

内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局

Secretariat of Science, Technology and Innovation Policy,  
Cabinet Office Government of Japan

# Smart City Reference Architecture 5.0

SCRA5.0

2026年3月11日

## SCRA5.0の作成について

スマートシティリファレンスアーキテクチャ第5版（SCRA5.0）の作成に当たっては、都市OSの位置付けや役割について再整理するとともに（第7章）、AIを含むICT技術の最新動向等を踏まえ、真に人間中心の社会（Society 5.0）を実現するために必要となる技術的な設計等について大幅に内容を更新した（第8章～第12章）。本版は、特定の製品や個別サービスの実装方法を直接規定するものではなく、スマートシティにおける都市構造およびデータ連携の基本的な考え方と参照モデルを示すことを主眼としている。

また、前半（第1章～第6章）では、従前のようにスマートシティに関する情報を網羅的に記載するのではなく、後半部分を理解するための前提として重要な用語や要件等に絞って説明することとした。これは、第4版までに大量の情報を盛り込んだ結果、大部（約300ページ）となり、核心部分が伝わりづらい面があったことを踏まえ、構成を再整理したものである。

なお、本版では扱わない情報であっても、第4版にはスマートシティに取り組む主体にとっては引き続き有用な情報もあることから、第5版で更新した内容を踏まえつつ、適宜参照いただきたい。また、第1章から第6章は、ISO等の記載ルールに準拠するとともに、日本のスマートシティの思想や原理を端的に表現する部分であることから、今後海外との連携も視野に入れ、仮訳を付している。

スマートシティリファレンスアーキテクチャは、世界の潮流や技術の最新動向等を踏まえて不断に改訂していくものである。別途、本SCRA5.0についても、図表やユースケースの追加等を通じて理解しやすいものとなるよう継続的に更新していく予定である。更新版については内閣府科学技術・イノベーション推進事務局のホームページに随時掲載していくので、確認いただきたい。

※12.1節で初出する「SCRA 共通語彙・メタデータ相互運用仕様書」（別冊仕様書）については、SCRA5.0の公表時点（令和8年3月）では未策定であり、今夏～秋頃の公表を目指している。

## 目次

1	適用範囲 (Scope)	1
1.1	概要 (General)	1
1.2	目的 (Objective)	1
1.3	適用対象 (Scope of application)	1
1.4	適用外 (Out of scope)	2
1.5	適合 (Conformance)	2
1.6	基本原則 (Foundational principles)	2
2	用語及び定義 (Terms and definitions)	4
2.1	一般 (General)	4
2.2	人間中心社会 (human-centered society)	4
2.3	包摂 (inclusion)	4
2.4	参加可能性 (participation capability)	4
2.5	都市の状態 (urban state)	4
2.6	デジタルツイン (digital twin)	5
2.7	エンティティ (entity)	5
2.8	セマンティック記述 (semantic description)	5
2.9	意味的相互運用性 (semantic interoperability)	5
2.10	地理空間基軸化 (geospatial anchoring)	5
2.11	自然言語アクセス (natural language access)	5
2.12	都市 OS (urban operating system)	6
2.13	技術中立性 (technology neutrality)	6
3	人間中心社会の構造要件 (Structural requirements for a human-centered society)	7
3.1	一般 (General)	7
3.2	人間中心構造要件 (Human-centered structural requirement)	7
3.3	参加可能性要件 (Participation capability requirement)	7
3.4	自然言語アクセス要件 (Natural language access requirement)	8
3.5	非排除要件 (Non-exclusion requirement)	8
4	都市状態モデルの原理 (Principles of the urban state model)	9
4.1	一般 (General)	9
4.2	状態中心原理 (State-centric principle)	9
4.3	セマンティック記述要件 (Semantic description requirement)	9
4.4	意味的一貫性要件 (Semantic consistency requirement)	10
4.5	地理空間基軸要件 (Geospatial anchoring requirement)	10
4.6	時系列管理要件 (Temporal management requirement)	10
4.7	分野横断統合要件 (Cross-domain integration requirement)	10
5	参照構造モデル (Reference structural model)	11
5.1	一般 (General)	11
5.2	社会目的層 (Societal purpose layer)	11

5.3 都市状態層 (Urban state layer)	11
5.4 論理基盤層 (Logical foundation layer)	11
5.5 データ取得層 (Data acquisition layer)	12
5.6 利活用層 (Utilization layer)	12
6 都市状態統合のための論理要件(Logical requirements for urban state integration)	13
6.1 一般 (General)	13
6.2 分野横断統合要件 (Cross-domain integration requirement)	13
6.3 意味仲介要件 (Semantic mediation requirement)	13
6.4 信頼及びガバナンス要件 (Trust and governance requirement)	13
6.5 非ロックイン要件 (Non-lock-in requirement)	14
7 都市 OS	15
7.1 都市 OS の概要	15
7.1.1 はじめに	15
7.1.2 都市・地域「内」連携と都市・地域「間」連携	17
7.1.3 都市や地域の実情にあわせた都市 OS の実装のパターンの例	18
7.1.4 スマートシティの成熟に伴う都市 OS の発展段階 (概念モデル)	19
7.1.5 まとめ	21
7.2 デジタルツインとして都市の状態を扱うために都市 OS が担う論理的役割	22
7.2.1 機能群とデジタルツイン基盤	22
7.2.2 都市の状態を時間軸で扱う役割	22
7.2.3 都市の理解と意思決定を支える役割	23
7.2.4 信頼・ガバナンスと社会的受容	23
7.2.5 拡張性・非ロックイン・外部連携	23
8 共通アーキテクチャ方針における ID 設計・データモデル指針	25
8.1 本章の位置づけと目的	25
8.2 前提とする技術思想・標準	25
8.2.1 NGSI-LD の位置づけ (コンテキスト情報モデル)	25
8.2.2 JSON-LD によるセマンティック表現	26
8.2.3 GeoJSON による地理空間情報の表現	26
8.2.4 既存コンテキスト管理インタフェース (NGSIV2) との関係	26
8.2.5 3D 都市モデルの位置づけと都市 OS での活用	27
8.3 ID 設計の基本原則 (スマートシティ都市 OS 要件)	28
8.3.1 URI ベース ID 設計の原則	28
8.3.2 ID の永続性とライフサイクル管理	28
8.3.3 既存 ID 体系との連携・マッピング	28
8.3.4 ID 命名規則の考え方 (推奨)	29
8.3.5 空間 ID の位置づけと設計上の考え方	29
8.4 データモデル設計方針	30
8.4.1 既存標準データモデルの活用方針	30
8.4.2 データモデル拡張時の設計方針	30

8.4.3	エンティティ設計の基本パターン	31
8.4.4	都市空間データモデルとの関係 (CityGML 等)	31
8.4.5	まとめ	31
8.5	ID 設計・データモデルのリファレンスガイドライン	31
8.5.1	エンティティ ID 設計例	31
8.5.2	Relationship 設計の指針	32
8.5.3	@context 設計・管理の考え方	33
8.5.4	分野別データモデルとの接続例 (参考)	33
8.5.5	まとめ	33
8.6	他章・他システムとの関係	33
8.6.1	他章との関係	33
8.6.2	都市 OS 外システムとの関係	34
8.6.3	他都市・他分野との相互運用性	34
8.7	まとめ	34
9.	都市 OS の実装・運用・展開に関する考え方	35
9.1	本章の位置づけと目的	35
9.2	都市 OS の実装アプローチの多様性	35
9.3	都市 OS とオープンソースソフトウェア (OSS)	35
9.3.1	オープンソース活用の利点	36
9.3.2	地域で開発した成果をオープンソースとして提供する考え方	36
9.3.3	オープンソースライセンスに関する留意点	37
9.3.4	OSS 活用を前提とした機能モジュールの構成と展開	37
9.4	運用・ガバナンスに関する考え方	37
9.4.1	データ管理責任	37
9.4.2	変更管理およびライフサイクル管理	38
9.4.3	組織・体制面の考慮事項	38
9.5	他システム・他主体との連携における実装上の留意点	38
10.	分野別ユースケースにおける都市 OS 活用	40
10.1	本章の目的と位置づけ	40
10.2	公共交通分野における都市 OS 活用	40
10.2.1	公共交通データ統合の考え方と都市 OS の役割	40
10.2.2	システム構成例とデータ流通のイメージ	40
10.2.3	再利用性・展開性を考慮した実装の考え方	41
10.2.4	地理空間データ連携基盤との統合と発展可能性	42
11.	地理空間データ連携基盤	43
11.1	はじめに	43
11.2	アーキテクチャ	43
11.2.1	意義	43
11.2.2	全体構成	43
11.2.3	データ層	44

