

3次元空間情報基盤アーキテクチャ設計 報告書

2022年 7月

経済産業省／デジタルアーキテクチャ・デザインセンター（DADC）

報告書目次

1 本プロジェクトの検討背景 **P03**

2 本プロジェクトが目指すビジョン **P11**

3 ユースケースの検討 **P15**

4 空間の定義 **P31**

5 3次元空間情報基盤のアーキテクチャ検討 **P52**

6 今後の検討事項 **P75**

APPENDIX **P83**

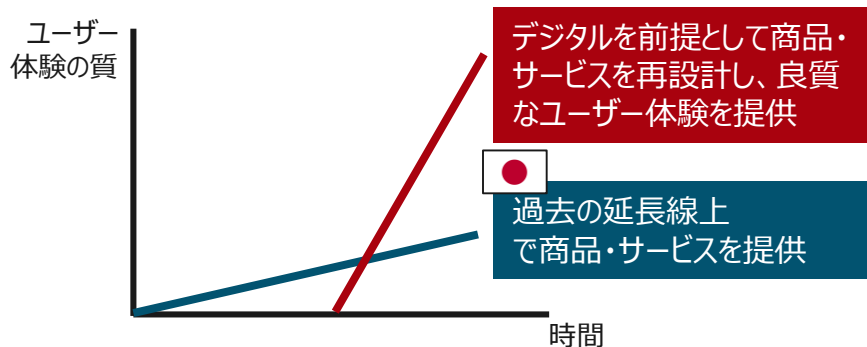
1 本プロジェクトの検討背景

- 1-1 デジタル庁依頼に基づく自律移動モビリティのアーキテクチャ設計
- 1-2 自律移動ロボットプログラムに関するD A D Cの体制
- 1-3 デジタルツインの整備と本P Jの範囲
- 1-4 自律移動ロボットプログラムの主なスケジュール
- 1-5 現状の課題認識
- 1-6 本プロジェクトにおける検討事項

1-1 デジタル庁依頼に基づく自律移動モビリティのアーキテクチャ設計

デジタルを前提として再設計された商品・サービスにより、過去の延長線上で商品・サービスを提供する事業者の売上は低迷している。デジタル庁より**次の成長産業である自律移動モビリティのアーキテクチャ設計**依頼を受け、**DADCではデジタルを前提とした将来ビジョンからバックキャストして検討を進めている。**

自律移動モビリティ検討の必要性

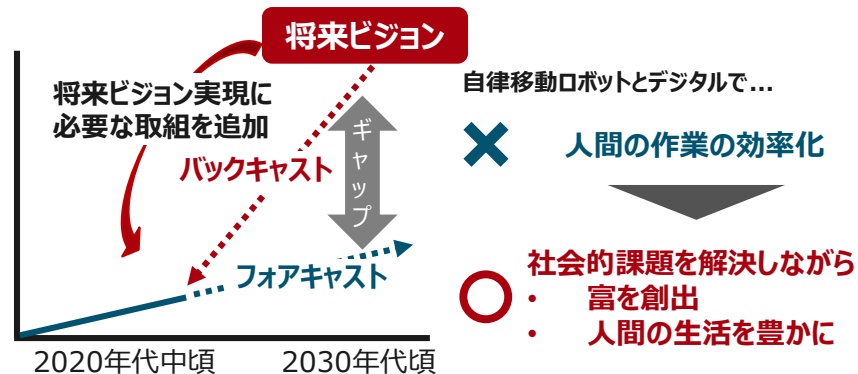


例えば携帯電話では、過去の延長線上での商品・サービス提供により、海外にシェアを奪われてしまい、売上は低迷。

自律移動モビリティは次の成長産業であり、デジタルを前提とした社会・ビジネスの再設計が必要

自律移動モビリティの検討方針

自律移動モビリティが富みを創出するために、将来ビジョンを描き、将来ビジョンからバックキャストしてIoTシステム、ルールのあり方を検討



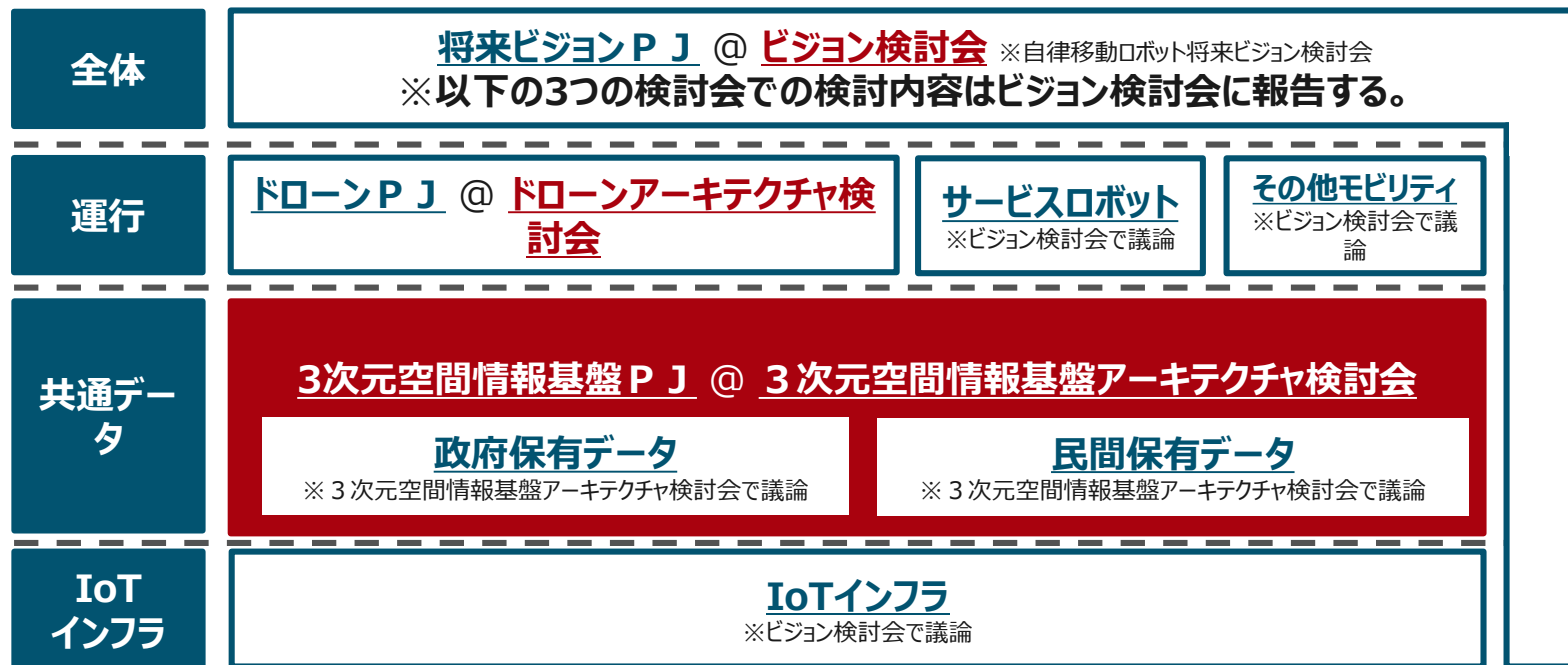
参考：デジタル庁からDADCに対するアーキテクチャ設計の依頼文

情報処理の促進に関する法律に基づき、デジタル庁からDADCに対して、自律移動ロボットのアーキテクチャ設計について検討を依頼。当該依頼を踏まえて、DADCは、経済産業省の支援のもとで、検討体制を構築した。

- 自律移動ロボットのうち無人航空機及び車両（以下「無人航空機等」という。）について、我が国において中長期的には年間500万フライトを上回るなど活用され、社会的課題の解決や産業の発展につながる将来像を具体化し、その実現に必要なベース・レジストリ、三次元空間地図、運行管理システム、飛行・運転制御システム、機体等状態管理システム、取得情報分析システムなど、運用及び管理を行う者が異なる複数の関連する情報処理システムとの連携の仕組み（アーキテクチャ）を描いて令和4年7月までに提出し、その後、整備すべきデータ連携基盤の具体的な仕様を作成すること。
- その際、①**無人航空機等及び周辺環境に関するデータの収集及び伝達の仕組み**（三次元空間地図を相互にリファレンス可能とするために必要な基準の設定、三次元空間地図のリアルタイム性の確保やリアルタイム性を確保できない場合の代替となる仕組み、自律移動ロボットの利用者や所有者を認証する仕組み、自律移動ロボットが互いを認識するためのID等の仕組み、鳥や有人機等のリアルタイムでの飛行情報を把握する仕組み、様々な運行システムの運用を前提とした際に必要な標準通信規格の特定、APIやデータフォーマットの仕様の具体化、脆弱性情報、飛行禁止・停留可能区域情報、障害物情報（信号機、標識、電柱・電信柱の位置・形状、送配電線など）、通信環境情報（ある空間においてLTEが使用できるかどうか等）、運行者情報、資格情報、機体情報（空間座標、機種、ソフトウェアバージョン、電池残量、LTE通信（操縦・映像伝送）の可否など）、インフラメンテナンス関連情報（点検・修繕の計画・報告・修繕に関する情報など）、農業関連情報（播種、施肥、農薬散布、害獣監視、生育状況、収穫量に関する情報など）、物流関連情報（集荷、配達、所要時間に関する情報など）のデータ収集・伝達の仕組み等）**を含めた無人航空機等を利用するためのデジタルインフラ**、
- ②自律移動ロボットを取り巻く環境の変化に柔軟にデータ連携基盤を対応させるために必要な、環境・リスク分析、ゴール設定、システムデザイン、運用、評価、改善といったサイクルを、マルチステークホルダーで継続的かつ高速に回転させていくための仕組み、
- ③既に存するデータやシステムの実態を踏まえデータ入力・連携を可能な限り簡易に行えるようにするとともに、データ連携基盤を通じた運用がタイムラグなどを生じずに軽快に行えるようにするなど、データ連携基盤を使用するユーザーのユーザービリティを向上するための仕組み、
- ④プライバシーやサイバーセキュリティを確保（機微な情報の漏えい防止、データの悪用防止、データ改ざん等によるシステム全体への影響の防止等）するための仕組みについても検討を行うこと。
- また、無人航空機等に関するISO規格や米国ASTM規格など国際基準・標準の動向を把握し、整合を図ること。

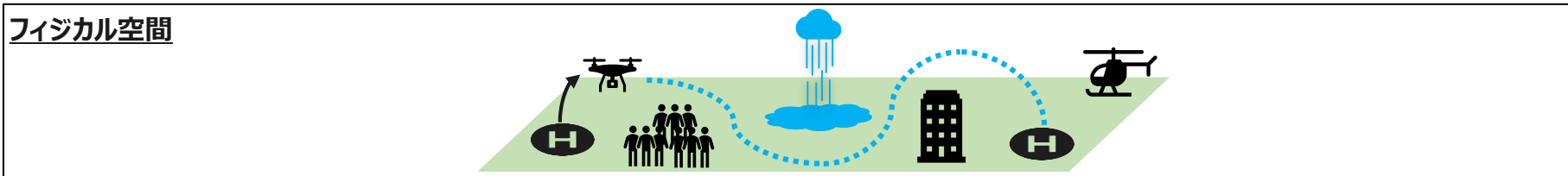
1-2 自律移動ロボットプログラムに関するDADCの体制

DADCでは、自律移動ロボットプログラムを立ち上げ、その中に3つの領域のプロジェクトを編成し、併せて有識者の協力を得て各領域の検討会を組織した。



1-3 デジタルツイン（現実世界をデジタル空間上に再現）の整備と本PJの範囲

安全性を保ちながら大量・高頻度・高密度の運行を実現するためには、空間情報や事故情報等を動的（時間軸）かつ詳細（空間軸/意味軸）に捉えて、サイバー空間上で自動的にリスク評価や安全性評価・認証を行い、安全な運行経路や機体・関係システムが活用されるようにすることが重要。

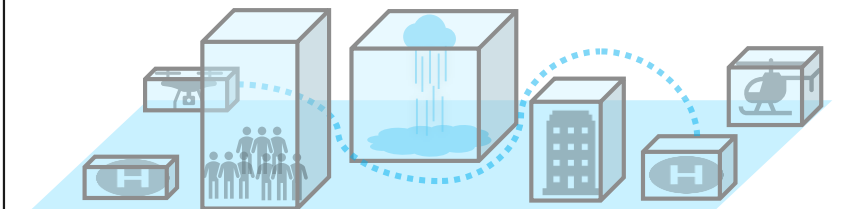


空間情報や
事故情報等を同期

運行経路の安全性の
リスク評価

機体・関係システムの
安全性評価・認証

サイバー空間



異なる基準に基づいた空間情報であっても一意に特定できる**三次元空間ID**を検索キーとして導入し、鮮度の高い様々な空間情報を高速に自動結合できたり、簡単に検索可能にする。

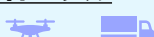
運用データ

シミュレータ

部品モデル



機体モデル



運行モデル



環境モデル



安全性評価項目

運用データ（事故・ヒヤリハット情報等）による評価項目策定

3次元空間情報基盤プロジェクトの担当範囲

1-4 自律移動ロボットプログラムの主なスケジュール

- ステークホルダと議論を積み重ねながら、プロトタイプ開発、中長期的な実証、社会実装まで見据えたアーキテクチャ設計を進めていく。
- デジタル庁からのアーキテクチャの設計依頼に基づき、**報告書を取り纏め**、その後は社会実装に向けて、継続して検討を深めていく。（本プロジェクトは自律移動ロボットプログラムの一部）



アーキテクチャ設計

- 1 ビジョン実現に必要な機能を具体化
- 2 協調領域と競争領域に機能を分類
- 3 機能の担い手や関係性をデザイン

社会実装

- 4 必要な環境整備に関する取組を具体化
- 5 各担い手が自らの役割を遂行

1-5 現状の課題認識

空間情報の管理と空間定義に関する統一的な基準、システム・データを繋ぐ汎用的な連携基盤が存在しないことが現状の課題と認識。

現状の課題 (As is)

空間情報の 管理基準

- 空間情報が異なる仕様・規格で分散的に整備・管理されており、一元的な検索や収集・重ね合わせが困難
- 空間情報には、識別可能なメタ情報を有さず、流通を考慮した軽量化がされていないものが少なくない（機械やAIによる高速処理が困難）

空間の 統一定義

- 空間を水平・鉛直方向で一意に定義する共通規格がない
- 業界によって異なる座標系や高さ基準を用いており、相互変換に用いる共通的な物差しが必要

データ 連携基盤

- 仕様の異なるシステム・データを相互に繋ぐ汎用的な連携基盤がないため、連携労力が大きく、データ提供者とアプリ開発者やユーザーが業界・地域横断で繋がらない

結果として、貴重なデータやアプリケーション開発が一部のプラットフォーマーが提供する基盤に偏重している状態

1-6 本プロジェクトにおける検討事項

現状の課題を踏まえ、本プロジェクトでは以下①～④のテーマを検討。なお、プロジェクト第1期では、テーマ①～③を中心に検討した。

空間定義に関する共通規格の整備

①空間を一意に特定可能な規格

- 高さ方向を含む3次元の空間定義
- 異なる分解能に対する要求への対応方法
- 地下、地上、空中に対して地域横断・シームレスな適用可能性

②空間に情報を記述する統一的な規格

- データの属性を簡易にメタデータとして空間に紐付け可能な方法
- 静的な位置や属性情報に加え、時間の概念を有する動的情報への対応
- 機械による可読性

データ連携基盤の構築

③最適なシステムアーキテクチャの検討

- 基盤システムに対する要求機能の抽出
- 要求機能に基づく、システム構成の検討
- 領域別基盤システムと、共通基盤システムの機能分担検討

④基盤システムの開発・利用普及

- 共通機能のモジュール化、OSS化等による基盤システムの開発促進方法
- 既存のシステムやデータフォーマットとの互換性確保による基盤システム利用の普及方法
- インセンティブ・エンフォースメントや標準化、事業モデルを含めた普及方法
- サーバー構成も含めた、効率的なデータ処理の在り方

2 本プロジェクトが目指すビジョン

- 2-1 3次元空間情報基盤により実現するビジョン・世界
- 2-2 空間IDと3次元空間情報基盤の役割
- 2-3 3次元空間情報基盤の整備の概要

2-1 3次元空間情報基盤により実現するビジョン・世界

空間IDと、3次元空間情報基盤の実装・普及が、前述の課題解決を通じ、Society5.0が目指す世界の実現に寄与すると考える。

Society5.0において分野横断で目指す世界※

社会、消費者、
事業者の課題解
決と便益向上

- ニーズを叶える提供価値を大きく増やししながら、フィジカルでのコストを劇的に減らす

企業の壁を越えた
エコシステム
全体の成長

- 取引や提供機能の情報規格を統一するなどして各機能をモジュール化する

最適なフィジカルの
動きをサイバー上
で実現

- インターネットのような仮想的な統合データスペースで、フィジカル情報を共通の情報規格（ID・属性等）に統一
- データの入出力・参照を通じて実世界の取引や行為を制御するデジタルインフラの整備

3次元空間情報基盤により実現する事項

- 空間情報を機械が判読可能な形式で軽量かつ安価に提供することで、自律移動モビリティの安全・効率的な運行を支援
- 協調領域は領域横断で機能をモジュール化・OSS化し、アプリケーション・サービスの開発が簡易化される
- データ流通を加速させるシームレスなデータ連携の共通基盤が構築され、既存のシステムや規格とも互換性と拡張性を有している
- 様々な空間情報が空間IDを共通インデックスとして連携し、現実世界の様々なアプリケーションで活用されることによるバーチャルとフィジカルの融合が促進

2-2 空間IDと3次元空間情報基盤の役割

3次元空間上の
一意の識別子

- 人・機械が認識可能な3次元グリッドを整備し、様々な地理空間情報やベースレジストリを仮想空間上に付与された一意の識別子（ID）と紐付け、相互に参照可能とする。

データの相互連携・流通
アプリケーションの創出

- 現状はドメイン別の固有ルールで管理されている静的・動的な情報を空間IDに紐付けることで、業界横断のデータ連携を促進。
- 一意の空間IDに紐付いた属性情報の登録・更新・検索を可能とすることで、空間情報のデジタル化やデータの流通、データを活用したアプリケーション創出を促進。

バーチャルとフィジカル
の融合の促進

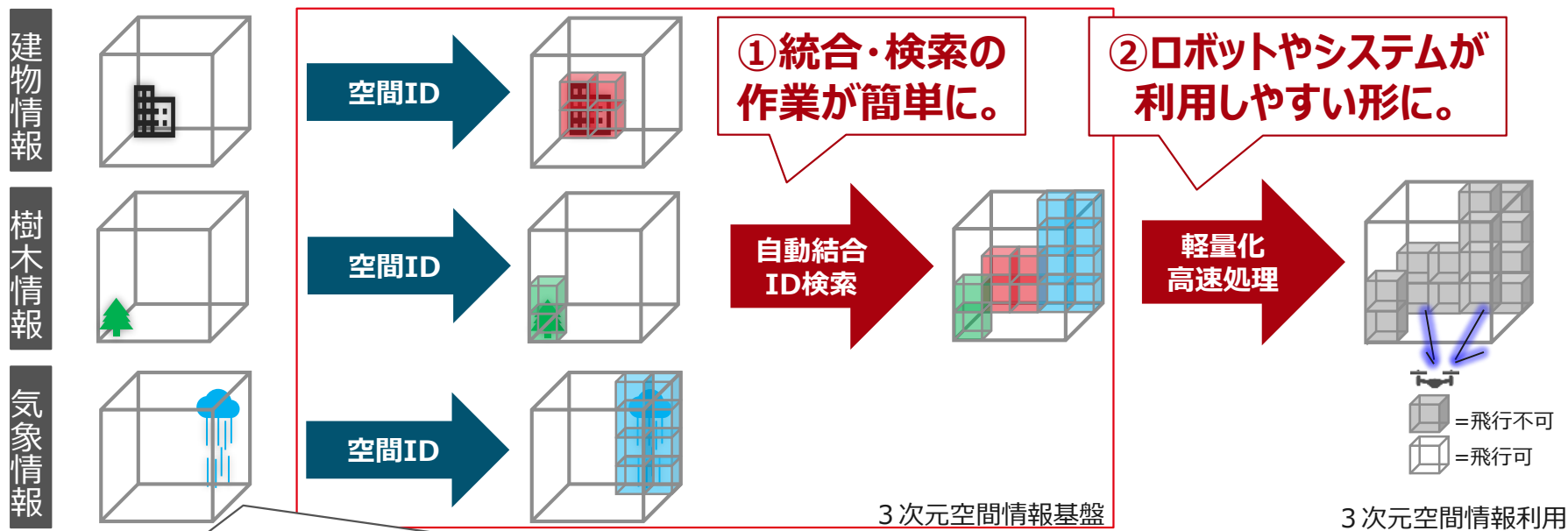
- 空間演算機能等、3次元空間情報基盤の機能により、空間情報を機械が判読可能な形式で軽量かつ安価に提供することで、自律移動モビリティの安全で効率的な運行を支援。

グローバル展開

- 整備・運用の仕組を標準モデルとしてグローバル展開することで、同基盤の上で活用されるシステムや機械、設備等も併せて輸出できるようにする。これにより、日本が強みをもつ機械・インフラと通信が融合した次世代デジタル競争におけるイニシアティブの獲得を企図。

2-3 3次元空間情報基盤の整備の概要

デジタル完結・自動化・全体最適化を実現し、自律移動ロボットの社会実装を進めるため、自律移動ロボット・システムが異なる種類の空間情報を簡易に統合・検索したり、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空間情報であっても一意に位置を特定できる3次元空間ID（点ではなく荒い区切りの箱状のグリッドで定義）を検索キー（インデックス）として導入し、**鮮度の高い様々な空間情報（時間情報含む）を高速に自動的に結合できたり、簡単に検索できるようにする技術開発・標準化**を行う必要がある。



※様々な空間情報について、政府・民間が最新情報に更新するための頻繁な検索・統合は負担が大きい。
また、人間が読む前提の空間情報は、情報量が多く、ロボット、システムによる高速処理が難しい。

3次元空間情報利用
アプリケーション
(例：ドローン運行管理)

3 ユースケースの検討

3-1 3次元空間情報の活用ユースケース

3-2 検証項目の基本的な考え方

3-3 ドローン運行管理

3-4 地図・GIS

3-5 地下埋設物管理

3-1 3次元空間情報の活用ユースケース

- ・プロジェクト第1期では、ドローン運行管理、地図・GIS、地下埋設物管理 の3つの領域に絞り、サービスへのヒアリングを通じてユースケースのコンセプトを深掘するとともに、東大井のサンプルデータを用いた検証を実施。
- ・地上モビリティでの安全確保や、海上での活用、屋内空間との連携その他ユースケースによる価値創出も想定されるが、これらユースケースは、プロジェクト第2期で検討予定。

