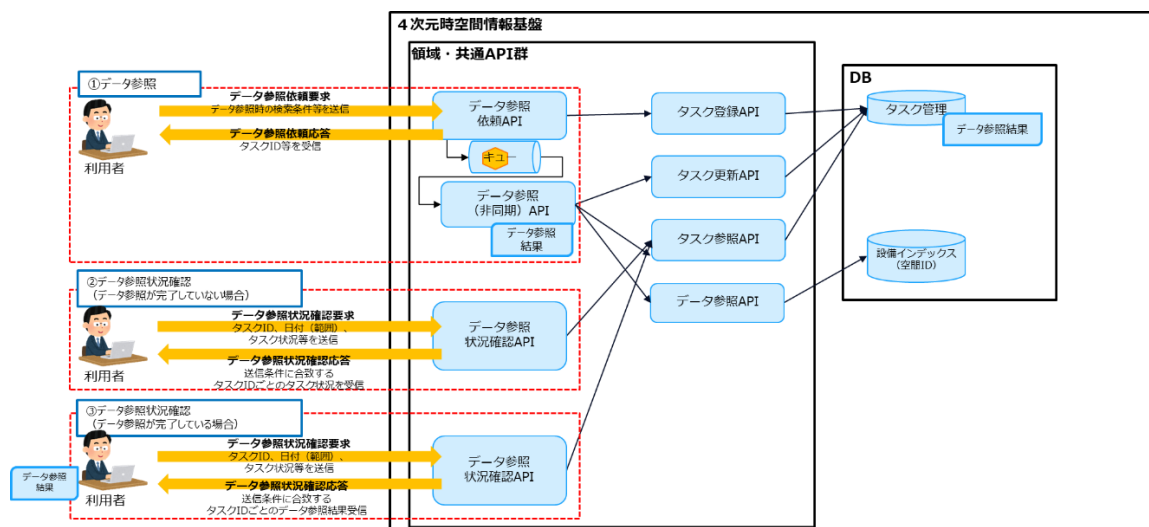


図 3.2-14 データ参照の非同期実行イメージ

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

地下埋設物領域のユースケースにおいては、業務要件より、埋設物照会業務ではリアルタイム性が求められず、照会範囲をリクエストし、後日リクエストした範囲の照会結果を確認できればよいため、埋設物照会業務の非同期実行は業務要件を満たしている。更に、「第7回4次元時空間情報基盤アーキテクチャ検討会事務局資料<sup>18)</sup>」によると、埋設物照会業務は地上・地下設備の存在を取得する設備取得と、地上・地下埋設物情報を取得する値取得で実現される業務である。これらの機能はいずれも設備インデックス（空間ID）を参照するデータ参照機能の一種であるといえるため、埋設物照会業務はシステム面からも非同期実行可能である。したがって、地下埋設物領域のユースケースにおいては埋設物照会業務において調査した仕組みを適用可能であると考えられる。

#### (9) (リ) 分散型DB

##### 1) 調査プロセス

課題内容からDB要件を抽出し、DB要件の実現性について検討する。以下に検討内容及び検討結果について記述する。

###### ① 検討内容:

分散DBとしてデータ領域が拡張可能となる構成を検討する。

想定するシナリオ:

- 情報利用者の増大によるデータの肥大化

検討結果:

分散型データベースを採用し、データストア層を水平スケールアウト可能な構成とする。サーバのリソーススペックを向上させる垂直スケールアップによって性能上限を引き上げることが可能であるが以下の理由から水平スケールアウトを優先する。

垂直スケールアップはサーバリソースの増強時のサーバ停止による業務影響、運用コストが大きい。

水平スケールアウトはサーバの追加作業のみであり、スケールアップと比較して容易である。

###### ② 検討内容:

分散DBとして処理可能なトランザクション処理能力が拡張可能となる構成を検討する。

想定するシナリオ:

- ・ 情報利用者の増大による同時接続数の増大

---

<sup>18)</sup> 「第7回4次元時空間情報基盤アーキテクチャ検討会事務局資料」

[https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/Individual-link/t6hhco000000yr05-att/pj\\_report\\_4dspatio-temporal\\_doc-appendix\\_202308\\_1.pdf](https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/Individual-link/t6hhco000000yr05-att/pj_report_4dspatio-temporal_doc-appendix_202308_1.pdf)

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

- ・ 情報利用者の増大による単位時間あたりのトランザクション数の増大

検討結果：

分散型データベースを採用し、クエリ層を水平スケールアウト可能な構成とする。サーバのリソーススペックを向上させる垂直スケールアップによって性能上限を引き上げることが可能であるが、以下の理由から水平スケールアウトを優先する。

- ・ 垂直スケールアップはサーバリソースの増強時のサーバ停止による業務影響、運用コストが大きい。
- ・ 水平スケールアウトはサーバの追加作業のみであり、スケールアップと比較して容易である。

#### ③ 検討内容：

分散DBとして拡張した場合、高速処理できる仕組みの設計ポイントを検討する。

検討結果：

分散型データベースを採用し、水平パーティショニングによりテーブルを小分けにすることで一つひとつのテーブルサイズを小さくする。エリアごとにテーブルを分ける。

分散型データベースを採用し、地理的分散を行うことで、アプリケーションが最も地理的に近いDBサーバにアクセスできるようにする。これによりネットワークレイテンシを可能な限り抑える。

#### ④ 検討内容：

分散DBとして拡張した場合、省コスト運用の手法について検討する。

検討結果：

分散型データベースを採用し、従来のエリア別に配置していたデータベースを統合することで以下のようなコスト増に繋がる問題が解決する。

本番運用中データベースで複数のシングルノードRDBMSの高可用性とスケラビリティを確保することは、運用上非常に困難であり、ヒューマンエラーを含めた各種エラーの発生を引き起こしやすくなる。

特定のユーザーは地理的に異なる地域から移動してトランザクションを実行するため、そのユーザーのデータは時間の経過とともに異なる独立したデータベースに断片化される可能性がある。ユーザーのトランザクション履歴の表示等の操作は、実装が困難になる。

本番運用中データベースで複数のシングルノードRDBMSが稼働する場合、DR運用、バックアップ運用がシングルノード数に応じた運用コストがかかる。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

本番運用中データベースで複数のシングルノード RDBMS が稼働する場合、DR 運用、バックアップ運用がシングルノード数に応じた運用コストがかかる。分散型データベースの採用により、DB 基盤として DB が単一の DB クラスタに統合されるため、DR 用 DB クラスタを別途用意することで DR レプリケーション、バックアップ運用が容易になり、運用コストの削減に繋げることが可能となる。

更に分散型データベースの地理的分散機能を利用することで以下のようなコスト増に繋がる問題が解決する。アプリケーションは、特定のユーザーが正しいデータベースへ接続するために、DB のデプロイメントトポロジーの変更に応じて常に DB トポロジーを更新する必要がある。これによりアプリケーション開発が非常に複雑な実装となる。分散型データベースの採用により、透過的なシャーディングが自動実行されることで、アプリケーション視点ではレコードがどの DB インスタンスのどのスキーマのテーブルにあるのかを意識する必要がなくなる。これによりコードの単純化、開発コストの削減につながる。

#### ⑤ 検討内容：

分散 DB として拡張した場合、BCP（事業継続プラン）を維持するための DR（ディザスタリカバリ）の実現性について検討する。

検討結果：

分散型データベースの採用により、DB 基盤として DB が単一の DB クラスタに統合されるため、DR 用 DB クラスタを別途用意することで DR レプリケーション、バックアップ運用が可能となる。

#### ⑥ 検討内容：

4次元時空間情報基盤に格納された空間属性情報をインフラ事業者が管理可能となる方法について検討する。

検討結果：

インフラ事業者ごとにテーブルを用意することで、インフラ事業者が空間属性情報を管理することが可能となる。

#### 2) 調査結果

データベース製品種別・構成に関わらず分散型データベースがサポートする以下の機能を用いることにより、拡張を考慮した高速処理を実現することが可能となる。

- ・ クエリ層のスケールアウト
- ・ データストア層のスケールアウト
- ・ 地理的分散による水平パーティショニング
- ・ 分散されたノードの群の単一クラスター化と DR レプリケーション

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

また、インフラ事業者ごとにテーブルを用意することでインフラ事業者が空間属性情報を管理することが可能となる。

#### (10) (ヌ) アクセス権限の設定

##### 1) 調査プロセス

アクセス権限の管理方法及び認証・認可機能を検討するにあたり、インフラ事業者が4次元時空間情報基盤に空間属性情報の登録を行い、エンドユーザーが空間情報サービス経由で空間属性情報の取得を行うまでの流れを整理する。整理した流れを参考に、アクセス権限の設定・管理方法及び認証・認可機能、ログの保存に関して検討する。

##### 2) 調査結果

インフラ事業者が4次元時空間情報基盤に空間属性情報の登録を行い、エンドユーザーが空間情報サービス経由で空間属性情報の取得を行うまでの流れを整理した結果を図3.2-15に示す。

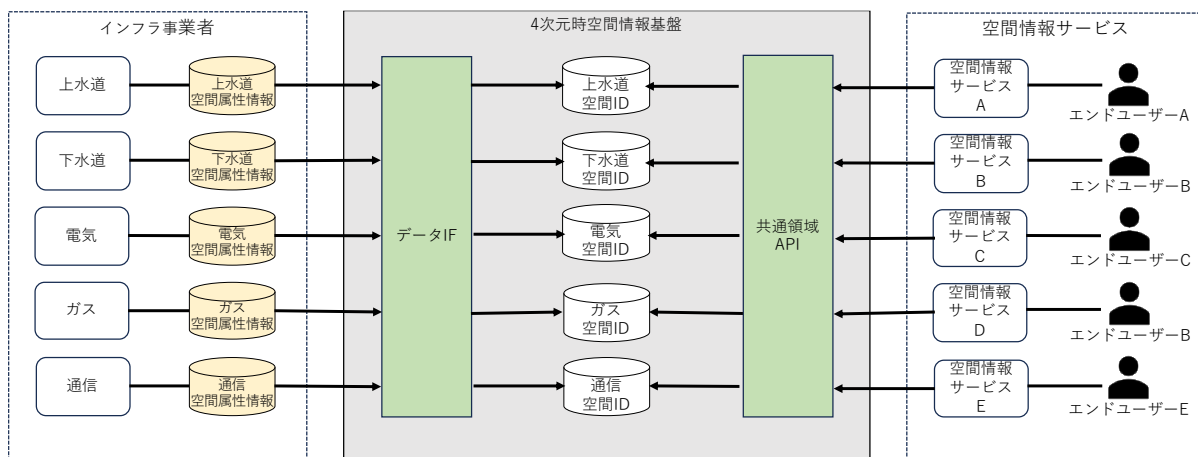


図 3.2-15 4次元時空間情報基盤への空間属性情報の登録、取得の流れ

インフラ事業者は4次元時空間情報基盤のデータインターフェース（以降、データIFとする）で空間設備情報を登録する。4次元時空間情報基盤では空間設備情報を空間IDに紐づけて管理する。空間情報サービスは空間属性情報を、空間IDを用いて4次元時空間情報基盤の共通領域APIで取得する。エンドユーザーは空間情報サービスを介して空間属性情報を取得する。

次に認証・認可について検討する。図から4次元時空間情報基盤における認証・認可機能の範囲として挙げられる箇所を4つ挙げた。認証・認可機能の範囲について図3.2-16に示す。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

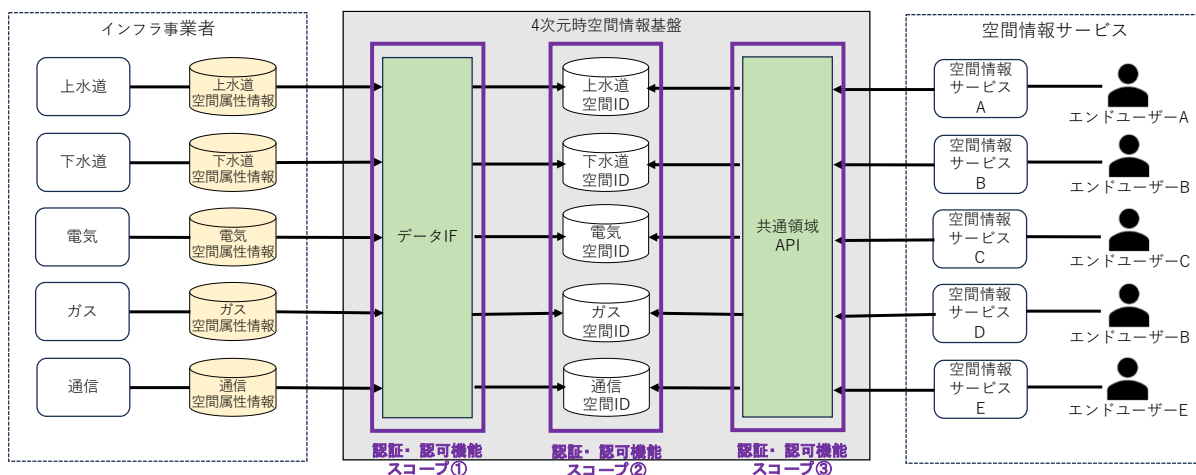


図 3.2-16 4次元時空間情報基盤の認証・認可機能スコープ

認証・認可機能スコープ①は、データ IF 向けの認証・認可機能となり、4次元時空間情報基盤へ空間属性情報の格納が許可されたインフラ事業者のみがデータ IF を利用できる仕組みを実現するものである。認証・認可機能スコープ②は、アクセスが許可されたデータ IF や共通領域 API のみがデータベース・テーブルに空間属性情報の登録、取得できる仕組みを実現するものである。認証・認可機能スコープ③は、共通領域 API 向けの認証・認可機能となり、4次元時空間情報基盤から空間属性情報の取得が許可された空間情報サービスのみが共通領域 API を利用できる仕組みを実現するものである。

次にアクセス権限の設定方法について検討した結果を図 3.2-17 に示す。

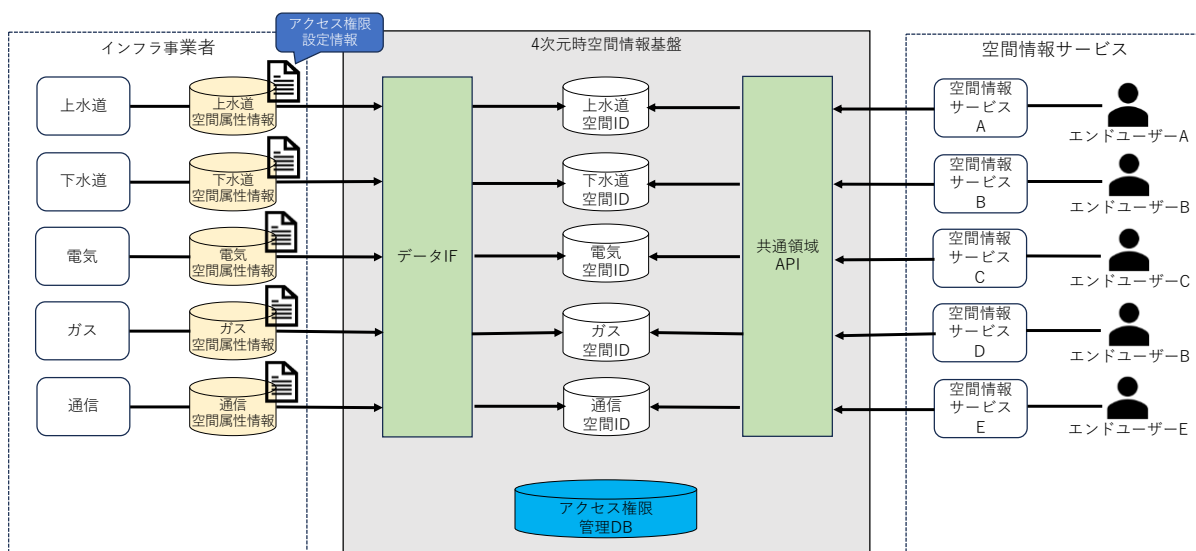


図 3.2-17 アクセス権限設定方法

各インフラ事業者が空間属性情報を格納する際に、アクセス権限に関する設定情報も併せてデータ IF 経由で4次元時空間情報基盤内にあるアクセス権限管理 DB に登録することでアクセス権限の設定方法を実現する。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

最後にログの保存に関して検討した結果を図 3.2-18 に示す。

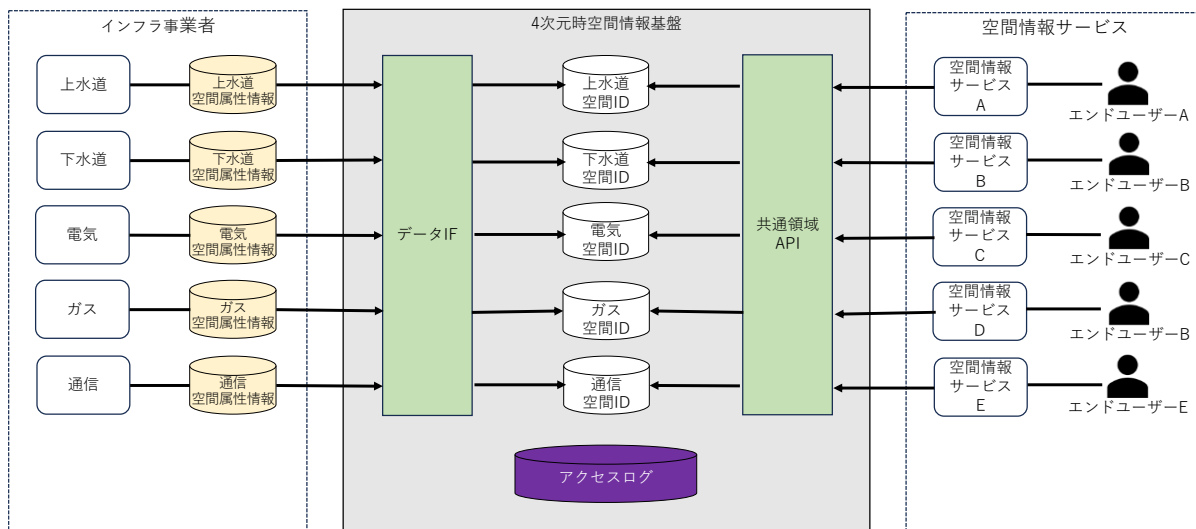


図 3.2-18 ログ保存検討

ログは認証・認可機能スコープの候補として挙げたデータ IF、データベース・テーブル、共通領域 API へのアクセスに関するログを保存することで不正アクセスを監視する仕組みを実現する。

## 3.3 考察

### 3.3.1 ユースケース全体の考察

<解決すべき課題>

セキュリティレベルの整理の調査結果でも記載した通りインフラ事業者が自社事業での利用を主な目的としてデータ整備を行っており、データ項目の管理体系は社風、慣習、事業規模等により大きく異なる。そのため社会全体で「標準」と呼べるデータ整備手法は存在しない。但し、インフラ事業者から土木施工事業者への要求品質である「安心・安全」についてはこれに反してはならないという各社共通の認識は存在する。そのため、「安心・安全」をデータ整備項目の中心として4次元時空間情報基盤を利用する各種情報サービスを提供することは可能である。

<「安心・安全」に反する事例>

- ・ 施工現場外の事故（例：施工時の道路占有に伴う交通事故等）
- ・ 施工現場内の事故（例：建設機械の接触（※）による物損事故等）

※インフラ設備（自社・他社を問わず）、道路構造物、建物等

以上の内容を踏まえ、インフラ関係事業者（インフラ事業者、土木施工事業者等）のライフラインの性質を考慮した相互共有可能なデータ項目の管理体系を策定し、かつ、複合化した社会問題の解決に向けて社会全体で必要とするデータ項目の効率的な整備手法を検討する。



### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

相互共有をはじめめるためのデータ項目を定めるため、まずはインフラ事業者が現在管理するデータの状態を把握する必要がある。インフラ事業者のデータは大きく「土木施工事業者の施工品質に影響するデータ」と「土木施工事業者の施工品質に影響しないデータ」の2通り、「非構造化データ」と「構造化データ」の2通り、「地理空間情報あり」と「地理空間情報なし」の2通りを組合せた計8通りに分類される。なお、「土木施工事業者の土木施工サービス品質に影響しないデータ」（4通り）については将来展望と合わせて検討するものとし、当考察の対象外とする。

次に、分類した内容を定義する。

「土木施工事業者の土木施工サービス品質に影響するデータ」は次の「非構造化データ」の定義の中で合わせて説明するため割愛する。

「非構造化データ」は1つの資料に対し、汎用的なプログラムでは意味ある情報として取り出せない状態にあるものを示す。これに該当する代表的な事例は「紙」、「画像データ」、「意味を持つ情報（線、文字等）が未分類の図面データ」である。なお地下埋設物領域のユースケースにおける「意味を持つ情報」とは、「土木施工事業者の土木施工サービス品質に影響する」情報であり、具体的には以下の情報が挙げられる。

- ・ インフラ事業者の設備の水平面（地図上）の形状（線形：管路、面：マンホール、バルブ、弁等）
- ・ インフラ事業者の設備の垂直面（断面）の形状（管路の直径又は幅、高さ（深さ）、条数、段数、離隔、マンホール・バルブ・弁の深さ等）
- ・ 土被り（地表面を基準とする埋設した深さ）
- ・ 材質（陶器製、コンクリート製、鉄製、非鉄製（塩化ビニール製）等）
- ・ インフラ事業者の設備位置を示す水平面（地図上）の目標物（道路境界線等の地形を示す線形情報に含まれる特徴的な構成点、経年変化の影響が少ない地上構造物（マンホール、バルブ、弁の蓋）の中心点等）
- ・ 空間IDの紐付けに必要な地理情報のうち、非構造化データ内に含まれるもの（方位記号、縮尺、解像度・長さの単位等）

本書における地理空間情報とは、2次元及び3次元の地図上へ情報を展開する際に用いられる座標を示す。「非構造化データ」、「構造化データ」を問わず、データ整備時に「土地勘」等の「ヒト」に依存せず座標が特定可能なものを「地理空間情報あり」とする。

以上の定義を踏まえ、インフラ事業者のデータから抽出する共通データ項目が、「土木施工事業者の土木施工サービス品質に影響するデータ」、「構造化データ」、「地理空間情報あり」の組合せで全てが分類できるよう、インフラ事業者のデータ整備を推進する必要があると考えられる。

#### 3.3.2 個別課題の調査結果に対する考察（ビジネス・業務）

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

初期構築時のデータ保存期間としては2世代が望ましいと調査結果をまとめたが、中長期的な観点で検討する場合はビジネスモデルの普及に伴う利活用（ユースケース）の促進も対象とする必要がある。新たなユースケースが発生した場合は、4次元時空間情報基盤の内部と外部（例：利活用する業務システム等）の2つを包括する様々な業務要件が発生すると想定する必要がある。包括して発生した様々な業務要件については4次元時空間情報基盤の内部と外部の何れで対応することが社会全体として効率的なのかという観点で、システム開発の範囲を検討することが望ましい。また、検討の結果を踏まえた上で4次元時空間情報基盤の内部拡張が望ましいと判断される場合を想定し、4次元時空間情報基盤の初期構築時に以下の観点を重視したシステム設計品質を4次元時空間情報基盤開発事業者へ要求することが望ましい。

#### (1) (イ) データの保存期間

<業務からソフトウェア・ハードウェア共通への要求仕様>

1. SLA等を通じて業務システムに対し4次元時空間情報基盤が保証する処理性能の維持や、不正アクセスへの対応の維持
2. 利用環境変化（※1）にも対応可能な4次元時空間情報基盤の運用・保守性の維持

<業務からソフトウェアへの要求仕様>

1. 業務や領域に依存しない汎用的なAPI等の仕様
2. データの提供者・利用者の関係性変化に対応可能なアクセス権限機能
3. バージョンアップ等に伴うAPI等の互換性（上位互換・下位互換）
4. API等を直接利用するソフトウェア開発技術者の生産性・品質を高めるための開発者向けツールや開発者の技術習熟を目的とした学習資料の提供
5. 4次元時空間情報基盤を運用するシステムオペレータの生産性・品質を高めるためのシステムオペレータ向けツールと、4次元時空間情報基盤の運用指示を実現するためのドキュメント整備

<業務からハードウェアへの要求仕様>

1. 利用環境変化に対応可能なハードウェアリソース（※2）の拡張性

※1 処理への負荷やアクセス頻度等

※2 CPU・メモリ・ストレージ・ネットワーク速度等

#### (2) (ロ) 共通データ項目の定義

(イ) データの保存期間と同様のため割愛。

#### (3) (ハ) ビジネスモデル、運用体制及びインセンティブ

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

4次元時空間情報基盤を中心とするビジネスモデル上に社会アーキテクチャ上の様々な役割が存在する。そのため、インフラ管理 DX 以外に利活用範囲を広げるようなゲームチェンジャーが現れた場合、社会基盤の役割（各事業者）とインセンティブ（ビジネスモデルの根拠要素）の再構築が必要となる可能性を視野に入れる必要がある。初期構築・再構築時において、各事業者の事業規模によってはリスクとリターンを等しく平等に負担することは困難である。そのため、コスト負担を中心とする議論ではなく、インフラ管理事業を持続的かつ継続的なものとするための社会貢献を中心とする議論に基づき、事業者間の議論やビジネスモデルの検討を進めていくことが望ましい。

<ビジネスモデル上の始点と終点>

1. データ提供事業者
2. データ利用事業者（エンドユーザー）

<ビジネスモデル上の4次元時空間情報基盤内で行われる業務プロセスを構築・維持>

1. 4次元時空間情報基盤開発・保守事業者
2. 4次元時空間情報基盤運用事業者

<ビジネスモデル上の4次元時空間情報基盤外で行われる業務プロセスを構築・維持>

1. データサービス開発・保守事業者
2. データサービス運用事業者

#### (4) (ニ) セキュリティレベルの整理

(イ) データの保存期間と同様のため割愛。

### 3.3.3 個別課題の調査結果に対する考察（システム）

3.1.6 項で定義した、データ等に係る個別課題について調査検討した考察を示す。

#### (1) (イ) 地表面情報への対応

土被りの情報から空間 ID を算出可能な仕組みについて検討を行った。この仕組みを実現することにより、土被りの情報で管理しているデータを4次元時空間情報基盤で扱うことが可能となる。一方で、地下埋設物領域のユースケースにおいて適切とした仕組みについては、「デジタルライフライン全国総合設備実現会議 インフラ管理 DX ワーキンググループ 第2回」より、各インフラ事業者が持つ設備データは設備 3D モデルに統一化される方針であることを前提としており、設備データを設備 3D モデルに変換する際に想定される土被り値を標高値に変換する機能が不要となった場合には、それを踏まえて適切な仕組みについて再検討する必要がある。

#### (2) (ロ) ズームレベルの柔軟な変更

任意の空間 ID と親子関係にある空間 ID を取得できるロジックについて検討を行った。検討したロジックを用いることで、1つの空間情報に対して複数のズームレベルで

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

管理したい場合でも1つのズームレベルの空間IDに紐付けてデータベースへ登録しておけば任意のズームレベルへ変更して利用することが可能となる。

検討したズームレベルの大きい空間IDへの変更ロジックは、データベースに利用する最大ズームレベルの空間IDに紐付けたデータが登録されていることを前提としている。そのため、データベースを介さずズームレベルの大きい空間IDに変更するロジックについては別途検討が必要である。また、本調査では対象とするズームレベルをズームレベル15からズームレベル26に限定しているため、この範囲外のズームレベルへの変更についてはロジックの利用性について確認する必要がある。

#### (3) (ハ) 情報更新等のコスト削減

4次元時空間情報基盤を介した情報還流の仕組みを整理した結果、情報利用者、情報提供者、システム運用者は業務量が抑えられ、コストの削減に繋がることを見込める。

#### (4) (ニ) 膨大なデータの管理手法

データベースの製品種別・構成により、具体的なDB管理手法の手順や操作名称は異なるが、膨大なデータを取り扱う上でフェッチ性能劣化抑止のためのDBメンテナンスという意味ではメンテナンス手法はおおよそ共通している。採用するデータベース製品種別ごとの環境に応じた管理手法が必要となる。

膨大なデータの管理については一つの最適解はなく、日々刻々と変わるデータ量に対して、適切な設定・メンテナンスを検討することが必要と考えられる。

#### (5) (ホ) データ品質の定義及びデータ品質情報の共有

データ品質の定義やその品質を担保する仕組み、利用者が品質を把握できるようにする仕組みについて、上記図 3.2-11 より実現可能と考える。実現するためには、以下の前提事項が必要になる。

- ・ インフラ事業者から提供されたデータは位置補正可能なデータであり、設備3Dモデルに変換可能であること
- ・ 設備3Dモデルより空間ID生成可能であり、4次元時空間情報基盤内で設備の存在位置を特定のサイズの空間IDで扱い、設備インデックス（空間ID）で管理できること
- ・ アシユアランスレベルの情報はインフラ事業者が設定し、アシユアランスレベルを満たすインフラ事業者のみ4次元時空間情報基盤へ連携可能であること

今後のデータ品質の定義及び情報の共有に向けて、アシユアランスレベルの情報の中で精度・鮮度に関わる情報があれば、データ品質に必要な項目として定義していく必要がある。また、ビジネス・業務観点からデータ品質を計る上で必要な項目があれば、逐次検討し、追加していくための仕組み及びルール策定が必要になる。データ品質項目を

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

整理後、4次元時空間情報基盤にデータ品質項目を管理するために必要な機能について検討していく必要がある。

#### (6) (へ) 空間IDの活用を容易にするツール

4次元時空間情報基盤に取り込み可能なデータ形式を設備3Dモデル形式にすることでデータモデル標準化、位置基準統一化することが可能となる。これにより空間IDをキーとした地下埋設物の属性情報の照会・更新・掛け合わせ演算の処理コストを抑えることができ、同時にAPI仕様及び共通ライブラリをOSSとして一般公開することが可能となる。

OSS公開は4次元時空間情報基盤の空間IDを利用するアプリケーションの開発を容易にし、さらなる空間IDの普及の期待につながる。新サービスやキラーアプリの創出を促すには空間IDの使われ方の変遷に合わせて改良を重ねるOSS(API仕様及び共通ライブラリ)の継続的な提供が重要となる。

#### (7) (ト) APIのアーキテクチャ設計

調査結果をもとに考察したAPIのアーキテクチャ設計イメージを図3.3-1に示す。

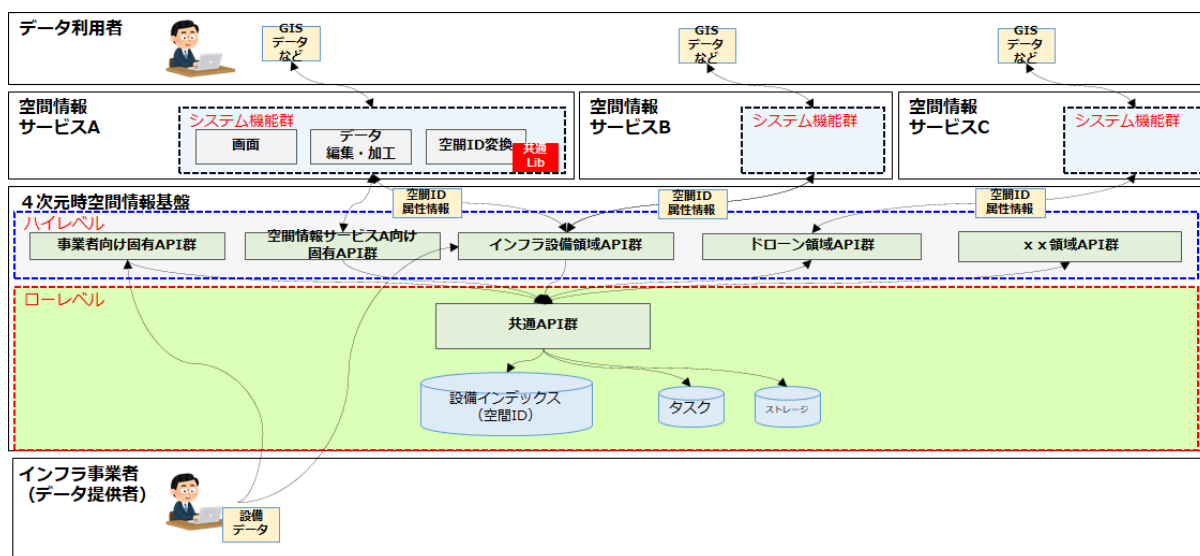


図 3.3-1 APIのアーキテクチャ設計イメージ

サービス固有及び各領域が利用するAPIをハイレベルのAPIとして配置し、業務に依存しないAPIをローレベルのAPIに配置することで膨大な数のAPIを作らず、多種多様な空間情報サービスと連携可能になると考えられる。