11.2.4	連携層 .....	44
11.2.5	アプリケーション層 .....	46
11.3	連携技術：空間 ID と FIWARE .....	46
11.3.1	空間 ID と地理空間データ連携基盤 .....	46
11.3.2	FIWARE と地理空間データ連携基盤 .....	47
11.4	連携データ .....	48
11.5	オープンソース .....	48
11.6	事例 .....	49
11.6.1	たかまつマイセーフティマップ .....	49
11.6.2	公開型 GIS「スマートマップ焼津」 .....	49
11.6.3	不動産情報ライブラリ API .....	50
11.7	MCP + NGSI-LD 連携基盤と LLM 活用 .....	51
11.7.1	はじめに .....	51
11.7.2	MCP + NGSI-LD によるデータ統合 .....	52
11.7.7	まとめ .....	54
12.	都市データ参照モデル 概念設計 .....	55
12.1	はじめに .....	55
12.1.1	都市データ基盤の概念設計の目的 .....	55
12.1.2	都市データ基盤の設計方針 .....	56
12.1.3	国際統合方針 .....	56
12.1.4	ガバナンスの考え方 .....	56
12.1.5	AI による補完設計 .....	57
12.1.6	戦略的意義 .....	57
12.1.7	用語定義（本章で用いる主要概念） .....	57
12.2	なぜセマンティックスの相互運用性が必要か .....	58
12.2.1	機械可読な意味合わせによる「自動解釈」と「横断検索」の成立 .....	58
12.2.2	@context / 語彙の「運用（ガバナンス）」が都市間接続の持続性を左右する .....	58
12.2.3	メタデータ相互運用による「発見可能性」と「利用可能性」の担保 .....	58
12.2.4	国際標準・国内基盤との整合と、国内実装の柔軟性の両立（再利用と適応） .....	59
12.2.5	参入障壁の低減と実証・投資判断の高速化 .....	59
12.3	都市データ参照モデルの全体像 .....	59
12.3.1	参照モデルの適用範囲 .....	59
12.3.2	参照モデルが提供するもの .....	60
12.4	共通セマンティックス基盤のアーキテクチャ .....	60
12.4.1	構成要素 .....	60
12.4.2	参照 ID / 参照データ（ベースレジストリ等）との関係 .....	61
12.4.3	公開・配布方式（カタログ連携、API、参照元の継続性） .....	61
12.4.4	変更管理（レビュー、互換性、廃止） .....	61
12.5	データモデル設計の原則（NGSI-LD を前提とした考え方） .....	61
12.5.1	エンティティ / 属性 / 関係の基本原則 .....	61

12.5.2 時間・空間・単位・コード体系の扱い（基本ルール）	62
12.5.3 イベント／観測／状態の表現パターン	62
12.5.4 ローカル拡張の作法（プロファイル・拡張点・衝突回避）	62
12.6 @context 設計・運用ルール（意味の接点）	63
12.6.1 @context の役割と設計単位（共通／ドメイン／都市プロファイル）	63
12.6.2 命名・URI・名前空間設計（永続性、衝突、可読性）	63
12.6.3 バージョニングと後方互換（大規模な変更の扱い）	63
12.6.4 マッピング（同義語・近似概念・変換）とAI 補完の位置づけ	63
12.7 メタデータ相互運用（カタログ／発見可能性／利用条件）	64
12.7.1 目的と範囲（データセット、API、リアルタイムストリーム）	64
12.7.2 最小メタデータセット（検索・理解・利用のための必須項目）	64
12.7.3 利用条件（ライセンス、アクセス条件、機微区分等）の表現	65
12.7.4 DCAT-AP 等との整合の考え方（詳細は別冊仕様書）	65
12.8 準拠要件（コンFORMANCE）と適合性評価の考え方	65
12.8.1 準拠レベル（必須／推奨／任意、段階的適用）	65
12.8.2 適合性評価の観点（データモデル、@context、メタデータ）	66
12.8.3 テスト・検証の最小要件（自動検証可能性の確保）	66
12.8.4 実装ガイド／調達への落とし込み（都市 OS 実装・調達・運用）	67
12.8.5 準拠レベルの例（最小セット：概念設計レベル）	67
12.9 運用体制とガバナンス（継続改訂の仕組み）	70
12.9.1 役割分担（管理主体、自治体、民間、コミュニティ）	70
12.9.2 改訂プロセス（提案→レビュー→公開→移行）	70
12.9.3 互換性ポリシーと移行支援（廃止、通知、移行期間）	71
12.9.4 国際連携の窓口（Smart Data Models 等との同期の考え方）	71

# 1 適用範囲 (Scope)

## 1.1 概要 (General)

本書は、人間中心かつ包摂的な都市社会の実現を目的とする Smart City Reference Architecture を規定する。本書において Smart City とは、単なる技術導入の枠組みではなく、都市の状態を共有し、理解し、対話し、意思決定に参加可能な社会構造を指す。

This document specifies a Smart City Reference Architecture intended to enable the realization of a human-centered and inclusive urban society.

In this document, a Smart City is defined not merely as a framework for technological deployment, but as a social structure in which urban states can be shared, understood, discussed, and used for participation in decision-making.

## 1.2 目的 (Objective)

本書の目的は、以下を規定することである。

- a) 人間中心社会を実現するための都市構造上の要求事項
- b) 都市状態の記述及び統合に関する原則
- c) 都市データの意味的構造に関する要求事項
- d) 都市機能統合基盤の参照的位置付け

本書は特定の技術、製品、又は事業モデルを規定しない。

The objective of this document is to specify:

- a) structural requirements for enabling a human-centered society;
- b) principles for describing and integrating urban states;
- c) requirements for semantic structuring of urban data;
- d) the reference positioning of an urban function integration foundation.

This document does not specify any particular technology, product, or business model.

## 1.3 適用対象 (Scope of application)

本書は、以下に適用される。

- 国及び地方公共団体
- 都市インフラ運営主体
- サービス提供主体
- システム統合事業者
- 標準化機関

本書は、都市の設計、運営、又はデータ統合に関与する組織を対象とする。

This document applies to:

- national and local governments;
- infrastructure operators;
- service providers;
- system integrators;
- standardization bodies.

It is intended for organizations involved in the design, operation, or integration of urban systems and data.

## 1.4 適用外 (Out of scope)

本書は、以下を規定しない。

- 個別アプリケーションの設計仕様
- 特定製品の技術仕様
- 個別サービスの実装方法
- 特定 AI 技術の選定又は利用方式

This document does not specify:

- design specifications for individual applications;
- technical specifications of specific products;
- implementation methods of individual services;
- selection or usage of specific AI technologies.

## 1.5 適合 (Conformance)

本書への適合を主張する実装は、“shall”により規定された要求事項をすべて満たさなければならない。

“should”で示された事項は推奨事項であり、必須ではない。

“may”で示された事項は選択可能事項である。

An implementation claiming conformance to this document shall satisfy all requirements expressed using the term “shall”.

Statements using “should” indicate recommendations and are not mandatory.

Statements using “may” indicate permissible options.

## 1.6 基本原則 (Foundational principles)

本書で規定する Smart City Reference Architecture は、以下の原則に基づかなければならない。

- a) 人間中心志向
- b) 包摂及び平等な参加

- c) 意味的相互運用性
- d) 都市状態の地理空間基軸化
- e) 技術中立性

これらの原則は、第 3 章及び第 4 章において詳細に規定される。

The Smart City Reference Architecture specified in this document shall be based on the following principles:

- a) human-centered orientation;
- b) inclusion and equal participation;
- c) semantic interoperability;
- d) geospatial anchoring of urban states;
- e) technology neutrality.

These principles are further specified in Clause 3 and Clause 4.

## 2 用語及び定義 (Terms and definitions)

### 2.1 一般 (General)

本書では、以下の用語及び定義を適用する。

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

### 2.2 人間中心社会 (human-centered society)

すべての人が、能力、年齢、経済状況、デジタル技能その他の属性に関わらず、都市の状態を理解し、参加し、意思形成に関与できる社会構造。

social structure in which all people, regardless of ability, age, economic condition, or digital literacy, are able to understand urban states, participate, and engage in decision-making processes.

### 2.3 包摂 (inclusion)

都市構造が特定の能力、経済力、又は技術利用能力を前提としない状態。

condition in which urban structures do not presuppose specific abilities, economic capacity, or technological proficiency.

### 2.4 参加可能性 (participation capability)

都市の状態、情報及び機能に対してアクセスし、理解し、意見を表明し、又は意思形成に関与できる能力。

capability to access, understand, express views about, and engage in decision-making regarding urban states, information, and functions.

### 2.5 都市の状態 (urban state)

特定の時間及び空間における都市の構成要素又は活動の状況を表す情報。

information representing the condition of urban elements or activities at a given time and location.

## 2.6 デジタルツイン (digital twin)

現実世界の都市の状態を対応付けて表現する情報モデル。

information model that represents and corresponds to the urban state in the physical world.

## 2.7 エンティティ (entity)

識別可能であり、属性及び関係を有する都市構成要素又は概念単位。

identifiable urban element or conceptual unit having attributes and relationships.

## 2.8 セマンティック記述 (semantic description)

エンティティ及びその関係性が意味情報を伴って構造化された記述形式。

structured representation in which entities and their relationships are expressed with explicit meaning.

## 2.9 意味的相互運用性 (semantic interoperability)

異なる主体又はシステム間において、情報の意味が保持されたまま理解及び利用可能である性質。

property by which the meaning of information is preserved and understandable across different actors or systems.

## 2.10 地理空間基軸化 (geospatial anchoring)

都市の状態又はエンティティが地理的位置情報と関連付けられていること。

association of urban states or entities with geographic location information.

## 2.11 自然言語アクセス (natural language access)

日常言語を用いて都市の状態又は都市機能にアクセスし、理解し、又は指示できる方式。

method by which urban states or functions can be accessed, understood, or instructed using everyday human language.

## 2.12 都市 OS (urban operating system)

都市の状態及び機能を意味的に統合し、仲介する論理基盤。

注記：都市 OS の構造及び機能は第 7 章に詳述する。

logical foundation that semantically integrates and mediates urban states and functions.

NOTE: The structure and functions of the urban operating system are specified in Clause 7.

## 2.13 技術中立性 (technology neutrality)

特定の技術又は製品に依存せず、複数の実装方式を許容する性質。

property of not depending on specific technologies or products and allowing multiple implementation approaches.

## 3 人間中心社会の構造要件(Structural requirements for a human-centered society)

### 3.1 一般 (General)

本章は、人間中心かつ包摂的な都市社会を実現するために、都市構造が満たさなければならない要求事項を規定する。

This clause specifies the structural requirements that an urban system shall satisfy in order to enable a human-centered and inclusive society.