産業
用途



エンターテインメント



交通・物流



都市環境計画・管理

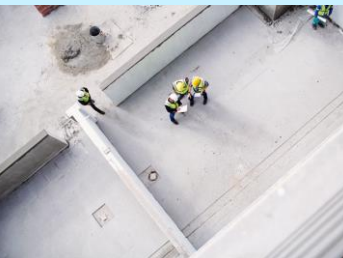


警備・監視

公共
用途



生活支援



建築・土木



教育

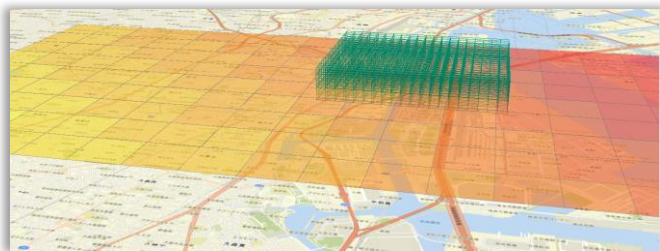


災害対策

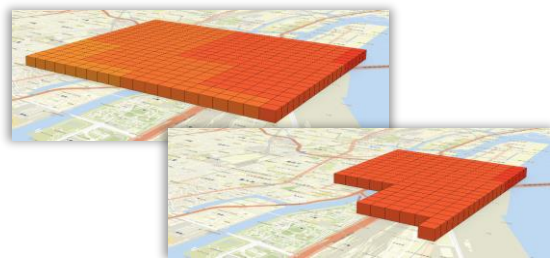
3-1参考 空間ボクセルによる空間情報の可視化検証

空間をボックス状に切り分けた「空間ボクセル」を定義し、各種の情報を簡易化して空間ボクセルに紐付けることで、複数種の情報を統合し、取扱いを容易にする。以下サンプルでは東大井エリアに空間ボクセルを作成し、属性情報を付与して可視化した。

気象データとの紐付け



GSI, Esri, HERE, Garmin, GeoTechnologies, Inc., METI/NASA, USGS



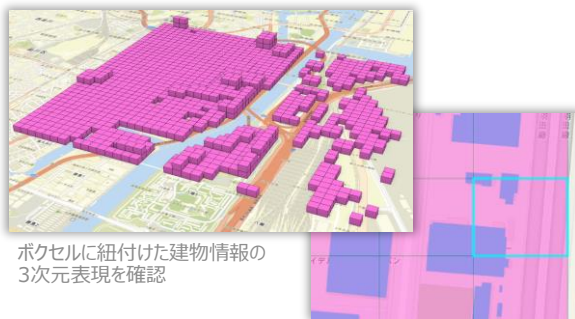
紐付けた風速の条件によるエリア抽出の実現性の確認

(風速 5m/s 以上のエリアの抽出)

建物データ (PLATEAU) との紐付け



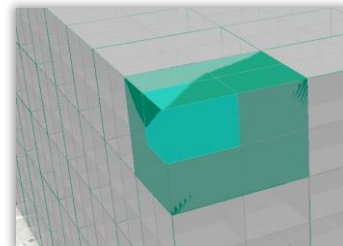
GSI, Esri, HERE, Garmin, GeoTechnologies, Inc., METI/NASA, USGS



ボクセルに紐付けた建物情報の3次元表現を確認

複数の建物を含むボクセルへの紐付け方法の検討

IDによる親子ボクセルの特定



親ボクセルID

5339352900_400

子ボクセルID

533935290000_400

533935290000_450

533935290001_400

533935290001_450

533935290010_400

533935290010_450

533935290011_400

533935290011_450

3-2 検証項目の基本的な考え方

各ユースケースの性質に応じて「安全に、早く、安く」サービスを提供できるかを検証するためのKGIを設定する。また、ユースケース横断で共通して「多く、汎用的かつ簡単に」利用できるかを検証するためのKGIを設定する。さらに、その実現のための検証する項目を仮説として提示（P20,23,27参照）。今後、実証事業者と議論して、加除・具体化していく。

物流系ユースケースのKGI例

安全に運行できる。

→ インシデント数/運行距離

早く届けられる。

→ 配送所要時間

※現在、注文から配送まで時間を要する地域・区間を中心に効率化を検証

安く運行できる。

→ 運行経路策定コスト

→ ロボット製造コスト

点検・工事系ユースケースのKGI例

安全に点検・工事できる。

→ インシデント数/点検・工事数

早く点検・工事できる。

→ 点検・工事所要時間

※点検・工事の実施を決めてから現場で着手するまでの所要時間

安く点検・工事できる。

→ インフラ運用・管理コスト

共通のKGI例

データ流通量が多い。

→ 基盤との連携データ量

→ 基盤からのデータ利用量

様々なシステムに繋がる。

→ 基盤と連携するシステム・サービス数

※ITシステムに限らず、ロボットやデータも含む。

簡単に扱える。




→ 利用者の操作手順数

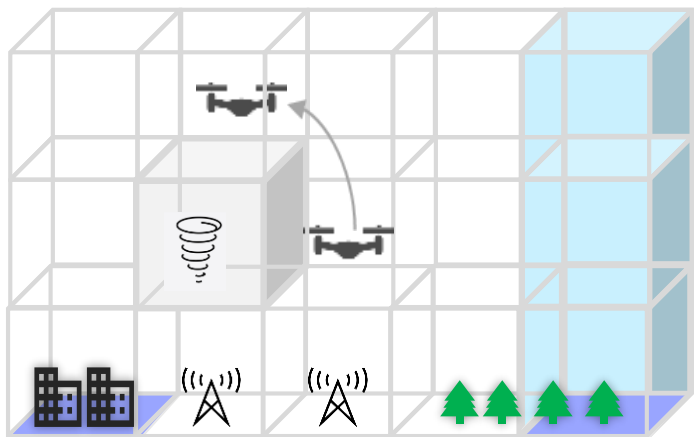
→ 開発者の開発工数

3-2 ドローン運行管理：(1)ユースケース概要

- 飛行計画作成にあたっては、地物等の空間占有情報と、気象/規制/電波/人流情報等のエア/グランドリスクの算出に必要な情報を、空間/時間に紐づいた状態で利用する。
- 運行管理(離着陸/飛行)時は、飛行計画時に入手した情報から変化がある場合に、即時的な情報共有が必要となる。

複数情報の空間への紐づけのイメージ

-  DID地区 (グランドリスク評価を実施)
-  突発的な事象
-  電波カバレッジ外エリア (エアリスク評価を実施)



飛行時には、静的な情報に加え、突発リスクに対応するためのリアルタイムな情報連携が必要

空間IDの活用・期待効果

空間IDの活用

- 鉄塔/建物等の3次元形状データ(CityGML等)を3次元空間の占有情報へ変換し、ドローン飛行計画作成に活用
- 空間占有/気象/人流/電波等の様々な座標(2D,3D)系/フォーマットの情報を、統一的な空間に紐づけることにより、飛行計画作成時の情報検索を効率化
- 情報更新頻度の違いに応じた情報共有(Pullによる検索/Pushによる変化有の通知)方式による飛行計画時と飛行時での空間IDの活用

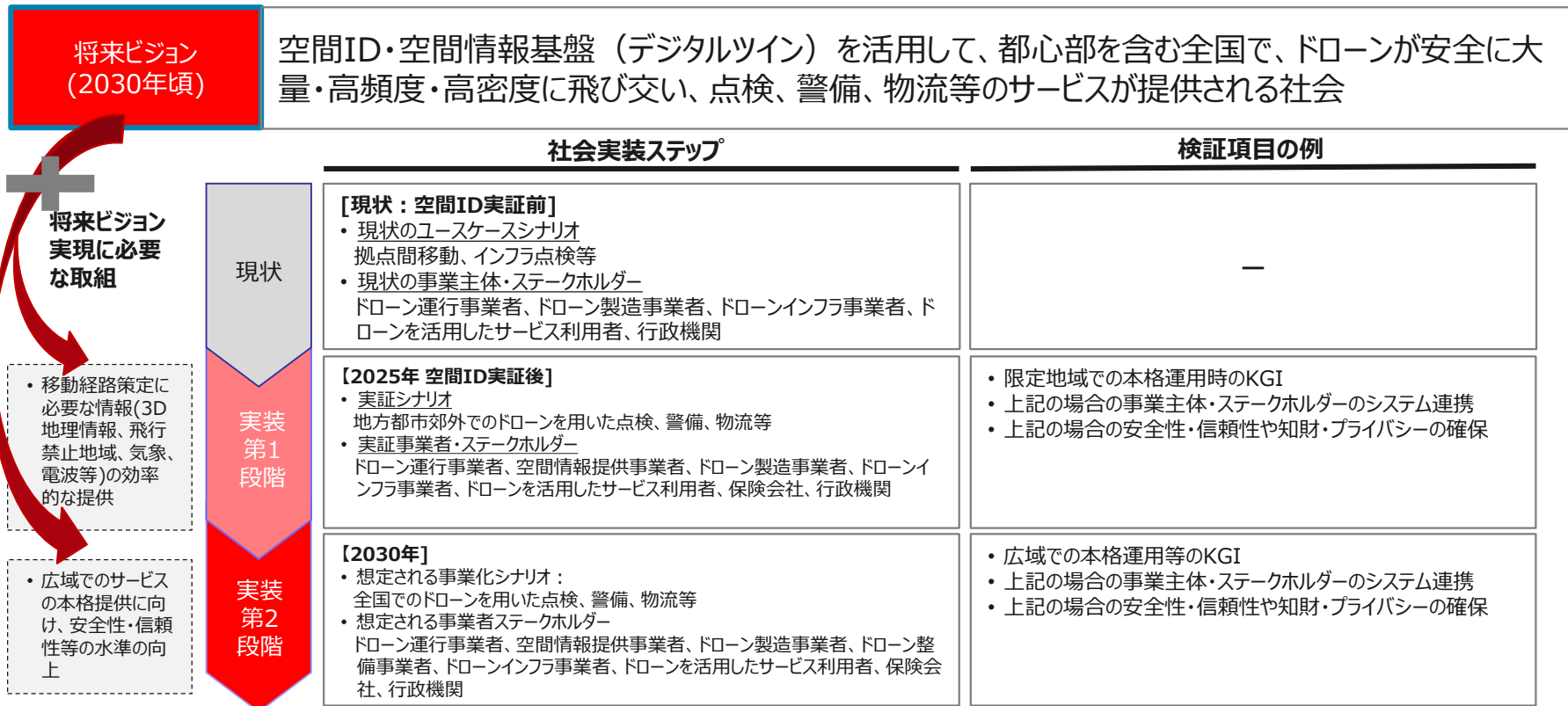
期待効果

- 飛行計画作成時における、ドローン運行者の情報入手を効率化
- 各種情報のタイムリーな提供による、ドローンの安全で効率的な運行への貢献

空間IDに紐付けられる情報に対する要求の整理や、標準的なガイドラインの整備が必要

3-3 ドローン運行管理：(2)将来ビジョンと社会実装ステップ

サービスの普及に向けた社会実装ステップ、2030年の将来ビジョン実現に必要な取組及び検証・評価項目として以下が想定される。



3-3 ドローン運行管理：(3)ドローンプロジェクトから空間情報への要求事項

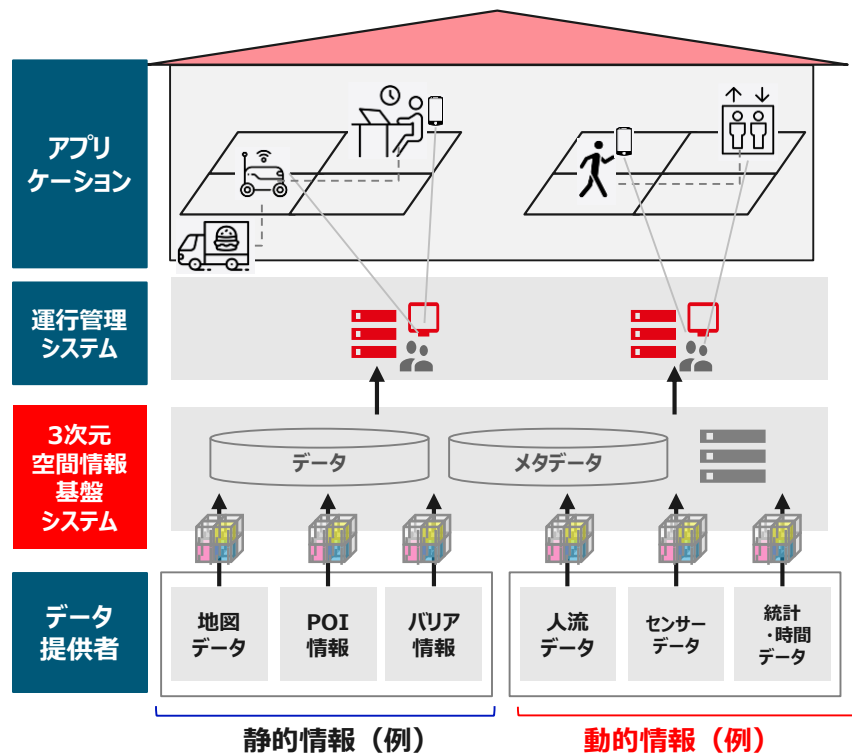
レベル4での運行の際の空間情報への要求事項を仮説ベースで整理。ユースケースに応じて、要求水準は変わり得るので、今後、検討を深めていく必要がある。

情報種別	情報更新頻度		空間情報への要求	検討の方向性
	計画作成 /検証時	離着陸 /飛行時		
地物・地形情報	数時間～数日	計画時からの変化を即時	経路計画作成、障害物回避のために空間の占有情報が必要 グランドリスク判断の材料として地形(川、道路等)の情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・地物(鉄塔等)：PLATEAUを情報提供者とし、空間ボクセルに変換した利用を想定 ・地形(川、道路等)を2Dの情報として利用 ・地図整備事業者との連携が必要
気象情報	数分～数日	計画時からの変化を即時	経路計画作成時には飛行日時の気象予報(降雨量、風速、気圧等)が必要 飛行時には突発的な気象(竜巻等)の情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・気象情報を空間ボクセルに紐づけた状態での利用を想定 ・気象情報事業者との連携が必要
規制情報	数時間～数日	計画時からの変化を即時	固定的に設定されている飛行禁止/制限空域(空港、重要施設等)の情報が必要 火災等により一時的に飛行を禁止する必要がある空域の情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・国土交通省指定の禁止空域の情報を空間ボクセルに紐づけた状態での利用を想定 ・一時的飛行禁止空域の設定については規制当局との連携の仕組みが必要
電波情報 ・通信カバレッジ ・衛星測位	数日	計画時からの変化を即時	衛星測位/電波不感地帯を避けて飛行計画を作成するために測位/通信カバレッジの情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・通信カバレッジを空間ボクセルに紐づけた状態での利用を想定 ・通信キャリアとの連携が必要
人流情報	数時間～数日	計画時からの変化を即時	人口密集地帯を避けて飛行計画を作成したい。飛行時も、密集地を避けるために経路変更したい。	<ul style="list-style-type: none"> ・2Dの統計情報としての利用を想定 ・情報源については課題

3-4 地図・GIS：(1)ユースケース概要(屋内外のシームレスな人と自律移動モビリティの移動)

空間ID・ボクセルを活用し、様々な静的・動的データ及び運行管理システムと連携した汎用的なナビゲーションを検討。自律移動モビリティなど先進サービスの導入とデータ利活用の促進を見込む。

屋内空間のナビゲーション



空間IDの活用・期待効果

空間IDの活用

- 地図データ、POI情報（建物入口等）等の静的情報や、人流・統計データなど動的情報を空間ID・ボクセルに紐付け、効率的・高度な経路検索とナビゲーションに活用
- 基盤システム上で空間IDに紐付けられたデータ・メタデータはモビリティに限らず、人向けのナビゲーションなど多様な用途の利活用を見込む

期待効果

- 静的・動的なデータを連携させた屋内ナビゲーションの汎用手法として商業施設、オフィス、マンション等様々な施設での利用を見込む
- 物流サービス事業者、フードデリバリー事業者等の利用により、自律移動モビリティを活用したサービスを促進

3-4 地図・GIS：(2)将来ビジョンと社会実装ステップ^①(屋内外のシームレスな人と自律移動モビリティの移動)

サービスの普及に向けた社会実装ステップ、2030年の将来ビジョン実現に必要な取組、及び検証・評価項目として以下が想定される。

将来ビジョン
(2030年頃)

空間ID・空間情報基盤（デジタルツイン）を活用して、屋内外での空間情報のデータ流通や新たなアプリケーションの創出を促進して、屋内外でシームレスに自律移動モビリティや人が効率的に移動し、それに伴って業務の効率化が進んだ社会

将来ビジョン
実現に必要な
取組

• 空間IDを基準として、屋内地図及びPOI情報を共有・取得可能な簡易システムの構築

• エリアマネジメント会社等が自社で所有するBIMと空間IDを連携

現状

実装
第1
段階

実装
第2
段階

社会実装ステップ

検証項目の例

【現状：空間ID前】

- 現状のユースケースシナリオ
屋内実証においては、ロボット事業者が生成した自己位置認識用の屋内地図を基に経路を設計し、モビリティ運行管理に活用
- 現状の事業主体・ステークホルダー
ロボット事業者、建物管理会社、小売事業者

【2023年 空間ID実証後】

- 実証シナリオ
2D LiDAR用地図や建物内POIを空間IDに紐付け、配送モビリティや、人を対象とした汎用的な屋内ルーティングを実施
- 実証事業者・ステークホルダー
ロボット事業者、建物管理会社、小売事業者、（物流会社）

【2025年（大阪万博）】

- 想定される事業化のシナリオ
空間IDを基準とした屋内外/施設間を跨いだ配送（空間座標の指定）の実現
- 想定される事業主体・ステークホルダー
既存ステークホルダーに加え、物流会社等、屋外から屋内の指定場所への配送が必要なユーザーによるサービスの利用

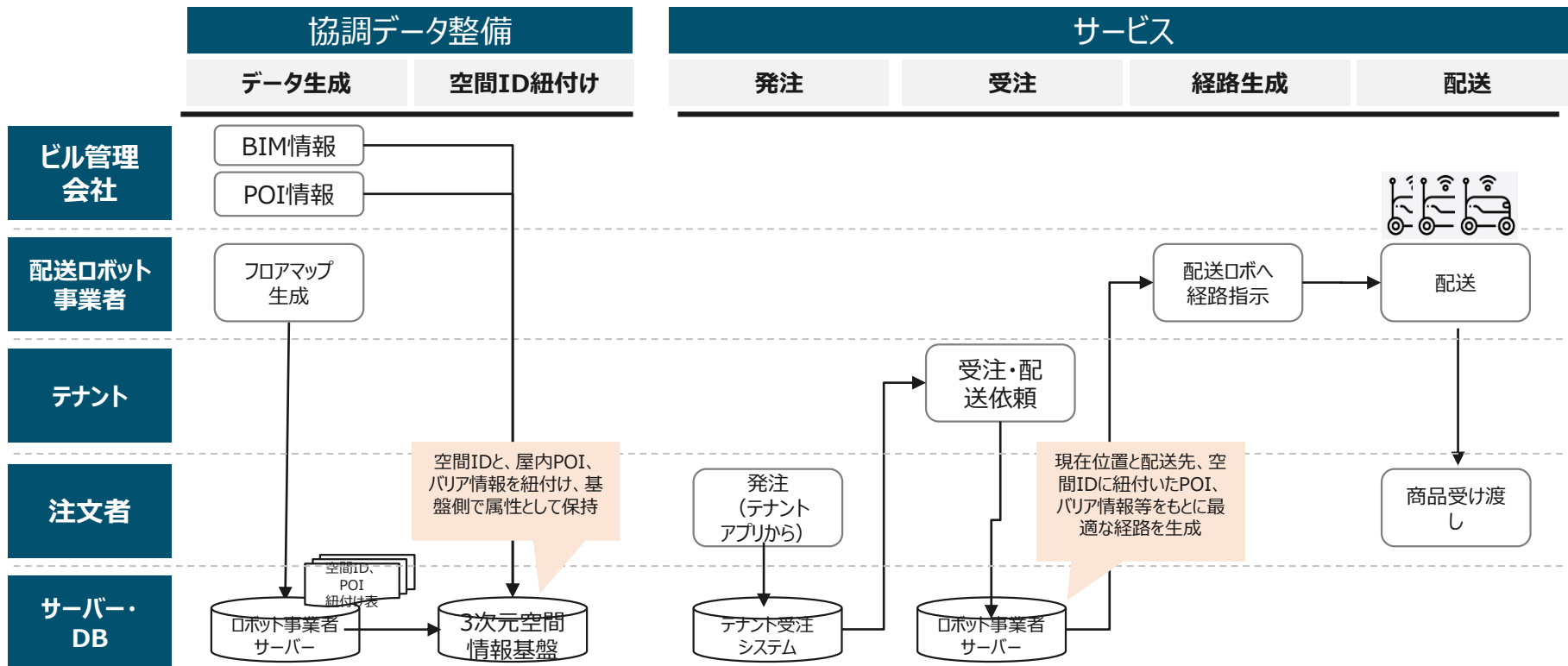
—

- 屋内での配送時のKGI
- 上記の場合の実証事業者・ステークホルダーのシステム連携
- 上記の場合の安全性・信頼性や知財・プライバシーの確保

- 屋内外/施設間を跨いだ配送時のKGI
- 上記の場合の事業主体・ステークホルダーのシステム連携
- 上記の場合の安全性・信頼性や知財・プライバシーの確保

3-4 地図・GIS：(3)空間IDの活用（屋内における配送ロボット運行の例）

今年度実証では、建物内の協調データを空間IDに紐付け、配送モビリティを対象とした屋内ルーティングに活用。今後は屋内外のシームレスな移動により、データの利活用と全体の流通コストの低減を目指す。



3-4 地図・GIS：(4)屋内外のシームレスな人と自律移動モビリティの移動における要求事項

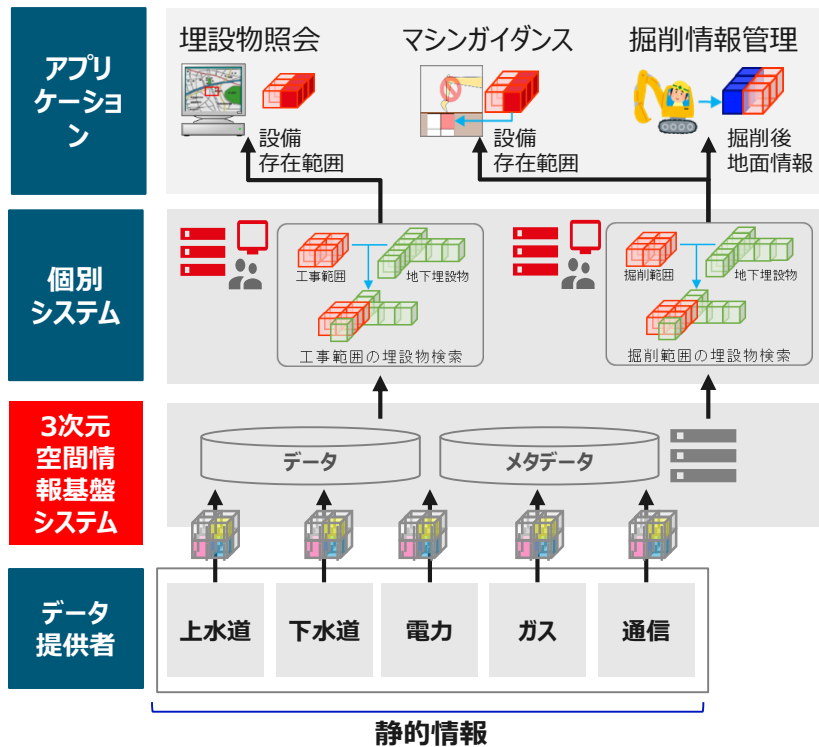
空間IDを活用した配送ロボット運行管理と、人のナビゲーションにおいては協調データとして静的情報と、動的な空間情報の活用に伴い、基盤システム側の機能拡張とデータ仕様の整備が求められる。

