

第8回 4次元時空間情報基盤アーキテクチャ検討会 事務局資料

2024年3月15日

経済産業省

独立行政法人情報処理推進機構（IPA）デジタルアーキテクチャ・デザインセンター（DADC）

1. プロジェクト第3期の活動概況

- 1-1 社会実装に向けた取組全体像
- 1-2 デジタルライフライン全国総合整備計画
- 1-3 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）
- 1-4 普及拡大施策

2. デジタルライフライン全国総合整備計画に おける4次元時空間情報基盤の検討状況

- 2-1 ドローン航路
- 2-2 自動運転支援道
- 2-3 インフラ管理DX

3. 仕様の検討状況

- 3-1 ローカル空間ID
- 3-2 時間軸

4. ご議論いただきたい論点

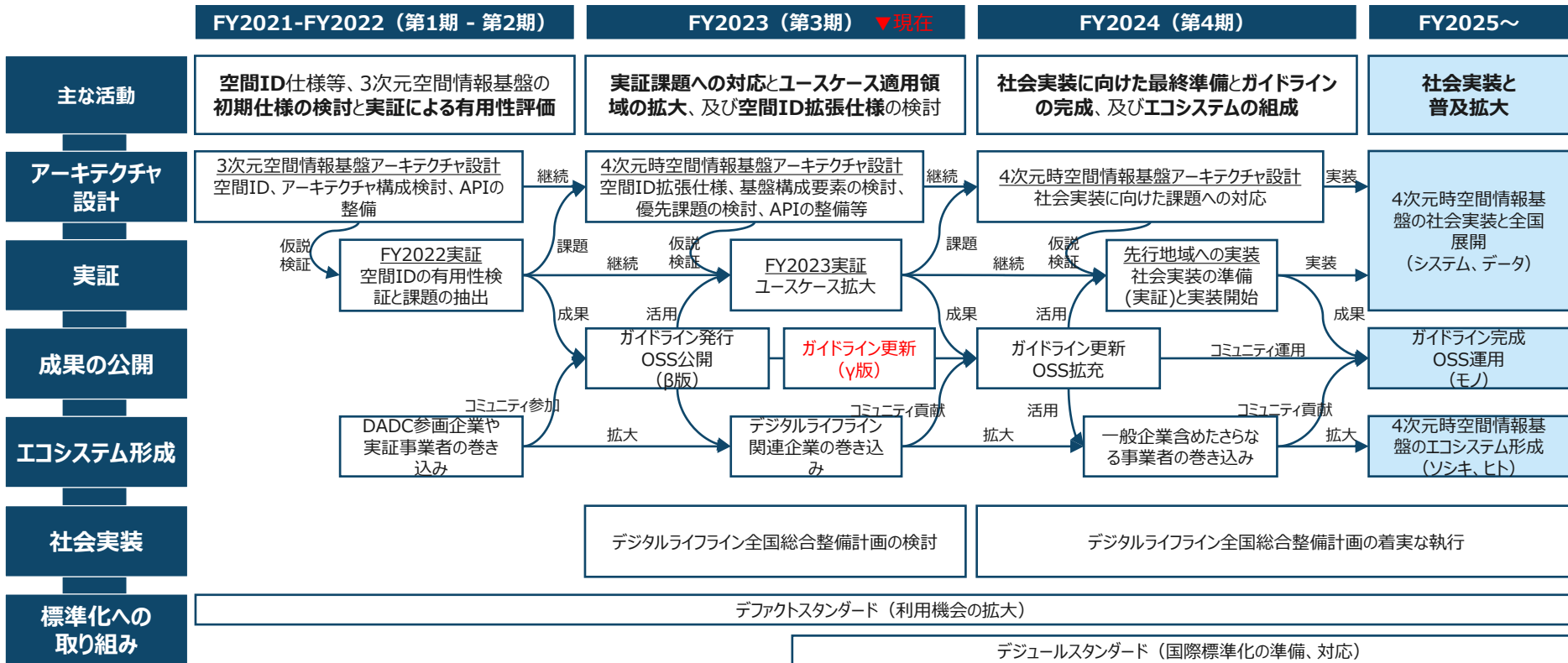


1.プロジェクト第3期の活動概況



1-1 社会実装に向けた取組全体像

様々な空間情報や既存の空間情報のエコシステムを相互に流通させるデータ連携アーキテクチャを目指し、空間IDを始めとする4次元時空間情報基盤の仕様策定を進めてきた。複数の領域におけるユースケース実証やデジタルライフライン全国総合整備計画での社会実装を通じて、分野横断で空間情報を流通させる仕組みを拡大していく。



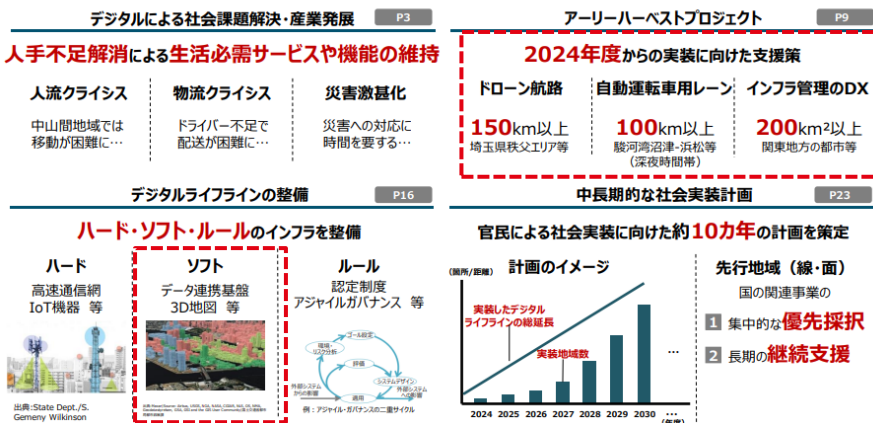
1-2 デジタルライフライン全国総合整備計画との連動

2023年度よりデジタルライフライン全国総合整備計画の策定が始動。本検討会とソフトインフラにおけるデータ連携基盤の整備を連動させることで、早期の社会実装を目指す。

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」

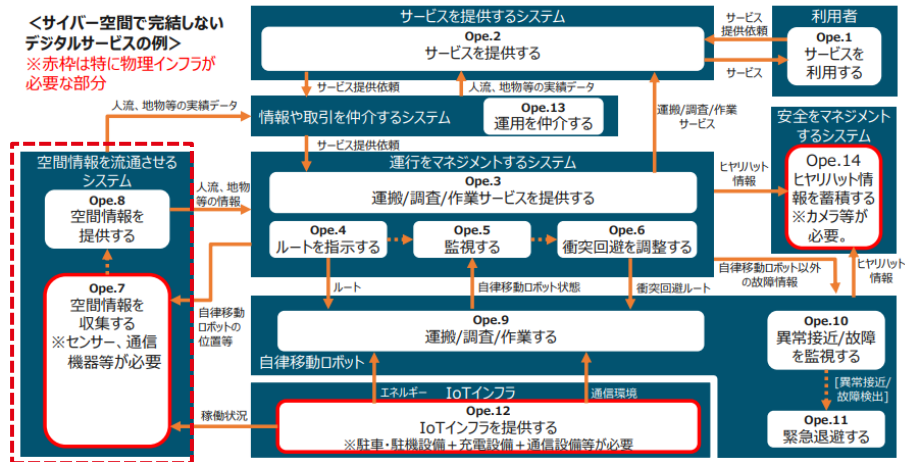
人口減少が進むなかでもデジタルによる恩恵を全国津々浦々に行き渡らせるため、約10年のデジタルライフライン全国総合整備計画を策定。官民で集中的に大規模な投資を行い、自動運転やAIのバージョンを急ぎ社会実装し、人手不足などの社会課題を解決してデジタルとリアルが融合した地域生活圏の形成に貢献する。 ※国土形成計画との緊密な連携を図る。



デジタルアーキテクチャに沿って足並みそろえた官民投資



多様な主体が提供するサービスやシステムがつながり、社会全体として効率的・合理的に機能するよう、政府・民間企業・大学等のプロフェッショナルがデジタルアーキテクチャ・デザインセンター（DADC ※）に集まり、アーキテクチャや推奨仕様を検討・提示し、関係省庁や産業界で足並みそろえた投資を行っている。 ※独立行政法人情報処理推進機構（IPA）に設置。



アーリーハーベストの各プロジェクトを支えるソフトインフラの整備を推進する

各プロジェクトのアーキテクチャにおける「空間情報を流通させるシステム」を具体化する

1-4 普及拡大施策

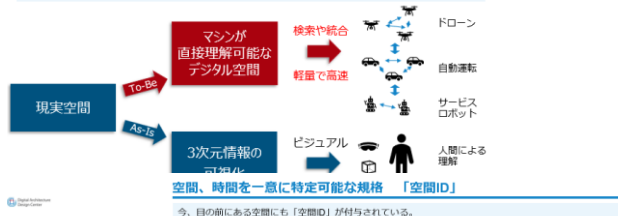
4次元時空間情報基盤の普及拡大を目的に各種コンテンツを整備中。一般者向けのプレゼン資料の公開や初学者向けコンテンツや開発クイックスタートガイドを順次公開予定。

■ CEATEC2023ショートプレゼン

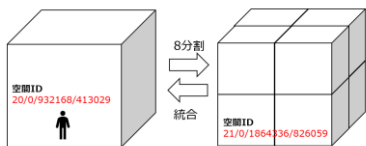
一般者向けに広く理解をしていただく目的でIPAブースでショートプレゼンを実施。プレゼン資料は公開中。

自律移動ロボットに必要な仕組みとは？

自律移動ロボットが行き交う世界を実現するためには、時間情報を含む多様な空間情報を高度に統合・検索・処理可能な仕組みが必要となる。



構築メッシュセル [20/0/932168/413029]
北緯約35.64度、東経140.03度、標高約3.0m、ズームレベル20 (ボクセルサイズ約38m)



出典：IPA <https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/Individual-link/nq6ept0000004w4-at/4dspatio-temporal-ceatec-presentation-doc.pdf>

■ 空間情報の解説記事

空間情報の概要や活用例等を簡単に学ぶための記事

- 空間IDの概要
- 空間ID活用例 (ドローン) 等

空間情報

はじめに

空間IDとは

空間IDの形式

- 緯度
- 経度
- 高さ
- ズームレベル
- ボクセルID

■ 開発クイックスタートガイド

共通ライブラリや空間IDのビューアーを活用した開発・実証をスムーズに始めるためのガイド

呼び出しのサンプル

サンプルとして、Python版での「ジオメトリ情報」→「空間ID」実装機能の実行例を紹介する。

- 実行コマンド (ターミナル)
- 実行結果

```
import SpatialId.common.object_point
import SpatialId.io.shapefile

# ジュニアの起動
# 実行コマンド (ターミナル)
SpatialId.shape.py

# 実行結果
[["11/8/1814/811"]]
```