### 3.2 人間中心構造要件 (Human-centered structural requirement)

都市構造は、専門的知識、身体的能力、経済力、又は特定のデバイス所有を前提として設計されてはならない。都市構造は、多様な属性を有する個人が都市の状態にアクセス可能であることを確保しなければならない。

The urban structure shall not be designed on the presumption of specialized knowledge, physical capability, economic capacity, or ownership of specific devices.

The urban structure shall ensure accessibility to urban states for individuals with diverse attributes.

### 3.3 参加可能性要件 (Participation capability requirement)

都市構造は、すべての人が都市の状態に対して以下を実行可能であることを確保しなければならない。

- a) アクセスすること
- b) 理解すること
- c) 意見を表明すること
- d) 意思形成過程に参加すること

これらの能力は、特定の技術的手段又は経済的条件に依存してはならない。

The urban structure shall ensure that all people are capable of:

- a) accessing urban states;
- b) understanding urban states;
- c) expressing views regarding urban states;
- d) participating in decision-making processes related to urban states.

These capabilities shall not depend on specific technological means or economic conditions.

### 3.4 自然言語アクセス要件 (Natural language access requirement)

都市構造は、自然言語を用いて都市の状態を理解し、照会し、対話し、又は指示可能であることを確保しなければならない。

自然言語アクセスは、参加可能性を実現するための基本的手段として位置付けられる。

The urban structure shall ensure that urban states can be understood, queried, discussed, or instructed using natural language.

Natural language access shall be positioned as a fundamental means of enabling participation capability.

### 3.5 非排除要件 (Non-exclusion requirement)

都市構造は、特定の社会的属性、経済的属性、又は技術的能力を有する者のみが参加可能となる構造を形成してはならない。

The urban structure shall not create conditions in which participation is effectively limited to persons possessing particular social, economic, or technological attributes.

## 4 都市状態モデルの原理(Principles of the urban state model)

### 4.1 一般 (General)

本章は、都市を「状態の集合」として捉えるための原理及び要求事項を規定する。

本章で規定する都市状態モデルは、第 7 章に規定する都市 OS の論理的前提となる。

This clause specifies the principles and requirements for representing a city as a collection of urban states.

The urban state model defined in this clause constitutes a logical foundation for the urban operating system specified in Clause 7.

### 4.2 状態中心原理 (State-centric principle)

都市は、サービス又は個別機能の集合としてではなく、特定の時間及び空間における状態の集合として捉えられなければならない。

都市サービスは、都市状態の変化又は参照として理解されるべきである。

A city shall be represented not as a collection of services or isolated functions, but as a collection of states defined in time and space.

Urban services should be understood as references to, or transformations of, urban states.

### 4.3 セマンティック記述要件 (Semantic description requirement)

都市の状態は、識別可能なエンティティとして記述されなければならない。

各エンティティは、少なくとも以下を有しなければならない。

- a) 一意に識別可能な識別子
- b) 属性
- c) 他のエンティティとの関係

これらの記述は、意味が保持される形式で構造化されなければならない。

Urban states shall be described as identifiable entities.

Each entity shall have at least:

- a) a unique identifier;
- b) attributes;
- c) relationships with other entities.

Such descriptions shall be structured in a manner that preserves meaning.

## 4.4 意味的一貫性要件 (Semantic consistency requirement)

都市状態の記述は、異なる主体又は分野間において意味的一貫性を保持しなければならない。  
同一概念は、異なる文脈においても整合的に解釈可能でなければならない。

Descriptions of urban states shall maintain semantic consistency across different actors and domains.

The same concept shall be interpretable consistently across contexts.

## 4.5 地理空間基軸要件 (Geospatial anchoring requirement)

都市状態は、地理的位置情報と関連付けられなければならない。  
地理空間情報は、都市状態を統合するための基軸として機能しなければならない。

Urban states shall be associated with geographic location information.

Geospatial information shall function as a primary axis for integrating urban states.

## 4.6 時系列管理要件 (Temporal management requirement)

都市状態は、時間軸を持って管理可能でなければならない。  
都市状態の変化は、履歴として記録及び参照可能でなければならない。

Urban states shall be manageable along a time axis.

Changes in urban states shall be recordable and referable as historical information.

## 4.7 分野横断統合要件 (Cross-domain integration requirement)

都市状態モデルは、分野横断的な統合を可能としなければならない。  
異なる分野に属するエンティティは、意味的關係を通じて接続可能でなければならない。

The urban state model shall enable cross-domain integration.

Entities belonging to different domains shall be connectable through semantic relationships.

## 5 参照構造モデル(Reference structural model)

### 5.1 一般 (General)

本章は、Smart City 参照構造の抽象モデルを規定する。

本章で規定する構造は、第 3 章の人間中心社会の構造要件及び第 4 章の都市状態モデルの原理を統合するものである。

本章は実装方式、製品構成又は特定技術を規定しない。

This clause specifies the abstract model of the Smart City reference structure.

The structure defined herein integrates the structural requirements for a human-centered society specified in Clause 3 and the principles of the urban state model specified in Clause 4. This clause does not prescribe implementation methods, product configurations, or specific technologies.

### 5.2 社会目的層 (Societal purpose layer)

都市構造は、人間中心かつ包摂的な社会の実現を目的としなければならない。

社会目的層は、本参照構造の最上位概念層であり、すべての下位層はこの目的に整合しなければならない。

The urban structure shall aim at realizing a human-centered and inclusive society.

The societal purpose layer is the highest conceptual layer of this reference structure, and all subordinate layers shall be aligned with this purpose.

### 5.3 都市状態層 (Urban state layer)

都市は、第 4 章に規定する都市状態モデルに基づき、「状態の集合」として記述されなければならない。

都市状態層は、意味情報を付与されたエンティティとして都市状態を保持しなければならない。

都市状態は、時間軸及び地理空間情報と関連付けられていなければならない。

The city shall be described as a collection of states based on the urban state model specified in Clause 4.

The urban state layer shall maintain urban states as semantically described entities.

Urban states shall be associated with temporal and geospatial information.

### 5.4 論理基盤層 (Logical foundation layer)

都市状態の統合、意味的一貫性の確保及び参照管理を行う論理基盤を有しなければならない。

論理基盤層は、分野横断的統合を可能としなければならない。

注記：論理基盤の構造及び機能の詳細は第 7 章に規定する。

A logical foundation shall exist to enable integration, semantic consistency, and reference management of urban states.

The logical foundation layer shall enable cross-domain integration.

NOTE: The structure and functions of the logical foundation are specified in Clause 7.

## 5.5 データ取得層 (Data acquisition layer)

都市状態は、静的データ及び動的データを取得可能でなければならない。

データ取得層は、都市状態層との論理的整合性を確保しなければならない。

Urban states shall be acquirable from both static and dynamic data sources.

The data acquisition layer shall ensure logical consistency with the urban state layer.

## 5.6 利活用層 (Utilization layer)

都市状態は、可視化、分析及び対話を通じて利活用可能でなければならない。

利活用層は、第 3 章に規定する参加可能性要件を支援しなければならない。

Urban states shall be utilizable through visualization, analysis, and interaction.

The utilization layer shall support the participation capability requirements specified in Clause 3.

## 6 都市状態統合のための論理要件(Logical requirements for urban state integration)

### 6.1 一般 (General)

本章は、都市状態を分野横断的に統合し、人間中心社会の構造要件を実現するために必要な論理要件を規定する。本章で規定する要件は、第7章に規定する論理基盤の必要性を導くものである。

This clause specifies the logical requirements necessary for cross-domain integration of urban states in order to realize the structural requirements for a human-centered society. The requirements defined herein provide the logical basis for the foundation specified in Clause 7.

### 6.2 分野横断統合要件 (Cross-domain integration requirement)

都市状態は、分野横断的に統合可能でなければならない。  
異なる分野に属する都市状態は、共通の識別体系及び意味構造を通じて関連付け可能でなければならない。  
分野間の統合は、特定の業務体系又は組織構造に依存してはならない。

Urban states shall be integrable across domains.  
Urban states belonging to different domains shall be associable through a common identification scheme and semantic structure.  
Cross-domain integration shall not depend on specific administrative structures or organizational boundaries.

### 6.3 意味仲介要件 (Semantic mediation requirement)

都市状態は、意味解釈可能な形式で仲介されなければならない。  
都市状態の参照、照会又は変換は、意味的一貫性を保持したまま実行可能でなければならない。  
意味仲介は、異なる主体間において解釈可能でなければならない。

Urban states shall be mediated in a semantically interpretable form.  
Referencing, querying, or transforming urban states shall preserve semantic consistency.  
Semantic mediation shall be interpretable across different actors.

### 6.4 信頼及びガバナンス要件 (Trust and governance requirement)

都市状態の共有及び活用は、説明可能でなければならない。  
都市状態の生成、更新及び参照は、検証可能でなければならない。

都市状態の管理は、責任主体を特定可能でなければならない。

The sharing and utilization of urban states shall be explainable.

The creation, modification, and referencing of urban states shall be verifiable.

The management of urban states shall allow identification of responsible actors.

## 6.5 非ロックイン要件 (Non-lock-in requirement)

都市状態モデル及びそれを統合する論理基盤は、特定の技術、製品又は事業者に依存してはならない。

論理構造は、複数の実装方式を許容しなければならない。

都市状態の記述及び参照は、移行可能でなければならない。

The urban state model and the logical foundation integrating it shall not depend on specific technologies, products, or vendors.

The logical structure shall allow multiple implementation approaches.

Descriptions and references of urban states shall be portable.