配送ロボット運行・人ナビゲーションからの要求				検討の方向性・課題等
情報種別	情報更新頻度		空間情報の用途	
	計画作成時	運行時		
移動センシングデータ	数分～数時間	-	移動式モビリティによるセンシングデータの取得と、施設管理効率化（空調料金削減、CO2排出量削減、管理工数削減）への活用	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイムデータの保持・更新に関する基盤システム側のDBスキーマや空間情報の登録・紐付けに関する仕様の検討
人流・人の動態情報	数分～数時間	計画時からの変化を即時	配送ロボット、人のARナビゲーションの経路設計、及び移動時のルート変更における人混み回避や、購買を促す為の行動変容に活用	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイムデータの保持・更新に関する基盤システム側のDBスキーマや空間情報の登録・紐付けに関する仕様の検討
建物内POI情報	月～年	-	配送ロボット、人のARナビゲーションの経路設計における進入不可エリアなどフロア内、エレベータ・階段など階層間移動時の参照	<ul style="list-style-type: none"> 共通仕様ライブラリによる空間IDへの変換・紐付けが可能なデータフォーマット整備
BIM情報	変化なし	-	配送ロボット、人のARナビゲーションの経路設計においてBIMデータを協調データとして活用	<ul style="list-style-type: none"> IFCなど汎用的なデータフォーマット BIM情報の効率的変換（OSS SW提供）

3-5 地下埋設物管理：(1)ユースケース概要

地下埋設物が埋設されている地下空間を空間IDにより管理する。地下工事において、埋設物の照会漏れを防ぐとともに、掘削工事時の設備事故を防止及び掘削結果の記録を行うユースケースについて実証を行う。

埋設物照会・建機マシンガイダンス



空間IDの活用・期待効果

空間IDの活用

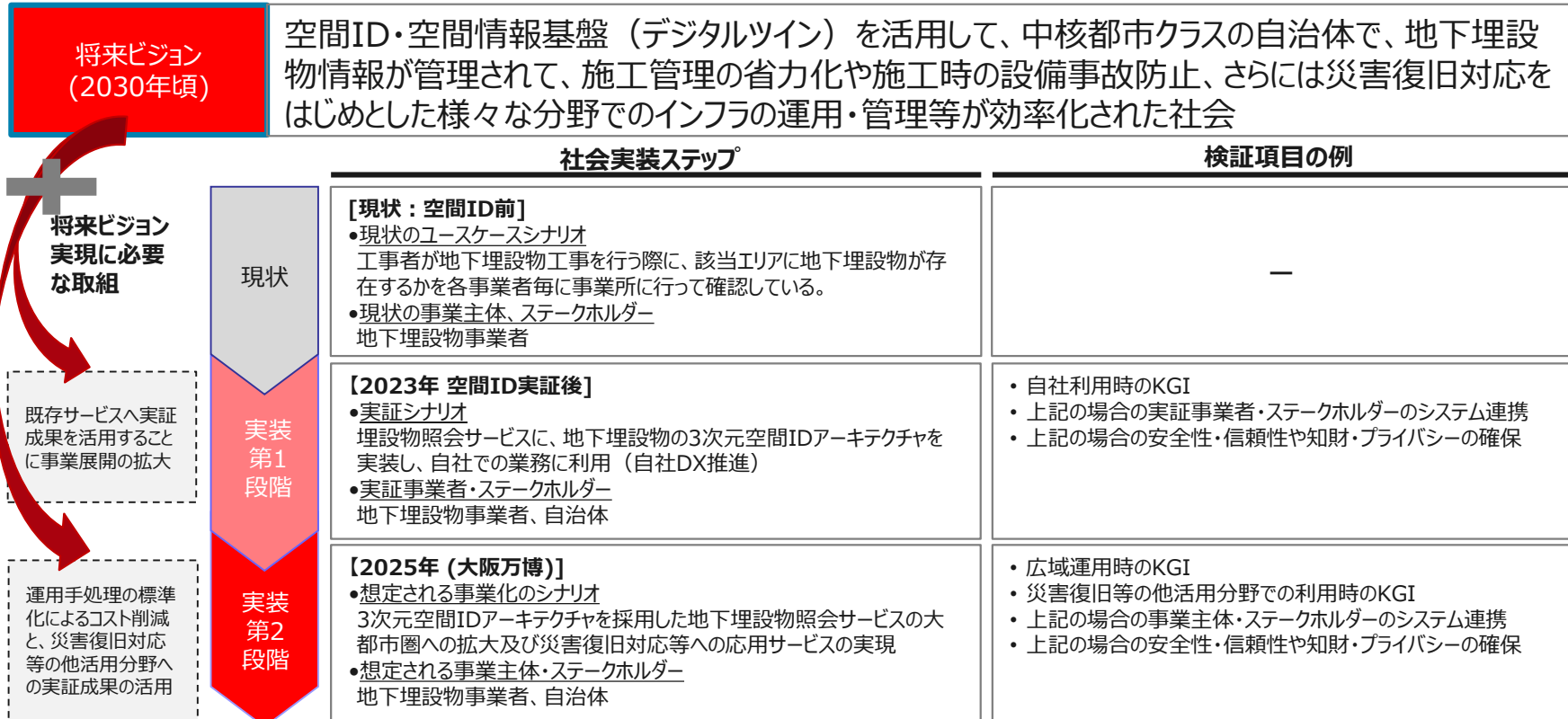
- 地下埋設設備の詳細な位置など公開が難しい情報を、空間IDにより地下空間の利用状況としてインデックス化することで、埋設物事業者間のデータ還流を見込む
- 基盤システム上で空間IDに紐付けられたデータ・メタデータは、埋設物事業者の埋設物照会での活用や、工事における設備事故防止など、今後様々な用途に活用が可能

期待効果

- 埋設物照会の自動化など、地下工事における埋設物照会稼働の削減や、工事期間の短縮が期待できる
- 建設機械のマシンガイダンス機能に地下空間の利用状況を含めることで、設備事故防止につながり安定的なインフラサービスの実現に寄与する
- 今後、設備災害対策などの利活用が見込まれる

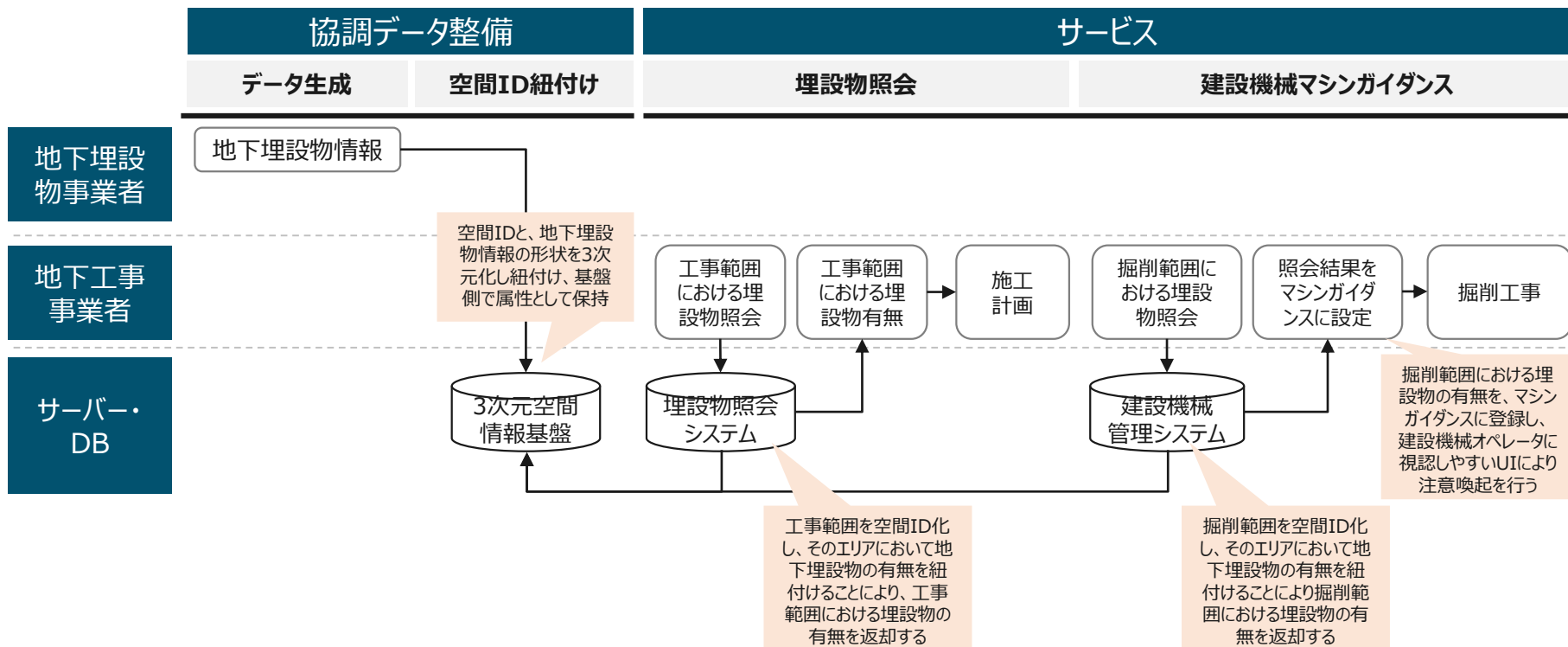
3-5 地下埋設物管理：(2)将来ビジョンと社会実装ステップ

サービスの普及に向けた社会実装ステップ、2030年の将来ビジョンの実現に必要な取組、及び検証・評価項目として以下が想定される。



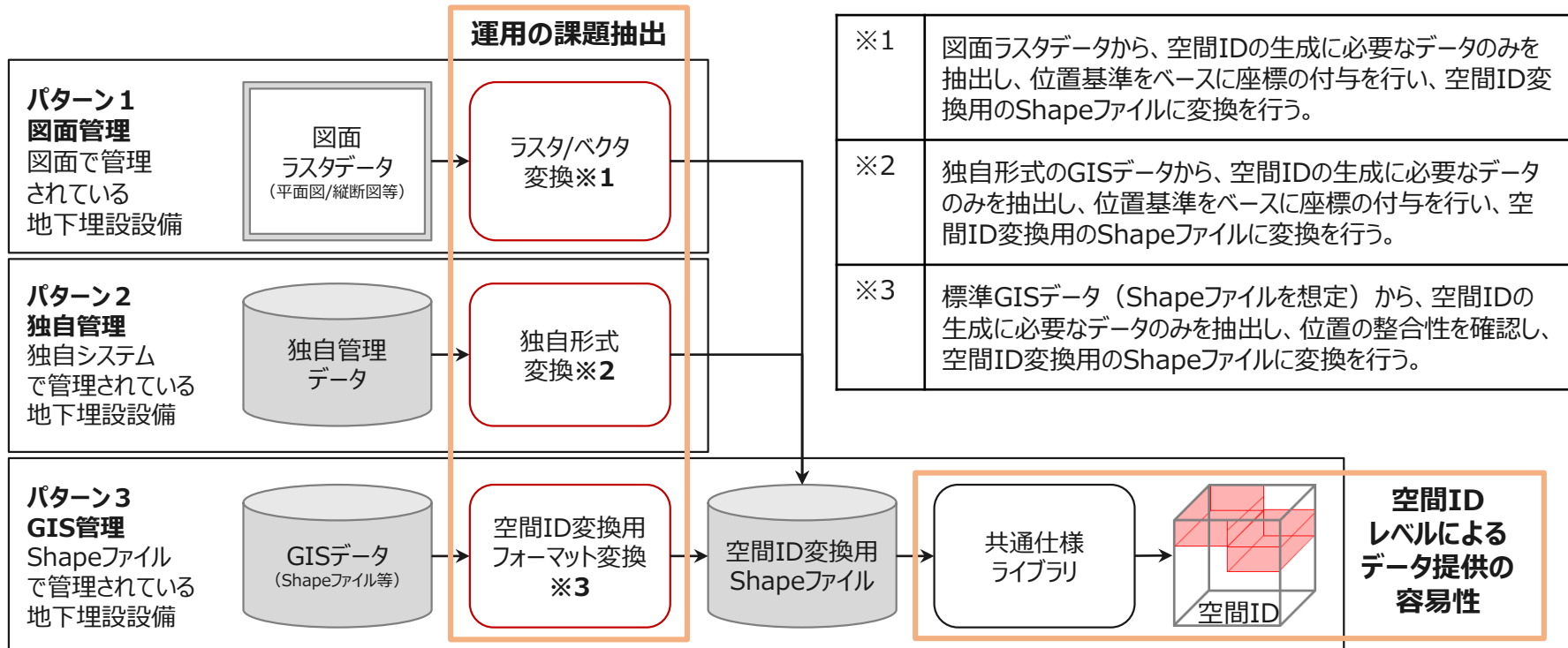
3-5 地下埋設物管理：(3)空間IDの活用

今年度実証では、地下埋設物情報を空間IDに紐付け、埋設物照会・建設機械のマシガイダンスに活用。分散管理された地下埋設物情報を事業者間で相互参照可能とすることで、全体のコストの低減を目指す。



3-5 地下埋設物管理：(4)地下埋設固有の課題

地下埋設物事業者により地下埋設物の位置基準や管理方式が異なるため、事業者間の相互活用が困難となっている。地下埋設物情報の管理パターンに応じたデータ共通化（共通の3次元座標への位置合わせ方法を含む）の手法について検討を行い、今後の実証を通じて効率的な運用手法を確立していく。



3-5 地下埋設物管理：(5)地下埋設物情報への要求事項

地下埋設物情報において、本ユースケースで必要となる要求事項は以下の通り。情報更新は定期的実施される必要があり、空間情報から空間IDへの紐付けについては、将来的に事業者自らが実施できることが望ましい。

埋設物照会における要求 建設機械マシンガイドスにおける要求			検討の方向性・課題等
情報種別	情報更新頻度	空間情報への要求	
電力	定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	電力設備の地下における占有情報が必要 設備形状が推定可能な情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・電力事業者を情報提供者とし、設備形状を3次元で構築した上で、地下における占有情報に変換した利用を想定 ・将来的には事業者でデータ整備が可能な手法を検討
ガス	定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	ガス設備の地下における占有情報が必要 設備形状が推定可能な情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス事業者を情報提供者とし、設備形状を3次元で構築した上で、地下における占有情報に変換した利用を想定 ・将来的には事業者でデータ整備が可能な手法を検討
上下水道	定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	上下水道設備の地下における占有情報が必要 設備形状が推定可能な情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・自治体を情報提供者とし、設備形状を3次元で構築した上で、地下における占有情報に変換した利用を想定 ・将来的には自治体でデータ整備が可能な手法を検討
通信	定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	通信設備の地下における占有情報が必要 設備形状が推定可能な情報が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・通信事業者を情報提供者とし、設備形状を3次元で構築した上で、地下における占有情報に変換した利用を想定 ・将来的には事業者でデータ整備が可能な手法を検討する

4 空間の定義

- 4-1 空間ボクセルの構造に関する意見集約
- 4-2 空間IDによる空間の分割方法検討の方針
- 4-3 空間ボクセルを配置する高さの基準面
- 4-4 空間の分割方式
- 4-5 IDの形式
- 4-6 その他空間定義における要検討事項

4-1 空間ボクセルの構造に関する意見集約

サービスや実証実験対象分野（ドローン、地下埋設物、GIS）から空間ボクセルに関する意見を集約。

【コンセプト】

- 3次元空間を空間ボクセルによって分割し、一意のID（空間ID）によって識別する仕組みを実現することが望ましい
- 空間ボクセルに地物/事象を紐付け、その空間に何が存在するかを把握するインデックスとして使用する仕組みが望ましい

【重視する点】

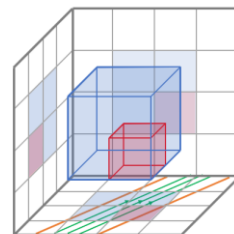
- 標準化/国外/多様なユースケースへの展開を視野に入れ、開発者が使いやすく普及しやすい構造が望ましい
⇒ 国内外においてすでに実績のあるグリッドシステムをベースにする

【開発/実装の観点におけるサービスからのフィードバック】

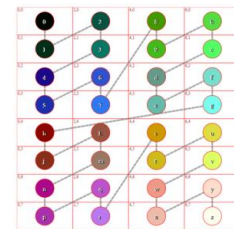
- CPU演算処理との親和性を鑑み、モーションオーダー等、隣接する空間IDを少ない演算で算出可能な仕組みが望ましい
- 3次元方向への実装の技術的な難易度を考慮し、空間ボクセルの形状は立方体を基本として、実証を通じて評価すべき
- 空間ボクセルの生成やIDの付与において既存のアルゴリズム/ライブラリが活用可能な仕組みが望ましい

【実証実験対象（ドローン、地下埋設物、GIS）分野での空間ボクセルに関するヒアリング】

検討項目	フィードバック
セルの形状	現在想定する用途では四角形の形状であれば課題はない
高さの基準	ボクセルの標高値などが取得可能であれば課題はない
体積の均一性	緯度経度による分割によって地域ごとにボクセルの体積が異なっても、情報のインデックスの用途としては課題はない
水平方向の分解能	現在の最小は地下埋設物ユースケースにおける0.5~1m四方のグリッド
高さ方向の分解能	最小単位で50cm程度が主要な要件になると考えられる



空間ボクセル（イメージ）

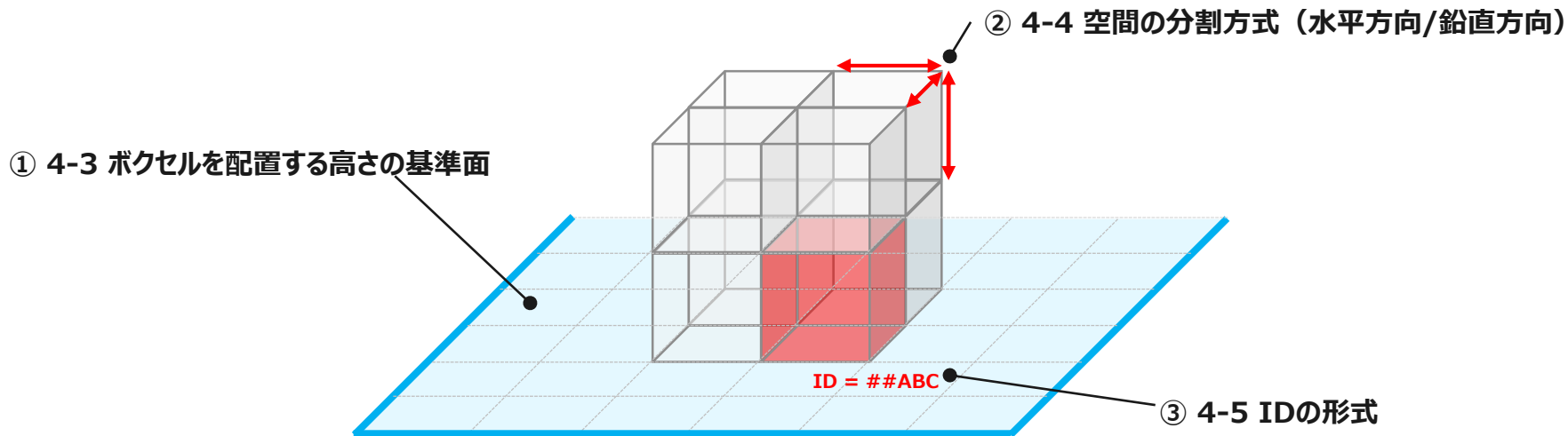


モーションオーダーの例

出典:<https://en.wikipedia.org/wiki/Geohash>

4-2 空間IDによる空間の分割方法検討の方針

空間分割の基本要素（①ボクセルを配置する高さの基準面、②空間の分割方式（水平方向/鉛直方向）、③IDの形式）について方向性を示し、実証から得られるフィードバックによってその妥当性を確認する。



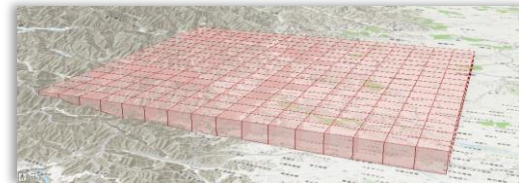
4-3 (1) 空間ボクセルを配置する高さの基準面

公共測量成果など一般に整備され流通している空間データの高さ基準が標高であることを考慮し、空間ボクセルを配置する基準面にはジオイド面を採用。各ユースケースで実施予定の実証結果を踏まえ、その妥当性を確認する。

【ジオイド面に空間ボクセルを配置】

- ジオイド面を標高 0m の平らな基準面とした座標空間上において、基準面上に空間ボクセルを配置する
- 標高を基準に整備された空間データを直感的に空間ボクセルに紐付けることができる
- 重力方向のベクトル（人が認識する高さ方向）により近い表現で空間ボクセルを配置することができる

ジオイド面を基準面とした空間ボクセルの配置イメージ

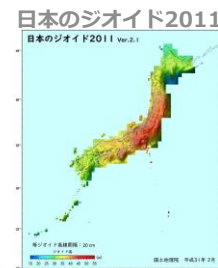


Esrri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GSI, Esri, HERE, Garmin, GeoTechnologies, Inc., METI/NASA, USGS

論点	ジオイド面	楕円体面
空間IDとの紐付け	空間ボクセルの高さは標高となり、多くの空間データが持つ高さ情報（標高）をそのまま紐付けることができる	空間ボクセルの高さは楕円体高となり、多くの空間データが持つ高さ情報（標高）を変換して紐付けを行う必要がある
空間ボクセルの鉛直方向	重力方向のベクトル（人が認識する高さ方向）により近い表現で配置される	楕円体面から鉛直方向に積み上げられるため、重力方向のベクトルとは一致しない方向に配置される

【ジオイド面を基準面とした場合の検討事項】

- 空間データを空間IDに紐付ける際に基準となるジオイドモデルを空間IDの仕様として定義すべきか
- 基準となるジオイド・モデルを定めるべきか（GISソフトウェアなどではEGM96等が良く用いられているが国内においてはより正確な日本のジオイド2011が存在する）
- システムごとに異なるジオイドモデルを採用した場合、IDの互換性を保つためには補正を行う必要がある



出典：
https://www.gsi.go.jp/buturisokuk/hi/grageo_geoidseika.html

4-3 (2)空間ボクセルを配置する高さ基準面の方針案

ジオイドモデルは地域によって使い分けられているため、地域に応じた高さ基準をメタデータとして明示できるようにする。日本においては日本のジオイド2011（東京湾平均海面を0mとするもの）が標準的な高さの基準面となる。（離島（無人島）や海域で高さを扱う場合においては、状況に応じた高さの基準が用いられている）

ジオイドモデルについて

衛星測位から高さを求めるためのデータとして「ジオイドモデル」がある。統一的な地球規模のジオイドモデルは空間分解能が低く、地域によって精度に幅があるため、現在は用途に応じて複数のジオイドが使い分けられているが、基準面の違いを除き、ジオイドの選択に裁量のあるユースケースはほとんど存在しない。

【参考】ジオイドモデルの比較

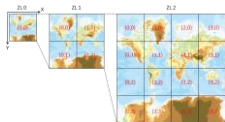
評価項目	日本のジオイド2011 (国土地理院)		EGM96 (アメリカ国家地理空間情報局：NGA)		EGM2008 (アメリカ国家地理空間情報局：NGA)	
	評価	内容	評価	内容	評価	内容
整備方法及び分解能	○	・重力計測 + 水準/GNSS測量 ・分解能 緯度1分×経度1.5分(約2km)	×	・重力計測 ・分解能 緯度15分×経度15分(約30km)	△	・重力計測 ・分解能 緯度2.5分×経度2.5分(約5km)
適用範囲	△	日本	○	全球	○	全球
用途	○	日本の地理空間情報整備	×	学術研究	×	学術研究

