

4次元時空間情報基盤 アーキテクチャガイドライン (γ 版)

経済産業省

国土交通省

国土地理院

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

独立行政法人 情報処理推進機構

2024年（令和6年）2月29日

改定履歴

改定年月日	改定箇所	改定内容
2023年04月28日	-	β 初版発行
2024年02月29日		γ 版発行 ・主な修正点 ・3.2.2 命名規則を修正 ・3.3.1 ドローン領域の API を修正 ・3.3.2 地下埋設物領域の空間 ID 紐付けを追記 ・3.3.4 自動車領域を新規追加

目次

内容

1.	4次元時空間情報基盤構築の取組の背景及び目的	4
1.1.	ビジョン	4
1.1.1.	デジタル化の必要性と社会的・技術的な課題	4
1.1.2.	デジタルの活用による課題解決のアプローチ	4
1.1.3.	サイバーとフィジカルを融合するテクノロジーによる課題解決の実現	5
1.1.4.	設計方針	7
1.2.	本ガイドラインの目的と構成	8
1.3.	空間 ID の概要	11
1.4.	空間 ID の意義と活用可能性	11
1.5.	用語の定義	13
2.	空間定義	14
2.1.	空間ボクセル	14
2.1.1.	空間ボクセルの概念	14
2.1.2.	空間ボクセルによる空間分割方式の基本要素	14
2.1.3.	空間ボクセルのズームレベルとサイズ	18
2.2.	空間 ID	21
2.2.1.	空間 ID の形式	21
2.2.2.	空間 ID の各インデックスの算出方法	21
2.2.3.	高さ情報を持たないデータに対応した空間 ID の形式	22
2.3.	属性情報	23
2.3.1.	空間ボクセルへの属性付与の基本的な考え方	23
2.3.2.	時間情報の扱い	24
2.3.3.	空間ボクセルの利用例	26
3.	技術仕様	28
3.1.	4次元時空間情報基盤の概要	28
3.2.	空間情報システム（共通仕様）	30
3.2.1.	空間情報システムの基本構造	30
3.2.2.	API の概要及び命名規則	31
3.2.3.	共通ライブラリ	36
3.2.4.	インポート機能	39
3.3.	空間情報システム（領域別仕様）	45
3.3.1.	ドローン領域	45
3.3.2.	地下埋設物領域	54
3.3.3.	地図・GIS領域	61
3.3.4.	自動車領域	66
3.4.	カタログシステム	68
3.4.1.	カタログシステムの目的	68
3.4.2.	カタログシステムの概要	68
3.4.3.	カタログシステムの機能	71
3.4.4.	カタログシステムに格納するデータ及びカタログシステム運用	71
3.5.	認証基盤	71
3.5.1.	認証基盤の概要	71
4.	4次元時空間情報基盤の運用	72

4.1.	リポジトリの運用方針.....	72
4.2.	カタログシステム及び認証基盤の運用方針.....	72
5.	ユースケース実証.....	73
5.1.	ユースケース概観.....	73
5.2.	ユースケース実証事例.....	77
5.3.	技術面で解決すべき課題.....	77
5.4.	ビジネス面で解決すべき課題.....	83
6.	今後の展望.....	84
6.1.	ロードマップ.....	84
6.2.	社会実装に向けたサービスを運営する体制の構築.....	84
6.3.	普及及び標準化に向けた取組.....	85

1. 4次元時空間情報基盤構築の取組の背景及び目的

1.1. ビジョン

1.1.1. デジタル化の必要性と社会的・技術的な課題

人手不足に伴う人流クライシス・物流クライシスや激甚化する災害への対応は「待ったなし」の状態にある。人口減少が進む中で、将来にわたって安心して暮らし続けられる生活を下支えするためには、現実世界のデジタル化による人手に頼らないサービスの導入、具体的には、ドローンを用いた生活必需品の配送や、自動運転車によるデマンド交通サービス、AI を活用したロボットの遠隔操作などの導入により、距離と時間の制約を大幅に低減し、平時・有事を問わず人々の暮らしや仕事を支える持続可能な社会基盤を整備する必要がある。

上述の観点から、国、自治体、民間企業において、現実世界をデジタル化する取組は進んでいる。しかし、デジタル化を行う主体は、それぞれの目的に特化して現実世界を表すデータ（以下、「空間属性情報」という。）を整備するため、依拠する基準やフォーマットは多岐にわたってしまっている。デジタルに関するテクノロジーの進展は目まぐるしく、社会課題の解決や産業発展に繋がる期待が大きくなっているが、そのためには、AI を典型とするデジタル技術、特に、自動運転車やドローンが現実世界をデータとして理解できるようにする必要があり、空間属性情報の基準やフォーマットが異なる状態では、人手を介さなければデータを横断した活用ができず、その普及は十分には進まないおそれがある。

具体的な課題としては、空間の分割方式について、高さの基準では標高や楕円体高等の異なる基準が存在する。また、水平方向の基準でも XYZ タイルや Geohash 等の異なる基準に基づく方式が存在する。こうした異なる基準・フォーマットに基づく空間属性情報を検索・統合して利用するには人手による作業（人間が意味内容を解釈して対応関係を判断する作業）が発生するため、その利活用に関する自動化が進みにくいという課題がある。また、2次元のWEB地図では、多種多様な情報をすぐに把握したい、ストレスなくスマートフォンで動作する地図を利用したいといった、地図に関する利用者のニーズを優先させている。この結果、極域の地域を対象にはできないものの、あらかじめタイル状に分割したデータを配信する方式がデファクトスタンダードとなっており、この方式を前提とした空間属性情報が流通している。しかし、高さ方向や時間を含む空間属性情報までは扱えないという課題が残存している。

これらの課題に対処するため、水平方向に限らず、高さ方向や時間も含めて、空間属性情報の流通を効率化・活性化するような仕組みが必要になる。

1.1.2. デジタルの活用による課題解決のアプローチ

各企業の個別の取組だけでは社会課題の解決や産業構造の変革は困難である。社会システムの全体最適を実現するためには、将来ビジョンを具体化した上で、それを実現するために必要な社会システムについて、ビジネス、テクノロジー、リーガルなど様々な観点から誰が何を行うべきかを整理したアーキテクチャを描き、それを踏まえて、政府や各企業がそれぞれなすべき取組を実施することが成功の鍵となる。この実現に際しては、企業や業界を横断してデータを共有して、AI も活用しながら人々が知恵を出して新しい価値を生み出すためのプラットフォームの実現が前提となる。加えて、その利用を促すインセンティブ設計を含めたデジタルエコシステム全体をデザインして社会に実装する必要がある。

他方で、一部のプラットフォーム事業者がスマートフォンからクラウド環境に至るまで「道具」や「場」を提供することにより、多くの利益を寡占する業況は回避すべきである。しかし、現実には、多くの企業によるビジネス展開では、こうしたプラットフォーム事業者が提供する「道具」や「場」の利用により手数料等を支払っている状況にある。自

自動運転車やドローン、AI 等のサイバーとフィジカルが高度に融合する新しいテクノロジーが社会に普及するタイミングにおいて、健全な市場競争を促すためには、その基盤となる協調領域は公益デジタルプラットフォームとして構築されていることが望ましい。ここで、公益デジタルプラットフォームは、運用者の異なる情報処理システムであっても連携が可能となるシステムを実現し、その運用と技術の仕様及びプログラムをオープンにしながら、データ連携の仕組みをサービスとして提供するものである。また、エンドユーザーや事業運営者、開発者が抱える課題や解決策を不断に捉え、その解決策を追求し、追加・更新を継続的に実施することが求められる。4 次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン（以下、「本ガイドライン」という。）は、運用・技術の仕様を指針として纏めて、国として社会に提供するものである。この仕様を実現するためのプログラムのうち、共通して必要になるものについては、別途、国において公表して社会に提供する。また、これらを用いてデータ連携を可能とするシステムによりサービスとして提供されるデジタルプラットフォームについては、事業者の限定を想定していない。従って、様々な企業がこれらの「道具」や「場」を活用し、切磋琢磨しながらイノベーションを創出することが望ましいが、デジタルプラットフォームに対して、特に、安全性・信頼性や相互運用性、事業安定性が求められる場合に限っては、企業が安心して利用することができるよう、公益デジタルプラットフォーム認定制度（仮称）を通じて、国の認定のもとで、産業界が協調してサービスを提供することを想定している。

こうした公益デジタルプラットフォームの整備により、ドローンや自動運転車、AI 等の最大限に活用できる地域を全国に広げていくことで、新たなデジタル産業の興隆を促し、国内投資・イノベーションを加速することで、所得拡大の好循環にも繋がると期待できる。

1.1.3. サイバーとフィジカルを融合するテクノロジーによる課題解決の実現



図 1-1 サイバーとフィジカルを融合するテクノロジーの革新イメージ

自動運転車やドローンが、空、地上、地下、屋内、海といったあらゆる空間を、安全性を保ちながら大量・高頻度・高密度に効率的に行き交うことができるようにするためには、空間情報や事故情報等をサイバー空間で動的かつ詳細に捉えて、自動的にリスク評価や経済性評価を行い、経路を定めて運行することが重要になる。

これらを実現するために、モビリティやAI が連携するための基礎として、現実世界（フィジカル空間）を仮想空間（サイバー空間）に転写するデジタルツインを構築する。デジタルツイン上のデータをAI で分析することで、全体最適な解を得て、それを現実世界のモ

ビリティや人にフィードバックして、人流・物流を最適化するデータ駆動型の仕組みを実現する。その際には、静的、準静的、準動的、動的な様々な空間情報を集約して提供する仕組みや、それを支える、自律・分散型のコンピューティングの仕組みも必要になる。また、こうしたデジタルツインを構築するためには、組織・ヒト・モノ・システム・空間を一意に識別して、それらに紐づくデータを流通させる仕組みが必要となる。

しかし、モビリティを手動で制御して運転することが前提となっている現在の社会においては、二次元方向をベースに情報が整備されており、人間にとっては可読性・解釈性が高いものの、ドローンや自動運転車、AI による利用には必ずしも適していない。また、ドローンや自動運転車、AI が自律的かつ全体最適に運行・調査・作業するためには、建物や気象、電波、モビリティ、荷物等の多種多様な地物・モノ・事象（以下、「地物等」という。）に関する空間情報をデジタル情報として把握し、サイバー空間上で最適化した上で、物理世界にフィードバックする仕組みが必要である。しかし、空間情報は、異なる仕様・規格で様々な主体によって分散的に整備・管理されている。また、特定の目的に特化して整備されている場合も多く、識別可能なメタ情報が付与されていないことで、一元的な検索や収集・重畳が困難となっている。さらには、空間を水平・鉛直方向で一意に定義する共通規格が存在しておらず、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を整備することが喫緊の課題である。

以上の技術的な課題をまとめると、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ことにより、データ連携のコストが増大し、データ提供者とアプリ開発者やユーザーが業界・地域横断で繋がることを阻害している、ということである。このため、ドローンや自動運転車といった自律移動ロボットが自律的に移動する社会に変革するためには、自律移動ロボットや運行管理システム、人流・物流に関する業務システムが現実世界を空間的・時間的・意味的に広くデジタルの形で効率的かつ高品質に認識して判断・行動できる仕組みを整備していかなければならない。具体的には、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検索・統合し、軽量に高速処理できる仕組みが求められる。そこで、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4次元時空間 ID（点ではなく粗い区切りの箱状のグリッドで定義。以下、「空間 ID」という。）を検索キー（インデックス）として導入し、様々な粒度・精度・鮮度の空間情報（時間情報含む）を高速に処理するための技術開発・標準化を行う。

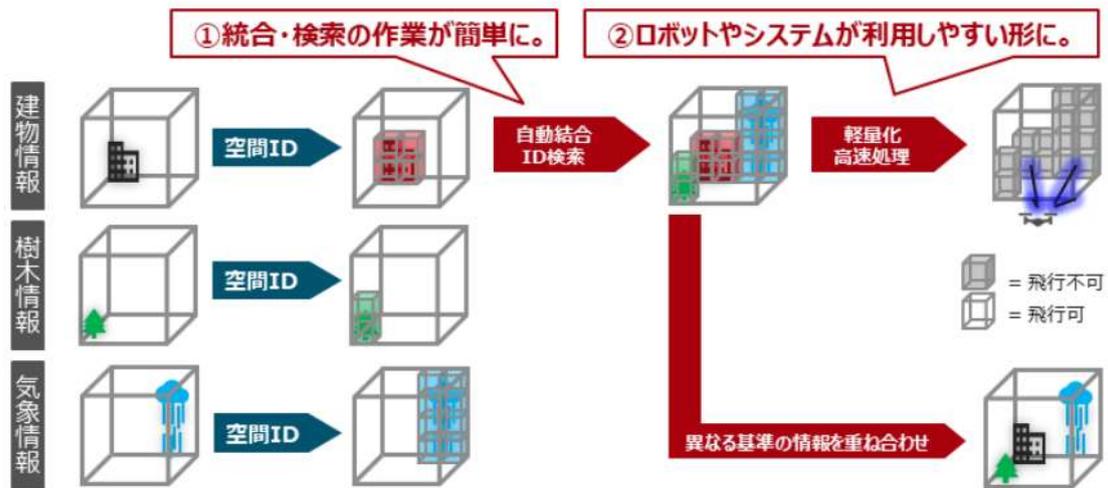


図 1-2 空間情報を簡易に検索・統合し、軽量に高速処理できる仕組み

1.1.4. 設計方針

運用者が異なるシステムで管理されている大量の仕様・規格の異なるモビリティや地物等に関する 4 次元時空間の情報流通を活性化するため、空間 ID 及び 4 次元時空間情報基盤を設計する方向性を以下のとおり定める。

- (1) 相互運用性を確保できるように、相互参照用の識別子とデータモデル、標準インターフェースを策定し、エコシステムの構成員による利用を統制できるようにする。
- (2) 共通の識別子として、以下に留意しながら、空間 ID 及び付随するデータモデルを設計する。
 - ・用途に応じて空間の粒度・精度、時間の粒度・精度、付随する情報の意味項目を変更できるようにする。
 - ・データを軽量に処理できるように機械可読性の高い識別子及びデータモデルにする。
- (3) 空間 ID を検索キーとすることで時空間情報の検索や統合、計算、更新を高速かつ自動的に行うことができるよう、以下に留意しながら、4 次元時空間情報基盤を設計する。
 - ・分散して存在するデータを検索して統合的に扱えるようにする。
 - ・大量のデータを流通できるようにする。
 - ・過去、現在、未来のデータを扱えるようにする。
 - ・データの鮮度を高めるために、4 次元時空間情報基盤を介してデータの更新を容易に行えるようにする。
 - ・データの収集から提供まで、データの提供者や連携者、活用者が行う処理を自動化・デジタル完結できるようにする。
 - ・4 次元時空間情報を活用するユースケースのニーズに応じて全体最適化に必要なデータを扱えるように、機能追加やデータ流通量増加、データ種類増加の拡張性を確保できるようにする。
- (4) データのトラストや主権を確保できるよう 4 次元時空間情報基盤を設計する。
 - ・4 次元時空間情報を活用するユースケースのニーズに応じて、組織やヒト、モ

ノ、空間、システムについて、なりすまし防止、改ざん防止、属性情報の証明の観点から認証を行う。

- ・データ提供者が自らのデータについて、データ提供先毎・データ項目毎にアクセス権を付与する条件を設定できるようにする。
- ・データ提供者が自らのデータを保存する電子計算機を自由に設定できるようにする。

(5) 幅広い開発者が容易にシステムを開発することができるように、設計に当たっては既存のデファクトの技術仕様を活用するとともに、設計した技術仕様を公表し、共通ソフトウェアをOSSとして提供する。

(6) データ提供者やデータ活用者が拡大するようインセンティブ・エンフォースメントを設定するとともに、ユーザーエクスペリエンスや導入容易性の向上を図る。

1.2. 本ガイドラインの目的と構成

(1) 目的

本ガイドラインは、空間 ID 及び 4 次元時空間情報基盤について、事業運営者から開発者まで幅広い読者に対して、ユースケースを例示しながら、運用・技術仕様を指針として示すものである。これにより、空間 ID 及び 4 次元時空間情報基盤を活用して、4 次元時空間情報を利用したユースケースが社会に普及することを目的とする。

空間 ID 及び 4 次元時空間情報基盤に関する設計・開発・実証は実施中であるが、本ガイドラインでは、その途中成果を総括するとともに、これから解決していく課題や今後の展望を併せて示す。今後、本ガイドラインは継続的に更新していく。

(2) 推進体制

本ガイドラインの策定にあたっては、独立行政法人情報処理推進機構の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。）を中心に官民で連携して取組を進めてきた。具体的には、経済産業省がデータ流通その他全般の観点から、国土交通省が 3D 都市モデルの活用・普及の観点から、国土地理院が空間 ID の定義の観点から、DADC はアーキテクチャ設計の観点から、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）には開発・実証の観点から、その取組を推進してきた。

(3) 構成

本ガイドラインは、背景・目的（1 章）、空間定義（2 章）、4 次元時空間情報基盤の技術仕様（3 章）と運用（4 章）、ユースケース（5 章）、将来展望（6 章）で構成する。各章・節の概要について表 1-1 に示す。

表 1-1 本ガイドラインの構成

章	節	概要
1. 4次元時空間情報基盤構築の取組の背景と目的	1.1. ビジョン	実現したい社会及び仕組み、並びにその仕組みの設計方針を示す。
	1.2. 本ガイドラインの目的と構成	ガイドラインの目的、並びにその構成及び想定読者を示す。
	1.3. 空間 ID の概要	空間 ID の概要を示す。詳細な定義については2章で示す。
	1.4. 空間 ID の意義と活用可能性	空間 ID の特性及び利用する意義を示したうえで、その活用可能性を示す。
	1.5. 用語の定義	本ガイドラインで用いる用語の定義を示す。
2. 空間定義	2.1. 空間ボクセル	空間ボクセルの概念及び空間分割方式を示す。
	2.2. 空間 ID	空間ボクセルに付与する ID の形式及び算出方法を示す。
	2.3. 属性情報	空間ボクセルへの属性付与の基本的な考え方を示す。
3. 技術仕様	3.1.4 4次元時空間情報基盤の概要	4次元時空間情報基盤の全体像及び各構成要素の概要を示す。
	3.2. 空間情報システム(共通仕様)	空間情報システムの基本構造、共通ライブラリ、API、インポート機能等の共通仕様を示す。
	3.3. 空間情報システム(領域別仕様)	対象の領域別に領域特有の、基盤の概要、API仕様、データ仕様について説明する。
	3.4. カタログシステム	カタログシステムの役割及び機能を示す。
	3.5. 認証基盤	認証システムの役割及び機能を示す。
4. 4次元時空間情報基盤の運用	4.1. リポジトリの運用方針	共通ライブラリ及びインターフェース仕様書の配布、問い合わせ対応及び更新に関する運用方針を示す。
	4.2. カタログ及び認証基盤の運用方針	カタログ及び認証基盤に関する運用方針を示す。
5. ユースケース実証	5.1. ユースケース概要	ユースケースを一覧表の形式で示す。
	5.2. ユースケース事例	開発・実証に取り組む各ユースケースの内容を示す。
	5.3. 事例まとめ(技術視点)	技術的な観点から開発・実証を踏まえた現状の課題を示す。
	5.4. 事例まとめ(ビジネス視点)	ビジネス的な観点から開発・実証を踏まえた現状の課題を示す。

6. 将来展望	6.1. ロードマップ	社会実装までのロードマップを示す。
	6.2. 社会実装に向けたサービスを運営する体制の構築	ロードマップに記載の取組のうち、社会実装する際の運営体制の構築について、その考え方を示す。
	6.3. 普及に向けた取組	ロードマップに記載の取組のうち、空間 ID 及び 4 次元時空間情報基盤の普及に向けた取組について、その考え方を示す。

(4) 想定読者

本ガイドラインの主たる読者は、空間属性情報を活用した事業を運営するデータ活用事業運営者、データ活用事業運営者が用いるアプリを開発するアプリ開発者、4 次元時空間情報基盤の基盤運営者・開発者、空間属性情報を提供するデータ提供者、これらのデータを収集・提供・受信する機器を提供する周辺機器事業者の 5 者を想定している。表 1-2 に各章・節の想定している読者を示す。

表 1-2 想定読者

章	想定読者				
	データ活用事業運営者	アプリ開発者	基盤運営者・開発	データ提供者	周辺機器事業者
1. 4 次元時空間情報基盤構築の背景と目的	◎	◎	◎	◎	◎
2. 空間定義	◎	◎	◎	◎	◎
3. 技術仕様	-	◎	◎	○	○
4. 4 次元時空間情報基盤の運用	-	○	◎	-	-
5. ユースケース実証	◎	◎	◎	◎	◎
6. 今後の展望	◎	◎	◎	◎	◎

凡例

- ・◎：当該節の内容を直接的に扱う可能性が高い読者。
- ・○：当該節の内容を直接的に扱うことは必ずしもないが、関連情報の記載があるため、参照することが望ましい読者。

1.3. 空間 ID の概要

空間情報を有効に活用し、その利用を拡大するためには、相互運用性を高めて、情報を効率的に流通させる必要がある。そのためには、データの形態に縛られずに空間属性情報を流通させるための統一的な枠組が必要となる。

地球上の特定の空間領域を一意に識別するための識別子が空間 ID である。空間領域の単位は、3 次元空間を直方格子状に分割した直方体（以下、「空間ボクセル」という。）とする。空間ボクセルを再帰的に分割することにより、地球規模から数十センチメートル規模に至るまでの様々なサイズの空間ボクセルを定義できる。個々の空間ボクセルには、グローバルに一意の識別子である空間 ID を割り当てる。

各空間ボクセル内に存在する地物等の情報を空間 ID と紐付けて、空間 ID をインデックスとして用いることで、各情報を配信する際の空間的な単位を空間ボクセルとすることにより、統一された基準による情報流通が可能となり、各情報の検索や統合が容易になる。また、各情報を空間 ID 単位で抽象化することで空間の概況を把握することもできる。

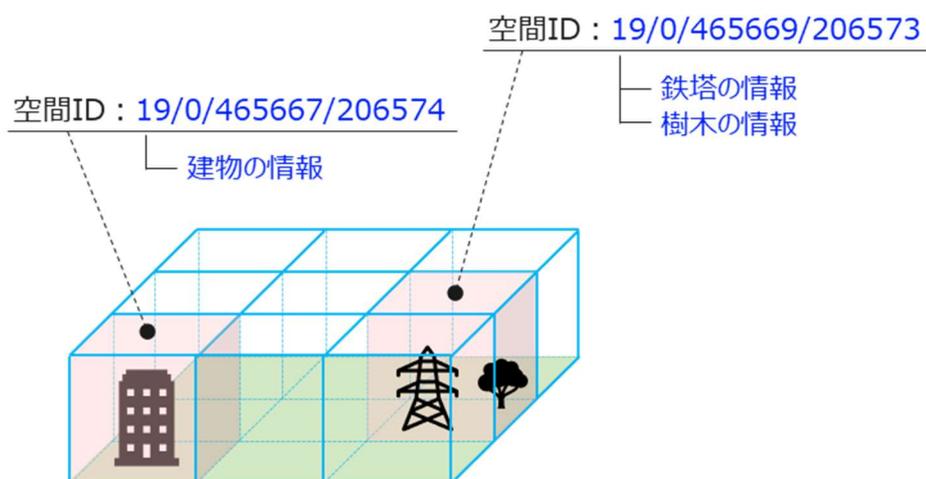


図 1-3 空間 ID のイメージ

1.4. 空間 ID の意義と活用可能性

(1) 空間 ID の意義

空間 ID は、4 次元時空間を扱う、ID 採番ルールを共通化する、計算により ID を算出できる、階層性を持つといった特性を持つ。また、空間 ID を利用することで、相互接続性を確保できる、意義は大きく 3 つに分類される。具体的な活用メリットはこれらの特性と意義を元に各ユースケースに応じて具体的に生まれる。下記にそれぞれの項目の説明を示す。具体的なイメージ図含む詳細については 2 章で述べる。

① 空間 ID の特性

- ・ 4 次元時空間の ID 体系

現在、水平方向の2次元での地理空間情報のID管理が主流であるのに対し、空間IDは高さ方向を追加するとともに時間を扱うことで、4次元の時空間のID管理を行う。

- ・ ID採番ルールの共通化
特定の空間領域を一意に識別するID採番ルールについて、参加者が共通して同一のルールを用いる。
- ・ 計算によるID算出
空間IDは、物理的な位置情報から計算により算出できる。
- ・ 階層性を持つID体系
空間IDは、階層性を持ち親子関係が定まっており、用途に応じて粒度を変更することができる。

② 空間ID活用の意義

- ・ 相互接続性の確保
空間IDをインデックスとすることで、異なる基準に基づいた空間属性情報の検索・統合が容易になる。
- ・ 空間情報の柔軟な活用
ユースケースに応じて、空間IDの粒度を変更することや、付随する属性情報を抽象化・選別して機密性を保持するなど、柔軟な活用を行うことができる。
- ・ 軽量の情報処理及び通信負荷
ユースケースに応じて領域の粒度を選択して情報量を制御することで、情報処理量及び通信量を削減できる。これにより大規模な空間属性情報を取り扱うことや、モバイル端末・IoT機器等の小さいマシンパワーの機器での情報処理や通信が容易となる。

(2) 空間IDの活用可能性

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空間IDに多様なデータを紐付けることで、空、地上、地下、屋内、海といった空間で、空間属性情報を活用した既存サービスの高度化や新たなサービスの創出が期待される。例えば、空ではドローンを用いたインフラ設備点検や物資の輸送が、地上では自動運転車の安全な運行が、屋内ではロボットを活用した建設現場支援やARによる屋内ナビゲーションが、地下では地下埋設物の可視化や掘削工事の高度化等のユースケースが創出される。

図1-4に空間IDに紐付けるデータの例及び開発・実証が進められているユースケースを空、地上、地下の利用空間毎に示す。なお、各ユースケースの開発・実証の詳細については本ガイドライン5章に示す。

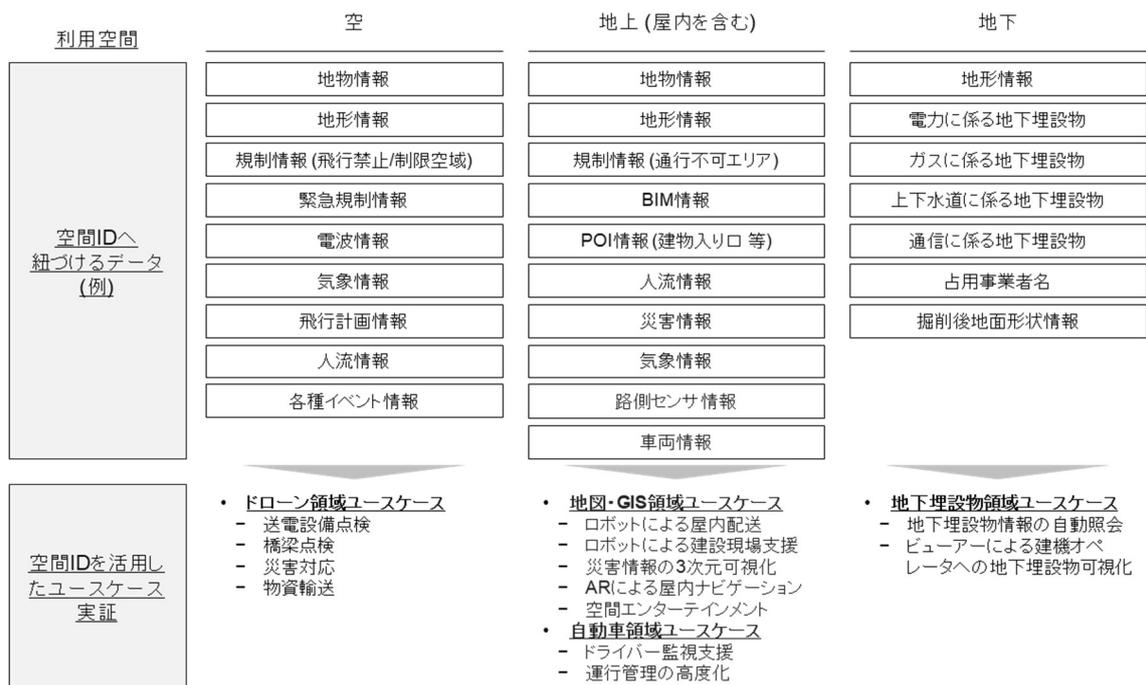


図 1-4 利用空間別に空間 ID に紐付けるデータとユースケース実証

1.5. 用語の定義

本ガイドラインで使用する用語の定義は APPENDIX-1 の用語集に示す。

2. 空間定義

2.1. 空間ボクセル

2.1.1. 空間ボクセルの概念

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を「空間ボクセル」とする。各空間ボクセルには、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「空間 ID」を付与する。