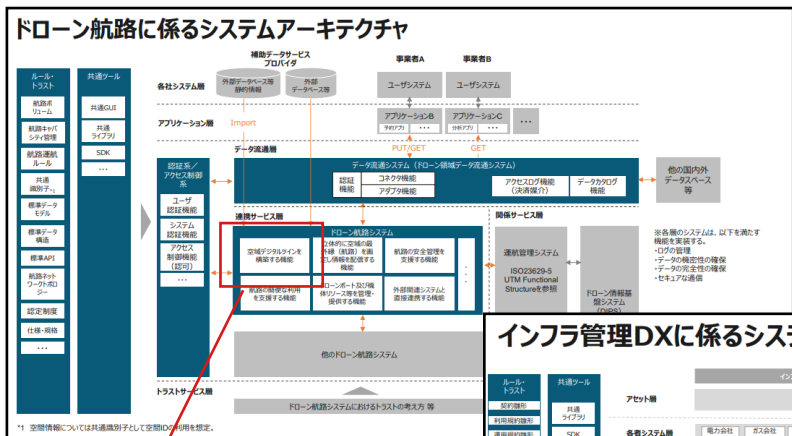


2. デジタルライフライン全国総合整備計画における 4次元時空間情報基盤の検討状況



2. アーリーハーベストプロジェクトにおける4次元時空間情報基盤の適用箇所

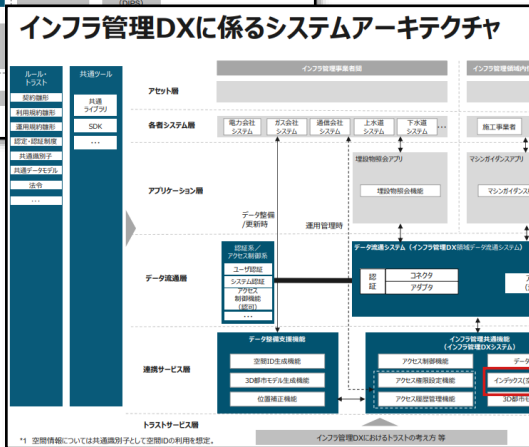
NEDO「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業／デジタルライフラインの先行実装に資する基盤に関する研究開発」の公募が開始。各分野のアーリーハーベストプロジェクトにおいて、空間情報を流通する際の共通識別子として空間ID等の利用が想定されている。



A.ドローン航路
空域デジタルツイン
を構築する機能

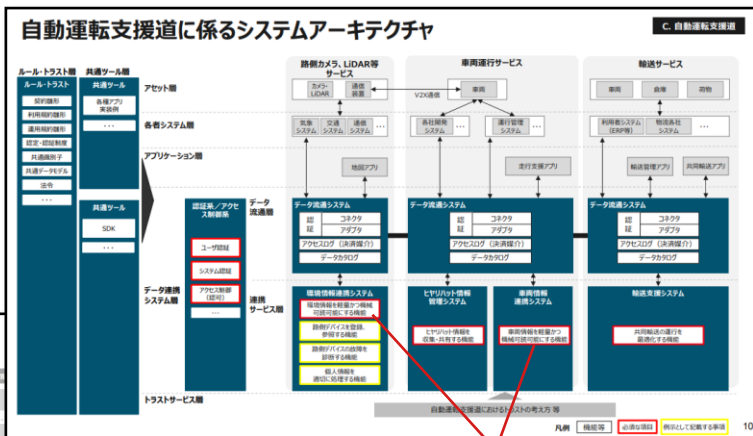
「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業／デジタルライフラインの先行実装に資する基盤に関する研究開発」

https://www.nedo.go.jp/koubou/IT2_100319.html



C.自動運転支援道
車両情報、環境情報を
軽量かつ機械可読可能
にする機能

B.インフラ管理DX
インデックス管理機能



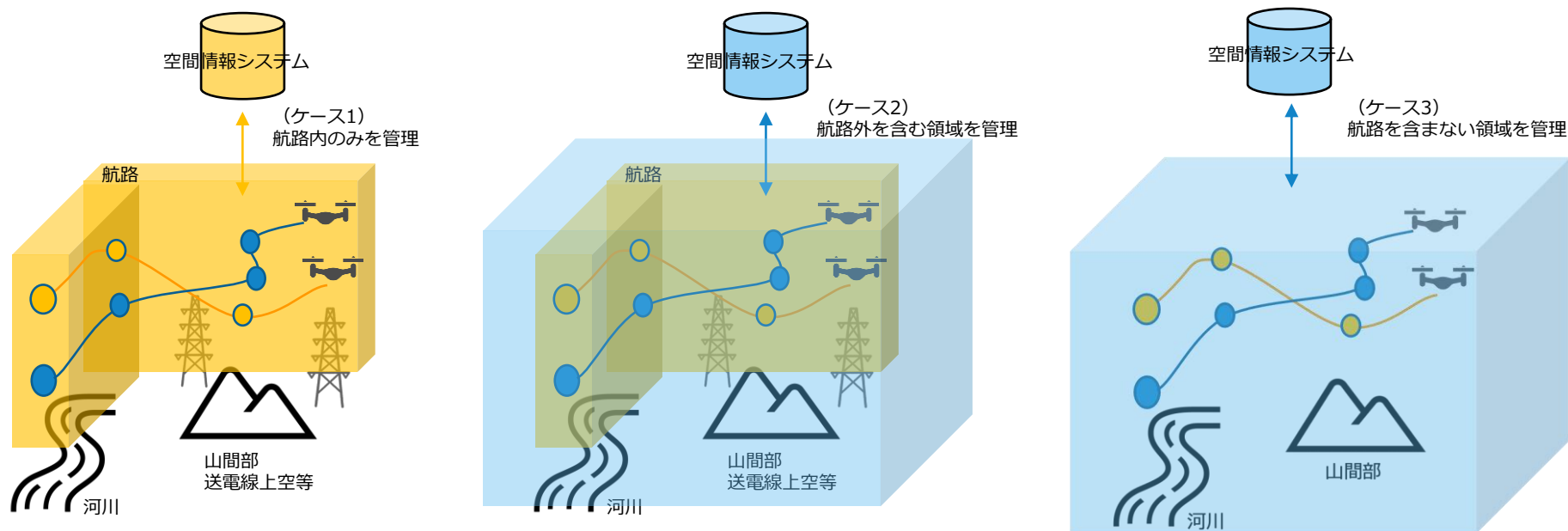


2-1 ドローン航路



2-1-1 ドローン領域空間情報システム

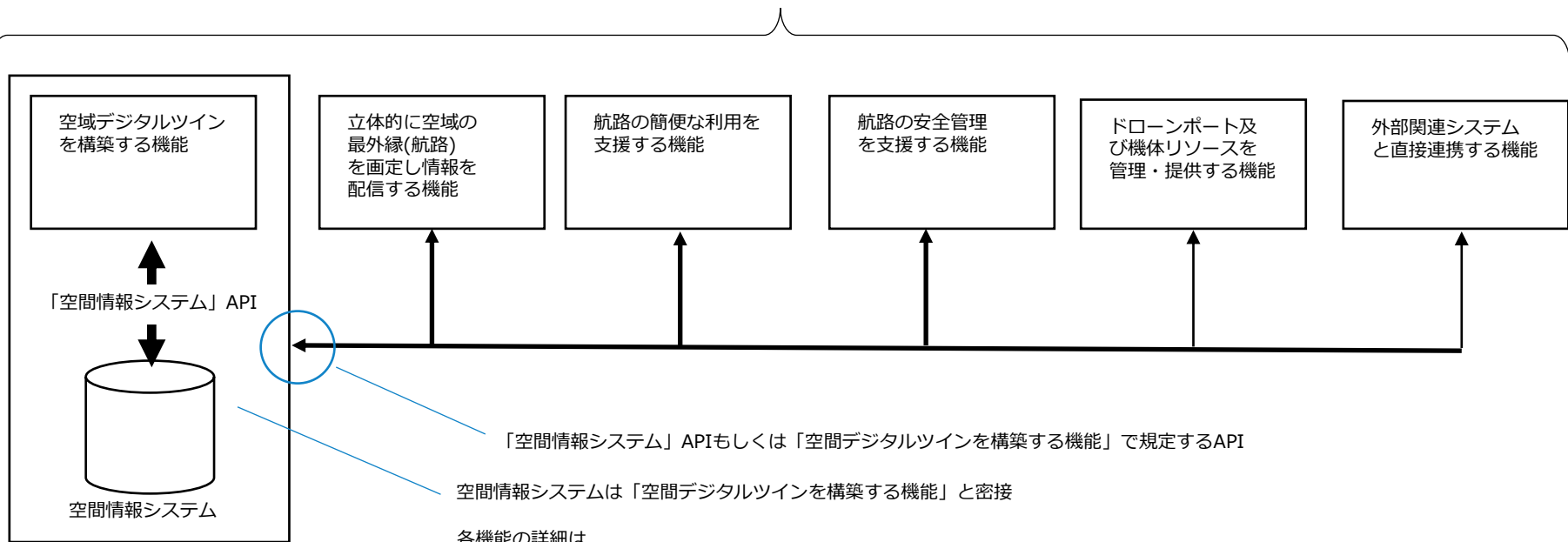
ドローン領域空間情報システムは、バリア情報や飛行空域、気象情報等の形式の異なる空間情報を空間ID形式で統合して情報提供を行う。また、ドローンが飛行する空間を管理するためのプリミティブな機能を提供することによって、航路管理以外も含む多様な形態での利用を想定したアーキテクチャを実現することをめざす。アーリーハーベストプロジェクトの航路管理(ケース1や2)に対応できるように空間に航路の種別を設け、航路に関する情報を保持する機能を具備することとする。



2-1-2 ドローン航路システムとの関係

ドローン領域空間情報システムはドローン航路システムの一部に位置づけられ、ドローン航路システムに求められる各種機能に航路に関する空間情報を提供する。

ドローン航路システムに求められる機能



各機能の詳細は

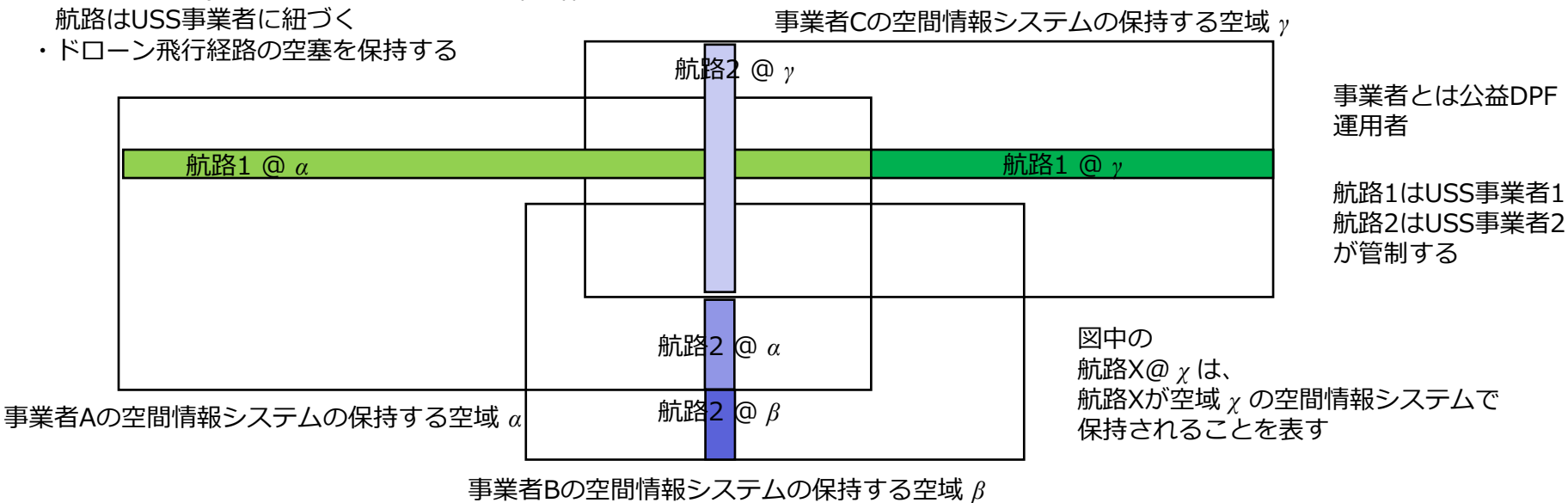
「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業/デジタルライフラインの先行実装に資する基盤に関する研究開発」に係る公募について
https://www.nedo.go.jp/koubo/IT2_100319.html
を参照