※ EGM2008の後継として、EGM2020が整備中

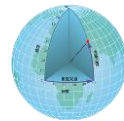
4-4 (1) 空間の分割方式：水平方向の分割方式の候補

既存の2次元のグリッドシステムをベースとして空間を分割することを検討。

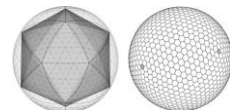
以下の比較項目における評価を踏まえて、XYZタイル（有力候補）とGeohashについて比較検討した。



出典：
<https://maps.gsi.go.jp/development/syovuz.html>



出典：
<https://www.esri.com/gis-guide/coordinate-and-spatial/coordinate-system/>



出典：
<https://docs.ogc.org/cs/20-040r3/20-040r3.html>

比較項目	投影平面の分割		緯度経度による分割		投影立方体の分割	
	XYZタイル	MGRS	Geohash	標準地域メッシュ	rHEALPix (DGGS)	GeoSOT-3D
分割方法 CPU演算に親和性の高い階層的な分割方法か	○ 4分割を繰り返す	× レベルにより分割方法が異なる	○ 32分割を繰り返す	× レベルにより分割方法が異なる	△ 各立方体面の9分割を繰り返す	○ 立方体の8分割を繰り返す
セルの形状 正方形に近い形状か	○ 正方形に近い形状	○ 正方形に近い形状	△ 長方形	○ 正方形に近い形状	○ 正方形に近い形状	○ 立方体に近い形状
オープン性 仕様やライブラリが広く公開されているか	○ Web地図の標準手法として認知されている	○ 世界標準として認知されている	○ パブリックドメインの仕様	○ 仕様はJIS規格化されている	△ 利用可能なライブラリ等が少ない	△ 利用可能なライブラリ等が少ない
対象範囲 全球を重複のないセルでカバーしているか	△ 極域の地域を除く（※1）	× 重複するセルが存在する	○ 全球を対象	△ 日本周辺を対象（※2）	○ 全球を対象	○ 全球を対象
国際的な認知度 国内外における事例商用S/W等への採用実績	○ Web地図の標準手法として広く実装されている	○ 防衛分野等で活用GIS製品等にも実装	○ GIS・DBMS製品等に広く実装されている	△ 国内では統計データ等に広く活用されている	△ 事例や機能として実装しているS/Wは少ない	△ 事例や機能として実装しているS/Wは少ない

※1：北緯及び南緯約85.0511度以上を除く

※2：全世界に対象領域を拡張した世界メッシュが存在する

4-4 (2) 空間の分割方式：水平方向・鉛直方向の分割案

ユースケースヒアリング結果によって得られた「鉛直方向の最小の分解能 50cm」を基準にXYZタイルとGeohashの想定されるボクセルサイズの比較は以下の通り。

*鉛直方向は今後の実証等を踏まえて最適化

XYZタイル

(精度レベル26 において高さ方向を50cmとした場合)

精度	緯度/南北方向 (単位: m) ※	経度/東西方向 (単位: m) ※	鉛直方向 (単位: m)
0	40,075,016.6784 (約40,075km)	40,075,016.6784 (約40,075km)	33,554,432 (約33,554km)
1	20,037,508.3392 (約20,037km)	20,037,508.3392 (約20,037km)	16,777,216 (約16,777km)
·
15	1222.99	1222.99	1024
16	611.50	611.50	512
17	305.75	305.75	256
...
24	2.39	2.39	2
25	1.19	1.19	1
26	0.60	0.60	0.5

※Webメルカトル座標上の距離でありXYZタイルのセルが存在する場所によって異なる

Geohash

(精度レベル 10 において高さ方向を50cmとした場合)

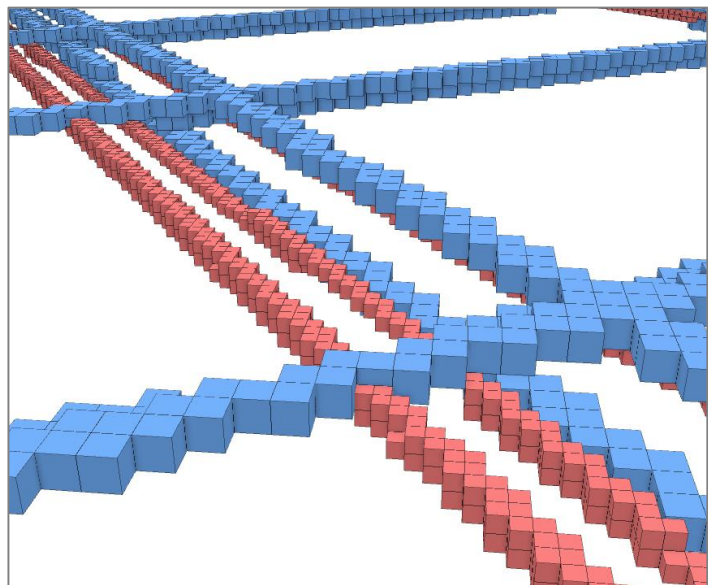
精度	緯度/南北方向 (単位: m) ※	経度/東西方向 (単位: m) ※	鉛直方向 (単位: m)
1	4,989,600.00 (約4,989km)	4,050,000.00 (約4,050km)	256
2	623,700.00 (約623km)	1,012,500.00 (約1012km)	128
3	155,925.00 (約155km)	126,562.50 (約126km)	64
4	19,490.62 (約19km)	31,640.62 (約31km)	32
5	4,872.66	3,955.08	16
6	609.08	988.77	8
7	152.27	123.6	4
8	19.03	30.9	2
9	4.76	3.86	1
10	0.59	0.97	0.5



※概算であり実際のサイズはGeohashのセルが存在する場所によって異なる

4-4 (3) 空間の分割方式：ボクセルサイズの比較

地下埋設物の存在領域を最小サイズレベルとその1つ上位レベルの空間ボクセルで表現して、XYZタイルとGeohashを比較。
比較結果：Geohashのレベルによっては埋設物の特定に支障が出る可能性がある。

XYZタイル

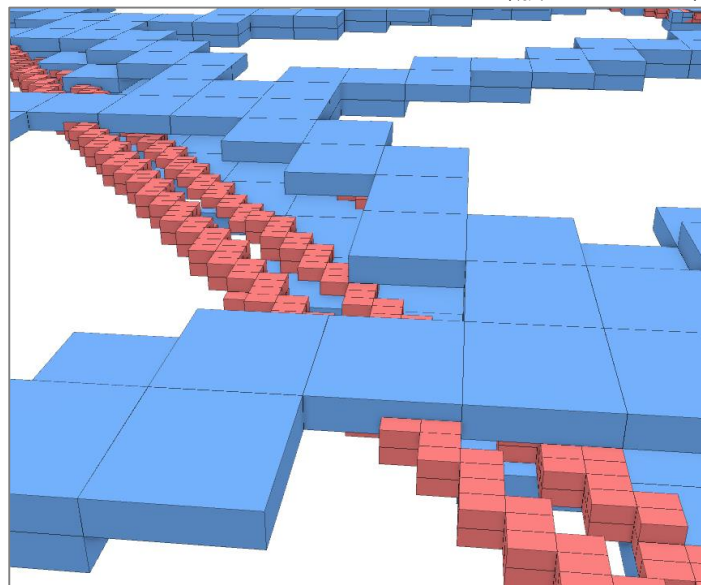




 レベル25 (上下水道) 東西方向：1.0m 南北方向：1.0m 鉛直方向：1.0m	 レベル26 (電力・ガス・通信) 東西方向：0.5m 南北方向：0.5m 鉛直方向：0.5m
---	--

レベル25とレベル26の水平面の面積比⇒ 4:1

Geohash

※水平方向のボクセルサイズは概算のサイズで均一に作成



 レベル9 (上下水道) 東西方向：4.0m 南北方向：4.8m 鉛直方向：1.0m	 レベル10 (電力・ガス・通信) 東西方向：1.0m 南北方向：0.6m 鉛直方向：0.5m
---	--

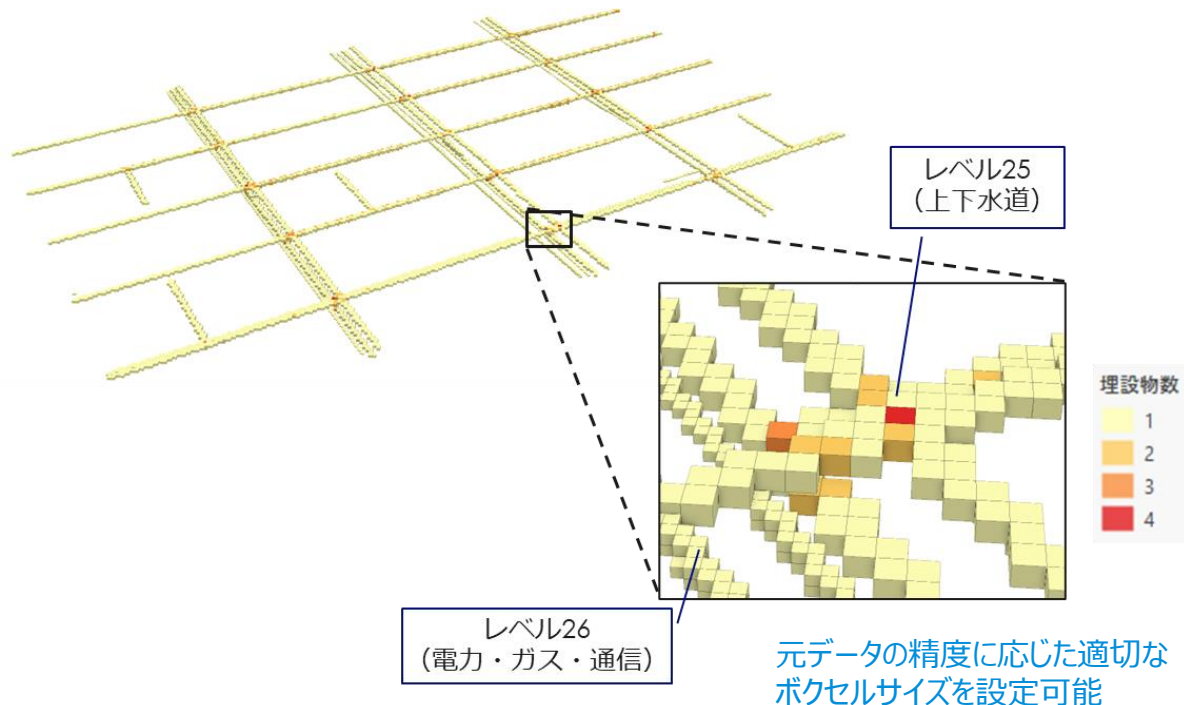
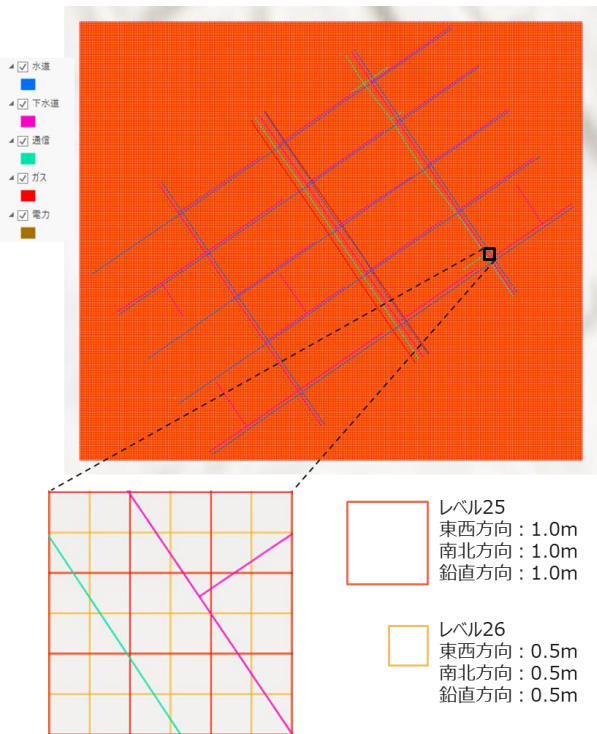
レベル9とレベル10の水平面の面積比⇒ 32:1

Geohashは、レベル間の水平面の面積の差が大きいため、目的に合ったサイズのボクセルを設定できない可能性がある。
(レベル9の場合、道路によっては道路幅全体を覆うことになり、埋設物を特定しづらい、など)

4-4 (4) 空間の分割方式：埋設物管理トライアル（XYZタイル）

地下埋設物の存在領域及び埋設物数をXYZタイルベースの空間ボクセルで表現。
ユーザー候補から実用に耐えられそうとの評価が得られた。

地下埋設物サンプルデータと
XYZタイルベースのボクセルのサイズ



4-4 (5) 空間の分割方式：XYZタイルとGeohashの評価のまとめ

以下の比較評価結果、トライアルによる検証及びユーザーの声を踏まえ、XYZタイルを有力候補として実証等を進める。なお、ユースケースの実証結果から得られるフィードバックを踏まえ、その妥当性を確認し、必要に応じて仕様を見直す。

評価項目	XYZタイル (ZFGY方式)		Geohash	
	評価	コメント	評価	コメント
地理院地図との親和性	○	地理院地図のデータが配信されるタイルと同じ方式でデータの紐付けを行うことができる。	△	地理院タイルのサイズで分割されたデータをGeohashのボクセルに紐付けるにはデータの分割/統合などの変換処理が必要となる。
Web地図サービス/ 地図アプリとの親和性	○	地図データの配信方式として多くのWeb地図サービス、地図アプリケーションにおいてデファクトスタンダードとなっており開発者にも理解を得られやすい。	△	場所の特定等においては活用されているが、データを共有する方式としては標準的な方法ではない。
ボクセルの形状	○	水平面の形状が正方形であり、精度レベルによって縦横比が変化せず、精度レベルによってボクセル表現が大きく変化しない。	△	水平面の形状が長方形であり、精度レベルによって縦横比が変化するため、精度レベルによってボクセル表現が変化する。
精度レベルの数 ※最小のボクセルサイズを50cm程度のサイズとした場合	○	精度レベル数は27個であり、データや用途に応じて柔軟にボクセルサイズを設定できる。	△	精度レベル数は10個であり、データや用途によっては適切なボクセルサイズを設定できない可能性がある。
演算処理の高速化	○	モートンオーダーを採用した空間分割とID付与に対応	○	モートンオーダーを採用した空間分割とID付与に対応
鉛直方向を含めたID算出方式の実現性	○	鉛直方向も含めたIDの算出ロジックの案が存在する。	△	Geohashに高さ情報を付与したID算出のロジックを検討/考案する必要がある。
対象範囲	△	南緯約85度～北緯約85度の範囲	○	全地球

4-4 (6) 空間の分割方式：水平方向の分割のベースとなる測地系

現用されている測地系の圧倒的多数はITRF座標系に整合しており、正確な理解に基づく測地系の選択によって実態的な相違が生じるユースケースはほとんど存在しないため、「JGD2011」と「WGS84」いずれの適用も可とする。

測地系に関する方針案

- 必要に応じて、適用範囲に応じて選択された測地系を、空間IDに準拠したデータセットのメタデータとして明示できるようにする。
- 第4期「地理空間情報活用推進基本計画」のシンボルプロジェクト「高精度測位時代に不可欠な位置情報の共通基盤『国家座標』の推進」（国土地理院）と引き続き連携し、測地系に関する正確な理解を広める啓発に適宜協力する。

【参考】XYZタイルを採用している主なWeb地図が準拠している測地系

WGS84	JGD2011(ITRF座標系GRS80楕円体)
OpenStreetMap Google Maps Mapbox ArcGIS Online	地理院タイル OpenStreetMap Google Maps Mapbox ArcGIS Online

カーナビやスマートフォンなどのGNSSにより得られる座標値は、衛星測位システムごとにわずかに違いますが、一般的にITRF座標系に整合しています。例えば、GPSでは座標値をWGS 84座標系で表しています。WGS 84座標系とITRF座標系はともに地球中心の座標系です。WGS 84はこれまでに数回の改定を行っていますが、その都度ITRF系に接近し現在はほとんど同一のものとして扱っても問題なく、実用上の違いはありません。ただし、日本国内の測量ではITRF座標系GRS80楕円体を用いるよう定められています。「日本の測地系」（国土地理院）<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/datum-main.html#p3>

4-4 (7) 空間ボクセルの形状に関する論点

論点：ドローン等のエアモビリティでは、水平移動が垂直移動より速く、高さ方向をより細分したいニーズあり。

- ① 垂直粒度と水平粒度を個々に指定できないか
- ② もしくは、扁平な空間ボクセルを定義できないか

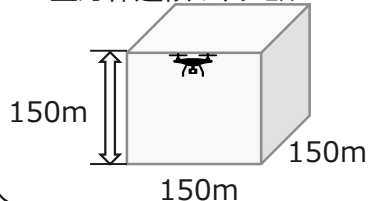
課題認識

- ・ドローンは水平方向の移動が中心
- ・気象データ等は比較的大きなメッシュサイズで提供
- ・例えば150mメッシュの気象データの場合、飛行可能高度は150mのため、立方体形状の場合は1ボクセルとなる(平面と変わらない)

垂直粒度と水平粒度はセット

精度	緯度	経度	高さ
0			
1			
.			
26			

立方体近似のボクセル



検討状況

- ① 垂直粒度と水平粒度を個々に指定
多様な形状のボクセルを定義可能とした場合、組み合わせが膨大になるため、**データの互換・交換が行いにくい**
- ② 扁平な空間ボクセルを定義
移動体の速度にも依存しユースケース毎に異なる可能性が高いため、現時点では**適切な扁平率が不明**

① 垂直粒度と水平粒度を個々に指定

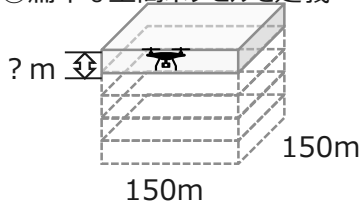
精度	緯度	経度	高さ
0			
1			
.			
26			

 ×

精度	高さ
0	
1	
.	
26	

組み合わせが膨大
→データ交換に課題

② 扁平な空間ボクセルを定義

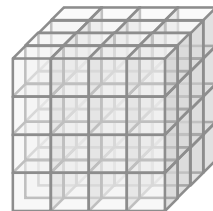


適切な扁平率
→ユースケースごとに異なる

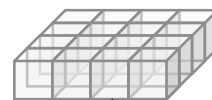
当面の方向性

- ・正立方体近似のボクセル形状として仕様検討を進め、今後の実証等を通じて問題がある場合は見直す
- ・扁平ボクセルは、より粒度の細かいボクセルの集合として取り扱うことも可能であるため、機能としてボクセル集合を扱う処理方式を検討する

立方体近似



属性の利用によるグルーピング



精度	緯度	経度	高さ
0			
1			
.			
26			

4-5 IDの形式 : ZFXY (案)

XYZタイルの水平方向のインデックス (ID) 計算式に鉛直方向のインデックス (ID) の計算を拡張する ZFXY方式を検討 (国土地理院/株式会社 Geolonia提供)。

鉛直方向を含めたIDを計算式により算出することが可能

【インデックス (ID) 計算式】

$$x = \text{floor}(n * ((\text{lng} + 180) / 360))$$

$$y = \text{floor}(n * (1 - \log(\tan(\text{lat}) + (1 / \cos(\text{lat}))) / \text{PI}) / 2)$$

$$f = \text{floor}(n * h / H)$$

※ h = 標高 [m], $n = 2^z$, $H = 2^{25}$ [m]

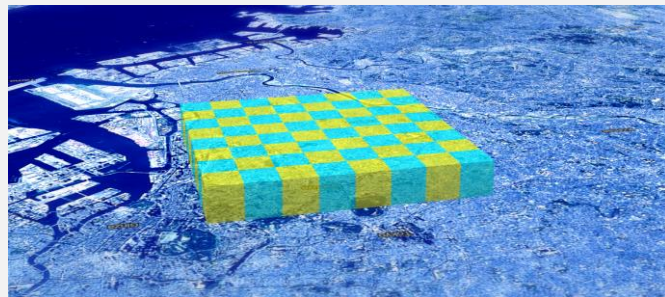
【算出されるインデックス (ID) の形式】

{z}/{f}/{x}/{y}

例 : 16/13/57555/26008

※ z: ズームレベル、f: 鉛直方向インデックス、x: 東西方向インデックス、y: 南北方向インデックス

Web地図のデファクトスタンダードであるXYZ タイルの
タイル番号を計算する式をそのまま活用



出典: <https://unvt.github.io/zfxy-ruby/>

4-6 その他空間定義における要検討事項

(1) 空間IDへの地物/事象の紐付け方法

a. 地物/事象の情報をどのように紐付けるか

- ① データを紐付ける空間IDの精度レベルの選択
- ② 地物/事象と空間IDの紐付けパターン
- ③ 空間IDの紐付けを行うテーブル構造
- ④ 複数の地物/事象と空間IDの紐付け

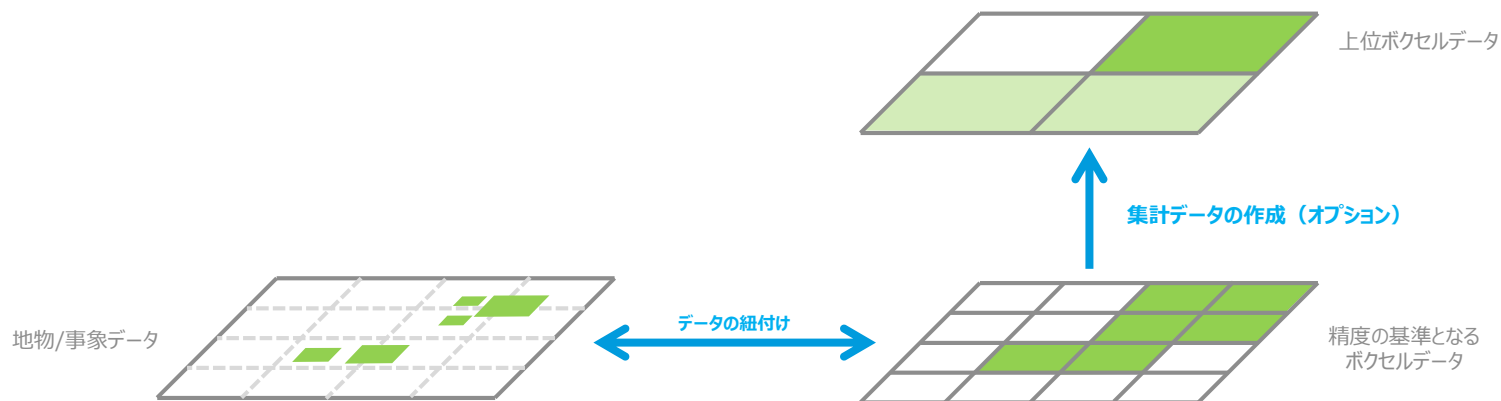
b. 高さを持たない情報（人口統計等）をどのように空間IDに紐付けるか

c. 動的な地物/事象の情報をどのように管理するか

(2) 時間情報の取り扱い

4-6(1)a① データを紐付ける空間IDの精度レベル 検討例

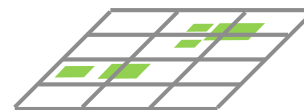
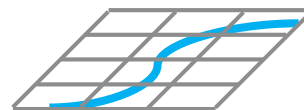
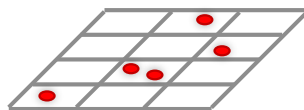
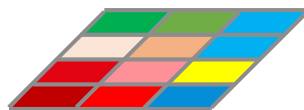
地物/事象のデータは、そのデータの精度の基準となるレベルの空間IDに対して紐付けを行う方法、及び空間IDに紐付けた値を集約した集計データ（オプション）を作成することを検討。