空間ボクセルは以下のような構造を持つ。

- ・ 最上位の階層をズームレベル0とし、ズームレベルが1つ増えるごとに空間ボクセルの8分割を繰り返す階層構造を持つ。
- ・ ズームレベル間で親子関係を持つ。
- ・ 同一ズームレベルにおいて重複する空間ボクセルは存在しない。

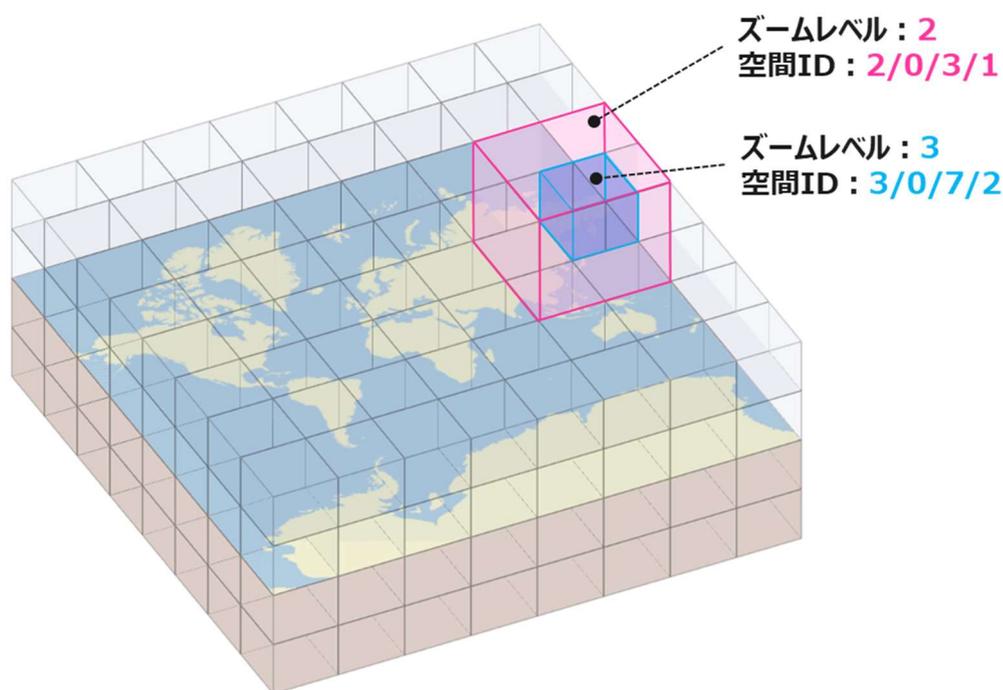


図 2-1 空間ボクセルのイメージ

2.1.2. 空間ボクセルによる空間分割方式の基本要素

空間ボクセルによる空間の分割方式を定義するための基本要素として、以下の 3 つの要素があり、次節以降で各要素の詳細について叙述する。

- (1) 空間ボクセルの高さの基準
- (2) 水平方向の空間分割方式
- (3) 鉛直方向の空間分割方式

空間分割方式の採用にあたっては、一般的に流通している地理空間情報及び関連するサービスとの親和性、ボクセルの形状・サイズの利便性、グローバルでの利用可能性等の点を考慮している。

(1) 空間ボクセルの高さの基準 (2) 水平方向の空間分割方式 (3) 鉛直方向の空間分割方式

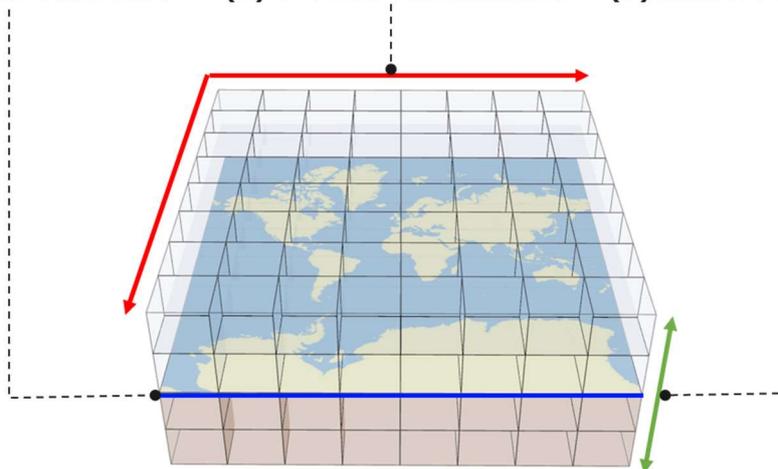


図 2-2 空間分割方式の基本要素

(1) 空間ボクセルの高さの基準

① 空間ボクセルを配置する基準面

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はジオイド（地球の重力による位置エネルギーの等しい面）とし、標高 0m の面を平らな面とした座標空間上に空間ボクセルを配置する。

空間ボクセルの高さの値は標高値に相当し、標高を基準に整備された空間属性情報をそのまま空間ボクセルに紐付けできる。

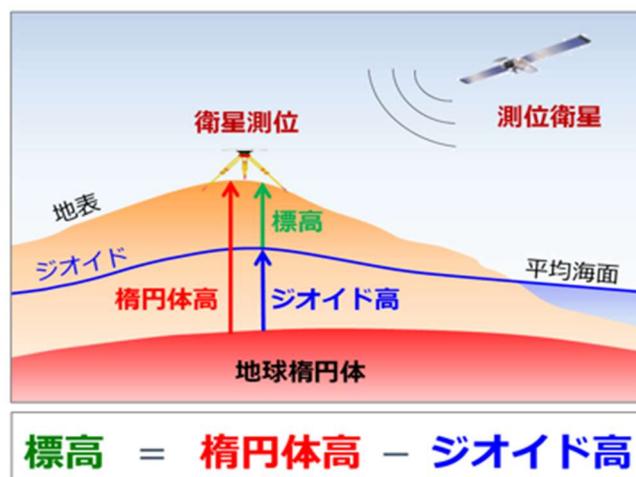


図 2-3 楕円体高、ジオイド高、標高の関係

出典：国土地理院

https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo_geoid.html

② ジオイドモデル

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。ジオイドモデルは国や地域によって使い分けられているため、高さの基準をメタデータとして明示するようにする。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である。

(2) 水平方向の空間分割方式

① 水平方向の分割

水平方向の分割については、Webメルカトル図法（※）を使用して地球を矩形平面で表した領域をもとに行う。

対象とする地球上の領域は以下の範囲である。

経度 (X) : 西経 180 度～東経 180 度

緯度 (Y) : 南緯 85.0511 度～北緯 85.0511 度

上記範囲の領域をズームレベル 0 とし、ズームレベルが 1 つ増えるごとに 4 分割（縦方向に 2 分割、横方向に 2 分割）を繰り返す。この分割方式は、多くの Web 地図サービスで採用されている XYZ タイル (Slippy map tilenames) と同様である。

※Webメルカトル図法は図郭の緯度経度座標の計算のために使用するものであり、4次元時空間情報基盤で利用する地図の投影法は任意である。空間 ID の算出には緯度経度座標を使用する。

② 測地系

水平方向の分割のベースとなる地図の測地系は、世界測地系（日本測地系 2011 (JGD2011) または WGS84) とする。必要に応じて、適用範囲に採用した測地系を空間 ID に紐付けたデータのメタデータとして明示できるようにする。

③ x インデックス、y インデックスの割り当て

分割された各図郭の識別番号として、経度（東西方向）の「x インデックス」と緯度（南北方向）の「y インデックス」を割り当てる。

x インデックスの値

左端の図郭 : $x = 0$ 、右端の図郭 : $x = 2^{\wedge} \text{ズームレベル} - 1$

（左端の図郭の 0 から右隣りの図郭にかけて 1 つずつ値を増分する）

y インデックスの値

上端の図郭 : $y = 0$ 、下端の図郭 : $y = 2^{\wedge} \text{ズームレベル} - 1$

（上端の図郭の 0 から下隣りの図郭にかけて 1 つずつ値を増分する）

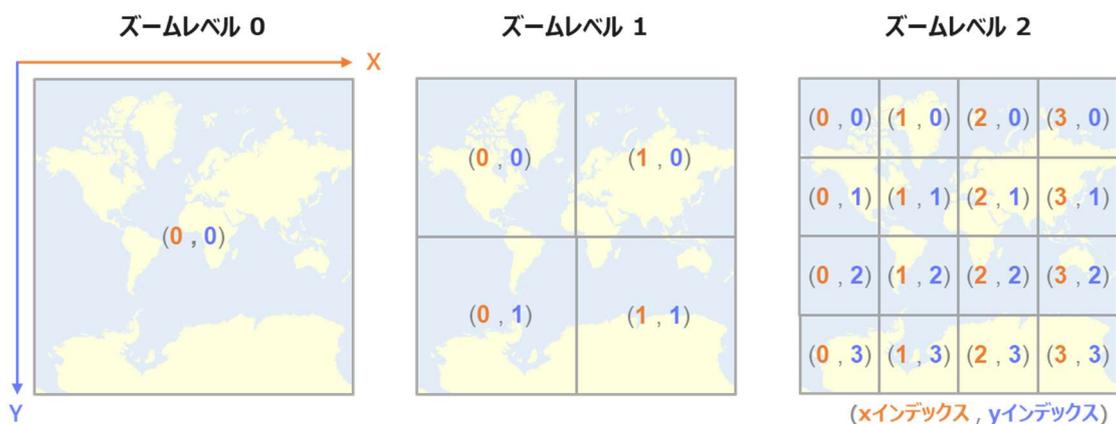


図 2-4 水平方向の分割とインデックスの割り当て

(3) 鉛直方向の空間分割方式

① 鉛直方向の分割

鉛直方向の分割については、高さのプラス方向及びマイナス方向の範囲をもとに行う。各範囲は以下のとおりである。

プラス方向の範囲（標高値）：0m ～ 33,554,432m

マイナス方向の範囲（標高値）：- 33,554,432m ～ 0m

上記のプラス方向の範囲及びマイナス方向の範囲をズームレベル0とし、ズームレベルが1つ増えるごとに2等分割を繰り返す。

② f インデックスの割り当て

鉛直方向に分割された各範囲の識別番号として、「f インデックス」が割り当てられる。ズームレベルが1つ増えるごとに、プラス方向は、0 からプラス方向に1つずつ増分した値を割り当てる。マイナス方向は、-1からマイナス方向に、1つずつ減分した値を割り当てる。

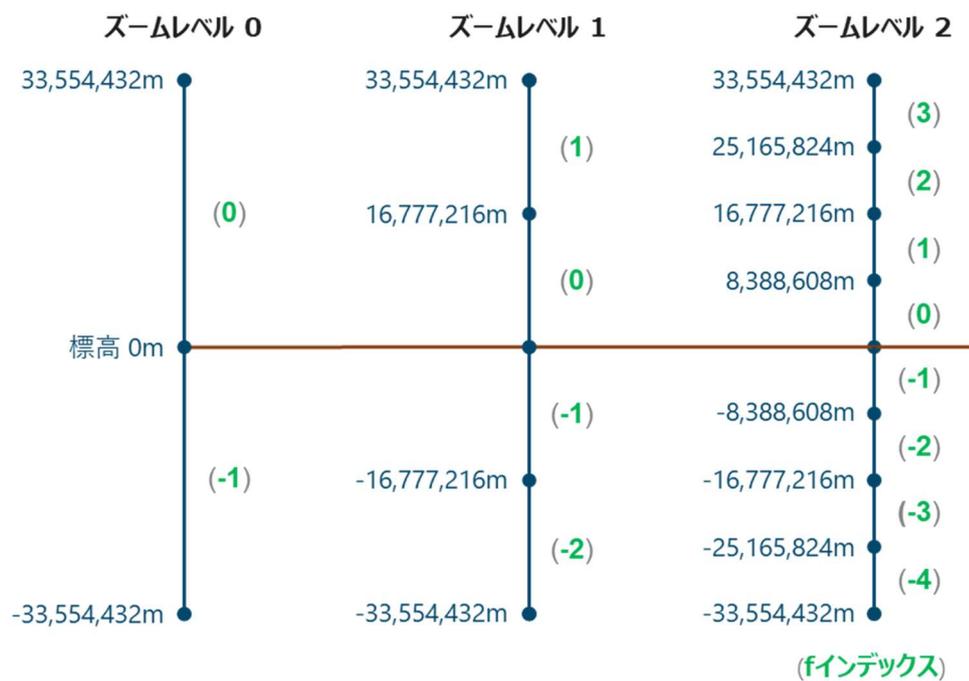


図 2-5 鉛直方向の分割とインデックスの割り当て

※ 分割点となる標高値は、上位側のインデックスに含まれる。

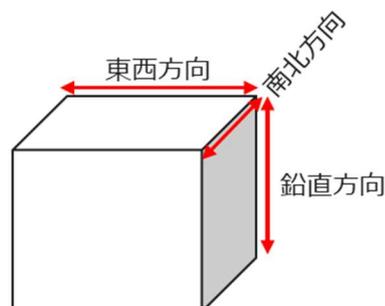
例) ズームレベル 2 の 8,338,608m の f インデックスは「1」

2.1.3. 空間ボクセルのズームレベルとサイズ

空間ボクセルは、ズームレベル 0 からズームレベルが 1 つ増えるごとに 8 分割を繰り返す、サイズが小さくなっていく。ズームレベル 0~26 における空間ボクセルの水平方向（東西方向・南北方向）、鉛直方向のサイズ例は以下のとおりである。なお、ズームレベル 27 以上も定義することはできる。

表 2-1 ズームレベル 0～26 における空間ボクセルのサイズ例

ズームレベル	水平方向		鉛直方向 (m)
	東西方向 (m)	南北方向 (m)	
0	40,075,016.68	40,075,016.68	33,554,432.00
1	20,037,508.34	20,037,508.34	16,777,216.00
2	10,018,754.17	10,018,754.17	8,388,608.00
3	5,009,377.09	5,009,377.09	4,194,304.00
4	2,504,688.54	2,504,688.54	2,097,152.00
5	1,252,344.27	1,252,344.27	1,048,576.00
6	626,172.14	626,172.14	524,288.00
7	313,086.07	313,086.07	262,144.00
8	156,543.03	156,543.03	131,072.00
9	78,271.52	78,271.52	65,536.00
10	39,135.76	39,135.76	32,768.00
11	19,567.88	19,567.88	16,384.00
12	9,783.94	9,783.94	8,192.00
13	4,891.97	4,891.97	4,096.00
14	2,445.98	2,445.98	2,048.00
15	1,222.99	1,222.99	1,024.00
16	611.50	611.50	512.00
17	305.75	305.75	256.00
18	152.87	152.87	128.00
19	76.44	76.44	64.00
20	38.22	38.22	32.00
21	19.11	19.11	16.00
22	9.55	9.55	8.00
23	4.78	4.78	4.00
24	2.39	2.39	2.00
25	1.19	1.19	1.00
26	0.60	0.60	0.50



上表の東西方向・南北方向の距離は緯度0度における距離を示しており、高緯度になるにしたがって距離が短くなる。

なお、鉛直方向の距離はいずれの経度・緯度においても一律で表 2-1 のとおりである。

各緯度における空間ボクセルの東西方向の距離は以下の式で求めることができる

$$\text{東西方向の距離} = \text{赤道半径} * 2 * \text{PI} * \cos(\text{緯度}) / 2^{\text{ズームレベル}}$$

(測地系が JGD2011、WGS84 の場合の赤道半径は、6,378,137m)

出典 :OpenStreetMap

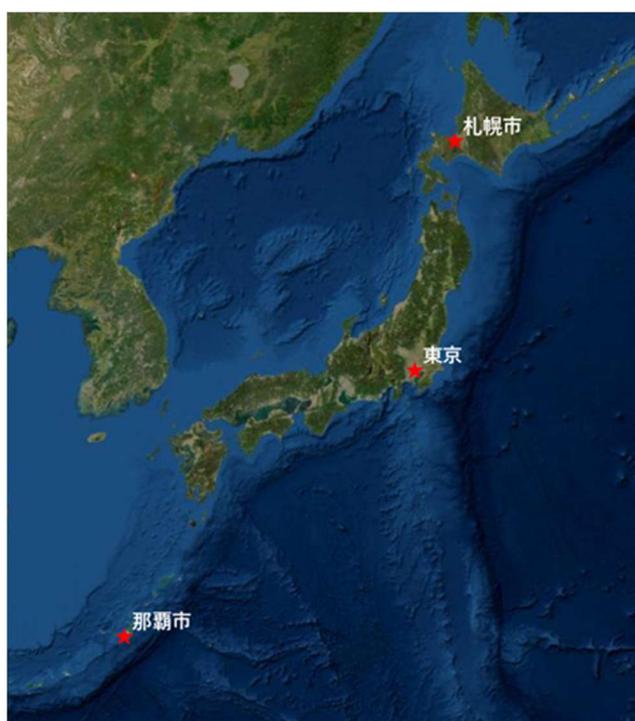
https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Zoom_levels

参考例として、日本の各都市（那覇市、東京都、札幌市）のズームレベル 16～26 における空間ボクセルのサイズを以下に示す。

表 2-2 那覇市、東京都、札幌市のズームレベル 16～26 における空間ボクセルのサイズ例

那覇市 (那覇市役所付近) 緯度：北緯 約26.21度				東京 (東京都庁付近) 緯度：北緯 約35.89度				札幌市 (札幌市役所付近) 緯度：北緯 約43.06度			
ズーム レベル	水平方向		鉛直方向 (m)	ズーム レベル	水平方向		鉛直方向 (m)	ズーム レベル	水平方向		鉛直方向 (m)
	東西方向 (m)	南北方向 (m)			東西方向 (m)	南北方向 (m)			東西方向 (m)	南北方向 (m)	
16	548.98	546.01	512.00	16	497.22	495.01	512.00	16	447.48	445.86	512.00
17	274.49	273.00	256.00	17	248.61	247.51	256.00	17	223.73	222.92	256.00
18	137.24	136.50	128.00	18	124.31	123.75	128.00	18	111.86	111.46	128.00
19	68.62	68.25	64.00	19	62.15	61.88	64.00	19	55.93	55.73	64.00
20	34.31	34.13	32.00	20	31.08	30.94	32.00	20	27.97	27.87	32.00
21	17.16	17.06	16.00	21	15.54	15.47	16.00	21	13.98	13.93	16.00
22	8.58	8.53	8.00	22	7.77	7.73	8.00	22	6.99	6.97	8.00
23	4.29	4.27	4.00	23	3.88	3.87	4.00	23	3.50	3.48	4.00
24	2.14	2.13	2.00	24	1.94	1.93	2.00	24	1.75	1.74	2.00
25	1.07	1.07	1.00	25	0.97	0.97	1.00	25	0.87	0.87	1.00
26	0.54	0.53	0.50	26	0.49	0.48	0.50	26	0.44	0.44	0.50

※ 空間ボクセルの水平面上の上辺（北側）と下辺（南側）で東西方向の距離が異なる場合は、下辺の距離を記載。



© Earthstar Geographics

図 2-6 那覇市、東京、札幌市の位置

2.2. 空間 ID

2.2.1. 空間 ID の形式

空間 ID の構成要素には、z, f, x, y があり、各要素をスラッシュ (/) で連結した配列とする。

空間 ID の構成要素

- {z} : ズームレベル
- {f} : 標高 (鉛直方向) インデックス
- {x} : 経度 (東西方向) インデックス
- {y} : 緯度 (南北方向) インデックス

空間 ID の配列

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

例 : 20/1/931369/413142

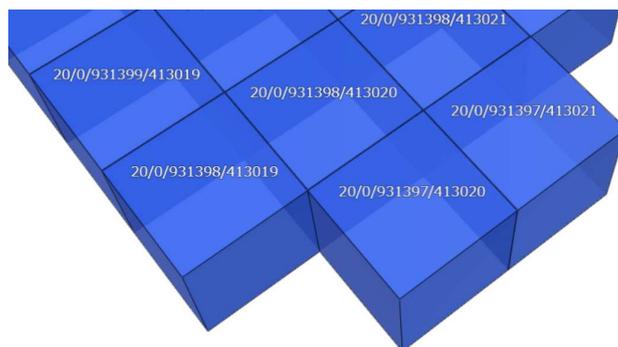


図 2-7 各空間ボクセルの空間 ID を表記したイメージ

2.2.2. 空間 ID の各インデックスの算出方法

経度、緯度、標高、ズームレベルから空間 ID の各インデックス (f, x, y) を算出するための計算式は、以下のとおりである。

lng: 経度 [10 進度]

lat: 緯度 [10 進度], lat_rad: 緯度 [ラジアン]

h: 標高 [m]

z: ズームレベル

$$n = 2^z$$

Z = 25 (ボクセルの高さが 1m となるズームレベル)

$$H = 2^Z [m]$$

$$f = \text{floor}\left(n * \frac{h}{H}\right)$$

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

$$y = \text{floor} \left(\frac{n}{2} * \left(1 - \frac{\log \left(\tan(\text{lat_rad}) + \left(\frac{1}{\cos(\text{lat_rad})} \right) \right)}{\pi} \right) \right)$$

出典：国連ベクトルタイルツールキット
<https://github.com/unvt/zfxy-spec>

2.2.3. 高さ情報を持たないデータに対応した空間 ID の形式

空間属性情報には、高さ情報を持たない 2 次元データ（例：人口統計、用途地域、土地利用）が数多くある。これらのデータを空間 ID に紐付ける場合、標高を示す f インデックスは不要であることから、f インデックスを除いた以下の ID 形式を適用することとする。

高さ情報を持たないデータに対応した空間 ID の配列

{z}/ {x}/ {y}

例：20/931369/413142

これは地理院地図などの Web 地図サービスの XYZ タイル番号と同じ配列である。

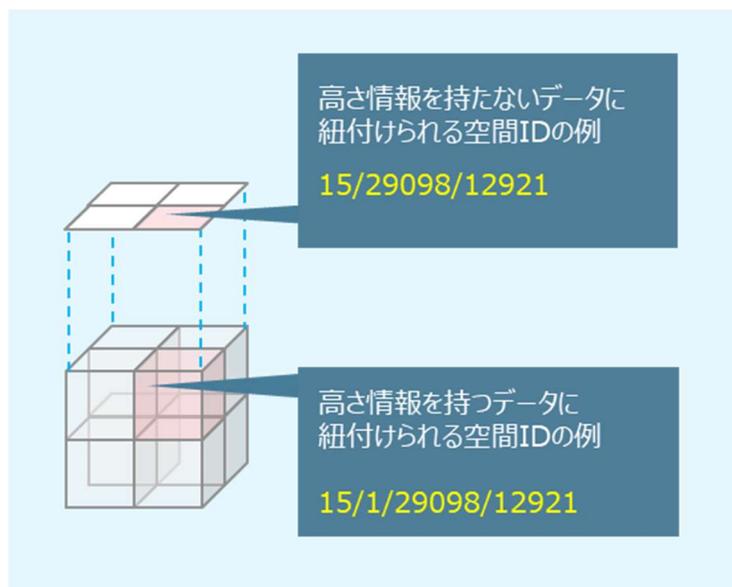


図 2-8 高さ情報を持たないデータに対応した空間 ID の例

2.3. 属性情報

2.3.1. 空間ボクセルへの属性付与の基本的な考え方

各空間ボクセル内に存在する地物等の情報を空間 ID と紐付けて、空間 ID をインデックスとして用いることで、各情報を配信する際の空間的な単位を空間ボクセルとすることにより、統一された基準による情報流通が可能となり、各情報の検索や統合が容易になる。また、各情報を空間 ID 単位で抽象化することで空間の概況を把握することもできる。

各空間ボクセルと地物等の関係は、1 対 1、1 対多、多対 1 の場合がある。これらをデータスキーマとして定めることは行わないが、各関係における情報の付与・関連付けの基本的な考え方を以下に示す。

(1) 空間ボクセルと地物の関係が 1 対 1 の場合

1 つの空間ボクセルに 1 つの地物等が含まれる場合は、空間ボクセルに対して地物等の属性情報を関連付けする。また、地物等の属性に空間 ID が付与される。

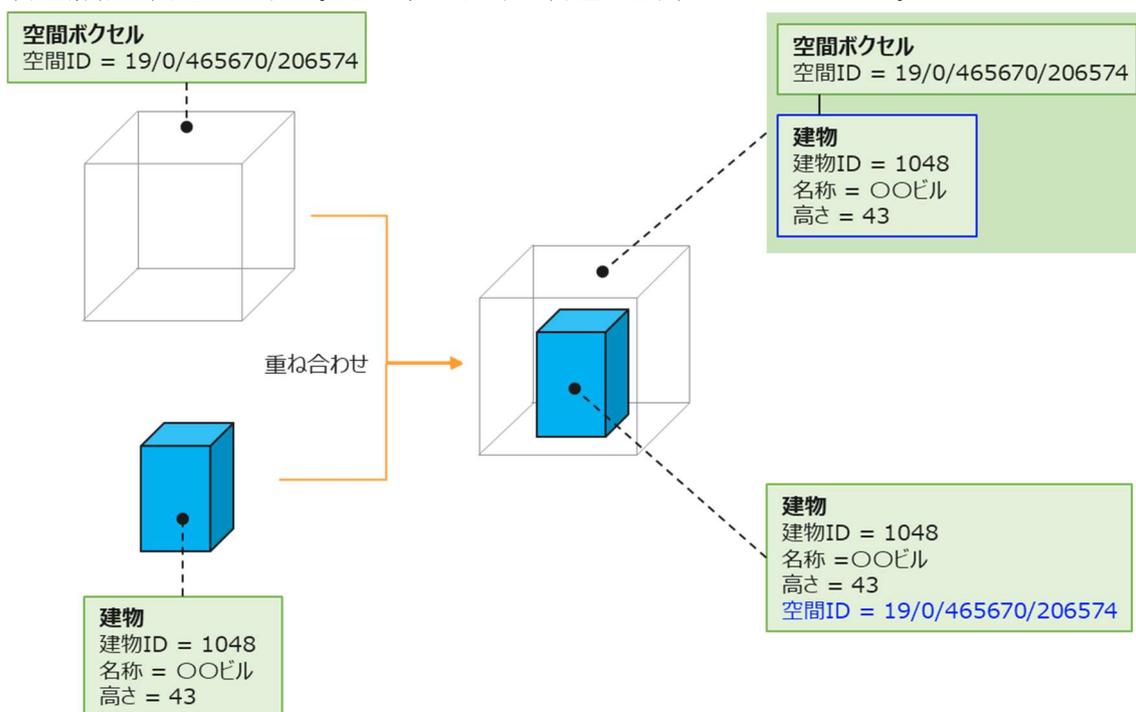


図 2-9 空間ボクセルと地物データの紐付け例 (1 対 1)

(2) 空間ボクセルと地物の関係が 1 対多の場合

1 つの空間ボクセルに複数の地物等が含まれる場合は、空間ボクセルの各地物等の属性情報を付与又は関連付けする。地物等の属性に数値情報が含まれる場合は、その統計情報（個数、最大値、最小値、平均値等）を付加することも想定される。また、各地物等の属性に空間 ID が付与される。