2-1-3 空間情報システムにおける航路管理の範囲

空間情報システムでは次の航路管理を行えることを前提にAPIおよび管理モデルを規定する。
なお、アーリーハーベストプロジェクトにおいては、航路管理者と空間情報システム管理者が一致するなど、本モデルのサブセットで要件を満足することができる。

空間情報システムは

- ・ 航路（エリア）の存在する空域の空間情報を保持する
航路はUSS事業者に紐づく
- ・ ドローン飛行経路の空塞を保持する

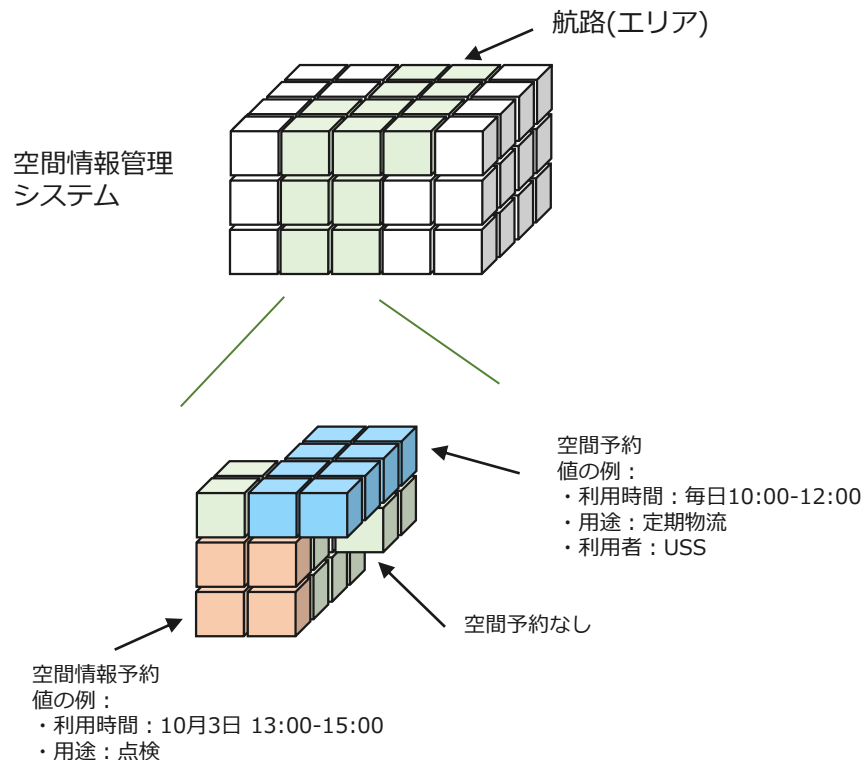


* : 例えば、空域の重複がなく航路を管理する事業者が単一しか存在しない地域であれば、必要とされる管理機能は省略しうる。

2-1-4 参考資料（個別意見交換会資料）

ドローン領域空間情報管理システムでは、空間の種別（空間情報タイプ）を管理し、航路エリアを種別のひとつとする。また、空間予約情報を値として保持する。

空間情報タイプ		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（動的）	属性：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（動的）	情報元リンク
	飛行計画空域（動的）	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(SDSP_A)
一般	気象	風向、風速 等
	電波強度	種別+強度





2-2 自動運転支援道



2-2-1 自動車領域の空間情報システム：ユースケース

アーリーハーベストプロジェクトにおいて、主に路側インフラからの情報連携と、車両からの情報連携を対象とする2つのケースを想定し、自動運転支援道の実証が行われる予定。

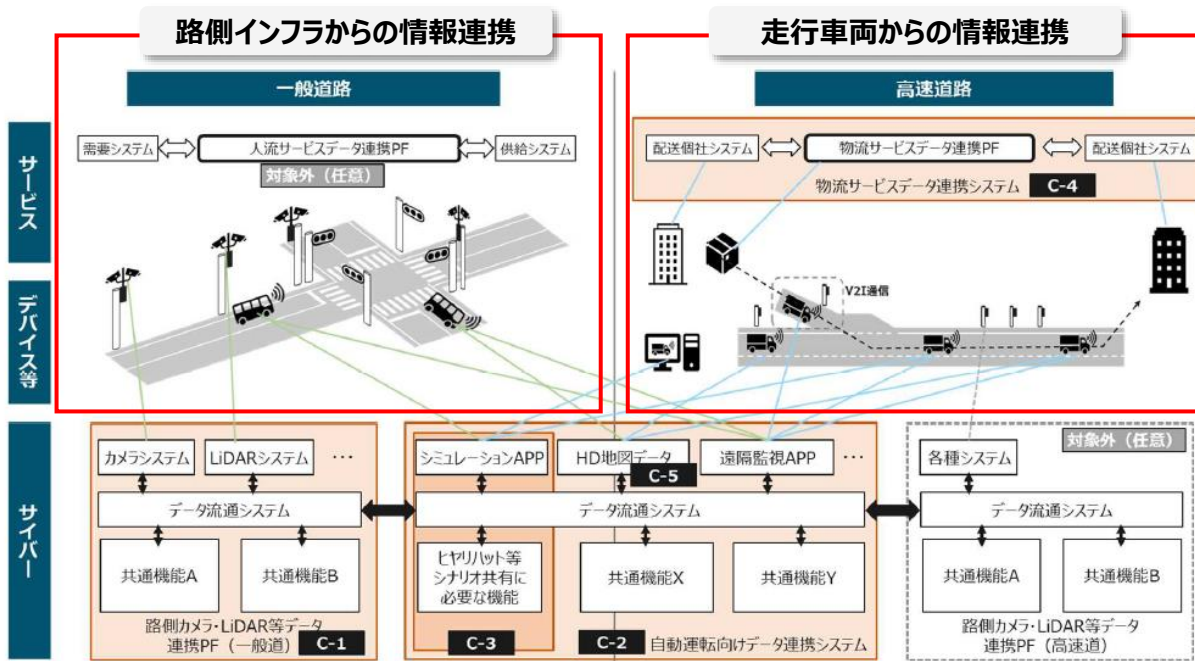


図5 自動運転支援道に係るシステム構成概要

出典：「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業／デジタルライフラインの先行実装に資する基盤に関する研究開発」に係る公募要領へ一部追記

2-2-2 自動車領域 空間情報システム：空間情報の活用・提供価値

自動車領域においては、路側から高頻度で取得される情報をリアルタイム・効率的に外部システムや車両へ配信する 統一 的な規格が存在しない課題がある。空間情報システムにおいて、路側・車載カメラ、気象、道路交通情報など種別の異なる 情報を、空間IDを識別子として収集・統合し、個々の車両の場所に応じた情報をプル型で配信可能な仕組みを検討。

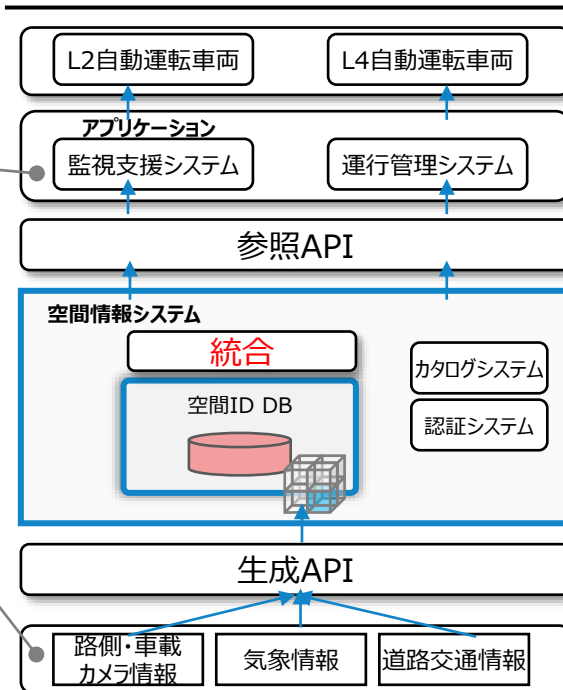
空間情報システムへの要求

- 前方のリスクに対して、任意のズームLVで範囲指定し、必要な情報を取得
- 広域親ボクセルから狭域子ボクセルの情報をピンポイントに取得可能

P21詳細

- 動的情報：カメラ検知した物標の内容、位置、速度等のメタ情報を高頻度で取得（ズームLV19-25粒度）
- 準動的情報：道路交通、気象等の情報を中頻度で取得（ズームLV10-15粒度）

空間情報の生成～活用



空間情報システムの提供価値

空間情報の活用

空間情報のリクエスト

空間情報の取得

空間情報の格納・統合

空間情報の生成

データ

- アプリケーションから参照APIを通じてリクエストされた情報（空間IDで指定された範囲）をもとに、空間情報システムのDB検索を行い、**動的情報を軽量・機械可読な形式で配信**

P19詳細

- 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インデックスを作成し、**空間属性情報を高速かつ同時多重で格納・検索**
- 気象や統計情報など境界がない情報と、道路リンクデータなど**種別の異なる情報を統合**
- 大量となるため**必要期間分だけ保持**