4次元時空間情報基盤に具備するAPIについて、地下埋設物領域のユースケースではハイレベルのAPIとして必要な共通API(領域外共通)はなかったが、今後、認証のような領域を跨いで利用する機能がハイレベルの共通APIに該当すると考えられる。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

ハイレベルのAPIでローレベルのAPIにある設備インデックス（空間ID）に対する登録・更新・削除APIを利用する場合、設備インデックス（空間ID）データの変更が容易に可能となり、誤用・悪用する可能性に繋がるため、ハイレベルのAPIでローレベルのAPIを利用し、設備インデックス（空間ID）に対してデータの変更操作を行うケースに対してセキュリティ対策及び設計が必要になると考えられる。

開発ベンダーが固有・領域APIを作成及び拡張する開発を行うケースが発生することを想定し、開発ベンダーに対して利用するデータ属性の内容を公開する仕組み及びルール策定が必要になると想定される。

4次元時空間情報基盤内では多様なデータ及びAPIを生み出さないように、空間ID・属性情報及び4次元時空間情報基盤内部でしか取り扱わないデータ（4次元時空間情報基盤内部に必要なマスターデータ等）を4次元時空間情報基盤内では管理することとし、GISデータ（座標）及び特定業務の固有データ（業務固有のマスターデータ等）は4次元時空間情報基盤内では管理しないといった4次元時空間情報基盤で管理するデータのスコープ設定が必要になると考えられる。

4次元時空間情報基盤のAPIを通じて空間IDの活用を促進するため、従来のGISデータ（座標）で管理している利用者があることを考慮し、座標⇄空間ID変換等の空間IDと座標の親和性を高める機能は、OSSで提供されている「共通ライブラリ」利用を推奨する。また、空間情報サービス（データ利用者）やインフラ事業者（データ提供者）が利用する固有及び領域APIのIF（リクエスト・レスポンス）について、特別な理由やケースがない限り、APIを開発・利用する空間情報サービスで「共通ライブラリ」を利用し変換した空間IDを軸としてやり取りを行うのが望ましい。

#### (8) (チ) ターンアラウンドタイムが伸びることへの対応

データ参照機能を非同期で動作させるために必要となるデータと機能について検討を行った。これらを実現した仕組みを用いることで、利用者がデータの用途に応じて同期／非同期を選択することが可能となる。また、検討した仕組みは実際の処理を行う機能（表 3.2-24 のデータ参照（非同期）機能）を任意の機能に置き換えることで、データ参照以外の機能にも適用可能である。

#### (9) (リ) 分散型DB

分散型データベースを用いる分散DBのアーキテクチャは、複数のノードで1つのクラスターを構成しデータとリクエスト処理コンポーネントを分散してノードに配置することで、水平スケールアウトによるスケーラビリティと可用性を同時に向上することができる。また、地理的分散機能を併用することで、アプリケーションから最も近いノードにDBアクセスできるようになり、ネットワークレイテンシを最小限に抑えることができる。更に、アプリケーション開発・運用視点では、分散型データベースの分散されたノード群は、単一の論理DBとして扱うことができるため、アプリケーション開発や運用の簡素化を図ることができる。

### 3 2024年度の地下埋設物領域における運用開始を見据えた機能の更新・追加に関する実証等

機微な空間属性情報を4次元時空間情報基盤に格納する際はインフラ事業者にヒアリングを行い、テーブルに対して適切なセキュリティ対策を行う必要がある。

#### (10) (ヌ) アクセス権限の設定

本実証では、インフラ事業者のシステムや空間情報サービス等の4次元時空間情報基盤外のシステム、データIFや共通領域API等の4次元時空間情報基盤内のコンポーネントに対するアクセス権限の設定について検討を行った。インフラ事業者内のユーザーや空間情報サービスのエンドユーザーに対して、アクセス権限の設定を行いたい場合は、アクセス権限はより細かく設定できるが、4次元時空間情報基盤で管理する情報が膨大になり、ユーザー情報の連携方式及び管理方式の検討も追加となる。

### 3.4 今後の展望

今回の地下埋設物領域のユースケースにおける実証では、土木設計事業者及び施工事業者の技術者が空間IDを用いることで、技術の習熟度によらずに、インフラ事業者から借り受けた情報を読み解き、土木設計及び施工サービスの計画や設計、実施を行うことができる可能性を確認した。

その結果、従来通りの高品質な土木設計及び施工サービスを提供し続けられることが可能となり、労働人口の減少とインフラ設備の更新及び維持に必要な土木工事の件数は増加により脅かされていた「安心・安全」な国民の生活環境が維持できると考えられる。

また、地下埋設物領域のユースケースの観点から4次元時空間情報基盤についての検討を行ってきたが、他のユースケースにも対応できるようにシステムの構成や方式について更に検討する必要がある。

## 4. 対象設備への地上設備の追加に関する実証等

### 4.1 実証内容

#### 4.1.1 目的・狙い

本実証（地上設備ユースケース）では、机上調査や主たる事業者との意見交換等を通じて現状を地上設備の種類別に整理し、地上設備データを、空間 ID を介して相互に共有できるようにするためのデータ整備手法の検討及び実証を行った。

地下埋設物の維持管理で開削施工を行う際、建設機械の持ち込み可否や稼働範囲の確認、周囲への騒音対策や安全確認等、地上構造物が施工計画に与える影響は大きい。したがって、地下埋設物とともに、地上設備についても空間 ID を紐付けることで、インフラ設備の施工、計画の品質（現場の安心・安全）の向上を目指す。

本章では、まず、机上調査や実証により、地上設備への空間 ID の紐付けによる効果を評価した。また、インフラ事業者が管理している地上設備のデータファイル形式等の現状を調査、整理したうえで、地上設備データから空間 ID 紐付けを行う整備手法を机上調査した。検討した整備手法の実現性及び手法に基づき、空間 ID を紐付けた地上設備データが、インフラ設備の施工、計画の品質（現場の安心・安全）の向上に与える影響を実証により評価した。

#### 4.1.2 KGI・KSF・KPI

地上設備ユースケースの KGI（上位目標）・KSF（重要成功要因）・プロセス KPI（管理指標）の概要を図 4.1-1 に示す。

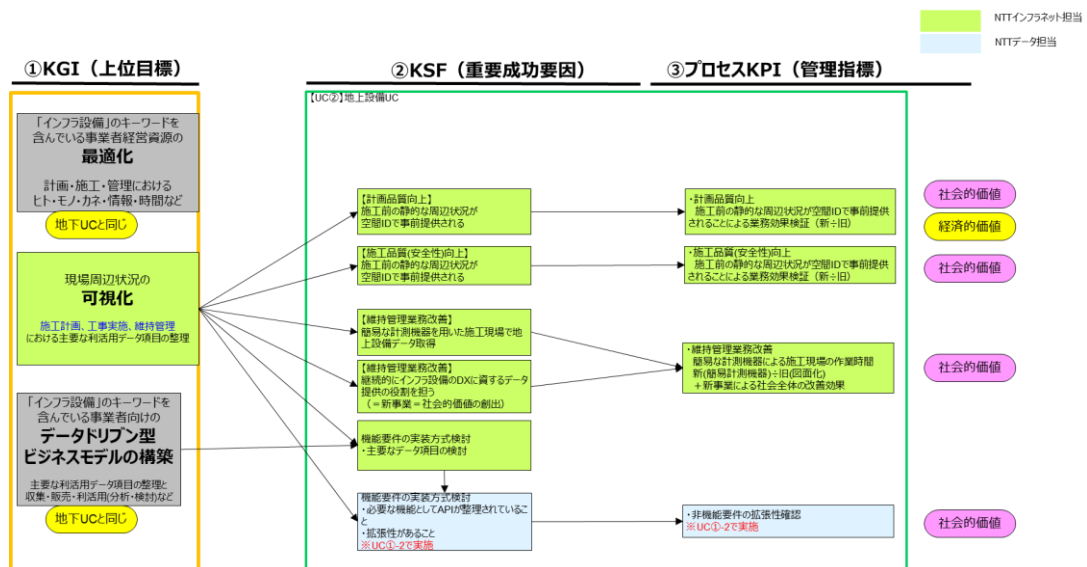


図 4.1-1 地上設備ユースケースの KGI・KSF・KPI



(1) KGI (上位目標)

KGI としては以下の 3 点を設定した。

- ・ 「インフラ設備」のキーワードを含んでいる事業者経営資源の最適化（計画、施工、管理におけるヒト、モノ、カネ、情報、時間等）
- ・ 現場周辺状況の可視化：施工計画、工事実施、維持管理における主要な利活用データ項目の整理
- ・ 「インフラ設備」のキーワードを含んでいる事業者向けのデータドリブン型ビジネスモデルの構築（主要な利活用データ項目の整理と収集、販売、利活用（分析、検討）等）

(2) KSF (重要成功要因)

KGI を達成するための KSF としては以下の 6 点を設定した。

- ・ 計画品質向上：施工前の静的な周辺状況が空間 ID で事前提供される
- ・ 施工品質（安全性）向上：施工前の静的な周辺状況が空間 ID で事前提供される
- ・ 維持管理業務改善：簡易な計測機器を用いた施工現場で地上設備データ取得
- ・ 維持管理業務改善：継続的にインフラ設備の DX に資するデータ提供の役割を担う（新事業、社会的価値の創出）
- ・ 機能要件の実装方式検討：主要なデータ項目の検討
- ・ 機能要件の実装方式検討：必要な機能として API が整理されていること、拡張性があること

(3) プロセス KPI (管理指標)

プロセス KPI としては、以下の 4 点を設定し、4.1.1 に記載した業務課題（※）に対してこれらの指標で実現性を評価する。

※インフラ設備の施工、計画の品質（現場の安心・安全）の向上と地上設備データから空間 ID を紐付ける整備手法の確立。

- ・ 計画品質向上：施工前の静的な周辺状況が空間 ID で事前提供されることによる業務効果検証
- ・ 施工品質（安全性）向上：施工前の静的な周辺状況が空間 ID で事前提供されることによる業務効果検証
- ・ 維持管理業務改善：簡易な計測機器による施工現場の作業時間、新事業による社会全体の改善効果

- ・ 非機能要件での拡張性確認※地下埋設物ユースケース（システム）で実施

### 4.1.3 実施体制

地上設備ユースケースに関する調査、実証は、電力会社（東京電力）及び通信会社（東日本電信電話）の協力を得て実施した。

#### (1) 作業プロセス

地上設備ユースケースの作業プロセスの概要を図 4.1-2 に示す（関連する遠隔操作ユースケースについてもあわせて示す）。

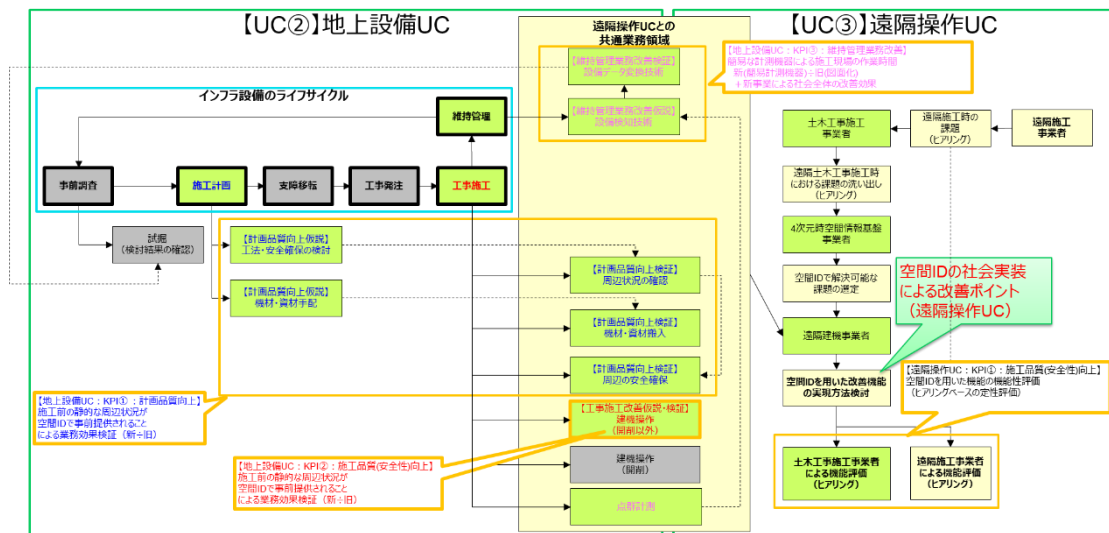


図 4.1-2 地上設備ユースケースの作業プロセス（遠隔操作ユースケースも含む）

また、地上設備ユースケースの実証概念図を図 4.1-3 に、実施概要を図 4.1-4 と以下に示す。

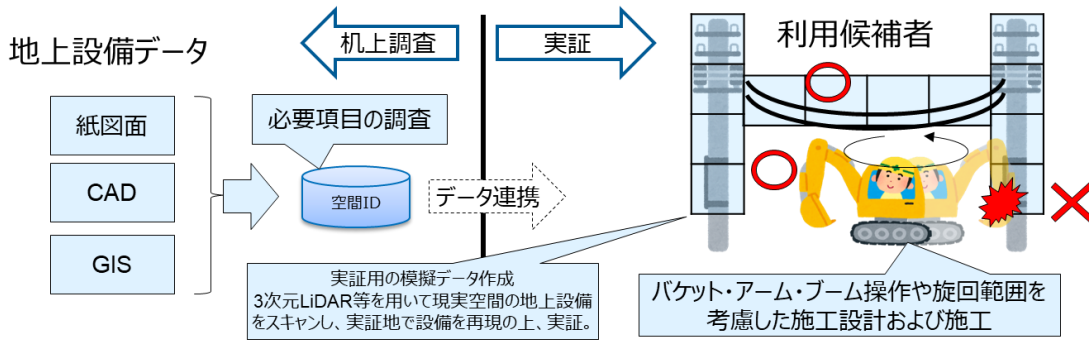


図 4.1-3 地上設備ユースケースの実証概念図

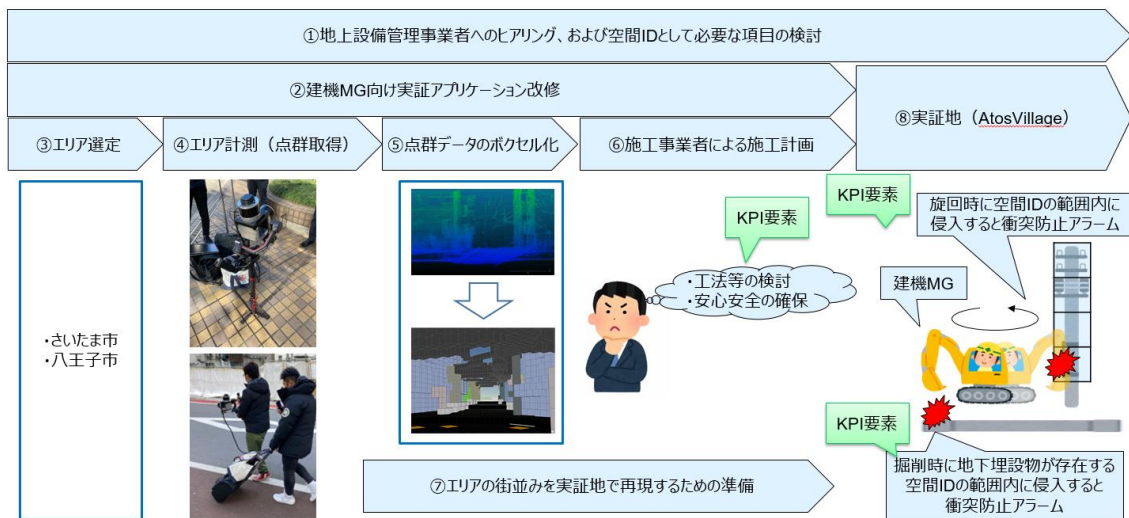


図 4.1-4 地上設備ユースケースの実施概要

1) 検討計画の策定

地上設備ユースケースの目的を踏まえ、検討計画を策定した。また、インフラ事業者が管理している地上設備データの現状（設備種類、データファイル形式、保存期間等）をヒアリングした。

なお、2022年度の実証と重複する内容は実証の対象外とし、2022年度の成果を利用した机上検討を行った。

2) 実証準備/関係者調整

① 計画及び施工の品質向上を目指した地上設備の空間 ID 利活用

実証シナリオに適合するエリア（実証対象エリア）を実空間の中から選定した。その後、LiDAR等の計測機器を用いて、実証対象エリアの3次元点群データ等を保存した。

#### 4 対象設備への地上設備の追加に関する実証等

また、実証対象エリアの3次元点群データ等を、実証地で行う開削工事範囲に合わせて加工（切り取り、移動、回転、等）し、実証地の3次元点群データとして保存した。

##### ② 地上設備データから空間 ID を紐付けるデータ整備手法の確立

4次元時空間情報基盤の運用開始を見据え、インフラ事業者へのヒアリング結果に基づき、地上設備データの現状を整理し、データ整備手法を検討した。なお、今後の協議、調整をスムーズに行うため、整理した内容はデジタル庁や DADC と共有した。

#### 3) データ作成

##### ① 計画及び施工の品質向上を目指した地上設備の空間 ID 利活用（計画分）

実証対象エリアの3次元点群データから地上設備等を抽出し、空間 ID を紐付けた。

##### ② 計画及び施工の品質向上を目指した地上設備の空間 ID 利活用（施工分）

加工後の3次元点群データに含まれる地上設備等に対して空間 ID 紐付けた。

なお、実証で空間 ID の可視化等が必要な場合、3次元点群データを利用するアプリケーションがサポートするデータファイル形式に変換した。

#### 4) 机上検討の実施と結果報告

##### ① 計画及び施工の品質向上を目指した地上設備の空間 ID 利活用

2022年度の実証結果も踏まえ、地上設備、地下埋設部に空間 ID を紐付けることでインフラ設備の計画及び施工の品質向上効果の有無を実証により確認した。なお、計画の品質時向上効果は机上検討で、施工の品質向上効果は実証地での実証により確認した。また、計画や施工の品質（現場の安心・安全）や業務効率（搬入機材の適否判断等）の向上効果を、施工事業者へのヒアリング等により検討した。

##### ② 地上設備データから空間 ID を紐付けるデータ整備手法の確立

2023年度の実証結果も踏まえ、現状の地上設備データに空間 ID を紐付けるための効率的な整備手法を机上検討した。

③ ユースケースの評価及び結果報告

実証により確認した効果やヒアリングや検討により効果を見込むことができた内容に基づき総合的な評価を行い、4次元時空間情報基盤に地上設備を追加することで得られる効果として内容をまとめ、実証結果として報告した。

(2) 実証対象エリア

実証対象エリアは、さいたま市及び八王子市から、地上設備ユースケースの実証に適切と考えられるエリアを抽出し設定した。

- ・ さいたま市エリア (図 4.1-5)

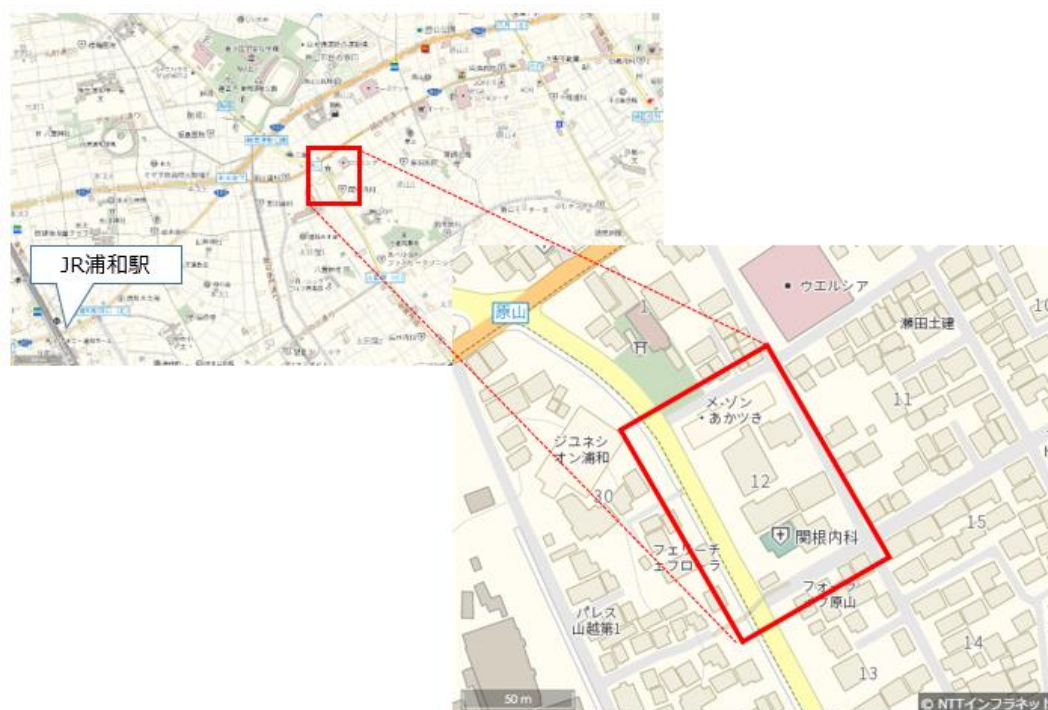


図 4.1-5 地上設備ユースケースの実証対象エリア (さいたま市)



- ・ 八王子市エリア（図 4.1-6）



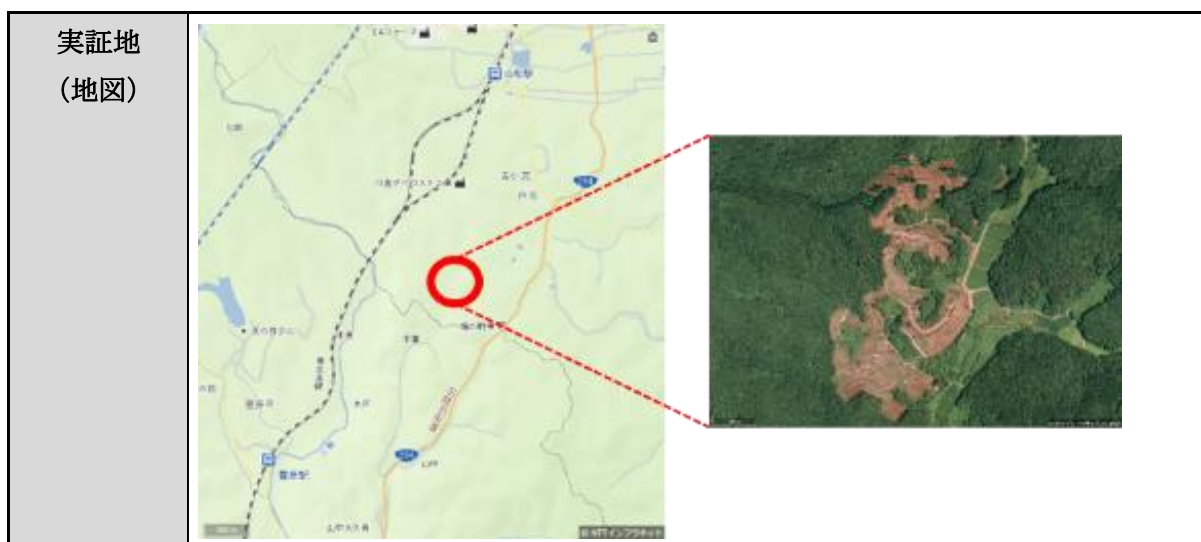
図 4.1-6 地上設備ユースケースの実証対象エリア（八王子市）

(3) 実証概要

地上設備ユースケースの実証概要（実施日、実証地等）を表 4.1-1 に示す。実証地（Atos Village）では、実証対象エリアの街並みの一部を再現して実証を行った。

表 4.1-1 地上設備ユースケースの実証概要

実証日	2023年11月28日（火）～30日（木）
実証地 （住所）	福島県白河市白坂松ヶ苗 130 （東北新幹線新白河駅より車で 20 分）



#### 4.1.4 個別課題の調査方針（イロ）

- (1) ②地上設備のデータ（イ）地上設備のデータファイル形式

地上設備データのデータファイル形式について、地上設備ユースケースの目的を実現することを前提として検討を行った。

- (2) ②地上設備のデータ（ロ）地上設備のデータ項目

地上設備ユースケースの目的を実現するために必要な地上設備データのデータ項目について検討した。

- (3) ④4次元時空間情報基盤に求められる機能（イ）地上設備のデータに空間 ID を紐付けるインポート機能

地上設備データに空間 ID を紐付けるためのインポート機能について検討した。

- (4) ④4次元時空間情報基盤に求められる機能（ロ）地上設備のデータの生成・参照・更新・削除等を行う API

地上設備データの生成、参照、更新、削除等を行う API について検討した。

## 4.2 実施結果

### 4.2.1 実施結果の概要

- (1) データ整備状況

#### 4 対象設備への地上設備の追加に関する実証等

実証対象エリアで取得した3次元点群データをボクセル化することによりデータ整備を行った。

実証対象エリアで計測した3次元点群データをビューワーで表示したものを図 4.2-1 に示す。なお、点の色は高低差を表現している。

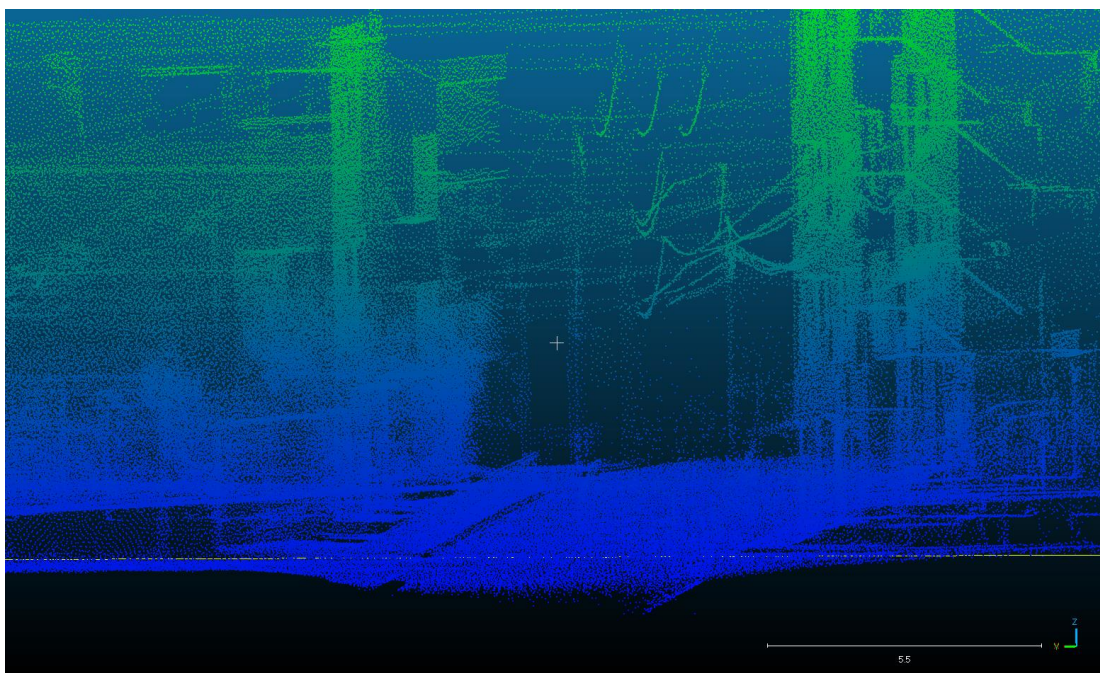


図 4.2-1 3次元点群データのビューワー表示（八王子市エリア）

更に、実証対象エリアの3次元点群データをボクセル化（ズームレベル 26：1辺は約 50cm）したものを図 4.2-2 に示す。色付けは作業者が目視で構造物を判断して分類したものである。



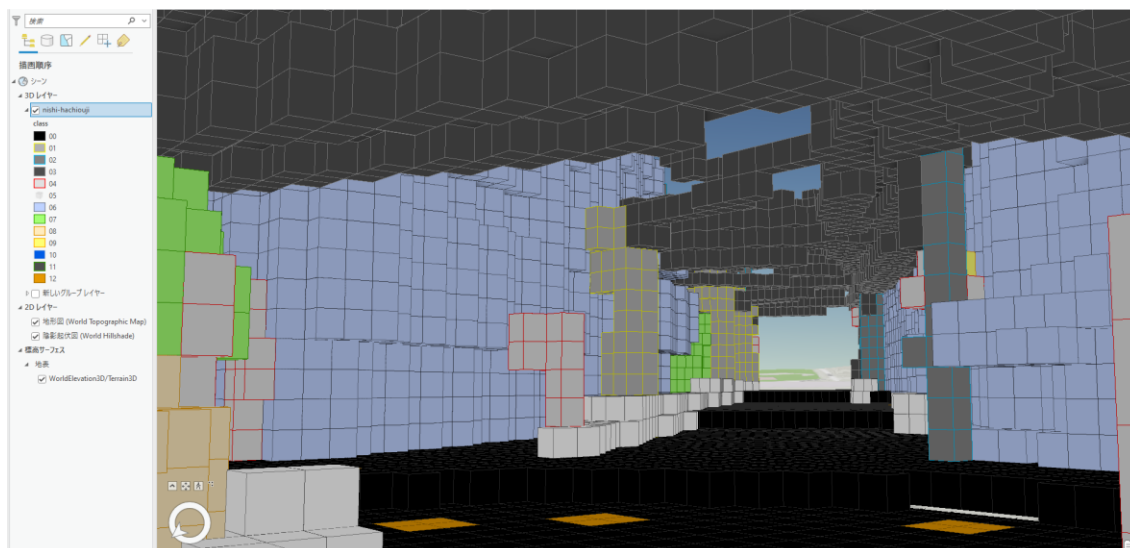


図 4.2-2 ボクセル化されたデータ（八王子市エリア）

(2) 実証の概要

実証で適用する工法としては、実証対象エリアでの実際の工事実施を想定し、以下の通り検討、設定した。概要を表 4.2-1 に示す。

表 4.2-1 工法の検討

工事内容	昼間施工（9:00～17:00） NTT 管路 2 条の新設 掘削幅 0.70m、掘削深さ 1.3m、掘削延長 5.0m
使用機械	0.08BH 右上イメージ（4t ダンプで回送可能） 2t ダンプ（道路幅員狭隘のため）
工法	軽量鋼矢板建込工法 ※掘削深さ 1.3m まで掘削後、軽量鋼矢板、腹起し切梁により土留めを設置（人力にて設置可能）
架空線	最低地上高 3.0m

実証における空間 ID データを図 4.2-3 に示す。実証地（Atos Village）の 3 次元点群データをボクセル化（1 辺 50cm）した。また、実際に利用するシステムのインタフェース上で空間 ID（各構造物）に色付けを行い、操縦者から確認しやすくした。