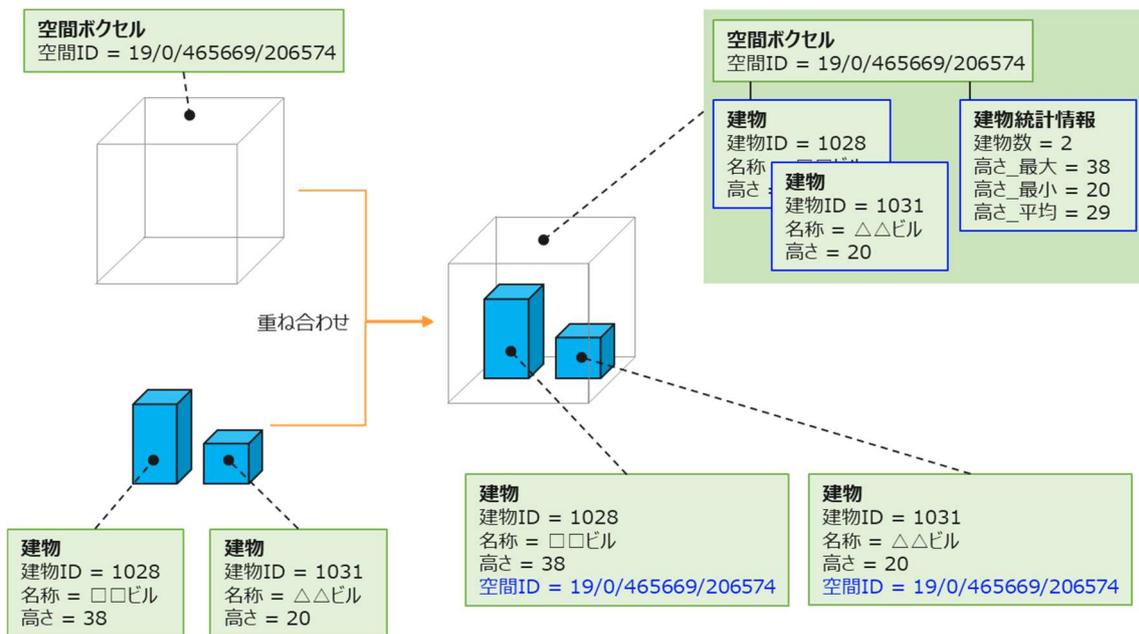


図 2-10 空間ボクセルと地物データの紐付け例 (1 対多)

(3) 空間ボクセルと地物の関係が多対 1 の場合

1 つの地物が複数の空間ボクセルに跨がる場合は、複数の空間ボクセルに対して同じ地物の属性情報を付与又は関連付けする。また、地物等を含む全ての空間ボクセルの空間 ID が地物等の属性に付与される。

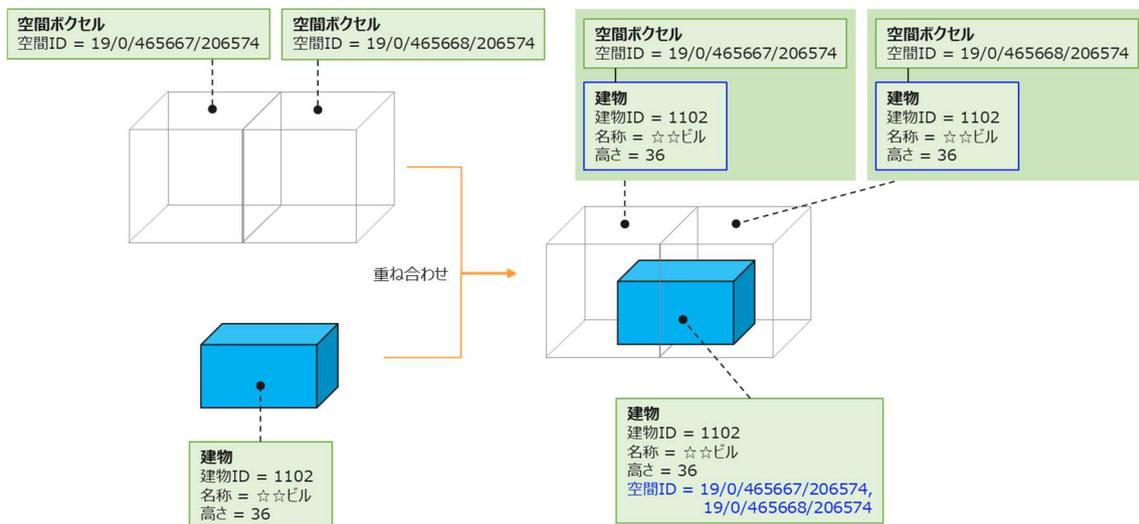


図 2-11 空間ボクセルと地物データの紐付け例 (多対 1)

2.3.2. 時間情報の扱い

地物等のデータの中には、属性として時間情報 (年/月/日/時刻) を含む場合がある。時間情報には瞬間的な情報と期間的な情報が存在する。瞬間的な情報は、地物等のある時点の状況 (予測も含む) が時刻とともに示される (例: 気象情報)。期間的な情報は、地

物等の实在期間や有効期間が開始時刻と終了時刻によって示される（例：道路工事情報）。時間情報を3次元空間のIDと関連付けることによって、空間と時間を用いた管理や検索が可能となる。

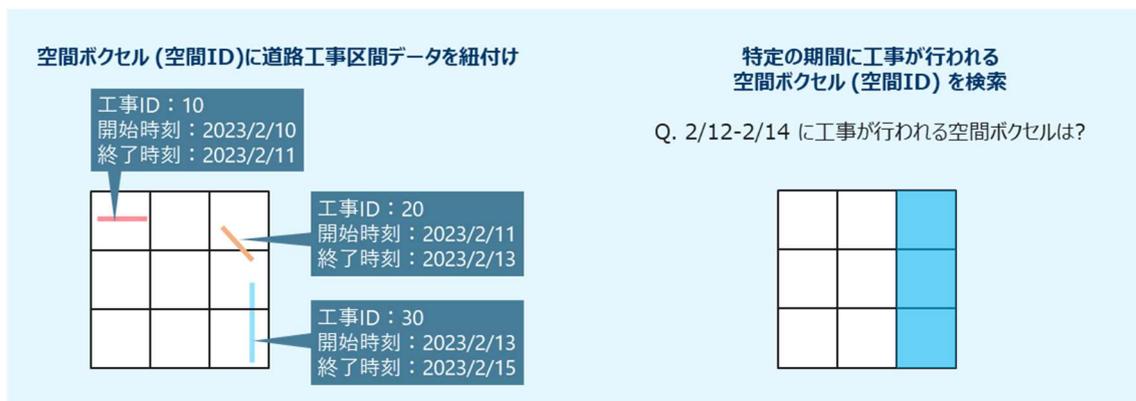


図 2-12 時間情報の利用例

2.3.3. 空間ボクセルの利用例

(1) 空間ボクセルに地物等の情報を紐付ける際のズームレベルの選択

地物等のデータを付与又は関連付けする空間ボクセルのズームレベルの選択は任意であり、利用目的や求められる精度などに応じてズームレベルを選択する。また、1種類の地物データセット（例：建物データ）に対して複数のズームレベルの空間ボクセルを混在させて紐付けることも可能である。

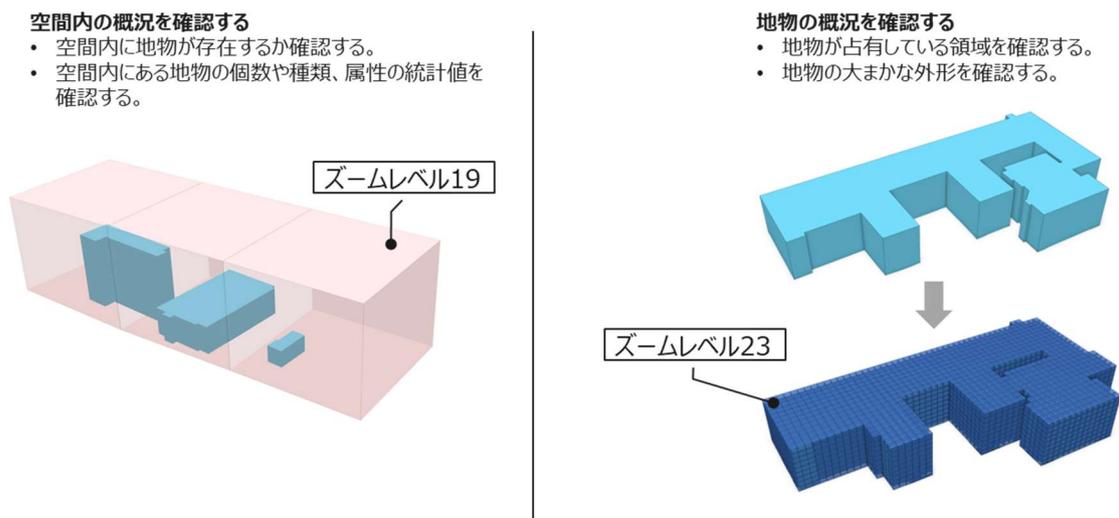


図 2-13 ズームレベルの設定例

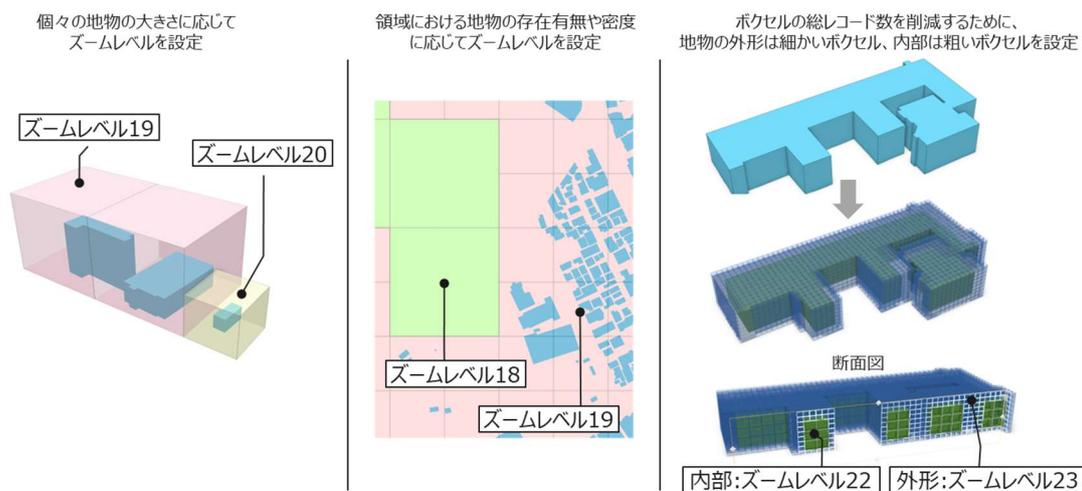


図 2-14 複数のズームレベルを混在させて設定する例

(2) 地物データのインデックスとしての空間ボクセルの役割

空間ボクセルは、地物等のデータを配信する際のインデックスとしての役割を持つことができる。例えば、リクエストされた特定の空間 ID について、該当する空間 ID の空間ボクセルに含まれる地物データを抽出して配信する、といった利用も想定される。

3. 技術仕様

3.1. 4次元時空間情報基盤の概要

4次元時空間情報基盤とは、2章で定義した空間ボクセル及び空間IDを利用して、異なる基準に基づいた多様な空間属性情報（地形情報、空域情報、気象情報、人流情報等）を共有し、様々なユースケースの利用者間で共同利用することを可能とするためのルール及び仕組みの総体である。図3-1に全体像を示す。

4次元時空間情報基盤が存在しない場合には、異なる基準に基づいた空間属性情報を検索するにあたって、個別にデータ提供者を調べて空間属性情報を取得する必要がある。さらに、取得した空間属性情報を統合するために、それぞれの利用者が異なる基準を1つの基準に変換する作業を行う必要が生じる。4次元時空間情報基盤を用いることで、利用者は、空間範囲（地理空間）及びデータ項目等の条件を指定して、4次元時空間情報基盤から該当する空間属性情報を取得して統合する作業をデジタル完結・自動化することができる。また、データ提供者は自らのデータをより多くの利用者に利用していただけるようになる。

4次元時空間情報基盤が集約・提供する情報は、利用者の用途（ユースケース）別に大きく異なる。さらに、ユースケース毎に要求される性能やデータに求められる信頼性も異なることから、4次元時空間情報基盤は、特定のエリアで特定の空間属性情報を提供する「空間情報サービス」が複数分散配置され、全体として空間範囲及び空間属性情報の網羅性を確保するオープンな分散構造とする。

また、性質の近いユースケースを纏めた「ユースケース領域」毎に、4次元時空間情報基盤の運用主体や運用ルール、取扱データを定義する。

本節では、4次元時空間情報基盤を構成する構成要素と、本ガイドラインにおいて定義する仕様の範囲について記述する。

実際のシステムを構築する際には、各領域におけるシステム全体のアーキテクチャの中で4次元時空間情報基盤の各構成要素の機能を適切に配置するものとする。

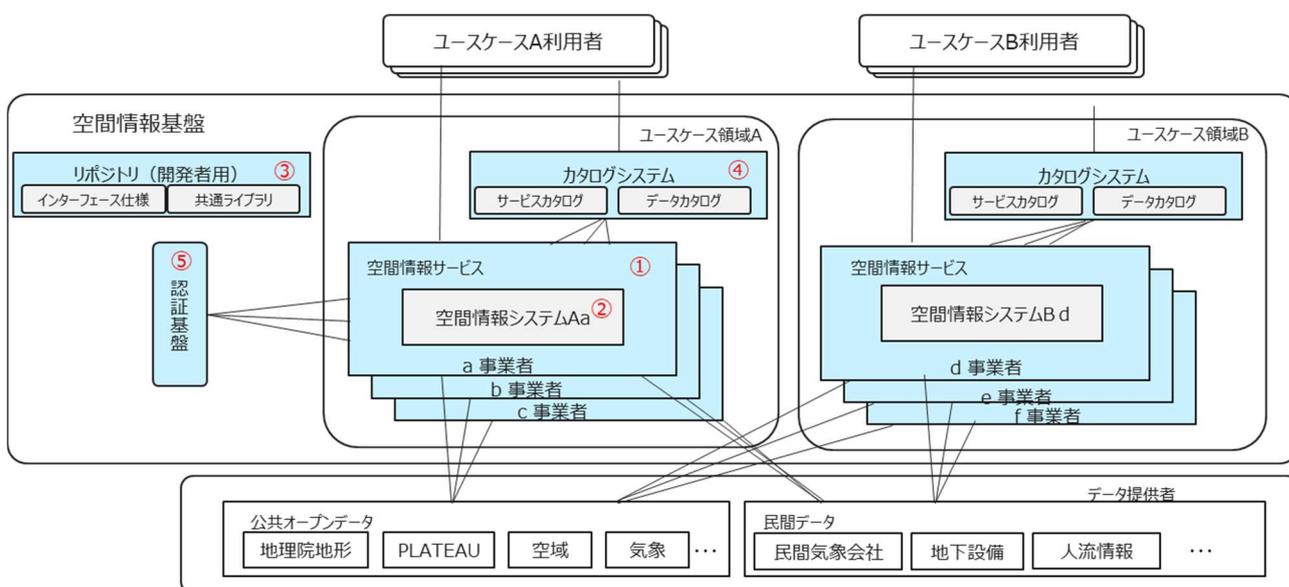


図3-1 空間情報基盤の全体像

(1) 空間情報サービス (図 3-1 ①)

空間情報システム (以下 (2)) 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を空間情報サービスという。空間情報サービスの運営主体は、ユースケースに応じて、公的機関又は民間事業者のいずれの場合も考えられる。具体的な定義はユースケース領域にて行う。

(2) 空間情報システム (図 3-1 ②)

ユースケース領域毎に定義する API を実装し、利用者からの API を介したリクエストに応じたリターンを行うシステムを空間情報システムという。空間情報システムは、リターンを行うために必要となる情報を集約する。空間情報システムの基本構造は 3.2.1 節に記載する。

(3) リポジトリ (図 3-1 ③)

主に空間情報システム及び同システムと連携するシステムの開発者のために、4 次元時空間情報基盤に係るインターフェース仕様及び共通ライブラリを格納する場をリポジトリという。リポジトリについては、4 章に記載する。

(4) カタログシステム (図 3-1 ④)

分散して存在する空間情報サービスについて、同サービスを提供する事業者に関する基本情報、同サービスにアクセスする方法、並びに空間情報サービスとして空間属性情報を提供する空間範囲、期間及びデータ項目等の情報を登録・管理し、利用者が必要とする空間範囲及びデータ項目に該当する空間属性情報を取得するためにアクセスすべき空間情報サービス検索できる仕組みをカタログシステムという。なお、利用者がカタログシステムを用いて検索するにあたっては、AI その他機械による検索を想定して、機械可読性を担保するものとする。空間属性情報の利用者は、カタログシステムを用いることで、多様な情報を提供する空間情報サービスが分散して存在している状況であっても、必要な情報を取得する手段を知ることが可能となる。カタログシステムについては、3.4 節に記載する。

(5) 認証基盤 (図 3-1 ⑤)

空間情報サービスにおいて取り扱うデータのなりすまし防止、改ざん防止、属性情報の証明を担保するとともに、アクセス権限を管理するルール及び仕組みの総体を認証基盤という。4 次元時空間情報基盤は「分散環境における自由な空間属性情報の流通」を基本コンセプトとしている。他方で、空間情報サービスで提供するデータが、実空間において安全性・信頼性を確保するために使われるユースケース領域においては、認証基盤が必要になる。認証基盤については、3.5 に記載する。

3.2. 空間情報システム（共通仕様）

3.2.1. 空間情報システムの基本構造

空間情報システムは、空間情報サービスが利用者の必要とする空間属性情報の空間範囲及びデータ項目に応じて、空間属性情報を提供する仕組みである。

空間情報システムは、企業・個人・学術団体・公的機関を問わず、空間属性情報と空間IDを紐付けていれば、その他は自由に構築しサービスを提供できる分散型でオープンなシステムであり、設計・実装は個々の空間情報サービス提供者に委ねる。他方で、空間情報システム毎にアクセス方法が異なれば、空間情報システムの利用者の利便性が損なわれる。そのため、3.2.2節に示すとおりAPI仕様を定め、各空間情報システムは同API仕様に準拠するものとする。空間情報システムの機能配置例を図3-2に示す。各構成要素の概要は以下の通りである。

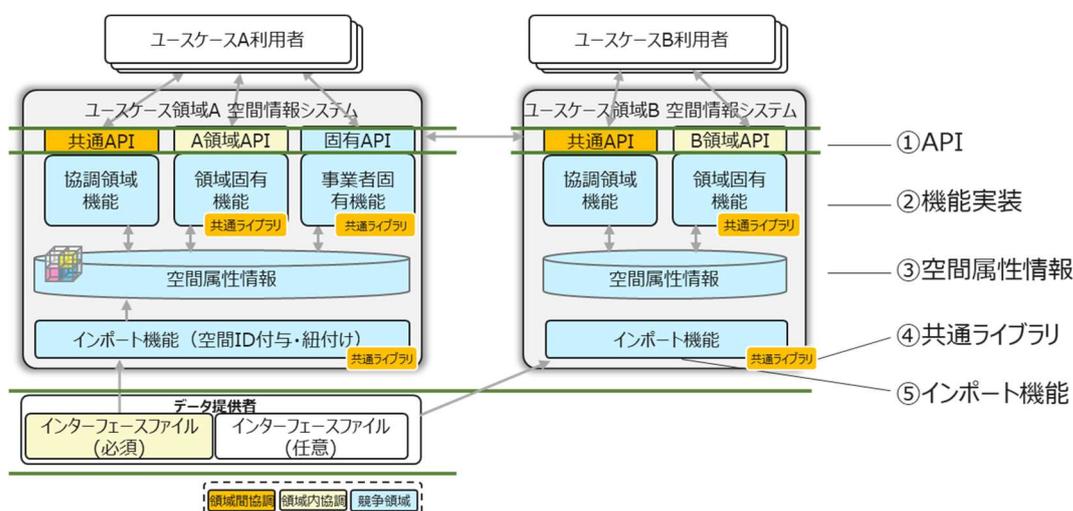


図 3-2 空間情報システムの機能配置例

①API

利用者が共通的に使用する機能を、利用者のシステムと空間情報システムを繋ぐインターフェースの仕様として3.2.2節に定義する。また、空間情報システム間を繋ぐインターフェースや、空間情報システムを介して利用者のシステムとデータ提供者のシステムを繋ぐインターフェースの仕様についても今後検討していく。

②機能実装

APIの仕様で定めた機能をプログラムとして実装する。

③空間属性情報

空間情報システムは、空間情報システムが利用者に提供する空間属性情報の空間範囲（地域）及びデータ項目（地形、気象等）に関する情報を保有する。本例では空間属性情報を空間情報システム内で保有する例を示す。一方で、空間情報システム内では空間属性情報を保有せずに、データ提供者のシステムに①に記載のAPIを実装して、利用者のシステムとデータ提供者のシステムを直接的に繋ぐという例も想定され

る。

④共通ライブラリ

3.2.3 節で示すとおり、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を共通ライブラリとして整備し、オープンソースソフトウェア（以下、「OSS」という。）として提供する。

⑤インポート機能

既存のファイルデータに空間 ID を紐付けることで空間属性情報を生成するインポート機能の考え方及び実装例を 3.2.4 節に示す。

なお、①API 及び④共通ライブラリについては、政府において実施する開発・実証の結果を踏まえ、今後、拡充する予定である。

3.2.2. API の概要及び命名規則

(1) API の概要

空間情報システムにおいては、利用者が「同一機能は同一の手順で空間属性情報を生成・参照・更新・削除」することを目的として、利用頻度が高いと考えられる機能について、API 仕様を策定する。

ユースケース領域毎に、取り扱う空間属性情報の種類が異なることから、API として整備する機能は、まずユースケース領域毎に「領域別 API」として整備を進め、ユースケース横断で共通的な利用を想定する「共通 API」は今後必要に応じて検討を進める。

なお、領域別 API については、3.3 節に示す。

また、API については、それぞれの空間情報サービス、空間情報システムで任意に定義して拡張することも差し支えない。その際は、以降に示す API 名称規則に従って API を定義することを推奨する。

API 仕様は、以下 項目を仕様として定義しなければならない。

- ・前提とする API アーキテクチャのアプローチ（REST API、gRPC 等）
- ・API 名称
- ・API に引き渡すデータインターフェースの定義
- ・API から取得するデータインターフェースの定義
- ・API の動作（機能）に関する説明

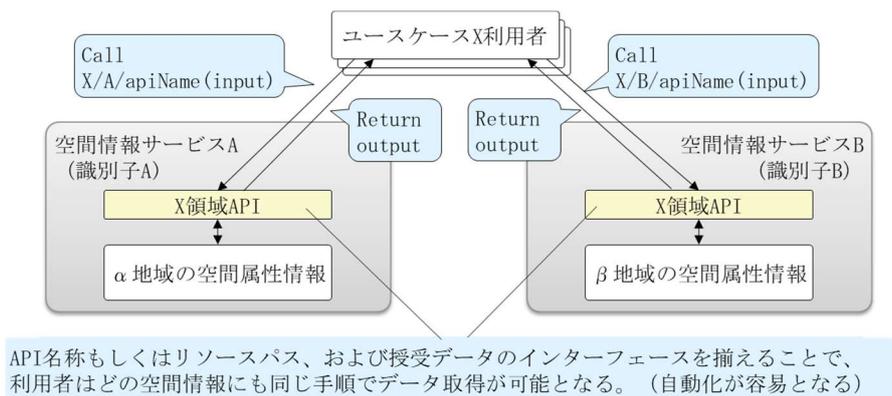


図 3-3 API の概略

(2) API の命名規則

API の名称は、特定の機能を一意に識別できるように定義する必要がある。すなわち、同一の機能であるにも関わらず複数の API の名称を持つことや、異なる機能であるにもかかわらず同一の API の名称を持つことを回避する必要がある。そのため、領域識別子、機能識別子等を組み合わせて特定の機能を一意に識別できるように、以下のとおり API の命名規則を定める。

なお、API の名称が重複することを回避するための仕組みとして、3.4 節に示すカタログシステムを用いるなど、API 拡張に伴う運用については、今後検討する。

① 用語

- 領域識別子

4次元時空間情報基盤に対応する領域の識別子。

- ・ GEN(省略可) 全領域共通の API
- ・ UAS ドローン領域向けの API
- ・ UGM 地下埋設物領域向けの API
- ・ GIS 地図・GIS 領域向けの API
- ・ CAV 自動車領域向けの API
- ・ LOC(または L) ローカルで設定する API

なお、複数の領域にまたがる API の場合は、領域識別子は記載不要とする。

- データ識別子

提供する情報のまとまりを定義する識別子。

単一形とし、複数形にしない。個別に指定がない場合はアッパーキャメルケースで表記する。

- メジャーバージョン

API のメジャー番号。v{メジャーバージョン番号}の形式とする。

- 機能識別子

検索、取得、登録・更新及び削除の機能を示す識別子。

その他の機能を設計する場合、任意に名前を規定する点は差し支えない。

- Connect 4次元時空間情報基盤との接続確立及び解除
- Select 空間ボクセル検索を伴う値の取得
- Get 空間ボクセル検索を伴わない値の取得
- Put 値の登録・更新
- Create 値の登録
- Update 値の更新
- Delete 値又は空間ボクセル全体の削除

- 操作対象識別子

APIごとに任意に規定する、機能の操作対象を表す識別子。

主に操作対象とする空間の形状や対象を名前とすることを推奨する。

定義例： Server, ReserveArea

② プロトコル共通

- プロダクト名

APIのプロダクトマーケティング名として、API、UI、ドキュメント、利用規約、請求明細、商用契約などで一貫して使用する名前を定義する。

形式： {領域識別子} {データ識別子} API

定義例： UAS Airspace API

- サービスホスト名

1つ以上のネットワークアドレスに解決可能なDNS名（RFC1035に基づく）等の文字列を定義する。

すべて小文字とするが、それ以外の形式は規定しない。

定義例： example.co.jp

③ gRPC

- パッケージ名

プロダクト名と一貫した名前を定義する。

すべて小文字とする。

形式： {領域識別子}. {データ識別子}. {メジャーバージョン}

定義例： uas.airspace.v1

- インターフェース名

インターフェースとなるサービスの名前を定義する。

形式： {パッケージ名}. {データ識別子}API

定義例： uas.airspace.v1.AirspaceAPI

なお、.protoファイルでは『service {データ識別子}API』と定義する。

- メソッド名

RPCメソッド名を定義する。

アッパーキャメルケースとする。

形式： {機能識別子}{操作対象識別子}

定義例： GetReserveArea、PutReserveArea、DeleteReserveArea

- 入力情報名

RPC メソッドを呼び出す際の入力となるリクエストメッセージの名前を定義する。以下のいずれかで定義する。

- ・ {メソッド名}Request
- ・ 空のメッセージ (google.protobuf.Empty を使用)
- ・ リソースタイプ
- ・ オペレーションを表すリソース

- 出力情報名

RPC メソッドを呼び出す際の実出力となるレスポンスメッセージの名前を定義する。以下のいずれかで定義する。

- ・ {メソッド名}Response
- ・ 空のメッセージ (google.protobuf.Empty を使用)
- ・ リソースタイプ
- ・ オペレーションを表すリソース

- その他メッセージ名

アッパーキャメルケースで定義する。

短く簡略な名称を定義することを推奨する。

④ REST

- URI

リソースを一意に識別子するための URI をパターンごとに定義する。

共通的なルールは以下の通りである。

- ・ URI のキーワードはケバブケース (ハイフンで連結) で表記し、アンダースコアは使用しない。
- ・ URI はすべて英数字を用いて表記する。
- ・ URI 内の英字はすべて小文字で表記する。

1. 実行パターン (Command パターン)