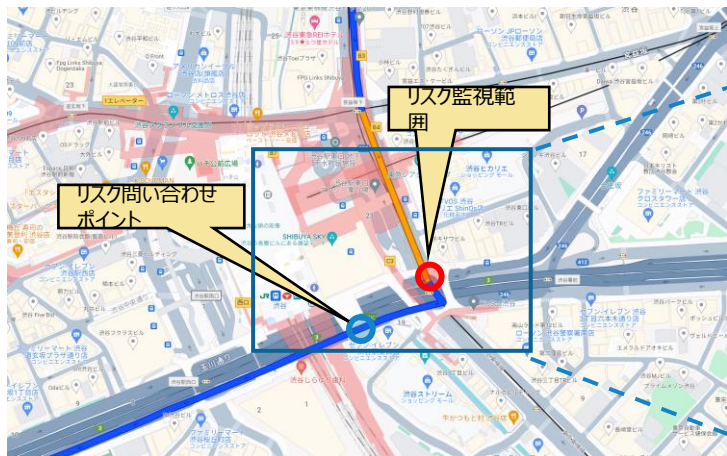
P20詳細

- 生成APIを通じて**様々な動的で連続的な空間情報を空間IDへ変換し**、属性情報を共通規格で空間情報システム内に生成する

2-2-3 空間IDを活用した情報配信：実証事例

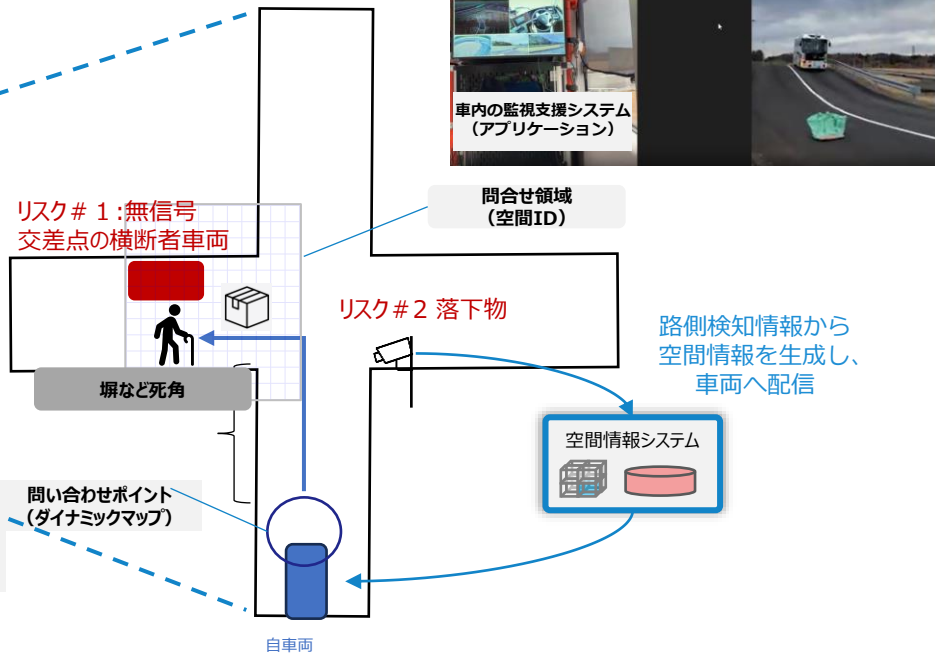
デジタル庁実証では、交差点周りのリスク情報を空間IDで管理し、空間情報システムを通じてドライバ(L2)、車両(L4)に対し先読み配信するユースケースを実証中。今後、一般道における自動運転導入を検討する自治体向けにサービス展開を予定。

先読み配信は、一定の範囲に突入した車両が、走行ルート上の離れた場所の一定の範囲の情報を取得する汎用的な仕組み。2点間の距離や範囲の広さは可変であり、範囲内の複数の物標を統合して取得する等、空間IDによる効率的な処理が可能となる。



右上画像 出典：デジタル庁「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」技術実証からの引用

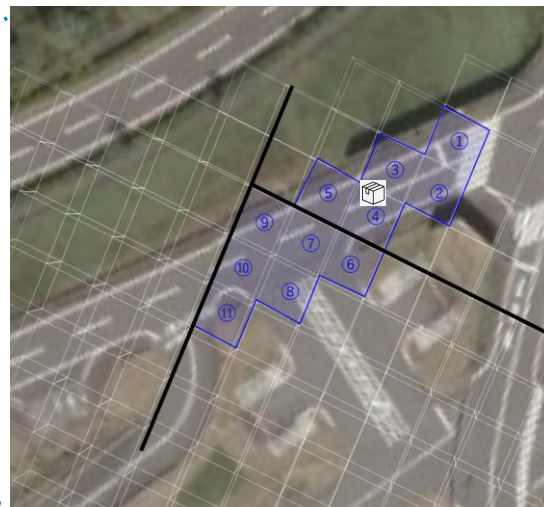
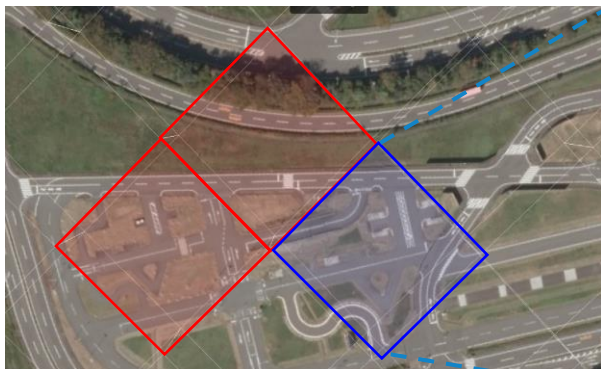
空間IDを活用した落下物回避技術実証風景



2-2-3 空間IDを活用した情報配信：実証事例

親ボクセルで広域範囲指定し、必要な属性情報を、指定したズームLVの子ボクセルでピンポイントに取得可能。

問い合わせ領域：空間ID 19/0/466895/205180



問い合わせ領域：空間ID

- ① 22/4/3735162/1641447
- ② 22/4/3735163/1641448
- ③ 22/4/3735163/1641447
- ④ **22/4/3735164/1641447**
- ⑤ 22/4/3735164/1641446
- ⑥ 22/5/3735164/1641445
- ⑦ 22/4/3735165/1641446
- ⑧ 22/4/3735165/1641445
- ⑨ 22/4/3735165/1641444
- ⑩ 22/4/3735166/1641445
- ⑪ 22/4/3735166/1641444

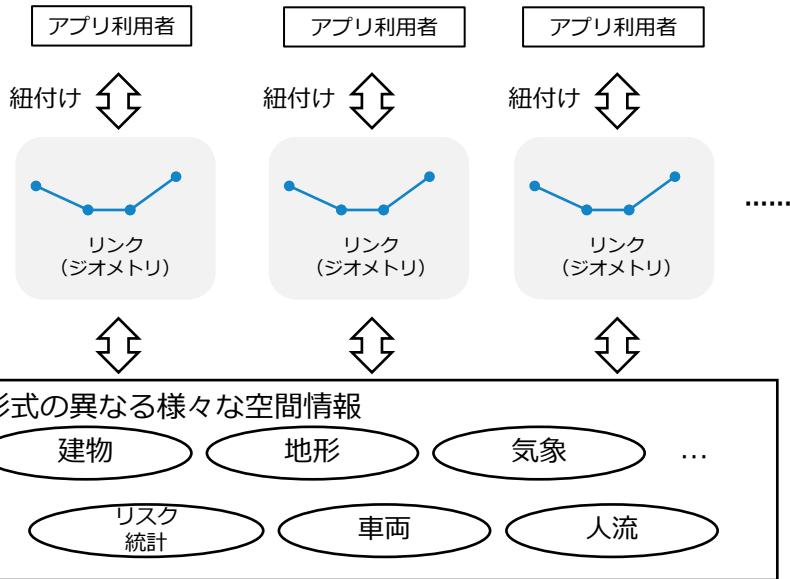
車両側の負担を踏まえ、今後ユースケースに応じた問合せ方法の最適化を検討する（ボクセルが小さいほどピンポイントな範囲を指定可能。用途に応じて様々なボクセルサイズを組み合わせて問合せする）

2-2-4 空間IDを活用した種別の異なる情報の統合

種別の異なる様々な空間情報をアプリケーションが利用する上で、道路リンク等の既存のエコシステムを空間IDと紐づけることで、多様なデータをより効率的に活用することが可能となる。

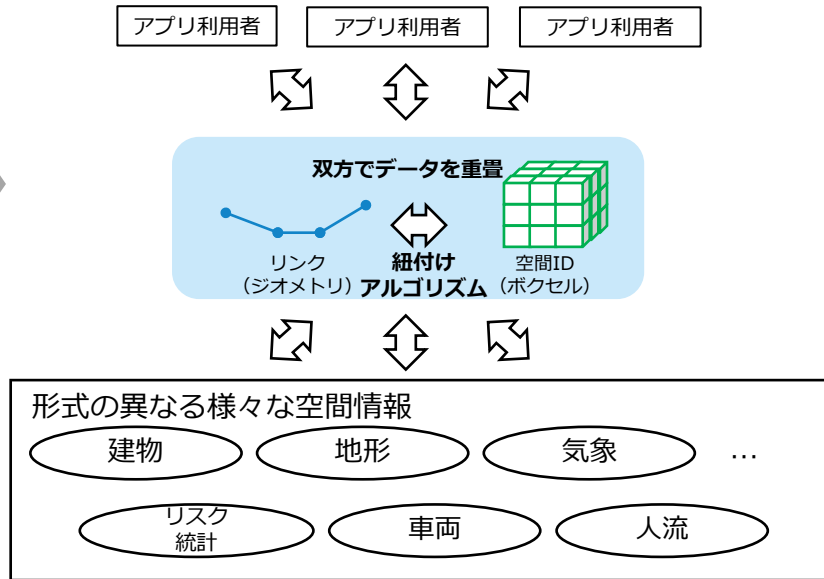
As-is

- 利用する側で個々のデータをネットワークに紐づけ
(手法が統一されず、社会全体のコスト大)



To-be

- 空間情報システム内で、空間ID (ボクセル) に対する紐付けアルゴリズムを保持し、利用者へ提供
(共通手法の適用により、社会全体のコストも縮小)





2-3 インフラ管理DX



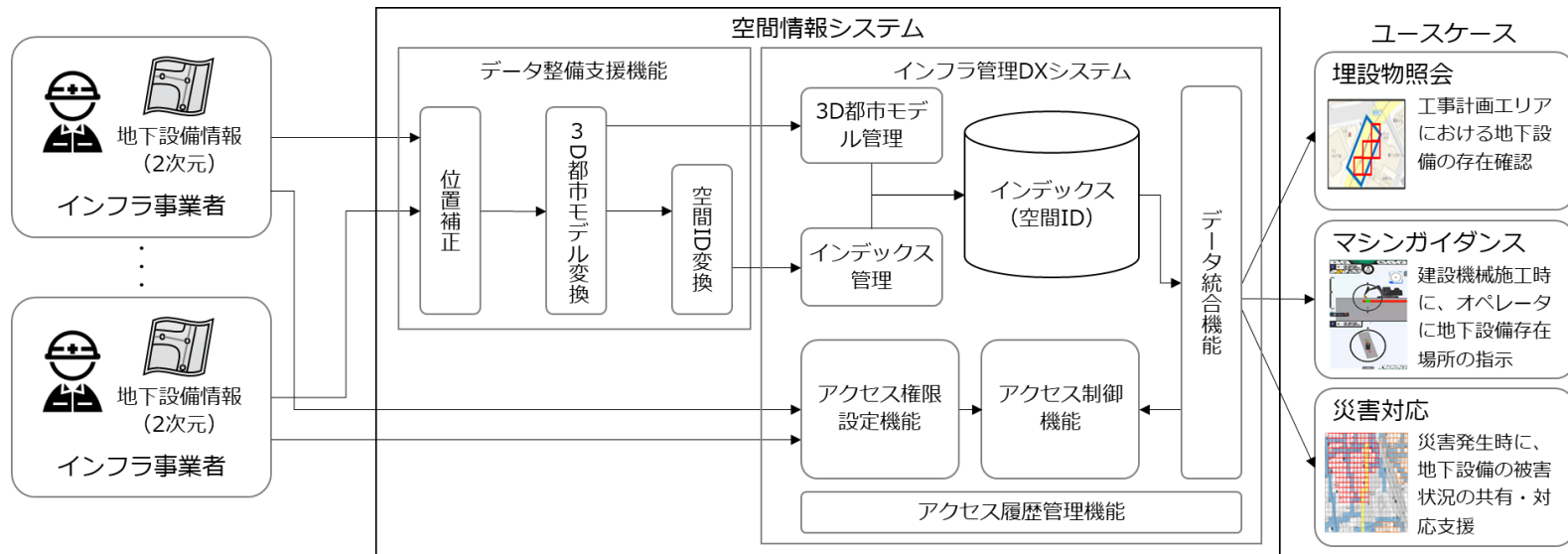
2-3-1 インフラ管理DX領域空間情報システム

インフラ管理DX領域の空間情報システムは、インフラ事業者が保有する地下設備の埋設空間を空間ID化し、プリミティブな機能を提供することによって、様々なユースケースでの利用を可能とする。