- 集計の方法（合計、平均、最大値、最小値等）は集計を行うデータの特徴によって任意に変更することを想定
- 集計データは複数の上位レベルの空間IDに再帰的に集計を繰り返して作成されるパターンも検討（画像データのピラミッドのような用途）
- 解析などの用途でボクセルのサイズを一致させるために下位のレベルのボクセルに紐付けたデータを付与するパターンも想定

4-6(1)a② 地物/事象と空間IDの紐付けパターン 検討例

多対多の紐付け構造で地物/事象と空間IDの組み合わせパターンを網羅することを検討。

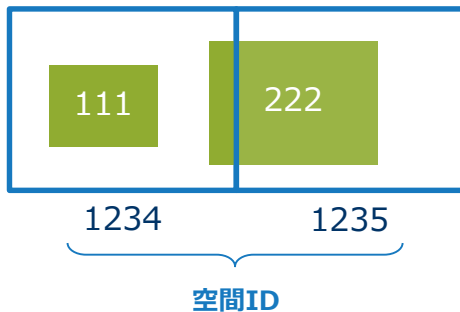


空間ボクセル：地物/事象	1 : 1	1 : n	n : 1	n : m
例	空間ボクセルごとに集計された統計メッシュデータ	IOTセンサー情報のポイントデータ	河川のラインデータ	建物のポリゴンデータ
地物/事象への空間IDの付与方法	地物/事象のレコードに空間IDを付与可能	地物/事象のレコードに空間IDを付与可能	空間IDと地物/事象の管理IDのリンクテーブルが必要	空間IDと地物/事象の管理IDのリンクテーブルが必要
空間IDに地物/事象の属性を紐付ける方法	地物/事象の属性データを紐付け可能	地物/事象の属性データを集計する必要がある	地物/事象の属性データを紐付け可能	地物/事象の属性データを集計する必要がある

4-6(1)a③ 空間IDの紐付けを行うテーブル構造 検討例

空間IDに地物/事象データを紐付けをした際のテーブル構造を検討。

例: 建物データ



空間ID	建物ID
1234	111
1234	222
1235	222

空間ID-地物/事象リンクテーブル

(n:1)

建物ID	名称	建築年	***
111	〇〇ビル	1963	***
222	△△町タワー	2009	***

地物/事象テーブル (ソースデータ)

※元データとして別システムに格納されるケースもあり

空間ID	個数	<面積>_合計	<面積>_平均	<面積>_最小	<面積>_最大
1234	2	650	325	250	400
1235	1	1500	1500	1500	1500

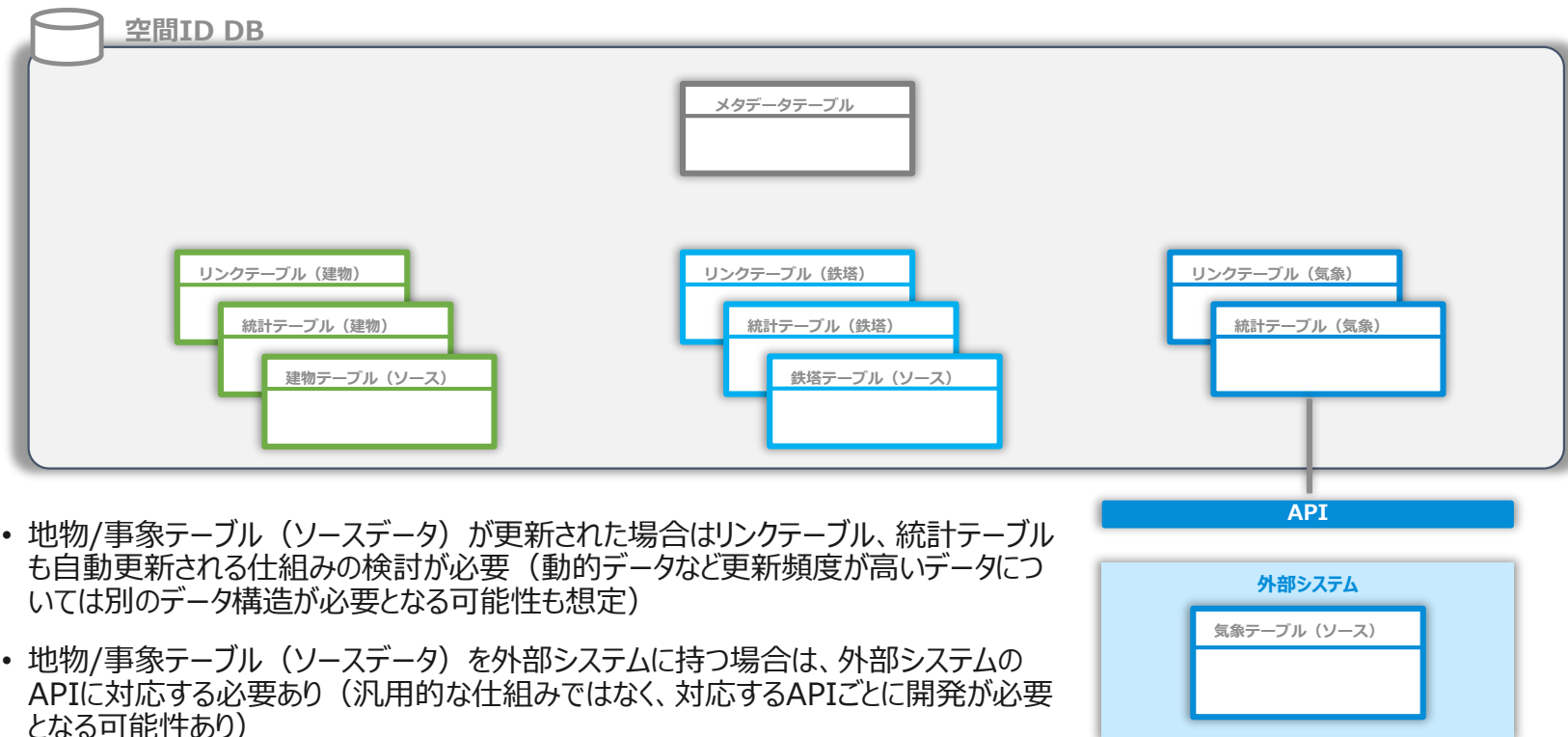
空間ID統計テーブル
(オプション)

*集計項目は任意

※実際のテーブル構造は各ユースケースのシステム毎に異なると想定

4-6(1)a④ 複数の地物/事象と空間IDの紐付け 検討例

下記は領域別基盤システムのDB内の構造をイメージ。実際のテーブル構造は各ユースケースのシステム毎に異なると想定。



- 地物/事象テーブル（ソースデータ）が更新された場合はリンクテーブル、統計テーブルも自動更新される仕組みの検討が必要（動的データなど更新頻度が高いデータについては別のデータ構造が必要となる可能性も想定）
- 地物/事象テーブル（ソースデータ）を外部システムに持つ場合は、外部システムのAPIに対応する必要あり（汎用的な仕組みではなく、対応するAPIごとに開発が必要となる可能性あり）

4-6(1)b 高さ情報を持たないデータの紐付け 検討例

高さ情報を持たないデータは、XYZタイル方式での運用を行うことで既存流通データとの互換性を確保する。空間情報検索の際には、高さ情報を「持つ」データと「持たない」データを一度に指定可能な方法を考慮する必要がある。

高さ情報を持たないデータとの相互運用

- 高さ情報を持たない2Dデータ（人口統計、用途地域、土地利用など）は2D用のID体系であるXYZタイル方式で取り扱えば相互運用が容易。

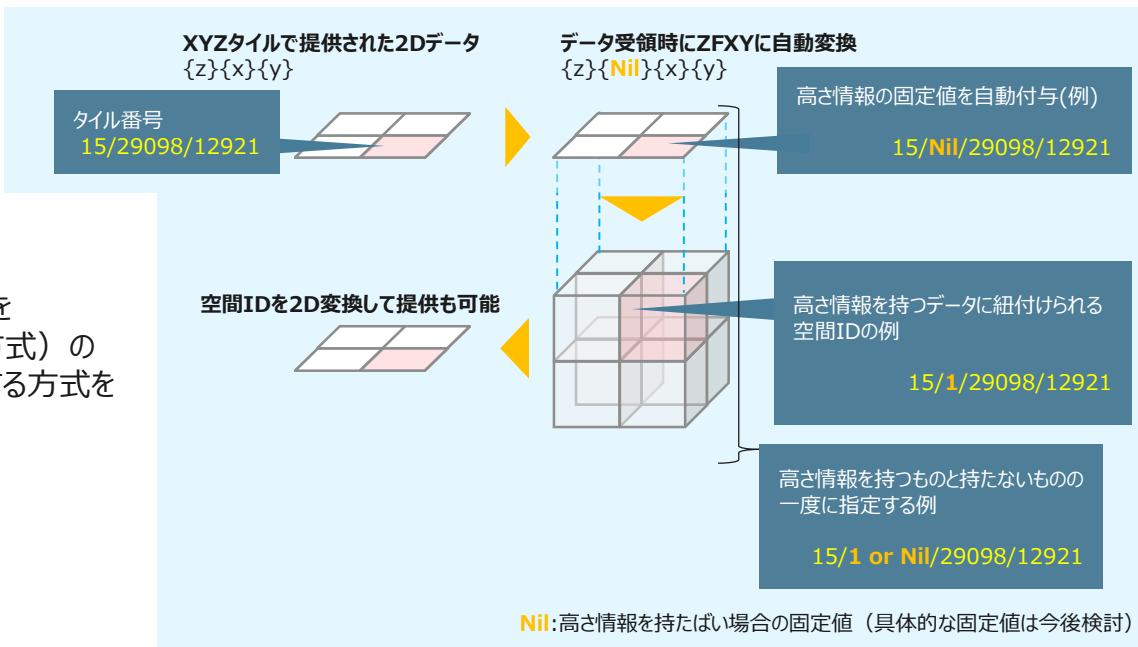
XYZの形式

{z}/{x}/{y}

z: ズームレベル

x: 東西方向インデックス

y: 南北方向インデックス



高さ情報の有無混在した空間IDの検索

- 検索用としては、高さ情報のあるデータ、無いデータを一度に指定する用途を考慮し、空間ID（ZFXY方式）の鉛直方向インデックス(f) に特定の固定値を付与する方式を今後検討する。

ZFXYの形式

{z}/{f}/{x}/{y}

z: ズームレベル

f: 鉛直方向インデックス

x: 東西方向インデックス

y: 南北方向インデックス

4-6(1)c 動態情報の取り扱い方法の検討

動態情報（ドローンの機位など）を空間ボクセルで管理する必要性や共有する仕組みを今後検討する。

ドローンに関する動態情報共有の現状

ドローンの動態情報は、リモートID（ブロードキャスト、ネットワーク、LPWA）での共有、また、有人機からドローンへの動態情報の共有は、ADS-B（放送型自動従属監視）の技術を用いて、*NEDO DRESS Projectで実現されている。

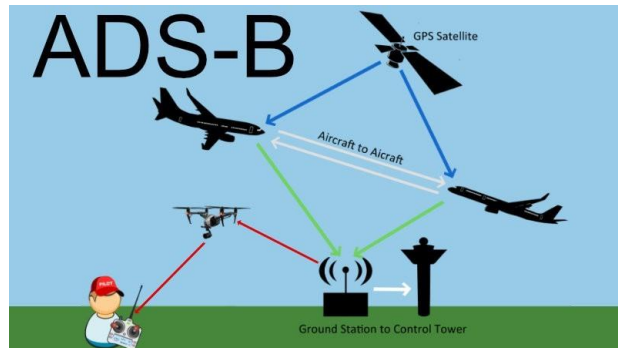
*DRESS Project(NEDO ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト)

<https://nedo-dress.jp/>

今後の検討

動態情報を空間ボクセルで管理して、他のデータと統合する必要性のあるケースがあるか？個別に共有する仕組みとするか？については、領域別に検討する必要がある。

データ項目ごとに、入力方法・更新頻度・要求性能・妥当な共有方式が異なるものの、空間情報として取り扱うことのできる共通の方式は今後検討する。



出典: <https://mavicmaniacs.com/ads-b-for-drones>

4-6(2) 時間情報の扱い方 検討例

地物/事象データが持つ時間に関する情報を空間IDに関連付けて、空間IDと時間を用いた管理や検索ができるようにする。

時間情報の種類

【瞬時的情報】発生時刻、予測時刻などを「対象時刻」列で保持（例：気象情報）

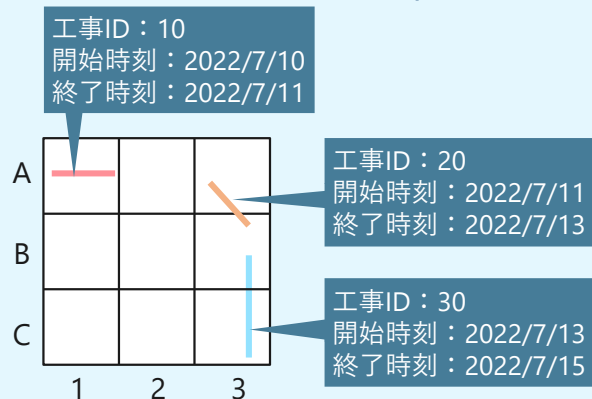
【期間的情報】実在期間、計画期間などを「開始時刻」と「終了時刻」列で保持（例：道路工事情報）

時間情報のメタデータ管理

時間情報を持つデータセットがある場合は、メタデータ項目「データの範囲（時間要素）」に対象時刻・期間を記載

時間情報の管理と検索の例

想定例) 自治体（道路管理部署）の道路工事情報管理



道路工事区間データ（期間的情報）

空間ID	工事ID	開始時刻 (JST)	終了時刻 (JST)
1A	10	2022/7/10	2022/7/11
3A	20	2022/7/11	2022/7/13
3B	20	2022/7/11	2022/7/13
3B	30	2022/7/13	2022/7/15
3C	30	2022/7/13	2022/7/15

空間ボクセル-道路工事リンクテーブル

(地物/事象データの時間情報をリンクテーブルに付加)

想定例) 事業者の工事計画における
地域全体の道路工事計画検索

Q. 7/12-7/14 に工事を行う空間ボクセルは？

		3A
		3B
		3C

Q. 7月に空間ID「3B」で行われる工事は？

空間ID	工事ID	開始時刻 (JST)	終了時刻 (JST)
3B	20	2022/7/11	2022/7/13
3B	30	2022/7/13	2022/7/15

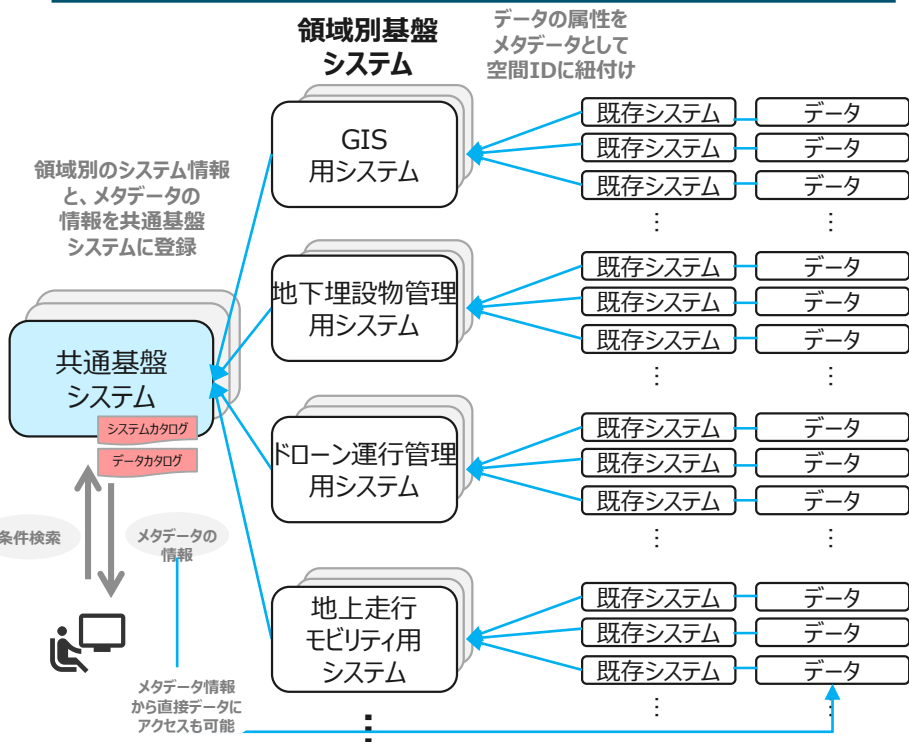
5 3次元空間情報基盤のアーキテクチャ検討

- 5-1 アーキテクチャ：普及に向けたコンセプト
- 5-2 協調領域として整備する機能（案）
- 5-3 共通ライブラリ
- 5-4 共通インタフェース
- 5-5 基盤システム構成（例）
- 5-6 メタデータ定義
- 5-7 空間ボクセルデータ定義
- 5-8 空間情報の検索方法

5-1 アーキテクチャ：普及に向けたコンセプト

空間ID・3次元空間情報基盤の活用・普及を促す要素として、分散型、既存システムとの互換性と、拡張性を重視したアーキテクチャとする。また、各領域別基盤システムにおけるデータ・メタデータの保持方法は、共通基盤システムから領域横断で検索・アクセス可能な仕様とする。

空間IDを共通キーとして繋がる分散型システム



分散型システム

- 空間IDに紐付けられたデータの属性情報は、ドメイン別に管理・共有される分散型システム
- 空間IDを共通キーとしたドメイン間の情報連携を可能とする

既存システムとの互換性

- 汎用的GISアプリケーション、データフォーマットとの高い互換性（公開ライブラリにより、既存データの紐付けが可能）
- ID体系は、人・機械が認識でき、データ間連携が容易な構造

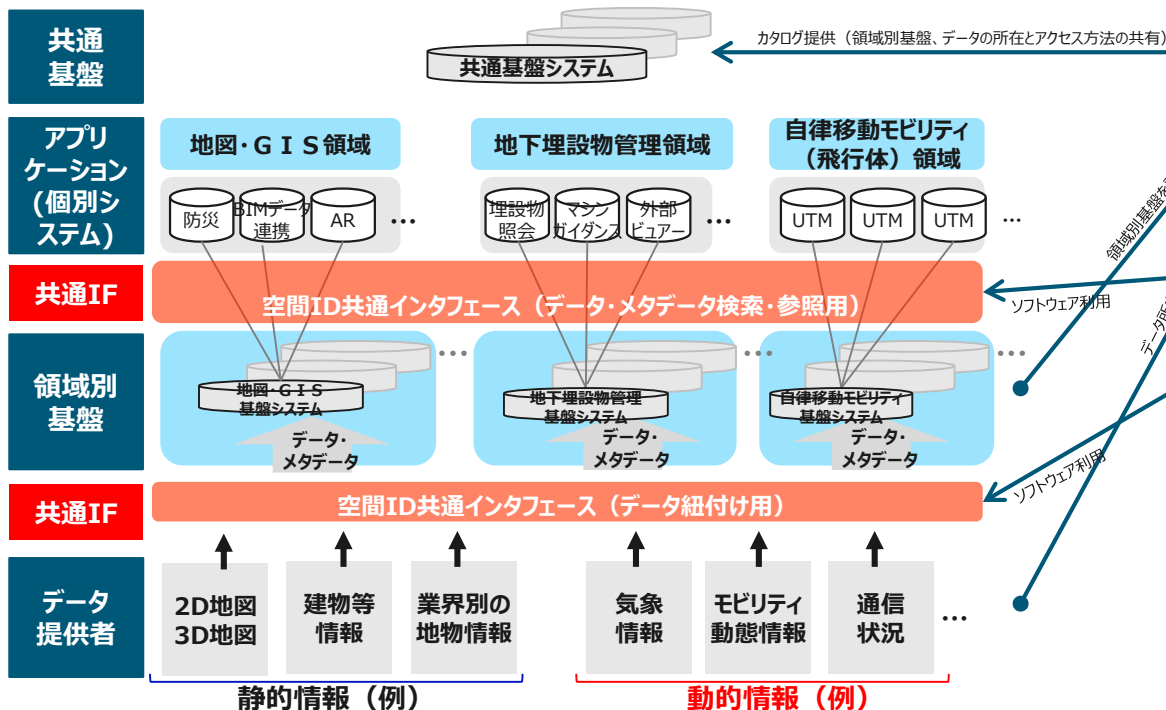
拡張性

- ID体系は一定の共通ルールのもと、カスタマイズ・拡張が可能（例：地物や図面等ドメイン特有情報をIDをキーに呼び出し）
- 当初のシステム機能は3次元グリッドと階層構造のID提供、基盤情報の保持等に限定し、ニーズに応じて機能拡張が可能

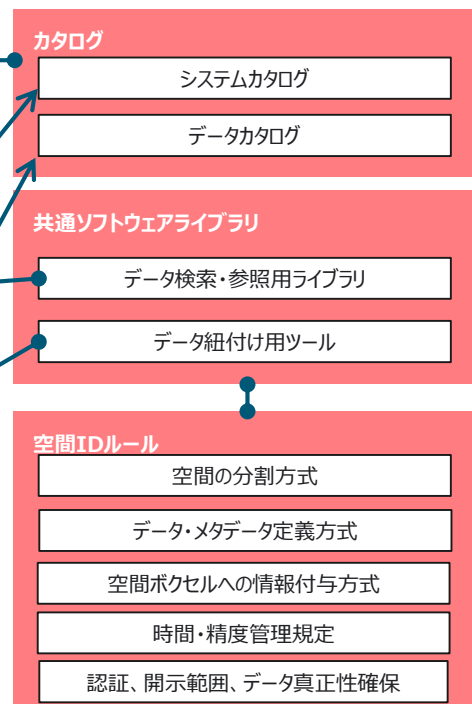
5-2 協調領域として整備する機能（案）

協調領域として、空間IDルール、共通ソフトウェアライブラリの設計・整備、及び機能拡張のための仕様作成を協調領域として段階的に整備する。尚、データ統合、物理基盤等は競争領域として領域別基盤を個別かつ自由に活用・構築を行う。

分散型の基盤システムアーキテクチャ



領域横断の協調領域の機能（案）



共通基盤の機能として、領域間の共通機能やデータの所在を共有可能なカタログは必須とし、今後の実証結果により機能拡張を進める。

5-3 共通ライブラリ：(1)ライブラリ整備の概要

領域横断で利用される共通ライブラリは、今後の普及展開に向けて、より多くの開発者・利用者の獲得が重要となる。以下のレイヤに分類し、レイヤごとに方針を整理したうえで段階的な拡張を検討する。