## 7 都市 OS

本章では、都市 OS を単なるシステムやデータ連携基盤としてではなく、「都市の状態」をデジタルツインとして記述・共有し、人間中心かつ持続可能なスマートシティの実現を支える共通論理基盤として位置づけ、その役割と設計思想を整理する。都市 OS が担うべき責務の範囲や、技術・運用・意思決定との関係を明確にすることで、特定の実装や技術に依存しない形で社会実装を可能とし、自治体や関係主体が安心して活用・発展させていくための考え方を示す。

本書でいう「都市の状態」とは、都市を構成するさまざまな要素や事象をデータとして表現したものである。つまり、広義には都市を対象としたデジタルツインにおける「状態記述（データ）」と同義の概念として用いている。具体的には、建物・施設の属性情報、都市計画図、地盤や防災情報などといった「静的な基礎情報」と公共交通の運行状況、交通渋滞や人流などといった「リアルタイムな動的な情報」の双方が含まれる。これらのデータは分野ごとに形式や更新頻度が異なるが、都市 OS においては「都市の状態」を構成するエンティティ群として統一的に扱われる。都市 OS は、これら多様なデータを単に集約・蓄積することを目的とするものではなく、どのようなデータなのか意味情報を付与したエンティティとして体系的に管理することで人および AI が都市の状態を理解・解釈しやすい形で提供することを目指す。

また、本書において言及する AI 技術は、役割の異なる二つの技術領域に大別される。第一は、生成 AI（大規模言語モデル（LLM）等）に代表される、人間との対話や意味解釈を担う技術である。これらは、都市 OS が管理するエンティティや関係性といった「都市の状態」を自然言語で理解・要約・説明するためのインターフェースとして機能する。第二は、画像解析、需要予測、異常検知など、特定のタスク処理や分析に特化した AI 技術である。これらは、センサーデータの解析や交通量・混雑度予測などを通じて、「都市の状態」を定量的に把握・分析する役割を担う。

都市 OS は、これら異なる AI 技術を直接内包することを目的とするものではなく、むしろ各種 AI 技術が相互に連携・活用するための共通論理基盤として、意味付けされた「都市の状態」を提供することを目指す。

### 7.1 都市 OS の概要

#### 7.1.1 はじめに

都市 OS とは、**人間中心の社会（Society5.0）の実現を目的として**、地理空間上における都市の状態（人・モノ・環境・活動）をデジタルツインとして共通に表現し、分野を横断して一貫的に管理・連携・活用するための**論理基盤**である。

これまで国内においては、分野ごとに「データ連携基盤」が整備されてきたが、都市 OS は、個別分野のシステムやデータを単に接続するものではない。各分野に分散して存在する都市の状態を**共通の意味体系のもとで統合し、都市全体の状況として理解・活用可能なデジタルツインとして運用すること**を目的とする点に特徴がある。

スマートシティにおける都市 OS は、ITU-T Y.4600 において示される「スマートシティにおけるデジタルツイン導入に際して要求される機能群」を踏まえ、都市の状態を継続的に把握・更新・共有するための基盤として構成される。

なお、都市 OS におけるデジタルツインは、必ずしも初期段階から都市の三次元モデルを構築することを前提とするものではなく、地理空間データおよび動的データを統合的に扱う論理構造を中核とする。

また、都市 OS においては、標準形式により管理・連携される都市データを対象として、**大規模言語モデル（LLM）等の AI 技術を活用し、人間が自然言語により都市の状況を理解し、対話的に活用できる環境を提供することが重要となる**。これにより、専門的なデータ活用スキルを持たない住民や職員を含む多様な主体が、都市の状況把握や意思決定に参画できるようになる。

このように、都市 OS は、デジタルツインを「構築すること」自体を目的とするのではなく、**都市の状態を人間中心・インクルーシブに理解・共有・活用するための基盤**として位置づけられる。本章では、こうしたデジタルツインの機能と、それを支える都市 OS（地理空間データ連携基盤を含む）の役割との対応関係を表 7.1.1 に整理する。

表 7.1.1 は、都市 OS を構成する個別のシステムや UI を示すものではなく、地理空間上の都市の状態をデジタルツインとして表現・管理・活用するために、都市 OS が担う論理的な役割を整理したものである。都市 OS は、特定の分野や個別のビジネスサービスのために構築されるものではなく、分野や主体を横断して都市の状態を把握・共有し、課題の発見およびその効果検証を可能とするための基盤である。さらに近年は、デジタルツインとして管理された都市の状態を、人間が理解し、対話的に活用できるようにすることが求められており、LLM 等の AI 技術を活用した自然言語による理解・説明・意思決定支援も、都市 OS が担う論理的役割の一部と位置づけられる。このため、都市 OS の価値は、個別サービスの導入可否ではなく、デジタルツインを通じて都市の状態を継続的に管理・活用し、人間中心の意思決定と合意形成を支える点にある。

表 7-1 デジタルツインの機能と都市 OS の役割

デジタルツイン (ITU-T Y.4600 の機能)	都市 OS (地理空間データ連携基盤を含む) の役割
データハブ機能 (Data hub capabilities, Clause 8.2)	都市を構成する人・モノ・環境・活動に関する行政データ、地理空間データ、移動データ等を、センサー、業務システム、外部サービス等から取得・更新・共有し、都市の状態をデジタルツインとして一貫して管理する。
エージェントベースモデリング機能 (Agent-based modelling capabilities, Clause 8.4)	地理空間を基盤とした都市モデルを管理し、都市エンティティの構造、属性、関係性を維持する。時間軸を含む状態変化を管理し、分野横断的に統合された都市状態モデルを形成する。
シミュレーション機能 (Simulation capabilities, Clause 8.5)	デジタルツイン上の都市の状態を対象に、分析、予測、シミュレーション等を実施し、施策立案や効果検証 (EBPM) を支援する。AI・機械学習等の技術は、この機能の実現手段の一例である。
戦略組合せ・探索機能 (Strategies combination and searching capabilities, Clause 8.3)	複数の政策・施策オプションの組合せやパラメータを比較・評価し、目標達成に向けた最適な戦略の検討を支援する。都市 OS はそのための基盤データと評価環境を提供する。
可視化機能 (Visualization capabilities, Clause 8.6)	デジタルツイン上の都市の状態およびシミュレーション結果を、運用者、市民、外部サービス等が理解・利用可能な形で可視化・提示する。ダッシュボード、アプリケーション、API 等はその実装例である。
プライバシー及びセキュリティ機能 (Privacy and security capabilities, Clause 8.7)	都市状態データに対するアクセス制御、個人情報保護、真正性・完全性の確保を行う。主体管理や認証基盤等を通じて、信頼可能な状態共有を実現する。
(SCRA 拡張) 意味解釈・自然言語対話支援機能	標準形式のセマンティックデータで管理される都市状態を対象に、大規模言語モデル (LLM) 等の AI 技術を活用して、意味的解釈、要約、説明、比較を行う。これにより、職員および住民が自然言語による対話を通じて都市の状況を理解し、合意形成および意思決定に参加可能とする人間中心のインタフェースを提供する。
(補助機能) 相互運用性確保	都市 OS 間、分野間、都市間において都市の状態を相互に連携・共有できるよう、共通の情報モデル、識別体系、標準インタフェースを提供する。本機能は上記各 capability を横断的に支える基盤要素である。

### 7.1.1.1 日本のスマートシティにおける課題認識と都市 OS の位置づけ

日本のスマートシティにおいては、これまで分野や組織ごとにサービスやデータ連携基盤が個別に整備されてきた。その結果、分野を横断したデータの統合的な活用や、都市全体の状態を俯瞰的に把握することが難しく、複合的な都市課題に対してデータに基づく優先順位付けや、施策導入後の効果検証を一貫して行うことが困難であった。

都市 OS は、こうした課題に対し、都市の状態を地理空間上のデジタルツインとして共通に表現・管理し、分野間・都市間で相互運用可能な形でデータを連携・活用するための論理基盤として位置付けられる。

都市 OS を通じて、動的データおよび静的データを統合的に可視化・分析・評価することが可能となり、分野を越えた課題の発見や EBPM (Evidence-Based Policy Making) の実現を支える。さらに、デジタルツインとして管理された都市の状態を、人間が理解し、対話的に活用できるようにすることで、住民・職員の合意形成や意思決定を支援し、人間中心の社会 (Society 5.0) の実現に資する基盤となる。

### 7.1.1.2 デジタルツインを中核とした都市 OS の基本特性

都市 OS は、地理空間上における都市の状態 (人・モノ・環境・活動) を、デジタルツインとして共通に表現・管理し、分野・主体・都市・時間軸を横断して継続的に活用するための論理基盤である。都市 OS の目的は、個別分野のシステムやサービスを統合すること自体にあるのではなく、都市の状態を一貫したデジタルツインとして把握可能にし、その理解・共有・意思決定を人間中心で支援することにある。この目的を実現するため、都市 OS は以下の三つの基本特性を備えることが求められる。

#### 1) 相互運用性 (Interoperability)

都市 OS は、分野・組織・都市ごとに分散して存在する都市データを、**共通のデジタルツインとして相互に参照・連携可能な状態で扱うための相互運用性**を備える必要がある。

これにより、特定分野に閉じたデータ活用に留まらず、分野横断・都市間連携を通じて、都市全体の状態を一貫して把握・比較・評価することが可能となる。

#### 2) データ流通性 (Data Circulation)

都市 OS は、地理空間上に紐づく静的・動的データを、継続的に取得・更新・共有し、必要な主体が必要な粒度で活用できるようにするデータ流通性を備える必要がある。

これにより、都市の状態を時系列で把握し、施策の検討から実施後の効果検証までを、デジタルツインを通じて一貫して行うことが可能となる。

#### 3) 拡張容易性 (Extensibility)

都市 OS は、都市や住民が直面する課題の変化や、技術・制度の進展に応じて、**デジタルツインの表現、活用方法、意思決定支援の在り方を段階的に拡張できる柔軟性**を備える必要がある。