コマンドを実行するパターンの際に定義する。HTTP メソッドは POST。

URI 形式： {サービスホスト名}/{サブパス}/{領域識別子}/api/{略称 API 名}/{メジャーバージョン}/{コマンド名}

{サブパス}

サービスホスト名に続くサブパス。存在する場合のみ定義する。

{略称 API 名}

API 名の略称。{データ識別子}の小文字の形式とする。

{コマンド名}

実行するコマンドの名称。動詞または動詞＋名詞（例：connect-server）の形式とする。

URI 定義例：

`https://example.co.jp/uas/api/airspace/v1/connect`

2. 作成パターン (Create パターン)

リソースを作成するパターンの際に定義する。HTTP メソッドは POST。

URI 形式： {サービスホスト名}/ {サブパス}/ {領域識別子}/api/{略称 API 名}/{メジャーバージョン}/{リソースパス}

{リソースパス}

リソース名とリソースを一意に特定するためのキー情報を「/」で連結したパス。リソースはデータベースのエンティティ等のアクセス情報資産のことであり、名詞の複数形で定義する。

URI 定義例：

`https://example.co.jp/uas/api/airspace/v1/spatial-information`

3. 取得パターン (Read パターン)

リソースを取得するパターンの際に定義する。HTTP メソッドは GET。

なお、リソースを取得する際に任意の項目で絞り込む検索条件がある場合はクエリパラメータを指定する。

URI 形式： {サービスホスト名}/ {サブパス}/ {領域識別子}/api/{略称 API 名}/{メジャーバージョン}/{リソースパス}?{クエリパラメータ}

※?以降はリソースを検索によって絞り込む場合のみ

URI 定義例：

`https://example.co.jp/uas/api/airspace/v1/spatial-information/1`

`https://example.co.jp/uas/api/airspace/v1/spatial-information/1?xxx=aaa&yyy=bbb`

4. 更新パターン (Update パターン)

リソースを更新するパターンの際に定義する。HTTP メソッドは PUT。

URI 形式： {サービスホスト名}/ {サブパス}/ {領域識別子}/api/{略称 API 名}/{メジャーバージョン}/{リソースパス}

URI 定義例：

`https://example.co.jp/uas/api/airspace/v1/spatial-information/1`

5. 削除パターン (Delete パターン)

リソースを更新するパターンの際に定義する。HTTP メソッドは DELETE。

URI 形式： {サービスホスト名}/ {サブパス}/ {領域識別子}/api/{略称 API 名}/{メジャーバージョン}/{リソースパス}

URI 定義例：

<https://example.co.jp/uas/api/airspace/v1/spatial-information/1>

- プロパティ

リクエストボディやレスポンスボディのパラメータ。JSON の場合、ローワーキャメルケースで定義する。

3.2.3. 共通ライブラリ

(1) 基本的な考え方

空間情報システムと利用者システム間の相互運用性や開發生産性を高めるため、ユースケース領域横断で頻出する共通的な機能については、その機能を実現するプログラムの共通ライブラリを整備し、OSSとして公開する。領域共通で想定される処理のうち、空間 ID 及び空間 ID の集合に関する演算を行う処理を共通ライブラリの対象としている。一方で、検索等のデータベース（以下、「DB」という。）操作に関する処理は共通ライブラリに含んでいない。今後、開発・実証を踏まえて、機能追加や改善要件等を継続検討する。以下、先行して整備する対象の共通ライブラリの概要を示す。

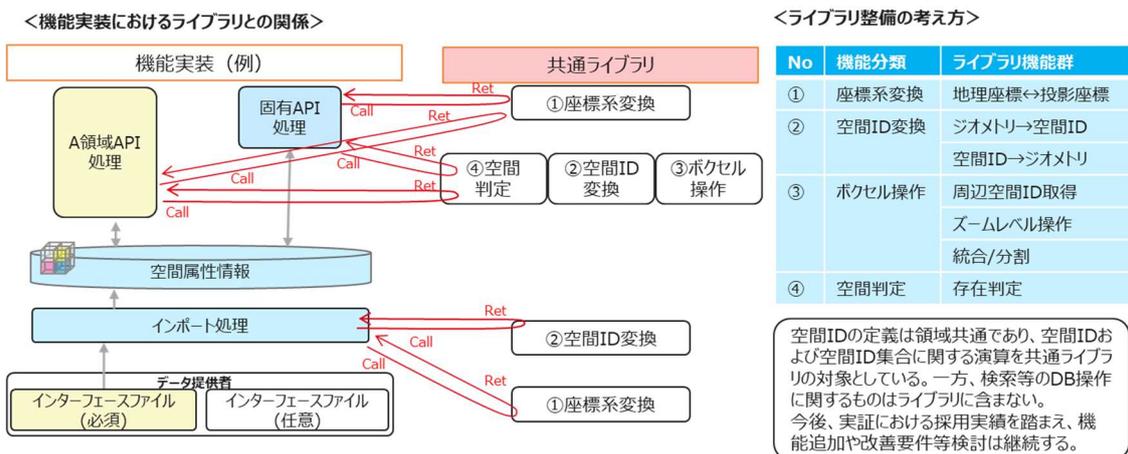


図 3-4 機能実装におけるライブラリとの関係

① 座標変換

データ提供者から空間情報システムに対して提供される座標を持つデータについて、空間 ID を扱う事前・事後処理として、地理座標系と投影座標系の変換を行う。

② 空間 ID 変換

空間情報システムの空間属性情報のデータベースに格納するために、緯度、経度、高さで表現されるジオメトリ情報を空間 ID に変換する。この際、点座標を空間 ID に変換するだけではなく、体積を持つ形状については空間 ID に対応するボクセル形状との衝突判定を行うことで、重なりを持つ空間 ID を全て出力する。また、反対に、空間 ID に対応するボクセルの形状情報をジオメトリ情報として出力する。なお、この場合、元の体積を持つ形状の情報は失われている。

③ 空間ボクセル操作

ジオメトリ情報を空間 ID に変換した後に、周辺の空間 ID の取得や、空間ボクセルのズームレベルの操作並びに空間 ID の統合及び分割といった空間ボクセルの操作を行う。

④ 空間判定

ジオメトリ情報が、指定した空間 ID に含まれるか否かを判定する。

(2) 共通ライブラリ機能概要

(1) で示した共通ライブラリの概要における各機能の概要を表 3-1 に示す。

表 3-1 共通ライブラリ機能概要

#	機能概要	共通ライブラリ Python版	共通ライブラリ Node.js版	差異まとめ
1	ジオメトリ情報⇒空間ID情報	<ul style="list-style-type: none"> ジオメトリ情報→空間ID ジオメトリ情報配列→空間ID配列 ジオメトリ情報配列(直径込み)→空間ID配列 3Dデータ→空間ID配列 	<ul style="list-style-type: none"> ジオメトリ情報→空間ID ZFXY情報→空間ID 	<ul style="list-style-type: none"> (Python版)配列での参照 (Python版)直径を含む経路の参照 (Python版)3Dデータでの参照 (Node.js版)ZFXYでの参照
2	空間ID情報⇒ジオメトリ情報	<ul style="list-style-type: none"> 空間ID→ジオメトリ情報(頂点の8座標配列) 	<ul style="list-style-type: none"> 空間ID→ジオメトリ情報(中心点の座標) 	<ul style="list-style-type: none"> 中心点を取得か、頂点座標を取得か
3	周辺空間IDの取得	<ul style="list-style-type: none"> 空間ID→周辺の空間ID配列(8or8or28個) ジオメトリ情報→周辺の空間ID配列(8or8or28個) 緯度・経度・高さ方向の指定数値分の移動先空間ID 	<ul style="list-style-type: none"> 空間ID→周辺の空間ID配列(28個) 空間ID→上方向の空間ID 空間ID→下方向の空間ID 空間ID→東方向の空間ID 空間ID→西方向の空間ID 空間ID→南方向の空間ID 空間ID→北方向の空間ID 	<ul style="list-style-type: none"> 周辺IDの取得範囲の差異 (Python版)ジオメトリ情報から直接参照
4	ズームレベルの変更		<ul style="list-style-type: none"> 空間ID→親ズームレベルの空間ID 空間ID→子ズームレベルの空間ID配列 	(Node.js版)分解能を変更した空間IDの参照
5	判定機能		<ul style="list-style-type: none"> 空間ID情報/ジオメトリ情報→空間IDにジオメトリ情報が含まれるか否かのbool値 	(Node.js版)衝突判定等を想定した機能
6	その他	<ul style="list-style-type: none"> 座標変換(地理座標→投影座標) 		(Python版)座標変換機能
(参考)	それぞれのライブラリ設計思想	<ul style="list-style-type: none"> オブジェクトは変数を持たない関数の集合 関数の返り値は基本的に空間IDもしくはIDの配列 	<ul style="list-style-type: none"> オブジェクトは変数と関数を持つクラス 関数の返り値は基本的にオブジェクト(空間情報を変数として保持) 上記で「空間ID」と表記しているものは実際は「空間IDオブジェクト」 	

(3) 開発・実証を通じて明らかになった機能追加及び改善のニーズ

開発・実証において、共通ライブラリを利用した結果、表 3-2 のとおり機能追加及び改善のニーズを確認した。

表 3-2 共通ライブラリの機能追加及び改善のニーズが確認できた事項

No.	分類	概要	詳細
1	機能追加	複数言語への対応	<ul style="list-style-type: none"> Python 以外の下記の言語への対応 -Java - .NET

			-C++ -C -C#
2	機能追加	ファイルフォーマットの追加	<ul style="list-style-type: none"> ・3D シェープファイルにおけるマルチパッチ以外の形式への対応 ・高さを持たない 2D シェープファイルへの対応 ・ライブラリ機能としての PLATEAU の 3D 都市モデル (CityGML) への対応
3	機能追加	緯度・経度・高度から空間 ID を取得	<ul style="list-style-type: none"> ・緯度、経度、高度を直接入力して空間 ID を取得する機能の追加 ・緯度、経度、高度の範囲を直接入力して空間 ID のリストを取得する機能の追加
4	機能追加	空間 ID による変換・操作	<ul style="list-style-type: none"> ・ズームレベルの変換機能 ・階層構造を利用した機能
5	機能追加	機能差異の排除	<ul style="list-style-type: none"> ・Python 版にあつて JavaScript 版にない機能の JavaScript 版への実装 ・JavaScript 版にあつて Python 版にない機能の Python 版への実装
6	改善	速度向上	<ul style="list-style-type: none"> ・空間 ID の算出処理の速度向上 ・データ量が増えた際の高速化や並列分散処理への対応
7	改善	提供方法	<ul style="list-style-type: none"> ・Web アプリケーション開発向けのパッケージ化 (Node. js の npm 等)
8	改善	専用サイトの公開	<ul style="list-style-type: none"> ・4 次元時空間情報基盤に関する基礎知識を学習できる専用サイトの作成と公開
9	改善	開発クイックスタートガイドの提供	<ul style="list-style-type: none"> ・共通ライブラリを活用したスムーズな開発の立ち上げを支援する開発クイックスタートガイドの作成と提供
10	改善	処理概要ドキュメントの提供	<ul style="list-style-type: none"> ・共通ライブラリの処理概要を記したドキュメントの作成と提供
11	改善	API の再設計	<ul style="list-style-type: none"> ・実装言語によらない統一的な API 一覧の整理

(4) 共通ライブラリの拡張・改善方針

共通ライブラリについては、その案を作成した上で、開発・実証を通じて実際に利用した上で、DOM等の仕様も参考に言語に依存しない抽象化した仕様の定義を行い、特定言語での実装サンプルを整備して、OSSとして公開する。また、開発・実証やその後の開発者の利用を通じて機能追加及び改善のニーズが生じた場合には、特に優先順位が高いニーズに対して、仕様の改良や他の言語での実装、新たな共通ライブラリの整備を実施す

る。なお、OSS としての公開については、4.1 節リポジトリの運用方針に示す。また、前述の機能追加及び改善のニーズについては、優先順位を定めた上で、特に優先順位が高いニーズへの対応は 2023 年度内に実施する。

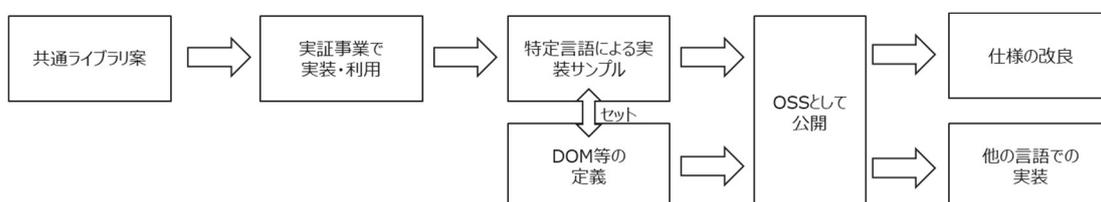


図 3-5 共通ライブラリの改善・拡張プロセス

3.2.4. インポート機能

インポート機能は、データ提供者が提供する各種のデータを空間情報システムに取り込む機能であり、図 3-2 に示す空間情報システムの構成要素として位置づけられている。ここでは、インポート機能の概念図を図 3-6 に示す。

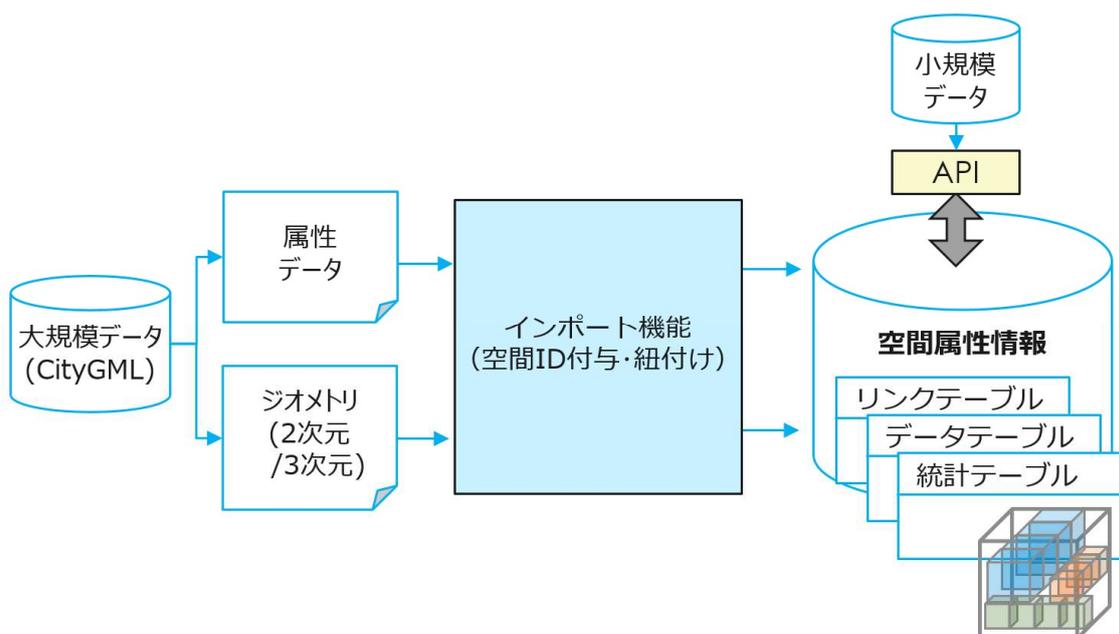


図 3-6 インポート機能の概念図

インポート機能は、データの初期整備等の大規模なデータを一括で読み込む機能を指す。小規模なデータを高頻度で読み込む場合には、事業者が個別に定義する API を用いる。API については、図 3-2 に示す空間情報システムの構成要素になっている。

空間属性情報の DB スキーマについては、ユースケース・事業者毎に整備するデータの内容や仕様によって異なるため、本ガイドラインでは共通仕様化しない。そのため、インポート機能は、競争領域として事業者及び開発者において自由に実装することを想定している。本節では開発の生産性を高める観点から、大規模データの 1 つである 3D 都市モデルを例に、インポート機能の考え方を説明する。

本ガイドラインにおけるインポート機能の役割を次に示す。

- ・インポート機能とは、データ提供者が提供するデータを取り込み、ジオメトリに対

- する地物 ID 及び重畳される空間ボクセルに対応する空間 ID を紐づける機能である。
- ・ 図 3-2 で示される通り、API を介した機能実装でも、同様の機能を実現できる。
 - ・ 空間 ID の付与方法には、共通ライブラリを使用する方法と、データ提供者が提供するツールを使用する方法がある。
 - ・ インポート機能の出力は、空間属性情報内のリンクテーブル(地物 ID 及び空間 ID のペアリスト)、データテーブル(ソースデータが保有する属性情報)、又は統計テーブル(空間 ID の単位で集計した属性情報)の 3 種類のテーブルとなる。
- 空間属性情報の DB スキーマの概念図を図 3-7 に示す。

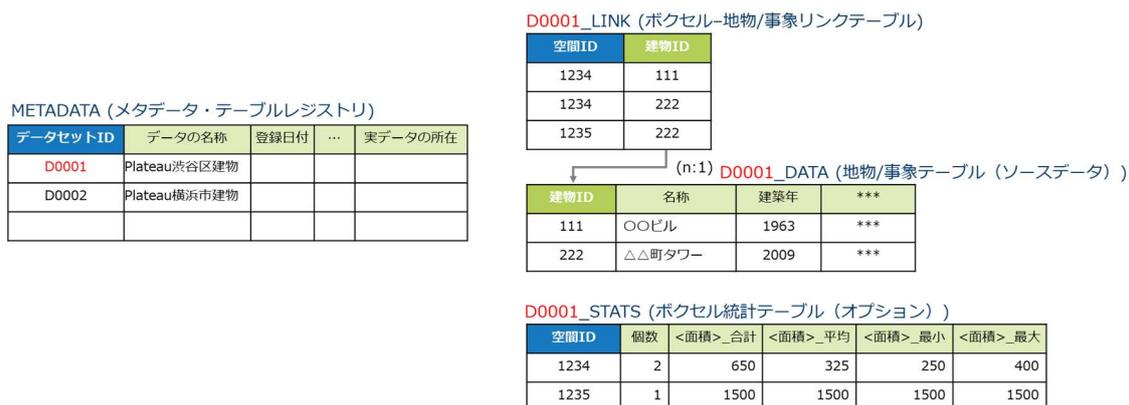


図 3-7 DB スキーマの概念図

(1) ジオメトリの種類と空間 ID の関係

空間情報システムにインポートされるデータのジオメトリには、点、線、面及び立体の 4 種類ある。各ジオメトリと空間 ID (空間ボクセル) の関係を表 3-2-3 に示す。

表 3-2-3 ジオメトリの種類と空間 ID の関係

ジオメトリの種類	点	線	面	立体
ジオメトリと空間 ID (空間ボクセル) の関係				
	ズームレベルを指定し、点を包含する空間 ID を生成。	ズームレベルを指定し、線を包含する空間 ID を生成。	ズームレベルを指定し、面を含む空間 ID を生成。	ズームレベルを指定し、立体の表面部と内部 (空洞部) に空間 ID を生成。

(2) 3D 都市モデル (CityGML) を例にしたインポート機能の解説

大規模データの 1 つである Project PLATEAU (<https://www.mlit.go.jp/plateau/>) の 3D 都市モデル (建築物) を例に、インポート機能の考え方を説明する。

Project PLATEAU の 3D 都市モデルは、国際標準化団体の OGC (Open Geospatial Consortium) が規定する「CityGML 2.0」という国際標準に準拠した「3D 都市モデル標準製品仕様書」によって標準化されている (<https://www.mlit.go.jp/plateaudocument/>)。

この 3D 都市モデルから空間 ID を自動生成するツールが、「PLATEAU のための空間 ID 生成ツール (PLATEAU-generator-for-spatialid)」として Project PLATEAU の GitHub 上に公開されている。

出典：「PLATEAU のための空間 ID 生成ツール」
<https://github.com/Project-PLATEAU/PLATEAU-generator-for-spatialid>

この「PLATEAU のための空間 ID 生成ツール」は、次の 2 つの方法で 3D 都市モデルに空間 ID を付与する。3D 都市モデルへの空間 ID の付与方法を表 3-3 に示す。

表 3-3 3D 都市モデルへの空間 ID の付与方法

空間 ID の付与方法		説明
1	CityGML ファイルへ直接付与	CityGML ファイル (データセット) 内に記録される地物インスタンス (地物 ID) ごとに「空間 ID」を記録。
2	外部ファイル (CSV 形式) に付与	CityGML ファイルの肥大化を避ける方法として、地物 ID (gml:id) と「空間 ID」のペアリストを外部ファイルに記録。

空間 ID が直接付与された CityGML (XML) ファイルの例を図 3-8 示す。図中の例示は、XML に直接、空間 ID が付与されている様子を示したものであり、赤枠で囲った箇所が建築物に付与された空間 ID を表している。地物 ID-空間 ID のペアリスト CSV ファイルの例を図 3-9 に示す。

```

<core:CityModel xmlns:bldg="http://www.opengis.net/citygml/building/2.0" ...>
  <core:cityObjectMember>
    <bldg:Building gml:id="bldg_b90c4f61-79b3-4cff-bcb7-226ab456c6c2">
      <core:creationDate>2023-03-22</core:creationDate>
      <bldg:usage codeSpace=".../..../codelists/Building_usage.xml">411</bldg:usage>
      ...
      <uro:buildingSpatialIDAttribute>
        <uro:BuildingSpatialIDAttribute>
          <uro:maxZoomLevel>22</uro:maxZoomLevel>
          <uro:merge>true</uro:merge>
          <uro:spatialID>22/7/1599930/433631</uro:spatialID>
          <uro:spatialID>22/6/1599929/433632</uro:spatialID>
          <uro:spatialID>22/7/1599929/433632</uro:spatialID>
          <uro:spatialID>22/6/1599930/433631</uro:spatialID>
          <uro:spatialID>21/3/799964/216815</uro:spatialID>
        </uro:BuildingSpatialIDAttribute>
      </uro:buildingSpatialIDAttribute>
    </bldg:Building>
  </core:cityObjectMember>
  <uro:externalReferenceOfSpatialID>
    <uro:fileLocation>spatialid/52372215_bldg_6697_zl22_merged.csv</uro:fileLocation>
  </uro:externalReferenceOfSpatialID>
</core:CityModel>
  
```


建築物に付与された空間 ID

3D 都市モデル (建築物) の例

図 3-8 空間 ID が直接付与された CityGML (XML) ファイルの例

<pre> PLATEAU_3D-Spatial-ID_CSV,0100,23,1 gml_id,spatial_id bldg_b90c4f61-79b3-4cff-bcb7-226ab456c6c2,22/7/1599930/433631 bldg_b90c4f61-79b3-4cff-bcb7-226ab456c6c2,22/6/1599929/433632 bldg_b90c4f61-79b3-4cff-bcb7-226ab456c6c2,22/7/1599929/433632 bldg_b90c4f61-79b3-4cff-bcb7-226ab456c6c2,22/6/1599930/433631 bldg_b90c4f61-79b3-4cff-bcb7-226ab456c6c2,21/3/799964/216815 bldg_f0707e77-9065-4dd6-ac07-603846eea840,22/9/3697091/1663493 bldg_f0707e77-9065-4dd6-ac07-603846eea840,22/10/3697091/1663493 bldg_f0707e77-9065-4dd6-ac07-603846eea840,22/9/3697090/1663493 ... </pre>	<p>先頭行:ヘッダ情報 2行目:列名 3行目以降:地物IDと 空間IDのペアリスト</p>
---	---

図 3-9 地物 ID-空間 ID のペアリスト CSV ファイルの例

出典：「PLATEAU のための空間 ID 生成ツール 技術検証レポート」
https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_tech_doc_0055_ver01.pdf

空間情報システムへ 3D 都市モデル（建築物）の空間属性情報をインポートする方法には、以下の 2 パターンが考えられる。

- ・ リンクテーブルだけを構築し、空間 ID 生成ツールから出力される CSV を使用することで、簡単にリンクテーブルの生成が可能となる。
- ・ CSV（地物 ID と空間 ID のペアリスト）もしくは、CityGML ファイル（XML 直接埋め込み）内の空間 ID からリンクテーブルを作成し、空間 ID に紐づく地物 ID をキーに CityGML から属性を取得して登録する。

CityGML のデータを空間 ID に変換する際には、空間情報システムにおいて共通ライブラリ（ジオメトリから空間 ID に変換する機能）を用いて空間 ID を付与する場合及びデータ提供者において事前に空間 ID を付与する場合（想定ケース①）が存在する。

また、データ提供者において事前に空間 ID を付与する場合には、属性情報は扱うことができないが、地物 ID 及び空間 ID のペアリストの CSV ファイルを用いるケース（想定ケース②）、空間 ID が付与されている XML ファイルを用いるケース（想定ケース③）に分けられる。想定ケースごとのインポート機能の概要と特徴を表 3-4 に示す。

表 3-4 想定ケースごとのインポート機能の概要と特徴

#	区分	想定ケース	インポート機能の概要	特徴
①	インポート機能の中で空間 ID を付与する場合	インポート機能の中で共通ライブラリを使用することもでき、地物 ID に空間 ID を紐づけて使用するケース	データからジオメトリを読み込んで、インポート機能の内部でジオメトリを空間 ID に変換する。その際に共通ライブラリを利用することもできる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 共通ライブラリを使って変換できる（ジオメトリ-空間 ID への変換） ・ 現状では、CityGML を属性情報付きのアプリケーション用ファイルに変換してから使用するため外部アプリ（FME Desktop 等）が必要になる。 ・ インポートする際にジオメトリ-空間 ID 変換を行うため、待ち時間が長くなる。

② ③ 共通	データ（ジオメトリ）を事前に変換し、空間 ID を紐づけて使用するケース	データからジオメトリを読み込んで、事前に空間 ID を付与したデータファイルをインポートする際に読み込む。	<ul style="list-style-type: none"> バックグラウンド処理が可能になり、インポート時に待ち時間が少なくなる。 複数時の事業者が同じ変換する場合に事前に変換しておくことで一度処理することでインポートすることが可能になる。
②	属性情報を含まない地物 ID-空間 ID のペアリスト (CSV) を読み込んで使用するケース	データセット単位 (図郭単位) の CSV ファイルを読み込むことで全ての地物 ID に対応した空間 ID を読み込む。	<ul style="list-style-type: none"> インポートの際に対応づけが不要となる (読み込むだけで利用できる) 建物 ID ごとの分離は可能である。 属性情報を参照できない。
③	CityGML (XML) を参照して属性情報付きで地物情報を読み込んで使用するケース	属性情報もあらかじめ付与されているところに空間 ID を付与した XML を読み込む。	<ul style="list-style-type: none"> リンク情報付きの XML、もしくは、単一の空間 ID が付与された XML ファイルを読み込むことで必要な属性情報が得られる。 詳細度の高いズームレベルを対象とする場合はファイルサイズが膨大になる。

(3) インポート機能の中で空間 ID を付与する場合

インポート機能は、競争領域として事業者及び開発者において自由に実装することを想定しているが、開発生産性を高める観点から、本ガイドラインにおいて具体例を示すに当たっては、共通ライブラリにおける 2 次元又は 3 次元の点、線、面、立体のジオメトリから空間 ID に変換する機能を用いることを前提に置く。共通ライブラリにおける同機能は、ズームレベルを指定した上でリンクテーブル (ジオメトリと空間 ID の紐付け) を出力することが主な機能になっている。共通ライブラリで全ての処理を行えるわけではないので、その場合には事業者及び開発者において必要な機能を実装する必要がある。