各インフラ事業者の地下設備情報は、位置基準およびデータスキーマが異なっており、統一的なデータ利用が難しい。

また各インフラ事業者の地下設備情報は、各社のセキュリティ基準によって保護されている。

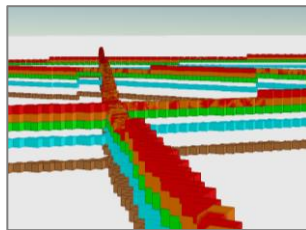
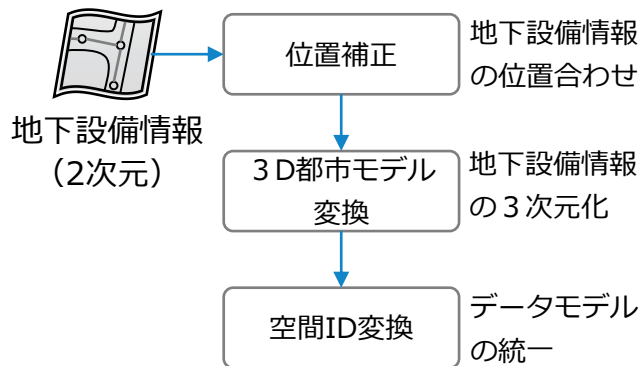
インフラ管理DX領域の空間情報システムでは、各インフラ事業者の設備情報を空間IDで統一化し、各社セキュリティ基準を保護し、インフラ管理におけるDXを実現する。



2-3-2 空間IDによる設備情報のデータモデル統一

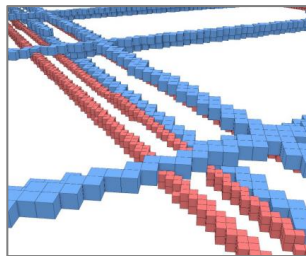
インフラ事業者の設備情報を空間ID化することで、データモデルが統一され、共通的なアクセスを実現することができる。設備情報は、インフラ事業者毎に位置基準・データスキーマが異なっているため、空間ID化する前にデータ整備を行う必要がある。また設備情報のデータ精度が異なる場合は、空間IDのレベルを適切に設定することで、すべてのインフラ事業者の設備情報を空間IDに統一することができる。

空間IDによる設備情報のデータ統一（データ整備支援機能）



各インフラ事業者の設備情報を空間ID化することで、様々なユースケースに対して統一的なデータアクセスが可能になる。

インフラ事業者およびステークホルダー間のデータ利用が実現する。

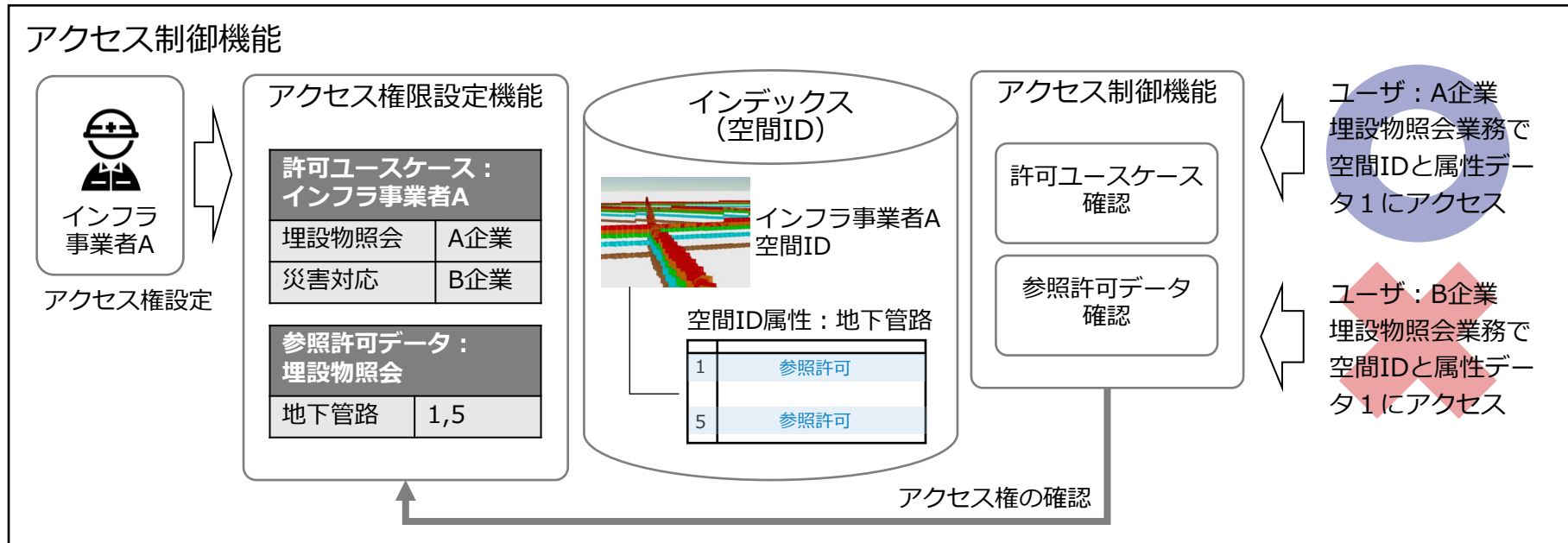


インフラ事業者によっては、設備情報のデータ精度が異なるため、データ精度にあった空間IDのレベルを設定する。

空間IDは複数のレベルを混在することが可能であり、統一的なデータ管理を実現することができる。

2-3-3 空間IDによる設備情報のアクセス制御

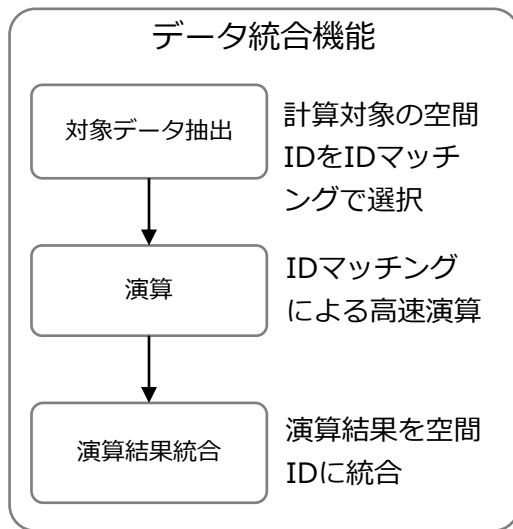
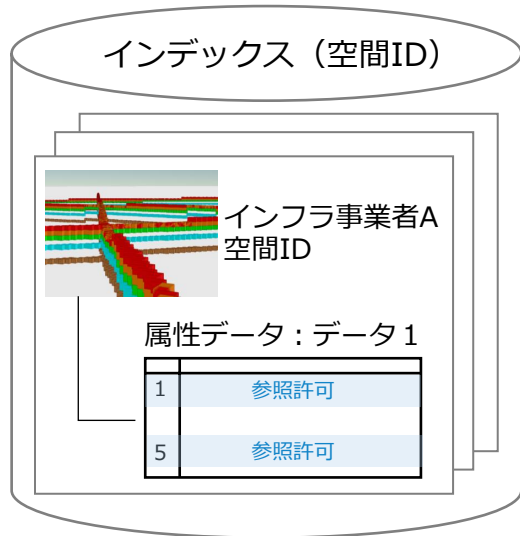
インフラ事業者が、誰に・どのような用途でアクセスを許可するかをアクセス権として設定する。アプリケーションからのアクセスがあった場合、アクセス制御機能がアクセス権があるかを確認する。空間IDにより設備情報のデータスキーマの統一することで、共通的なアクセス制御が可能になる。



2-3-4 空間IDによる設備情報の演算処理

データ統合機能は、アプリケーションからの要求に応じて、各インフラ事業者が許可した空間IDに対して演算を行い、結果について空間IDを返却する。空間IDに対して演算を行うことで、計算コストを低減し、都道府県単位などの広域の地下設備に対する応答速度の向上が可能になる。

データ統合機能



広域災害発生時など対象エリアが広域になる場合、都道府県クラスの演算をGISデータに対して行うと、計算コストが非常に高くなる。空間IDに対して計算することで、計算コストが低減し、応答速度の向上も見込める。



3. 仕様の検討状況





3-1 ローカル空間ID

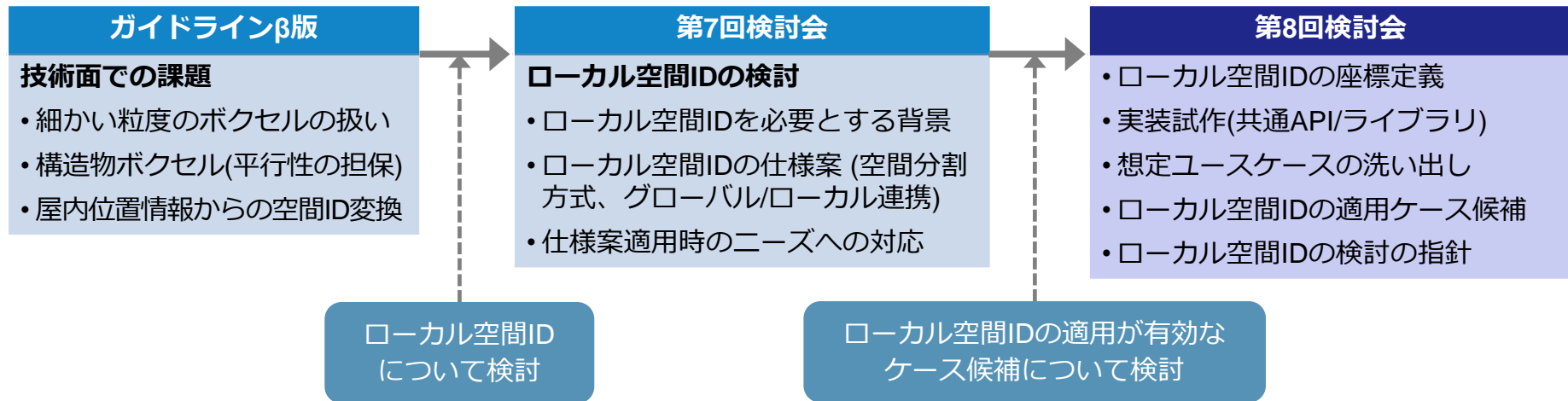


3-1-1 空間情報基盤におけるローカル空間IDに関する検討の流れ

ローカル空間IDを用いたローカルな空間の共通化や形式の異なる様々な情報の流通を効率化する仕組みの検討を進めている。

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。

「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン」(5.3. 技術面で解決すべき課題)