これにより、都市 OS は特定時点のサービスに固定されることなく、人間中心かつインクルーシブな社会 (Society 5.0) の実現に向けて、継続的に進化する基盤として機能する。

### 7.1.2 都市・地域「内」連携と都市・地域「間」連携

スマートシティにおける都市 OS は、都市・地域「内」における分野横断的な連携と、都市・地域「間」における広域的な連携の双方を支える論理基盤として位置付けられる。両者の違いは、主としてガバナンスの共有範囲と責任主体の所在にあり、都市 OS が担う基本的な役割そのものが変わるものではない。都市・地域「内」連携においては、共通のガ

バランスのもと、都市 OS を通じてサービス・データ・アセットが統合的に管理される。都市 OS は、地理空間上に表現された都市の状態をデジタルツインとして一貫的に扱い、分野を横断した可視化、分析、評価を可能とする。これにより、個別分野に閉じた最適化ではなく、都市全体を俯瞰した課題発見や施策検討、EBPM の実現が支えられる。一方、都市・地域「間」連携は、共通のガバナンスを必ずしも持たない複数の都市・地域が、それぞれの都市 OS を通じて間接的に連携する形態である。この場合、都市 OS は、外部の都市 OS やサービス、データ基盤と相互運用可能な形で接続され、都市の状態を表すデジタルツインを分断することなく連携・活用する役割を担う。都市・地域間連携において重要なのは、個々のサービスやアセットが個別に接続されることではなく、都市 OS を介して都市の状態が論理的に接続される点にある。これにより、都市間の比較分析や広域課題の把握、施策効果の検証が可能となり、都市単位では捉えにくい人の移動や生活圏に基づく課題への対応が可能となる。このように、都市 OS は都市・地域「内」と「間」を問わず、都市の状態をデジタルツインとして共通に扱い、人間中心かつインクルーシブな社会の実現に向けた意思決定を支える基盤として機能する。

### 7.1.3 都市や地域の実情にあわせた都市 OS の実装のパターンの例

都市 OS の実装パターンとは、**デジタルツインとして都市の状態をどの範囲・粒度・時間軸で扱っているか**によって整理されるべきである。

#### 7.1.3.1 レベル 1：地理空間可視化型（基礎デジタルツイン）

都市 OS の最小構成として、地理空間情報を共通の参照軸とし、分野ごとの静的データおよび一部の動的データを重ね合わせて可視化する実装パターンである。

この段階では、都市の状態を「見える化」することに主眼が置かれ、分野横断的な課題の存在を把握するための基礎的なデジタルツインが形成される。UI は主に 2 次元地図による表示が中心となるが、これは目的ではなく、都市状態の共有手段である。

#### 7.1.3.2 レベル 2：分野横断統合型（統合デジタルツイン）

レベル 1 の地理空間可視化に加え、複数分野の動的データを統一的なデータモデルで管理し、分野間の関係性を考慮した統合的な都市モデルを構築する実装パターンである。

この段階では、都市 OS のデータ仲介機能を通じて、分野間のデータ連携が常態化し、単一分野では捉えられなかった課題の構造が把握可能となる。UI は分野横断のダッシュボード等として現れることがあるが、あくまで統合モデルの表現の一形態である。

また、統合された都市データに対して、自然言語による検索や対話型インタフェースを提供することで、高齢者、障害者、外国人等を含む多様な利用者が都市情報へアクセス可能となる。これにより、都市データの利活用は行政内部にとどまらず、市民を含めたインクルーシブな情報利用へと拡張される。

#### 7.1.3.3 レベル 3：時系列・分析活用型（分析デジタルツイン）

統合された都市モデルに対し、時系列管理や分析機能を適用し、都市の状態変化や施策の影響を定量的に把握する実装パターンである。この段階では、過去から現在に至る都市の状態を再現・比較することが可能となり、EBPM に基づく政策評価や KPI 管理が実現される。分析結果の可視化は、意思決定を支援するための手段として位置付けられる。また標準的なセマンティックデータで管理された動的データ・地理空間データを対象に、LLM を用いた自然言語による検索・要約・対話型分析の提供を行う。

#### 7.1.3.4 レベル4：予測・最適化型（意思決定デジタルツイン）

レベル 3 までに蓄積された都市モデルと時系列データを基に、将来予測やシナリオ分析を行い、意思決定を支援する実装パターンである。AI やシミュレーション技術等を活用し、施策実施前の影響評価や、複数の選択肢の比較検討が可能となる。この段階において、3D モデルや高度な可視化が用いられることがあるが、それ自体は目的ではなく、意思決定の理解を補助するための手段である。

表 7-2 技術成熟度レベル

技術成熟度レベル	概要	デジタルツイン内容
レベル 1	可視化	地理空間可視化型（基礎デジタルツイン）
レベル 2	統合	分野横断統合型（統合デジタルツイン）
レベル 3	分析	時系列・分析活用型（分析デジタルツイン）
レベル 4	予測	予測・最適化型（意思決定デジタルツイン）

都市 OS は、導入初期において必ずしも全ての機能を備える必要はなく、都市の状態を地理空間上で共通に把握・共有できる範囲から段階的に活用が進められることが想定される。

都市 OS においてパーソナルデータを取り扱う場合、その本質は特定の構成や機能追加にあるのではなく、本人の理解と合意を前提に、都市の状態をどのように共有・活用するかというガバナンスと対話の設計にある。都市 OS は、こうした合意形成や意思決定を、自然言語による説明や対話を通じて支援する基盤として位置付けられる。

都市 OS は、都市・地域の境界を越えて都市の状態を論理的に接続するための基盤であり、連携の具体的方式や構成は、制度・ガバナンス・成熟度に応じて選択されるものである。

#### 7.1.4 スマートシティの成熟に伴う都市 OS の発展段階（概念モデル）

前節（7.1.3）で示したデジタルツインの実装レベル（レベル 1～レベル 4）は、都市 OS の技術的な成熟段階を示したものである。一方、本節で示す発展段階は、都市 OS の社会的な役割の変化を概念的に整理したものであり、必ずしも 1 対 1 に対応するものではないが、概ね次のような関係として理解することができる。

都市 OS は、導入時点で完成形を目指すシステムではなく、都市が直面する課題の複雑化や、データ利活用、住民参加の成熟に応じて、その役割と活用のされ方が段階的に深化していく論理基盤である。

都市 OS の目的は、デジタルツインそのものを構築することではなく、都市の状態を継続的に把握・理解・共有し、人間中心の意思決定と社会的合意形成を支えることにある。本節では、スマートシティの成熟に伴い、都市 OS が担う役割がどのように発展していくかを、実装手順や特定のシステム構成に依らない概念的な発展段階として整理する。

##### (1) 都市の状態を「共有」する段階（基礎デジタルツイン）

初期段階において都市 OS は、都市の状態（人・モノ・環境・活動）を地理空間上に共通に表現し、分野横断的に可視化・共有する役割を担う。分野ごとに分散して管理されていたデータを、共通のデジタルツインとして重ね合わせることで、行政内部や関係主体が「同じ都市の状態」を参照できる環境を整える。この段階では、都市課題の発見や状況認識の共有が主目的であり、都市 OS は都市全体を俯瞰するための基礎的なデジタルツイン基盤として機能する。

##### (2) 都市の状態を「理解・説明」する段階（分析・対話型デジタルツイン）

次の段階では、都市 OS は単なる可視化基盤にとどまらず、蓄積された動的・静的データを分析し、都市の状態や変化の要因を理解・説明する役割を担う。この段階においては、標準的なセマンティックデータで管理されたデジタルツインの情報を、LLM（大規模言語モデル）と連携させることで、都市の状況を自然言語で要約・説明・対話できる環境

が実現される。これにより、専門的なデータ分析スキルを持たない職員や住民であっても、都市の現状や課題を理解しやすくなり、情報の非対称性が低減される。

### (3) 都市の状態を「判断・合意」する段階（人間中心・インクルーシブデジタルツイン）

さらに成熟が進むと、都市 OS は、都市の状態を理解するための基盤から、意思決定や合意形成を支援する社会的基盤へと役割を拡張する。職員および住民は、自然言語による対話を通じて都市の状況を把握し、施策の選択肢や影響を理解した上で、合意形成や意思決定に参加できるようになる。都市 OS は、施策の実施前後の状態変化をデジタルツイン上で比較・評価することで、EBPM（Evidence-Based Policy Making）を支え、判断と検証の循環を可能とする。この段階において、都市 OS は、人間中心かつインクルーシブな社会の実現に向けた意思決定の場を支える基盤として機能する。

### (4) 社会システムとしての都市 OS（Society 5.0 に向けた到達像）

将来的には、都市 OS は、都市運営における一部の IT システムではなく、人間中心社会（Society 5.0）を支える社会システムの一部として位置付けられる。デジタルツインは目的ではなく手段であり、都市 OS の価値は、誰一人取り残さず都市の状態を理解し、対話し、判断に参加できる環境を提供する点にある。LLM をはじめとする AI 技術は、人とデジタルツインをつなぐ媒介として機能し、デジタル技術に不慣れな人々も含めた包摂的な都市運営を可能とする。都市 OS は、このような人間中心・インクルーシブなスマートシティの実現に向けて、都市の成熟とともに継続的に進化していく論理基盤である。

表 7-3 スマートシティ発展段階と技術成熟度レベル

スマートシティ発展段階	技術成熟レベル
都市の状態を共有する段階	レベル 1～2
都市の状態を理解・説明する段階	レベル 2～3
都市の状態を判断・合意する段階	レベル 3
社会システムとしての都市 OS	レベル 4