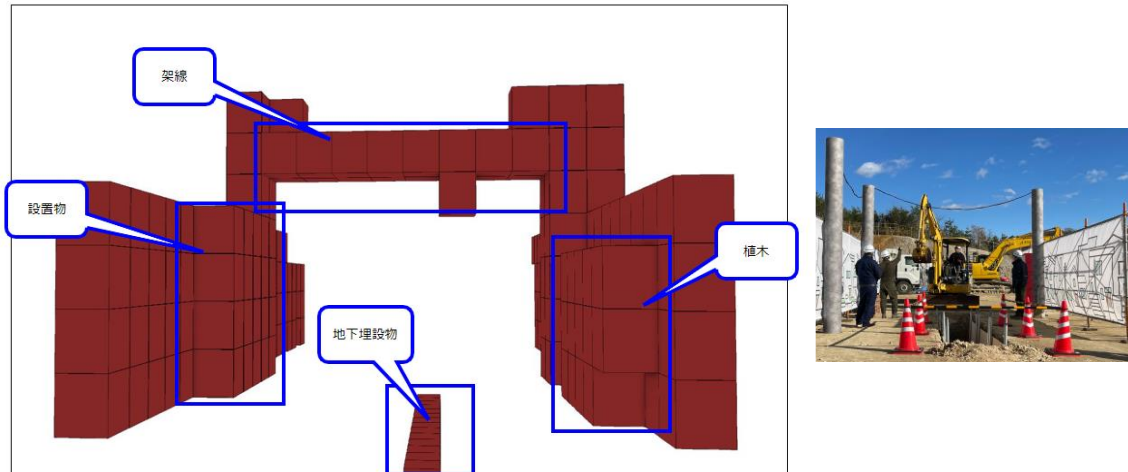


図 4.2-3 実証における空間 ID データ

重機操作中に発せられるアラームの動作条件は以下の通りである（図 4.2-4）。なお、アラームの検知範囲については、任意の距離で設定可能とした。

- ① ショベルが前に進んで一番外側の検知領域に入る  
→ 「周囲に構造物があります、注意しながら作業してください」というアラームが 1 回動作する
- ② 車体部を旋回し、構造物が第二の検知領域に入る  
→ 「周囲に注意しながら作業してください」というアラームが 3 回動作する
- ③ 車体部を更に旋回し、構造物が接触検知領域に入る  
→ 「構造物と接触します。作業を止めてください」というアラームが継続して動作する

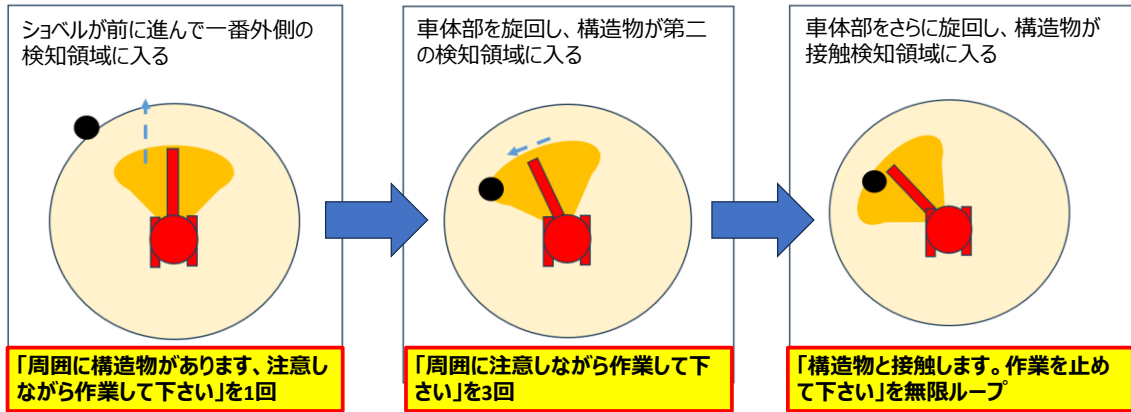


図 4.2-4 アラーム音の動作条件

#### 4.2.2 KPI の達成度

地上設備ユースケースにおける施工に関する KPI（計画品質向上、施工品質（安全性）向上）の達成度について、図 4.2-5 に示す作業手順に従って、「安全のポイント」、「ボクセル化データ活用の検討」、「懸念事項」を整理した。なお、この作業完了後の維持管理に関する KPI についても検討を行っており、(3) にて KPI の達成度を説明する。

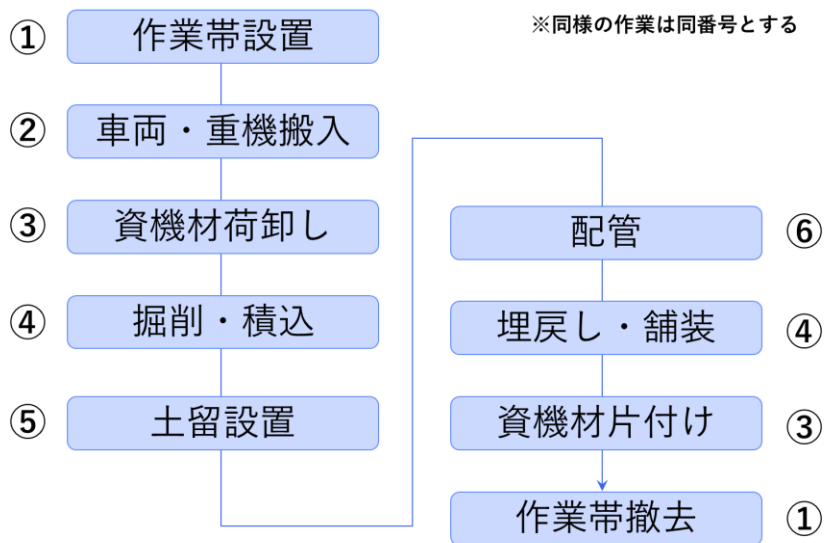


図 4.2-5 実証において想定する作業手順

各作業手順において、施工事業者が重視する安全のポイント、ボクセル化データ活用による検討、懸念事項を以下の通り整理した。

## (1) 作業帯の設置・撤去

安全のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現地と作業帯図は整合しているか。(道路幅員、最小幅等)</li> <li>・ 歩行者通路の幅は確保できているか。</li> </ul>
ボクセル化データ活用の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3次元点群データを正確に捉えるため、通常見落としがちな突起物や障害物を漏らすことなく視覚的に確認できる。</li> <li>・ 1辺 50cm と安全面で余裕があり、想定外を抑制できる。</li> </ul>
懸念事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 広い場所では余裕があるが、狭隘箇所では実使用スペースが極端に少なくなる。(例：実幅員 <math>W=3.0m</math> - 突起 <math>0.5m \times 2</math> (両側) = <math>2.0m</math> (ボクセル上))</li> <li>・ 計画では作業スペースが確保できない可能性がある。</li> </ul>

## (2) 車両・重機搬入、搬出

安全のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車両は現地に搬入可能な大きさか。(車両の横幅、高さ、積載物等)</li> <li>・ 特にダンプに積載しているバックホウの高さで支障物はないか。</li> </ul>
ボクセル化データ活用の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用車両、重機と架空線や看板等の障害物の距離について、余裕をもって確認できる。</li> <li>・ 特に高さ方向に関して数値化して把握できるため、架空線損傷が抑制できる。</li> <li>・ 電線最低箇所が数値、視覚的に把握できる。</li> </ul>
懸念事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 広い場所では余裕があるが、狭隘箇所では実使用スペースが極端に少なくなる。</li> <li>・ 宅地引込箇所では架空線の最低地上高が規定値に近い場合があり、ボクセル上では高さ制限がかかる可能性がある。</li> <li>・ 計画では作業スペースが確保できない可能性がある。</li> </ul>

## (3) 資機材荷卸し・片付け

安全のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 揚重作業の際、吊り代も含め定格サイズを超えることがないか。</li> <li>・ 長尺物や重量物吊り作業時に、周囲の設備との離隔はあるか。</li> </ul>
ボクセル化データ活用の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ボクセル（1辺 50cm）のため、余裕を持った揚重、旋回時の離隔が確認できる。</li> <li>・ 重機配置や旋回方向を数値的に把握でき、効率的な作業を検討できる。</li> <li>・ 架空線の地上高最低箇所が数値、視覚的に把握できる。</li> </ul>
懸念事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 狭隘箇所では離隔が極小の場合も多々あり、ボクセルへの接触を回避すると作業困難な箇所が発生する可能性がある。</li> <li>・ 様々な荷姿や吊り方法をシミュレーションするのは時間的にも困難である。</li> <li>・ 計画では作業スペースが確保できない可能性がある。</li> </ul>

## (4) 掘削・積込、埋戻し・舗装

安全のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アームの可動範囲、旋回範囲に障害物（架空線、看板等）はないか。</li> <li>・ 狭隘箇所では重機との接触等、危険な箇所はないか。</li> </ul>
ボクセル化データ活用の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ボクセルを回避する余裕を持ったアーム可動、旋回動作の確認ができる。</li> <li>・ 許容されるアーム高さや旋回半径を数値的に把握でき、安全に効率的な作業を検討できる。</li> <li>・ 安全な作業スペースが確保できる重機配置検討ができる。</li> </ul>
懸念事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 狭隘箇所では離隔が極小の場合も多々あり、ボクセルへの接触を回避すると作業困難な箇所が発生する可能性がある。</li> <li>・ データの更新頻度によるが、3次元点群データ取得後の新規開通引込線等は反映されず、接触の危険がある。</li> </ul>

## (5) 土留め設置・撤去

安全のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 揚重作業の際、吊り代も含め定格サイズを超えることがないか。</li> <li>・ 長尺物や重量物吊り作業時に、周囲の設備との離隔はあるか。</li> </ul>
ボクセル化データ活用の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ボクセル（1辺 50cm）のため、余裕を持った揚重、旋回時の離隔が確認できる。</li> <li>・ 許容されるアーム高さ（矢板撤去吊上げ時）や旋回半径を数値的に把握でき、安全に効率的な作業を検討できる。</li> </ul>
懸念事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 狭隘箇所では離隔が極小の場合も多々あり、ボクセルへの接触を回避すると作業困難な箇所が発生する可能性がある。</li> <li>・ 様々な荷姿や吊り方法をシミュレーションするのは時間的にも困難である。</li> <li>・ 計画では上空の作業スペースが確保できない箇所が発生する可能性がある。</li> </ul>

## (6) 地下埋設物敷設

安全のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長尺物（管材 L = 5.0m）の運搬時、接触の危険性はないか。</li> </ul>
ボクセル化データ活用の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長尺物運搬、手渡し時、周辺設備や障害物との離隔を数値的に把握でき、安全な配管作業計画を立案できる。</li> </ul>
懸念事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 様々な運搬シミュレーションは効率的でなく、標準的な安全確認となる。</li> <li>・ 大型構造物では詳細なシミュレーションがあった方が、安心・安全が担保できる。</li> </ul>

## 4.2.3 個別課題の調査結果（イロ）

ここでは地上設備ユースケースにおけるデータに関連する個別課題について調査、検討した。

## (1) ②地上設備のデータ（イ）地上設備のデータファイル形式

地上設備データのデータファイル形式は、3章で示した地下埋設物ユースケースと同様、4次元時空間情報基盤が属する「Ouranos Ecosystem（ウラノス・エコシステム）」とのデータ連携を考慮すると、地理空間データの標準化団体である Open Geospatial Consortium（OGC）が策定した 3D 都市モデルのためのオープンデータモデル及びデー

タファイル形式の国際標準である「CityGML」や、これに準拠し我が国の標準として策定された「3D 都市モデル標準製品仕様書」に準拠することが適切と考えられる。

#### (2) ②地上設備のデータ (ロ) 地上設備のデータ項目

地上設備データのデータ項目も、前述の「3D 都市モデル標準製品仕様書」にて設定、定義されており、これに準拠又は連携することが適切と考えられる。具体的な項目についてはインポート機能の検討結果と合わせて説明するため割愛する。

#### (3) ④4次元時空間情報基盤に求められる機能 (イ) 地上設備のデータに空間 ID を紐付けるインポート機能

システム活用の実現には、地上設備データに空間 ID を紐付けるインポート機能が必要となる。また、インポート機能の運用には地上設備データの作成が必要であり、(1)で示したデータファイル形式を持つ元データとの連携が必要である。したがって、今回の実証では4次元時空間情報基盤の運用開始を見据え、事業者が保有する地上設備データの貸与を受けるのではなく、実証対象エリアの3次元点群データの計測から実証を行った。これにより、データの利用目的や整備手法<sup>19</sup>が事業者ごとに異なっていたとしても、4次元時空間情報基盤の社会実装後に必要な手法や、異なる事業者の業務フローの共通部分を効率化するという観点での考察が可能となった。なお、事業者が保有する地上設備データの社会実装は、4次元時空間情報基盤の拡張性に基づいて行われるものとして、具体的な手法は考察の対象外とする。

まず、インポート機能の具体的な実装仕様、データファイル形式は、4次元時空間情報基盤と関連する様々な周辺システムの開発において、事業者を含む社会全体が効率的に自システムで自社設備の空間 ID の生成に必要な元データが作成できるよう、地下埋設物ユースケースと同様とすることが望ましいと考えられる。

次にデータの作成手法について検討した。ここでは4次元時空間情報基盤の社会実装後の将来を想定するため、事業者ごとに現在保有している地上設備データから空間 ID を生成する手法は対象外とし、施工中の写真や施工完了後に作成する図面情報（紙又は電子データ）に代わる手法を検討した。施工記録（エビデンス）としての写真や現場作業者が現場や事務所で、手作業で作成する図面では地図情報レベル（国土地理院）等で定められた位置精度を維持できず、図面の作成者に依存したデータ品質の揺らぎを潜在させてしまうことは、既に知られている。そのため、今回の実証では LiDAR を用いた点群取得機器と、スマートフォン等で3次元点群データを生成する技術を用いて、地下埋設物ユースケースと同サイズの空間 ID（ズームレベル 26）が生成できることを検証した。

---

<sup>19</sup>現実空間の情報に基づいた紙媒体や電子ファイル（デジタル空間）への施工記録（データ作成・更新手法）、業務上におけるデータの参照・更新の用途

その結果、LiDAR を用いた点群取得機器では、電柱、ケーブルといった空中に存在し、施工計画や施工時にも影響を与える可能性のある設備を安定して検知できることを確認した。

また、スマートフォン等を用いて3次元点群データを生成する現在の技術（SfM 等）では、技術仕様上の制約として点群で取得したい物体を可能な限り囲むように撮影する必要があることは既に知られている。これを踏まえた上で、現場作業員が手持ちでスマートフォン等の3次元点群データ生成技術を搭載した機器を取り扱った場合にどの程度までの距離であれば3次元点群データが生成可能かを確認した結果、実用上3m程度の高さであればLiDARと同様の結果を得ることができることを確認した（図4.2-6）。

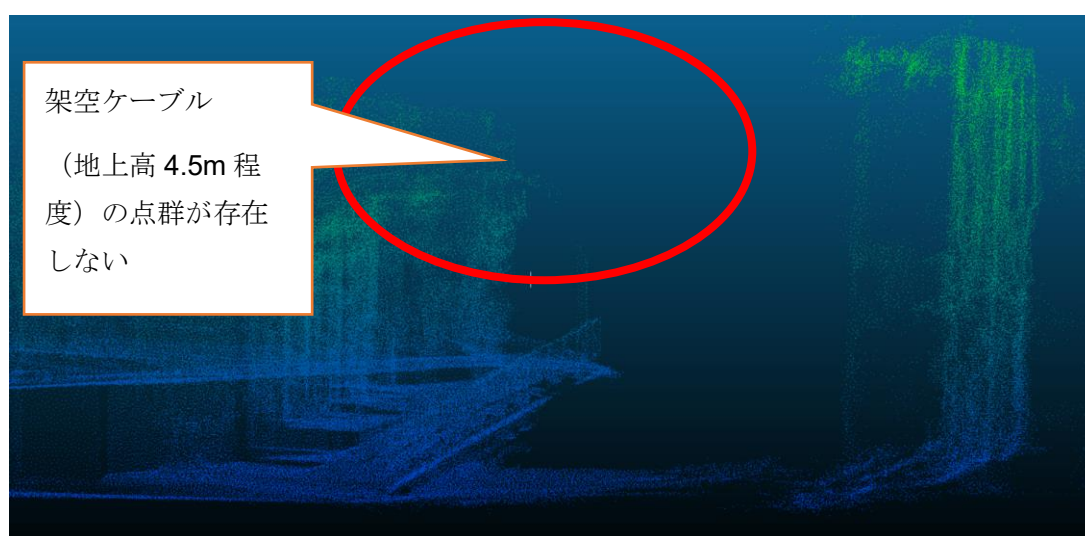


図 4.2-6 スマートフォン等を用いて生成した3次元点群データのビューワ表示（八王子市エリア）

空間 ID は緯度、経度、標高の3つの座標とズームレベルを決定した上で公開されている仕様（※）に基づき生成できるため、以上の実証で取得した3次元点群データから空間 ID は生成可能であることが確認できた。但し、4次元時空間情報基盤で扱う空間 ID は空間内に何が存在しているかを分類された空間 ID、すなわち「分類済みの空間 ID」とする必要がある。そこで、点群から簡易な3Dモデル（ボクセル）を生成し、この3Dモデルに基づき「分類済みの空間 ID」を生成できるか検証した。

※ <https://github.com/unvt/zfxy-spec>（zfxy-spec: ZFXY specifications（Git Hub））

点群から簡易な3Dモデルを生成するための検討段階として、人手で分類するにはどのような情報が必要となるかを実証した。その結果、緯度、経度、標高の3つのみで分類することは不可能であることが分かった。続いて、LiDARの反射強度（機器からレーザー光を発射して、物体に反射して戻ってきた際の光の強さをレベル化したもの）を加えたが、十分な結果を得ることはできなかった。最後に3次元点群データ取得時の写真デ



ータを加えた結果、人手で写真を見ながらボクセルに分類を入力することは可能であることが分かった。分類した内容は表 4.2-2 の通りである。

**表 4.2-2 地上設備ユースケースにおけるボクセルの分類**

分類	分類例
地面	路面、縁石
街路灯	街路灯
電柱	電柱
架空線	電線・架空ケーブル
標識	交通標識
柵	柵・塀・ガードレール
建物	ビル、家屋
植生	植栽、樹木
看板	看板
設置物	自動販売機・精算機・証明写真機
信号機	信号機
マンホール	マンホールの鉄蓋
道路反射鏡	カーブミラー
橋梁	歩道橋
車線分離標	ラバーポール

分類結果を踏まえ、事業者へのヒアリングを実施した。ヒアリングでは、検討した分類が発生しやすい接触事ゆえに関するキーワードを網羅しており、妥当であるとの見解を確認した。このことから、検討した分類は、4次元時空間情報基盤へ登録する空間 ID の分類とみなすことができると考えられる。一方で、この分類は今回の実証対象エリアの場合の分類であり、地域によって異なる分類となる可能性がある。したがって、社会実装後も分類を拡充することを想定して4次元時空間情報基盤を開発、運用していく必要があると考えられる。

簡易な 3D モデルを含むデータを活用したビジネスモデルの確立、社会実装のためには、データに対する一定の品質保証が必要である。また、仕様が一般公開できる程度に普及した規格に準拠することが望ましい。更に、持続的かつ継続的なデータ整備が重要である。そこで、これらの条件を踏まえ、(1) で整理した通り地上設備ユースケースでのデータファイル形式は地下埋設物ユースケースのデータファイル形式と同様であるこ

とが望ましいとの仮説に基づき、「3D 都市モデル標準製品仕様書」との適合度を検証した。

まず、分類結果の 3D 都市モデル標準製品仕様書への適合度を確認した。適合度は、地上設備が 3 次元の外観形状が分かる詳細度であれば問題ないと定め、分類結果に対応する詳細度 (LOD) を選定した。結果は表 4.2-3 の通りであり、良好であると言える。

表 4.2-3 実証での分類の 3D 都市モデル標準製品仕様書への適合度

実証結果	PLATEAU (第 3.2 版)	
	3D 都市モデル名	詳細 (LOD)
地面	地形モデル	何れも可 但し地図情報レベル 500
街路灯	都市設備モデル	2
電柱	都市設備モデル	2
架空線	都市設備モデル	2
標識	都市設備モデル	2
柵	都市設備モデル	2
建物	建築物モデル	2
植生	植生モデル	1
看板	建築物モデル	2.1
設置物	都市設備モデル	2
信号機	都市設備モデル	2
マンホール	地下埋設物モデル	2
道路反射鏡	都市設備モデル	2
橋梁	橋梁モデル	2.1
車線分離標	都市設備モデル	1

次に形状の適合度を確認した。3次元点群データ自体を 3D 都市モデルに準拠させることはできないが、空間 ID の共通ライブラリがサポートする形状と、3D 都市モデルで使用される Solid や MultiSurface といった形状は適合度が高いことを確認した。

但し、3次元点群データから 3D 都市モデルに至るデータ整備は複雑な工程の上に成り立っており、難易度も高い。したがって、対象をインフラ管理分野に限定し、3次元点群データの取得条件や運用方法等もルール化した上で、フィジカル (現場) とデジタル (IT 技術) の双方が歩み寄ったデータ整備工程を確立する必要があると考えられる。

最後に、KPIにある維持管理業務改善を評価するため3D都市モデルを経由した3次元点群データのインポート機能に必要なデータ整備が可能となった場合、現在の方法と新方式を比較することでどの程度の効果が施工事業者側で得られるかを試算した（表4.2-4）。

表 4.2-4 データ整備方法の改善による所要時間の短縮（工事1件あたり）

項目	現在の方法	新方式
各方法における作業と所要時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>事務所での図面作成（120分と仮定）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場でスマートフォンを用いた3次元点群データを作成（5分と仮定）</li> <li>現場での3次元点群データの状態の確認（5分と仮定）</li> <li>事務所や移動時間中での3次元点群データのアップロード（10分と仮定）</li> </ul>
所要時間の合計	120分	20分 (100分の所要時間短縮)

日本における年間の道路工事件数 99,893 件（国土交通省「建設工事受注動態統計調査（令和4年度）」より設定）、設計技師 A の単価 7,886 円/時間を踏まえて、工事1件あたりの所要時間短縮（100分）の効果を金額換算すると年間約 13 億円の規模となる。

- ・ 現在 : 事務所に戻ってから図面作成。(約2時間)
- ・ 新方式 : 現場でスマートフォンを用いて3次元点群データを作成(5分程度)  
その場で3次元点群データの状態を確認(5分程度)  
事務所や移動時間中に3次元点群データをアップロード(10分程度)
- ・ 改善効果 :  $(120 \text{分} - 20 \text{分}) / \text{件} \times 99,893 \text{件/年} = 166,489 \text{時間/年}$   
 $7,886 \text{円/時間 (設計業務 技師 (A))} \times 166,489 \text{時間/年} = 13.13 \text{億円/年}$

また、空間 ID を用いた設計工程（概略設計）の効率化効果を以下の通り試算した（表4.2-5）。

表 4.2-5 データ整備方法の改善による所要時間の短縮（工事 1 件あたり）

項目	現在の方法	新方式
各方法における作業と所要時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地図等を用いた事前の机上調査（30分時間と仮定）</li> <li>・ 現地調査（往復移動時間 120分、現地調査 60分の計 180分と仮定）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空間 ID 等を用いた事前の机上調査（30分時間と仮定）</li> <li>・ 現地調査（往復移動時間 120分、現地調査 30分の計 150分と仮定）</li> </ul>
所要時間の合計	210分	180分 (30分の所要時間短縮)

日本における年間の道路工事件数 99,893 件（国土交通省「建設工事受注動態統計調査（令和 4 年度）」より設定）、設計技師 A の単価 7,886 円/時間を踏まえて、工事 1 件あたりの所要時間短縮（30 分）の効果を金額換算すると年間約 4 億円の規模となる。

- ・ 現在 : 地図等を用いた事前の机上調査（30分）  
現地調査 3 時間（移動往復 2 時間＋現地調査 1 時間）
- ・ 新方式 : 空間 ID 等を用いた事前の机上調査（30分）  
現地調査 2.5 時間（移動往復 2 時間＋現地調査 0.5 時間）
- ・ 改善効果 :  $(210 \text{ 分} - 180 \text{ 分}) / \text{件} \times 99,893 \text{ 件/年} = 49,947 \text{ 時間/年}$   
 $7,886 \text{ 円/時間（設計業務 技師（A））} \times 49,947 \text{ 時間/年} = 3.94 \text{ 億円/年}$

(4) ④ 4次元時空間情報基盤に求められる機能（ロ）地上設備のデータの生成・参照・更新・削除等を行う API

地上設備データの生成、参照、更新、削除等を行う API のベースとなる情報（地上設備の地物、属性、空間 ID）を踏まえつつ、システム間でこれらのデータ連携を図る機能を想定する。また、ユースケースにおいて空間 ID が必要となる業務上のタイミングは地下埋設物領域と同様であり、API の仕様については地下埋設物領域と同様の汎用的な仕組みで実装され、かつ、取り扱う項目も可能な限り共通的に取り扱えることが望ましい。

### 4.3 考察

#### 4.3.1 ユースケース全体の考察

地上設備ユースケースにおける調査検討、実証の結果に対する考察は以下の通りである。

- ・ 架空線や障害物等の近接作業に対し、余裕を持った離隔確認は可能と考えられる。反面、CIMモデルによる近接施工検討と同レベルでの実施工段階の詳細検討には適さない可能性がある。
- ・ 曖昧になりがちな上空設備をボクセル化で数値化できるため、安全な施工計画の検討補助として活用できると考えられる（例：重機や車両、土留め工法選定等）。
- ・ 狭隘箇所では作業スペースが限られるが、ボクセル化（1辺 50cm）により、更に計画上の有効スペースが制限される可能性がある。余裕を持った工法、機械選定はメリットでもあるが、施工能率低下のデメリットにもつながると考えられる。
- ・ 詳細な情報が必要となる机上検討においては、ボクセル化データだけでは検討に必要な情報を収集できない。そのため、現場の写真データ等を目視で確認できるデータとの併用が必要と考えられる。
- ・ データに慣れていないと圧迫感を感じ、施工イメージの想像が困難となる懸念がある。
- ・ 建設機械のモデル等と組合せて数値データとして計算し、どの空間IDのインフラ設備について離隔確認が必要か等のアウトプット化が望まれる。
- ・ アラームの動作条件の設定により、十分に安全な距離がある段階でアラームが鳴り続ける等の状況が生じた。動作条件は現場によって最適な設定が異なることも考えられるため、今後他地域での実証を重ねる等して、適切な条件設定を検討することが必要と考えられる。

#### 4.3.2 個別課題の調査結果に対する考察（イロ）

##### (1) ②地上設備のデータ（イ）地上設備のデータファイル形式

今回の検討では、地上設備データのデータファイル形式を「CityGML」、「3D都市モデル標準製品仕様書」に準拠又は連携させることを想定した。

将来の全国的な普及、事業推進にあたっては、データ流通を想定して作成されたデータファイル形式とその標準項目による統一的な対応が必要であり、現時点においては3D都市モデル標準製品仕様書に対応した形式又はこれに容易に変換できるデータファイル形式を用いる等の対応が適切であると考えられる。

##### (2) ②地上設備のデータ（ロ）地上設備のデータ項目

今回の検討では、地上設備データのデータ項目を「3D都市モデル標準製品仕様書」に準拠又は連携させることを想定した。一方実装フェーズでは、データの提供者と利用者間でデータに求める内容（ボクセルのサイズ感や属性等）が異なることが想定される。これに対しては、データ提供者が事業者間で利用するデータ項目を含めてデータ整

備を進めることが重要である。これにより、データ利用者が必要とするタイミングで、データ流通を想定したデータファイル形式でデータ項目を抽出することが可能になり（例：3D都市モデルの拡張製品仕様書を定める等）、データ提供者とデータ利用者の双方の事業内への影響を最小化できる。

- (3) ④4次元時空間情報基盤に求められる機能（イ）地上設備のデータに空間IDを紐付けるインポート機能

地上設備データに空間IDを紐付けるインポート機能については、地上設備の地物、属性の設定や空間IDのボクセルサイズ、相互の位置合わせとマッチングの方法等が課題となると考えられ、今後、実証や事業化を通して実務に適用して効果を発揮するインポート機能の設計、開発、運用を行っていくことが必要と考えられる。

- (4) ④4次元時空間情報基盤に求められる機能（ロ）地上設備のデータの生成・参照・更新・削除等を行うAPI

地上設備データの生成、参照、更新、削除等を行うAPIについても、今後、実証や事業化を通して実務に適用して効果を発揮するインポート機能の設計、開発、運用を行っていくことが必要と考えられる。

#### 4.4 今後の展望

今回の実証では、地上設備への空間IDの紐付けにより、離隔確認の可能性や、安全な施工計画の検討補助への活用可能性を確認した。一方、作成するデータのデータファイル形式やデータ項目については今後具体的な検討を進める必要がある。加えて、他のデータとの併用やアラームの動作条件の設定等の実際の運用方法についての改善点も明らかになった。

今後は、将来的な全国展開を見据え、他地域での実証等を通じた実運用上の課題の解決により、全国での実装が可能な技術の改善、向上が期待される。

## 5. 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

### 5.1 実証内容

#### 5.1.1 目的・狙い

本実証（遠隔操作ユースケース）では、机上調査や主たる事業者との意見交換等を通じて遠隔施工に必要な要素を調査、整理し、遠隔操作の伴う施工現場における空間 ID の効果を検証した。

インフラ設備の維持管理を担当する土木・建設業界の労働人口減少は社会問題として認識されており、対策は急務である。遠隔操作を利用した建設機械による施工は土木・建設業界における働き方改革を実現する技術の1つであるが、実際に利用するには制約が多く、「安心・安全」な遠隔施工の実現に向けて解決すべき課題は多い。

そこで、遠隔操作を伴う施工の課題の中から、インフラ設備を対象とした遠隔施工において空間 ID で課題解決できるものを選定し、課題解決に向けて空間 ID の紐付けが必要な情報（地物等）を検討した。検討結果は遠隔操作を伴う建機マシンガイダンスに機能として組み込むことを想定し、基本機能の検討を行うと共に、施工の有識者やインフラ設備の施工事業者へヒアリングすることで、その有用性を評価した。

#### 5.1.2 KGI・KSF・KPI

遠隔操作ユースケースの KGI（上位目標）・KSF（重要成功要因）・プロセス KPI（管理指標）の概要を図 5.1-1 に示す。

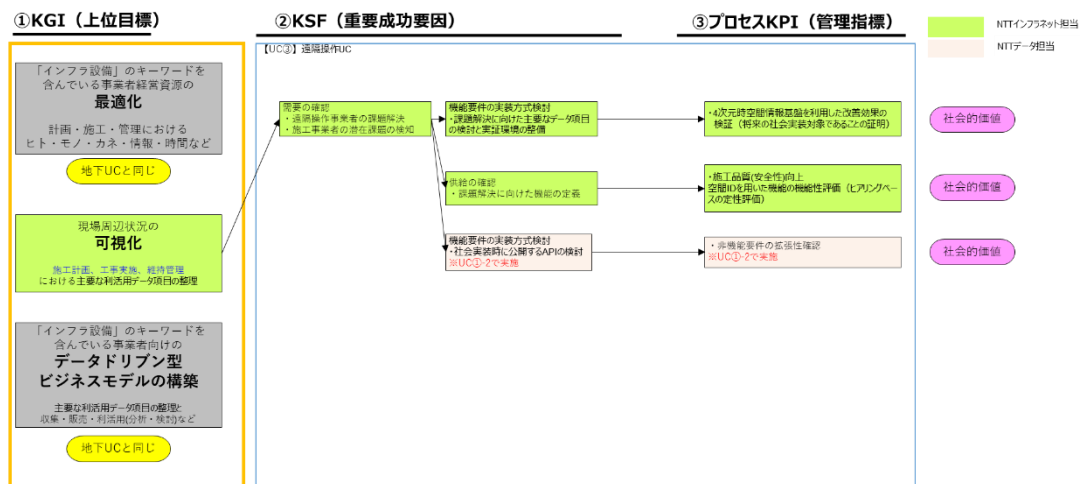


図 5.1-1 遠隔操作ユースケースの KGI・KSF・KPI

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

### （1） KGI（上位目標）

KGI としては以下の 3 点を設定した。

- ・ 「インフラ設備」のキーワードを含んでいる事業者経営資源の最適化：計画、施工、管理におけるヒト、モノ、カネ、情報、時間等
- ・ 現場周辺状況の可視化：施工計画、工事実施、維持管理における主要な利活用データ項目の整理
- ・ 「インフラ設備」のキーワードを含んでいる事業者向けのデータドリブン型ビジネスモデルの構築：主要な利活用データ項目の整理と収集、販売、利活用（分散、検討）等