3-1-2 ローカル空間IDの座標定義

ローカルマップ(屋内用地図)については、事業者が独自に座標定義を行っているために共通性が担保されていない。ここでは座標定義(原点&回転)が共通となるローカル空間IDを定義することで共通化を図る。

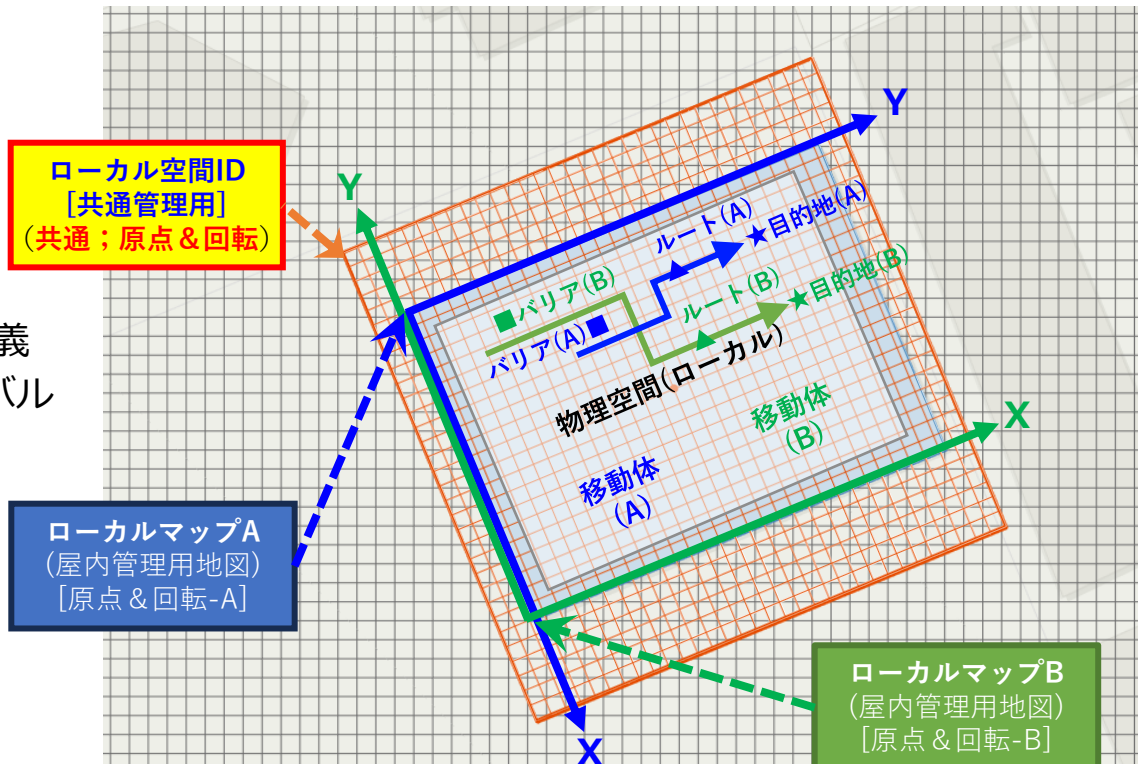
● 空間分割方式

- 第7回検討会でも言及した通り「**全体範囲定義方式**」を採用する方向で検討を進めている。

● 座標定義情報

- ローカル空間IDは以下の要素で定義され、後述するAPIによりグローバル空間との対応付けが可能となる。

- (1)定義範囲の1辺の長さ[m単位]
- (2)原点の緯度・経度・標高
- (3)回転角[度単位]



3-1-3 ローカル空間IDの実装試作（共通API/ライブラリの検討）

NEDO実証事業者（竹中工務店/ジオロニア）にて、ローカル空間IDの実装に向けた検討が進められている。共通API/ライブラリの設計を行い、エコシステムとしての流用性を実証事業者と連携して検証していく。

localSpace		↑
POST	/localSpace ローカル空間情報登録	▼
GET	/localSpace/{spaceId} ローカル空間情報取得	▼
PUT	/localSpace/{spaceId} ローカル空間情報更新	▼
DELETE	/localSpace/{spaceId} ローカル空間削除	▼
localSpatialInfo		↑
POST	/localSpace/{spaceId}/info ローカル空間情報登録	▼
GET	/localSpace/{spaceId}/info ローカル空間情報取得(全件)	▼
GET	/localSpace/{spaceId}/info/findByType ローカル空間情報取得(タイプ指定)	▼
GET	/localSpace/{spaceId}/info/{objectId} ローカル空間情報取得(オブジェクト指定)	▼
PUT	/localSpace/{spaceId}/info/{objectId} ローカル空間情報更新	▼
DELETE	/localSpace/{spaceId}/info/{objectId} ローカル空間情報削除	▼

● ローカル空間IDの実装試作(案)の検討

- [共通API]…定義情報を公開するためのツール一式として機能するもの
- [ライブラリ]…グローバル-ローカル座標変換/周辺の空間IDの取得
ズームレベルの変更や包含判定などの基本機能を提供する。

ローカル空間IDライブラリ(1/3)

#	項目	機能/メソッド概要	機能/メソッド
1	空間座標⇄空間ID情報	座標情報→空間ID	ローカル空間ID
2		空間ID→座標情報(中心点座標)	ローカル空間IDから座標(x, y)を算出
3		空間ID→座標情報(周辺点座標)	ローカル空間IDから座標(x, y)を算出
4	周辺空間ID取得	空間IDへ隣接する空間IDを2辺(26個)	ローカル空間IDから周辺空間IDを算出
5		空間ID⇄Z方向の空間ID	ローカル空間IDからZ方向の空間IDを算出
6		空間ID⇄F方向の空間ID	ローカル空間IDからF方向の空間IDを算出
7		空間ID⇄X方向の空間ID	ローカル空間IDからX方向の空間IDを算出
8		空間ID⇄Y方向の空間ID	ローカル空間IDからY方向の空間IDを算出
9		空間ID⇄XY方向の空間ID	ローカル空間IDからXY方向の空間IDを算出
10		空間ID⇄XYZ方向の空間ID	ローカル空間IDからXYZ方向の空間IDを算出
11		空間ID⇄任意方向の空間ID	ローカル空間IDから任意方向の空間IDを算出

ローカル空間IDライブラリ(2/3)

#	項目	機能/メソッド概要	機能/メソッド
12	ズーム		
13			
14	Geo-JSON		
15	内部判定		
16			


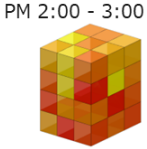


ローカル空間IDライブラリ(3/3)

#	項目	機能/メソッド概要	機能/メソッド	備考
17	ローカル⇄グローバル	ローカル空間ID⇄グローバル空間ID	ローカル空間IDからグローバル空間IDを算出する。その逆も可能。	ローカル用ライブラリ専用 グローバルでは対応しない ただし、ローカル用ライブラリでは3次元座標指定 逆処理は空間IDの配列
18	グローバル⇄ローカル	グローバル空間ID⇄ローカル空間ID	グローバル空間IDからローカル空間IDを算出する。その逆も可能。	ローカル用ライブラリ専用 グローバルでは対応しない ただし、ローカル用ライブラリでは3次元座標指定 逆処理は空間IDの配列
19	ローカル座標⇄グローバル座標	ローカル座標⇄グローバル座標	ローカル座標からグローバル座標を算出する。	ローカル用ライブラリ専用
20	グローバル座標⇄ローカル座標	グローバル座標⇄ローカル座標	グローバル座標からローカル座標を算出する。	ローカル用ライブラリ専用
21	ローカル空間ID情報	取得/算出	ローカル空間IDから座標を算出する。	ローカル用ライブラリ専用
22		取得/算出	ローカル空間IDから座標を算出する。	ローカル用ライブラリ専用

出典：「ローカル空間IDライブラリ機能一覧」竹中工務店

3-1-4 ローカル空間IDの想定ユースケースの洗い出し

以下の4つの想定ユースケースに対して、タスクの概要や取り扱うデータ種別を整理する。
そのうち、(1)(2)サービスロボット および (3)物流配送の積荷管理 が現状での検討対象となる。

区分	想定ユースケース	タスクの概要	取り扱うデータ種別
サービスロボット	(1)屋内外を行き来する 巡回作業ロボット [一般人の立入制限]	<ul style="list-style-type: none"> ・特定区域における自律移動 (ロボット優先区域；人が避ける) ・立入禁止区域の設定 (工事現場の巡回撮影/監視カメラ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・IoTデバイス (ICタグ/監視カメラ) ・経路情報 (建物POI/待機位置) 
	(2)屋内外を行き来する 自動配送ロボット [公共空間での利用]	<ul style="list-style-type: none"> ・混雑状況に応じた最適経路選択 (人流情報を参照して混雑を回避) ・ヒトの動きを優先(安全を優先) (ヒトの混雑状況がリスク要素) 	<ul style="list-style-type: none"> ・人流情報 (時間帯ごとの人流を集計) ・グランドリスク (障害物/不通区間) 
物流配送	(3)物流配送の積荷管理 (トラック/船舶などの荷台) [管理対象自体が移動]	<ul style="list-style-type: none"> ・管理対象の荷台自体が移動 (積降作業時に絶対座標を付与) ・荷台内部はローカル座標で管理 (配送順で積荷の配置を最適化) 	<ul style="list-style-type: none"> ・積荷の空間予約情報 (複数事業者の混載) ・積荷配置の最適化に必要な各種情報 (積荷ID/配送先/時間指定/積載順) 
建設現場	(4)ビル内外の作業管理 (建設中の資材管理) [環境地図の動的変化]	<ul style="list-style-type: none"> ・基準点の異なる環境地図の高頻度更新 (建設中のビル/室内のレイアウト変更など) ・非常設地物の管理/地図の部分更新 (空港やショッピングモールなど) 	<ul style="list-style-type: none"> ・他機のセンサ情報 (LiDAR点群/SLAM地図) ・地図の部分更新データ (非常設物ごとの更新情報) 