前節で示した都市 OS の技術成熟レベルと、本節で示すスマートシティの社会的成熟段階との関係を概念的に図 7-1 に示す。

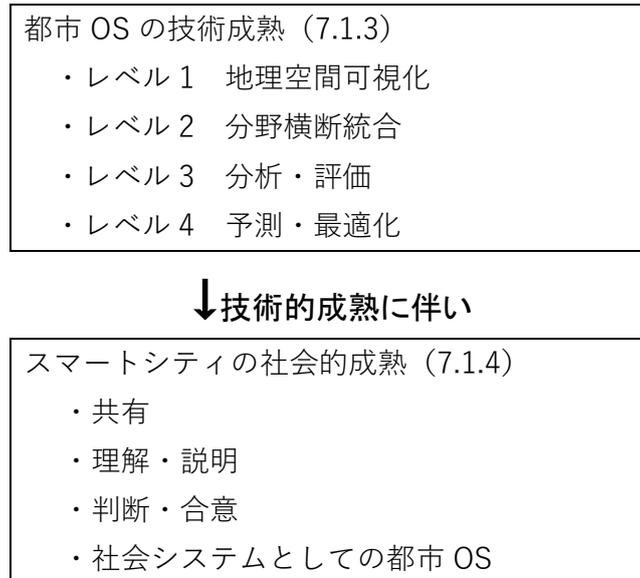


図 7-1 都市 OS の技術成熟と社会的成熟の関係 (概念図)

### 7.1.5 まとめ

本節では、日本のスマートシティにおけるこれまでの課題認識を踏まえ、都市 OS を「都市の状態をデジタルツインとして扱うための論理基盤」として再定義した。都市 OS は、個別分野のサービスやシステムを統合するための IT 基盤ではなく、都市における人・モノ・環境・活動といった状態を、地理空間を基軸に共通の意味構造で表現し、分野や主体を横断して継続的に管理・活用するための基盤である。これまで国内では、分野ごとにデータ連携基盤やサービスが整備されてきたが、その多くは分野内最適にとどまり、都市全体を俯瞰した課題発見や、施策の優先順位付け、効果検証を一貫して行うことが困難であった。本節で整理した都市 OS は、こうした課題に対し、都市の状態を一つのデジタルツインとして共通に扱うことで、分野横断的な課題発見と EBPM (Evidence-Based Policy Making) を可能とする基盤として位置付けられる。都市 OS におけるデジタルツインは、必ずしも三次元モデルや高度な可視化を前提とするものではない。むしろ重要なのは、動的・静的な都市データを地理空間上で一貫して関連付け、時間軸を含めて継続的に更新・参照・分析できる状態を維持することである。都市 OS の価値は、特定の UI やシステム構成にあるのではなく、都市の状態を「理解可能な形」で蓄積し続けられる点にある。また、都市 OS は特定の分野やビジネスサービスのために構築されるものではない。分野や主体を越えて都市の状態を共有し、課題の発見から施策の検討、実施後の評価までを一貫して支えるための基盤であり、その役割は個別サービスの導入可否ではなく、都市経営における意思決定の質を高めることにある。さらに、都市 OS 上に構築されるデジタルツインは、人間中心の社会 (Society 5.0) を実現するための手段として位置付けられる。都市 OS は、職員や住民が都市の状況を理解し、対話し、合意形成や意思決定を行うための共通基盤であり、技術そのものが目的となるものではない。標準的なセマンティックデータにより構造化されたデジタルツインを、LLM 等の AI 技術を通じて自然言語で扱えるようにすることは、専門性や立場の違いを越えた理解を可能とし、よりインクルーシブな都市運営を支える重要な要素となる。このように都市 OS は、都市のデジタルツインを中核として、分野横断的なデータ活用、EBPM の実現、人間中心・インクルーシブな社会の形成を支える論理基盤である。本節で示した考え方は、特定の実装や技術構成を規定するものではなく、今後のスマートシティの設計・運用において共有されるべき基本的な思想として位置付けられる。

## 7.2 デジタルツインとして都市の状態を扱うために都市 OS が担う論理的役割

本節は、都市 OS を構成する個別システムや UI を示すものではなく、都市の状態をデジタルツインとして管理・活用するために都市 OS が担う論理的な役割（capability）を整理するものである。

### 7.2.1 機能群とデジタルツイン基盤

都市 OS は、単一のシステムや特定のアプリケーションを指すものではなく、都市の状態を継続的に把握・共有・活用するための複数の論理的な機能群が相互に連携することで成立する基盤である。

従来のスマートシティにおいては、分野別サービスや個別システム単位での整備が進められてきた結果、都市全体の状態を一貫した視点で把握することが困難であった。都市 OS は、こうした状況を踏まえ、都市の状態をデジタルツインとして共通に表現し、分野横断的に管理・活用するための基盤として位置付けられる。

都市 OS における機能群の整理は、個別サービスの要件ではなく、都市の状態を「時間とともに変化する状態」として扱うデジタルツインの管理・活用に必要な論理的役割に基づいて行われる。これらの機能群は、地理空間を共通の参照軸とし、人・モノ・環境・活動に関する動的データおよび静的データを関連付けながら、都市の状態を継続的に記述・更新することを可能とする。

また、都市 OS の機能群は単独で完結するものではなく、データ管理、時間管理、分析、対話、ガバナンスなどの役割が相互に連携することで、都市の状態を総合的に把握し、課題解決や意思決定に活用できる環境を形成する。本節では、都市 OS が担う主要な論理機能群を以下の観点から整理する。

- ・都市の状態をデジタルツインとして共通に表現・管理する役割
- ・都市の状態を時間軸で把握し、分析や評価に活用する役割
- ・都市の状況理解と意思決定を支援する役割
- ・データ活用の信頼性と社会的受容を確保する役割
- ・将来の技術進展や多様な主体との連携を可能とする役割

これらの機能群は、都市 OS を単なるデータ連携基盤ではなく、都市の状態を継続的に理解し、社会的意思決定を支えるための論理基盤として機能させるものである。

### 7.2.2 都市の状態を時間軸で扱う役割

都市 OS は、都市の状態を単なる現在の情報として扱うのではなく、時間的な変化を伴う状態として管理する役割を担う。都市における交通、人流、エネルギー消費、環境状態、社会活動などの多くの現象は時間とともに変化するため、都市の状況を適切に理解するためには、過去から現在に至る状態の推移を継続的に把握できる構造が必要となる。

都市 OS では、地理空間を共通の参照基盤としながら、各分野の動的データおよび静的データをデジタルツインとして管理し、時間軸に沿って蓄積・参照可能な状態を維持する。これにより、都市の状態の変化や傾向を把握することが可能となる。

このような時間軸を持つデジタルツインは、施策の効果検証や都市課題の構造理解において重要な基盤となる。施策導入前後の状態変化を比較することで、施策が都市の状態に与えた影響を定量的・定性的に評価することが可能となり、EBPM（Evidence-Based Policy Making）の実践を支える。

また、分野ごとに独立して実施されてきた施策についても、都市全体の状態変化との関係を横断的に把握することが可能となり、分野間の相互作用を踏まえた課題理解が促進される。

このように都市 OS は、都市の状態を時間軸で捉えるデジタルツイン基盤として機能することで、状況把握、分析、評価を継続的に行うための基礎的環境を提供する。

### 7.2.3 都市の理解と意思決定を支える役割

都市 OS は、都市の状態をデジタルツインとして管理するだけでなく、その情報を人間が理解し、判断に活用できる形で提供する役割を担う。

都市に関するデータは、多くの場合、専門的なデータ形式や複雑な分析手法を伴うため、必ずしも行政職員や住民が直感的に理解できるとは限らない。このため都市 OS では、デジタルツイン上の都市データを可視化、要約、説明などの形で提示することで、都市の状況を理解しやすい形で共有することが求められる。

さらに近年では、標準的なセマンティックデータモデルで管理された都市データと LLM（大規模言語モデル）等の AI 技術を連携させることで、都市の状況や分析結果を自然言語によって説明・要約・対話可能とする環境の構築が可能となっている。

このような対話型の情報利用環境は、専門的な分析スキルを持たない利用者であっても都市の状況を理解しやすくし、行政内部における意思決定支援だけでなく、住民や関係主体との情報共有や議論にも活用することができる。

都市 OS は、都市の状態を共通の参照基盤として提示しながら、人間の理解や判断を支援する知的インタフェースとして機能することで、都市運営における意思決定の質を高める役割を担う。

### 7.2.4 信頼・ガバナンスと社会的受容

都市 OS におけるデータ活用は、技術的な実現可能性だけでなく、社会的な信頼性と受容性を確保した形で運用されることが重要である。都市の状態をデジタルツインとして管理し、分析や意思決定に活用するためには、その前提となるデータの出所、更新状況、利用条件などが適切に管理され、透明性が確保されている必要がある。これにより、都市の状態に関する情報や分析結果がどのようなデータに基づいているかを確認可能とし、政策判断や施策評価に対する社会的信頼を高めることができる。また、都市 OS は行政職員や専門家のみが利用する基盤ではなく、住民や民間事業者など多様な主体が都市の状況を理解し、関与できる環境を支えることが期待される。そのため都市 OS では、データの利用ルール、プライバシー保護、説明可能性などを考慮したガバナンス設計が重要となる。このようなガバナンスの枠組みにより、都市 OS はデータの高度利用を推進すると同時に、社会的信頼と受容を確保した形で持続的に運用される基盤となる。

### 7.2.5 拡張性・非ロックイン・外部連携

都市 OS は、都市や社会の変化に応じて継続的に進化していくことを前提とした基盤である。このため、特定のシステム構成、技術要素、あるいは特定の事業者に過度に依存しない柔軟な構造を備えることが重要となる。都市 OS では、データモデル、API、連携方式などを論理的に整理し、交換可能かつ再利用可能な形で設計することで、新たなサービス、分析手法、技術要素を段階的に追加できる拡張性を確保することが望ましい。また、AI、データ分析、シミュレーション等の技術は今後も急速に進化することが想定されるため、都市 OS はこれらの高度機能を内部に固定的に取り込むのではなく、外部の分析基盤や知能化機能と疎結合に連携できる構造を持つことが望ましい。さらに、非ロックインの考え方を実効性のあるものとするためには、単にオープンソースソフトウェアや標準 API を採用するだけでなく、都市 OS に関するデータモデルや運用知識が特定の主体に依存しない形で管理されることが重要である。具体的には、