インポート機能の中で空間 ID を付与する場合のインポート機能を図 3-10 に示す。

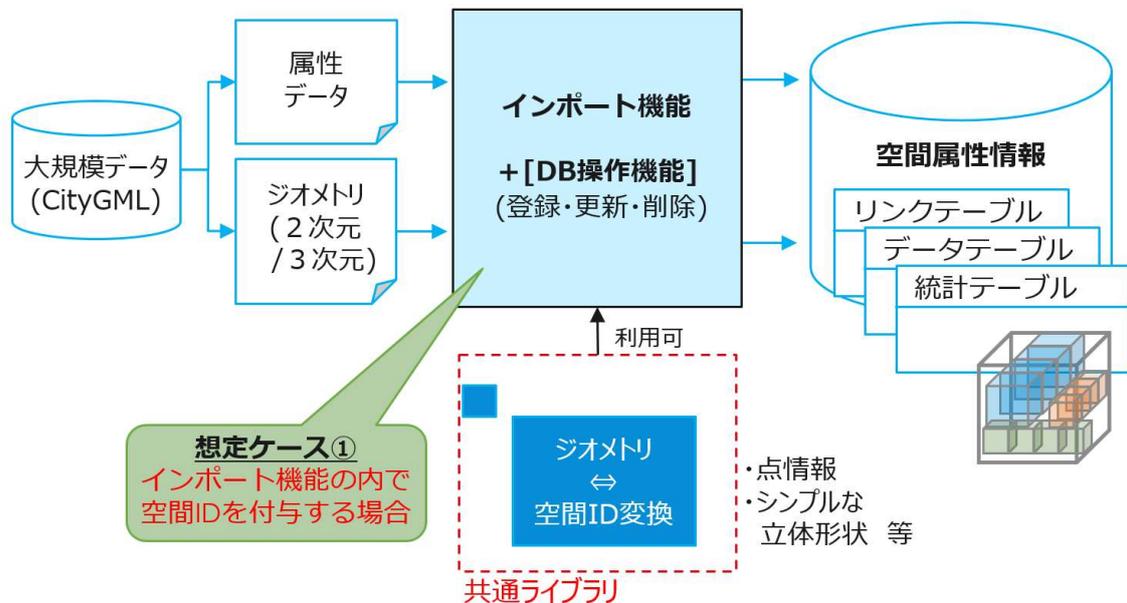


図 3-10 インポート機能の中で空間 ID を付与する場合のインポート機能

(4) データ提供者が提供するデータに空間 ID を事前に付与する場合
 データ提供者が提供しているデータコンバータを用いることで、CityGML から直接に地物 ID と空間 ID のペアリストを CSV ファイルで生成することや、XML ファイルにおいて CSV ファイルへのリンクを付与すること、CityGML ファイルに空間 ID を直接に付与することができる。これらのファイルをインポートする機能(想定ケース②～③)の概念を図 3-11 に示す。

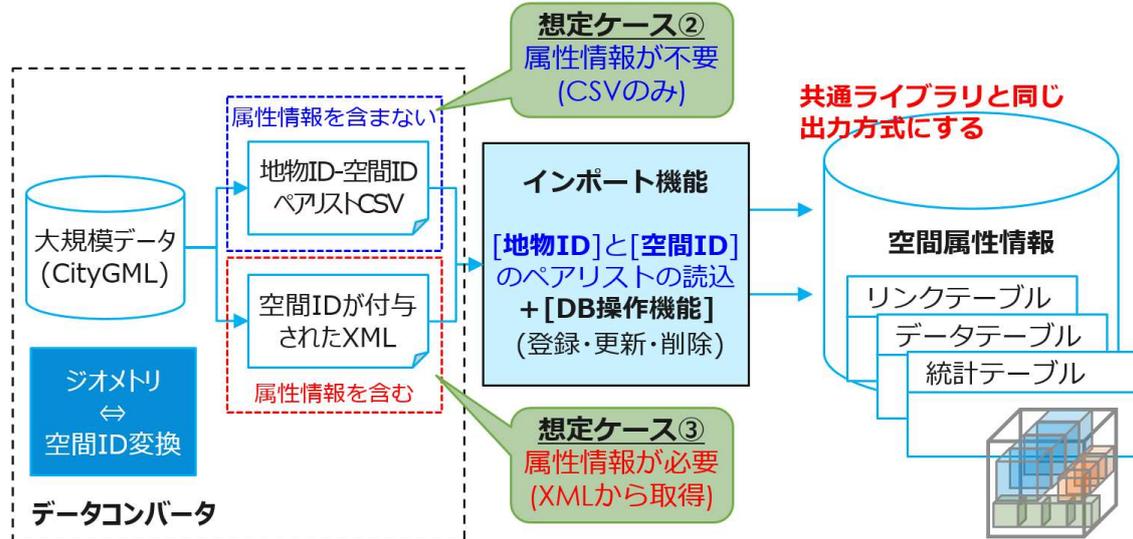


図 3-11 データ提供者が提供するデータに空間 ID を事前に付与する場合のインポート機能

想定ケース②は、属性情報を使用しないケースであり、ドローン等のユースケースにおいて種別を問わずに障害物を回避するようなケースが該当する。この場合、属性情報を含まない地物 ID と空間 ID のペアリストが列挙された CSV ファイルをインポートすることで、空間 ID に対応した空間ボクセルの情報を得ることができる。

想定ケース③は属性情報を必要とするケースであり、様々なユースケースでの利用が想定される。このような場合、CityGML ファイルに属性情報が格納されているため、リンクテーブルを作成した後、データテーブルを作成するために、ユースケースで使用する属性情報を CityGML ファイルから取得する必要がある。

(5) 空間属性情報の操作

空間属性情報の操作を含むデータのインポート機能については、本ガイドラインに記載している共通ライブラリ(3.2.2 節)や、あらかじめデータコンバータで変換したファイルを読み込むことで、各事業者が個別に実装することを想定している。

インポート機能の出力である空間属性情報はリンクテーブル、データテーブル、統計テーブルで構成される。表 3-5 には、その定義、取得・生成方法、出力項目の例を示す。

表 3-5 空間属性情報の構成要素

構成要素	リンクテーブル	データテーブル	統計テーブル
定義	地物 ID と空間 ID のペアリスト	地物 ID に紐づく属性情報(事象)のリスト	空間 ID に紐づく集計した統計情報のリスト
取得・生成方法	共通ライブラリ又はデータコンバータでジオメト	データが保有する属性情報を取得してリストを生	空間 ID の単位で属性情報を集計して統計情報と

	リを変換して空間 ID を生成する。	成する。	してのリストを生成する。
出力項目の例	地物 ID、空間 ID	地物 ID、名称、建築年等	空間 ID、個数、面積合計値、面積平均値、最大値、最小値等

空間属性情報の操作(登録・更新・削除)の各機能は、共通ライブラリ(3.2.2 節)と出力形式を合わせることで、リンクテーブル、データテーブル、統計テーブルに対するインポート機能を共通化することが可能になる。

3.3. 空間情報システム (領域別仕様)

3.3.1. ドローン領域

(1) 目的

ドローン領域は、情報処理能力が小さいシステムであっても扱えるように空間属性情報を軽量化する必要があるといった性質や、運航する環境に範囲を限定しながらも最新の空間属性情報をリアルタイムに把握する必要があるといった性質を有する領域である。ドローンの運航にあたっては、飛行する空域の安全性を確認することが必要である。具体的には、飛行する前に、飛行する空域における、地物・地形情報、気象情報、規制情報、電波環境情報、人流情報、他の有人機・無人機の飛行計画等の様々な情報を総合的に判断し、安全な飛行ルートを策定する必要がある。また、飛行中には、飛行計画時の情報からの変化を即時に把握して、必要に応じて飛行ルートの変更等を行う必要がある。

一方で、こうした空域における情報は、様々な運用者によって異なる基準に基づいた空間属性情報として管理されていることから、空間 ID を介して、これらの情報を自動的に検索・統合できるようにする。ドローン領域において、空間 ID を活用するイメージを図 3-12 に示す。

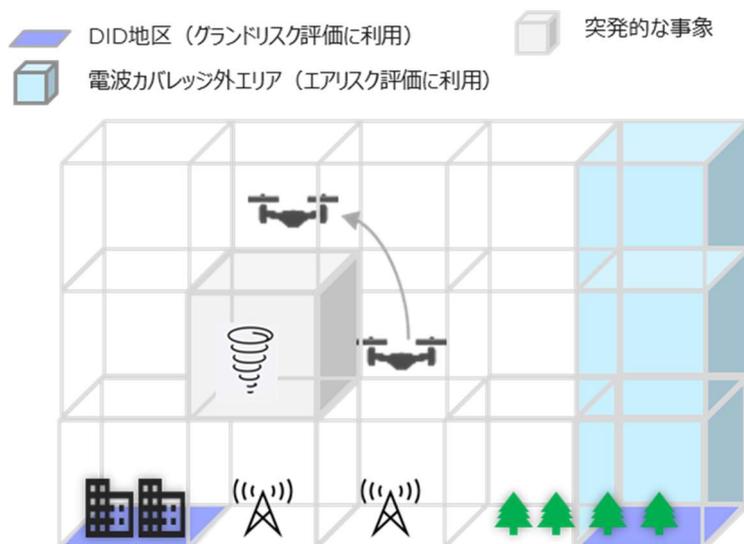


図 3-12 ドローン領域における空間 ID の活用イメージ

(2) 要求事項

表 3-6 に示すように対象となる空間属性情報は地上の構造物のみでなく、気象に代表されるような空中の情報が含まれる。また、対象毎に、情報の更新頻度が異なる。

表 3-6 ドローン領域における空間 ID に対する要求事項 (例)

情報種別	用途	情報更新通知頻度	空間情報への要求
地形情報	衝突を回避した飛行計画を作成	数時間～数日	飛行経路作成、障害物回避のために空間の占有情報が必要 地上リスク評価の材料として地形(川、道路等)の情報が必要
気象情報	天候を考慮した飛行計画を作成	数分～数日	飛行計画作成時には飛行日時の気象予報(降雨量、風速、気温、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
規制情報	一時的又は固定的に設定される規制エリアを回避した飛行計画を作成	数時間～数日	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 火災やイベント等により一時的に飛行を禁止されている空域の情報が必要
電波環境情報	電波環境を考慮した飛行計画作成	数日	電波不感地帯や衛星測位精度の低い空域を避けて飛行計画を作成するために通信カバレッジや測位可否の情報が必要
人流情報	人流の多いエリア及び時間帯を避けた飛行計画作成	数時間～数日	第三者上空飛行のリスクを踏まえた最適な飛行経路選択に必要

(3) 領域別基盤の概要

ドローン領域空間情報システムは、補助データサービスプロバイダ (SDSP) が有する様々な情報種別の情報を集約するアグリゲーターとして位置付けられ、集約した情報を USS(Unmanned aircraft system Service Supplier) 等のドローン関連各種システムに提供する。(図 3-13)

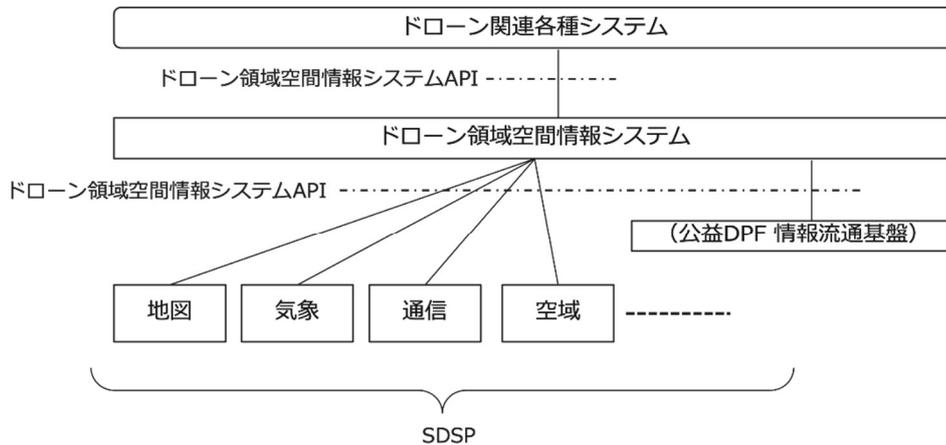


図 3-13 ドローン領域における空間情報システム の位置付け

ドローン領域の空間情報システムは、領域を横断して共通的に利用する共通 API、ドローン領域内で共通的に利用する領域 API 及び事業者が固有に定義する固有 API を提供する。空間情報システムが空間情報を提供するためのソースになるデータは、データ提供者から取得した情報をインポート機能により一括して取り込むか、API 等（データ流通システムを含む）を利用して取得する。データ提供者についても、共通 API 及び領域 API を用いてデータを提供することを推奨する。

なお、空間情報システムの実装は、事業者で定めるものとするが、図 3-14 に空間情報システムの実装モデルを示す。

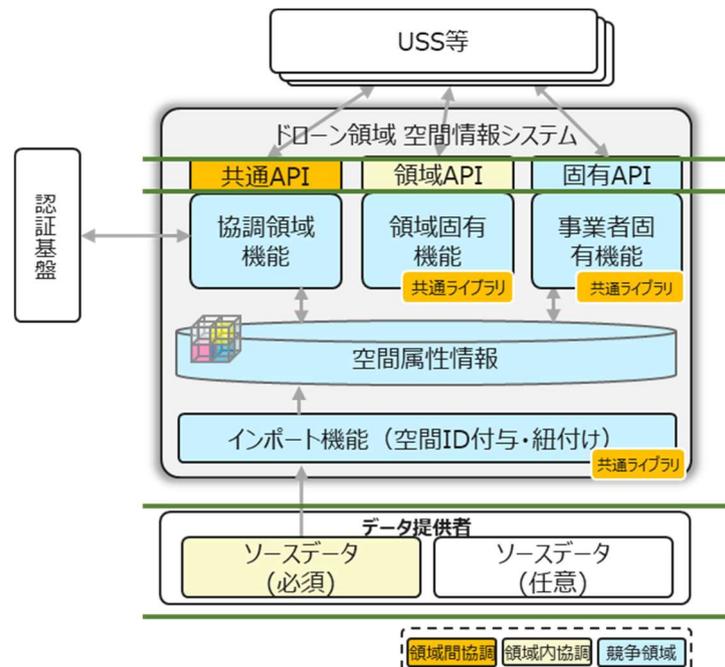


図 3-14 ドローン領域空間情報システム実装モデル

共通 API

領域を横断して共通的に利用する API である。例えば、空間情報システムへのアクセスの認証を行う API が挙げられる。

領域 API

領域内で共通的に利用する API である。例えば、ドローンの飛行が可能な空間領域を空間 ID で取得する API 及び空間情報システムに空域情報を設定管理する API が挙げられる。

固有 API

共通 API 及び領域 API では不足する機能について、事業者が個別に定義する API である。

空間属性情報

各 API で授受される空間属性情報を管理する。データベースのスキーマ及び利用するデータベースプラットフォームは空間情報システムを提供する事業者が定める。

インポート機能

API を経由せず、データ提供者のファイルベースのソースデータをデータベースに取り込むための機能である。

(4) 領域別機能

ドローンの飛行ルートを作成するにあたり、飛行ルート上の障害物になる建造物及び飛行場周辺等の飛行制限区域といった地上及び空域の情報を空間情報システムが管理し、USS 等のユーザーに対して提供する。

主な機能は次のとおり。

- ① 検索条件に合致する空間ボクセル（集合）を検索する機能
- ② 空間ボクセル内に含まれる属性値を抽出する機能
- ③ 空間ボクセル集合に属性値を登録・更新する機能
- ④ 空間ボクセルの値を削除する機能
- ⑤ 特定のインターフェースファイルから、空間ボクセル集合に属性値を一括登録するインポート機能

利用例を図 3-15 に示す。

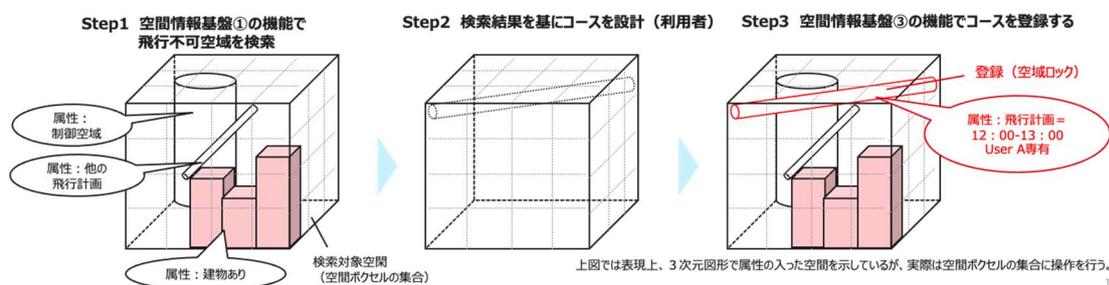


図 3-15 ドローン飛行計画作成における空間情報システム利用例

(5) 保持する空間情報

ドローン領域空間情報システムは表 3-7 に示す空間情報を保持する。

これらのデータはファイル等のインポート、もしくは後述の API を利用してドローン領域空間情報システムに入力される。

保持する空間情報は今後適宜追加する。

表 3-7 ドローン領域空間情報システムが保持する空間情報 (例)

空間情報	必須レベル 更新頻度	想定されるソースデータ	
		参照先	仕様
バリア 地形情報	格納必須 更新：不定期	基盤地図情報 数値標高モデル (国土交通省 国土地理院) https://fgd.gsi.go.jp/otherdata/spec/FGD_DLFileSpecV4.1.pdf	仕様： JPGIS2014
バリア 建物情報	格納必須(※) 更新：不定期	Project PLATEAU 3D 都市モデル (国土交通省 都市局) https://www.mlit.go.jp/plateaudocument/	仕様： CityGML 2.0
飛行制限 空域	格納必須 更新：28 日・ 不定期	空域及び飛行禁止空域 (国土交通省 航空局)	仕様： 今後検討
気象	格納は任意 更新：定期 (サイクルは 情報の種類に よる)	航空気象情報 (気象庁)	仕様： 今後検討
電波強度	検討中	検討中	検討中

(※) 格納する 3D 都市モデルの LOD によっては、特殊な建物(例えば、電波塔や風車)などの高さ情報などが正確に再現されない事もある為、格納する 3D 都市モデルは確認する事が望ましい

(6) API データ仕様

ドローン領域空間情報システムにおける空間情報のタイプ及び値を表 3-8 に示す。

個別に規定するケースを除き、ドローン領域空間情報のタイプは、バリア、飛行空域、一般に分類する。同一の空間に対して重畳して値を設定することができる。タイプや値は適宜追加する。

表 3-8 ドローン領域空間情報システムにおける空間情報（例）

空間情報タイプ		属性値（値）
バリア	地形情報	情報元リンク
	建物情報	情報元リンク
飛行空域	飛行制限空域	飛行禁止、飛行制限、訓練等空域、一時制限 情報元リンク
	緊急用務空域	情報元リンク
	飛行計画空域	飛行予定時刻、占有時間、予約 ID 利用者 ID
	航路エリア	管理サーバーアドレス（USS）、航路 ID、 他航路接続情報
	オーバーレイ	管理サーバーアドレス（ドローン領域空間情報 システム）
一般	気象	現況、予報、情報元リンク
	電波強度	キャリアごと電波強度、情報元リンク

（7）API 仕様

ドローン領域空間情報システムの API を表 3-9 に示す。空間情報システムにおいて、飛行計画策定に必要な空間属性情報を管理し、飛行許容領域を USS 等のドローン関連各種システムに提供する API を備え、ドローン領域空間情報システムが保持する空間情報の内容（値）の登録や取得、削除を行うことができる。

ドローン関連各種システムは値取得 API を利用してバリアや飛行禁止領域でない空間を取得しドローンの飛行ルートを決定するなど利用する。また、これらの手続きを簡略にするために飛行許容領域取得の API を提供する。飛行許容領域とは、建物などのバリアが存在せず、飛行禁止空域や飛行計画などが設定されていない空間である。

表 3-9 ドローン領域空間情報システムにおける API

分類	API 名	機能	入力	出力
認証	システム接続認証 (Connect)	ドローン領域空間情報システムへの接続 認証を行う	ユーザーID	OK/NG
飛行許容 領域取得	飛行許容領域取得 (SelectAirspaceArrangement) (SelectAirspaceArrangementStream)	バリアや飛行制限な どが存在しない取得 する	領域 *	飛行許容領 域 *
空間情報	登録	オブジェクトを登録	空間情報	ObjectID

管理	(PutObject)	する		
	取得 (GetObject)	オブジェクトの空間 情報を取得する	ObjectID	空間情報
	削除 (DeleteObject)	オブジェクトを削除 する	ObjectID	
	値取得 (空間 ID 指定) (GetValue)	指定領域の空間情報 を取得する	空間 ID 群	空間情報
	飛行計画情報登録 (PutReserveArea)	飛行計画の経路 (空 域) 及び時刻を登録 する	飛行経路・ 領域 * 時刻等	OK/NG 予約 ID**

*は空間 ID 群で表現される

**予約 ID は ObjectID と等価

以下、各 API の機能概要を示す。API 仕様の詳細は APPENDIX-2 (API 仕様書) を参照のこと。

① 飛行許容領域を取得する API

空間 ID 群で表現した領域をリクエストすることで、当該領域内で飛行許容領域を空間 ID 群でレスポンスを返す。

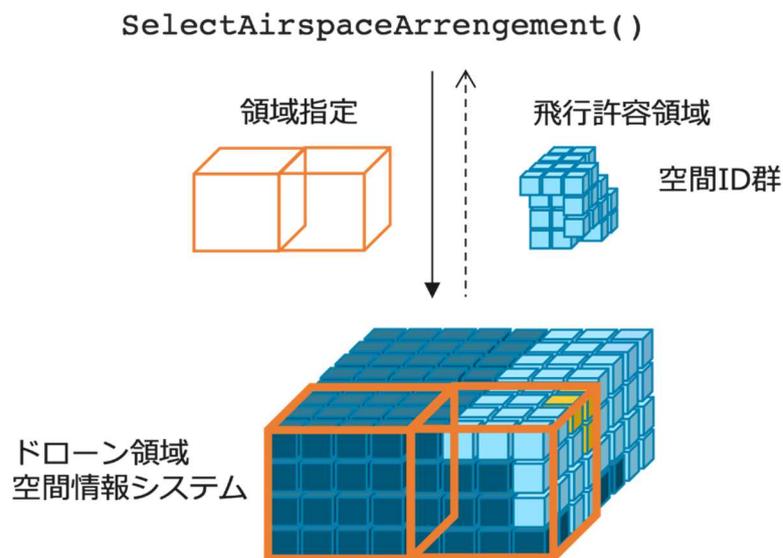


図 3-16 飛行許容領域取得 API

② オブジェクトの登録や削除を行う API

空間 ID 群で表現されるバリアや飛行空域などの空間情報について、登録・取得・削除を行う API である。バリアや飛行空域はオブジェクトとして空間 ID 群で表現される。オブジェクト登録によって、登録した空間 ID 群に対して、オブジェクト ID が付与される。

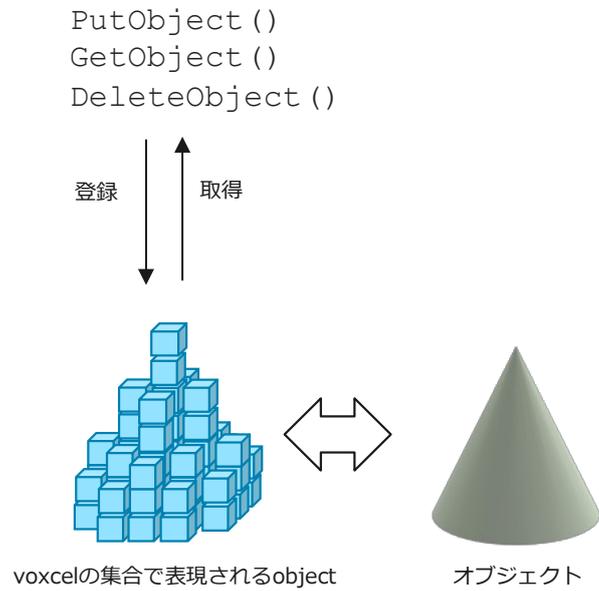


図 3-17 オブジェクト登録削除API

③ 指定領域の空間情報を取得する API

領域と空間情報タイプを指定し、該当する空間情報を得るための API である。

例

オレンジ色枠のエリアおよびタイプに飛行制限を指定すると、飛行制限空域の情報が返る

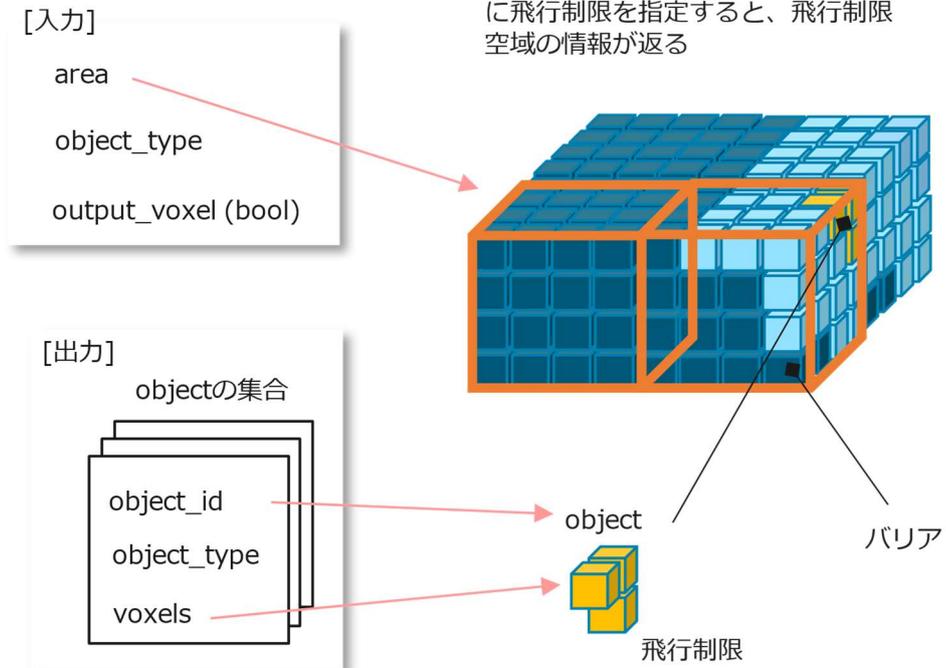


図 3-18 空間情報取得 API

④ 飛行計画空域を登録する API

飛行計画空域を予約するための API である。オブジェクト登録 (PutObject) は重複登録が許容されるが、本 API では同一時刻帯の次の空間情報が登録されている場合は登録が拒否される。

- ・ バリア
- ・ 飛行制限空域
- ・ 緊急用務空域
- ・ 飛行計画空域
- ・ オーバーレイ

レスポンスで返る予約 ID はオブジェクト ID と等価であり、予約解放には、オブジェクト削除 API を用いる。

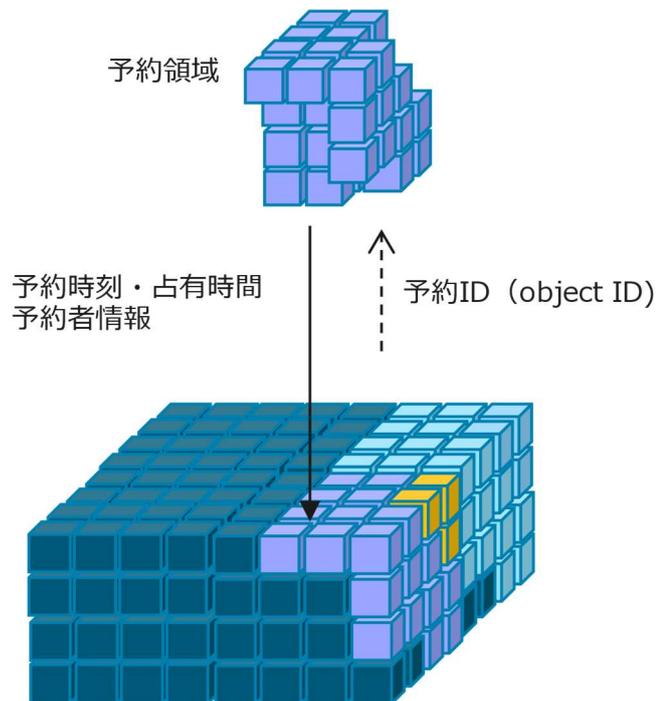


図 3-19 飛行計画空域登録 API

(8) API アクセス権限

ドローン領域空間情報システムは、API 毎、空間情報種別毎にアクセス可否を制御できる仕組みとし、ユーザーに対してアクセス可否の設定を行う。

登録された情報は (アクセス権を有する) 他のユーザーに対して公開される。

(9) SDSP インターフェース

ドローン領域空間情報システムは、各種の SDSP から情報を取得することがある。また、

SDSP は、USS などのドローン関連各種システムからのリクエストを受けることから、SDSP においても、本仕様で定める GetObject、GetValue などの API を備えることを推奨する。