### （2） KSF（重要成功要因）

KGI を達成するための KSF としては以下の 4 点を設定した。

- ・ 需要の確認：遠隔操作事業者の課題解決・施工事業者の潜在課題の検知
- ・ 機能要件の実装方式検討：課題解決に向けた主要なデータ項目の検討と実証環境の整備
- ・ 供給の確認：課題解決に向けた機能の定義
- ・ 機能要件の実装方式検討：社会実装時に公開する API の検討

### （3） プロセス KPI（管理指標）

プロセス KPI としては以下の 3 点を設定した。

- ・ 4次元時空間情報基盤を利用した改善効果の検証（将来の社会実装対象であることの証明）
- ・ 施工品質（安全性）向上：空間 ID を用いた機能の機能性評価（ヒアリングベースの定性評価）
- ・ 非機能要件の拡張性確認※地下埋設物ユースケース（システム）で実施

### 5.1.3 実施体制

遠隔操作ユースケースに関する調査、実証は、遠隔操作事業者（オオノ開発株式会社）の協力を得て実施した。



## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

### (1) 作業プロセス

遠隔操作ユースケースの作業プロセスの概要を図 5.1-2 に示す（関連する地上設備ユースケースの作業プロセスもあわせて掲載する）。

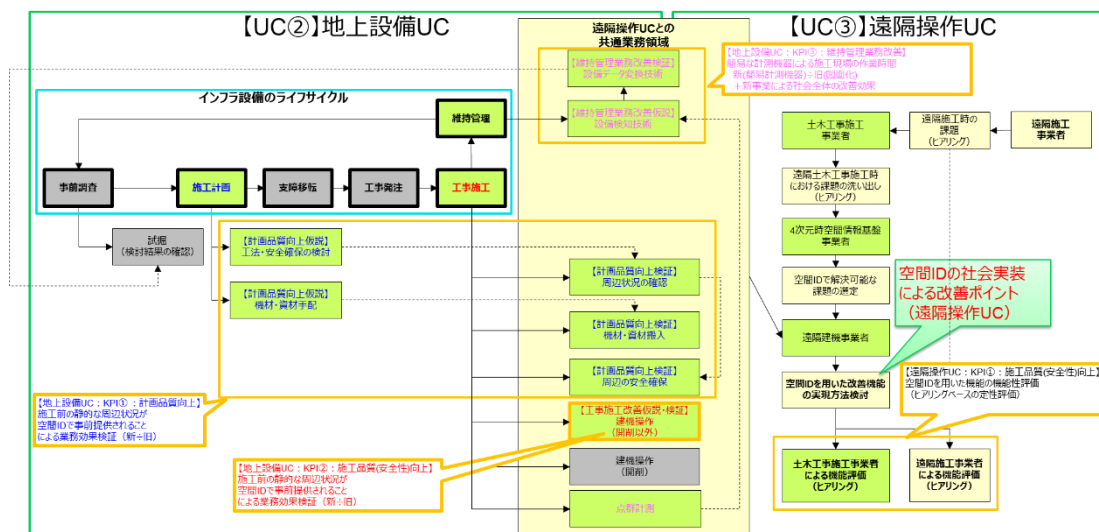


図 5.1-2 遠隔操作ユースケースの作業プロセス（地上設備ユースケースも含む）

#### 1) 検討計画の策定

遠隔から建機を操作して施工できる技術はすでに存在するが、現在、実際に地下埋設物及び地上設備を遠隔から建機を操作して施工している事業者は存在しない。そのため、遠隔操作ユースケースでは、地下埋設物及び地上設備以外の事業において遠隔から建機を操作している事業者から遠隔から建機を操作することの現状や課題をヒアリングすることにより検討を行った。

#### 2) 実証準備/関係者調整

遠隔操作事業者へのヒアリング後、地下埋設物及び地上設備の開削施工事業者に遠隔操作の課題を照会することで、建機を利用する異業種事業者である開削施工事業者の課題認識を確認した。遠隔操作建機の利用に関する直接的なメリット、デメリットや、異業種固有の条件を生かした間接的なメリット、デメリット等に基づき、開削施工事業者としての課題認識となり得る仮説を検討した。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

### 3) 机上検討の実施と結果

開削施工事業者が認識した課題に対し、空間 ID を活用した課題解決の仮説を検討した。この仮説に基づき、遠隔建機の開発事業者へ仮説機能の実現性、遠隔操作事業者、開削施工事業者へ仮説機能の妥当性をヒアリングした。ヒアリング結果を集計して総合的に評価を行い、4次元時空間情報基盤の運用開始により得られる実現性のある将来的な効果をまとめた。

### (2) 実証対象エリア

実証対象エリアは、実証で協力を得たオオノ開発株式会社の社屋を設定した（図 5.1-3）。



図 5.1-3 遠隔操作ユースケースの実証対象エリア

### (3) 実証概要

遠隔操作ユースケースの実施概要（実証実施日、実証地等）は表 5.1-1 の通りである。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 5.1-1 遠隔操作ユースケース実証概要

項目	概要
実証日	2023年12月18日（月）
実証地	愛媛県東温市見奈良 （伊予鉄道松山市駅より車で30分）
活用機材	

### 5.1.4 個別課題の調査方針（イロハ）

- (1) (イ) 遠隔操作を伴う工事・点検に必要なとなる空間情報の種類・データ項目・粒度・リアルタイム性その他詳細

遠隔操作を伴う工事、点検に必要なとなる空間情報の種類、データ項目、粒度、リアルタイム性やその他詳細について検討した。

- (2) (ロ) (イ) で必要とされるデータを取得する建設機械その他工事・点検に必要な機器

(イ) で検討したデータを取得する建設機械その他工事、点検に必要な機器（遠隔操作に対応したパワーショベル等）について検討、整理した。

- (3) (ハ) (イ) のデータが取得できた場合の工事・点検作業の生産性及び安全性向上の程度

(イ) で検討したデータが取得できた場合の工事、点検作業の生産性及び安全性向上の程度について検討した。

## 5.2 実施結果

### 5.2.1 実施結果の概要

実証結果の概要を図 5.2-1 に示す。遠隔施工事業者への課題ヒアリングにより、遠隔土木工事施工時における課題の洗い出しを行った上で、空間 ID を用いた改善機能の実現方法を検

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

討した。その後改善策の実証による機能評価として、土木工事施工事業者、遠隔施工事業者に対するヒアリングを実施した。

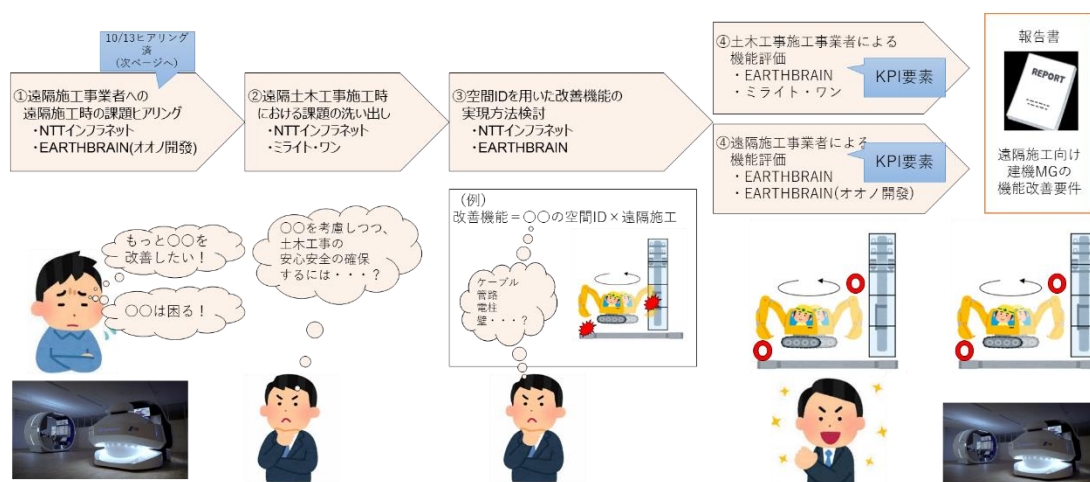


図 5.2-1 遠隔操作ユースケースの実施概要

### 5.2.2 KPI の達成度

- (1) 4次元時空間情報基盤を利用した改善効果の検証（将来の社会実装対象であることの確認）

遠隔施工では、建機の動きが通常の施工と変わらないことが前提として求められるが、そのうえで、遠隔操作にマシンガイダンス機能を追加する等、現場と遠隔で得られる情報の違いを埋める追加情報（空間ID等）を作業者が利用しやすいかたちで提供することにより、以下のようなサービスを実現することが可能と評価できる。

- ・ 作業場所のメリットを生かした対応（ゼロからプラスとなる施工事業への新たな付加価値提供）
- ・ 作業者の熟練度に依存しにくい対応（マイナス課題からゼロになる解決）

- (2) 施工品質（安全性）向上：空間IDを用いた機能の機能性評価（ヒアリングベースの定性評価）

前提として、建機の周囲360度を見ることが出来るハードウェア（カメラ等のセンサー類）、ソフトウェア（アプリケーションを含むアーキテクチャ）の整備や、侵入アラートが必要であることを確認した。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

これを踏まえ、現在の施工品質（安心・安全）を維持できる施工環境（ハードウェア、ソフトウェア、データ）を整えることで、労働人口の減少に対応した施工業務（作業）の維持に貢献することが可能と考えられる。

### （3） 作業効率の向上

通常の施工現場では、建設機械1台につき操縦者1名を現場に同行させるが、開削した際に発生する土砂をダンプカー等で搬出する場合はダンプカーが施工現場にいない時間が待ち時間となる。この場合、操縦者は建設機械を操縦できないため、その他の作業に従事するかその場で待機となることが多い。このような状況は、操縦者は自身が得意とする技能と異なる作業を担当するため、時間、費用を含むコスト面で非効率的である。

遠隔操作システムを施工現場に導入できた場合、操縦者は現場に同行する必要がなくなる。そのため、1日に複数の施工現場を受け持つ施工事業者の場合、開削した際に発生する土砂をダンプカー等で搬出する場合はダンプカーが施工現場にいない間は別の現場の建設機械を操縦するスケジュールを組むことが可能になる。

なお、遠隔操作システムの事業者が独自に調査した結果から、遠隔操作システムを用いた建設機械の操作は通常の建設機械の操作と比べておよそ10～30%ほど作業効率が落ちることが分かっている。これは通常の建設機械であれば人が機械を直接操作できるが、遠隔操作では人がシステムと通信を通じて機械を操作していることに起因した、いわば「コミュニケーションコスト」とも言える。コミュニケーションコストも踏まえた上で、施工に関する作業時間を机上検討しその効果を以下の通り検証した。

遠隔施工の場合、通信を通じた遠隔操作によるコミュニケーションコストにより、建機操作時間が通常施工と比較して1.25倍になると仮定すると、遠隔施工の場合、通常施工と比較して作業時間が1.25時間（25%）削減できる（表 5.2-1）。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 5.2-1 通常施工と遠隔施工での1現場あたりの作業時間の比較

項目	通常施工	遠隔施工	備考
1現場あたりの建機操作時間	3時間	3.75時間	遠隔施工の場合、通信を通じた遠隔操作によるコミュニケーションコストにより、建機操作時間が通常施工と比較して1.25倍になると仮定。
1現場あたりの待ち時間	1時間	0時間	開削した際に発生する土砂の搬出時等の待ち時間。 遠隔施工の場合、連続して別の現場での操縦が可能。
1現場あたりの移動時間	1時間	0時間	遠隔施工の場合、連続して別の現場での操縦が可能。
1現場あたりの作業時間（合計）	5時間	3.75時間	遠隔施工の場合、通常施工と比較して作業時間が1.25時間（25%）削減。

これを前提として、操縦者の1日の作業時間及び1日で必要になる建機操縦者数の削減例を以下に示す。日本における年間の道路工事件数を99,893件（国土交通省「建設工事受注動態統計調査（令和4年度）」より設定）、通常施工で必要になる建機操縦者数を1人と仮定する。また、前述の机上検討結果による1現場あたりの作業時間の削減を踏まえ、1日あたりの作業現場数を通常施工の場合は1件、遠隔施工の場合は2件とする。この場合、建機操縦者の1日の作業時間を30分短縮しつつ、必要になる建機操縦者数を3分の2に削減することが可能になる（表 5.2-2、表 5.2-3）。

表 5.2-2 遠隔施工の導入による建機操縦者の1日の作業時間の短縮

項目	通常施工	遠隔施工
1現場あたりの作業時間（合計）	4時間	2.5時間
1日あたりの作業現場数	1件	2件
1日の作業時間	8時間	7.5時間
	30分短縮	

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 5.2-3 遠隔施工の導入による必要建機操縦者数の削減

必要建機操縦者数	閑散期	通常期	繁忙期
1年間における施工発注量の比率（仮定）	5%	40%	55%
1年間における営業日数の比率（仮定）	20%	50%	30%
1日あたりの施工発注者数（件）	104	333	763
通常施工で必要になる建機操縦者数（人）	104	333	763
遠隔施工で必要になる建機操縦者数（人）	53	167	382
通常施工と遠隔施工の建機操縦者数の差	1/2に削減		

### 5.2.3 個別課題の調査結果（イロハ）

- (1) (イ) 遠隔操作を伴う工事・点検に必要となる空間情報の種類・データ項目・粒度・リアルタイム性その他詳細

本課題に関連する遠隔施工事業者（オオノ開発株式会社）へヒアリング結果を表 5.2-4 に示す。

遠隔操作については、死角の存在や視覚的な距離感の把握への要望、活用できるエリア等の条件に対する評価が得られた。また、計画と現場の乖離として、解体現場の図面、地質の情報、地下の状況等についての指摘があり、BIMデータの活用による解決に関する示唆が得られた。

遠隔操作における空間情報の種類、データ項目、粒度については、このような評価を踏まえて検討、設定していくことが必要と考えられる。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 5.2-4 遠隔操作ユースケースに関する事業者の評価（遠隔操作で取り扱う情報・計画と現場の乖離）

観点	主な評価
遠隔操作で取り扱う情報	<p>周りの通行人が本当にいないか不安がある。現在は旋回しないと左右は見えない。俯瞰カメラはあるが死角がある。</p> <p>遠隔操作をするときは立体感がほしい。数字ではなく、視覚的な距離感で把握したい。</p>
計画と現場の乖離を埋めるための情報	<p>解体現場の地図・図面がない。現場で不明なマス等があると困る。重機が落ちる事故もある。</p> <p>現場の地質の情報がほしい。特に地下水に関する情報が重要。</p> <p>前に解体した時の支柱が障害となる場合がある。</p> <p>最近の高層マンションでは、基礎が深すぎ、硬すぎのため、重機の性能（パワー、サイズ等）に影響する。</p> <p>地下の状況が分からないと手掘りになってしまう。基礎に水道管を巻き付けているケースも多くある。</p> <p><b>BIM</b> データがあると解体計画もしやすい（計画と現場の乖離という点においては一役買う可能性がある）。</p>

### (2) (ロ) (イ) で必要とされるデータを取得する建設機械その他工事・点検に必要な機器

本課題に関連する遠隔施工事業者（オオノ開発株式会社）へのヒアリング結果を表 5.2-5 に示す。

通信環境については、通信環境の構築費用、5G の電波的な特性、手軽さに関する評価が得られた。また、建機マシンガイダンスの警告をより分かりやすくすることへの要望を確認した。

遠隔操作における建設機械や機器については、このような評価を踏まえて検討、設定していくことが必要と考えられる。



## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 5.2-5 遠隔操作ユースケースに関する事業者の評価（建機・通信環境）

観点	主な評価
建機	現在の ICT 建機は使えるエリアや条件の制約がある。大規模工事で使用する大型機器の場合、鉄板の上しか動かないので、ルール化しやすいかもしれない。 アラームのなりすぎは困る。警告の種類がわからない。音声案内のような警告の方がよい。
通信環境	遠隔操作に必要なツールは揃っているが、関係主体が多すぎて手軽さがない。遠隔操作が業界の当たり前のことになり、かつ、ゲーム感覚で使えるように実現できるとよい。 5G クラスの回線速度を持つ基地局が必要になるが、1つ作るのに高額な費用がかかってしまう。 5G の電波的な特性が直線的なため、遮蔽物があると機能不全になる。

### (3) (ハ) (イ) のデータが取得できた場合の工事・点検作業の生産性及び安全性向上の程度

本課題に関連する遠隔施工事業者（オオノ開発株式会社）へのヒアリング結果を表 5.2-6 に示す。

実用性を踏まえた開発要件の整理や、解体現場において運用が困難になる、又は安全性に懸念が生じる具体的な状況について把握した。また、現場の人材がスキルを習得するための時間の確保や建設事業者と解体事業者の間の連携等、実装を想定する場合の課題についても明らかになった。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 5.2-6 遠隔操作ユースケースに関する事業者の評価（現場の課題解決に向けて・課題現場での課題への対応・その他）

観点	主な評価
現場の課題解決に向けて	<p>安全装置が邪魔になるケースもある。</p> <p>ソフトウェア開発の要件が実態に即していないために発生する場合がある。実態に即した状態で開発要件を整理できれば、安全装置の開発要件も変わるため、改善される可能性がある。現状は現場に合わせてケースバイケースで対応していることがほとんどであると思われるため、ここを詳細に説明できれば実用に足るソフトウェアが生まれてくると考えられる。</p> <p>現場の人がモノづくりの方がよいが、開発スキル習得や習得に要する時間の確保が課題である。</p>
解体現場での課題への対応	<p>擁壁の場合 L 字のものは注意する（壊してしまうと高額な支払いが発生する）。</p> <p>建物の基礎杭に係る情報もほしい。大きさ・形・本数等。基礎杭は傷めずに抜きたい。</p> <p>地上の場合、壁と壁が近い建物は課題である。解体する時に人がいないと数センチの差異が怖い（遠近感がほしい）。</p> <p>遠隔だと十分な感覚が把握できない。最近の基礎は固いものが多く、どの程度の力をかければよいか分からない。</p> <p>杭を抜くときに斜めに抜いてしまうと近隣の管にかかる圧力が変わる。電線と家の屋根が近い場合は作業がしづらい。</p> <p>解体した際にでる産業廃棄物の詰め込み作業で、旋回範囲の大小により、後方に留意する必要がある。</p> <p>工場内の部分解体も課題が多い。</p> <p>地下に埋まっているタイプの立体駐車場の解体も課題が多い。エレベーターが地下まで到達している場合、解体がはじまるとどこにエレベーターシャフトがあるのかわからない（ピットに落ちるという事例と同義）。</p> <p>地下での解体作業が必要で重機を構内に入れて解体する場合、自身の解体作業で周囲が崩れないか不安である。</p>
その他	<p>ゼネコンや建設事業者等の「ビルを建築する側」と、解体事業者等の「ビルを解体する側」が情報交換するような場面はあるとよい。</p> <p>ビルやインフラ設備を含む、構造物のライフサイクルイベント（設計→建築→解体まで）には、<b>BIM</b> といった図面を使えるかたちで残しておくことが重要。ただ残すだけでなく、使い方も考えて残す必要がある。</p>

### 5.3 考察

#### 5.3.1 ユースケース全体の考察

遠隔操作ユースケースにおける調査検討、実証の結果に対する考察は以下の通りである。

- ・ 遠隔操作システムに建機マシンガイダンスを連携させ、作業範囲内の地上設備データ及び掘削時の地下埋設物情報の4次元時空間情報を、遠隔操作時においても利用して施工することが将来的に可能と見込めることが確認できた。
- ・ 施工現場に応じて、建設機械周辺にセンサー類を取り付け、空間ID（4次元時空間情報）を現場の障害物として認識させることで、作業員やガードマン等の人材に依存しない現場周囲の安全対策が可能となることも確認できた。
- ・ 一方、遠隔での地上設備、地下埋設物に係る工事实施のためには様々な課題があることも確認できた。今後、これらの課題に対応し、遠隔操作を普及させていくことが期待される。
- ・ 空間IDを用いた施工設計は遠隔操作システムと似ている。情報の信頼度（鮮度・精度）を高めることで、施工設計における現地調査を減らす効果が期待される。

#### 5.3.2 個別課題の調査結果に対する考察（イロハ）

- (1) (イ) 遠隔操作を伴う工事・点検に必要な空間情報の種類・データ項目・粒度・リアルタイム性その他詳細

- 1) 空間情報の種類

遠隔操作ユースケースにおいても、ベースとなる情報として地下埋設物ユースケースや地上設備ユースケースで整理した情報がすべて必要であると考えられる。これに加え、遠隔操作ならではの必要となる情報（※）も確認できたため、これを加えて情報を整理、整備していくことが必要と考えられる。

※例：油圧ショベル操作時における操作レバーの手ごたえから得られる情報や油圧ショベル周囲の死角に対する安全確認等。

- 2) ボクセルサイズ

正確性確保の観点で一定の細かさによるボクセルの作成が必要である一方で、細かすぎるサイズのボクセルでは作業に支障をきたしたり、事故を発生させたりするリスクがあるため、適切な粒度又は段階的な粒度のボクセルサイズの設定、調整が必要である。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

### 3) リアルタイム性

ヒアリング結果から、高度なリアルタイム性は求められないものと考えられるが、施工性や安全性確保のため、一定のリアルタイム性確保は必要と考えられ、活用する情報通信環境の選定も含め、適切な設定を検討することが必要と考えられる。

### (2) (ロ) (イ) で必要とされるデータを取得する建設機械その他工事・点検に必要な機器

遠隔操作システムの利用者からヒアリングした結果、来年度の以降の要望点、課題点が確認されたため、その項目を纏めるとともに、遠隔操作の課題点について表 5.3-1 の通り整理した。通信環境については、安全性の観点から、高い反応性、安定性が求められる。

表 5.3-1 遠隔操作システムにおける要件（通信環境）

項目	ヒアリング結果	必須事項	目標（指針）
通信環境	遠隔施工では通信環境が生命線となる。	安定した通信環境にて作業を行う必要がある。	ICT 建機を利用可能にする通信環境をキャリア、通信方式（無線・有線）問わず対応可能とする。

### (3) (ハ) (イ) のデータが取得できた場合の工事・点検作業の生産性及び安全性向上の程度

省人化、作業効率化、安全対策に関する遠隔操作の課題点について表 5.3-2 の通り整理した。人材の高齢化を見据えた作業の低減や省力化、現場と遠隔で得られる情報の違いの最小化、さらなる施工品質の向上に資するハードウェア、ソフトウェア、データの整備等が今後の課題である。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

表 5.3-2 遠隔操作システムにおける要件（省人化・作業効率化・安全対策）

項目	ヒアリング結果	必須事項	目標（指針）
省人化	高齢化対策が必要。施工現場（3K等）から事務所内勤務（新3K等）に変わる等、作業者の労働条件が変化している。	遠隔操作時の作業の低減や省力化を行うことが必要である。	俯瞰カメラ、映像配信、ドローン等により、人が減っても、建機周囲を確認する手段を1つ以上採用する事が望ましい。
作業効率化	遠隔施工においても、建機の動きが通常の施工と変わらないことが大前提である。	作業範囲内の構造物及び掘削時の地下埋設物情報を遠隔操作時においても確認させることが必要である。	遠隔操作にマシンガイダンス機能を追加する等、現場と遠隔で得られる情報の違いを埋める追加情報（空間ID等）を作業者が利用しやすいかたちで提供することで、 ①作業場所のメリットを生かした対応（ゼロからプラスとなる施工事業への新たな付加価値提供） ②作業者の熟練度に依存しにくい対応（マイナス課題からゼロになる解決）を同時に加味した施工環境提供サービスを実現する。
安全対策	建機の周囲360度を見ることが出来るハードウェア（カメラ等のセンサー類）・ソフトウェア（アプリケーションを含むアーキテクチャ）の整備や、侵入アラートも必要である。	施工現場に応じて、建機周辺にセンサー類を取り付け、空間ID（データ）を現場の障害物として認識させることで、作業員やガードマン等の人材に依存しない現場周囲の安全対策を可能にすることが必要である。	現在の施工品質（安心・安全）を維持できる施工環境（ハードウェア・ソフトウェア・データ）を整えることで、労働人口の減少に対応した施工業務（作業）の維持に貢献する。

## 5 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（遠隔操作）

### 5.4 今後の展望

今回の実証では、遠隔操作による施工により、作業場所のメリットを生かした新たな付加価値の提供や作業者の熟練度に依存しにくい対応の実現可能性を確認した。

施工現場の調整が必要になるものの、将来的には遠隔操作による施工により、1人のオペレータが複数の現場を担当することで、インフラ設備の更新に必要な土木工事の件数は増加、土木設計及び施工サービス業界の労働人口減少にも寄与することが可能と考える。

一方で、実装に向けては計画と現場の乖離や通信環境に関する課題、その他の実運用上の課題も同時に明らかになった。今後は技術の向上に向けた取組に加え、実運用を想定した場合の課題解決に向けた検討も同時に進めていく必要がある。

## 6. 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### 6.1 実証内容

#### 6.1.1 目的・狙い

##### (1) ユースケースの現状と課題

災害対応のサイクルは図 6.1-1 に示す通り、「予防・減災」、「事前準備」、「災害応急対応」及び「復旧・復興」の4つの局面から構成される。これらの災害対応の各局面において適切な活動を行うことが総合的な防災政策の観点で重要とされる。そこで、適切な活動のために事前情報は不可欠であり、必要な情報が必要なタイミング・粒度・形式で整備され情報を要求する者へ提供されることが、災害時の混乱を軽減しつつ、効率的・効果的な災害復旧活動を実現することに繋がる。このように、迅速で質の高い情報流通が災害からの早期復旧には不可欠である。しかし一方で、災害時の情報流通は煩雑かつ迅速性や共有性が乏しく、復旧活動への情報利用が極めて困難であることが大きな問題となっている。この問題解決のため、災害時に様々な IoT 機器等から被害状況や復旧作業状況に関する空間情報を取得し、復旧活動に取り組む事業者・自治体・政府に対して、必要な範囲で鮮度及び正確性に優れたデータをリアルタイムに提供することで、災害からの早期復旧に向けたアクションに繋げることが求められている。

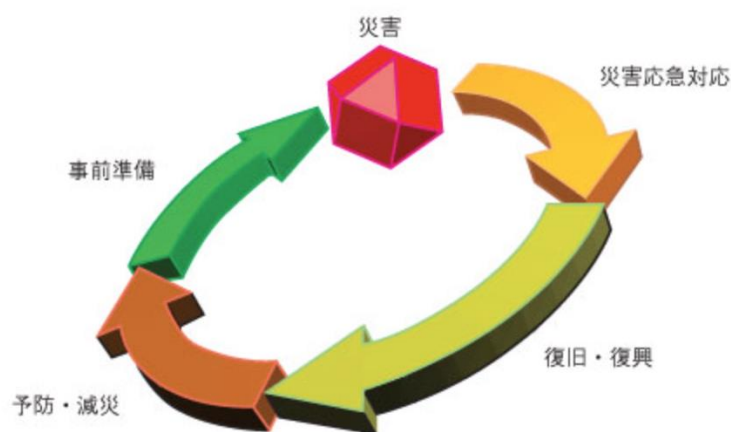


図 6.1-1 災害対応のサイクル<sup>20</sup>

一般に災害時の活動においては平時以上の活動・パフォーマンスは見込まれない。また、不慣れたオペレーションを災害時に求めることもパフォーマンスを欠く要因とな

<sup>20</sup> 出典：「平成 17 年版防災白書」図 4-1-5（内閣府より）

<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h17/index.htm>

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

る。そのため、平時に利用している仕組みを災害時にも活用することで、習慣化された運用による災害対応活動の混乱回避や仕組みの新設・運用コストの低減が可能となるため、フェーズフリーやデュアルユースという運用が求められる。4次元時空間情報基盤によるインフラ情報管理や情報流通の仕組みが実現している将来、その仕組みが災害時にも利用でき、災害対応に寄与することが望まれる。一方で、平時と災害時では仕組み（4次元時空間情報基盤や空間情報サービスを含む）に求められる機能・性能要件が異なるため、デュアルユースを想定する場合の仕組み作りには、平時運用と同様に災害時の情報管理・流通に求められる要件を正しく整理することが課題である。

### (2) 調査スコープ

#### 1) 調査内容

本業務では、平時・災害時に収集されるインフラ設備やその他情報が空間 ID 及びそれに紐づく属性情報として4次元時空間情報基盤で管理されている将来像を想定し、それら情報に対する共有・利用のフロー及び情報流通による災害対応へ与える効果を明らかにしつつ、災害復旧対応に効果を発揮するユースケースを具体化することを目的とする。調査概念図を図 6.1-2 に示す。目的達成のために調査が必要と考えられる課題事項を以下に示す。

(イ) 復旧作業に必要なとなる空間情報：復旧作業に必要なとなる空間情報について、その情報要求者・情報提供者・情報の項目・粒度（空間的粒度・時間的粒度）・リアルタイム性（情報入手のタイミング）の特定。

(ロ) データを取得する IoT 機器等：復旧作業に必要なとなる空間情報の諸元データについて、情報項目及び提供者ごとの取得方法や用いる IoT 機器の特定。

(ハ) 復旧作業の改善の程度：復旧作業に必要なとなる空間情報が取得でき、要求される情報流通が実現した場合の、復旧作業の改善の程度の特定。

上記の事項の調査結果を踏まえ、インフラ設備の情報が災害対応へ寄与するユースケースを特定するとともに、システムへの要求事項（データ設計要件や機能要件等）及び業務フローの考察を実施する。

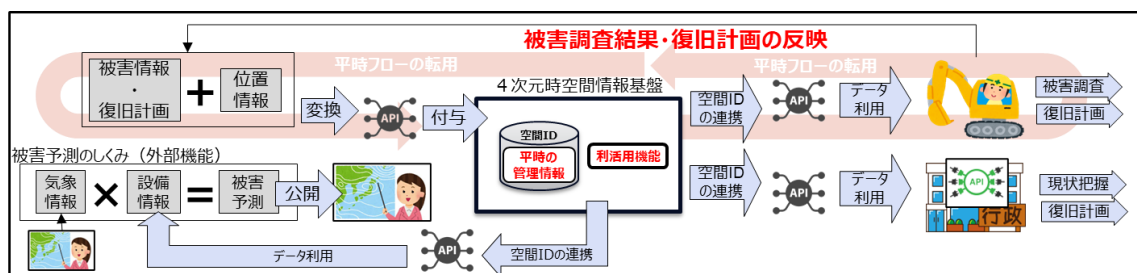


図 6.1-2 調査概念図



## 2) 調査対象とする災害

災害はその種類、規模及び地域によって多様であるが、特に「インフラ事業者の管理・取得情報が災害対応に必要となる」、「災害リスクが拡大傾向にある」という2つの理由から、調査対象とする災害を「内水氾濫及び浸水被害に伴うサービス停止被害」に焦点を当てる。同時に将来的なマルチハザードへの対応も鑑み、他種の災害への展開性も併せて調査することとする。

内水氾濫は、降雨量に対し都市の排水能力が追いつかない、又は河川水位の上昇により下水道から河川へ放流できない、という事象が原因で排水しきれなかった雨水が地上や地下空間に溢れ出して浸水を引き起こす現象のことである。内水氾濫の発生メカニズムを図 6.1-3 に示す。過去の事例として、令和元年台風第 19 号による被害では、15 都府県 140 市区町村で内水氾濫が発生し、全国で 4.7 万戸の浸水戸数のうち内水氾濫によるものは 3.0 万戸で、全浸水戸の 6 割以上が内水氾濫によるものであった。内水氾濫の発生メカニズムのうち、「内水の排除」という役割はインフラ事業者が管理する雨水管やポンプ場が担っている。すなわち、内水氾濫は、インフラ事業者の管理設備が災害発生要因のひとつとなる災害と言える。