- ・都市 OS において使用されるデータモデルやセマンティック定義（@context 等）が、都市または運営主体により管理・継承可能であること
- ・都市 OS の構築および運用に関する手順や設定情報が文書化され、複数の事業者が参入・継承可能であること
- ・標準的な API（NGSI-LD 等）を通じて、都市 OS が管理するデータを外部システムへ移行・再利用可能な形で取得できること

などの観点を確保することが望ましい。

このような設計により、都市 OS は単一の完成形を目指すシステムではなく、都市の成長や社会課題の変化に応じて技術や主体を取り込みながら進化し続ける基盤として機能する。

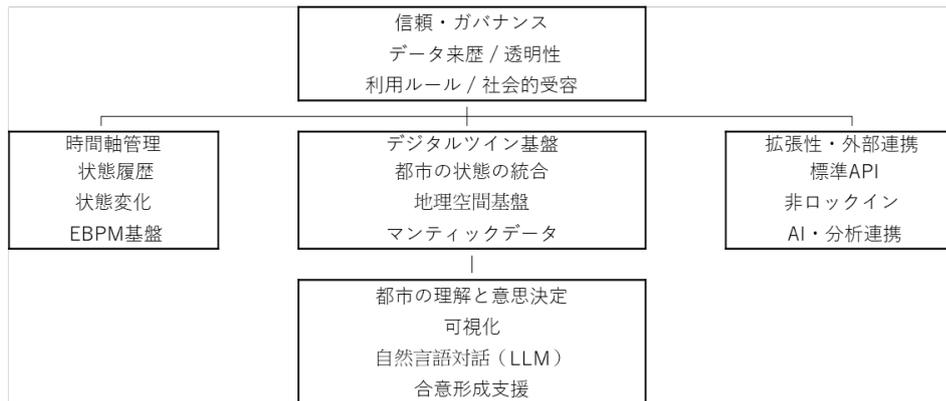


図 7-2 都市 OS の機能群 (デジタルツイン基盤)

本図は、都市 OS を構成する論理的な機能群の関係を概念的に示したものである。都市 OS は単一のシステムではなく、都市の状態をデジタルツインとして管理する基盤機能を中心に、時系列管理、理解・意思決定支援、信頼・ガバナンス、拡張・外部連携といった複数の機能群が相互に連携することで成立する。これらの機能群は、都市の状態を継続的に把握し、分析し、人間の理解と意思決定を支えるための論理基盤として都市 OS が果たす役割を示している。

本節では、都市 OS が単なるデータ連携基盤にとどまらず、都市の状態をデジタルツインとして継続的に管理・共有し、人間の理解や意思決定を支える論理基盤として機能する方向性を整理した。また、セマンティックデータモデルや AI 技術等との連携により、都市の状況理解や対話的な情報利用を支える環境が形成される可能性について示した。次章では、このような都市 OS の役割を支えるための技術要素、標準規格、および実装の考え方について整理する。

## 8 共通アーキテクチャ方針における ID 設計・データモデル指針

### 8.1 本章の位置づけと目的

本章では、都市 OS が地域間・分野間で連携する際の基盤となる ID 設計およびデータモデルに関する共通アーキテクチャ方針を整理する。都市や分野ごとに異なる制度、運用、技術環境の中で相互運用性を確保するためには、特定のシステムや標準規格に依存するのではなく、役割や責務を論理的に分離した上で、意味的に整合した ID およびデータモデルを設計することが重要となる。

本章において示すオープン API、標準規格、コネクタ等は、こうした共通アーキテクチャ方針を具体化するための代表的な例であり、特定の実装方式や製品の採用を推奨するものではない。また、都市間・分野間連携に関する国際的な議論や標準化動向については、本章末尾の有識者寄稿において整理する。

### 8.2 前提とする技術思想・標準

本章で示す共通アーキテクチャ方針は、都市 OS におけるデータ連携と相互運用性を確保するため、データの意味を明示的に扱うセマンティックデータモデルの考え方を前提とする。本節では、その代表的な参照例として、NGSI-LD、JSON-LD、および GeoJSON の位置づけと役割を整理する。

これらは、特定の製品や実装方式を規定するものではなく、都市 OS における ID 設計およびデータモデル設計に関する共通原則を具体化するための、国際的に広く参照されている標準的な枠組みとして位置づける。

#### 8.2.1 NGSI-LD の位置づけ（コンテキスト情報モデル）

NGSI-LD は、現実世界の状態や関係性をコンテキスト情報として表現・管理するための情報モデルであり、エンティティ（Entity）、プロパティ（Property）、リレーションシップ（Relationship）という基本概念に基づいて構成される。

都市 OS においては、分野ごとに異なるデータ構造や用語を超えて情報を共有・連携するための、共通概念モデルとして位置づけられる。特に、以下の点において都市 OS の基盤的要件と親和性が高い。

- ・現実世界の対象をエンティティとして一意に識別し、属性と関係性を明確に区別できること
- ・データに意味情報を付与することで、システム間における解釈の一致を図れること
- ・時系列データや状態変化を扱うことが可能であり、デジタルツイン基盤として利用できること

都市 OS において都市の状態変化を継続的に把握するためには、エンティティの状態履歴を時系列で管理できる仕組みが重要となる。NGSI-LD では、Temporal Representation of Entities（TRoE）と呼ばれる仕組みにより、エンティティの属性値の変化を時系列データとして記録・参照する標準的な方法が提供されている。これにより、都市 OS 上で管理される交通量、環境情報、人流、設備状態等のデータについて、特定時点の状態だけでなく、過去から現在に至る変化を一貫した形で取得・分析することが可能となる。こうした時系列管理の仕組みは、第 7 章で示した「レベル 3：時系列・分析活用型（分析デジタルツイン）」を支える技術的基盤の一つとして位置づけられる。

本章では、NGSI-LD を特定の実装方式として規定するのではなく、ID 設計およびデータモデル設計における考え方を具体化するための代表的な参照例として扱う。

### 8.2.2 JSON-LD によるセマンティック表現

JSON-LD は、JSON 形式を用いてデータの意味を明示的に記述するための仕組みであり、NGSI-LD におけるセマンティック表現の基盤となる技術である。JSON-LD の中核となる @context は、データ項目の意味を URI によって定義することを可能とし、以下の効果をもたらす。

- ・データ項目の意味を明確にし、曖昧な解釈を防止する
- ・異なるシステムや分野間で、同一概念を共通の語彙として扱えるようにする
- ・データ構造の違いを吸収し、意味レベルでの相互運用性を確保する

都市 OS において JSON-LD を前提とすることにより、単なるデータ形式の統一ではなく、意味に基づく連携構造を構築することが可能となる。

### 8.2.3 GeoJSON による地理空間情報の表現

都市 OS で扱われる多くのエンティティは、位置情報や空間的な広がりを伴う。GeoJSON は、点、線、面といった地理空間情報を JSON 形式で表現するための標準的なデータ形式であり、都市 OS における空間情報表現の共通基盤として位置づけられる。GeoJSON を用いることで、

- ・エンティティに対して位置情報を一貫した形式で付与できること
- ・分野やシステムを横断した空間的な重ね合わせや分析が可能となること
- ・NGSI-LD および JSON-LD と組み合わせることで、意味と空間を統合したデータ表現が可能となること

といった利点が得られる。都市 OS においては、GeoJSON は単独で利用されるものではなく、セマンティックデータモデルを補完する地理空間表現の標準的手法として活用される。

本節で整理した技術思想および標準は、都市 OS における ID 設計およびデータモデル設計の前提条件を共有するためのものである。次節以降では、これらの考え方を踏まえ、都市 OS に求められる ID 設計およびデータモデル設計の基本原則を整理する。

### 8.2.4 既存コンテキスト管理インタフェース (NGSIV2) との関係

都市 OS に関する既存の実装や実証事例においては、FIWARE におけるコンテキスト情報管理インタフェースとして、NGSIV2 が利用されている場合がある。NGSIV2 は、エンティティおよび属性に基づくコンテキスト情報管理の考え方を整理し、スマートシティ分野におけるデータ連携の初期段階を支えてきた。

一方で、都市間・分野間連携を前提とした長期的な相互運用性の観点では、データの意味表現や識別子のグローバルな一意性を明示的に扱うことが求められる。本章で前提とする NGSI-LD は、Linked Data の考え方を取り入れることで、URI に基づく識別子体系およびセマンティックな情報表現を可能とし、データの意味構造を共有しながら連携できる枠組みを提供する。

このような背景から、本章では都市 OS における共通アーキテクチャ方針として NGSI-LD を前提に整理を行う。ただし、これは既存の NGSIv2 ベースの実装を否定するものではなく、既存資産を活用しながら段階的に発展させていくことが現実的である。

NGSIv2 と NGSI-LD は、エンティティを中心に状態情報を管理するという基本的な考え方を共有しているが、識別子体系やデータモデルの表現方法には構造的な違いがある。NGSIv2 ではエンティティ識別子や属性名がローカルな文字列として扱われるのに対し、NGSI-LD では URI による識別と @context を用いた意味定義を前提とする。また、NGSI-LD では Property と Relationship の区別など、Linked Data に基づくデータ構造が導入されている。

このため、NGSIv2 のデータを NGSI-LD に移行する場合には、単純なフォーマット変換だけではなく、識別子体系や意味定義を含むデータモデルの整理が必要となる場合がある。