3-1-5 ローカル空間IDの適用を検討するケース候補（サービスロボット）

デジタル庁実証事業では、(グローバル)空間IDをベースにした利活用の検討が進められている。

● (グローバル)空間ID管理の適格性

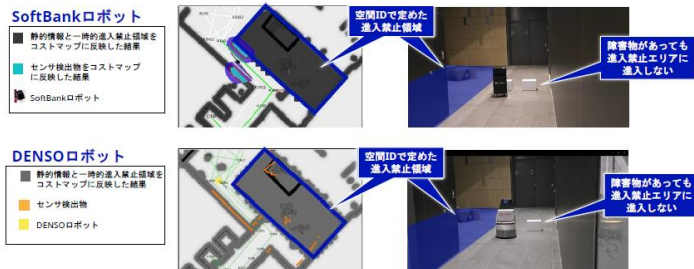
- [適格性あり] … 建物POI、進入禁止エリア、結節点、待機位置・経路(調停ノード管理)
- [適格性低] … ロボット経路、ロボット位置情報など（高い位置精度を必要とするもの）

● ローカル空間IDの適用性

- 特定ビル内のような**限定した範囲/空間での情報共有を行うケース**においては、ローカルな情報管理手法の一つとしてのローカル空間IDの活用も考えられる。

実機検証結果「ルール共有(一時的進入禁止領域)@ユースケースD」

空間情報基盤より一時的進入禁止領域を取得し、進入しないことを確認

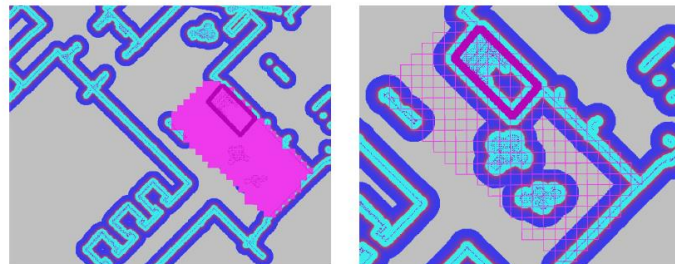


ズームレベル26の空間IDで設定された進入禁止領域を空間情報基盤より取得した。
道路上に障害物が存在する場合であっても、SB/DNともに進入禁止領域へ進入しないことを確認

25

④一時的進入禁止領域の共有

空間IDの示すボクセルにより指定された一時的進入禁止領域情報の設定例
モビリティは領域を壁や障害物と同様に扱い、設定された領域内を通過する経路を計画しない



ボクセルで指定された一時的進入禁止領域例
(ピンク塗りつぶし領域)

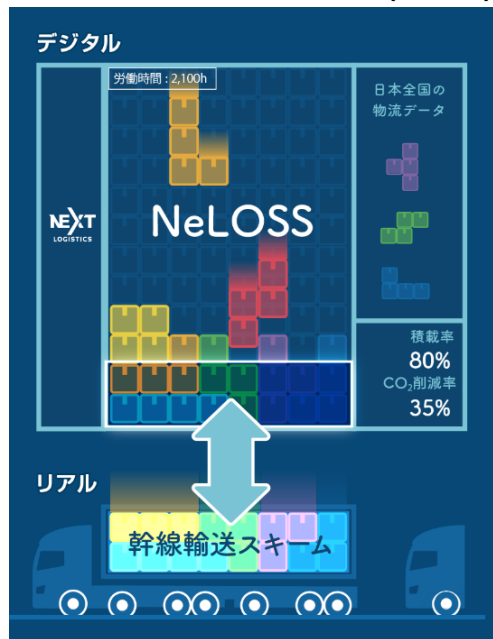
同左の格子表示

62

3-1-6 ローカル空間IDの適用を検討するケース候補（物流配送）

マルチモーダル輸送における物流結節点でのグローバルとローカルの連関性を担保しつつ、周辺環境の異種データとの統合を念頭に、様々な企業により物流システムの最適化の検討が進められている。

物流最適化システム NeLOSS(ネロス)



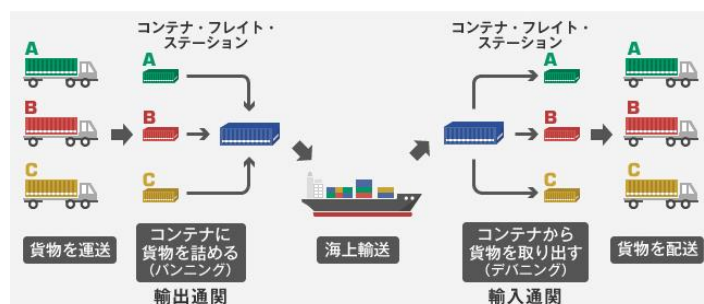
出典：NEXT Logistics Japan株式会社
<https://www.next-logistics-jp.jp/>

積降作業を自動化するロボット



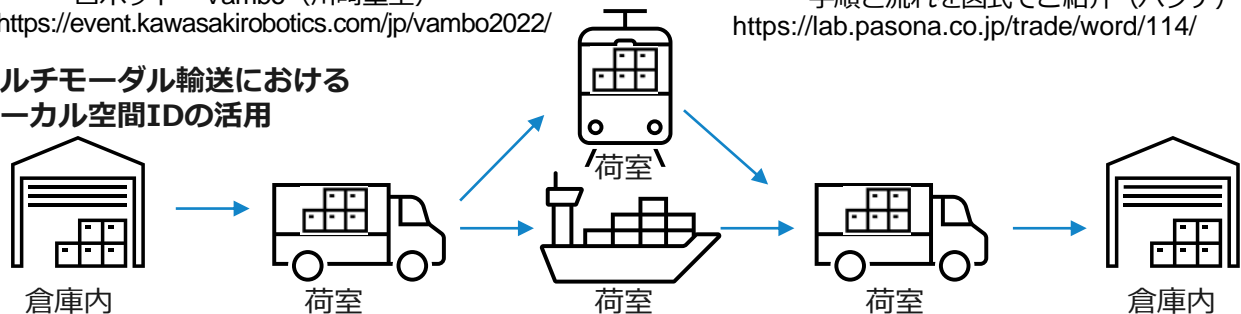
出典：物流分野向け混載対応デバンニング
ロボット-Vambo (川崎重工)
<https://event.kawasakirobotics.com/jp/vambo2022/>

複数の荷主の貨物の混載



出典：『FCL』と『LCL』の違いって？積み込む
手順と流れを図式でご紹介 (パナソニック)
<https://lab.pasona.co.jp/trade/word/114/>

マルチモーダル輸送における ローカル空間IDの活用



● 荷台内部の占有状態の管理にローカル空間IDが必須となるかどうか(要検討)。

3-1-7 ローカル空間IDの検討の指針

ローカルな空間自体が移動したり、外界の環境変化が大きいケースを前提に、形式の異なる様々な情報の検索や連携に利用できるローカル空間IDについて下記の指針にもとづき検討する。

- **ローカル空間ID**は、既存の空間IDを改変するものではなく、(グローバル)空間IDとローカル空間IDを紐づけることができる**拡張仕様（オプション）**とし、ケースバイケースで利用できるものとする。

※ 空間情報基盤における部分空間情報を扱う手段のひとつという位置づけ

- **ローカルな空間を部分空間**として利用することを想定し、**基準となる位置情報が動的もしくは頻繁に変化**することを前提に検討する。

※ 主に物流配送と建設現場におけるニーズに対して、高頻度の更新と多様な情報との連携の効率化を検討

- **基準となる位置情報**（例:範囲の大きさ、原点の緯度・経度・標高、回転角等）については、**複数の部分空間との連携への対応**（ズームレベルの概念を含む）を前提に検討する。

※ APIライブラリについてはNEDO実証の取組みの中で実装し、軽微な修正で様々な用途に再利用できることを検討

- BIMと3D都市モデルの情報連携の事例などを調査して参考にする。



3-2 時間軸

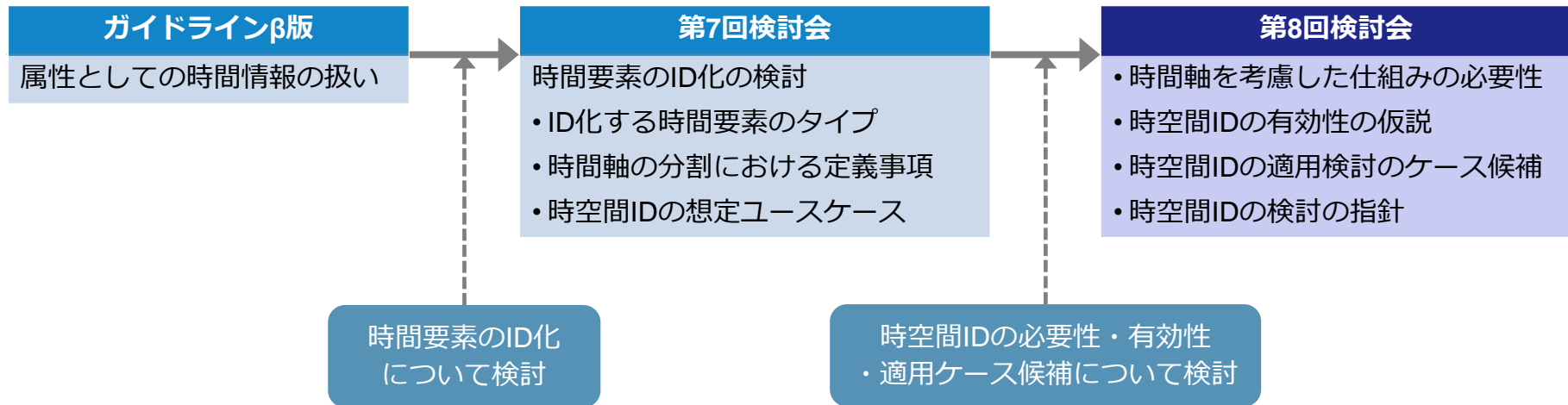


3-2-1 空間情報基盤における時間軸に関する検討の流れ

時間情報を含めた空間属性情報の流通を効率化・活性化する仕組みの検討を進めている。

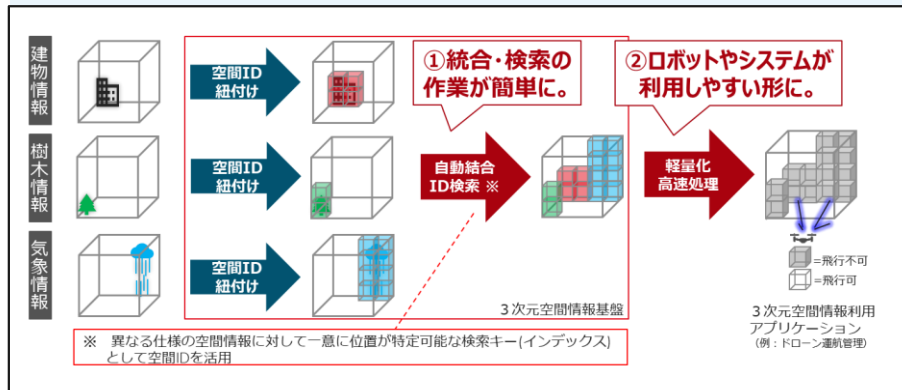
水平方向に限らず、高さ方向や **時間** も含めて、
空間属性情報の**流通を効率化・活性化**するような**仕組み**が必要