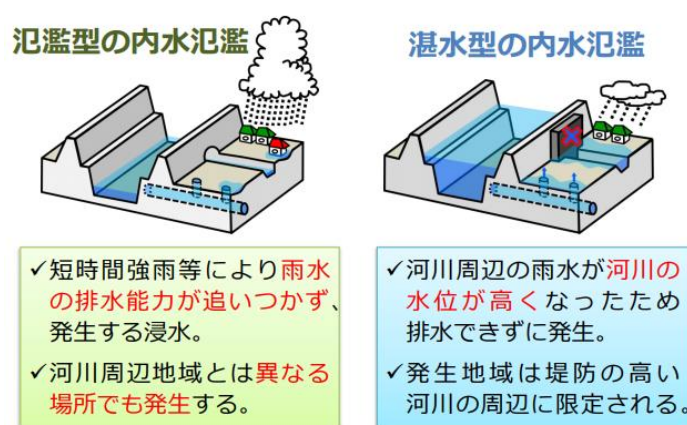


図 6.1-3 内水氾濫発生メカニズム<sup>21</sup>

近年、内水氾濫の発生リスク及び被害リスクが上昇傾向にある。近年の異常気象による降雨量・降雨頻度の上昇により、地表面に降り注ぐ降雨の瞬間量及び全量が増加している。一方で、日本全国で進む都市化は、雨水を浸透させる地表部が減り、地表による排水能力の低下に繋がる。また、開発が進む地下空間については、浸水及び被害拡大のリスクが高く、特に景観対策や地震災害対策で地中化が進むインフラ設備に至っては、

<sup>21</sup> 出典：気象警報とキキクル（危険度分布）（気象庁より）

[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/expert/pdf/warning\\_riskmap.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/expert/pdf/warning_riskmap.pdf)

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

その浸水によるサービス停止被害のリスクは無視できない状態である。浸水によるサービス停止の影響を図 6.1-4 に示す。

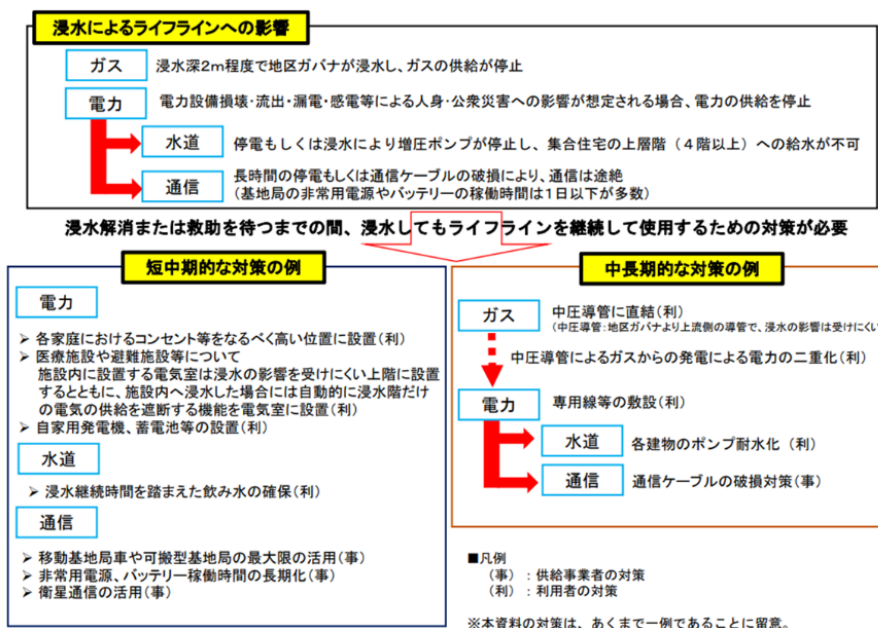


図 6.1-4 浸水によるサービス停止の影響<sup>22</sup>

### 3) 調査対象とする活動フェーズ

災害対応には発災前後様々なフェーズで議論がされるが、本業務では特に情報流通が必要になる期間を定義し、更に活動内容に応じて、3段階の活動フェーズを定義し調査をする。災害復旧対応から得られる効果を最大化するためには、早期の始動、効率的な情報収集及び効果的な計画立案が必須事項かつ情報流通の寄与が大きいと捉え、3段階の活動フェーズ「被害予測フェーズ」「災害情報収集フェーズ」「復旧計画策定フェーズ」を定義した。それらを表 6.1-1 に示す。「復旧計画策定」フェーズの直後には現場での復旧作業の開始が想定されるが、特に情報流通の要請が大きい前述の3フェーズにスコープを定めて調査を実施する。

<sup>22</sup> 出典：【内閣府 洪水・高潮からの大規模・広域避難検討WG】ライフラインの浸水対策（p.6）

<https://www.bousai.go.jp/fusuigai/kozuiworking/pdf/dai5kai/sankosiryoy2.pdf>

表 6.1-1 活動フェーズ

活動フェーズ	内容	時間軸の目安
被害予測フェーズ	発災数日前に実施する災害予測・被害予測の作成及び流通のフェーズ。	発災 1 週間～発災直前
災害情報収集フェーズ	災害直後から実施する被災エリア内の被害情報の収集及び流通のフェーズ。	発災直後～
復旧計画策定フェーズ	発災後の入手情報や平時からの管理情報を基に、実地作業の計画を策定するフェーズ。	復旧作業者の意思決定後～

### 6.1.2 KGI・KSF・KPI

4次元時空間情報基盤で共有された情報の活用により内水氾濫に対する復旧作業の改善の程度を評価するために、災害時の3フェーズ（被害予測フェーズ・災害情報収集フェーズ・復旧計画策定フェーズ）それぞれに対し設定したKGI（上位目標）・KSF（重要成功要因）・KPI（管理指標）の全体像を図6.1-5に示す。また、プロセスKPIに紐付くKPI目標値を表6.1-2に示す。

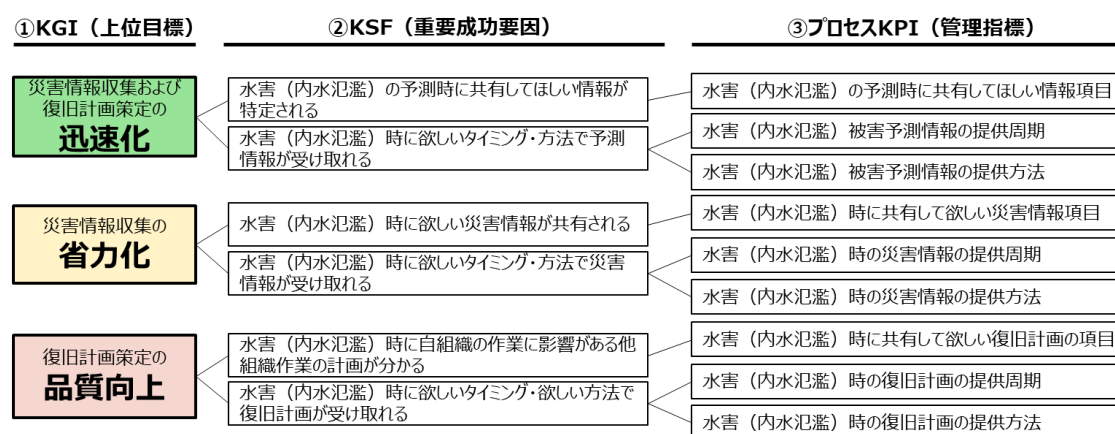


図 6.1-5 KGI・KSF・KPIの全体図

表 6.1-2 プロセス KPI と KPI 目標値

番号	プロセス KPI	KPI 目標値
1	水害（内水氾濫）の予測時に共有してほしい情報項目	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得すること。
2	水害（内水氾濫）被害予測情報の提供周期	情報提供タイミング（t1）と発災タイミング（t2）を比較し、 $t1 < t2$ が成立すること。
3	水害（内水氾濫）被害予測情報の提供方法	必要な情報流通方法について提供者・参照者の要求を獲得すること。
4	水害（内水氾濫）時に共有して欲しい災害情報項目	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得すること。
5	水害（内水氾濫）時の災害情報の提供周期	情報更新周期について参照者の要求を獲得すること。
6	水害（内水氾濫）時の災害情報の提供方法	情報収集作業の現稼働（c1）と新稼働（c2）を比較し、稼働削減率 $((c1-c2) / c1) > 0$ が成立すること。
7	水害（内水氾濫）時に共有して欲しい復旧計画の項目	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得すること。
8	水害（内水氾濫）時の復旧計画の提供周期	情報更新周期について参照者の要求を獲得すること。
9	水害（内水氾濫）時の復旧計画の提供方法	必要な情報流通方法について提供者・参照者の要求を獲得すること。

## (1) KGI（上位目標）

KGI（上位目標）として以下の3点を設定する。

- ・ 災害情報収集及び復旧計画策定の迅速化
- ・ 災害情報収集の省力化
- ・ 復旧計画策定の品質向上

## (2) KSF（重要成功要因）

KSF（重要成功要因）として以下の6点を設定する。

- ・ 水害（内水氾濫）の予測時（※2）に共有してほしい情報が特定される
- ・ 水害（内水氾濫）時に欲しいタイミング・方法で予測情報が受け取れる

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

- ・ 水害（内水氾濫）時に欲しい災害情報が共有される
- ・ 水害（内水氾濫）時に欲しいタイミング・方法で災害情報が受け取れる
- ・ 水害（内水氾濫）時に自組織の作業に影響がある他組織作業の計画が分かる
- ・ 水害（内水氾濫）時に欲しいタイミング・欲しい方法で復旧計画が受け取れる

### (3) プロセス KPI（管理指標）

プロセス KPI（管理指標）として以下の9点を設定する。

- ・ 水害（内水氾濫）の予測時に共有してほしい情報項目
- ・ 水害（内水氾濫）被害予測情報の提供周期
- ・ 水害（内水氾濫）被害予測情報の提供方法
- ・ 水害（内水氾濫）時に共有して欲しい災害情報項目
- ・ 水害（内水氾濫）時の災害情報の提供周期
- ・ 水害（内水氾濫）時の災害情報の提供方法
- ・ 水害（内水氾濫）時に共有して欲しい復旧計画の項目
- ・ 水害（内水氾濫）時の復旧計画の提供周期
- ・ 水害（内水氾濫）時の復旧計画の提供方法

### 6.1.3 実施体制

#### (1) 実施体制

調査実施体制を表 6.1-3 に示す。

表 6.1-3 実施体制

役割	実施体制（実施企業）
調査担当者 災害情報サービス有識者	株式会社 NTT データ

#### (2) 調査対象

ヒアリング対象事業者を表 6.1-4 に示す。

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

表 6.1-4 ヒアリング対象

種別	ヒアリング対象者	数
インフラ事業者	電力事業者	1 事業者
	通信事業者	1 事業者
	ガス事業者	1 事業者
	上水道事業者	2 事業者
	下水道事業者	2 事業者
自治体防災担当者	都道府県庁	1 自治体
	市役所	2 自治体 ※内 1 自治体は内水氾濫被害の実績を有す。

6.1.4 調査方針

調査フローを図 6.1-6 に示す。各工程の作業方針を以下に示す。

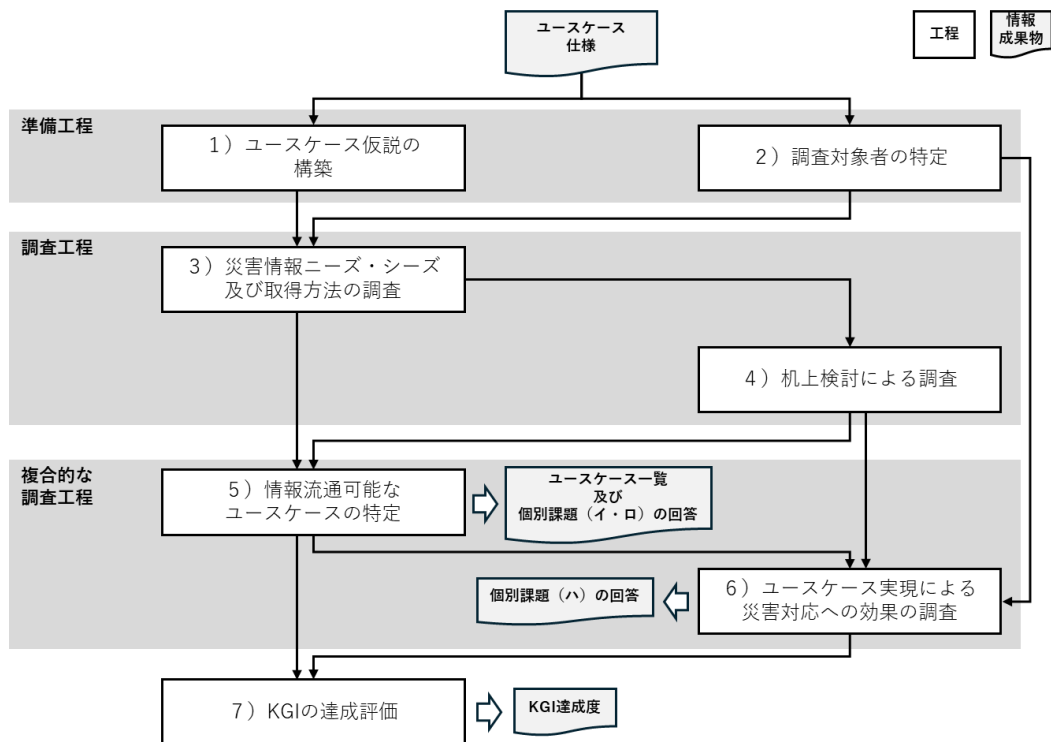


図 6.1-6 調査フロー

(1) 工程 1 : ユースケース仮説の構築

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

調査目的を前提に、災害情報サービス有識者とともに調査のたたき台となるユースケース仮説を立てる。ユースケース仮説の基本仕様は、以下の通りである。

- ・ インフラ事業者間の平時業務における情報管理・流通が既に運用されている状態を前提とする。
- ・ 本ユースケースにおける主たる流通情報は、インフラ事業者が入手及び管理可能なものとする。その他、現在入手活用が見込まれる情報（オープンデータ等）も対象とする。
- ・ インフラ事業者間の情報流通（平時から災害時への拡張ケース）、自治体防災担当者への情報流通（アクターの拡張ケース）を区別する。
- ・ 情報流通によって、自治体防災担当者・インフラ事業者の災害復旧作業が改善される（高速化・簡易化等）。

インフラ事業者と自治体防災担当者目線で立てたユースケース仮説の全体像を図 6.1-7、図 6.1-8 に示す。

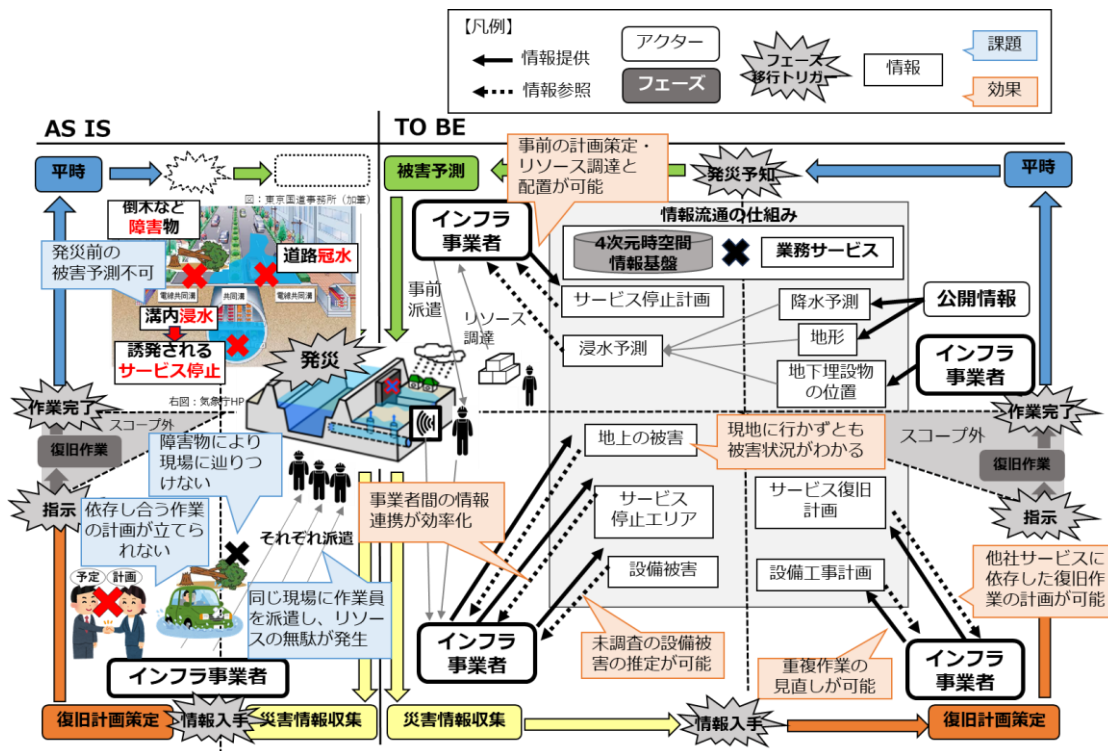


図 6.1-7 インフラ事業者目線のユースケース仮説全体像



6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

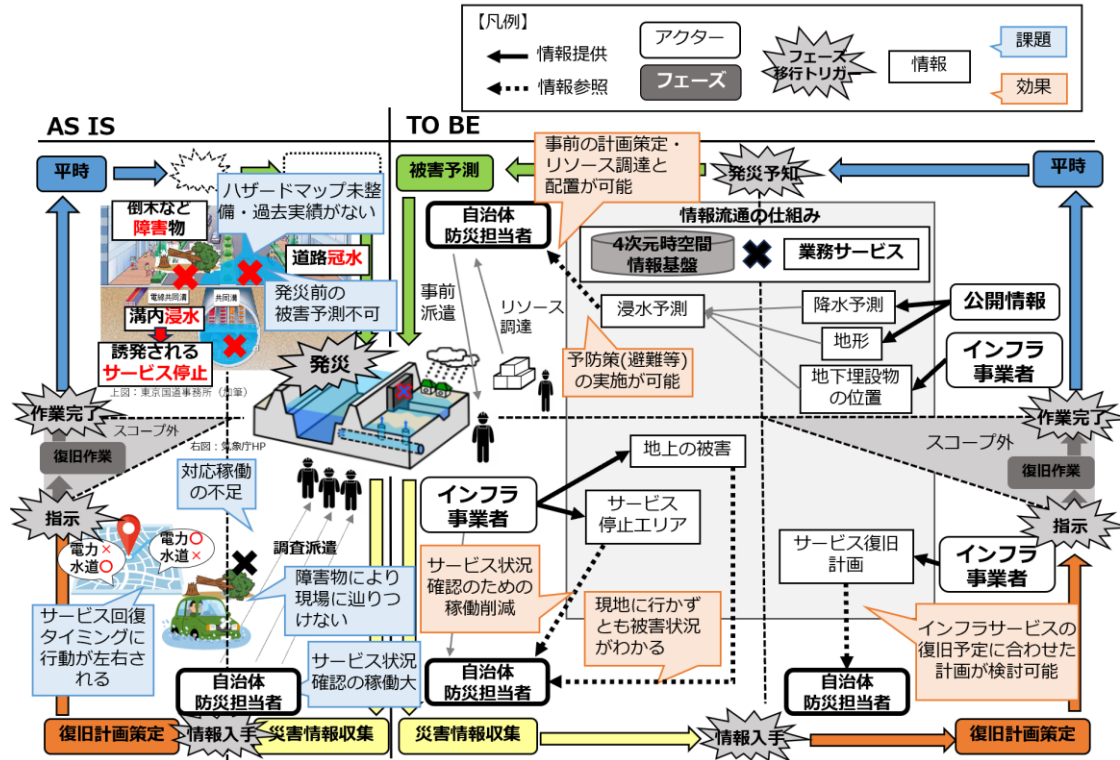


図 6.1-8 自治体防災担当者目線のユースケース仮説の全体像

(2) 工程 2：調査対象者の特定

具体化したアーキテクチャの仕様に基づき、想定される情報提供者（インフラ事業者）及び情報参照者（インフラ事業者、自治体防災担当者）を特定し、ヒアリングの設定をする。

(3) 工程 3：災害情報ニーズ・シーズ及び取得方法の調査

情報参照者へヒアリングを実施し、復旧作業に必要な情報のニーズを特定する。情報提供事業者へヒアリングを実施し、復旧作業に必要な情報（もしくは要素情報）のシーズを特定する。

(4) 工程 4：机上検討による調査

ヒアリング等の結果より机上検討・計算をする。

(5) 工程 5：情報流通可能なユースケースの特定



## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

情報提供者からのシーズを前提に、情報参照者へ流通可能な災害復旧支援情報を検討し、具体ユースケースごとに整理する。また、ユースケースを実現させるための4次元時空間情報基盤への要求事項を検討する。本工程の結果から、6.1.1（2）で定義した3つの課題事項のうち、課題（イ）及び課題（ロ）の回答を特定する。

### （6） 工程6：ユースケース実現による災害対応への効果の調査

工程5にて特定されたユースケースごとに、情報参照者の復旧作業の改善の程度を評価する。調査は情報参照者へのヒアリング及び机上検討によって実施する。本工程の結果から、6.1.1（2）で定義した3つの課題事項のうち、課題（ハ）の回答を特定する。

### （7） 工程7：KGIの達成評価

工程5及び工程6の結果を踏まえ、6.1.2で定義したKGIの達成度評価を行う。

## 6.2 調査結果

6.1.4で示す調査フローに従って調査を実行し、得られた結果（図6.1-6に示す成果物）を以下に示す。

### 6.2.1 調査結果の概要

インフラ事業者及び自治体防災担当者を対象に災害復旧対応の改善効果を発揮するユースケースについて、10点のユースケース及びその内容、9点の必要な情報及びその仕様が特定された。特定されたユースケース実現によって、表6.1-4に示す全ての調査対象者が災害復旧対応への改善効果を獲得できることを確認した。更に、各ユースケースの業務フロー及び情報仕様から4次元時空間情報基盤への要件を具体化した。

### 6.2.2 調査プロセス

本業務はヒアリングを主とし実施し、一部の事項については机上検討より調査をした。ヒアリングは表6.1-4に示すインフラ事業者に対して計2回、自治体防災担当者に対して計1回実施し、調査スコープに示した災害種別及び活動フェーズにおける情報ニーズと情報シーズを調査した。10点のユースケースのうち一部の情報流通シーンについて、情報変換の可能性、情報流通のタイミング、情報流通に発生する稼働量について机上検討を実施した。ヒアリング及び机上検討調査の結果を踏まえ、実現が期待されるユースケース及びそこから得られる災害復旧対応への改善効果を特定した。

### 6.2.3 調査結果

災害復旧対応に効果を発揮するユースケースは、表 6.1-1 に示す 3 フェーズにおいて、インフラ事業者間の情報流通に関するユースケースとして 7 点、自治体防災担当者への情報流通に関するユースケースとして 3 点の計 10 点を特定した。特定したユースケースの一覧を表 6.2-1 に示す。

各ユースケースについて、①ユースケース内容（概要、業務フロー、提供情報及び参照情報の仕様）、②災害復旧対応への改善効果、③机上検討の結果（ユースケースに応じて実施）、④空間 ID 利用の利点、⑤ 4 次元時空間情報基盤への要求事項を以下に示す。但し、①を示すなかでユースケース実現に必要な業務サービスが実在しない場合はそのサービス名称を（仮）サービスと示す。

表 6.2-1 ユースケース一覧

項番	区分	フェーズ	ユースケース名
1) ①	インフラ事業者間の情報流通	被害予測フェーズ	「内水氾濫による浸水予測情報」の流通
1) ②		被害予測フェーズ	「サービス停止計画情報」の流通
1) ③		災害情報収集フェーズ	「地上の被害情報」の流通
1) ④		災害情報収集フェーズ	「設備の被害情報」の流通
1) ⑤		災害情報収集フェーズ	「サービス停止情報」の流通
1) ⑥		復旧計画策定フェーズ	「設備工事計画情報」の流通
1) ⑦		復旧計画策定フェーズ	「サービス回復計画情報」の流通
2) ①	自治体防災担当者への情報流通	被害予測フェーズ	「内水氾濫による浸水予測情報」の流通
2) ②		災害情報収集フェーズ	「地上の被害情報」の流通
2) ③		災害情報収集フェーズ	「サービス停止情報」の流通

#### (1) インフラ事業者の効果のあるユースケース

##### 1) 「内水氾濫による浸水予測情報」の流通ユースケース

###### ① ユースケース内容

被害予測フェーズにおいて、内水氾濫による浸水領域・浸水深を時系列情報として流通させる。本情報は、インフラ事業者より提供される雨水を排水する地下埋設物情報、公開される降水予測情報及び地形情報（DEM データ）を基に作成される。なお、降水予

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

測情報と地形情報（DEM データ）の諸元は限定しないが、実現性が公表されている技術や情報を前提とする。インフラ事業者が本情報を参照することで、災害発災前に予備動作を開始できる。そのため災害対応そのものを前倒しすることに加え、被害量の抑制にも繋がる効果を得られる。業務フローの概念図を図 6.2-1 に示す。

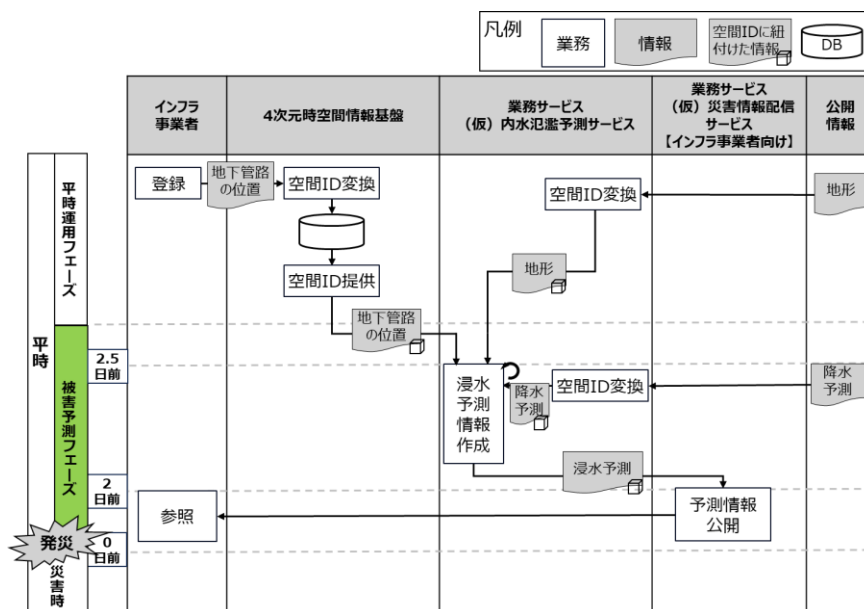


図 6.2-1 業務フロー：インフラ事業者への「内水氾濫による浸水予測情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-2 に示す。

表 6.2-2 情報仕様：「内水氾濫による浸水予測情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者 (下水道事業者)	地下埋設物（雨水管路）の位置	ズームレベル 26 <sup>23</sup>	指定なし	平時運用時に登録・更新 <sup>23</sup>	平時運用と同様
参照	インフラ事業者	内水氾濫による浸水領域・浸水深	水平方向：ズームレベル 20～21（道路特定ができる） 垂直方向：ズームレベル 26	10 分間隔	発災 12～48 時間前	ウェブビューア閲覧・ポータルサイトからのデータダウンロード

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、アクターの100%が提供可能だと示されている<sup>23</sup>。そして本ユースケース実現により改善効果が期待されるインフラ事業者の割合は100%だとわかった。また、ヒアリングにより最も多くのインフラ事業者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。但し、内水の排水能力を有すインフラ設備は管理者が分散しているケースがあり、本業務の対象としたインフラ事業者からの提供情報では予測範囲が限定的になる、という課題が確認されている。

#### <確認された主たる効果>

- ・ 発災後の人員配置、資材準備及び作業計画着手が2日前倒しされる（数値の根拠を6.2.3（1） 1）③に示す）

#### <確認されたその他効果>

- ・ 作業中の工事を発災前に中止できるようになり工事中の事故を未然防止できるようになる
- ・ 設備の防水対策を発災前に実施できるようになる
- ・ 自サービス停止予測エリアの精度が向上する

### ③ 机上検討の結果

内水氾濫推定の可否について検討する。内水氾濫による浸水領域・浸水深の計算は、ハザードマップ作成にも利用される浸水シミュレーションが示されている。浸水シミュレーションモデルの概念図を図6.2-2に示す。その中で必要な情報が、1時間あたり降水量・地形情報（DEMデータ）・地下埋設物情報であり、25mメッシュでの浸水評価が可能であることが分かっている。地下埋設物情報の粒度もズームレベル26であれば個々のマンホールが特定できるサイズであり、氾濫するマンホールの特定も期待できる。但し、地下埋設物情報は管理者が分散しているケースがあり、本業務の対象インフラ事業者からの提供情報のみの利用においては内水氾濫の予測可能範囲が限定的になる点に留意が必要である。

---

<sup>23</sup> 参考資料：【デジタルツイン構築に関する調査研究調査報告書】

[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426\\_policies\\_mobility\\_report\\_01.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/9f4e70e2-2335-4181-8293-258c12549d31/38cba97c/20230426_policies_mobility_report_01.pdf)

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

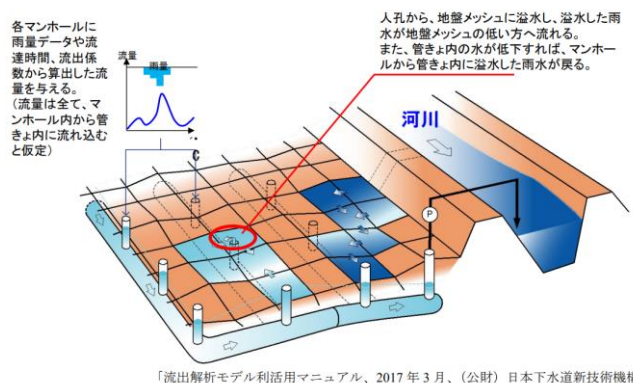


図 3-4 浸水シミュレーション（汎解析モデル）の概念図

### 図 6.2-2 浸水シミュレーションモデルの概念図<sup>24</sup>

内水氾濫情報提供タイミングについて検討する。降水予測情報は、気象庁より 15 時間前に 1km メッシュ / 1 時間間隔で発表される。更に 27 時間前に 50m メッシュ / 10 分間隔や 60 時間前におおよそ 0.5~1km メッシュ / 1 時間間隔で一定の確度で予測できる技術も実用されている。降水開始と内水氾濫発生の際に、降水量が雨水排水能力を超えるための時間が発生するため、内水氾濫の予測は遅くとも発災 60 時間（2.5 日）前の実施が見込まれる。したがって、おおよそ発災 2 日前に内水氾濫予測情報を流通させることが想定できる。

#### ④ 空間 ID 利用の利点

本ユースケース実現における空間 ID 利用の効果を以下に示す。

- ・ インフラ設備情報を許可された（仮）内水氾濫予測サービスの利用を実現（情報の秘匿化）
- ・ 浸水シミュレーションのためのデータ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ 浸水シミュレーション計算負荷の削減（情報の簡素化）

#### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表 6.2-3 に示す。

<sup>24</sup> 参考資料：内水浸水想定区域図作成マニュアル（案）（p.41）

[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/pdf/naisui\\_manual.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/naisui_manual.pdf)

表 6.2-3 システムへの追加要求事項：「内水氾濫による浸水予測情報」の流通

項目	項目
データ項目	なし
機能	(仮) 内水氾濫予測サービスへ設備情報（空間 ID）を提供する機能
更新頻度	10 分間隔
運用時間	平時より 24 時間 365 日

2) 「サービス停止計画情報」の流通ユースケース

① ユースケース内容

被害予測フェーズにおいて、サービス停止計画に関する情報を流通させる。一部のインフラ事業者は被害拡大を避けるために計画的なサービス停止措置を取るケースがある。特に平時運用や災害時作業との関連が強いインフラサービスについては、その停止計画情報の流通へのニーズが確認された。なお、ユースケースの対象はニーズが確認された一部のインフラサービスのサービス停止計画情報に限定される。本情報をインフラ事業者が参照することで、サービス停止に連動する事象に対する予備動作を開始できることから、災害対応そのものを前倒しするだけでなく、被害量の抑制にも繋がる効果を得られる。業務フローの概念図を図 6.2-3 に示す。