◆基本ライブラリ

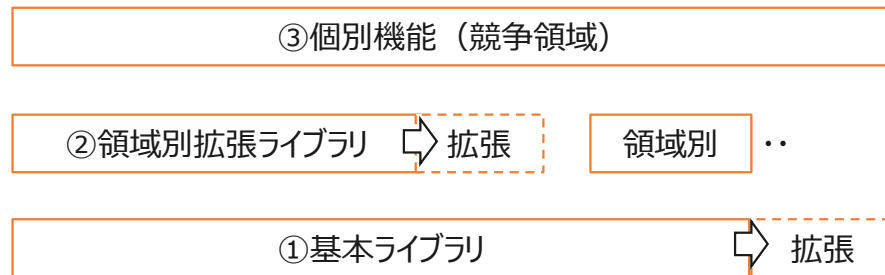
- ・整備中の機能
 - ジオメトリの空間IDへの変換/逆変換機能
- ・今後整備が必要と思われる機能
 - 基本ライブラリの組み合わせによる
 - 領域別拡張ライブラリの横断的な共通機能

◆領域別拡張ライブラリ

- ・ドローン、GIS、地下埋設物の各領域別に必要となるライブラリの要件は、実証と連携してプロジェクト第2期で検討する

◆個別機能（競争領域）

- ・利便性、付加価値機能
- ・非機能対応（性能、スケーラビリティ、運用性等）



5-3 共通ライブラリ：(2)ライブラリへの要求と検討状況（1/2）

領域横断の利用を見込み、先行的に整備する共通仕様ライブラリの開発・提供条件については以下の通り検討中。共通性が高く実証に必要な最小限の機能の実装を目指す。

番号	要求条件	要求に対する前提条件	検討状況（7月時点）
1	オープンソースとして提供され、ドメイン横断で共通的に頻度高く利用される機能を実装すること	<ul style="list-style-type: none"> ・実装する機能及び各機能の仕様についてはDADC/実証事業者間で協議を行い定義する（実証対象の全てのユースケースで共通的に利用される最小限の機能を実装） ・実装にあたっては、市中のOSSライブラリの活用も可能とする ・実装対象とした機能については、実証用基盤システムに組み込み実証で検証を行う ・ユースケース個別に利用される機能の実装は今後の拡張対象候補とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・実証事業者側で仕様案を検討済 ・実装言語の前提を置いたうえで利用予定のOSSライブラリは調査済 ・実証ユースケース中の利用シーンを確認中
2	再配布可能な形式かつ、利用側に構築の負担をかけない形で提供されること	<ul style="list-style-type: none"> ・計算式のみで演算可能な機能のみを対象とする（≠データベース構築を必要とするシステムとしての提供） ・機能要求の実装を優先し、非機能要求（特に性能、拡張性）については利用側で対応する 	<ul style="list-style-type: none"> ・左記前提で実証事業者で実装案を検討済
3	共通的に利用される定義情報も同時に配布されること	<ul style="list-style-type: none"> ・地表面等が共通属性として利用される想定があるが、膨大なデータ量となることが想定されるため、共通ライブラリの開発において、共通属性のデータ整備は対象外とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・高さ基準の変換に必要なデータの扱いは別課題として継続管理
4	複数のプログラム言語で提供されること	<ul style="list-style-type: none"> ・多数のプログラム言語での実装が利用の幅を広げる可能性はあるものの、言語の数分だけ開発、試験、運用が発生するため、スケジュール・コストに影響がある。そのため、本実証で最も利用可能性の高い言語1つのみの実装とし、その他の言語での開発は対象外とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・短期間での実証及び、今後の普及を考慮し、開発者を確保しやすく可読性の高い実装言語として、今年度の実証においてはPython言語による実装を行う

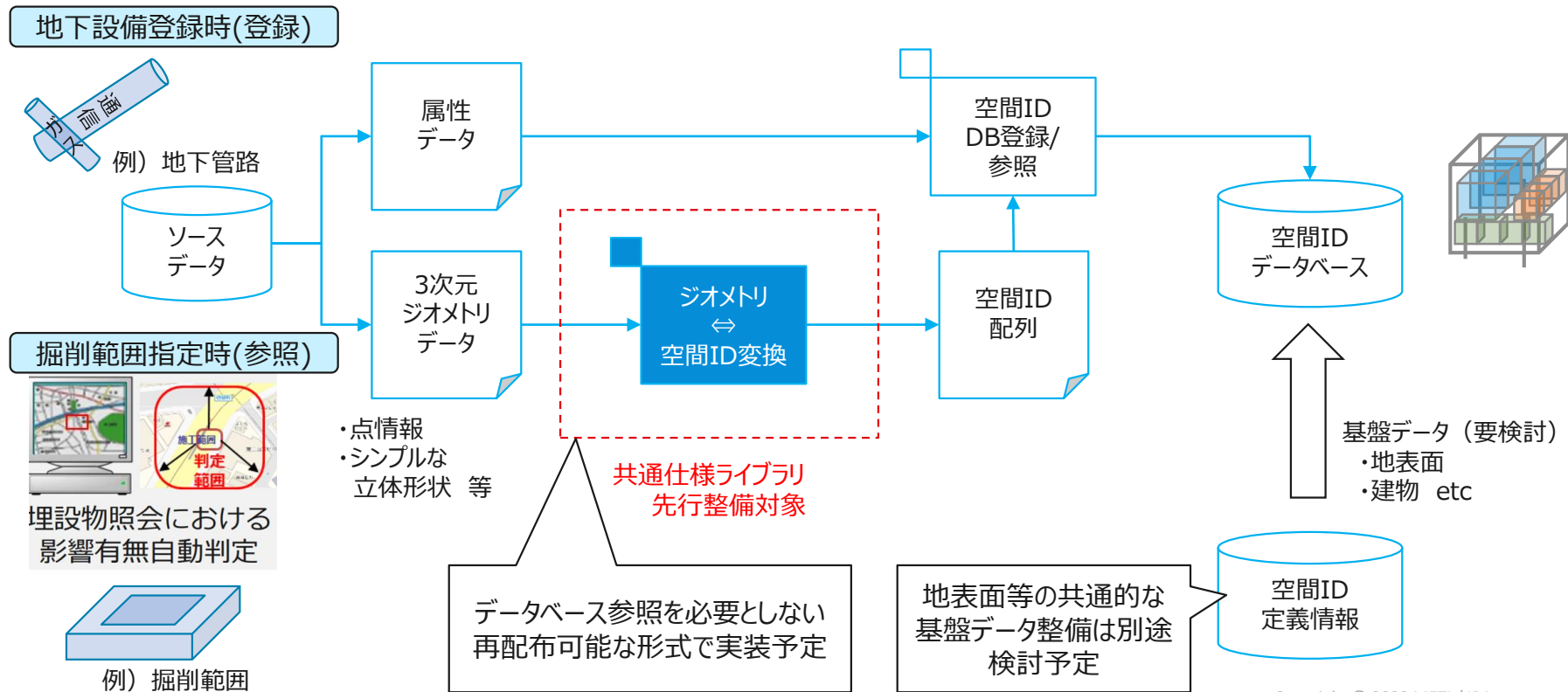
5-3 共通ライブラリ：(2)ライブラリへの要求と検討状況（2/2）

領域横断の利用を見込み、先行的に整備する共通仕様ライブラリの開発・提供条件については以下の通り検討中。共通性が高く実証に必要な最小限の機能の実装を目指す。

番号	要求条件	要求に対する前提条件	検討状況（7月時点）
5	利用者側で改変を可能とするため、実行形式のプログラムだけでなくソースコード、設計ドキュメントも提供されること（ただし、改変は自己責任）	<ul style="list-style-type: none">・著作権、及びOSSライセンス種別を設定する必要があるため、DADC/実証事業者との協議事項となる・改変を前提とした非コピーレフト型のライセンスの設定を想定（MIT License、Apache License、BSD License等）・市中のOSSライブラリを活用する場合も、同様のライセンスのものを選定する	<ul style="list-style-type: none">・実証事業者側で非コピーレフトライセンスを想定して実装検討、ライブラリ選定を実施中・OSS化した後の運用イメージ・普及展開イメージをデジタル庁/DADCで検討予定
6	オープンソースとしての提供後も利用者へのサポートや継続的機能追加が提供されること	<ul style="list-style-type: none">・実証事業期間中に発生した不具合の修正は、本実証で使用する範囲に対して実施（活用する市中OSSライブラリ側で発生した不具合については不具合解決を保証できないため、利用側でも回避策を検討する）・次年度以降は別途保守の委託業務等により継続される前提とする	<ul style="list-style-type: none">・次年度以降の扱いは番号5と合わせて検討予定
7	ソフトウェア/ドキュメントの品質は一定の品質基準を満たしていること	<ul style="list-style-type: none">・提供するソフトウェアの品質指標/品質基準及びドキュメントの記載レベルについてもDADC/実証事業者で協議の上決定する	<ul style="list-style-type: none">・ドキュメント記載レベルは実証事業者側でサンプル等で今後確認予定・品質基準については、仕様が確認できた後に実証事業者を確認・協議予定


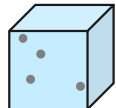


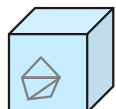
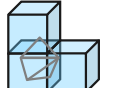
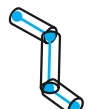
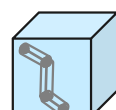
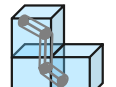
5-3 共通ライブラリ：(3)実装方式案

領域横断で最も共通性の高い機能の一つとして「ジオメトリと空間IDの変換」が挙げられる。データベース参照を必要としない再配布可能な形式とするため、計算式のみで演算可能な実装方式を検討する。




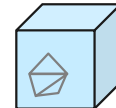


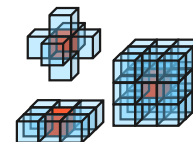




5-3 共通ライブラリ：(4)領域横断で利用を見込む共通機能(1/2)

想定されるユースケースを踏まえ、領域横断で利用を見込む共通機能は以下の通り。まずはシンプルな形状から対応し、複雑な形状は下記の組み合わせによって対応する。

No.	分類	想定する利用シーン・用途	主な入力データ	主な出力データ	実装イメージ
1	ジオメトリ ⇒空間ID	点座標（複数）を空間IDに変換する	緯度・経度・高度の配列	空間IDの配列	<p><u>Input</u></p>  <p>1つ以上の点座標群</p> <p>レベルM ⇒ </p> <p>レベルN ⇒ </p> <p><u>Output</u></p> <p>空間IDリスト {XXX}</p> <p>空間IDリスト {XXX1, XXX2, XXX3}</p>
2	ジオメトリ ⇒空間ID	閉塞範囲（穴の開いている箇所を除く）を含む空間を空間IDに変換する	緯度・経度・高度の配列	空間IDの配列	<p><u>Input</u></p>  <p>三角形ポリゴンの集合</p> <p>レベルM ⇒ </p> <p>レベルN ⇒ </p> <p><u>Output</u></p> <p>空間IDリスト {XXX}</p> <p>空間IDリスト {XXX1, XXX2, XXX3}</p>
3	ジオメトリ ⇒空間ID	ウェイポイント配列を空間IDに変換する (複数の点座標を直線で繋ぎ、太さを持たせた形状)	緯度・経度・高度の配列、直径	空間IDの配列	<p><u>Input</u></p>  <p>円柱の中心の接続点/ 円柱の直径（半径）</p> <p>レベルM ⇒ </p> <p>レベルN ⇒ </p> <p><u>Output</u></p> <p>空間IDリスト {XXX}</p> <p>空間IDリスト {XXX1, XXX2, XXX3}</p>

5-3 共通ライブラリ：(4)領域横断で利用を見込む共通機能(2/2)

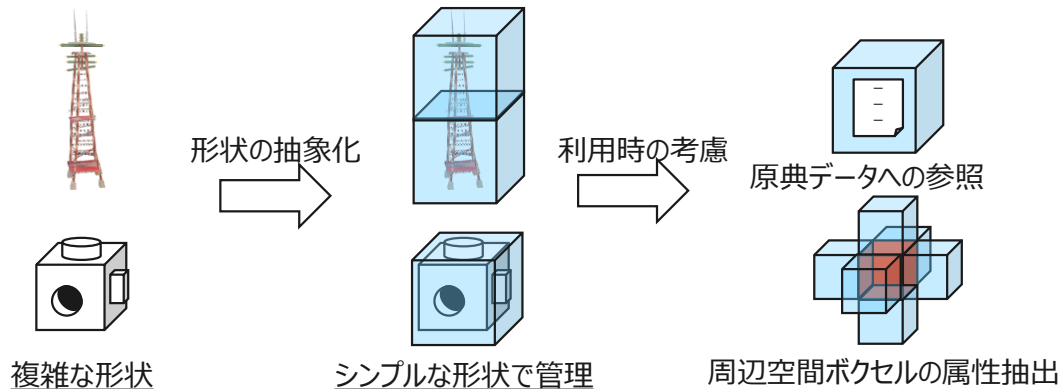
想定されるユースケースを踏まえ、領域横断で利用を見込む共通機能は以下の通り。まずはシンプルな形状から対応し、複雑な形状は下記の組み合わせによって対応する。

No.	分類	想定する利用シーン・用途	主な入力データ	主な出力データ	実装イメージ
4	ジオメトリ ⇒空間ID	3次元の構造物情報 (シェープファイル形式)を空間ID に変換する	シェープファイル 形式の3Dデータ	空間IDの配列	<p>Input</p>  <p>.shp .dbf等 構造物情報 (シェープファイル形式)</p> <p>レベルM ⇒ </p> <p>レベルN ⇒ </p> <p>Output</p> <p>空間IDリスト {XXX}</p> <p>空間IDリスト {XXX1, XXX2, XXX3}</p>
5	周辺空間ID 取得	点座標の周辺の空間を空間ID (6個または8個)に変換する	緯度・経度・高度	空間IDの配列	<p>Input</p> <p>空間ID {XXX}</p>  <p>指定する空間ID (座標の場合No1で変換)</p> <p>⇒ </p> <p>指定した空間ID周辺の 空間ID取得</p> <p>Output</p> <p>空間IDリスト {XXX1, XXX2, XXX3 …}</p>
6	周辺空間ID 取得	空間IDを指定して 周辺の空間の空間 ID (6個または8 個)に変換する	空間ID	空間IDの配列	<p>Input</p> <p>空間ID {XXX}</p> <p>⇒ </p> <p>⇒ </p> <p>Output</p> <p>8つの頂点の 座標</p>
7	空間ID⇒ジ オメトリ	空間IDから空間ボ クセルの頂点の座 標 (8点)に変換す る	空間ID	緯度・経度・高度 の配列	<p>Input</p> <p>空間ID {XXX}</p> <p>⇒ </p> <p>⇒ </p> <p>Output</p> <p>8つの頂点の 座標</p>

5-3 共通ライブラリ：(5)個別論点(1/3)

共通ライブラリの機能は単純な機能に限定されているが、現実の複雑なデータに対応可能か。

- ・3角形ポリゴンの集合体で**複雑な形状も表現することは可能**
- ・一方で複雑な形状を正確に再現することは空間インデックスとしての役割と相反する
- ・複雑な形状に対応すればするほどライブラリ開発者/利用者のコストもかかるため、空間IDデータ整備～空間ID利用において“適度な抽象度”で管理するラインを**実証を通じてドメインごとに検討していく**
- ・複雑な形状が必要な場合、原典データへの参照情報を属性として保持することや、形状の抽象化により過大・過少に空間ボクセルへの紐づけが行われる想定で属性の付与・検索方法を考慮する

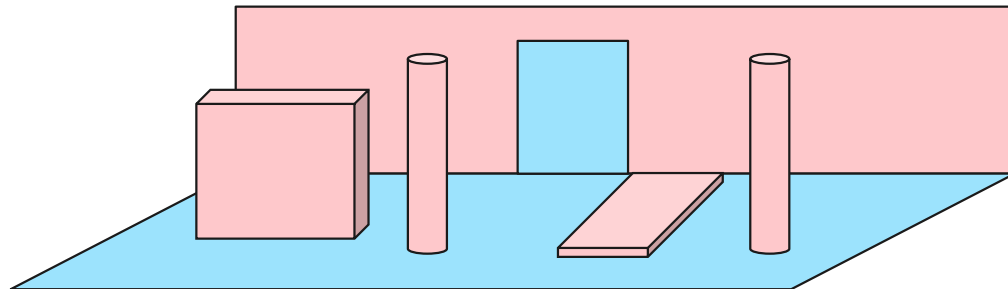


実証を通じて
ドメインごとに
事例を蓄積する

5-3 共通ライブラリ：(5)個別論点(2/3)

通れる・通れないなど属性を紐付ける機能も今後検討が必要ではないか。

- ・公共空間においては共通属性として利用される可能性は高い
- ・一方でユースケースごとに通れる・通れないの条件は異なる（空間の広さと移動体の大きさ）
例：
 - 床面移動：歩行空間、サービスロボット移動可能空間、自動運転車、、、
 - 空中移動：ドローン飛行可能空間、、、
- ・ユースケース実証を通じ、以下の内容について検討を進める
 - ・領域別基盤システムで利用する属性の共通項の抽出
 - ・通れる・通れない属性を付与するための元データの収集や効率的なデータ整備手法の検討



5-3 共通ライブラリ：(5)個別論点(3/3)

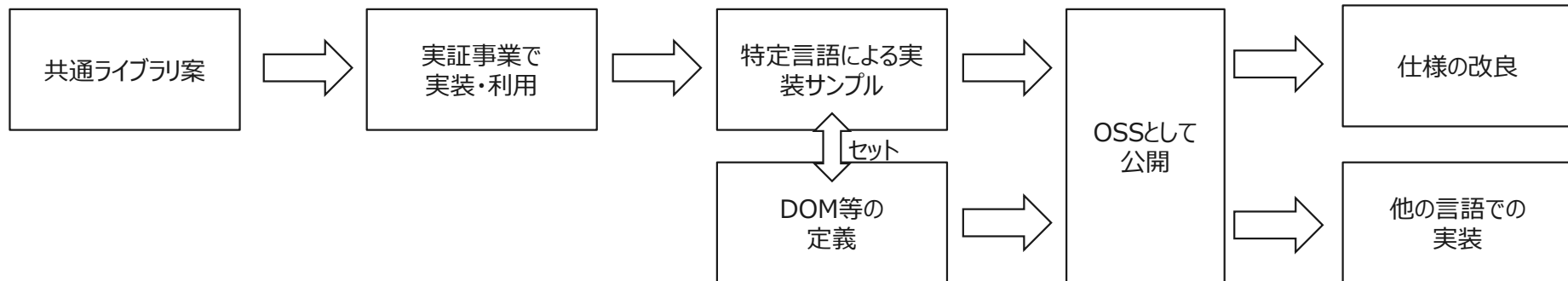
共通ライブラリの仕様については、DOMの仕様のように特定の言語に依存せずメソッドやプロパティを定める方法で定義すると良いのではないか。

以下の手順で検討を進めていく。

<検討手順>

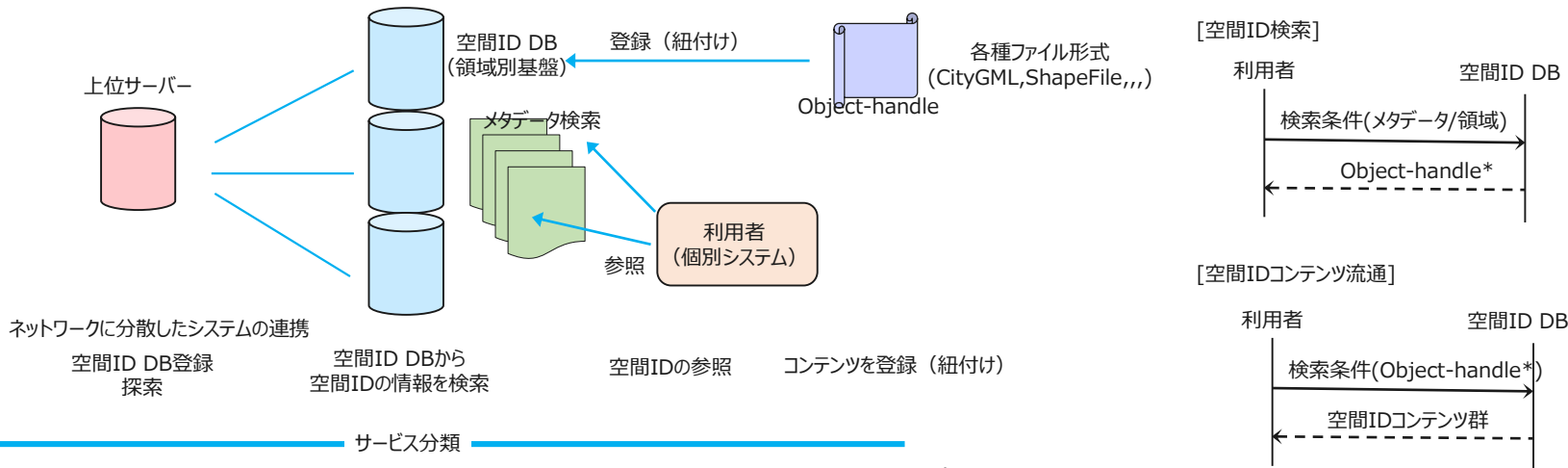
- ・実証実施に必要な最小限の範囲において、特定言語での実装を行う
- ・共通となる機能を実証を通じて明らかにする
- ・DOMの仕様等も参考に、言語に依存しない抽象化した定義を行う
- ・抽象化した定義と実装サンプル（OSS）をセットで公開する
- ・実装サンプルを基にした仕様の改良、あるいはDOM等の定義による他言語での実装

<検討手順イメージ>



5-4 共通インターフェース： 共通インターフェースが提供する機能（1/2）

ネットワークに分散した空間ID情報を検索・取得するためのインターフェースについて、基本的なインターフェースは共通化して規定する一方で、空間IDは様々な領域で利用されることを踏まえ、拡張性・柔軟性を確保する仕組みを備えることを目指す。



サービス分類			
分散管理 (ディレクトリ管理)	空間ID検索 (レジストラー、メタデータ)	空間IDコンテンツ流通	コンテンツ登録
手続き	単一(unary)/分割設定/分割応答/通知(push)		
プロトコル	http / gRPC 認証		

パラメータを規定
 ・サービス毎に分類
 ・拡張性・柔軟性 (ユーザ定義) を確保

共通の手続きを規定
 ・取得・登録 (データ分割含む)
 ・通知 (変化時通知、更新差分通知)

汎用的なプロトコルを適用
 ・サーバーシステム間 : gRPC
 ・クライアントサーバ : https + JSON query, SSE

*Object-Handle (オブジェクトハンドル)
 オブジェクト指向のプログラミング言語で使用される。操作対象とするオブジェクト (画面、ファイル、DB等) を一意に区別する識別子を指す。
 本報告書では、領域別基盤内で、利用者が指定した空間ID集合や空間ボクセルデータ集合を示す一意の値を指す。

5-4 共通インタフェース： 共通インタフェースが提供する機能（2/2）

参考例：パラメータセマンティクス概要草案

空間IDは次の2つの利用方法を想定する。

- ・対象領域を指定する（主にリクエストで利用）。
- ・建造物等の対象物を表現する（主にレスポンスで利用）。

サービス分類	宛先	リクエスト		レスポンス	
		パラメータ	備考	パラメータ	備考
分散管理	共通基盤システムに基づく分散サーバ（上位サーバ）	領域	事業領域等	空間ID DBアドレス	空間ID検索のための情報
		区域	空間IDで表現		
		種別	地物・気象等のデータ種別		
空間ID検索	空間ID DB	メタデータ	検索のためのクワイテリア	Object-handle群	空間IDコンテンツをまとめる識別子
		区域	空間IDで表現		
		種別	地物・気象等のデータ種別・ユーザ拡張可		
空間IDコンテンツ流通	空間ID DB	Object-handle	空間IDコンテンツ指定	空間ID群	Objectを表現する空間ID群
				属性情報	Objectに属する情報・ユーザ拡張可
コンテンツ登録	空間ID DB	CityGML ShapeFile	各種3D表現形式	-	空間IDに変換するなどしてデータを保持
		位置情報	3D表現形式の示す原点座標		
		ソースリンク	登録するソースリンク（Object-handleのひとつ）		