3.3.2. 地下埋設物領域

(1) 目的

地下埋設物領域は、インフラ設備という機微な空間属性情報をアクセスできる相手及び内容を限定して共有する性質を有する領域である。地下埋設物の工事を行う際には、工事領域における地下埋設物の存在確認を行い、必要に応じて地下埋設設備保有者の立会を要請する必要がある。この地下埋設物の存在確認を埋設物照会と言う。これは、電力・ガス・上水道・下水道・通信の各地下埋設設備保有者に対して個別に実施する必要がある。

地下埋設物の存在エリアを空間 ID として空間情報基盤システムで管理を行い、埋設物照会を一元的に行うことで、埋設物照会における業務効率化を実現し、業務時間の短縮が可能になる。

また地下埋設物領域における空間情報基盤システムは、埋設物照会以外に、掘削工事を行う際の建設機械で用いられるマシンガイダンスへの応用が考えられる。埋設物照会と同様に、工事エリアにおける埋設設備の存在エリアを取得し、その情報を建設機械のマシンガイダンスに登録することで、建設機械のオペレータに対して地下埋設物の所在地を共有することが可能である。これにより埋設物の破損事故を回避できるだけでなく、建設機械のオペレータにおける作業時間の短縮が可能になる。

更に自然災害等が発生してインフラ設備に影響を与えた場合、インフラ設備の影響状況を、各地下埋設設備保有者が空間 ID に与えることにより、災害発生エリアにおける状況の一元的な把握を行うことが可能になる。これにより災害発生時におけるインフラ設備の影響把握、及び応急復旧計画策定における支援が可能になる。

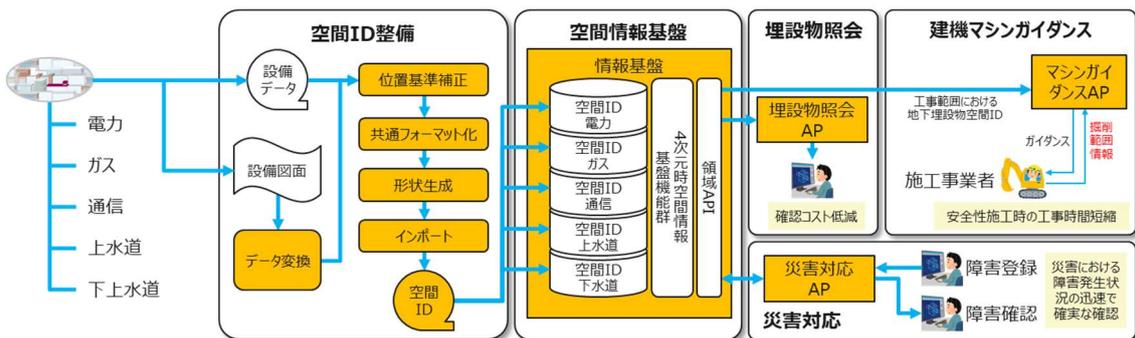


図 3-20 地下埋設物領域における空間 ID 活用イメージ

(2) 要求事項

埋設物照会及び建設機械マシンガイダンスにおける空間 ID に対する要求事項は下記のとおりである。情報更新は定期的実施される必要がある。

表 3-10 地下埋設物領域における空間 ID に対する要求事項（例）

空間情報種別	用途	情報更新頻度	空間情報への要求
電力	埋設物照会及び建設機械マシンガイダンス	定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	<ul style="list-style-type: none"> 電力設備の地下における位置情報が必要 電力設備の形状が推定可能な情報が必要
ガス		定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	<ul style="list-style-type: none"> ガス設備の地下における位置情報が必要 ガス設備の形状が推定可能な情報が必要
通信		定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	<ul style="list-style-type: none"> 通信設備の地下における位置情報が必要 通信設備の形状が推定可能な情報が必要
上水道		定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	<ul style="list-style-type: none"> 上水道設備の地下における位置情報が必要 上水道設備の形状が推定可能な情報が必要
下水道		定期更新（月～年） データ提供時点の最新情報	<ul style="list-style-type: none"> 下水道設備の地下における位置情報が必要 下水道設備の形状が推定可能な情報が必要

（3）地下埋設物情報から空間 ID への紐付け

地下埋設物情報から空間 ID への紐付けについては、各地下埋設設備保有者のデータを共通的に利用可能にするために、位置基準による設備位置の補正を行い、共通フォーマットに変換を行った上で実施する。

各地下埋設設備保有者が保有する地下埋設物情報は、位置基準としての背景地図が異なっているため、地下埋設物情報を GIS 上で重畳した場合に設備位置が合わない。従って各地下埋設設備保有者の地下埋設物情報を、位置精度が担保された共通的な位置基準（マンホール等）を用いて、設備位置の補正を行う必要がある。

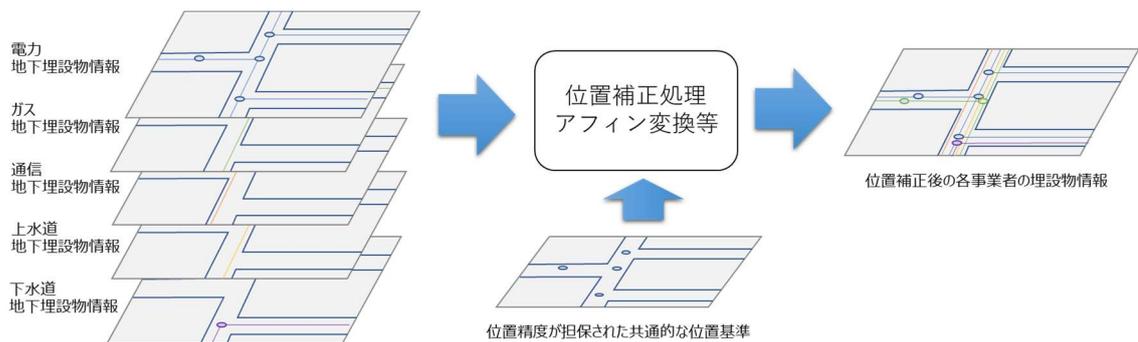


図 3-21 地下埋設物情報の位置補正

また各地下埋設設備所有者の地下埋設物情報は、それぞれ異なるフォーマットで構成されている。共通フォーマットへの変換をすることで、異なるフォーマットの地下埋設物情報を統一的に扱うことができるようになる。共通フォーマットとしては、Project PLATEAU（国土交通省）において提供している「3D 都市モデル標準製品仕様書」（※）の3D 都市モデル（地下埋設物）を採用する。

3D 都市モデル（地下埋設物）に変換を行う場合は、地下埋設物情報を元に LOD2 の表現を行う。LOD2 は設備の外観形状を 3D モデルとして表現したものである。

（※） https://www.mlit.go.jp/plateaudocument/#toc0_01

LOD2				LOD2			
取得例							
説明	管路の外周の上からの正射影を、管路が埋設された深さから、管径の大きさを下向きに立ち上げた立体として表現する。	複数まとめて埋設されている管路の最外縁を外周とし、その上からの正射影を、管路が埋設された深さから、管径の合計の大きさを下向きに立ち上げた立体として表現する。	ケーブルの外周の上からの正射影を、ケーブルが埋設された深さからケーブルの径の大きさを下向きに立ち上げた立体として表現する。	複数まとめて埋設されているケーブルの最外縁を外周とし、その上からの正射影を、ケーブルが埋設された深さからケーブルの径の合計の大きさを下向きに立ち上げた立体として表現する。	構造物の外周の正射影を取得し、構造物が埋設された深さから構造物の高さで下向きに立ち上げた立体を作成する。	井栓類、ガバナ等の設備を包含する矩形の正射影を、設備が埋設された深さから設備の高さで下向きに立ち上げた立体として表現する。	マンホール本体の外周の上からの正射影を取得し、地表からマンホールの深さで下向きに立ち上げた立体を作成する。
取得例							
説明	構造物の外周の正射影を取得し、構造物が埋設された深さから構造物の高さで下向きに立ち上げた立体を作成する。	井栓類、ガバナ等の設備を包含する矩形の正射影を、設備が埋設された深さから設備の高さで下向きに立ち上げた立体として表現する。	マンホール本体の外周の上からの正射影を取得し、地表からマンホールの深さで下向きに立ち上げた立体を作成する。	ハンドホール本体の外周の上からの正射影を取得し、地表からマンホールの深さで下向きに立ち上げた立体を作成する。			

引用：3D 都市モデル標準製品仕様書

図 3-22 3D 都市モデルにおける表現 (LOD2)

地下埋設物情報で必要となる情報は、管路に関しては管路の平面位置座標並びに埋設深度、管路の条数・列数・段数・離隔、及び埋設物照会などのユースケースで必要となる情報となる。マンホールに関しては、マンホールの平面位置座標並びに埋設深度、マンホールの躯体寸法、及び埋設物照会などのユースケースで必要となる情報となる。注意する点としては、管路の場合は外観を簡易的に表現する直方体で表現することと、複数の管路が一体的に埋設されている場合は、管路一本一本を 3D モデルにするのではなく、複数管路をまとめて 3D モデルとして表現を行う。またマンホール等についても同様に、外観形状を表現する円柱等として 3D モデルを作成する。

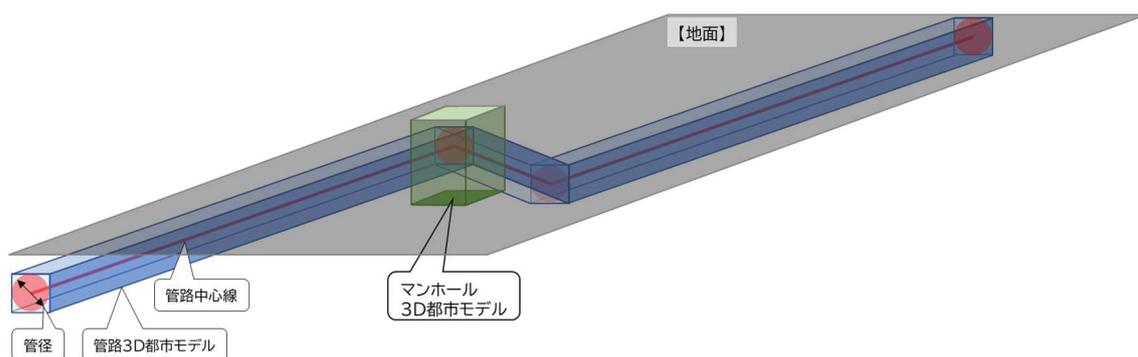


図 3-23 インフラ設備情報から作成される 3D 都市モデル

地下埋設物情報を 3D 都市モデルに変換後に、空間 ID への紐付けを行う。3D 都市モデルの存在する場所を把握した上で、その場所に該当する空間 ID を出力する。空間 ID のズームレベルについては、各地下埋設設備保有者が決定できるものとし、設備の設置場所に応じて複数の空間 ID のズームレベルで構成しても良い。

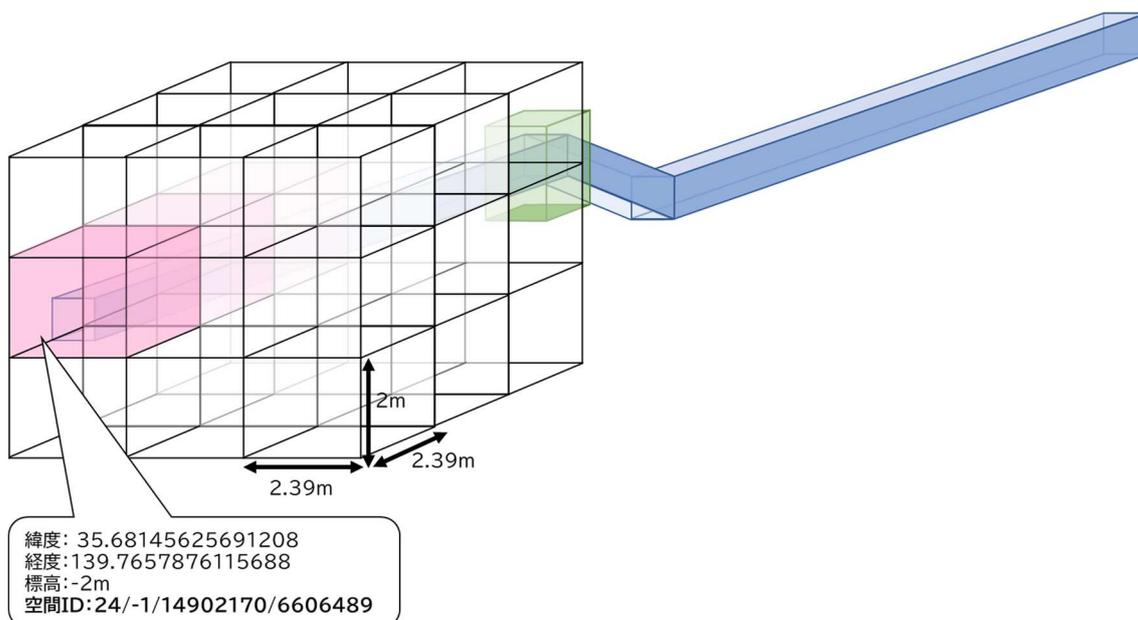


図 3-24 3D 都市モデルから作成される空間 ID

(4) 領域別基盤の概要

地下埋設物領域の空間情報システムは、地下埋設物領域において共通的に利用する領域 API 及び事業者が固有に定義する固有 API を提供する。空間情報システムが空間情報を提供するためのソースになるデータは、データ提供者から取得した情報をインポート機能により一括して取り込むか、API を利用して取得する。データ提供者についても、共通 API 及び領域 API を用いてデータを提供することを推奨する。

なお、空間情報システムの実装は、事業者で定めるものとするが、図 3-25 に空間情報システムの実装モデルを示す。

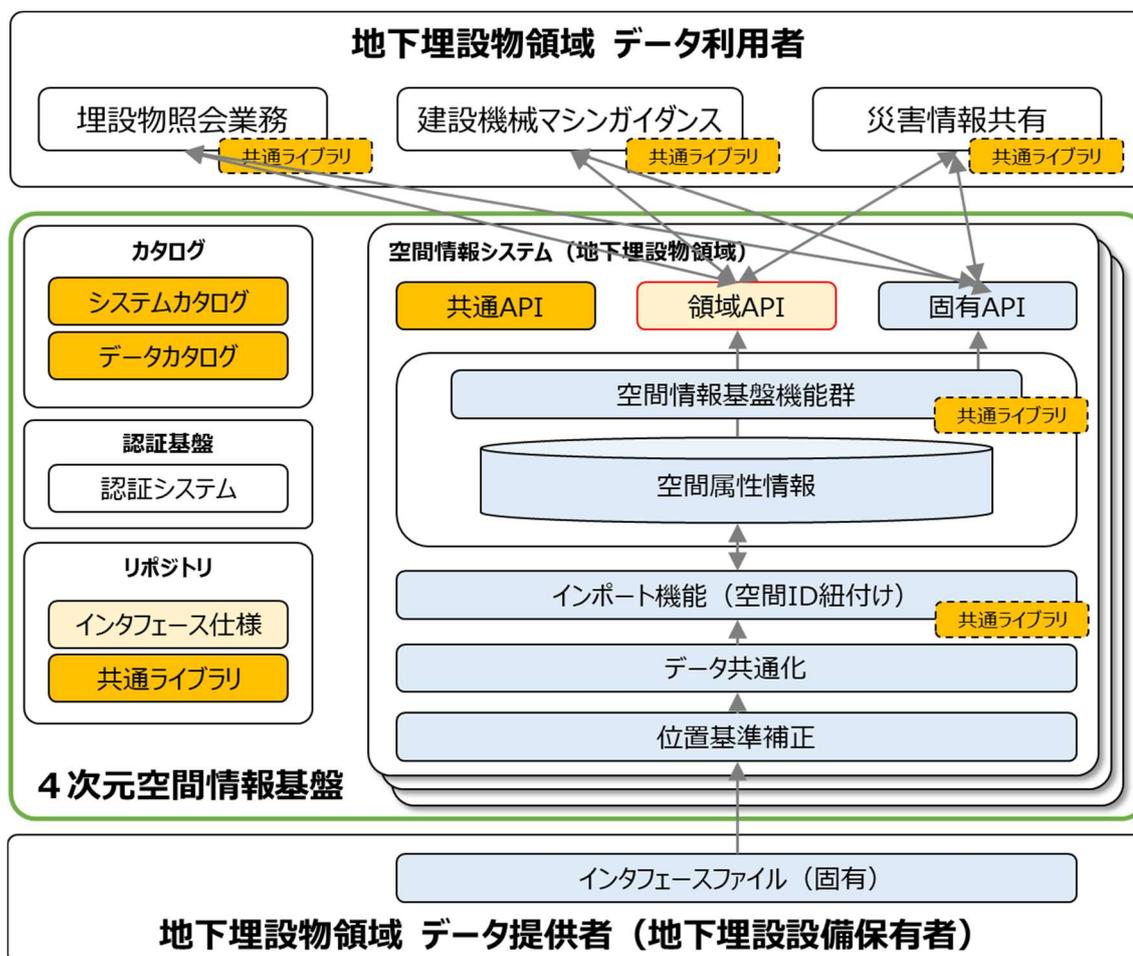


図 3-25 地下埋設物領域における空間情報システムの実装モデル

共通 API

領域を横断して共通的に利用する API である。例えば、空間情報システムへのアクセスの認証を行う API が挙げられる。地下埋設物領域においては、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の際には関係者の合意形成が必要と想定される。

領域 API

領域内で共通的に利用する API である。例えば、埋設物照会及び建設機械のマシンガイダンス、災害情報共有等の地下埋設物領域内で実装されるアプリケーションが必要な情報を呼び出す API が挙げられる。

固有 API

領域 API では不足する機能について個別に定義する API である。

4次元時空間情報基盤機能群

領域 API、固有 API を実現するための機能の集合体である。

空間属性情報

各 API で授受される地下埋設物に関する空間属性情報を管理する。地下埋設物管理者単位にデータが分けて管理されており、異なる管理者のデータが混在しない。デ

データベースのスキーマ及び利用するデータベースプラットフォームは空間情報システムを提供する事業者が定める。

インポート機能

API を経由せず、共通化された地下埋設物のデータを読み込み、空間 ID の付与を行った上で、データベースへの登録を一括で行う。また既に登録された地下埋設物の空間 ID を指定して、データの一括更新・削除を行う。

(5) 領域別 API 仕様

地下埋設物領域における API は、領域 API、固有 API の 2 つを定義する。領域 API は、地下埋設物照会を行う際の業務フローに対応して呼出しを行うものを定義する。

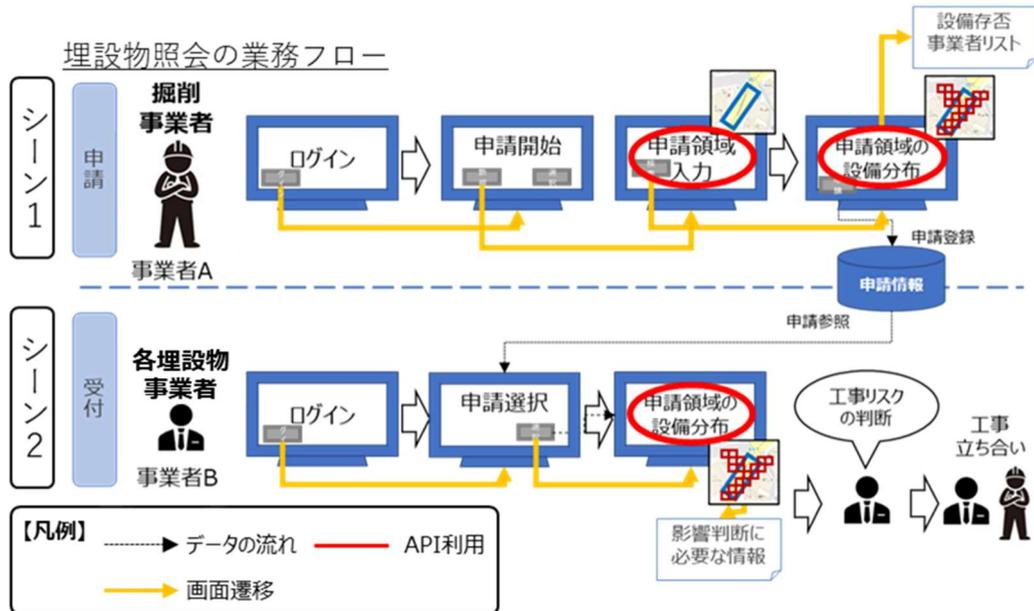


図 3-26 地下埋設物照会における業務フロー

地下埋設物照会業務は、掘削工事時に地下埋設物の有無を確認する掘削事業者と、自社設備への影響を判断する各地下埋設設備保有者の間で実施される。掘削事業者及び各地下埋設設備保有者の以下のシーンで、領域 API を利用する。

表 3-11 地下埋設物照会業務フローで利用される領域 API

API 利用者	利用シーン	利用シーン概要	領域 API
掘削事業者	地下埋設物照会申請	掘削工事を行うエリアを地図上で指定し、掘削深度を入れることで、地下埋設物照会エリアに対応した空間 ID を生成・登録する。	SelectFacility
	地下埋設物照会	申請した地下埋設物照会エリアに存在する地下埋設物を検索し、地下埋設物が存在するエリ	SelectFacility GetValue

		アの空間 ID と存在する設備数を返却する。	
各地下埋設設備保有者	地下埋設物照会	掘削事業者によって申請された地下埋設物照会エリアに存在する自社の地下埋設物を検索し、地下埋設物が存在するエリアの空間 ID と存在する自社の設備情報を返却する。	SelectFacility GetValue

地下埋設物照会業務フローで利用する領域 API は下表のとおり。詳細な API 仕様は今後、検討を行う。

表 3-12 地下埋設物照会業務フローで利用する領域 API

分類	API 名	機能	入力	出力
認証	Connect	接続認証を行う。	ユーザー ID	OK/NG
設備取得	SelectFacility	地下埋設物の存否を取得する。	取得対象領域、又は空間 ID リスト 存在時間範囲	設備存在領域
値取得	GetValue	地下埋設物情報を取得する。	空間 ID	管理事業者リスト 連絡先

(6) 地下埋設物領域データ仕様

地下埋設物領域空間情報システムにおいて、インポート機能又は API を利用して取得するデータは以下のとおり。

表 3-13 インポート機能で対応するデータ仕様 (例)

空間 ID 種別	名称、提供者及び参照先	必須レベル 更新頻度	備考
設備	電力事業者 ガス事業者 通信事業者 上水道 下水道	格納必須 更新：不定期	Project PLATEAU 3D 都市モデル(地下埋設物) ●座標系： JGD2011 平面直角座標系 ●地下埋設物図形定義： CityGML 2.0

各 API で授受される空間情報の種別や属性値は以下の通りとなる。

表 3-14 4次元時空間情報データベースにおけるデータ仕様

空間 ID 種別	属性値 (値)
設備存在数	存在数
連絡先	XXX-XXXX-XXXX
存在開始日時	YYYY/MM/DD
存在終了日時	YYYY/MM/DD

3.3.3. 地図・GIS領域

(1) 目的

地図・GIS領域は多様なユースケースに対して汎用的に空間 ID を活用する領域とする。地図・GIS領域において多様なユースケースが創出される中で、今後、ドローン領域及び地下埋設物領域の他に新たな個別領域が創出されることを想定する。

本節においては、浸水域の災害情報を空間 ID と紐付けて可視化する統合災害情報の提供を行う防災ユースケース及び建物内の情報を空間 ID に紐付けてロボットや人のナビゲーションに活用する建物内移動を支援する屋内移動ユースケースを取り扱う。

- ・ 防災ユースケースにおいては、現状、ハザードマップ等の防災情報は 2 次元データとして提供され、取り扱われることが主流である。また、これらの情報は異なる座標系で作成されている場合が多く、かつ時間軸で管理されていないため、それぞれの情報の複合利用や、多様な情報の管理・可視化が現状の課題である。
- ・ 屋内ナビゲーションのユースケースにおいては、自律走行ロボットによる配送は少子高齢化や地方の空洞化などを背景として、高齢者や過疎地域住民などの買い物弱者対策や人手不足対策、また、災害時の物資輸送などのニーズが想定されている。一方、技術面・ビジネス面では、屋内外移動では座標系が異なるため、シームレスな移動ができず、対応にかかる開発工数が膨らみ、配送サービス事業者の市場参入の障害である。
- ・ 上述の課題に対し、防災分野においては各種災害情報の効率的な管理・更新のため、空間 ID を用いて異なる座標系のハザードマップの動的な更新の実現を目標として挙げている。また、建物内移動の支援においては、空間 ID を屋内屋外・ビル間の共有座標系として活用し、企業間でのデータ共有と、自律移動モビリティのシームレスな移動支援の実現を目指している。

(2) 要求事項

地図・GIS領域では今後も防災、建設・土木、保険・医療、交通、環境、安全保障等の様々な分野で空間 ID を活用したユースケースが想定される。それに伴い、取り扱う空間情報の種別や、その仕様に対する要求はユースケースに応じて多様となることを見込まれるため、データの提供や取得・更新が柔軟に行える API や、更新頻度の設定など運用がある程度柔軟に行える設計が好ましいと考えられる。

(3) 領域別基盤の概要

地図・GIS 領域の空間情報システムの実装モデルは図 3-27 のとおり。データベース管理システム、アプリケーション及び API のそれぞれについて、システム構成図の通り、個別の機能毎にモジュール化して、自由に機能を組み合わせて利用できる。

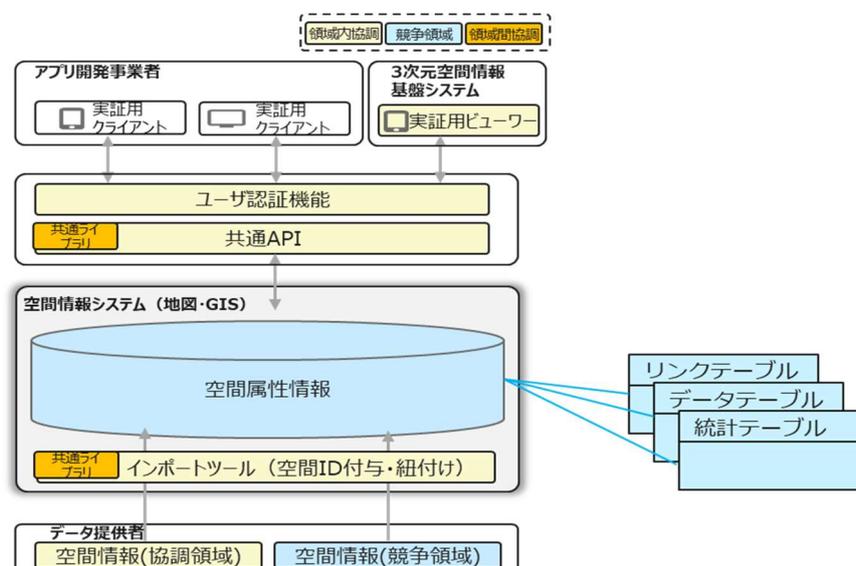


図 3-27 地図・GIS 領域空間情報システム実装モデル

地図・GIS 領域の空間情報システムは、想定するユースケースが幅広く、検索用途もデータスキーマも異なるため、共通仕様を踏まえながら、以下の様な汎用的な機能構成を想定する。