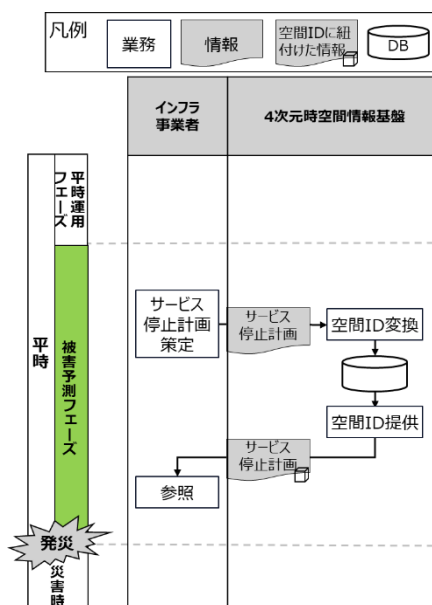


図 6.2-3 業務フロー：インフラ事業者への「サービス停止計画情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-4 に示す。

表 6.2-4 情報仕様：「サービス停止計画情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイ ミング)	流通方法
提供	一部のインフラ事業者	サービス停止計画情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	1 時間	計画策定後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード (インフラ事業者内システム経由)
参照	インフラ事業者	サービス停止計画情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	1 時間	計画策定後	4次元時空間情報基盤へのアクセス

## ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの 100%が提供の可能性がある（但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要）とわかった。そして本ユースケース実現により改善効果が期待されるインフラ事業者の割合は 92%だとわかった。また、ヒアリングにより最も多くのインフラ事業者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。

## ＜確認された主たる効果＞

- ・ サービス停止後の人員配置、資材準備及び作業計画を発災前に実施できるようになる

## ＜確認されたその他効果＞

- ・ 発災後の対応作業に必要な他インフラ事業者サービスの利用不可エリアを発災前に把握できるようになる
- ・ 他インフラ事業者サービス停止に伴う自サービスの停止を発災前に周知できるようになる
- ・ 他インフラ事業者サービス停止に伴う自サービスの停止計画を発災前に策定できるようになる
- ・ 優先的に自サービスを復旧させるエリアを特定できるようになる

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ③ 机上検討の結果

本ユースケースでは実施なし。

### ④ 空間 ID 利用の利点

本ユースケース実現における空間 ID 利用の効果を以下に示す。

- ・ サービス停止計画情報を許可されたインフラ事業者の利用を実現（情報の秘匿化）
- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）

### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表 6.2-5 に示す。

**表 6.2-5 システムへの追加要求事項：「サービス停止計画情報」の流通**

項目	項目
データ項目	（空間に紐づく）サービス停止計画情報
機能	4次元時空間情報基盤にサービス停止計画情報（空間 ID）を登録する機能
更新頻度	1 時間
運用時間	平時より 24 時間 365 日

## 3) 「地上の被害情報」の流通ユースケース

### ① ユースケース内容

災害情報収集フェーズにおいて、地上の被害情報を流通させる。インフラ事業者は IoT 機器のセンシングや通報等から設備異常を検知した後、実態調査のため現地の情報収集を開始する。オープンな空間の災害情報（被害が確認されたエリア周辺の写真や映像等）は誰でも獲得できる一方、インフラ事業者間での情報共有は稼働がひっ迫状況にあるという理由で実現できておらず、同じ情報を複数のインフラ事象者が獲得する作業を実施するという非効率性が確認される。

本情報はインフラ事業者より提供され、4次元時空間情報を介して他のインフラ事業者が参照することで、複数インフラ事業者の有する被害情報の効率的な把握を実現し、個々の情報収集の作業を省力化する効果が得られる。業務フローの概念図を図 6.2-4 に示す。



6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

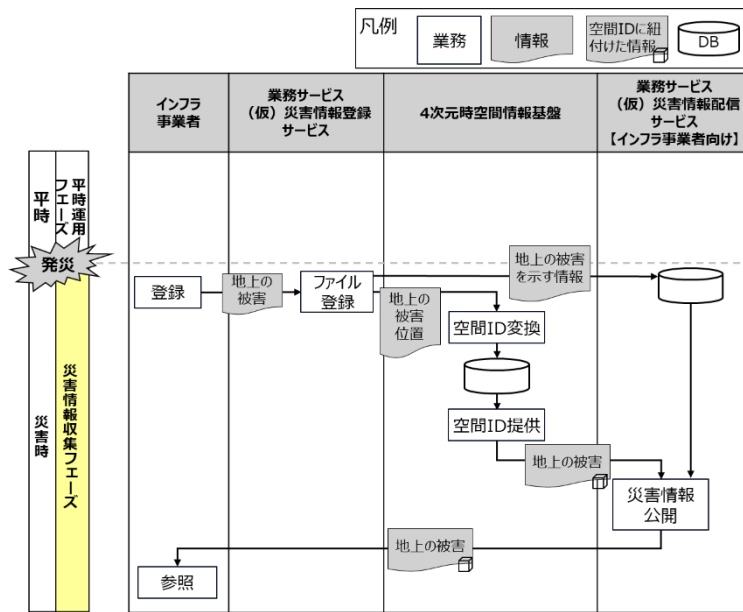


図 6.2-4 業務フロー：インフラ事業者への「地上の被害情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-6 に示す。

表 6.2-6 情報仕様：「地上の被害情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者	地上の被害情報 (情報取得位置 +被害の周辺状況を示す画像や 映像情報等)	ズームレベル 20~21 (道路特定ができる)	指定なし	情報収集後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード (インフラ事業者内システム経由)
参照	インフラ事業者	地上の被害情報 (情報取得位置 +被害の周辺状況を示す画像や 映像情報等)	ズームレベル 20~21 (道路特定ができる)	指定なし	情報登録後	ウェブビューワ 閲覧・ポータル サイトからのデータダウンロード

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの100%が提供の可能性がある（但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要）とわかった。そして本ユースケース実現により害復旧対応への改善効果が期待されるインフラ事業者の割合は100%だとわかった。また、本ユースケース実現によって得られる主たる災害復旧対応への改善効果を以下に示す。

- ・ 地上の被害情報確認工数が**55.9%**短縮できるようになる（数値の根拠は6.2.3（1）3）③に示す）

### ③ 机上検討の結果

本ユースケースにて得られる作業の稼働削減効果について検討する。対象とする作業は、インフラ事業者間で共有可能な全ての情報を各インフラ事業者内で利用できる状態にするために、インフラ事業者間で情報を相互共有する作業とする。対象とするインフラ事業者は5事業者（電力・通信・ガス・上水・下水）とする。評価方法は、従来の手法による稼働量（以下、従来の稼働量とする）とユースケースが実現した場合の手法による稼働量（以下、将来の稼働量とする）の比較をして、稼働量の削減度を調査する。

従来手法について述べる。情報要求者は電話・メール・FAX・訪問によって他インフラ事業者に被害情報を要求する（業務1）。情報提供者は要求方法に応じて情報を提供する（業務2）。情報要求者は取得情報を自組織で利用できるフォーマットに変換し、閲覧できる環境を整える（業務3）。稼働量が最大となるケースとして、訪問による情報要求を実施し、紙媒体で情報を取得したのち、紙媒体上で情報整理し閲覧するケースが想定される。上記の3業務を5事業者が対向する4事業者に対して実施する。各業務とその稼働量の仮定値を表6.2-7に示す。比較的稼働量の小さい業務については幅のある仮定値とする。

表 6.2-7 従来の手法によるインフラ事象者の業務の稼働量

項目	業務名	業務内容	手段別の稼働量の仮定値
業務 1	情報要求	情報要求者が電話・メール・FAX・訪問によって情報を要求する。	電話：1分～10分/回 メール：1分～10分/回 FAX：1分～10分/回 訪問：60分/回
業務 2	情報提供	情報提供者が電話・メール・FAX・現物提供もしくは口頭説明によって情報を提供する。	電話：1分～10分/回 メール：1分～10分/回 FAX：1分～10分/回 訪問者へ現物提供もしくは口頭説明：1分～10分/回
業務 3	情報整理	情報要求者が取得情報を自組織で利用できるフォーマットに変換し、閲覧できる環境を整える。	機械処理によるフォーマット変換及びシステム登録：15分/回 紙媒体の解読及び紙媒体への情報更新：60分/回

仮定値より従来の稼働量の最大値・最小値を算出する。結果を以下に示す。

- ・ 従来の稼働量（最小値）＝（1分＋1分＋15分）×4事業者×5事業者＝340分（/回）
- ・ 従来の稼働量（最大値）＝（60分＋10分＋60分）×4事業者×5事業者＝2,600分（/回）

ユースケースが実現した場合の手法について述べる。情報提供者は所持する情報を4次元時空間情報基盤に登録する（業務1）。情報要求者は4次元時空間情報基盤に情報をリクエストしレスポンスを受け取る（業務2）。情報要求者は取得情報をダウンロードし自組織システムへ登録もしくは用意されたビューワ機能で閲覧する（業務3）。但し、4次元時空間情報基盤及び空間情報サービスが正しく運用されている状態を前提とする。上記の3業務を5事業者が対向する4次元時空間情報基盤に対して実施する。各業務とその稼働量の仮定値を表 6.2-8 に示す。比較的稼働量の小さい業務については幅のある仮定値とする。

表 6.2-8 将来の手法によるインフラ事業者の業務の稼働量

項目	業務名	業務内容	稼働量の仮定値
業務 1	情報提供	情報提供者が所持する情報を 4 次元時空間情報基盤に登録する。	1 分～10 分／回
業務 2	情報要求	情報要求者が 4 次元時空間情報基盤に情報をリクエストしレスポンスを受け取る。	1 分～10 分／回
業務 3	情報閲覧	情報要求者が 4 次元時空間情報基盤からのリクエスト情報をダウンロードし、自組織システムへ登録もしくは用意されたビューワー機能で閲覧する。	1 分～10 分／回

仮定値より将来の稼働量の最大値・最小値を算出する。結果を以下に示す。

- ・ 将来の稼働量（最小値）＝（1 分＋1 分＋1 分）× 5 事業者× 1 基盤 ＝ 15 分（／回）
- ・ 将来の稼働量（最大値）＝（10 分＋10 分＋10 分）× 5 事業者× 1 基盤 ＝ 150 分（／回）

従来の稼働量と将来の稼働量を比較する。削減率は下記の式より算出する。

$$\text{削減率} = (\text{従来の稼働量}) - (\text{将来の稼働量}) / (\text{従来の稼働量})$$

各稼働量の最大値及び最小値より、対象作業にかかる稼働削減の割合は、少なくとも 55.9%（＝（340 分－150 分）／ 340 分）であることが算出される。なお、インフラ事業者の事業エリアの境界付近等影響し合うインフラ事業者が増えるケースにおいて、この稼働削減効果は指数関数的な増大が見込まれる。

#### ④ 空間 ID 利用の利点

本ユースケース実現における空間 ID 利用の効果を以下に示す。

- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ ニーズに応じたズームレベルの調整による処理負荷の削減（情報の簡素化）

#### ⑤ 4 次元時空間情報基盤への要求事項

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表 6.2-9 に示す。

**表 6.2-9 システムへの追加要求事項：「地上の被害情報」の流通**

項目	項目
データ項目	(空間に紐付く) 地上の被害情報を示すデータの管理アドレス
機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4次元時空間情報基盤に地上の被害情報の取得位置（空間 ID）を登録する機能</li> <li>・ 4次元時空間情報基盤に地上の被害情報を示すデータの管理アドレスを空間 ID に紐付けて登録する機能</li> <li>・ (仮) 災害情報配信サービスへ地上の被害情報の取得位置（空間 ID）を提供する機能</li> <li>・ (仮) 災害情報配信サービスへ地上の被害情報を示すデータの管理アドレスを提供する機能</li> </ul>
更新頻度	10 分
運用時間	災害時運用切り替え～平時運用切り替えの期間中の 24 時間 365 日

### 4) 「設備の被害情報」の流通ユースケース

#### ① ユースケース内容

災害情報収集フェーズにおいて、設備の被害状況を流通させる。本情報は、設備上の被害位置及び被害内容を示す情報である。設備の被害や異常を検知する手段はセンサー設置が進められているものの、センシングが機能しない場合やセンサー非設置エリアについては目視確認に頼らざるを得ず、コスト増大が懸念される。

本情報はインフラ事業者より提供され、4次元時空間情報を介して他のインフラ事業者が参照することで、隣接設備の状況推定に利用を可能にし、災害情報収集のコスト削減効果が得られる。業務フローの概念図を図 6.2-5 に示す。

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

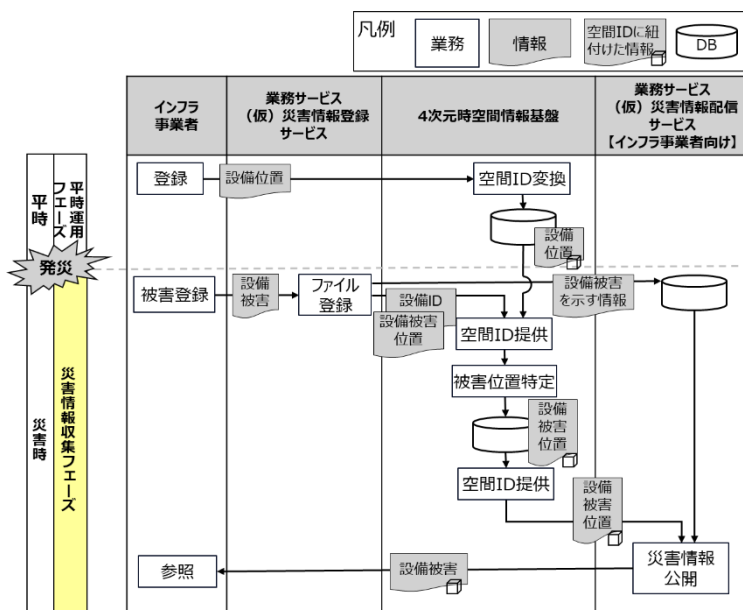


図 6.2-5 インフラ事業者への「設備の被害情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-10 に示す。

表 6.2-10 情報仕様：「設備の被害情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者	設備位置	ズームレベル 26 <sup>23</sup>	指定なし	平時運用時に登録・更新 <sup>23</sup>	平時運用と同様
提供	インフラ事業者	設備の被害情報	ズームレベル 24～25 (設備特定ができる)	指定なし	被害確認後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード (インフラ事業者内システム経由)
参照	インフラ事業者	設備の被害情報	ズームレベル 24～25 (設備特定ができる)	指定なし	被害確認後	4次元時空間情報基盤へのアクセス

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの86%が提供の可能性がある（但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要）とわかった。本ユースケース実現により改善効果が期待されるインフラ事業者の割合は86%だとわかった。また、本ユースケース実現によって得られる主たる災害復旧対応への改善効果を以下に示す。

- ・ 自設備の故障箇所特定時間短縮できる

### ③ 机上検討の結果

本ユースケースでは実施なし。

### ④ 空間 ID 利用の利点

本ユースケース実現における空間 ID 利用の効果を以下に示す。

- ・ インフラ設備情報を許可されたインフラ事業者の利用を実現（情報の秘匿化）
- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ ニーズに応じたズームレベルの調整による処理負荷の削減（情報の簡素化）

### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表6.2-11に示す。

表 6.2-11 システムへの追加要求事項：「設備の被害情報」の流通

項目	項目
データ項目	(空間に紐付く) 設備故障情報を示すデータの管理アドレス
機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設備 ID と設備被害の位置（相対位置）から設備被害の位置（空間 ID）を特定する機能</li> <li>・ 4次元時空間情報基盤に設備被害の位置（空間 ID）を登録する機能</li> <li>・ 4次元時空間情報基盤に設備被害情報を示すデータの管理アドレスを空間 ID に紐付けて登録する機能</li> <li>・ (仮) 災害情報配信サービスへ設備被害の位置（空間 ID）を提供する機能</li> <li>・ (仮) 災害情報配信サービスへ設備被害情報を示すデータの管理アドレスを提供する機能</li> </ul>
更新頻度	1 時間
運用時間	災害時運用切り替え～平時運用切り替えの期間中の 24 時間 365 日

## 5) 「サービス停止情報」の流通ユースケース

## ① ユースケース内容

災害情報収集フェーズにおいて、サービス停止情報を流通させる。サービス状況を確認する主たる手段は各社ウェブサイト閲覧や直接の問い合わせである。そのため、調査頻度や調査範囲に応じて情報の入手から利活用までに稼働を要することが課題となっている

本情報はインフラ事業者より提供され、4次元時空間情報を介して他のインフラ事業者が参照することで、サービス停止情報の収集の作業を省力化する効果が得られる。業務フローの概念図を図 6.2-6 に示す。



6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

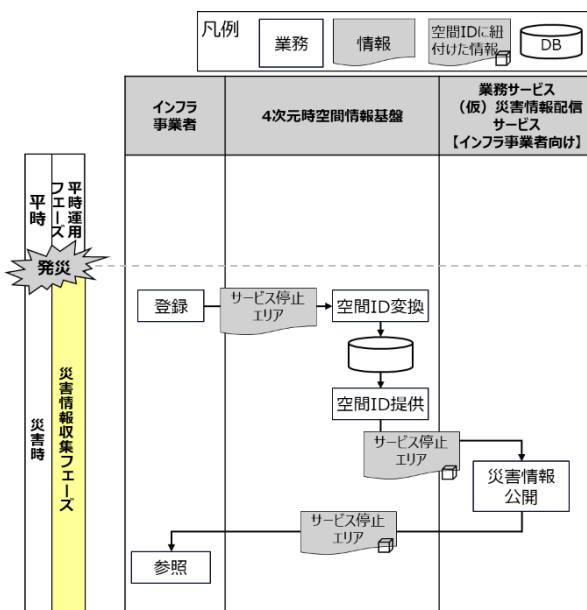


図 6.2-6 業務フロー：インフラ事業者への「サービス停止情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-12 に示す。

表 6.2-12 情報仕様：「サービス停止情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者	サービス停止エリア被害情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	指定なし	サービス停止確認後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード(インフラ事業者内システム経由)
参照	インフラ事業者	サービス停止エリア被害情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	指定なし	サービス停止確認後	ウェブビューワー閲覧・ポータルサイトからのデータダウンロード

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの100%が提供の可能性がある（但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要）とわかった。そして本ユースケース実現により改善効果が期待されるインフラ事業者の割合は100%だとわかった。また、ヒアリングにより最も多くのインフラ事業者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。

#### <確認された主たる効果>

- ・ 他インフラ事業者サービス停止エリアの確認工数を55.9%短縮できるようになる（数値の根拠は6.2.3（1）5）③に示す）

#### <確認されたその他効果>

- ・ 自サービス停止エリアの特定時間が短縮できる
- ・ 作業に必要な他インフラ事業者サービスの利用不可エリアを把握できる
- ・ 自サービスの質が低下するエリアの特定時間が短縮できる
- ・ 自治体防災担当者への説明に地図データとともに利用できる

### ③ 机上検討の結果

ユースケース実現による稼働削減効果について検討する。対象とする作業は、インフラ事業者間で共有可能な全てのサービス停止情報を各インフラ事業者内で利用できる状態にするために、インフラ事業者間で情報を相互共有する作業とする。検討方法は6.2.3（1）3）③と同一である。対象作業にかかる稼働削減の割合は、少なくとも55.9%（ $= (340 \text{ 分} - 150 \text{ 分}) / 340 \text{ 分}$ ）であることが算出される。なお、インフラ事業者の事業エリアの境界付近等影響し合うインフラ事業者が増えるケースにおいて、この稼働削減効果は指数関数的な増大が見込まれる。

### ④ 空間ID利用の利点

本ユースケース実現における空間ID利用の効果を以下に示す。

- ・ サービス停止情報を許可されたインフラ事業者の利用を実現（情報の秘匿化）
- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ ニーズに応じたズームレベルの調整による処理負荷の削減（情報の簡素化）

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ⑥ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表 6.2-13 に示す。

**表 6.2-13 システムへの追加要求事項：「サービス停止情報」の流通**

項目	項目
データ項目	(空間に紐付く) サービス停止情報
機能	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 4次元時空間情報基盤にサービス停止情報(空間ID)を登録する機能</li><li>・ (仮)災害情報配信サービスへサービス停止情報(空間ID)を提供する機能</li></ul>
更新頻度	10分
運用時間	災害時運用切り替え～平時運用切り替えの期間中の24時間365日

## 6) 「設備工事計画情報」の流通ユースケース

### ① ユースケース内容

復旧計画策定フェーズにおいて、インフラ事業者の設備工事計画情報を流通させる。工事エリアを共有する場合の工事計画策定においては、入力される諸情報の煩雑さや不足から、比較的余裕を見込んだ計画策定になる傾向にある。

本情報はインフラ事業者より提供され、4次元時空間情報を介して他のインフラ事業者が参照することで、協調的で効率的な工事の計画を可能にし、計画の品質向上効果が得られる。業務フローの概念図を図 6.2-7 に示す。

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

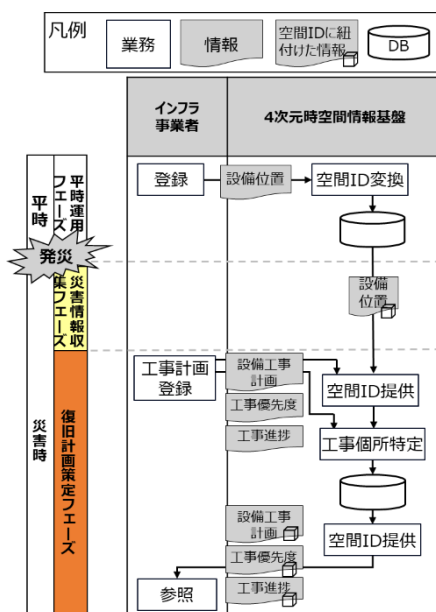


図 6.2-7 業務フロー：インフラ事業者への「設備工事計画情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-14 に示す。情報項目の時間粒度に関して、設備工事計画を策定した後の時間経過によって提供され得る粒度が詳細化されてくるとわかった。具体的には、計画策定初期は月単位の計画から始まり、具体的な計画が明確になるにつれ週単位や日単位の計画と詳細化される。

表 6.2-14 情報仕様：「設備工事計画情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者	設備位置	ズームレベル 26 <sup>23</sup>	指定なし	平時運用時に登録・更新 <sup>23</sup>	平時運用と同様
提供	インフラ事業者	設備工事計画情報	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード（インフラ事業者内システム経由）
提供	インフラ事業者	工事進捗	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後	
提供	インフラ事業者	工事優先度 （工事を実施する施設や設備の重要度の順位）	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後	
参照	インフラ事業者	設備工事計画情報	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後	4次元時空間情報基盤へのアクセス
参照	インフラ事業者	工事進捗	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後	
参照	インフラ事業者	工事優先度 （工事を実施する施設や設備の重要度の順位）	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後	

## ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの100%が提供の可能性はある（但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要）とわかった。そして本ユースケース実現により改善効果が期待されるインフラ事業者の割合は時間粒度の大小で異

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

なり、最も細かい時間粒度の場合は 86%、最も粗い時間粒度の場合は 29%だとわかった。なお、時間粒度に大小ばらつきが生じる理由は工事計画策定後の時間経過によって提供され得る時間粒度が詳細化されるためである。また、ヒアリングにより最も多くのインフラ事業者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。

### <確認された主たる効果>

- ・ インフラ事業者間の工事において相互連携が最適とされる作業（※）の調整漏れが防止され、品質の良い計画を策定できるようになる（※共同での掘削施工や共同設備の修繕等）

### <確認されたその他効果>

- ・ 効率的な工事計画が策定できる
- ・ 掘削進捗に応じた計画が策定できる

### ③ 机上検討の結果

本ユースケースでは実施なし。

### ④ 空間 ID 利用の利点

本ユースケース実現における空間 ID 利用の効果を以下に示す。

- ・ インフラ設備情報を許可されたインフラ事業者の利用を実現（情報の秘匿化）
- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ ニーズに応じたズームレベルの調整による処理負荷の削減（情報の簡素化）

### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表 6.2-15 に示す。

表 6.2-15 システムへの追加要求事項：「設備工事計画情報」の流通

項目	項目
データ項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>（設備に紐付く）設備工事計画情報</li> <li>（設備に紐付く）工事進捗情報</li> <li>（設備に紐付く）工事優先度情報</li> </ul>
機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>4次元時空間情報基盤に設備工事計画情報（空間ID）を登録する機能</li> </ul>
更新頻度	1日
運用時間	災害時運用切り替え～平時運用切り替えの期間中の24時間365日

7) 「サービス回復計画情報」の流通ユースケース

① ユースケース内容

復旧計画策定フェーズにおいて、サービス回復計画情報を流通させる。諸作業の計画策定にあたり、それに必要な一部のサービスの回復計画情報のニーズを確認した。

本情報はインフラ事業者より提供され、4次元時空間情報を介して他のインフラ事業者が参照することで、諸作業に影響する一部サービスの効率的な利用を前提とした計画策定を可能にし、計画の品質向上効果が得られる。業務フローの概念図を図 6.2-8 に示す。

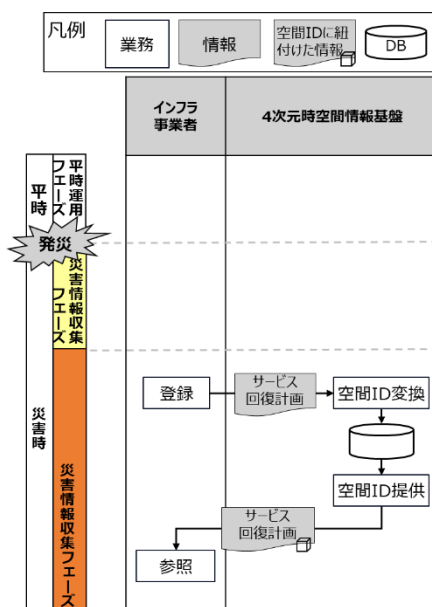


図 6.2-8 業務フロー：インフラ事業者への「サービス回復計画情報」の流通

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-16 に示す。情報項目の時間粒度に関して、サービス回復計画を策定した後の時間経過によって提供され得る粒度が詳細化されてくるとわかった。具体的には、計画策定初期は月単位の計画から始まり、具体的な計画が明確になるにつれ週単位や日単位の計画と詳細化される。

表 6.2-16 情報仕様：「サービス回復計画情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者	サービス回復計画情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	月~週~日 (計画策定時期による)	サービス回復計画策定後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード (インフラ事業者内システム経由)
参照	インフラ事業者	サービス回復計画情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	月~週~日 (計画策定時期による)	サービス回復計画策定後	4次元時空間情報基盤へのアクセス

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの 100%が提供の可能性はある (但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要) とわかった。そして、本ユースケース実現により改善効果が期待されるインフラ事業者の割合は時間粒度の大小で異なり、最も細かい時間粒度の場合は 88%、最も粗い時間粒度の場合は 45%だとわかった。また、ヒアリングにより最も多くのインフラ事業者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。

#### <確認された主たる効果>

- 他インフラ事業者のサービス回復との連動が最適とされる作業 (※) の計画策定時に調整漏れが防止され、品質の良いサービス復旧計画策定ができる (※電力・通信等特定のインフラ事業者サービスを利用した作業。また、相互影響するサービスの回復計画統制作業 (例：上水道と下水道は双方のサービスが復旧しなければサービスの再開が困難))



## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

<確認されたその他効果>

- ・ 他インフラ事業者とのコミュニケーションが円滑になる

### ③ 机上検討の結果

本ユースケースでは実施なし。

### ④ 空間 ID 利用の利点

本ユースケース実現における空間 ID 利用の効果を以下に示す。

- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ ニーズに応じたズームレベルの調整による処理負荷の削減（情報の簡素化）

### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表 6.2-17 に示す。

表 6.2-17 システムへの追加要求事項：「サービス回復計画情報」の流通

項目	項目
データ項目	（空間に紐付く）サービス回復情報
機能	4次元時空間情報基盤にサービス回復計画情報（空間 ID）を登録する機能
更新頻度	1 日
運用時間	災害時運用切り替え～平時運用切り替えの期間中の 24 時間 365 日

## （2）自治体防災担当者に効果のあるユースケース

### 1）「内水氾濫による浸水予測情報」の流通ユースケース

#### ① ユースケース内容

被害予測フェーズにおいて、内水氾濫による浸水領域・浸水深を時系列情報として流通させる。本情報は、インフラ事業者より提供される雨水を排水する地下埋設物情報、公開される降水予測情報及び地形情報（DEM データ）を基に作成される。なお、降水予測情報と地形情報（DEM データ）の諸元は限定しないが、実現性が公表されている技術や情報を前提とする。自治体防災担当者が本情報を参照することで、災害発災前に予備

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

動作を開始できる。そのため災害対応そのものを前倒しすることに加え、被害量の抑制にも繋がる効果を得られる。業務フローの概念図を図 6.2-9 に示す。

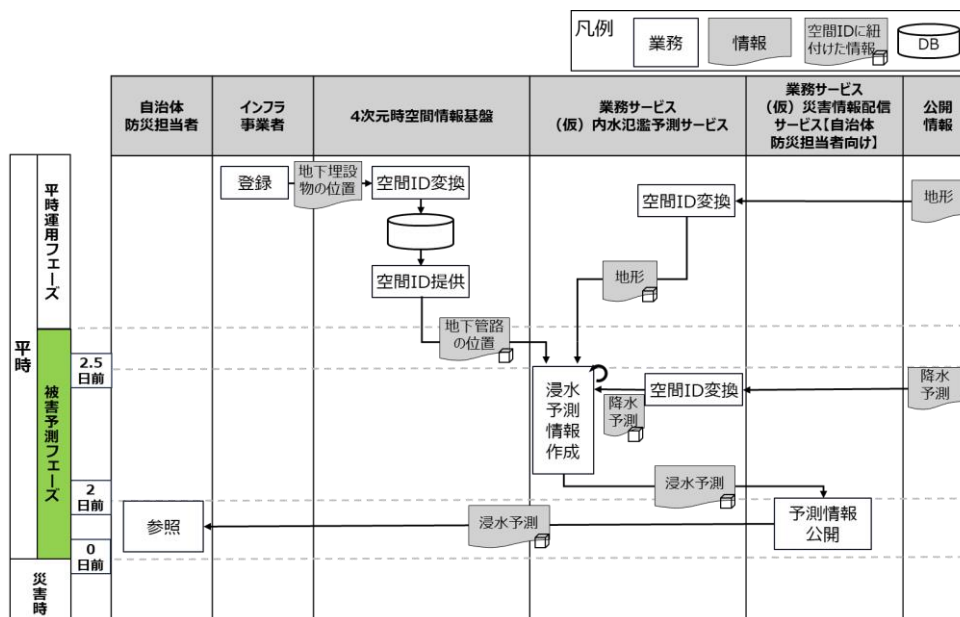


図 6.2-9 業務フロー：自治体防災担当者への「内水氾濫による浸水予測情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-18 に示す。

表 6.2-18 情報仕様：「内水氾濫による浸水予測情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者 (下水道事業者)	地下埋設物 (雨水管路) の位置	ズームレベル 26 <sup>23</sup>	指定 なし	平時運用時に登録・更新 <sup>23</sup>	平時運用と同様
参照	自治体防災担当者	内水氾濫による浸水領域・ 浸水深	水平方向：ズームレベル 22～ 23 (町丁目特定ができる) 垂直方向：ズームレベル 26	10 分 間隔	発災 12～ 48 時間前	ウェブビュー ー閲覧・ポータルサイトからのデータダウンロード

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、アクターの100%が提供可能だと示されている<sup>23</sup>。そして、本ユースケース実現により改善効果が期待される自治体防災担当者の割合は100%だとわかった。また、ヒアリングにより最も多くの自治体防災担当者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。但し、内水の排水能力を有すインフラ設備は管理者が分散しているケースがあり、本業務の対象としたインフラ事業者からの提供情報では予測範囲が限定的になる、という課題が確認されている。