空間ID検索+空間IDコンテンツ流通ハイブリッド形式（空間ID検索リクエスト+空間IDコンテンツ流通レスポンスによりObject-handleを介さない形式）についても規定する。

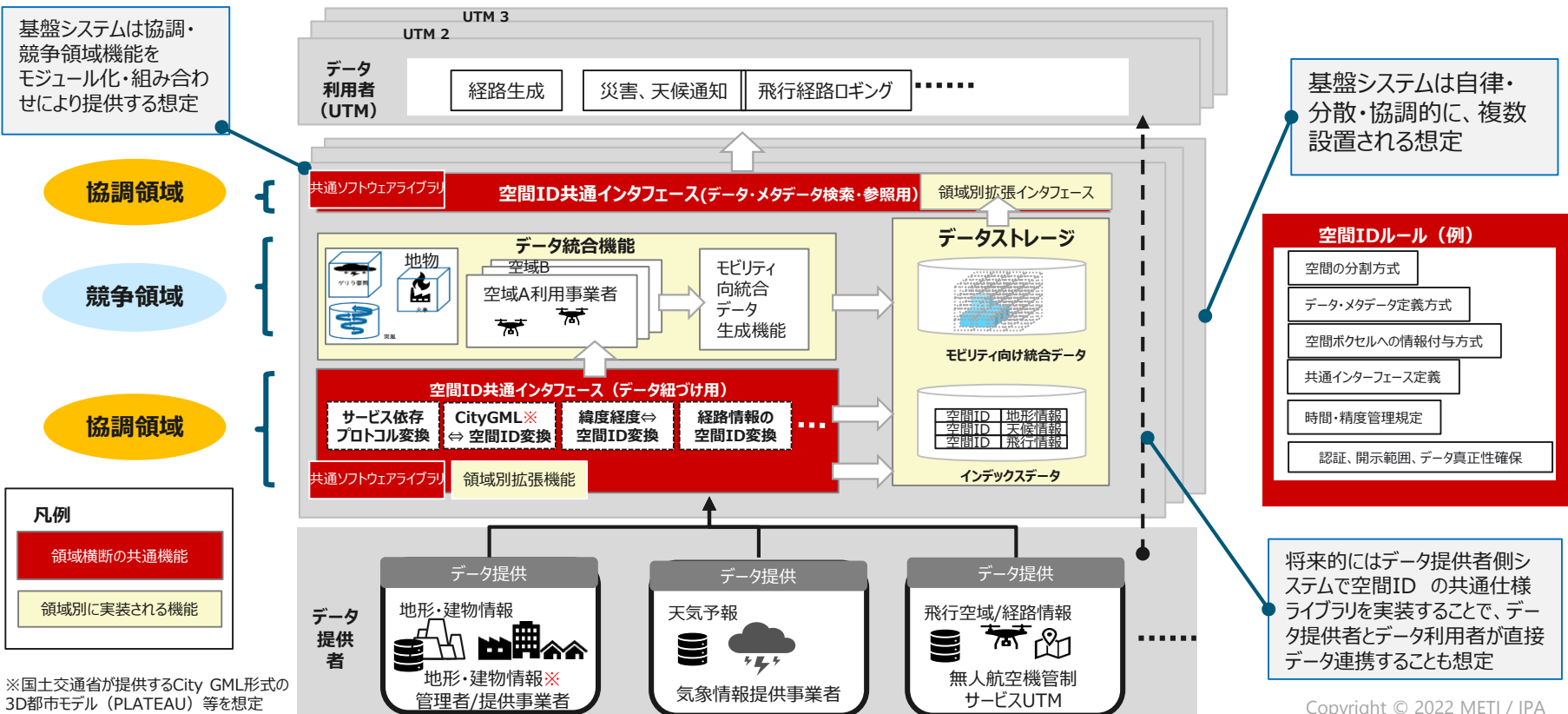
上記に基づきパラメータのシンタックスを定め複数のインタフェースを規定する。

パラメータ定義はprotocolBuffer(gRPC)等で定義し、これを公開することで、拡張性を保つ（案）。

情報流通においては、サーバー間gRPC、サーバークライアント間にREST(http/JSON)を適用する（案）。

5-5 基盤システム構成（例）：(1)ドローン運行管理領域用

ドローン向け基盤システムは、地形・建物等に関する静的データに加えて、気象や事業者による空域利用等の動的データについて、空間IDを共通インデックスとして、検索・統合して提供する機能を持つ想定。



基盤システムは協調・競争領域機能をモジュール化・組み合わせにより提供する想定

協調領域

競争領域

協調領域

凡例
 領域横断の共通機能
 領域別の実装される機能

基盤システムは自律・分散・協調的に、複数設置される想定

- 空間IDルール（例）**
- 空間の分割方式
 - データ・メタデータ定義方式
 - 空間ボクセルへの情報付与方式
 - 共通インタフェース定義
 - 時間・精度管理規定
 - 認証、開示範囲、データ真正性確保

将来的にはデータ提供者側システムで空間IDの共通仕様ライブラリを実装することで、データ提供者とデータ利用者が直接データ連携することも想定

※国土交通省が提供するCity GML形式の3D都市モデル（PLATEAU）等を想定

5-5 基盤システム構成（例）：（2）地図・GIS領域用

地図・GIS領域用基盤システムは様々な空間データを空間IDと紐付けて、空間IDを利用するための協調領域/競争領域機能をデータ利用者のシステム/クライアントに提供する想定。

共通ソフトウェアライブラリ

- 緯度経度 ⇔ 空間ID変換
- 図形 ⇔ 空間ID変換
- CityGML ⇔ 空間ID変換
-

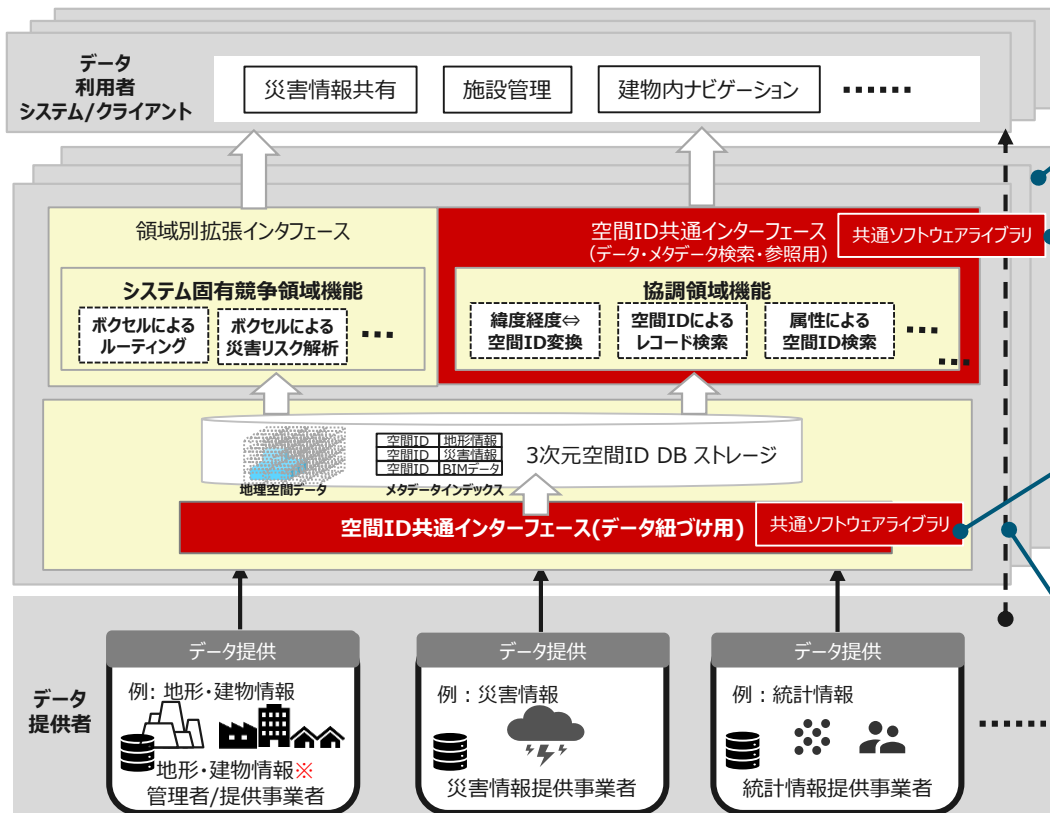
空間IDルール（例）

- 空間の分割方式
- 幾何形状情報及びメタデータ定義方式
- 空間ポクセルへの情報付与方式
- 共通インターフェース定義
- 時間・精度管理規定
- 認証、開示範囲、データ真正性確保

凡例

領域横断の共通機能

領域別に実装される機能



基盤システムは自律・分散・協調的に、複数設置され、協調領域機能の他に、基盤システム毎に固有の競争領域機能を提供する想定

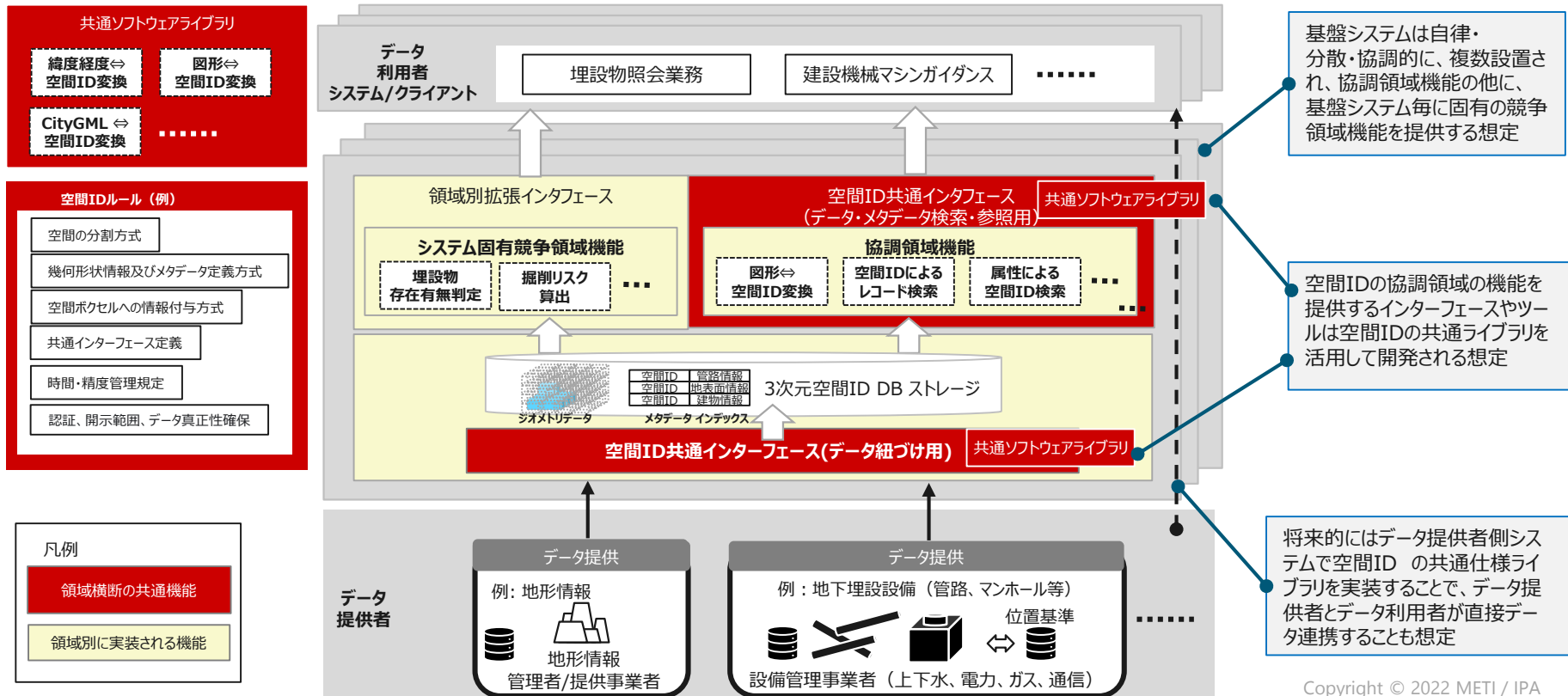
空間IDの協調領域の機能を提供するインターフェースやツールは空間IDの共通ライブラリを活用して開発される想定

将来的にはデータ提供者側システムで空間IDの共通仕様ライブラリを実装することで、データ提供者とデータ利用者が直接データ連携することも想定

※国土交通省が提供するCity GML形式の3D都市モデル（PLATEAU）等を想定

5-5 基盤システム構成（例）：（3）地下埋設領域用

地下埋設領域用基盤システムは地下埋設物等の事業者設備データの登録や、掘削範囲を指定する際の検索機能を複数のWebアプリケーションから利用するための機能を提供する想定。



5-6 メタデータ項目の定義

空間IDに紐付けをしたデータセットの効率的な管理・検索を行うためのメタデータの項目を定義。
項目案の必須・条件付き必須項目は全領域共通として、各システム領域固有で必要な項目を実証を通して検討。

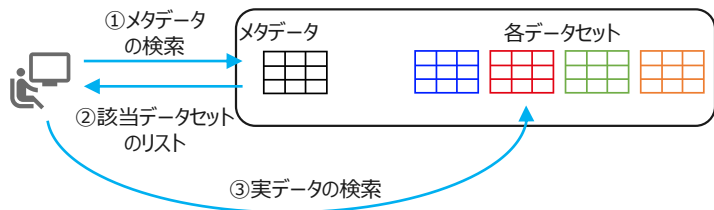
メタデータとは

データ本体に関する付帯情報が記述されたデータ

メタデータの利用例

メタデータ項目（主題分類、登録者、データの範囲など）を対象とした検索を行うことで、利用目的に合ったデータセットを見つけ出すことができる。
(データのポータルサイトにおけるデータ検索に活用されている。)

メタデータの利用イメージ



地理情報のメタデータ標準

- ・国際標準：ISO 19115
- ・日本版メタデータプロファイル：JMP2.0
⇒ JMP2.0のメタデータ項目を参考に案（右表）を作成

* JMP2.0にはない空間ID独自のメタデータ項目

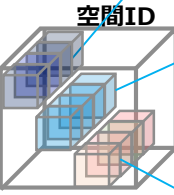
メタデータ項目案

◎必須、○条件付き必須、△任意

No	項目	説明	レベル
1	データ名	データの名称	◎
2	概要	データの内容の概要説明	◎
3	主題分類	データを分類する主題	△
4	空間IDへの登録者*	空間IDへのデータの紐付けを行った事業者	◎
5	キーワード	データの検索に使用するキーワード	△
6	登録日付*	空間IDへのデータの紐付けを行った日付	◎
7	データの利用制限	データ利用上の制約条件（例：非商用に限る）	△
8	データの範囲（水平方向）	最小・最大緯度、最小・最大経度	◎
9	高さ情報の有無*	データに高さ情報が含まれているかの有無	◎
10	データの範囲（鉛直方向）	最低・最高標高値（No9が「有」の場合必須）	○
11	高さの基準	標高の基準面（No9が「有」の場合必須）	○
12	データの範囲（時間要素）	データの対象時期・期間	△
13	空間ID登録ズームレベル*	空間IDのデータの紐付けを行った基準となるズームレベル	◎
14	全データを包含する空間ID*	全データ範囲を包含する最上位レベルの空間ID（要自動計算）	△
15	実データの所在*	実データの所在（システム内、システム外）	◎
16	ソースデータ名	ソースデータの名称（No14が「システム外」の場合必須）	○
17	ソースデータの作成者	ソースデータを作成した機関（No14が「システム外」の場合必須）	○
18	ソースデータの所在	ソースデータの提供先(URL）（No14が「システム外」の場合必須）	○
19	ソースデータ形式	ソースデータのフォーマット	△
20	ソースデータの座標系	ソースデータの座標系	△
21	ソースデータの精度	ソースデータの縮尺レベル、解像度	△
22	ソースデータ収集期間	ソースデータが収集された期間	△

5-7 空間ボクセルデータ項目：(1)ドローン運行管理

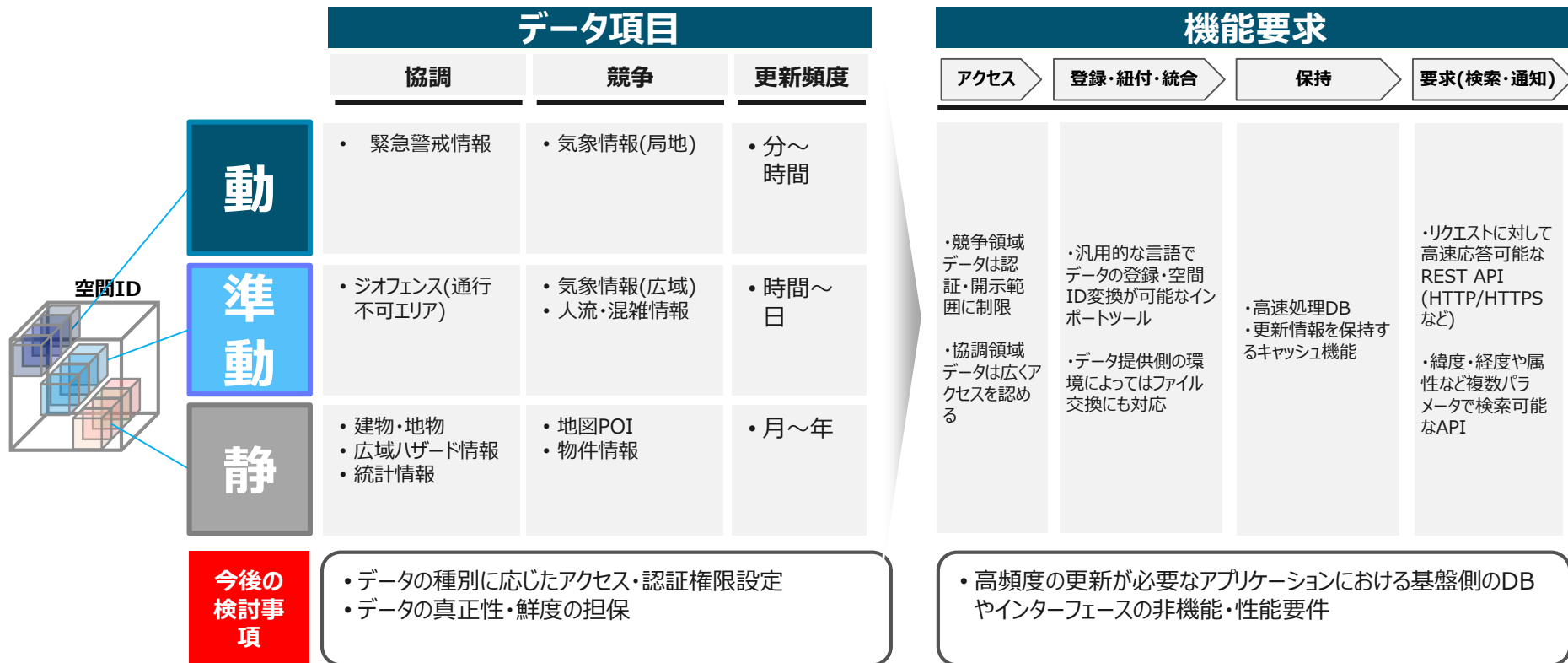
準動的・静的な情報についても、飛行時には計画時からの変化に対して、即時の共有が求められる。このため、3次元空間情報基盤システムの即時情報共有対象データの軽量化等を考慮していく必要がある。

	データ項目			機能要求			
	協調	競争	更新頻度	アクセス制御	登録・紐付・統合	保持	共有(検索・通知)
 空間ID	動 <ul style="list-style-type: none"> ・有人機情報 ・無人機情報 ・緊急情報(飛行禁止エリアの設定) 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛行計画からの更新情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・秒～分(飛行時) 	<ul style="list-style-type: none"> ・競争領域データは開示範囲を情報提供者が制限 ・協調領域データは基本的には広くアクセスを認める(一部規制情報でアクセス制限する必要のある情報についてはコースケース具体化が必要) 	<ul style="list-style-type: none"> ・地物情報は空間の占有/非占有としての表現が必要 ・人流/統計等の2次元の情報と、空間占有/気象/電波(通信/衛星測位)状態等の3次元で表現される情報の統一的な空間への紐づけが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・協調領域で変換(CityGML→空間占有情報)の必要となるデータについては変換済みデータの一時保存が必要 ・競争領域データ(気象/通信カバレッジ/衛星測位/人流情報)については情報提供者から直接入手 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛行計画時は情報利用者からの検索(REST API等) ・飛行時は飛行計画時からの差分/変化の即時的な通知(gRPC, MQTT等)
	準動 <ul style="list-style-type: none"> ・飛行計画情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・気象情報 ・人流情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・時間～日(飛行計画時) 				
	静 <ul style="list-style-type: none"> ・規制情報(飛行禁止/制限空域の設定) ・地物情報(PLATEAU) ・地形情報(国土地理院) 	<ul style="list-style-type: none"> ・地物(鉄塔・送電線・建物等) ・地形情報(河川、道路等) ・通信カバレッジ情報 ・衛星測位情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・日～年(飛行計画時) 				
今後の検討事項	<ul style="list-style-type: none"> ・データの信頼性担保や、指標を誰が整備・管理するか。 ・信頼性担保のための指標を情報提供者と利用者で共有するための仕組みをどうするか。 			<ul style="list-style-type: none"> ・飛行計画時、飛行時に情報を共有するための情報検索、通知用I/Fライブラリの仕様はどうか。 			

なお、飛行時に必要となる有人機/無人機等の動態情報については、ADS-B/Remote ID等既存共有方式との連携/役割分担、飛行計画情報の共有について、FIMS等の既存方式との連携/役割分担など、既存方式との連携も必要になると考えられる

5-7 空間ボクセルデータ項目：(2)地図・GIS

地図・GIS分野において、動的なユースケースについては、高頻度のデータ更新が求められる。それに応じて、3次元空間情報基盤システムに対する性能要求も高度化していく。



5-7 空間ボクセルデータ項目：(3)地下埋設物管理

地下埋設物に関しては静的データとして管理され、月～年単位で定期的に更新される。地下埋設工事が行われた際に、建設機械で取得された掘削後の地面形状等が準動的データとして管理される。

	データ項目		
	協調	競争	更新頻度
動	-	-	-
準動	<ul style="list-style-type: none"> 掘削後地面形状 	<ul style="list-style-type: none"> 工事情報 	<ul style="list-style-type: none"> 日
静	<ul style="list-style-type: none"> 地下埋設物位置 占用事業者名 	<ul style="list-style-type: none"> 設備情報 埋設深度 	<ul style="list-style-type: none"> 月～年

機能要求			
アクセス	登録・紐付・統合	保持	通信・検索
<ul style="list-style-type: none"> 協調領域データは埋設物管理事業に関係するものに、認証・開示範囲を制限 競争領域データは、道路管理者及び自社設備の情報のみ利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 地下埋設物位置は空間の占有/非占有に変換して空間ボクセルに紐づけ 掘削後地面形状は、建設機械管理システムから、地面点群情報を空間ボクセルに紐付け 	<ul style="list-style-type: none"> 協調領域及び競争領域データについては情報提供者自らが登録 	<ul style="list-style-type: none"> 情報利用者からの検索(REST API等)

今後の検討事項

・今後災害対策における設備復旧利用を想定した場合、動的情報として気象・災害情報（土砂崩れ・浸水・津波エリア情報）を協調領域として空間ボクセルに紐づける必要がある。

・地下埋設物情報及び掘削後地面形状を共有するための情報検索用I/Fライブラリの仕様を検討

5-8 空間情報の検索方法

空間情報の検索条件となる項目の洗い出しを行い、実証を通じて実際に発生する検索パターンの特定を行う。今後、共通ライブラリの整備や検索方法の整理を進めていく。

検索条件例

大分類	中分類	検索条件
形状情報	2次元形状	ポイント、ライン、ポリゴン
	3次元形状	ポイント、ライン、ポリゴン
ID	空間ID	空間ID、空間ID配列
	地物ID	(ユースケース毎に設定)
オプション	レベル	レベル番号
	バッファ	バッファタイプ、バッファサイズ
意味情報	属性	(ユースケース毎に設定)
	時間軸	時間、世代、バージョン等
	住所	地名、郵便番号、...
...