表 3-15 地図・GIS 領域の空間情報システムの機能一覧

機能	想定する利用シーン・用途
空間属性情報	・ 空間属性情報を管理する機能
空間 ID 配信 (検索)	・ Web API を利用し、空間情報システムのデータベース内に存在するデータを検索し、JSON 形式で検索結果を返す機能
空間 ID 配信 (追加)	・ インポート機能とは別に、Web API を利用し、空間情報システムのデータベース内に新たにデータを追加する機能
空間 ID 配信 (更新)	・ Web API を利用し、空間情報システムのデータベース内に存在するデータを更新する機能
空間 ID 配信 (削除)	・ Web API を利用し、空間情報システムのデータベース内に存在するデータを削除する機能
インポート (紐付け)	・ 対応する GIS 形式のデータを、空間情報システムのデータベースにインポートする機能

出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究 調査報告書」

地図・GIS 領域では空間 ID に紐付けるデータの属性を任意に定義できる以下のようなテーブル構造を想定する。

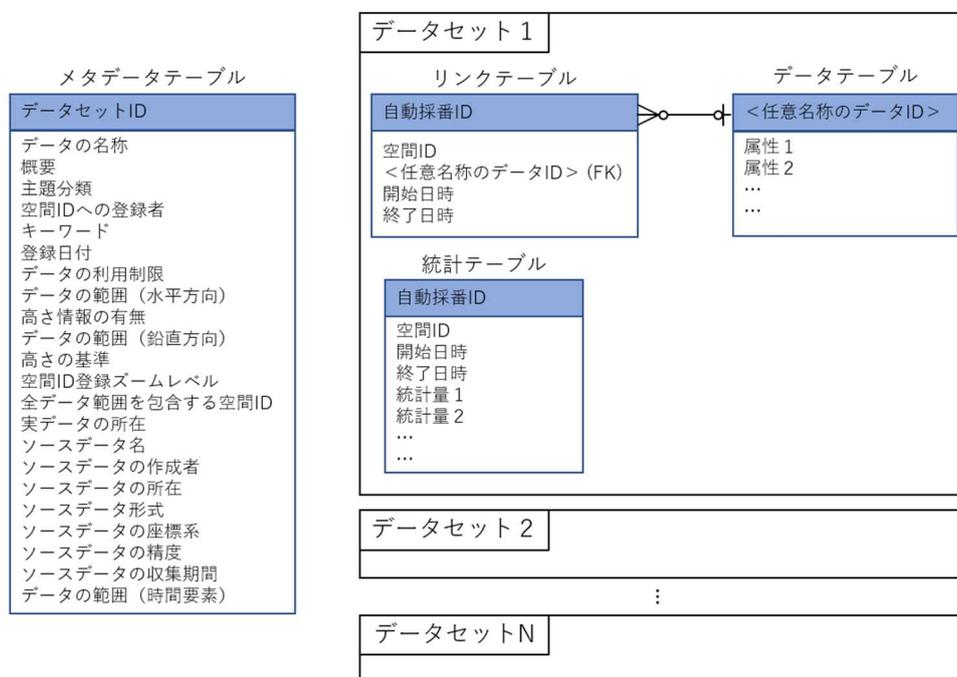


図 3-28 地図・GIS 基盤システムテーブル基本構成

出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究 調査報告書」

なお、各テーブルの役割は以下のとおり。

- ・ リンクテーブル：地図・GIS 領域の空間情報システムに格納されたデータのうち、空間 ID と各地物等の紐付け情報を格納したデータ。
- ・ データテーブル：地図・GIS 領域の空間情報システムに格納されたデータのうち、各地物等の属性情報を格納したデータ。
- ・ 統計テーブル：地図・GIS 領域の空間情報システムに格納されたデータのうち、空間 ID の単位でデータの統計量を格納したデータ。

(4) 領域別 API 仕様

地図・GIS 領域内で共通して利用する API については、地図・GIS 領域が対象とする多様なユースケースのデータに対応できるように、以下のとおり SQL のように汎用的でローレベルな仕様とする。また、Web API 側で座標値から空間 ID 計算を行うことのできる仕様とすることで、データ保有者の空間 ID 紐付けの負荷を軽減する。

表 3-16 地図・GIS 領域 Web API パラメーター一覧

メソッド名	入力パラメータの組合せ例	用途
query	<ul style="list-style-type: none"> ・ data_type ・ where_clause 	格納データの属性値の種類や件数の確認

	<ul style="list-style-type: none"> • voxel_ids • out_fields • disntinct_values • return_count_only • offset • limit 	
query	<ul style="list-style-type: none"> • data_type • where_clause • voxel_ids • target_zoom_level • out_fields • return_voxel_geometry • distinct_values 	アプリケーション実行のための格納データの取得
query	<ul style="list-style-type: none"> • data_type • where_clause • rectangular_range • out_fields • return_voxel_geometry • return_centroid_geometry • distinct_values • orderby_fields • return_count_only • offset • limit 	AR ビューワによる可視化のための格納データの取得
adds	<ul style="list-style-type: none"> • data_type • voxel_id • data_id • start_datetime • end_datetime • 追加する属性名 	新規データの追加
updates	<ul style="list-style-type: none"> • data_type • voxel_id • data_id • start_datetime • dnd_datetime • update_value 	格納済みデータの属性更新

出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究 調査報告書」

また、広範な用途に対応するための汎用的なローレベルの API では、インターフェース仕様が複雑化して、開発者の利便性が損なわれる場合も存在する。そのため、ローレベルの API に加えて、地図・GIS 領域内で共通的に利用可能なハイレベルな API 仕様を以下のとおり整理する。

表 3-17 地図・GIS 領域 共通 API メソッド案

API メソッド (仮称)	主な想定機能	現状の Web API の例
GIS_FindSid	<p>指定された範囲（エリア、期間）に存在する対象のデータと紐付く空間 ID を取得する。</p> <p>使用パラメータ例： ・ エリアの範囲 ・ 期間の範囲</p>	<p>query メソッドのパラメータ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 対象のテーブル（LINK を指定） ・ WHERE 句（期間の範囲を指定） ・ ズームレベル ・ エリアの範囲（立方体、点の集合、線の集合、ポリゴンの集合のいずれかを指定） ・ 出力フィールド情報（空間 ID を指定） ・ カウントのみ出力フラグ（False を指定） ・ オフセット（0 を指定） <p>等</p>
GIS_GetValue	<p>指定された範囲（エリア、期間）に存在する空間 ID に紐付けられた対象のデータの属性の値を取得する。</p> <p>使用パラメータ例： ・ エリアの範囲 ・ 期間の範囲</p>	<p>query メソッドのパラメータ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 対象のテーブル（DATA を指定） ・ 期間の指定 ・ ズームレベル ・ エリアの範囲（立方体、点の集合、線の集合、ポリゴンの集合のいずれかを指定） ・ 出力フィールド情報（対象の属性もしくはアスタリスクを指定） ・ カウントのみ出力するか（False を指定） ・ オフセット（0 を指定） <p>等</p>
GIS_GetInfo	<p>対象のデータの概要・属性の定義情報を取得する。</p> <p>使用パラメータ例： なし</p>	<p>list_metadata メソッドのパラメータ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ データセット名 ・ リンクテーブルを取得するか（True を指定） ・ データテーブルを取得するか（True を指定） ・ 統計テーブルを取得するか（True を指定）

出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究 調査報告書」

（5）地図・GIS 領域データ仕様

地図・GIS 領域は、多様なユースケースを取り扱うため、全てのユースケースにおいて共通的に必要なデータは現時点では想定されない。今後、ユースケースを具体化していく中で、共通的に必要なデータを検討していく。

3.3.4. 自動車領域

(1) 目的

自動車領域においては、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、様々な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、空間情報基盤の仕様やユースケースが、デジタル庁が推進する「モビリティ分野における産業用データ連携基盤の整備に関する実証調査研究」において検討されている。

様々な情報が異なる仕様で分散的に提供・利用されている道路空間においては、空間 ID のような位置情報と属性を共通の規格で管理・流通し、自動運転の社会実装を促進するニーズがある。具体的なユースケースとしては、自動運転レベル 3 以下の車両を運行するにあたり、より安全な介入操作を行うため、路側カメラ・センサの監視情報を先読み情報としてドライバへ配信する用途が考えられる。自動運転レベル 4 以上の車両が運行する際にも運行前のルート設計や運行中に車両が ODD 内であるか否かを機械が判定する際にも活用される。また、長距離の路線バスや、物流の幹線輸送などエリアを跨いだ移動においては、ルート上に複数の空間情報システムが介在する場合、効率的に基盤システムを検索・接続可能とするカタログシステムが必要となる。更に、空間情報システムを介して車両や運行管理システムへ配信される情報には一定の信頼性が要求されるため、精度・鮮度・トレーサビリティについては適切なアシュアランスレベルを設定の上、プライバシーの管理が必要な機微な情報については必要なアクセス制御を行う認証システムが必要となる。

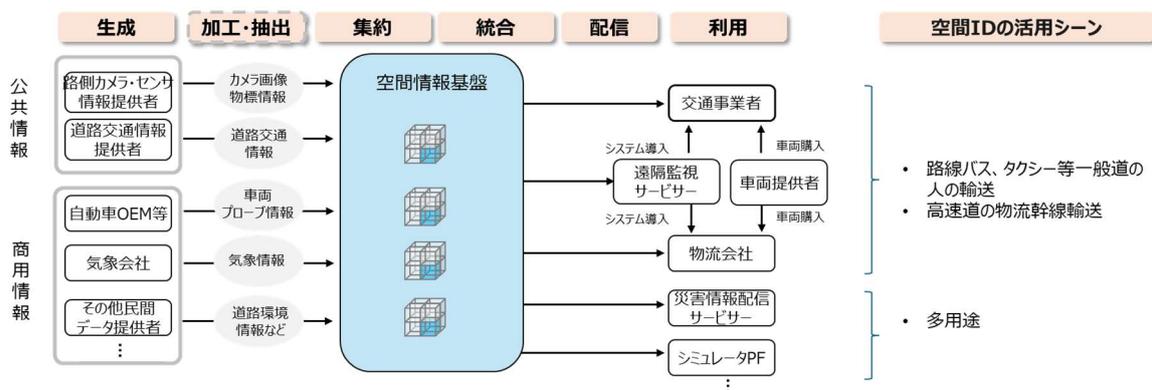


図 3-29 自動車領域における空間 ID 活用イメージ

(2) 要求条件

民間事業者が提供する様々な商用情報に加えて、インフラ情報提供者や道路管理会社が生成する公共情報の活用が想定される。取り扱う空間情報の種別や、その仕様に対する要求はユースケースに応じて多様となることが見込まれるため、これら情報を集約・統合する空間情報基盤においては、データの提供や取得・更新が柔軟に行える API や、配信方法の想定（プル・プッシュ等）については柔軟な運用と機能設計が求められる。

(3) 空間情報システムの概要

自動車領域における空間情報システム構成図は下図を想定する。データベース管理システム、アプリケーション及び API のそれぞれについて、システム構成図の通り、個別の機能ごとにモジュール化して、自由に機能を組み合わせた利用を想定する。

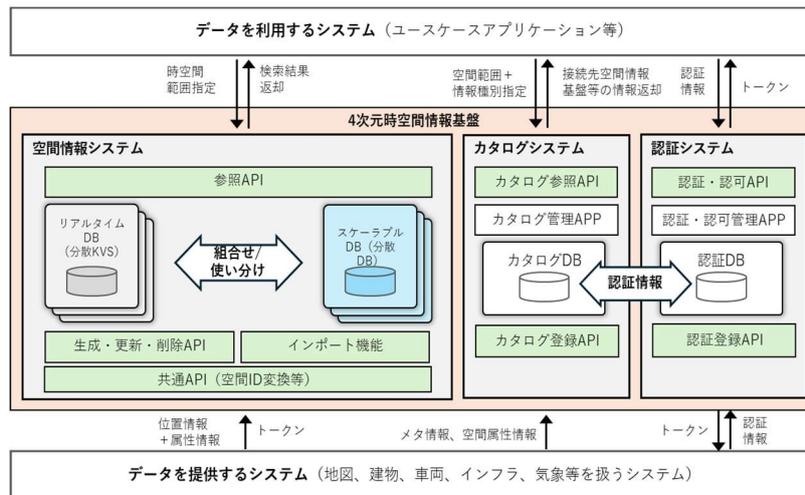


図 3-30 自動車領域 空間情報システム構成図

なお、自動車領域は路側インフラや、車両から高頻度で情報の生成が行われ、データを利用するシステムからの要求に応じて空間情報システム内で検索・生成された先読み情報をリアルタイムに配信することが求められるため、以下の様な機能構成を想定する。

表 3-18 空間情報基盤システムの機能一覧

機能	想定する利用シーン・用途
データベース	<ul style="list-style-type: none"> 時空間情報に紐づく空間属性情報を空間情報システムのデータベースに格納する。 リアルタイム性が求められる用途において、空間 ID と相互変換可能な時間情報・空間属性情報を合わせた 1 次元のインデックスを作成し、空間属性情報を管理することにより高速な格納・検索を実現する。
空間 ID 情報の生成 API	<ul style="list-style-type: none"> Web API を利用し、空間情報システムのデータベース内に空間属性情報を生成する。
空間 ID 情報の参照 API	<ul style="list-style-type: none"> Web API を利用し、リクエスト情報をもとに、空間情報システムのデータベースで検索を行い、情報を取得する。取得した情報からレスポンス情報を作成しリクエスト元に返す。
共通 API	以下の共通機能を提供する。 <ul style="list-style-type: none"> 座標情報から空間 ID に変換計算する機能。 時空間情報、空間属性情報をデータベースに格納する機能。 データベースに格納された時空間情報、空間属性情報を検索する機能。 データベースに格納された時空間情報、空間属性情報を削除する機能。
インポートツール	<ul style="list-style-type: none"> ファイル単位のデータを空間 ID に紐付け、時空間情報、空間属性情報を生成し、生成したデータをデータベースに格納する。 空間属性情報の初期整備等の大規模なデータの生成を想定

	した機能。
認証システム	<ul style="list-style-type: none"> 空間情報サービスにおいて取り扱う時空間情報、空間属性情報改ざん防止、属性情報の証明を担保する。 アクセス権限を管理し、データのなりすまし防止をする。
カタログシステム	<ul style="list-style-type: none"> 分散して存在する空間情報サービス、空間情報システムの中から、利用者が必要とする空間属性情報を検索し照会可能とする。 空間情報サービスに利用される空間属性情報、システムへのアクセス方法、サービス対象データ項目、サービス対象地域等の情報を管理する。

(4) 領域別 API 仕様

API 仕様については、今後、検討して具体化する。

(5) 自動車領域におけるデータ仕様

データ仕様については、今後、検討して具体化する。

3.4. カatalogシステム

3.4.1. カatalogシステムの目的

4次元時空間情報基盤は、空間情報サービスが複数分散して存在することを想定している。そのため、利用者は、複数の空間情報サービスの中から、自らが必要とする情報を提供する空間情報サービスを選び、アクセスする必要がある。カatalogシステムは、利用者の空間情報サービスの選択を支援する役割を持ち、利用者はより容易に、複数の空間情報サービスから提供される空間属性情報を組み合わせて活用することが可能となる。また、空間情報サービスの運営者はより多くの利用者による利用を享受することも期待できる。これを実現するためには、データ提供者が適切なメタデータを付与することが必要になる。また、検索を容易にするためのディレクトリサービスの基礎になるカatalogシステムの考え方や仕様を整理することで、その社会実装を促していく。なお、利用者及び空間情報サービス運営者によるカatalogシステムの利用は任意とする。例えば、限定された利用者及び空間情報サービス運営者が予測されるユースケースでは、カatalogシステムを利用しないことが想定される。

3.4.2. カatalogシステムの概要

分散して存在する空間情報サービスについて、同サービスを提供する事業者に関する基本情報、同サービスにアクセスする方法、並びに空間情報サービスとして空間属性情報を提供する空間範囲、期間及びデータ項目等の情報を登録・管理し、利用者が必要とする空間範囲及びデータ項目に該当する空間属性情報を取得するためにアクセスすべき空間情報サービス検索できる仕組みをカatalogシステムという。カatalogシステム及び連携するシステムの全体像を図 3-31 に示す。なお、利用者がカatalogシステムを用いて検索するにあたっては、AI その他機械による検索を想定して、その機械可読性を担保するものとする。

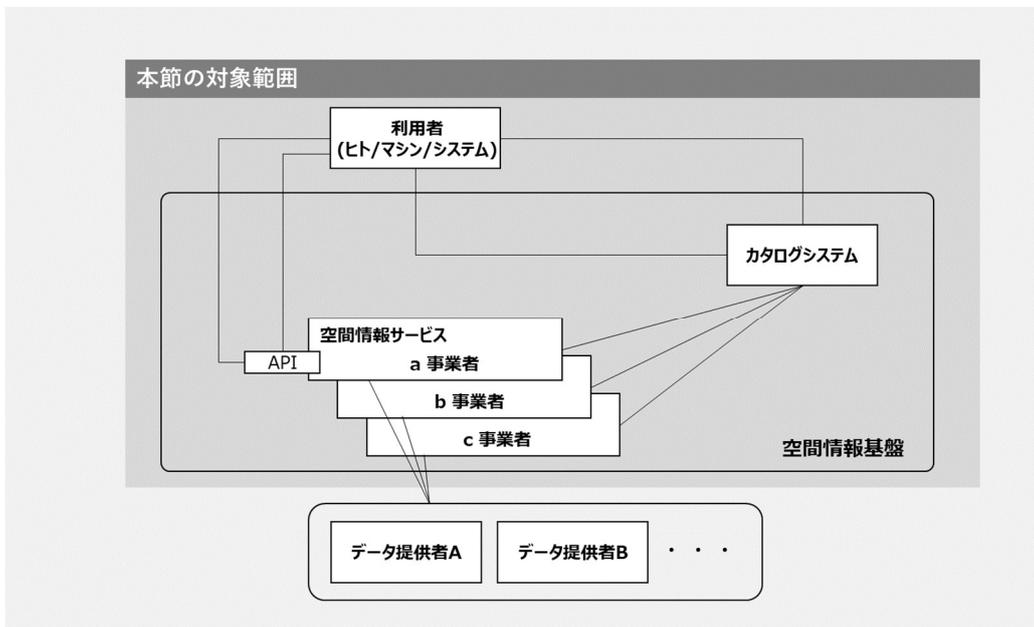


図 3-31 本節の対象範囲

本節の対象範囲である、利用者、カタログシステム、空間情報サービスの関係を図 3-32 に示す。カタログシステムは、利用者と空間情報サービスに接続され、利用者が必要とする情報を提供している空間情報サービスに関する情報を、利用者へ提供する役割を担う。

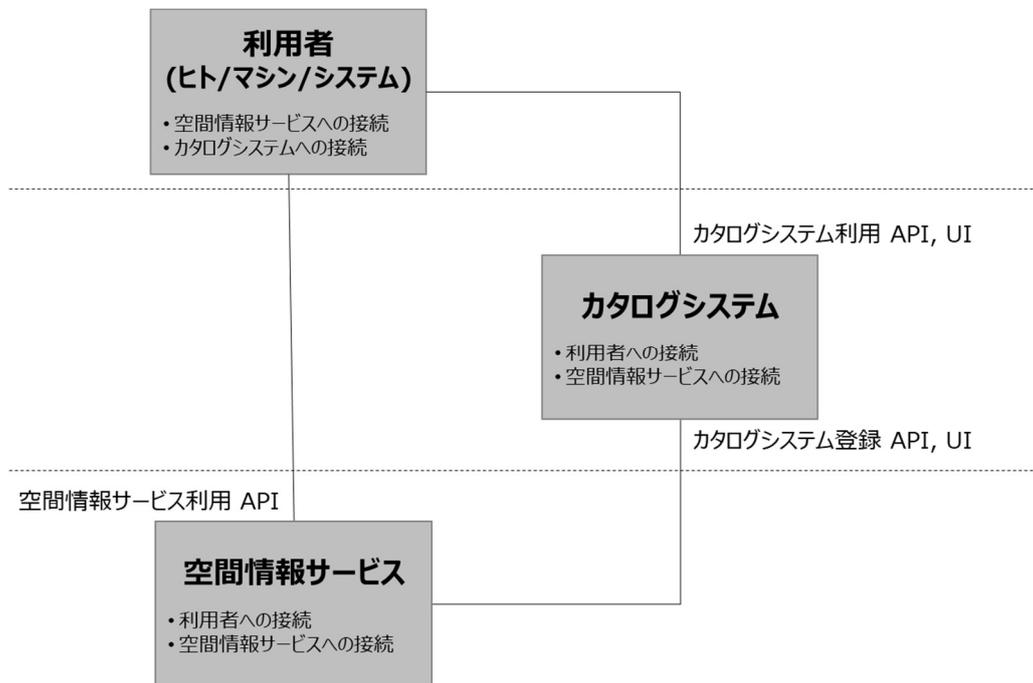


図 3-32 各構成要素の関係

利用者は、以下の 4 段階を経て、空間情報サービスより必要とする情報を取得する。

- ① 利用者は、必要とする空間属性情報の空間範囲、期間及びデータ項目を指定して、該当

する空間属性情報を提供する空間情報サービスに関する情報を、カタログシステムにリクエストする。

- ② カatalogシステムは、利用者の要求を満たす空間情報サービスの基本情報及び同サービスにアクセスする方法等を、利用者に戻す。
- ③ 利用者は、カタログシステムから戻された情報をもとに、空間情報サービスにアクセスする。
- ④ 利用者が必要としていた情報を、空間情報サービスから取得する。

事前段階として各空間情報サービスをカタログシステムに登録するケースを図 3-33 に、利用者が空間情報サービスから必要な情報を入手するケースの詳細を図 3-34 に示す。

なお、これらはあくまで代表的な一例であり、上記以外の様々な用途で利用することができる。

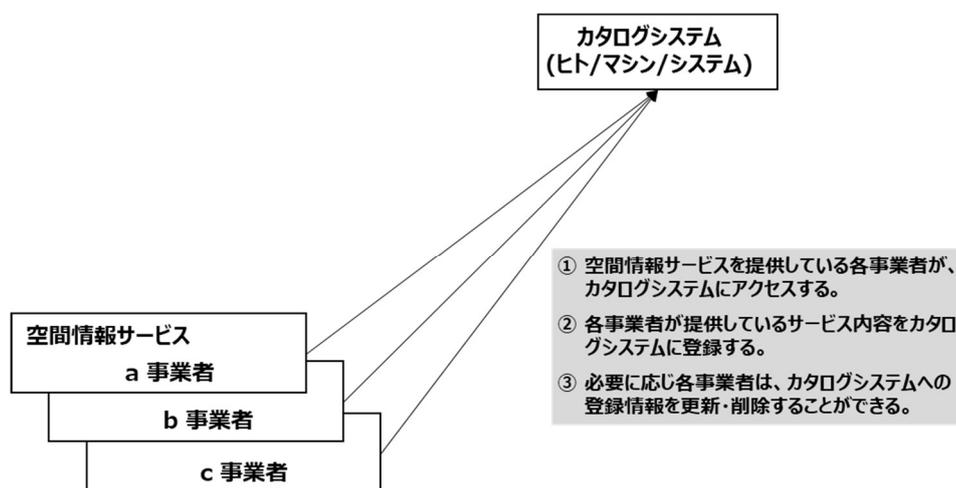


図 3-33 空間情報サービスの情報をカタログシステムに登録するケース

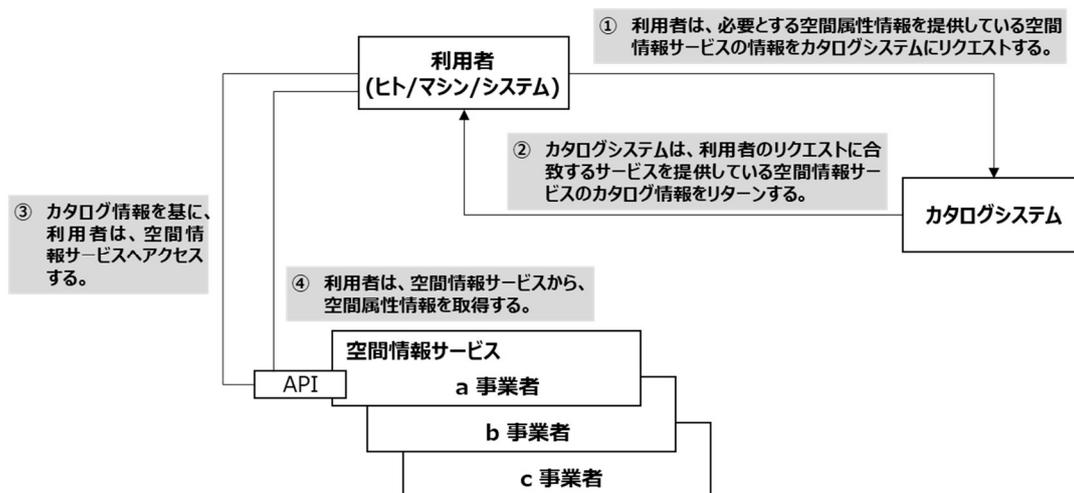


図 3-34 カatalogシステムを利用するケース

3.4.3. カタログシステムの機能

カタログシステムの機能については、今後、検討して具体化する。

3.4.4. カタログシステムに格納するデータ及びカタログシステム運用

カタログシステムに格納するデータ及びカタログシステムの運用については、今後、検討して具体化する。

3.5. 認証基盤

3.5.1. 認証基盤の概要

空間情報サービスにおいて取り扱うデータのなりすまし防止、改ざん防止、属性情報の証明を担保するとともに、アクセス権限を管理するルール及び仕組みの総体を認証基盤という。4次元時空間情報基盤は「分散環境における自由な空間属性情報の流通」を基本コンセプトとしている。他方で、空間情報サービスで提供するデータが、実空間において安全性・信頼性を確保するために利用されるユースケース領域においては、認証基盤が必要になる。

空間情報サービスの利用者が、複数の空間情報サービスにワンストップでアクセスできるように、認証基盤は、ユーザー認証、システム認証、電子証明書の発行、属性情報の証明、アクセス権限の付与等の機能を有する様々なシステムで構成することを想定しているが、今後、検討して具体化する。

4. 4次元時空間情報基盤の運用

4.1. リポジトリの運用方針

システム間の相互運用性や開発者の開発生産性を向上するために、ユースケース領域横断で頻出する共通的な機能についてライブラリを整備し、OSSとして公開する。また、空間情報システムにおいては、利用者が「同一機能は同一の手順で空間属性情報を生成・参照・更新・削除」することを実現することを目的として、利用頻度が高いと考えられる機能について、API仕様を策定する。こうした共通ライブラリ及びインターフェース仕様を格納するリポジトリを作成して運用する。

(1) リポジトリの概要

政府等において開発したプログラムである共通ライブラリ及びインターフェース仕様を独立行政法人情報処理推進機構（以下、「IPA」という。）が運営するGitHub上のリポジトリに公表する。GitHub上の共通ライブラリ及びインターフェース仕様については、利用者からの要望及び提案等を踏まえ、必要に応じて更新する。

(2) 共通ライブラリ開発への参加方法

本リポジトリは、一般の開発者からのIssueやPull Requestに対応する。その他の開発者のコミュニティ形成に向けた取組については、今後、検討して具体化する。

(3) 公開中のリポジトリ

GitHubで試行的に公開中のリポジトリURLは以下の通りである。

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

4.2. カタログシステム及び認証基盤の運用方針

カタログシステム及び認証基盤の運用方針については、今後、検討して具体化する。

5. ユースケース実証

5.1. ユースケース概観

本章では、ドローン領域、地下埋設物領域、地図・GIS 領域のユースケース事例を示すことで、社会にもたらすことが期待される価値を明らかにするとともに、その実現方法を具体化することで、社会実装を促すことを目的とする。また、本章で示すユースケース事例は、政府において実施している開発・実証事業における取組であり、技術面及びビジネス面から現時点で明らかになっている解決すべき課題も併せて示す。

本節においては、ユースケース事例の全体像を一覧表の形式で紹介する。基本構成となるアーキテクチャの概要に沿ったレイヤ毎に各ユースケース事例の構成要素を整理したものを以下に示す。