#### <確認された主たる効果>

- ・ 発災後の人員配置や資材準備が2日前倒しされる（数値の根拠を6.2.3（2）1）③に示す）

#### <確認されたその他効果>

- ・ 発災前に避難指示等の対応計画策定ができるようになる
- ・ 発災前に排水調整等の予防対策ができるようになる

### ③ 机上検討の結果

内水氾濫推定の可否及び内水氾濫情報提供タイミングについて検討する。検討方法及び結果は6.2.3（1）1）③と同一である。検討結果を述べる。内水氾濫予測情報は25mメッシュ粒度（氾濫するマンホールが特定できるレベル）での作成が可能である。但し、地下埋設物情報は管理者が分散しているケースがあり、本業務の対象インフラ事業者からの提供情報のみの利用においては内水氾濫の予測可能範囲が限定的になる点に留意が必要である。作成された内水氾濫予測情報の提供タイミングは、おおよそ発災2日前であることが想定される。

### ④ 空間ID利用の利点

本ユースケース実現における空間ID利用の効果を以下に示す。

- ・ インフラ設備情報を許可された（仮）内水氾濫予測サービスの利用を実現（情報の秘匿化）
- ・ 浸水シミュレーションのためのデータ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ 浸水シミュレーション計算負荷の削減（情報の簡素化）

### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表 6.2-19 に示す。

**表 6.2-19 システムへの追加要求事項：「内水氾濫による浸水予測情報」の流通**

項目	項目
データ項目	なし
機能	(仮) 内水氾濫予測サービスへ設備情報（空間 ID）を提供する機能
更新頻度	10 分間隔
運用時間	平時より 24 時間 365 日

### 2) 「地上の被害情報」の流通ユースケース

#### ① ユースケース内容

災害情報収集フェーズにおいて、地上の被害情報を流通させる。インフラ事業者は IoT 機器のセンシングや通報等から設備異常を検知した後、実態調査のため現地の情報収集を開始する。オープンな空間の災害情報（現場写真や映像等）は誰でも獲得できる一方、自治体防災担当者との情報共有は稼働ひっ迫の影響で実現できておらず、同じ情報を自治体防災担当者が獲得する作業を実施するという非効率性が確認される。

本情報はインフラ事業者より提供され、4次元時空間情報を介して自治体防災担当者が参照することで、複数インフラ事業者の有する被害情報の効率的な把握を実現し、個々の情報収集の作業を省力化する効果が得られる。業務フローの概念図を図 6.2-10 に示す。

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

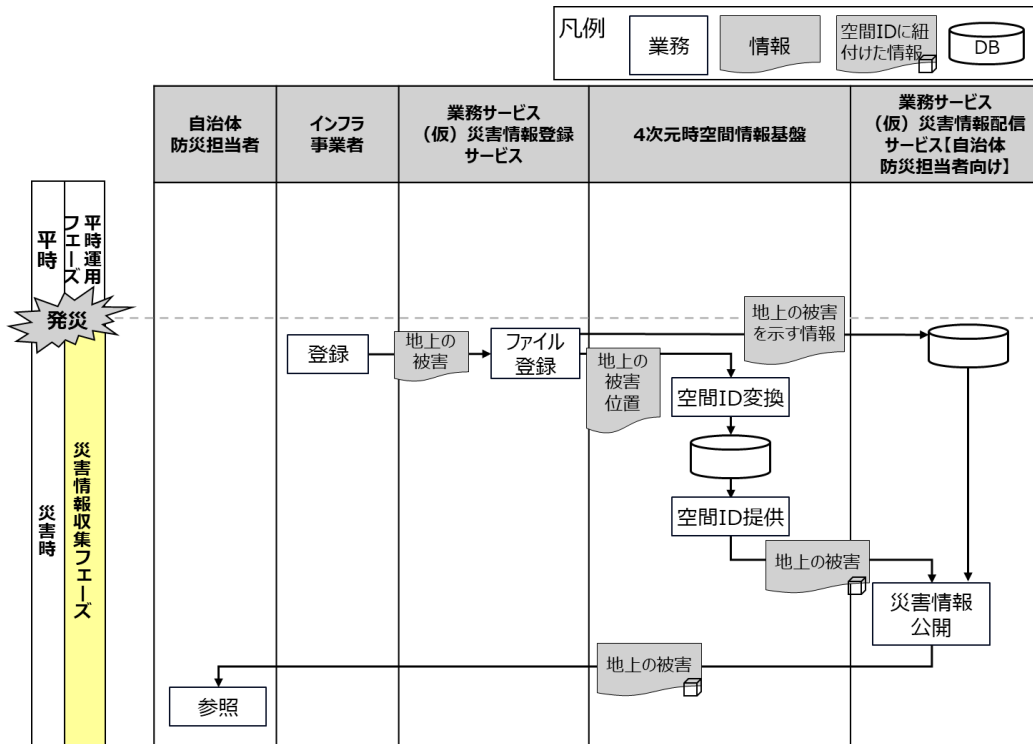


図 6.2-10 業務フロー：自治体防災担当者への「地上の被害情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-20 に示す。

表 6.2-20 情報仕様：「地上の被害情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者	地上の被害情報	ズームレベル 20~21 (道路特定ができる)	指定なし	事実確認後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード (インフラ事業者内システム経由)
参照	自治体防災担当者	地上の被害情報	ズームレベル 20~21 (道路特定ができる)	指定なし	事実確認後	ウェブビューア閲覧・ポータルサイトからのデータダウンロード

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの100%が提供の可能性がある（但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要）とわかった。そして本ユースケース実現により改善効果が期待される自治体防災担当者の割合は100%だとわかった。また、ヒアリングにより最も多くの自治体防災担当者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。

<確認された主たる効果>

- ・ 地上の被害情報確認工数が75%短縮できるようになる（数値の根拠は6.2.3（2）②③に示す）

<確認されたその他効果>

- ・ 正確性の高い情報を所内共有できるようになる
- ・ 被害状況の市民周知を迅速化できるようになる

### ③ 机上検討の結果

本ユースケースにて得られる作業の稼働削減効果について検討する。対象とする作業は、インフラ事業者が共有可能な全ての情報を各自治体防災担当者で利用できる状態にするために、自治体防災担当者がインフラ事業者の所有情報を取得する作業とする。対象とするインフラ事業者は5事業者（電力・通信・ガス・上水・下水）とする。評価方法は、従来の手法による稼働量（以下、従来の稼働量とする）とユースケースが実現した場合の手法による稼働量（以下、将来の稼働量とする）の比較をして、稼働量の削減度を調査する。

従来手法について述べる。自治体防災担当者は電話・メール・FAX・訪問によってインフラ事業者に被害情報を要求し情報を取得する（業務1）。自治体防災担当者は取得情報を自組織で利用できるフォーマットに変換し、閲覧できる環境を整える（業務2）。稼働量が最大となるケースとして、訪問による情報要求を実施し、紙媒体で情報を取得したのち、紙媒体上で情報整理し閲覧するケースが想定される。上記の2業務を自治体防災担当者が対向の5インフラ事業者に対して実施する。各業務とその稼働量の仮定値を表6.2-21に示す。比較的稼働量の小さい業務については幅のある仮定値とする。

表 6.2-21 従来の手法による自治体防災担当者の業務の稼働量

項目	業務名	業務内容	手段別の稼働量の仮定値
業務 1	情報要求	情報要求者が電話・メール・FAX・訪問によって情報を要求し取得する。	電話：1分～10分/回 メール：1分～10分/回 FAX：1分～10分/回 訪問：60分/回
業務 2	情報整理	情報要求者が取得情報を自組織で利用できるフォーマットに変換し、閲覧できる環境を整える。	機械処理によるフォーマット変換及びシステム登録：15分/回 紙媒体の解読及び紙媒体への情報更新：60分/回

仮定値より従来の稼働量の最大値・最小値を算出する。結果を以下に示す。

- ・ 従来の稼働量（最小値）＝（1分＋15分）×5事業者＝80分（/回）
- ・ 従来の稼働量（最大値）＝（60分＋60分）×5事業者＝600分（/回）

ユースケースが実現した場合の手法について述べる。自治体防災担当者は4次元時空間情報基盤に情報をリクエストし、インフラ事業者によって登録された情報をレスポンスとして受け取る（業務1）。自治体防災担当者は取得情報をダウンロードし自組織システムへ登録もしくは用意されたビュー機能で閲覧する（業務2）。但し、4次元時空間情報基盤及び空間情報サービスが正しく運用されている状態を前提とする。上記の2業務を自治体防災担当者が対向する4次元時空間情報基盤に対して実施する。各業務とその稼働量の仮定値を表6.2-22に示す。比較的稼働量の小さい業務については幅のある仮定値とする。

表 6.2-22 将来の手法による自治体防災担当者の業務の稼働量

項目	業務名	業務内容	稼働量の仮定値
業務 1	情報要求	情報要求者が4次元時空間情報基盤に情報をリクエストしレスポンスを受け取る。	1分～10分/回
業務 2	情報閲覧	情報要求者が4次元時空間情報基盤からのリクエスト情報をダウンロードし、自組織システムへ登録もしくは用意されたビュー機能で閲覧する。	1分～10分/回

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

仮定値より将来の稼働量の最大値・最小値を算出する。結果を以下に示す。

- ・ 将来の稼働量（最小値）＝（1分＋1分）×1基盤＝2分（／回）
- ・ 将来の稼働量（最大値）＝（10分＋10分）×1基盤＝20分（／回）

従来の稼働量と将来の稼働量を比較する。削減率は下記の式より算出する。

$$\text{削減率} = (\text{従来の稼働量}) - (\text{将来の稼働量}) / (\text{従来の稼働量})$$

各稼働量の最大値及び最小値より、対象作業にかかる稼働削減の割合は、少なくとも75.0%（＝（80分－20分）／80分）であることが算出される。なお、インフラ事業者の事業エリアの境界付近等影響し合うインフラ事業者が増えるケースにおいて、この稼働削減効果は指数関数的な増大が見込まれる。

### ④ 空間 ID 利用の利点

本ユースケース実現における空間 ID 利用の効果を以下に示す。

- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ ニーズに応じたズームレベルの調整による処理負荷の削減（情報の簡素化）

### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表6.2-23に示す。



表 6.2-23 システムへの追加要求事項：「地上の被害情報」の流通

項目	項目
データ項目	(空間に紐付く) 地上の被害情報を示すデータの管理アドレス
機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4次元時空間情報基盤に地上の被害情報の取得位置（空間 ID）を登録する機能</li> <li>・ 4次元時空間情報基盤に地上の被害情報を示すデータの管理アドレスを空間 ID に紐付けて登録する機能</li> <li>・ (仮) 災害情報配信サービスへ地上の被害情報の取得位置（空間 ID）を提供する機能</li> <li>・ (仮) 災害情報配信サービスへ地上の被害情報を示すデータの管理アドレスを提供する機能</li> </ul>
更新頻度	10 分
運用時間	災害時運用切り替え～平時運用切り替えの期間中の 24 時間 365 日

## 3) 「サービス停止情報」の流通ユースケース

## ① ユースケース内容

災害情報収集フェーズにおいて、サービス停止情報を流通させる。サービス状況を確認する主たる手段は各社ウェブサイト閲覧や直接の問い合わせである。そのため、調査頻度や調査範囲に応じて情報の入手から利活用までに稼働を要することが課題となっている。

本情報はインフラ事業者より提供され、4次元時空間情報を介して自治体防災担当者が参照することで、サービス停止情報の収集の作業を省力化する効果が得られる。業務フローの概念図を図 6.2-11 に示す。

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

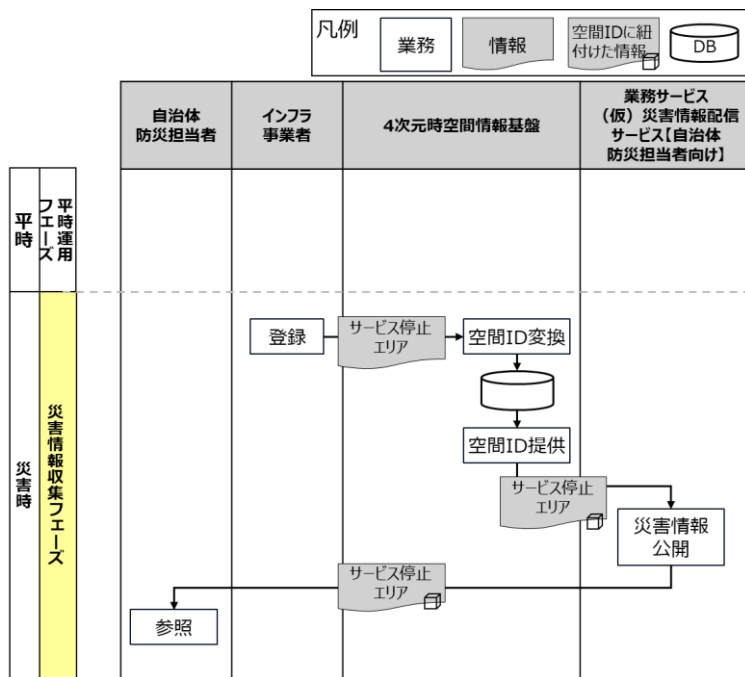


図 6.2-11 業務フロー：自治体防災担当者への「サービス停止情報」の流通

アクターに対する各情報仕様を表 6.2-24 に示す。

表 6.2-24 情報仕様：「サービス停止情報」の流通

区分	アクター	情報項目	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性 (情報入手タイミング)	流通方法
提供	インフラ事業者	サービス停止エリア被害情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	指定なし	サービス停止確認後	4次元時空間情報基盤へのデータアップロード(インフラ事業者内システム経由)
参照	自治体防災担当者	サービス停止エリア被害情報	ズームレベル 14~15 (町特定ができる)	指定なし	サービス停止確認後	ウェブビューア閲覧・ポータルサイトからのデータダウンロード

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

### ② 災害復旧対応への改善効果

本ユースケースの提供情報に関して、ヒアリングよりアクターの100%が提供の可能性がある（但し提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要）とわかった。そして本ユースケース実現により改善効果が期待される自治体防災担当者の割合は88%だとわかった。また、ヒアリングにより最も多くの自治体防災担当者が災害復旧対応への改善効果があると認めた主たる効果とその他効果を以下に示す。

<確認された主たる効果>

- ・ サービス停止情報確認工数が75%短縮できるようになる（数値の根拠は6.2.3（2） 2）③に示す）

<確認されたその他効果>

- ・ 住民の被害状況を把握できる

### ③ 机上検討の結果

ユースケース実現による稼働削減効果について検討する。対象とする作業は、インフラ事業者が共有可能な全ての情報を各自治体防災担当者で利用できる状態にするために、自治体防災担当者がインフラ事業者の所有情報を取得する作業とする。検討方法は6.2.3（2） 2）③と同一である。対象作業にかかる稼働削減の割合は、少なくとも75.0%（=（80分 - 20分） / 80分）であることが算出される。なお、インフラ事業者の事業エリアの境界付近等影響し合うインフラ事業者が増えるケースにおいて、この稼働削減効果は指数関数的な増大が見込まれる。

### ④ 空間ID利用の利点

本ユースケース実現における空間ID利用の効果を以下に示す。

- ・ サービス停止情報を許可された自治体防災担当者の利用を実現（情報の秘匿化）
- ・ データ統合の平易化（情報の共通化）
- ・ ニーズに応じたズームレベルの調整による処理負荷の削減（情報の簡素化）

### ⑤ 4次元時空間情報基盤への要求事項

本ユースケース実現のため、4次元時空間情報基盤に追加が見込まれる要求事項を表6.2-25に示す。

**表 6.2-25 システムへの追加要求事項：「サービス停止情報」の流通**

項目	項目
データ項目	(空間に紐付く) サービス停止情報
機能	4次元時空間情報基盤にサービス停止情報(空間ID)を登録する機能 (仮)災害情報配信サービスへサービス停止情報(空間ID)を提供する機能
更新頻度	10分
運用時間	災害時運用切り替え～平時運用切り替えの期間中の24時間365日

(3) 個別課題への対応

6.1.1 (2) で定義した3つの個別課題(イ)(ロ)(ハ)に対する調査結果を示す。

1) (イ) 復旧作業に必要となる空間情報

① 課題内容

復旧作業に必要となる空間情報について、その情報要求者・情報提供者・情報の項目・粒度(空間的粒度・時間的粒度)・リアルタイム性(情報入手のタイミング)の特定。

② プロセス

表 6.1-4 に示すインフラ事業者と自治体防災担当者に対してヒアリングを実施し特定したユースケースにおける情報ニーズと情報シーズを調査した。そしてニーズとシーズが成立した情報項目に対して各情報仕様を集計した。また、空間粒度についてはヒアリングで得られた回答をもとに机上計算でおおよそのズームレベルに変換のうえ集計した。

③ 結果

復旧作業に必要となる空間情報は9点存在するとわかった。そしてこの9点の情報項目に対して集計した各情報項目仕様を表 6.2-26 に示す。

表 6.2-26 復旧作業に必要となる空間情報の各情報項目仕様

情報項目	情報要求者	情報提供者	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性（情報入手タイミング）
内水氾濫による浸水領域・浸水深	インフラ事業者・自治体防災担当者	業務サービス（仮）内水氾濫予測サービス	水平方向：ズームレベル 20～21（道路特定ができる） 垂直方向：ズームレベル 26	10 分間隔	発災 12～48 時間前
サービス停止計画情報	インフラ事業者	一部のインフラ事業者	ズームレベル 14～15（町特定ができる）	1 時間間隔	計画策定後
地上の被害情報（現場被害を示す写真や映像情報）	インフラ事業者・自治体防災担当者	インフラ事業者	ズームレベル 20～21（道路特定ができる）	指定なし	事実確認後
設備の被害情報	インフラ事業者	インフラ事業者	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	指定なし	被害確認後
サービス停止エリア被害情報	インフラ事業者・自治体防災担当者	インフラ事業者	ズームレベル 14～15（町特定ができる）	指定なし	サービス停止確認後
設備工事計画情報	インフラ事業者	インフラ事業者	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後
工事進捗	インフラ事業者	インフラ事業者	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後
工事優先度（工事を実施する施設や設備の重要度の順位）	インフラ事業者	インフラ事業者	ズームレベル 24～25（設備特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	設備工事計画策定後

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

情報項目	情報要求者	情報提供者	空間粒度	時間粒度	リアルタイム性（情報入手タイミング）
サービス回復計画情報	インフラ事業者	インフラ事業者	ズームレベル 14～15（町特定ができる）	月～週～日（計画策定期間による）	サービス回復計画策定後

### 2) (ロ) データを取得する IoT 機器等

#### ① 課題内容

復旧作業に必要となる空間情報について、それを取得するために用いる IoT 機器等の特定。

#### ② プロセス

表 6.1-4 に示すインフラ事業者に対しヒアリングを実施し、提供情報を取得するために用いる IoT 機器を集計した。

#### ③ 結果

特定した 9 点の復旧作業に必要となる空間情報のうち情報取得時に IoT 機器を用いる空間情報が 2 点存在し、3 つの IoT 機器を用いて 4 つの情報を得ていることがわかった。その結果を表 6.2-27 に示す。但し、実際の現場では記載の IoT 機器での取得のみでは情報の網羅は難しく、住民からの通報情報や現場の目視情報を複合的に活用していることがヒアリングより明らかになった。

表 6.2-27 復旧作業に必要となる空間情報取得時に用いる IoT 機器

情報項目	用いる IoT 機器	得られる情報	対象事業者
地上の被害情報	スマートフォン	音声情報	電力・通信・ガス・上水道・下水道
		写真・映像・位置情報	電力・通信・ガス・上水道
	ドローン	写真・映像・位置情報・点群情報	電力・通信
サービス停止エリア被害情報	遠隔監視システム	末端設備の稼働状況	電力・通信・ガス

3) (ハ) 復旧作業の改善の程度

① 課題内容

復旧作業に必要となる空間情報が取得でき、要求される情報流通が実現した場合の、復旧作業の改善の程度の特定。

② プロセス

表 6.1-4 に示すインフラ事業者と自治体防災担当者にヒアリング及び机上検討を実施し、9点の情報項目に対して復旧作業の改善の程度を集計した

③ 結果

9点の復旧作業に必要となる空間情報による復旧作業の改善の程度（定性表現・定量表現）について、その対象者別（インフラ事業者及び自治体防災担当者）に表 6.2-28、表 6.2-29 に示す。

表 6.2-28 インフラ事業者の復旧作業の改善の程度

情報項目	フェーズ	復旧作業の改善の程度
内水氾濫による 浸水領域・浸水深	被害予測	発災後の人員配置、資材準備及び作業計画着手が2日前倒しされる（数値の根拠を 6.2.3（1） 1）③に示す） 作業中の工事を発災前に中止できるようになり工事中の事故を未然防止できるようになる 設備の防水対策を発災前に実施できるようになる サービス停止予測エリアの精度が向上する
サービス回復計画 情報	被害予測	サービス停止後の人員配置、資材準備及び作業計画を発災前に実施できるようになる 発災後の対応作業に必要な他インフラ事業者サービスの利用不可エリアを発災前に把握できるようになる 他インフラ事業者サービス停止に伴う自サービスの停止を発災前に周知できるようになる 他インフラ事業者サービス停止に伴う自サービスの停止計画を発災前に策定できるようになる 優先的に自サービスを復旧させるエリアを特定できるようになる
地上の被害情報	災害情報 収集	地上の被害情報確認工数が 55.9%短縮できるようになる（数値の根拠を 6.2.3（1） 3）③に示す）
設備の被害情報	災害情報 収集	自設備の故障箇所特定時間が短縮できる
サービス停止エ リア被害情報	災害情報 収集	他インフラ事業者サービス停止エリアの確認工数を 55.9%短縮できるようになる（数値の根拠を 6.2.3（1） 5）③に示す） 自サービス停止エリアの特定時間が短縮できる 作業に必要な他インフラ事業者サービスの利用不可エリアを把握できる 自サービスの質が低下するエリアの特定時間が短縮できる 自治体防災担当者への説明に地図データとともに利用できる
設備工事計画情 報	復旧計画 策定	効率的な工事計画が策定できる
工事進捗	復旧計画 策定	掘削進捗に応じた計画が策定できる



6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

情報項目	フェーズ	復旧作業の改善の程度
工事優先度	復旧計画策定	<p>インフラ事業者間の工事において相互連携が最適とされる作業（※）の調整漏れが防止され、品質の良い計画を策定できるようになる</p> <p>※共同での掘削施工や共同設備の修繕等</p>
サービス回復計画情報	復旧計画策定	<p>他インフラ事業者のサービス回復との連動が最適とされる作業（※）の計画策定時に調整漏れが防止され、品質の良いサービス復旧計画策定ができる</p> <p>※電力・通信等特定のインフラ事業者サービスを利用した作業。また、相互影響するサービスの回復計画統制作業（例：上水道と下水道は双方のサービスが復旧しなければサービスの再開が困難）。</p> <p>他インフラ事業者とのコミュニケーションが円滑になる</p>

表 6.2-29 自治体防災担当者の復旧作業の改善の程度

情報項目	フェーズ	復旧作業の改善の程度
内水氾濫による浸水領域・浸水深	被害予測	<p>発災後の人員配置や資材準備が2日前倒しされる（数値の根拠を6.2.3（2） 1）③に示す）</p> <p>発災前に避難指示等の対応計画策定ができるようになる</p> <p>発災前に排水調整等の予防対策ができるようになる</p>
地上の被害情報	災害情報収集	<p>地上の被害情報確認工数が75%短縮できるようになる（数値の根拠は6.2.3（2） 2）③に示す）</p> <p>正確性の高い情報を所内共有できるようになる</p> <p>被害状況の市民周知を迅速化できるようになる</p>
サービス停止エリア被害情報	災害情報収集	<p>サービス停止情報確認工数が75%短縮できるようになる（数値の根拠は6.2.3（2） 3）③に示す）</p> <p>住民の被害状況を把握できる</p>

## 6.2.4 KPIの達成度

KPIについて得られた結果を表 6.2-30 に示す。

表 6.2-30 プロセス KPI ごとの KPI 目標値と結果

No.	プロセス KPI	KPI 目標値	結果
1	水害（内水氾濫）の予測時に共有してほしい情報項目	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得すること。	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得した（表 6.2-2、表 6.2-4 参照）
2	水害（内水氾濫）被害予測情報の提供周期	情報提供タイミング（t1）と発災タイミング（t2）を比較し、 $t1 < t2$ が成立すること。	机上検討より、 $t1 = -2$ 日、 $t2 = 0$ 日（6.2.3（1）①）③参照） よって $t1 < t2$ が成立
3	水害（内水氾濫）被害予測情報の提供方法	必要な情報流通方法について提供者・参照者の要求を獲得すること。	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得した（表 6.2-2、表 6.2-4 の流通方法の項目参照）
4	水害（内水氾濫）時に共有して欲しい災害情報項目	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得すること。	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得した（表 6.2-6、表 6.2-10、表 6.2-12 参照）
5	水害（内水氾濫）時の災害情報の提供周期	情報更新周期について参照者の要求を獲得すること。	情報更新周期について参照者の要求を獲得した（表 6.2-9、  表 6.2-11、表 6.2-13、  表 6.2-23、表 6.2-25）
6	水害（内水氾濫）時の災害情報の提供方法	情報収集作業の現稼働（c1）と新稼働（c2）を比較し、稼働削減率（ $(c1 -$	机上検討より稼働削減率（ $(c1 - c2) / c1 =$

6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

No.	プロセス KPI	KPI 目標値	結果
		$c2) / c1) > 0$ が成立すること。	55.9% (6.2.3 (1) 3) ③参照) よって稼働削減率 ( $(c1 - c2) / c1) > 0$ が成立
7	水害（内水氾濫）時に共有して欲しい復旧計画の項目	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得すること。	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得した（表 6.2-14、表 6.2-16）
8	水害（内水氾濫）時の復旧計画の提供周期	情報更新周期について参照者の要求を獲得すること。	情報更新周期について参照者の要求を獲得した（表 6.2-15、表 6.2-17）
9	水害（内水氾濫）時の復旧計画の提供方法	必要な情報流通方法について提供者・参照者の要求を獲得すること。	必要な情報項目について提供者・参照者の要求を獲得した（表 6.2-14、表 6.2-16 の流通方法の項目参照）

### 6.3 考察

#### 6.3.1 特定されたユースケースの特性及び実現性

特定された 10 点のユースケースを相互比較し、ユースケースの特性及び実現性を考察する。6.2.3（1）及び 6.2.3（2）に示される各ユースケースにおいて、必要な空間情報の提供者の賛同割合及び提供情報に対する受益の割合の一覧を表 6.3-1 に示す。なお、情報提供者及び受益者の割合別に 3 段階のユースケース区分（UC 区分を）設ける。

表 6.3-1 ユースケースごとの空間情報の提供者及び受益者の割合

UC 番号	受益者	ユースケース名	提供者の賛同割合（※）	情報に対する受益率	UC 区分
1) ①	インフラ事業者	「内水氾濫による浸水予測情報」の流通	100%	100%	A
1) ②		「サービス停止計画情報」の流通	100%	92%	B
1) ③		「地上の被害情報」の流通	100%	100%	A
1) ④		「設備の被害情報」の流通	86%	86%	C
1) ⑤		「サービス停止情報」の流通	100%	100%	A
1) ⑥		「設備工事計画情報」の流通	100%	最大 86% 最小 29%	B
1) ⑦		「サービス回復計画情報」の流通	100%	最大 88% 最小 45%	B
2) ①	自治体防災担当者	「内水氾濫による浸水予測情報」の流通	100%	100%	A
2) ②		「地上の被害情報」の流通	100%	100%	A
2) ③		「サービス停止情報」の流通	100%	88%	B

（※情報提供可否は各インフラ事業者内で調整が必要等の条件付きの提供も含む）

情報提供者の賛同割合の割合及び提供情報に対する受益割合が共に 100%を示すユースケースを UC 区分 A と定める。該当するユースケースは 5 点あり、対象とするすべての情報提供者の一定レベルの情報提供可能性が確認できているため、実現性が高いと考察できる。更にすべての情報参照者から受益が認められている点より、ユースケース実現の社会的要請度や影響度が特に大きいと考察される。これらのユースケースは一部のインフラ事業者で限定的な範囲での議論及び取組が進んでいる事例もある。実現性が高く、社会的要請も大きいこと

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

から、総合的に実現ハードルが比較的低いことが期待される一方、優先的な社会実現が望まれる。

情報提供者の賛同割合が100%、提供情報に対する受益割合が100%未満を示すユースケースをUC区分Bと定める。該当するユースケースは4点あり、対象とするすべての情報提供者の一定レベルの情報提供可能性が確認できているため、実現性が高いと考察できる。一方で、一部の情報参照者に対し一部の情報の流通は受益の対象とならないことが分かる。その課題は主に次の2点である。

- ・ 流通される情報粒度が粗く利用に適さない
- ・ 流通される情報項目に利用ニーズがない

1点目の課題について述べる。情報項目そのものには価値があるが提供粒度と参照粒度が合わないという課題は、①情報提供者の詳細な情報取得・作成能力の不足、②情報提供の厳重な認可基準、③情報参照者の作業粒度の精密さ、以上3要素の不適合にあることが、ヒアリングより確認されている。課題への対応策として情報提供の認可基準の調整の推進が挙げられる。これは比較的对応コストが低く獲得効果も大きい。そのため、4次元時空間情報基盤の認証認可の仕組みの在り方にユースケース実現が直結することが示唆される。また、1)⑥及び1)⑦)のユースケースでは、提供される情報粒度（工事計画情報等）が作業進捗と共に向上するケースがある。大規模災害の場合、発災直後は概算的な計画（月単位等）にとどまるが、全貌把握及び関係者調整が進めば詳細な計画（週単位・日単位等）が提供される。時間の経過とともにユースケースの効果が変化する場合、ユースケースをより具体化し、的確なタイミングでの情報流通を見出す必要がある。

2点目の課題について述べる。一部に受益がなくとも一定の社会的効果は認められるが、ユースケース実現に際して、受益が認められない情報提供者の情報提供の賛同獲得に対するハードルは考慮すべきである。そのためには、デメリットの無い情報提供の仕組みの実現もしくは付加的なメリット提供の方針検討が求められると考える。

情報提供者の賛同割合及び提供情報に対する受益割合が共に100%未満を示すユースケースをUC区分Cと定める。該当するユースケースは1点確認である。当該ユースケースは、一部の情報提供者について情報提供が認められないため、情報参照者に対する効果も低減するケースである。この課題への対応策として情報提供の認可基準の調整の推進が挙げられる。この対応は比較的对応コストが低く獲得効果も大きい。そのため、4次元時空間情報基盤の認証認可の仕組みの在り方にユースケース実現が直結することが示唆される。

### 6.3.2 流通情報に関する課題と検討した改善策

特定した流通情報について、災害時情報の諸元及び収集方法の観点から、見出した課題と解決方針を以下に示す。

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

災害時の情報源についての代表的な課題を述べる。

- ・ 近年設置が促進されている IoT 機器からの情報は取得内容・規模が限定的であり、判断情報には他の情報との統合解析が必要である
- ・ IoT 機器からの情報を解析する方法が明文化されておらず属人化したケースもある
- ・ 被害推定や工事計画等の業務には本業務の対象インフラ事業者以外のアクター（道路管理者及び河川管理者等）が管理する情報が不可欠なユースケースもある
- ・ 各インフラ事業者が取得する情報はあくまで自組織内のための情報であるため、すべてが他インフラ事業者含む第三者にとって意味のある情報となることは難しい

次に検討した改善策を述べる。

- ・ IoT 機器による収集情報については、機器利用の促進と共に、取得情報の解析方法・利用方法の具体化及び機械化の促進をする。
- ・ 災害時の情報提供のアクター増加（4次元時空間情報基盤の内外問わず）を見据えた仕組みや情報の管理方針の検討をする。
- ・ 利用者を増やす汎用性の高い情報（現場の写真や映像や3次元空間を示す点群情報等）の取得・作成の方針を見出し展開させる。

上記に示す対応方針が、課題解決に必要であると考ええる。

災害時の情報取得についての代表的な課題を述べる。

- ・ 流通ニーズのある情報の多くには人力による統合・加工作業（高度な知識を要する場合は属人作業）が発生し、提供までに時間を要するケースがある。
- ・ 特に対応緊急度の高いフェーズにおいては、情報取得・提供タイミングが個々のインフラ事業者の繁忙度に依存してしまう。
- ・ 省力化のために IoT 機器を網羅的に設置することは初期コストが大きくハードルが高い。