検索結果例

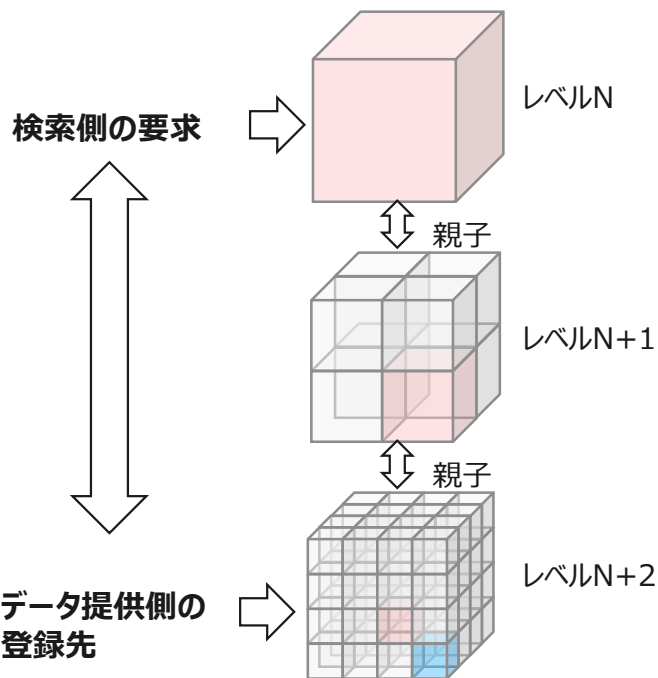
分類	検索結果
基本情報	結果コード (正常、異常)
	レベル番号
粒度情報	空間ボクセル粒度
ID	空間ID、空間ID配列
	地物ID
属性	属性有無
	属性値
リンク	詳細データリンク先
	他ドメインリンク先
...	...

5-8補足：提供データの粒度と検索者の要求粒度が異なる場合の取り扱い方式

論点：データ提供側と検索者の要求粒度が異なる場合、下記の考え方が存在する。

- ①空間ボクセルの親子関係を考慮した検索結果を返却する
- ②検索者はデータ提供側の粒度を意識して検索を行う

課題認識



検討状況

対応案	メリット	デメリット
①空間ボクセルの親子関係を考慮した検索結果を返却する	・データ提供側/検索側のレベルを意識せず利用できる	・検索側の要求の粒度が低い場合、粒度の高い結果が混在する可能性がある
②検索者はデータ提供側の粒度（レベル）を意識して検索を行う	・データ提供側が意図した利用用途で利用される	・検索時の粒度ミスマッチによる利用機会損失

検討の方向性

- ・検索時に親子関係をたどったデータの存在確認や属性の継承を行うユースケースの検討を行う
- ・今後の実証を通じ、異なる粒度の空間ボクセルの利用シーンを明らかにし、課題の抽出と対応策の検討を実施する

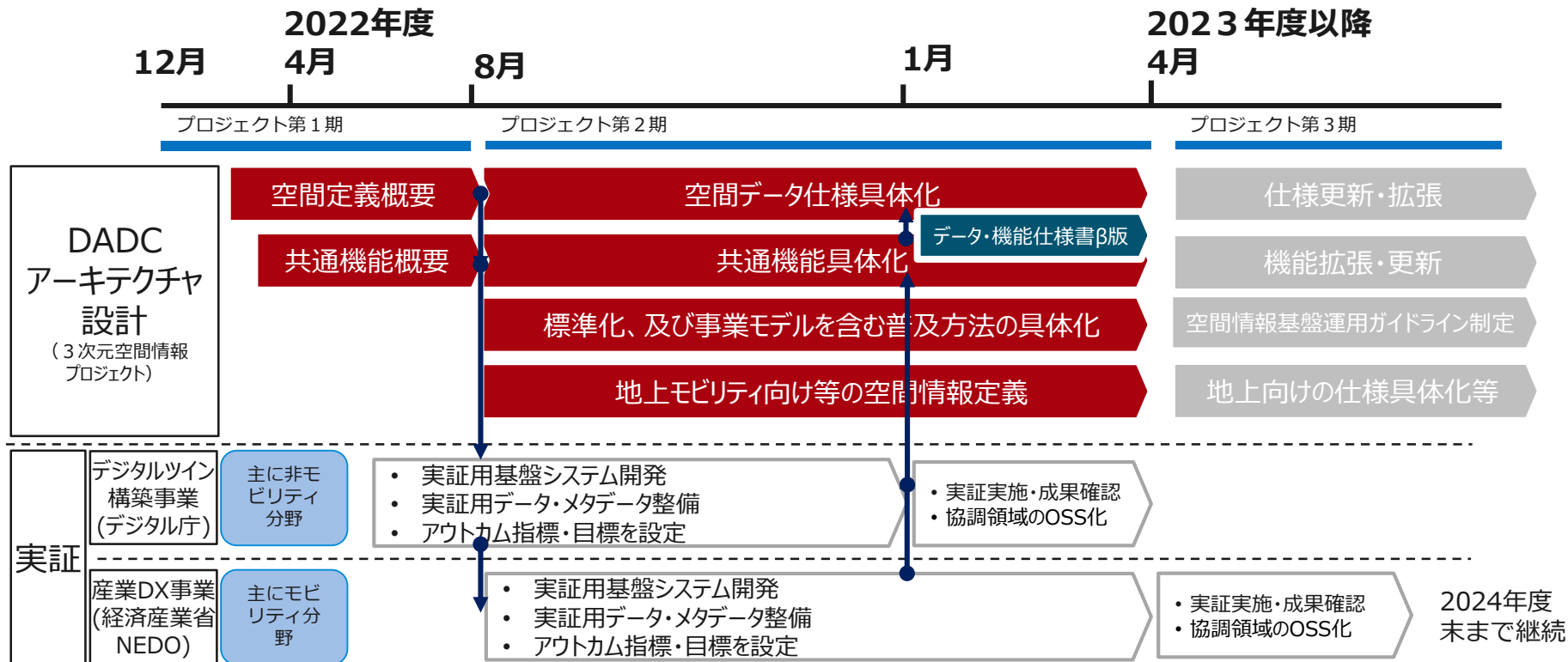
6 今後の検討事項

6-1 本プロジェクトにおける今後の取組

6-2 プロジェクト第2期の検討事項（予定）

6-1 本プロジェクトにおける今後の取組

プロジェクト第1期の成果をもとに、プロジェクト第2期では実証事業者と協力して空間データ仕様等の具体化や空間情報基盤の運用方法、普及策の検討を進める。また、地上モビリティや海上用途の検討を行う。

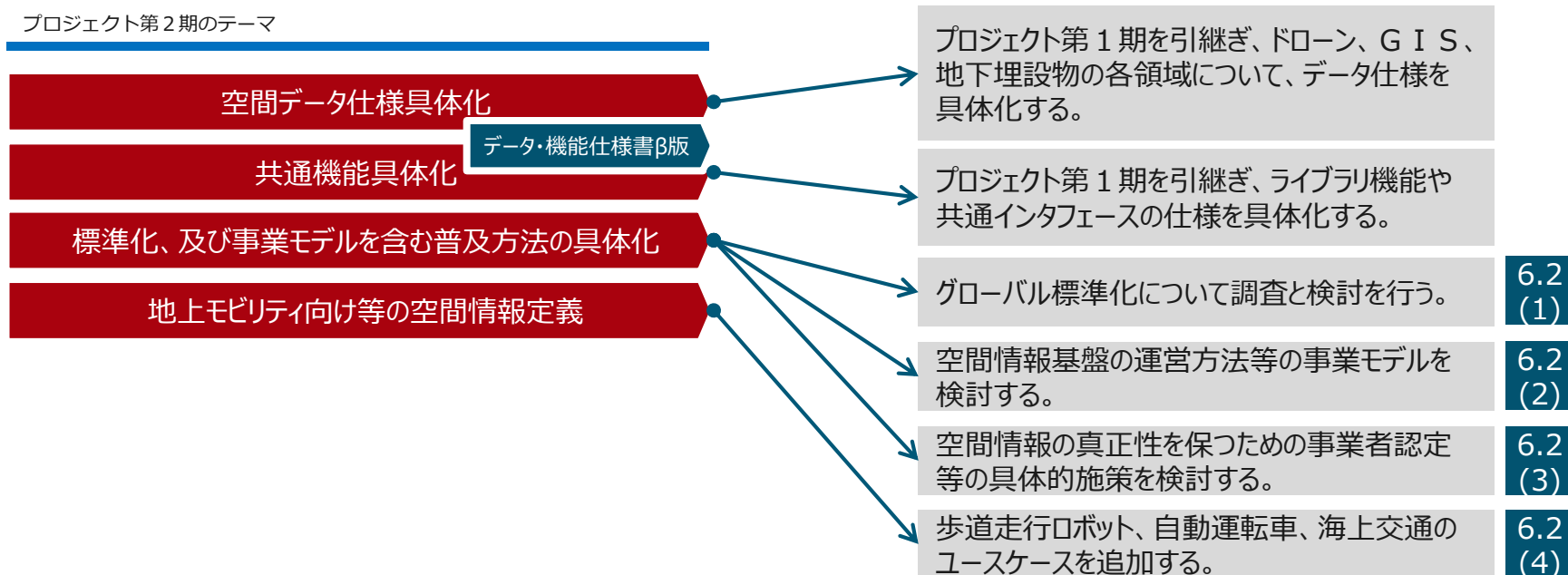


6-2 プロジェクト第2期の検討事項（予定）

プロジェクト第2期では、第1期の検討を具体化し、データ・機能仕様書として取り纏める。また、標準化施策や空間情報基盤の運用についても検討する。更に地上モビリティを中心にユースケースを追加していく。

プロジェクト第2期の検討事項（予定）

プロジェクト第2期のテーマ



6-2(1)空間IDの普及・社会実装に向けた標準化の進め方①

- 空間IDの標準化戦略において、国内外でのデジュールスタンダードの獲得と並行して、よりスピード感のある、デファクトスタンダードを確保することが重要。
- そのため、まずはデファクトスタンダードの実現に向け、ステークホルダーを巻き込んだ実証実験を進めつつ、並行して国内外のサービスや標準化の動向やユースケース等を見据え、諸外国に対して積極的に情報発信を行う。その上で、デジュールスタンダードの確実な獲得を目指す。

デファクトスタンダード

市場での普及を通じての事実上の標準

ステークホルダーを巻き込んだデファクトスタンダード化

- 1) 規格検討段階からの関係企業・団体や省庁との共同検討
- 2) 実証・研究開発段階からのユースケースを想定した開発
例) 自律移動するモビリティの運行管理支援
GIS における3次元地理空間情報の重畳の簡易化
地下埋設物の照会や建設機械の掘削支援 等

デジュールスタンダード

公的な標準化組織が開発する標準規格

国内外のサービスや標準化の動向把握及びデジュールスタンダードの獲得

- 1) 国内外のサービスや標準化の動向把握、実証結果を踏まえたユースケースの整理、情報発信及び諸外国との仲間作り
- 2) ISO、国連Open GIS イニシアティブ、OGC等に対する提案

6-2(1)空間IDの普及・社会実装に向けた標準化の進め方②

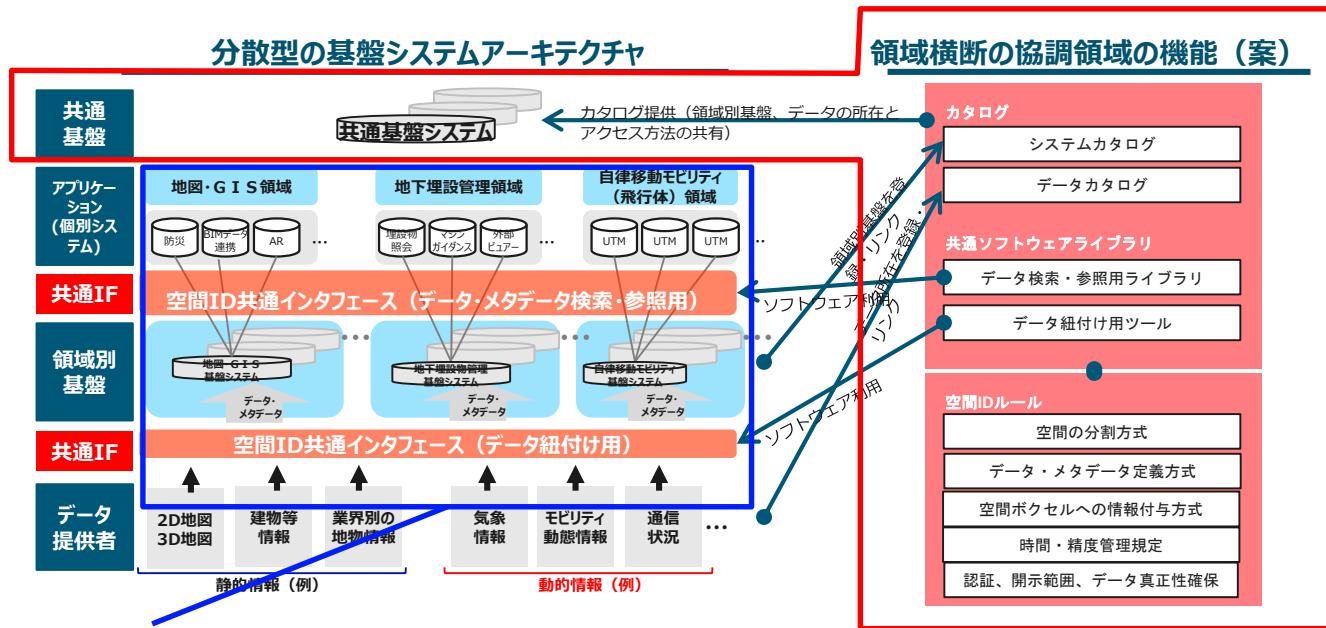
将来ビジョン検討会における議論内容を踏まえて検討のアプローチや具体案を検討中。

第4回 自律移動ロボット将来ビジョン検討会 指摘事項（要旨）

- 今後は**標準化戦略**、**海外へのインフラ輸出**等も含めた先を見据えた展開が不可欠である。
- **デファクト**での世界展開を推進するか、**デジュール**に持ち込むかはDADCが戦略的に進めるべき。**標準化小国/日本が勝つためにはデジュールが必要ではないか。**
- デジュールスタンダードを目指すにしても、**関係者の巻き込み（デファクト）**が重要である。
- 標準化は**ミニマルなガイダンス**であるべきだが、安全性を担保するためには、**ローカルの状況に則した適切なルール作りが必要ではないか。**
- 海外展開を見据えると「**Why Japan ?**」という問いにも**対応できる強みが必要**ではないか。
- **高度な人材育成**に繋がる**コミュニティ形成**や**標準化**への取組が不可欠。標準化された空間IDを含む**パッケージソリューションの海外展開**が必要ではないか。
- **日本ならでは**の方向性、**認証機関**の設立等が必要ではないか。

6-2(2) 空間情報基盤の事業モデル検討

プロジェクト第2期では協調領域の運営方法を中心に検討する。また領域別基盤の運営主体やマネタイズの方法を検討していく。

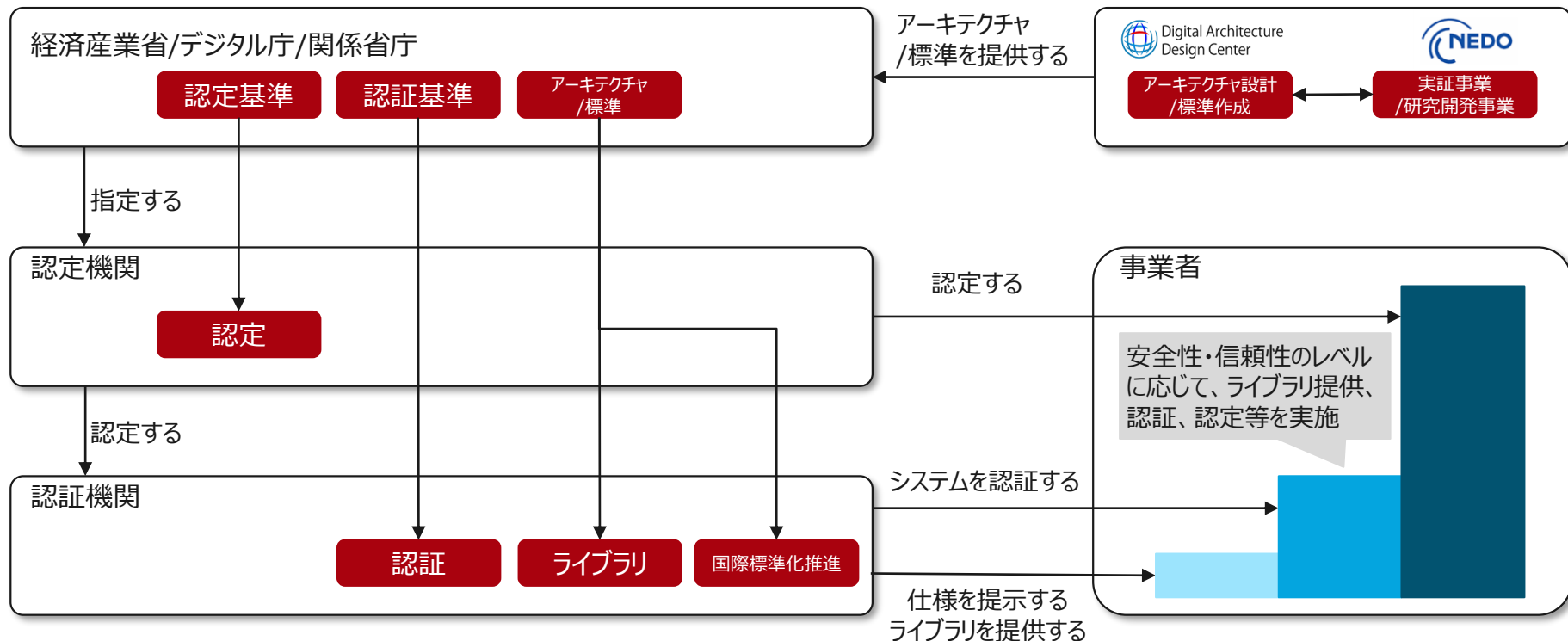


基盤運営主体やマネタイズ方法を検討

恒常的な運用していく仕組み (ソフトウェアの更新・追加含む) や知財取扱等を検討

6-2(3) 空間情報基盤利用者の認定・認証、及びデータ真正性の確保

空間情報を活用したレベル4 自律移動モビリティ用途では、誤ったデータの登録や改竄が事故のリスクに直結し得るため、データ登録者の認定等、データ真正性を確保するための施策を検討する。



6-2(4) 今後検討していく予定のユースケース

プロジェクト第1期のユースケースに加え、地上モビリティ及び海上交通をユースケースに取り組む予定。

<プロジェクト第2期より空間情報の検討を開始予定のユースケース>

1. 歩道走行ロボット向け

- ・「車いすサイズの配送ロボット」が屋外でレベル4歩道走行を行うために必要となる空間情報の整理
- ・配送ロボットが屋内と屋外を往来するための、屋内空間との情報連携方法を主たるテーマとしたアーキテクチャの検討。

2. 自動運転車（レベル4）向け

- ・自動運転車の安全で効率的な利用を促進するための空間情報の需要調査
- ・需要調査をもとに、協調型システムのアーキテクチャ検討及び空間IDのユースケース検討。

3. 海上交通向け

- ・海上向け空間情報の需要及び市場規模の調査



APPENDIX

APPENDIX : 3次元空間情報基盤の協調領域における検討項目①

3次元空間情報基盤の協調領域として、以下の項目について本プロジェクトでアーキテクチャの具体化を進めている。(プロジェクト第2期で継続検討)

空間IDルール

A1 空間の分割(3次元グリッド)方式

- A1.1 空間の水平方向の分割方式
- A1.2 空間の鉛直方向の分割方式
- A1.3 空間IDと座標(経度・緯度・高度)の紐付け方式

A2 データ・メタデータ定義方式

- A2.1 ソースデータ定義
(空間情報基盤でサポートするソースデータの種類と形式、および精度)
- A2.2 メタデータのデータモデル定義

A3 空間ボクセルへの情報付与方式

- A3.1 空間ボクセル属性のデータモデル定義

A4 時間・精度管理規定

- A4.1 時間概念の管理方法および空間ボクセルにおける表現方法
- A4.2 データの有効期限および更新に関する規定

A5 認証・開示範囲・データ真正性確保

- A5.1 利用者の登録および認証方式
- A5.2 データ開示範囲の設定基準
- A5.3 データ提供者(事業者・システム)の認定基準・認定方法

3次元空間情報基盤(機能)

B1 共通基盤システムが提供する機能

- B1.1 領域別基盤システムおよびデータ提供者の所在を登録・参照・更新・削除する機能(カタログ作成)
- B1.2 空間IDから該当する領域別基盤システムおよびデータ提供者の所在を検索する機能(カタログ検索)
- B1.3 空間情報のうち共通空間情報の登録・参照・更新・削除する機能(仮:必要性について検証要)

B2 領域別基盤システムが提供する機能

- B2.1 ニーズに応じて空間情報を加工・統合し、検索・参照する機能
- B2.2 領域別基盤システム・空間情報の安全性・信頼性を確保する機能

B3 空間ID共通インタフェース(データ・メタデータ検索・参照用)が提供する機能

- B3.1 アプリケーション・基盤間共通I/F(検索・参照用I/F)が提供する機能
- B3.2 領域別拡張インタフェース(データ・メタデータ検索・参照用)

B.4 空間ID共通インタフェース(データ紐付け用)が提供する機能

- B4.1 共通インタフェース(データ紐付け用)
- B4.2 領域別拡張インタフェース(データ紐付け用)

B5 データ提供者が保持可能な機能

(今後整理)

APPENDIX : 3次元空間情報基盤の協調領域における検討項目②

3次元空間情報基盤の協調領域として、以下の項目について本プロジェクトでアーキテクチャの具体化を進めている。(プロジェクト第2期で継続検討)

3次元空間情報基盤 (データ)

C1 共通基盤システムが収容するデータ

- C1.1 領域基盤システム・空間情報の所在情報 (カタログ)
 - C1.2 領域横断で保有すべきデータ・メタデータ (仮: B1.3の要否次第)
-

C2 領域別基盤システムが収容するデータ

- C2.1 データ (領域別システム内)
 - C2.2 メタデータ (領域別システム内)
-

C3 データ提供者が保持するデータ

- C3.1 静的なデータ
- C3.2 動的なデータ



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry



Digital Architecture
Design Center