「4次元時空間情報基盤アーキテクチャガイドライン」(1.1. ビジョン)

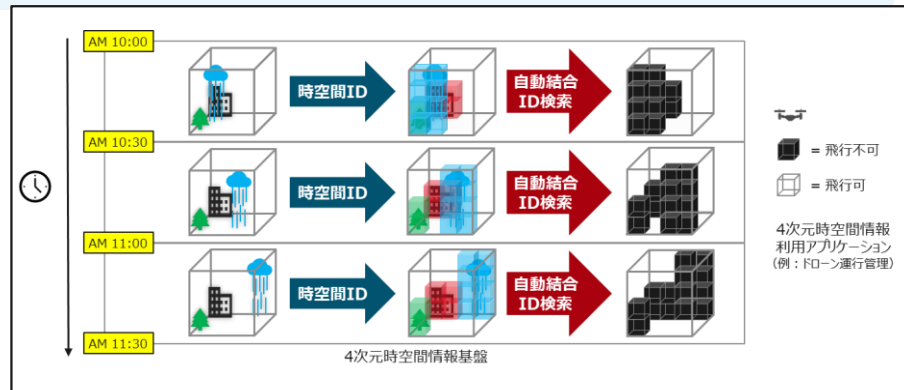


3-2-2 空間情報基盤における時間軸を考慮した仕組みの必要性

異なる仕様の空間情報を統合する検索キー（インデックス）としての空間IDの役割を、時間に応じて変化/移動する情報にも適用するためには、時間軸を考慮した仕組みを検討する必要がある。



第3回3次元空間情報基盤アーキテクチャ検討会資料より



第7回4次元時空間情報基盤アーキテクチャ検討会資料より

空間IDの主な役割 ⇒ 異なる仕様の空間情報を統合する検索キー（インデックス）

時間に応じて変化/移動する情報（例：移動体、気象、人流）に対しては、検索キー（インデックス）として機能しないケースがある





時間軸を考慮した仕組みの必要性

3-2-4 時空間IDの想定ユースケース

時空間IDを活用するメリットがあるユースケースとして主に以下のものが想定される。(第7回検討会資料)

移動体の運行計画の高密度化への対応 (衝突回避)









複数の移動体の計画経路 (位置と時間) を時空間ID化することにより、移動体同士がニアミスする時間と場所をIDから特定できる。

時空間ID	機体ID
120325	1A 
120326	1A  , 2B 
120327	2B 

→ ニアミスの可能性有り

大量の移動体情報の高速な検索


大量の移動体情報 (例: プローブ情報) を時空間ID (空間/時間範囲) 単位で管理することにより、ある時間に特定エリアにいた移動体を素早く検索できる。


時空間ID	車両ID
4321	X3  , Y1  , Z2 
4322	X3  , Z2 
4323	Y1  , Z2  , U4 

時空間IDをキーにして対象車両を検索

移動体の運行時における外的影響の把握

移動体の経路情報と気象情報を時空間IDで突合することで、気象が移動体の運行に影響を及ぼす場所と時間帯を特定できる。

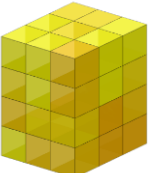

ドローンの航路 

時空間ID	風速情報	時空間ID	風速 (m/s)
55471	 飛行不可	55471	3
55472		55472	6
55473		55473	4

人や移動体の混雑度の把握

時空間ID単位で人や移動体の数を集計して、混雑や渋滞している場所と時間を把握できる。

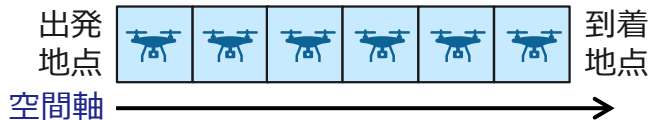
時間単位毎に空間ボクセル内の人流を集計

AM 9:00 - 10:00  PM 2:00 - 3:00 

3-2-5 時空間IDの適用を検討するケース候補：航路の予約管理

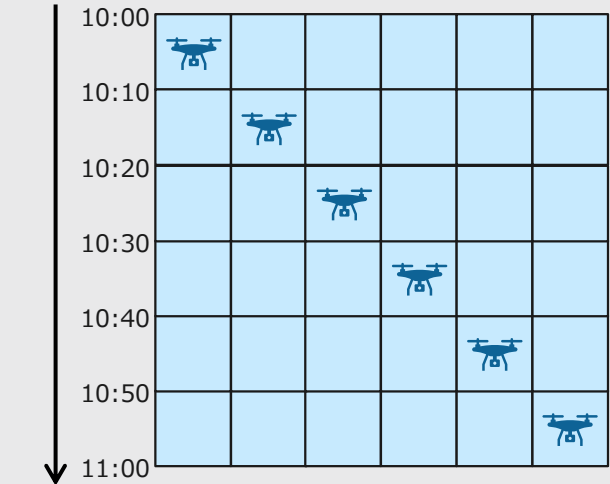
実証事業において検討されている移動体の航路の予約管理をケース候補として、時空間IDによる時空間インデックスを適用した移動体運行の高密度・高頻度化への対応について検討する。

事業者Aが10時～11時まで航路を予約

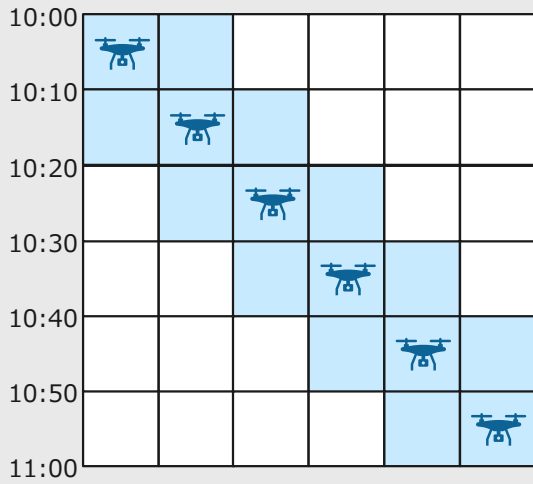


時間を10分単位で区切って、時空間をインデックス化した場合

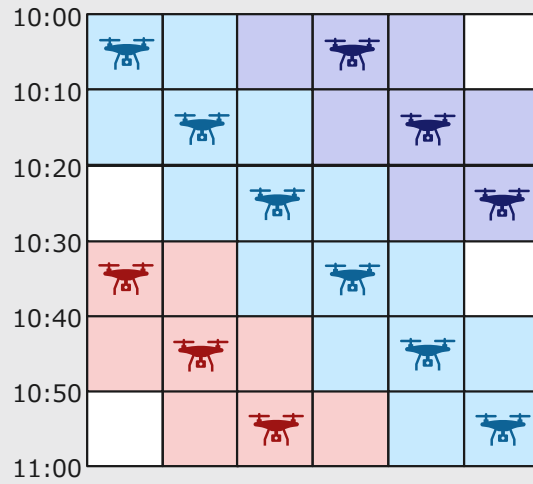
事業者Aが10時から11時まで
航路を占有した状態



時空間をインデックス化して、他の
事業者が航行可能な時空間を把握

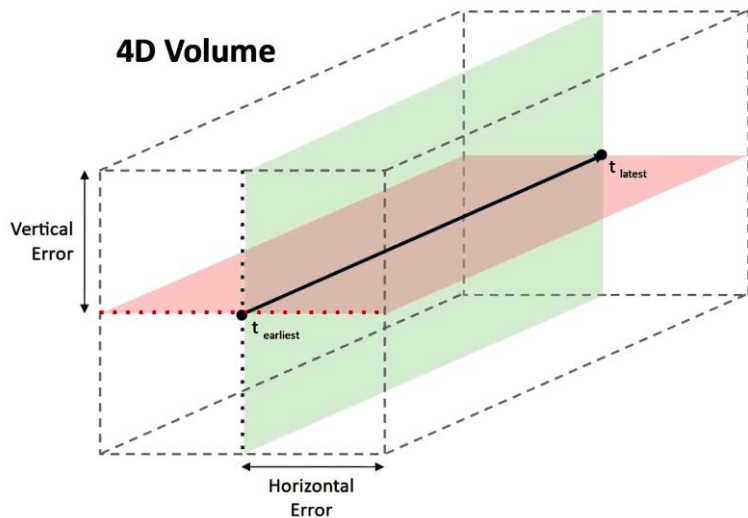


航行可能な時空間に他の事業者の
航路を割り当て

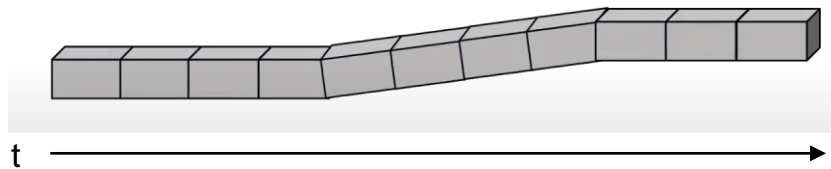


3-2-6 参考例 : 3次元空間 + 時間軸による航路の設定

ドローンの目視外飛行の航路設定の手段として、3次元空間 + 時間軸の「4D Volume」を提案。



Operational Intent with multiple 4D volumes
(Typical of a trajectory-based BVLOS operation)



出典 : Drone Standards Series: Operational Intent
Hosted by MIKE GLASGOW
<https://www.youtube.com/watch?v=IS6tTQTmVO4>

3-2-7 時空間IDの検討の指針

航路の予約管理を前提に、時間に応じて変化/移動する情報を管理・検索に利用できる時空間ID（空間ID + 時間ID）について下記の指針にもとづき検討する。

- **時空間ID**は、既存の空間IDを改変するものではなく、空間IDに時間IDを付加できる**拡張仕様（オプション）**とし、ケースバイケースで利用できるものとする。
※ 空間情報基盤における時間情報を扱う手段のひとつという位置づけ
- **インデックス**としての利用を想定し、ID化する時間要素は**範囲型**を前提に検討する。
- **時間の分割単位**（例:10分、30分 等）については、**複数の単位への対応**（ズームレベルの概念を含む）を前提に検討する。
※ あらゆるケースをカバーしようとする際限がないため、航路の予約管理におけるニーズにもとづき検討
- 複数モビリティの運行管理の事例を調査して参考にする。
- 地理空間情報における時間に関する標準仕様（ISOなど）を参考にする。



4. ご議論いただきたい論点



4. ご議論いただきたい論点

以下についてご意見をいただきたく、よろしくお願いいたします。

● デジタルライフライン全国総合整備計画

- 各種実証のフォローアップ方法や実証との連携ポイントに関するご意見・ご助言

● ローカル空間ID

- ローカルIDの仕様検討を進めるにあたってのご意見・ご助言

● 時間軸

- 時空間IDの仕様検討を進めるにあたってのご意見・ご助言

● その他

- その他、4次元時空間情報基盤全般に関するご意見・ご助言



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry



Digital Architecture
Design Center

デジタルアーキテクチャデザインセンター

<https://www.ipa.go.jp/dadc>

IPA Better Life
with IT