次に検討した改善策を述べる。

- ・ 情報の統合・加工作業、特に属人化した作業は体系化を進め、機械作業への移行を促進させる。特に繁忙フェーズにおける情報取得・提供の仕組みは機械化を推進し、省力化を進めると共に、流通情報のリアルタイム性を向上させる。
- ・ 観察対象に応じた取得方法の最適化を進める。例えば、車両やドローン等の移動体にセンサーを搭載させ人流・物流移動を利用することで、低コストで網羅的な情報収集を実施する。

## 6.4 今後の展望

### 6.4.1 情報共有の仕組み

本業務より災害時における情報共有の仕組みに対する要請が高いことが明らかとなった。要請が高くなる要因として、個々のインフラ事業者が単独でインフラ事業者や営業エリアを超えた情報共有の仕組みを構築することが困難であるためである。その点において、4次元時空間情報基盤への期待は大きく、平時運用における要件と同様、空間 ID の持つ情報共通化・情報秘匿化という特性に対して効用が確認された。したがって、4次元時空間情報基盤の災害時適用の要請は、業界を問わず広がることが予想される。

一方、情報共有に係るオペレーションについては、災害時におけるオペレーション進捗は常に限界状態にあり、情報共有のために新たな稼働を生み出せないという事実が確認されている。したがって、情報共有の仕組み構築のためには、情報提供者の既存稼働を下げる議論とセットで導入が必要である。また、既存オペレーションや既存システムとの連結・連動によって情報共有を実現する方法も検討が必要である。一方で、既存システムを所持しないユーザー向けに参照の仕組み（ビューツール提供や情報配信サービサーとの協調）を議論する必要がある。

### 6.4.2 災害対応の必要情報

本業務より特定された流通情報には平時運用シーンでも利用メリットがある情報が含まれる。代表例を以下に示す。

- ・ 設備の属性情報：敷設年度・メンテナンス履歴・工事優先度等
- ・ 空間の属性情報：工事エリアの工事進捗・点検情報（写真や点群情報等）等

これら平時利用できる情報は、平時運用のユースケースでの利用シーンも考慮した仕様設定が必要である。更に、空間に対する情報の取り扱いについては4次元時空間情報基盤への追加要件として考慮が必要である。

災害時にニーズのある情報には100%の確度を持たない情報が多い。大規模災害の発災直後は特にその傾向が顕著である。受益者の誤認識抑止のため、情報提供者は曖昧な情報の提供には慎重な姿勢である。そのため災害時の情報にはそれに対するアシュアランス情報の設定が重要であり、アシュアランスレベルに応じた情報の利活用方法が確立できれば、流通する情報種類の拡大が見込まれる。

### 6.4.3 ユースケース拡張性

本業務の過程で、災害種別とその規模によって、災害時の情報ニーズ（項目・粒度・リアルタイム性）にバリエーションが求められることが確認された。本業務におけるユースケースは「内水氾濫」に限定したが、その他の災害（地震・台風等）、規模及びエリアに応じて、

## 6 遠隔操作及び災害対応のユースケースの追加に関する実証等（災害対応）

ユースケースの拡張や追加設定が必要である。また、特定されたユースケースについては、実データ及び実システムを用いた実証を行い、具体的な効果を測定することが推奨される。

（ユースケースの拡張）

社会全体の災害対応を考慮した場合、取り扱う情報はインフラ事業者限定されず、警察・消防・自衛隊等の業界を超えた組織との協調が不可欠である。本業務によって実現されるインフラ事業者の情報統制の先に、領域横断の情報共有の仕組みの拡大が求められる。（アクターの拡張）

本業務では、災害時におけるインフラ事業者による外部への情報共有の協力性を確認した。今後は情報提供者側の理解獲得に留まらず、インフラ事業者由来の情報に対し付加価値を追加及び汎用性・利用性を高める加工をするサービサーや情報を広く配信することで情報参照者を増やし社会的効果を拡大させるサービサーとのビジネス協調を実現し、ユースケースの社会実現を加速させることが期待される。（ビジネスモデルへの昇華）



## 7. 全体

### 7.1 調査結果

本業務では、労働人口減少や災害激甚化等の社会課題解決を目指し、インフラ事業者が保有する情報のデジタルツイン構築、公益性のある情報の流通及び新たなビジネス創出の基盤となるデジタルインフラの整備の社会実現への課題について、4つのユースケースを対象に調査を実施した。その結果を以下に示す。なお、調査の対象課題且つ完全な解決に至らなかった課題を残課題、調査中に新たに確認した課題を新たな課題として示す。

#### 7.1.1 地下埋設物のユースケースの調査

##### (1) 実施内容

地下埋設物領域における4次元時空間情報基盤の2024年度から始まる早期社会実装に向けた諸課題について、調査・実証を行った。

##### (2) 成果

早期社会実装に向けたビジネス・業務及びシステムに関する課題は全て解決し、設定したKGIの達成も確認された。残課題及び新たな課題は確認されなかった。

<残課題>

なし

<新たな課題>

なし

#### 7.1.2 地上設備のユースケースの調査

##### (1) 実施内容

地上設備の種類別に、机上調査や主たる事業者との意見交換等を通じて現状を整理し、空間IDを介して相互に共有できるようにするためのデータ整備手法の検討及び実証を行った。

##### (2) 成果

インフラ管理の施工サービスにおける地上部分に対する影響（施工計画、施工（掘削を除く））について空間IDを介して改善効果があることを実証によって明らかにした。

また、インフラ管理と施工サービスに必要なデータを相互共有するためのデータ整備手法について実現可能であることを明らかにした。設定した KGI は調査結果より達成が確認された。また、個別の調査課題はその具体回答が明示されたことで解決した。新たな課題は確認されなかった。

<残課題>

- ・ 交換するデータフォーマットの確定。

諸元データ（地上インフラ設備位置等）を空間 ID に交換するために領域共通的に定めるデータフォーマットの確定。

- ・ 空間 ID 変換に必要な諸元データの供給手法の確認。

地上インフラ設備等の初期の敷設やメンテナンス時の諸元データ（点群情報等）から空間 ID 変換に必要な静的な情報を供給する手法の確認。

<新たな課題>

なし

### 7.1.3 遠隔操作のユースケースの調査

#### (1) 実施内容

遠隔操作のユースケースについて、机上調査及び主たる事業者との意見交換等を通じて必要な要素を調査、整理し、遠隔操作が伴う施工現場における空間 ID の効果を検証した。

#### (2) 成果

インフラ管理の施工サービスにおける遠隔操作の実現に向け空間 ID で解決可能な要件の整理ができた。設定した KGI は調査結果より達成が確認された。また、個別の調査課題はその具体回答が明示されたことで解決した。残課題は確認されなかった。

<残課題>

なし

<新たな課題>

- ・ インフラ管理の施工サービスにおける遠隔操作に向けた機能開発。

インフラ管理の施工サービスで遠隔操作を利用するシーンにおいて、地上インフラ設備及び地下インフラ設備の空間 ID を参照し実作業に利活用する仕組みの開発。

### 7.1.4 災害対応のユースケースの調査

#### (1) 実施内容

災害対応におけるインフラ事業者及び自治体防災担当者の業務を円滑にするために、インフラ事業者の保有情報が災害対応担当者へ共有されることで災害対応を改善する情報流通のユースケースを特定した。また、そのユースケース実現に必要な条件を具備する情報や入手手段を特定し、ユースケース実現によって得られる効果を評価した。

#### (2) 成果

インフラ事業者及び自治体防災担当者を対象に災害復旧対応の改善効果を発揮するユースケースについて、10点のユースケース及びその内容、9点の必要な情報及びその仕様を特定した。また、各ユースケースの業務フロー及び情報項目から4次元時空間情報基盤への要件を具体化した。設定したKGIは調査結果より達成が確認された。また、個別の調査課題はその具体回答が明示されたことで解決した。但しユースケース特定の観点で残課題を確認した。残課題及び新たな課題を以下に示す。

##### <残課題>

- ・ 空間ID変換に必要な諸元データの供給手法の確認。

被害予測情報やインフラ設備ステータス情報等、空間ID変換に必要な動的な情報の供給手法の確認。

- ・ データ項目に対するセキュリティやアシュアランスの保護の検討の推進。

事業者外への情報提供の判断が現場職員ではできなかったことによる、「外部への情報提供の許諾獲得」手法の具体化。

##### <新たな課題>

- ・ データ項目に対するセキュリティやアシュアランスの保護の検討の推進。

事業者が保有する大半の情報は災害利用を想定した項目として整備したものではなく、その内容及び量（頻度・粒度・保持期間等）が限定的であるため、他事業者の保有情報との補完が必要。

- ・ 流通情報の加工手法の開発。

事業者が保有する大半の情報は災害利用を想定していないため、その内容及び量が限定的であるため、加工が必要。しかし災害情報の抽出には人的リソースに頼る部分が多く、情報の流通量及び流通速度の向上が困難。

- ・ 事業者ごとの事業状況により災害発生時における事業継続性の検討・準備状況の差異。

災害対応への災害対応の準備状況に事業者間の格差があり、体力のある事業者ほど自助による対応態勢が整っている一方、体力の無い事業者は公助や共助を必要としている。

### 7.1.5 特定された課題

上述した各ユースケース調査から得られた課題を集約し表 7.1-1 に纏める。今後は特定された6点の課題の解決を目指すことが期待される。

表 7.1-1 課題一覧

課題番号	課題内容	対応するユースケース
課題 1	交換するデータフォーマットの確定	7.1.2 地上設備 UC
課題 2	空間 ID 変換に必要な諸元データの供給手法の確認	7.1.2 地上設備 UC 7.1.4 災害対応 UC
課題 3	インフラ管理の施工サービスにおける遠隔操作に向けた機能開発	7.1.3 遠隔操作 UC
課題 4	データ項目に対するセキュリティやアシュアランスの保護の検討の推進	7.1.4 災害対応 UC
課題 5	流通情報の加工手法の開発	7.1.4 災害対応 UC
課題 6	事業者ごとの事業状況により災害発生時における事業継続性の検討・準備状況の差異	7.1.4 災害対応 UC

## 7.2 将来展望

持続可能な経済活動実現のためには、時空間情報が社会を含む集団や組織の新たな経営資源と位置づけ、その相互活用を推進するための環境作りが必要である。これまで継続してきた実証を通じて具体化された展望を以下に示す。

### 7.2.1 早期社会実装への展望

インフラ設備管理分野（地下埋設物領域）について、4次元時空間情報基盤の構築とデータ整備を行い、インフラ事業者及び土木施工事業者の双方向の情報提供手法を確立させることで、ビジネスへの利活用開始とその利活用に対する評価の獲得が期待される。

## 7.2.2 短期的な展望

早期社会実装が完了した後の短期的な展望を示す。短期的な目標として、インフラ設備管理・土木施工・災害対応の3分野における4次元時空間情報基盤を利用したビジネスの開始が期待される。表 7.1-1 に示す6点の課題を3分野の単位で抽出・整理し、各分野で求められるビジネス開始を目指す場合に取りべき9点のアクションを表 7.2-1 に示す。特に、課題「空間 ID 変換に必要な諸元データの供給手法の確認」は分野横断の課題であることが示される。

表 7.2-1 分野別の課題に対する短期的なアクション

分野	対応するユースケース	課題	アクション
インフラ 設備管理	地下埋設物 UC 地上設備 UC	課題 1 : 交換するデータフォーマットの確定	4次元時空間情報基盤の開発事業者（SIer等）に交換するデータフォーマットの統一を開発要件として求める。
		課題 2 : 空間 ID 変換に必要な諸元データの供給手法の確認	インフラ設備管理分野と土木施工分野をまたぐデータ流通の実現のために、諸元データ（インフラ事業者の地上設備のデータ）を4次元時空間情報基盤に取り込むデータフォーマットへの変換する手法を具体化する。
土木施工	地下埋設物 UC 地上設備 UC 遠隔操作 UC	課題 1 : 交換するデータフォーマットの確定	4次元時空間情報基盤の開発事業者（SIer等）に交換するデータフォーマットの統一を開発要件として求める。
		課題 2 : 空間 ID 変換に必要な諸元データの供給手法の確認	インフラ設備管理分野と土木施工分野をまたぐデータ流通の実現のために、諸元データ（施工現場の地下埋設物及び地上設備の施工結果のデータ）をインフラ事業者へ提供する手法を具体化する。
		課題 3 : インフラ管理の施工サービスにおける遠隔操作に向けた機能開発	施工に関する既存サービスに対し、インフラ設備管理分野で整備される空間 ID 連携 API <sup>25</sup> の利用拡大を検証する。

<sup>25</sup> 3.2.5. (7) 2) 調査結果 で示される API を含む。

分野	対応するユースケース	課題	アクション
災害対応	災害対応 UC	課題 2 : 空間 ID 変換に必要な 諸元データの供給手 法の確認	諸元データ（災害による被害に関する動的な情報）を 4次元時空間情報基盤に取り込む手法を具体化する。また、災害情報に関する既存サービスに対し、インフラ設備管理分野で整備される空間 ID 連携 API <sup>25</sup> の利用拡大を検証する。
		課題 4 : データ項目に対する セキュリティやアシ ュランスの保護の 検討の推進	公益性の高い情報の流通を実現するための、災害時におけるセキュリティやアシュランスの仕組みを検討する。
		課題 5 : 流通情報の加工手法 の開発	分野横断の災害時に流通する情報項目を用いた解析機能の構築をする。
		課題 6 : 事業者ごとの事業状 況により災害発生時 における事業継続性 の検討・準備状況の 差異	平時・災害時のデュアルユースを推奨した仕組み展開を目的に、災害時の情報流通におけるコア機能・運用及び必須情報項目の検討のため、その要件を具体化する。

インフラ設備管理・土木施工・災害対応の3分野における4次元時空間情報基盤を利用したビジネスの開始に向けた検討において、4次元時空間情報基盤等のソフト面の仕組み構築に関する課題検討には進展があった。一方で、ソフトでは解決できないハード（高速通信網等）、制度設定及びビジネスモデルに関する課題へのアクションについて、さらなる継続的な検討が必要と考えられる。短期的な目標を目指す上で考えられるハード、制度設定及びビジネスモデルに関する課題を以下に示す。

- ・ 「労働人口減少・インフラ設備の施工増加」という社会課題解決に向けた継続課題

遠隔操作による土木施工の実現による課題解決が検討されているが、そのためには、遠隔施工の実現に必要な4次元時空間情報基盤が利用する社会基盤（通信環境・対応する建設機械等）を早期社会実に向けて整備することが社会的に必要なである。

- ・ 「災害激甚化への対応」という社会課題解決に向けた継続課題

災害時は公益性の高い情報の流通価値が期待される一方で、既存情報の公益性判定や公開範囲の取り決め事例が少なく情報提供の敷居が高い。その解決のためには、既存情報に対する公共性を評価する指標を定義し、公益性の高い情報の流通についてインフラ事業者を含む様々なステークホルダ間で横断的に協議・検討する場を設け、ルールや制度の整備を促進することが公共的に必要である。

災害時の情報流通による社会的価値は多くのステークホルダが認めるものの、採算を考慮しない慈善的な活動に依存したユースケースの社会実現は困難である。その解決のためには、ユースケースに参画するステークホルダに対して、下記に示す検討を進めることが社会的に必要である。

- ・ 事業継続の保証を前提とした、災害対応に関する社会的協調を促進する制度の検討
- ・ 公益的な情報の提供によるインセンティブ等の獲得機会を含むビジネスモデルの検討

### 7.2.3 中長期的な展望

短期目標達成後の中長期的な展望を示す。中長期的な目標として、空間 ID に紐づくデータ整備が進行し 4 次元時空間情報基盤を利用したビジネスが全国に展開された結果、社会全体におけるデータドリブンなビジネスの普及が期待される。目標に対して想定される課題とその対応方針について以下に示す。

#### (1) ビジネス・業務に関する展望

4 次元時空間情報基盤を利用したビジネスが普及するにつれて、以下の課題が表面化すると想定される。

- ・ ステークホルダ間に存在する体力の差異に起因する格差
- ・ 新たな情報の公益性判断
- ・ 地域間に存在する市場規模の格差

上記の課題について、その内容と解決方針を以下に示す。

#### 1) ステークホルダ間に存在する体力の差異に起因する格差

空間 ID に紐づくデータ整備が進行してデータドリブンなビジネスが普及する過程において、各ビジネスに参画するステークホルダ間に存在する体力（データを利活用するための事業資金や保有設備等）の差異により、ビジネス参画タイミングについて事業者間で格差が生じる点が課題として考えられる。次に想定する解決方針を示す。社会全体として最低限維持する情報流通の仕組みや準備等の程度に対し事業者ごとの投資判断が下

回る場合、公益性のある分野については共通的なシステムの構築等を通じて社会全体でビジネスを維持する手法を検討する。その結果、日本全国津々浦々の地域や事業者によって格差が生じない価値提供が期待される。

## 2) 新たな情報の公益性判断

今後新たな公益性が認められる情報が登場したとしても、情報公開の既往事例の少なさや事業者間の経済競争故、その流通は限定的となることが予想される。したがって、データ項目に対するセキュリティやアシュアランスの保護と共創の線引きや定義の検討の継続が課題として考えられる。次に想定する解決方針を示す。新たな情報の公益性についてインフラ事業を含む様々なステークホルダ間で横断的に協議・検討する場を整備する。整備する環境については、インフラ事業に限定しない領域のユースケース検討のための新情報の利用に向けた4次元時空間情報基盤の拡張を検討する。その結果、ビジネスが拡張し恩恵を享受できるユーザー数の最大化に繋がることが期待される。

## 3) 地域間に存在する市場規模の格差

土木施工事業者の多くは地域に根差した事業を営んでいる。空間IDに紐づくデータ整備が進行してデータドリブンなビジネスが普及したとしても地域の市場から生まれる施工量の絶対数（市場規模）が変化することはない。したがって、土木施工の需要度に応じて発生する地域間の市場規模の格差は是正できず、格差が継続することが課題として考えられる。次に想定する解決方針を示す。4次元時空間情報基盤等を用いた遠隔施工の社会実装を果たすことにより、地域に根差す土木施工事業者が、土木施工の需要がより高い地域の施工業務（災害対応を含む）を遠隔で実施できるようになるため、獲得できるビジネスチャンスが増える。ビジネスチャンスが増えることによって地域間の市場規模の格差を是正することが期待される。ただし、地域の雇用は守る必要がある。ゆえに、地域間の過度なビジネスチャンスの流出を抑止するため、柔軟な制度設計が必要である。

## (2) システム

システムはビジネスの拡張・継続及びデジタルによる恩恵の最大化に向け、その設計に拡張性（機能・非機能）を維持するための検討の継続が必要である。APIアーキテクチャ設計の最適化及び汎用的な機能の整備を進めることで、機能面では機能追加の平易化を目指し、非機能面では管理データの拡大及び高頻度な参照・登録業務への対応を目指す。また、データ項目に対するセキュリティやアシュアランスの保護は確実にする。更に、各ビジネスのシーンに応じたデータの相互共有を実現するため、動作モード切り替え等によるデュアルユースの実現を視野に入れたシステム設計を検討する。上述の対応



により、持続可能な市場や社会を形成することを目的とするデータドリブン型のビジネスの実現を後押しすることが期待される。

### 7.3 総論

本業務では、インフラ管理 DX における 4 つのユースケース（地下埋設物・地上設備・遠隔操作・災害対応）について、社会実装を検討し得るレベルまでのユースケースの詳細化及びユースケース実現の基盤となる環境（民間ビジネスの創出に最低限必要な仕組み・ビジネス参画が想定されるステークホルダ）の整備要求に関する市場調査を完了した。具体的には、公益性の高い情報、情報管理・流通の仕組みに求められる要件及び環境利用に伴うビジネス・業務への影響と効果を特定した。

本業務で得られた成果から、詳細化されたユースケースの実現のための環境整備及び民間ビジネスのスモールスタートが期待される。更にその延長として、民間ビジネスの拡大と継続及び併発する課題の解決が期待される。ビジネス実現の基盤となる仕組み及びステークホルダについて、協調的な環境を整えておくことが、将来の新しいビジネスの創出・実現に寄与すると考える。延いては、4次元時空間情報基盤を含むデジタルツインの恩恵を様々な領域に広げ、国民の生活レベルの維持・向上への貢献に繋がると考える。

## 8. その他

### 8.1. 用語と定義

本実証調査研究固有の用語を表 8.1-1 に記載する。

表 8.1-1 用語一覧

用語	説明
3次元点群データ	LiDAR 等を用いて XYZ の座標点が大量に記録されたデータ。
4次元時空間情報基盤	異なる種類の4次元時空間情報を簡易に統合・検索し、軽量に高速処理できる仕組みとして、異なる基準に基づいた4次元時空間情報であっても一意に位置を特定できる4次元時空間 ID を検索キー（インデックス）として導入し、鮮度の高い様々な4次元時空間情報を高速に自動的に結合することや、簡単に検索することができるようにする仕組みであり、運用者の異なる複数の空間情報システム、カタログシステム、認証基盤、リポジトリ等から構成される。 [1]
CIM モデル	対象とする構造物等の形状を3次元で表現した「3次元モデル（対象とする構造物等の形状を3次元で立体的に表現した情報）」と「属性情報（3次元モデルに付与する部材（部品）の情報（部材等の名称、形状、寸法、物性及び物性値（強度等）、数量、そのほか付与が可能な情報）」を組み合わせたもの。[5]
CityGML	Open Geospatial Consortium（OGC）により策定された、3次元都市空間を記述するためのデータ交換フォーマット。[1]
DEM	Digital Elevation Model（数値標高モデル）。地表面を等間隔の正方形に区切り、それぞれの正方形に中心点の標高値を持たせたデータ。[1]
f インデックス	空間ボクセルの標高（鉛直方向）の番号。[1]
ICT 建機	マシンガイダンス・マシンコントロール・遠隔操作などに対応した建設機械。
LiDAR	光を使ったリモートセンシング技術の一つで、レーザーのパルス照射からの散乱光を測定し、遠くの対象までの距離やその性質を分析する手法。
OpenAPI	Web アプリケーション同士の安全な通信のために、どのような項目・形式で仕様を記載すべきか定義したフォーマットのこと。
OSS	調査及び実証を通じて定められるシステム仕様の内、公開することで、システムの開発者の生産性向上に寄与すると考えられるプログラム群。

用語	説明
Ouranos Ecosystem	Society5.0（サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（物理空間）を高度に融合することで経済発展と社会的課題の解決と産業発展を両立する人間中心の社会）の実現というビジョンに共感した方々とともに、こうした取組を通じて、その実現を目指す、一連のイニシアティブ。[3]
PLATEAU	国土交通省が主導する 3D 都市モデル整備・活用・オープンデータ化プロジェクト。[1]
REST API	REST API は、REST アーキテクチャの制約に従って、RESTful Web サービスとの対話を可能にするアプリケーション・プログラミング・インタフェース(API または Web API)。
x インデックス	空間ボクセルの経度（水平方向の東西方向）の番号。[1]
y インデックス	空間ボクセルの緯度（水平方向の南北方向）の番号。[1]
ZFX Y 形式	空間 ID を、ズームレベル(z)、f インデックス、x インデックス、y インデックスで表す形式。
アーム	油圧ショベルやクレーンなど、建設機械の作業先端部と車体を繋ぐ部分。
位置基準	2D/3D の地理空間情報を利用する際、位置の基準となるデータ。本書ではインフラ設備に関する地理空間情報データを整備する際に用いる位置の基準となるデータを指す。
インセンティブ設計	個人や組織が特定の行動を取るよう促すための動機付けや報酬のこと。
インフラ管理	インフラ設備に関する構築や保守などの管理。
インフラ管理 DX	デジタルライフラインにより整備されるモビリティ向けインフラ設備や、電力・ガス・通信・上下水道をはじめとするインフラ設備などの情報を 3D に変換し、空間 ID を識別子として流通させることで、企業・地方自治体・政府の間で相互に共有することが可能となり、平時における業務の共通化・自動化やリソースの最適活用を図るとともに、災害時におけるインフラの応急復旧・早期回復を実現する。これらの 3D デジタル化による協調領域のデータシェアリング（複数事業者間のデータ共有）を実現した上で、コスト・技術のシェアリング（複数事業者間の重複コストの削減や技術の共有）を狙った競争領域のアプリケーションが多数創出されることを目指す一連の取組を「インフラ管理 DX」と定義する。[2]
エレベーターシャフト	エレベーターの基本的な構造の 1 つである昇降路。
遠隔施工	通信回線を用いて、操縦者が遠隔地にある建設機械を操作して施工を行うこと。
遠隔操作事業者	通信回線等を用いて、操縦者が遠隔地にある建設機械を操作し自社

用語	説明
	事業を営む事業者。
基礎	建物の基礎。
基礎杭	建物の基礎を支える杭。軟弱な地盤の上に建物の基礎を設置する際に用いられる工法で使用する杭。
基地局	地上モバイルセンターと連絡を取るために地上に設置される移動せずに固定された無線センター。
共創	複数の異なる個体や団体が協力して、新たな価値や創造的な解決策を生み出すこと。
共通ライブラリ	空間情報システムを設計・実装するうえで、使用する頻度が高いと想定される機能。
切梁	きりばり。山止め工事において土止めの矢板を倒れないように止める材(腹起しという)を支持する水平材。
空間 ID	異なる種類の 4 次元時空間情報を簡易に統合・検索し、軽量に高速処理できる仕組みとして、異なる基準に基づいた 4 次元時空間情報であっても一意に位置及び時間を特定できるように、ZFX Y 形式の空間ボクセルに符号を付与した識別子。[1]
空間情報サービス	空間情報システムを運用して、利用者からの空間範囲とデータ項目に関するリクエストに応じて、該当する空間属性情報（該当する空間ボクセル及びその属性値の集合）をリターンするサービス。
空間 ID 紐付け	空間ボクセルと重なり合う地物データの属性情報を空間 ID に紐付けること。
空間 ID 付与	空間ボクセルと重なる合う地物データの属性に空間 ID を付与すること。
空間ボクセル	空、地上、地下、屋内、海を含む地球上のあらゆる空間を直方格子状に分割した際の個々の直方体の空間領域。[1]
空間属性情報	それぞれの目的に応じて現実世界を表すデータ。
軽量鋼矢板	薄い鋼板を加工し作られており、土留めとして広く使われている。
軽量鋼矢板建込工法	土留め工法の 1 つで、軽量鋼矢板を建設機械により建て込む工法。
建設協議	建造物に関する工事をする際に、工事の影響が想定される近隣の地上地下構造物管理者と施工方法等について協議すること。
社内管理台帳	インフラ設備事業者が自社の設備を管理している台帳。
情報技術	コンピュータやその他の電子機器を利用してデータ・情報を作成、処理、保存、取得、共有すること。
新規開通引込線	新しい通信回線の開通申し込みに基づき、新しく宅地内へ引き込む通信ケーブル。
ズームレベル	3 次元空間を空間ボクセルで分割するレベル。分割なしの状態がズームレベル 0、8 分割した状態がズームレベル 1 で、8 分割を繰り返す

用語	説明
	返すごとにズームレベルが1つ増え、個々の空間ボクセルのサイズは小さくなる。[1]
設計業務委託等技術者単価	国土交通省が発注する設計業務委託等（設計・測量・地質等）の積算に用いる全国一律の単価。
設備 3D 都市モデル	インフラ設備等の現実の都市に存在する様々なオブジェクトの3次元形状と意味情報をパッケージとして記述した地理空間データ。[1]
旋回	油圧ショベルはアタッチメント、上部旋回体、下部走行体により構成されている。油圧ショベルの上部旋回体を回す動作のこと。
旋回半径	油圧ショベルやクレーンなど、建設機械の作業先端部と車体を繋ぐ部分。途中で屈折する機構を持つ場合、作業先端部に近い方をアーム、車体部に近い方をブームと呼ぶ。
属性情報	地物の特性を表す情報（建物の例：建物用途、建築面積、階数、構造など）。
ソフトウェア	情報技術分野におけるハードウェアと対比されるものであり、特定の操作を行うプログラムや関連情報のこと。
タイルハッシュ	空間 ID (z/f/x/y) の zfyx をハッシュ化（モートンオーダー）した値。
高さの基準	地球上の3次元空間に空間ボクセルを配置する基準となる面。
宅地引込	宅地内へのインフラ設備の引き込み工事。
地下埋設物領域	地下埋設物を一元管理し、埋設物の照会や工事の業務効率を向上させることを目的としたユースケース領域。[1]
地質変化	土の種類や粒度、含水率などが地層の変わり目などにより変わること。
地図情報レベル	公共測量の作業規定で定められた、数値地形図データの位置精度を示すレベル。[4]
地物	地球上の位置と直接的・間接的に関係付けられたもの。自然環境（例：河川）、自然現象（例：気象）、人工物（例：建物）、人為的境界（例：行政区）など。
吊り代	クレーン等を用いて資材を持ち上げる際に、吊り上げる事のできる高さ。
データドリブン	売上データやマーケティングデータ、WEB解析データなど、データに基づいて判断・アクションすること。
手掘り	建設機械を用いず、シャベル・スコップ等を用いて人力で掘ること。
土留め工法	法面など高低差がある場所において、高い位置の土が低い位置に崩れる事を防ぐための工法。
ハードウェア	コンピュータシステムやデバイスの物理的な部分。具体的には、コ

用語	説明
	ンピュータの中や周辺にある電子回路や機械的な部品のこと。
配管作業計画	管路設備に関する工事を実施する際の作業計画。
排水対策	水場における工事を実施する際の排水方法。
バックホウ	地形を形成したり、穴を掘ったりするためのアーム状の部品とバケットアームという掘削装置がオイル圧力で動作し、自身で移動できるエンジニアリング装置。
腹起し	土留めにおいて矢板等を支え側圧を均等に受ける役割を担う支保工。
ピット	堅穴。立て坑。
俯瞰カメラ	遠隔操作システムで利用する、建設機械周辺に設置したカメラ。建設機械が写るように設置する。
敷設深度	地下埋設物を敷設した際の深さ。
マシンガイダンス	建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分をオペレータへ提供するシステム。[6]
マス	住居や通行路等で発生する下水を一時的に貯蔵し、浮遊物や汚染物質を取り除き、排水ルートや側溝が詰まるのを防ぐためのもの。
メタデータ	データそのものではなく、データ（製品）に関する説明情報。（メタデータに関する定義は他にもあるが、本書では上記の定義を用いる。）[1]
揚重作業	クレーン等を用いて資材を持ち上げる作業。
擁壁	地質の放置角度を超える大きな高さの変動を地表に加えたいときに、地質の横抗力に対抗して崖の倒壊を予防するためにデザイン・作成される壁のような構造物。
流通システム	商品やサービスが生産者から消費者まで届けられる過程を管理・最適化するための一連の構造や手段のこと。

本実証調査研究固有の略語を表 8.1-2 に記載する。

表 8.1-2 略語一覧

用語	説明
DADC	デジタルアーキテクチャ・デザインセンター
建機 MG	建機マシンガイダンス

出典

[1] 「Appendix-1 : ガイドラインの用語集」

<https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/Individual-link/nq6ept000000g0g3-att/4dspatio-temporal-guideline-gamma-appendix-1.pdf>

[2] 「デジタルライフライン全国総合整備計画」

[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/digital\\_architecture/lifeline.html](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/lifeline.html)

[3] 経済産業省 「Ouranos Ecosystem」

[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/digital\\_architecture/ouranos.html](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/ouranos.html)

[4] 国土交通省 「作業規程の準則」

[https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/pdf/h28/H28\\_junsoku\\_honbun.pdf](https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/pdf/h28/H28_junsoku_honbun.pdf)

[5] 国土交通省 「初めての BIM/CIM」

[https://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcim1stGuide\\_R0109\\_hidaritojiryomen\\_0909.pdf](https://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcim1stGuide_R0109_hidaritojiryomen_0909.pdf)

[6] 国土交通省 「マシンガイダンス技術（バックホウ編）の手引書【施工者用】」

[https://www-1.kkr.mlit.go.jp/kingi/kensetsu/inf\\_support/bcu0ke0000002x3l-att/h3002-03.pdf](https://www-1.kkr.mlit.go.jp/kingi/kensetsu/inf_support/bcu0ke0000002x3l-att/h3002-03.pdf)