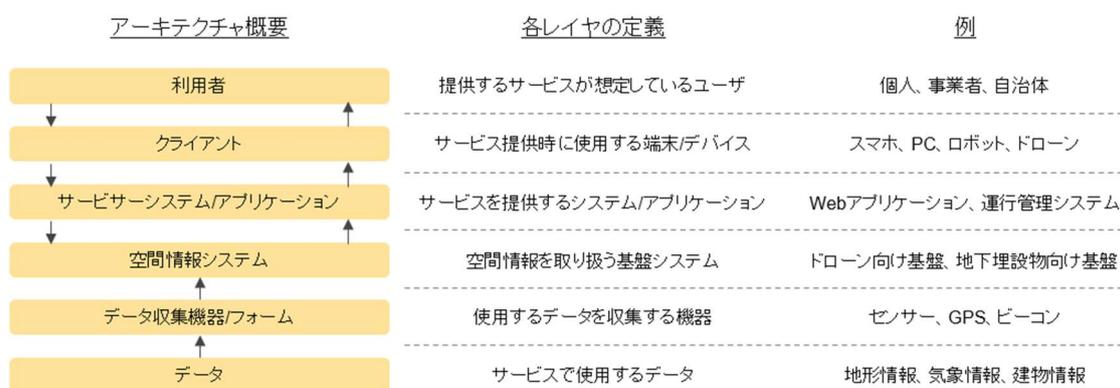


図 5-1 アーキテクチャ概要図

表 5-1 ユースケース一覧（ドローン領域）

ユースケース名		物資 輸送	送電設 備点検	橋梁 点検	点検・防 災・有人 機連携	点検
開発・実証実施機関		NEDO				
関連する技術検証		・ UTM 連携 ・ リスクアセスメン ト			空間情報 基盤の有 用性検証	信号認証技術による Spoofing 脅威の低減
利用者	一般消費者 向け	-	-	-	-	●
	法人向け	●	●	●	●	-
クライアント、 サービサー システム・ アプリケー ション	ドローン	●	●	●	●	●
	スマホ (Web, ネイ ティブアプ リ)	-	-	-	●	-
空間情報シ	領域別基盤	●	▲	▲	●	●

システム	(ドローン)					
データ収集 機器・フォー ム	センサ	-	-	-	●	-
データ	地形・建物 情報	●	●	●	●	●
	気象情報	●	●	●	●	●
	飛行空域・ 経路情報	●	●	●	●	●
	送電線・鉄 塔情報	-	●	-	●	●
	橋梁情報	-	-	●	-	-
	ヘリコプタ ー位置・航 路情報	●	●	●	●	●
	土木車両位 置情報	-	-	-	●	-
	花火・防災 訓練のイベ ント情報				●	●
その他技術 要素	認証技術	-	-	-	-	●

凡例

- ：開発・実証の対象
- ▲：今後の対象・計画
- ：現時点では対象外

表 5-2 ユースケース概観表（地下埋設物領域）

ユースケース名		地下埋設物管理
開発・実証実施機関		デジタル庁
関連する技術検証		-
利用者	法人向け	●
クライアント、 サービサーシス テム・アプリケ ーション	PC(Web, デスク トップアプリ)	●
	スマホ(Web, ネ イティブアプリ)	●
空間情報システ ム	領域別基盤 (地下埋設物)	●
データ収集機 器・フォー ム	センサ	●
データ	地下埋設設備情	●

	報	
--	---	--

凡例

- ・●：開発・実証の対象
- ・▲：今後の対象・計画
- ・-：現時点では対象外

表 5-3 ユースケース概観表（地図・GIS 領域）（1/2）

ユースケース名		教育	インフラ 管理	建設現場 アプリ	建設 ロボット	空間 エンタメ
開発・実証実施機関		NEDO				
関連する技術検証		-	-	建設現場 アプリに 関する技 術検証	建設ロボ ットに関 する技術 検証	空間エン タメに関 する技術 検証
利用者	一般消費者向 け	●	-	-	-	●
	法人向け	-	●	●	●	-
クライアント、 サービサー システム・ アプリケーション	VR・AR	-	●	-	-	●
	ロボット	-	●	▲	●	-
	PC(Web, デス クトップアプ リ)	●	●	●	-	-
	スマホ(Web, ネイティブア プリ)	●	●	●	-	-
空間情報シ ステム	領域別基盤 (地図・GIS)	●	●	-	-	-
	サービス個別 基盤	●	●	●	●	●
データ収集 機器・フォ ーム	ビーコン	-	-	▲	-	-
	GPS	●	●	▲	-	-
	LiDAR	●	●	-	●	-
	その他センサ	●	●	-	●	●
	入力フォーム	●	●	●	-	-
データ	地形・建物情 報	-	●	●	●	-
	気象情報	-	●	▲	-	-
	災害情報	-	●	-	-	-
	点群データ	●	●	-	●	-
	高精度地図情 報	●	●	-	●	-

	工事予約情報	-	-	●	●	-
	アニメーションデータ	-	-	-	-	●
	モーションキャプチャデータ	-	-	-	-	●

凡例

- ・●：開発・実証の対象
- ・▲：今後の対象・計画
- ・-：現時点では対象外

表 5-4 ユースケース概観表（地図・GIS 領域）（2/2）

ユースケース名		複雑な建物内での移動・輸送の問題解決		時間軸を考慮した災害情報の統合・提供	BIM・建物データ等を連携させた CPS
開発・実証実施機関		デジタル庁			
関連する技術検証		-	-	-	-
利用者	一般消費者向け	●	-	-	-
	法人向け	-	●	●	●
クライアント、サービスシステム・アプリケーション	VR・AR	●	-	-	-
	ロボット	-	●	-	-
	PC(Web, デスクトップアプリ)	-	-	●	-
	スマホ(Web, ネイティブアプリ)	●	-	-	●
空間情報システム	領域別基盤(地図・GIS)	●	●	●	●
データ収集機器・フォーム	LiDAR	-	●	-	-
	その他センサ	-	-	-	●
データ	地形・建物情報	-	-	●	-
	災害情報	-	-	●	-
	人流データ	-	-	-	●
	屋内 POI	●	●	-	-
その他技術要素	AI	-	-	-	●
	ロボット運	-	●	-	-

	行管理システム				
	VPS	●	-	-	-

凡例

- ・●：開発・実証の対象
- ・▲：今後の対象・計画
- ・-：現時点では対象外

5.2. ユースケース実証事例

ユースケース事例を表 5-5 に示す。各事例の詳細は APPENDIX-3 に示す。

表 5-5 ユースケース実証事例一覧

(表内の項番は APPENDIX-3 内の項番を記載)

領域	ユースケース実証事例
1. ドローン	1.1 物資輸送ユースケース
	1.2 送電設備点検ユースケース
	1.3 橋梁点検ユースケース
	1.4 UTM 間連携に関する技術検証
	1.5 リスクアセスメントに関する技術検証
	1.6 点検・防災・有人機連携ユースケース
	1.7 空間情報基盤の有用性に関する技術検証
	1.8 点検ユースケース
	1.9 信号認証技術による Spoofing 脅威の低減に関する技術検証
2. 地下埋設物	2.1 地下埋設物管理ユースケース
3. 地図・GIS	3.1 教育ユースケース
	3.2 インフラ管理ユースケース
	3.3 建設現場アプリユースケース
	3.4 建設現場アプリに関する技術検証
	3.5 建設ロボットユースケース
	3.6 建設ロボットに関する技術検証
	3.7 空間エンタメユースケース
	3.8 空間エンタメに関する技術検証
	3.9 複雑な建物内での移動・輸送ユースケース
	3.10 時間軸を考慮した災害情報の統合・提供ユースケース
	3.11 BIM・建物データ等を連携させた CPS ユースケース(ロボット運行最適化、空間の広告価値評価)

5.3. 技術面で解決すべき課題

ユースケース事例における開発・実証を通じて明らかになった技術面で解決すべき課題

について、空間 ID 及び 4 次元時空間情報基盤に分けて示す。

空間 ID の運用に関する課題については、ボクセルを配置する高さの基準面、空間の分割方式、空間 ID の構造の 3 つの観点で表 5-6 に整理した。空間 ID の仕様に関する課題については、ローカルな空間 ID の考え方や高さを持たない空間属性情報を示す空間 ID の定義について整理していく。また、その他の課題については、様々な基準に基づく空間属性情報を空間 ID に紐付けることができる仕組みやズームレベルを自由に操作できる仕組みを整備することで対応することを検討していく。

表 5-6 社会実装に向けて空間 ID の運用に関して解決すべき課題

観点	社会実装に向けた空間 ID に関する課題
ボクセルを配置する高さの基準面	<p><u>基準となるジオイド面の形状による影響</u> 基準となるジオイド面は凸凹しているため、それに伴ってボクセルも上下に凸凹することになり、高い精度が要求される場合に、課題になる可能性があるため、ズームレベルの小さいボクセルを利用するなど運用面で工夫するか、より精度を高める技術面で工夫するか含めて、対応を検討する必要がある。</p> <p><u>ジオイド高の精度による影響</u> ジオイド高の測定精度によっては、高い精度が要求されるユースケースに影響が及ぶ可能性があるため、その影響の程度を確認の上で、対応の要否含めて検討する必要がある。</p> <p><u>楕円体高への対応</u> ドローンやロボット、各種 IoT デバイス等のハードウェアの開発者には、楕円体高基準の方が扱いやすく、既存技術を活用しやすい。そのため、楕円体高をジオイド高へ変換し、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。</p> <p><u>地表面情報への対応</u> 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。</p>
空間の分割方式	<p><u>細かい粒度のボクセルの扱い</u> 空間 ID の仕様としてはズームレベルの大きさに制限はないが、実用にあたり、現時点では想定されないが、センチメートル又はミリメートル単位でのボクセルを扱う場合には、ハードウェアや基盤の性能から制限が生じる可能性がある。</p> <p><u>構造物のボクセル表現</u> 空間 ID の分割方式は緯度・経度・ジオイド高を基準とした分割方法で</p>

	<p>あるため構造物の形状を考慮したボクセル表現（廊下や設備に平行なボクセルや各フロアの地面に基準面を持つボクセルの表現等）が難しい。そのため、グローバルの空間 ID の体系に加えて、ローカルの空間 ID の考え方及び両者の紐付けを行う仕組みを検討する必要がある。</p>
空間 ID の構造	<p><u>ズームレベルの柔軟な変更</u></p> <p>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る、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。</p> <p><u>高さを持たないデータの取り扱い</u></p> <p>高さを持たないデータを扱う場合には「XYZ 形式で取り扱う」、「鉛直方向インデックス (f) に固定値 (Null 値等) を設定する」といったルールの整理を検討する必要がある。</p> <p><u>屋内の位置情報から空間 ID への変換規則</u></p> <p>BLE ビーコン、VPS、BIM データ等に基づく屋内の位置情報と、空間 ID とを変換する仕組みを検討する必要がある。</p>

4 次元時空間情報基盤に関する解決すべき課題については、利便性・汎用性・拡張性・セキュリティの観点から表 5-7 に示す。これらの課題を解決するために、今後、各ユースケースのニーズに広く対応できるように空間属性情報を幅広く整備して、簡単に活用することができる仕組みや、それに伴いデータが膨大になっても軽量に処理できるような仕組み、リアルタイムなデータアクセス及び変更の反映を行う仕組みを具体化する。特に、空間属性情報を提供する主体が分散していくことを見据えながら、ノンエンジニアでも簡単に空間属性情報の提供や利用ができるように、API のアーキテクチャや簡便に空間属性情報を扱えるツールについて検討を深める。また、利用者や開発者のニーズに迅速に responding 機能に適時に拡張することができるように、オープンソースソフトウェアを公表し、利用者や開発者からの要望及び提案を受け付けて機能を拡張していく仕組みを整備する。さらには、機微な空間属性情報でも安心して流通させることができるように、セキュリティレベルに関する運用ルールの整備や、それを実現するためのアクセス権限の管理手法を構築する。

表 5-7 社会実装に向けて 4 次元時空間情報基盤に関して解決すべき課題

観点	社会実装に向けた 4 次元時空間情報基盤に関する解決すべき課題
利便性	<p><u>【空間情報基盤機能群・API】空間 ID 共通ライブラリの継続的更新</u></p> <p>4 次元時空間情報基盤において、共通ライブラリの使い勝手の良さが普及において重要であるため、運営者及び開発者のニーズを不断に捉えて、機能を継続的に更新していくことを検討する必要がある。</p> <p><u>【空間情報基盤機能群/API】リアルタイムのデータアクセス及び変更</u></p>

の反映

4 次元時空間情報基盤において、リアルタイムの空間属性情報を取得することができる仕組みや、データの更新を即時に反映する仕組みについて検討する必要がある。

【4次元時空間情報データベース】膨大なデータの管理手法

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フェッチ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、その処理速度の低下は課題となる。そのため、データベース管理システムのパーティショニング機能や、フェッチ性能を向上させるためにテーブルを分割できる仕組み等を含めて、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。

【4次元時空間情報データベース】データの保存期間

ユースケースによっては常にデータが収集されるため、データ量が膨大になる。そのため、そのようなユースケースにおいては、データの保存期間及び破棄するタイミングといった運用方針を整理することを検討する必要がある。

【4次元時空間情報データベース】共通データ項目の定義

空間属性情報のデータ項目について、相互運用性を高める観点から、ユースケース領域毎に共通的な項目については定義を統一することを検討する必要がある。

【4次元時空間情報データベース・提供元データ】空間IDに紐付けるデータの整備手法の整理

ドローンや自動運転車等の運行にあたっては、現時点で無償又は有償で提供されている空間属性情報だけでは不十分であり、運行エリアにおけるあらゆる障害物となり得るオブジェクトの空間属性情報の整備が必要である。また、地下埋設物の管理にあたっては、地下管路設備のデータの整備に加えて、電柱等の地上設備や地下通路構造等の空間属性情報も整備する必要がある。このように利用者が必要な空間属性情報を広く取り揃えることが重要であるため、空間IDに紐付けるデータの整備が必要な場合には、データ提供者の整備コストを軽減するために、データの利用者が必要とするデータ項目を整理した上で、こうした整備すべきデータ項目やその整備手法について、整備用のツールと併せて検討する必要がある。

【提供元データ】データ品質の定義及びデータ品質情報の共有

	<p>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。</p> <p>【その他】空間 ID の活用を容易にするツール</p> <p>空間 ID を活用するにあたって、汎用ビューワ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。</p>
汎用性	<p>【空間情報基盤機能群・API】API のアーキテクチャ設計</p> <p>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、空間属性情報毎に 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、複数領域にまたが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。</p> <p>【提供元データ】高度な知識を必要としないデータフォーマットの整備</p> <p>現状の空間属性情報の多くは、高度な知識を必要とするため、そのデータ整備やデータ利用を行うユーザーの数が限定的である。また、そのデータフォーマットを取り扱えるシステムに GIS エンジンやその他の専用ライブラリが必要であり、紐付ける情報の管理単位が限定的（1 形状単位の情報管理）である。そのため、空間 ID というインデックスによる管理を通じて、高度な知識や専用のシステムを用いずとも、柔軟に多種多様な空間属性情報を扱える仕組みを検討する必要がある。</p>
拡張性	<p>【空間情報基盤機能群・API】ターンアラウンドタイムが延びることへの対応</p> <p>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（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。</p> <p>【空間情報基盤機能群・API】利用者側からの機能拡張</p> <p>4 次元時空間情報基盤の運営者及び開発者のみが機能を選定するのでは</p>

	<p>なく、同基盤のユーザーからの機能に関する要望を受けつけて反映することで拡張性を向上させるために、利用者側での機能拡張が可能な仕組み又は同基盤の運営者及び開発者に要望を出す仕組みを検討する必要がある。</p> <p>【4次元時空間情報データベース】分散型DB</p> <p>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。</p> <p>【4次元時空間情報データベース】情報更新等のコスト削減</p> <p>空間属性情報の公開・更新・管理を継続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。</p>
セキュリティ	<p>【提供元データ】セキュリティレベルの整理</p> <p>機微な空間属性情報を取り扱うユースケースにおいては、必要な相手に必要最低限の空間属性情報のみを共有できるようにすることが重要となる。例えば、地下埋設物領域では、テロ対策（例：基幹インフラの損傷や水道設備への毒物混入などへの対策）や個人情報保護（私有地内の埋設設備は個人資産）の観点から機微な情報を含む可能性が高い。一方で、機微な空間属性情報を共有する度に個別に条件を設定するとコストを要するとともに、その煩雑さからデータの活用を阻害するおそれがある。そのため、汎用的なセキュリティレベルの定義と、それを個別のユースケースに適用した場合の運用ルールを整理することを検討する必要がある。これにより安心して空間属性情報を流通できるようになることが期待される。</p> <p>【認証・認可】アクセス権限の設定</p> <p>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、ユーザー毎に利用できるAPIを制御、ログの保存等の仕組みが想定される。</p>

5.4. ビジネス面で解決すべき課題

空間属性情報を活用した事業を社会実装するにあたって、想定されるビジネス面で解決すべき課題を表 5-8 に示す。今後、4 次元時空間情報基盤のビジネスモデル及び運用体制の検討や、空間属性情報の利用者、提供者及び関係するシステムの技術者の拡充、企業間での取引を促す仕組みを具体化する。

表 5-8 社会実装に向けてビジネス面で解決すべき課題

観点	社会実装に向けた現状の課題
4次元時空間情報基盤のビジネスモデルの検討	<p>4次元時空間情報基盤のビジネスモデル、運用体制及びインセンティブ</p> <p>4次元時空間情報基盤の運用に当たって発生するコストを賄うためのマネタイズの仕組みや、その運用体制を検討する必要がある。さらに、4次元時空間情報基盤の利用を促すインセンティブについても検討する必要がある。</p>
エコシステムの形成	<p>空間属性情報の利用者、提供者及び関係するシステムの技術者の拡充</p> <p>ネットワーク効果やシェアリングエコノミーの効果が働く分野であるため、空間属性情報を利用者及び提供者、並びにシステムを構築・運用する技術者を拡充するための取組を検討する必要がある。</p> <p>空間属性情報が加工されて転々と流通する仕組みの構築</p> <p>空間属性情報の活用にあたっては、空間属性情報の提供者及び利用者の二者間の関係にとどまらず、提供された空間属性情報が加工されて転々と流通することが想定される。そのため、トレーサビリティを確保する仕組みやアクセス権限を適切に設定する仕組みとともに、企業間での取引を促す仕組みを検討する必要がある。</p>

6. 今後の展望

6.1. ロードマップ

4次元時空間情報基盤及び空間IDについては、2021年12月から検討を開始して、2022年7月に報告書を取りまとめた。2022年度からは、開発・実証を実施しながら、アーキテクチャ及び技術仕様の具体化してきた。これらを踏まえて、2023年4月に本ガイドラインを公表するに至った。今後は、2024年度からの社会実装を目指す上で解決すべき課題について、開発・実証を継続しながら、アーキテクチャ設計、技術仕様やオープンソースソフトウェアの具体化等に取り組み、ガイドラインを継続的に更新していく。また、社会実装に向けては検討を加速する必要があるため、開発サイクルを高速化することで、空間属性情報の利用者及び提供者、並びにシステムの開発者等のステークホルダーのニーズに適ったアーキテクチャやインターフェース仕様、オープンソースソフトウェアの提供を実現できるようにする。ロードマップを図6-1に示す。

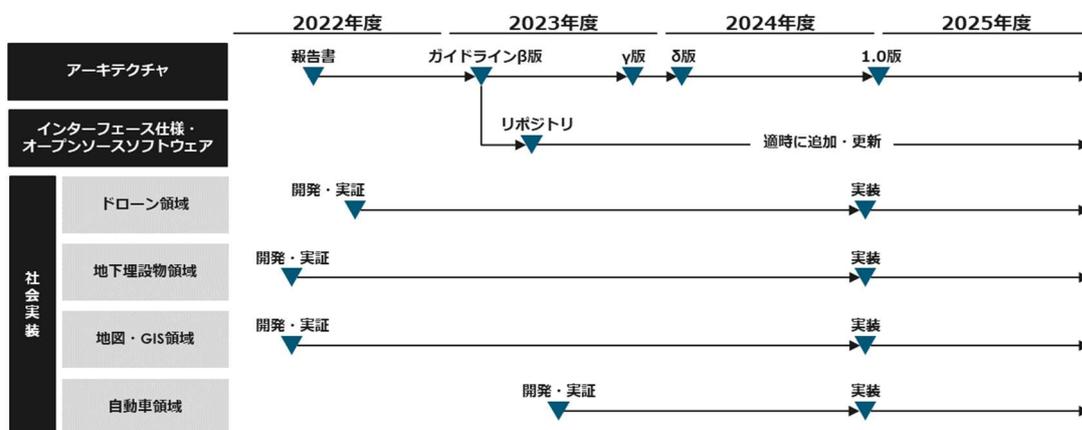


図 6-1 4次元時空間情報基盤関連のロードマップ

6.2. 社会実装に向けたサービスを運営する体制の構築

4次元時空間情報基盤を社会実装するためには、同基盤を構成する各システムを運営してサービスを提供する運営者が必要となるので、運営の在り方について検討を進めていく。本節では、現時点で考え得る運営者の在り方の類型を図6-2に示す。今後、実際の事例に当てはめながら、その内容を具体化していく必要がある。なお、事業の状況に応じて運営者の在り方の類型が変化することも想定される。

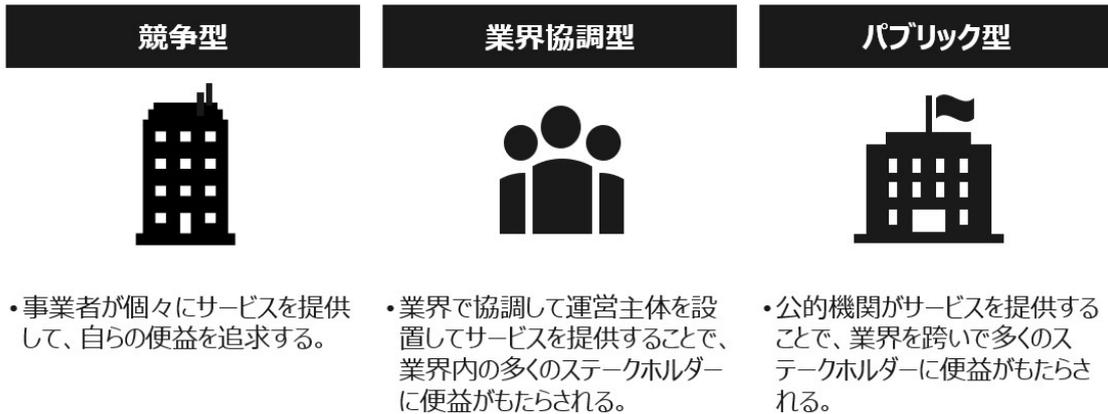


図 6-2 運営者の在り方の 3 類型

6.3. 普及及び標準化に向けた取組

市場の変化が激しく、勝者総取りの傾向が強いデジタルの分野において、プラットフォームにとっては、競合より先にクリティカルマスのユーザーを獲得することや、ユーザーの参加意欲を高める仕組み等が鍵となる。普及及び標準化を実現するための戦略の立案にあたっては、ネットワーク効果を最大限に活用しながらまずは一気に市場でのシェアを拡大してデファクト標準を獲得した上で（攻めのデファクト）、並行して競合のシェアの拡大を限定するためにデジュール標準を獲得すること（守りのデジュール）を両輪で進めることが重要である。企業や業界を跨ぐデータの連携・活用を行う場合には、データに関する標準技術仕様や協調領域のシステムのプログラムを公共財として提供することや、インセンティブ・エンフォースメントを設定することといった政策的な取組と普及・標準化の取組を一体的に実施する必要がある。

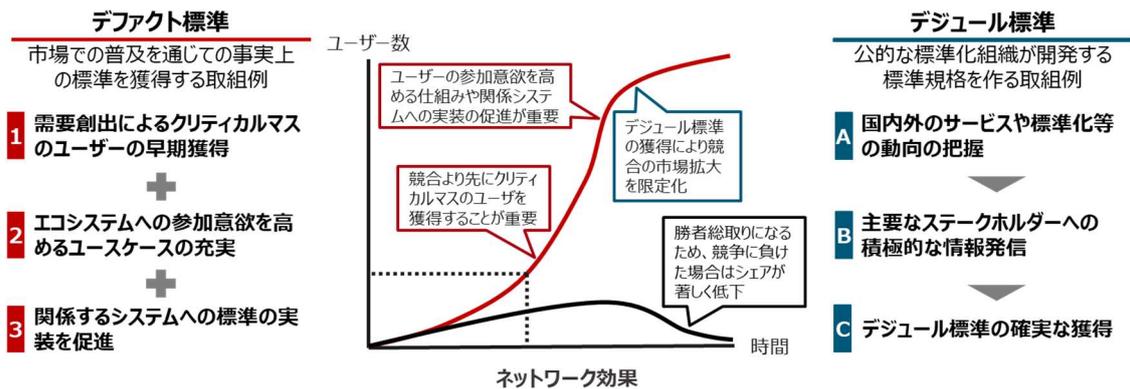


図 6-3 標準化に向けた取組

これを実現するにあたり、社会に情報発信を行うとともに、ガイドライン、インターフェース仕様、オープンソースソフトウェアを整備・公表することで、運営者や開発者による実装を促進していく。その際には、ユーザーが抱える課題、要望及び提案をタイムリーに把握して、それに対して、ガイドライン、インターフェース仕様、オープンソースソフ

トウェアの追加・更新等の対応策を迅速に講じる「早いサイクル」を定着することが重要であり、ソースコードやプロトタイプをベースに課題、要望及び提案の共有並びに解決策の提案を実行する開発者を中心に、それらを用いてユースケースを運営する運営者も含めて、コミュニティを構築していく。また、普及に向けては、ドローン領域、地下埋設物領域等を中心に一定の市場規模や事業性を有する基幹ユースケースを創出するとともに、アクセラレーションプログラム等を通じて、幅広い運用者及び開発者による多数のユースケースの創出を促していく。さらに、特に基幹ユースケースについては、全国津々浦々に普及させるための枠組みとして、2023年度内を目処にデジタルライフライン全国総合整備計画を策定して、2024年度以降にその計画の着実な推進を行っていく。デジタルライフライン全国総合整備計画の検討方針の概要を図6-4に示す。

デジタルライフライン全国総合整備計画の検討方針 ～自動運転やAIの社会実装を加速～「点から線・面へ」「実証から実装へ」

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。官民で集中的に大規模な投資を行い、自動運転やAIのイノベーションを急ぎ社会実装し、人手不足などの社会課題を解決してデジタルとリアルが融合した地域生活圏の形成に貢献する。 ※国土形成計画との緊密な連携を図る。

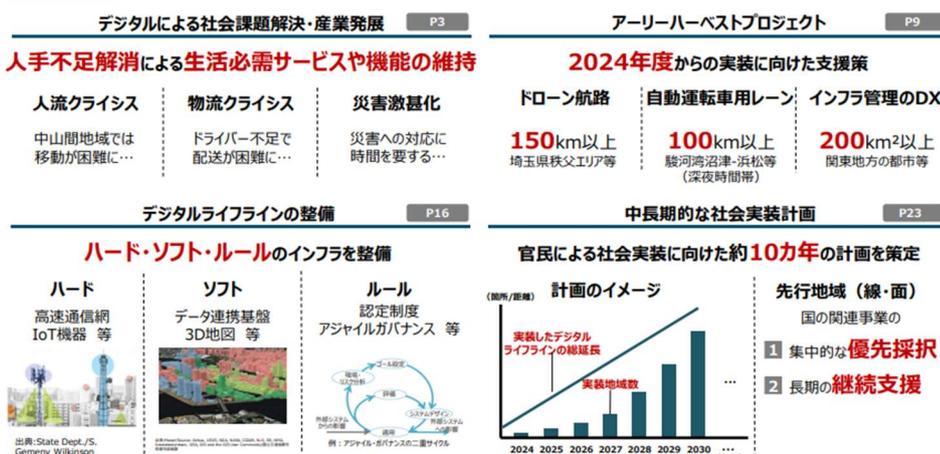


図6-4 デジタルライフライン全国総合整備計画の検討方針