既存環境との共存や段階的移行を実現するための実装アプローチとしては、既存データを NGSI-LD 形式へ変換する方法のほか、同一のコンテキストブローカーが NGSIv2 と NGSI-LD の双方の API を提供することで、既存の NGSIv2 クライアントを継続利用しながら、新規開発やデータモデル整理を NGSI-LD 側で進める方式などが考えられる。

都市 OS においては、このような段階的移行の考え方を前提としつつ、将来的な相互運用性や拡張性を確保する観点から、識別子設計およびデータモデル設計において NGSI-LD の考え方を参照することが望ましい。

### 8.2.5 3D 都市モデルの位置づけと都市 OS での活用

国土交通省が推進する Project PLATEAU で整備が進められている 3D 都市モデル整備は、CityGML をベースとして、建築物、道路、都市設備、地形等の都市空間を三次元かつ意味情報付きで整備したデータ群である。

都市の構成要素を体系的なクラス構造として定義し、建物用途や階層構造、属性情報を含めて記述できる点に特徴がある。

都市 OS の文脈において 3D 都市モデルは、都市の空間構造や基盤的な状態を高精度に表現する基礎参照モデル（ベースラインとなる都市モデル）として位置づけられる。都市計画、防災、景観検討、エネルギー分析等において、都市全体を俯瞰的に把握し、静的または準静的な前提条件として用いる用途に適している。

一方で、3D 都市モデル（CityGML）は可読性が高い一方でデータ量が大きく、リアルタイムな状態変化の頻繁な更新や、API を介した即時的なデータ流通を主目的とした仕様ではない。そのため都市 OS においては、CityGML のデータをそのままサービス連携に用いるのではなく、用途に応じて軽量化・抽出・変換した形で活用することが現実的である。

具体的には、CityGML のデータから建物や施設の位置情報を抽出して GeoJSON として提供し、建物用途、管理情報、識別子等のメタデータを NGSI-LD のエンティティとして管理する構成が考えられる。

この構成により、データが持つ詳細な都市空間モデルを参照基盤としつつ、日常的なデータ連携やサービス実装は GeoJSON と NGSI-LD によって軽量に実現できる。

また、NGSI-LD により整理された施設属性や関係性、運用状況等のメタデータは、LLM 等の AI 技術による説明、要約、対話といった用途と親和性が高い。

3D 都市モデルを背景として参照しながら、「この建物は何の用途で、どの地域に属し、どの施策と関係しているか」といった問いに対し、位置情報と意味情報を統合した形で応答することが可能となる。

このように Project PLATEAU の 3D 都市モデルは、都市 OS において単独で完結するデータではなく、GeoJSON や NGSI-LD と役割分担することで、空間・意味・対話をつなぐ都市デジタルツインの基盤として活用される。

## 8.3 ID 設計の基本原則（スマートシティ都市 OS 要件）

都市 OS における ID は、個々のシステムやデータ項目を識別するための単なる管理番号ではなく、都市間・分野間で情報を連携し、意味的に一貫したデータモデルを構築するための基盤要素である。本節では、都市 OS において共通に適用可能な ID 設計の基本原則を整理する。これらの原則は、特定の実装方式や製品を規定するものではなく、異なる制度、運用、技術環境の下にある都市や分野においても、持続的に相互運用性を確保するための設計指針として位置づけられる。

### 8.3.1 URI ベース ID 設計の原則

都市 OS においては、セマンティックデータモデルとの親和性および分野横断的な相互運用性を考慮し、エンティティ ID は URI (Uniform Resource Identifier) 形式を基本とすることが望ましい。URI ベースの識別子を採用することにより、以下の特性を確保することが可能となる。

- ・グローバル一意性：都市や分野を越えて重複しない識別子を付与できること
- ・永続性：システム更新や構成変更があっても、同一の対象を継続して識別できること
- ・相互運用性：異なるシステムやデータモデル間で識別子を共有・参照できること

URI 形式の識別子としては、HTTP(S) URI や URN (Uniform Resource Name) など、複数の表現方式を採用することが可能である。HTTP(S) URI を用いる場合には、識別子と関連する情報資源を結び付けやすいという利点がある。一方で、長期的な永続性や組織変更への耐性を重視する場合には、URN 形式を用いる設計も考えられる。

都市 OS における ID 設計では、特定の URI 形式を一律に規定するのではなく、識別子の一意性、永続性、および管理主体の明確性を確保することを基本原則とする。

### 8.3.2 ID の永続性とライフサイクル管理

都市 OS における ID は、個別システムのライフサイクルに依存せず、長期的な運用を前提として設計される必要がある。具体的には、以下の観点を考慮することが重要である。

- ・システム更改、ベンダー変更、クラウド移行等が発生しても、ID 自体は変更しないこと
- ・対象の廃止、更新、統合といったライフサイクルイベントを、ID の変更ではなく状態や関係性として表現すること
- ・過去データとの整合性を維持し、履歴参照や分析が可能となるよう配慮すること

このような設計により、都市 OS は短期的なシステム構成に左右されない、持続可能なデータ基盤として機能する。

### 8.3.3 既存 ID 体系との連携・マッピング

都市 OS の構築にあたっては、既存の行政システムや分野別システムにおいて、すでに多様な ID 体系が運用されている場合が多い。本章で示す ID 設計の原則は、これらを否定または置き換えることを目的とするものではない。むしろ、都市 OS においては、

- ・住民コード、施設管理番号、設備 ID 等の既存 ID を尊重し、

- それを NGSI-LD における Property や Relationship として紐付け
- 共通 ID との関係性を明示的に表現する

という「連携・マッピング」の考え方を基本とする。

これにより、既存システムの資産を活かしつつ、分野横断・都市間連携を段階的に実現することが可能となる。

#### 8.3.4 ID 命名規則の考え方（推奨）

URI ベースの ID 設計を実運用に耐えるものとするためには、一定の命名規則を設けることが望ましい。具体的には、以下の観点が挙げられる。

- ドメイン分離：施設、交通、エネルギー等、分野ごとに識別子の空間を分けること
- 管理主体の明示：自治体、事業者、運用組織などの責任主体を識別可能とすること
- 地理的スコープの表現：必要に応じて都市や地域の範囲を表現できること

一方で、過度に詳細な情報を ID 自体に埋め込むことは、将来的な変更や拡張を困難にする可能性がある。そのため、可読性と機械処理性のバランスを考慮し、ID の意味づけはデータモデルや Relationship によって補完する設計が推奨される。本節で示した ID 設計の基本原則は、都市 OS におけるデータ連携および相互運用性を長期的に確保するための基盤となるものである。次節では、これらの原則を踏まえ、データモデル設計に関する方針を整理する。

#### 8.3.5 空間 ID の位置づけと設計上の考え方

「ウラノス 4 次元時空間 ID」（通称：空間 ID）とは、地球上の特定の空間を一意に識別するための識別子である。異なる基準に基づいた空間情報であっても空間を一意に識別可能な共通の識別子を用いて位置を特定するとともに、相互変換に用いる共通的な規格として機能するものである。緯度・経度といった座標値そのものを直接扱うのではなく、空間を一定の粒度で分割したセルや領域に対して ID を付与することで、位置情報を抽象化し、分野横断的に扱いやすくすることを目的とする。

都市 OS において空間 ID は、PLATEAU 等の 3D 都市モデル、GeoJSON による地図データ、NGSI-LD による都市状態データを相互に関連付けるための中核的な概念として位置づけられる。例えば、建物や施設が属する空間ボクセルに空間 ID を付与することで、形状データと属性・状態データを疎結合に連携させることが可能となる。これにより、詳細な形状データを常に参照することなく、「この空間に属する施設」や「このエリアで発生している事象」といった問いを、NGSI-LD 上のエンティティ検索として表現できる。

このような空間 ID の活用により、リアルタイムデータの流通や都市状態の把握を効率化しつつ、空間的な文脈を保持したデータ連携が実現される。

自然言語で入力された「この周辺」や「駅から徒歩 5 分圏内」といった曖昧な空間表現は、ジオコーディングと空間検索を組み合わせることで、特定の空間領域として解釈できる。この空間領域を空間 ID の集合として表現することで、AI は NGSI-LD のエンティティを空間的なコンテキストを保持したまま参照し、要約や説明を行うことが可能となる。

こうした空間の ID 化は他の体系（標準地域メッシュ、H3 等）でも実現可能であるが、空間 ID にはいくつかの固有の利点がある。第一に、高さ方向（Z 軸）の分割が標準で組み込まれており、「この建物の 3 階」「地下の配管周辺」「上空 50m の飛行経路」といった三次元の空間参照を、追加の設計なしに ID として扱える。第二に、ズームレベルに基づく階層構造により、広域から詳細へと解像度を切り替えながらデータを参照できる。空間 ID は短い文字列で

空間を表現できるため LLM のコンテキストを圧迫せず、また階層的な ID 構造により、隣接や包含といった空間的関係を ID 操作として扱えるため、LLM が苦手とする座標の幾何計算を回避できる。

このように空間 ID は、空間データそのものを直接やり取りするのではなく、三次元の空間を階層的に参照するための論理的なキーとして機能することで、都市 OS におけるデータ連携、拡張性、ならびに AI 活用を支える基盤的要素となる。

## 8.4 データモデル設計方針

都市 OS におけるデータモデルは、個別システムやユースケースごとの最適化ではなく、分野横断・都市間連携を前提とした共通理解の枠組みとして設計されることが重要である。本節では、前節で示した ID 設計の基本原則を踏まえ、都市 OS におけるデータモデル設計に関する基本方針を整理する。

本章で示す方針は、特定のデータモデルや製品を一律に適用することを目的とするものではなく、既存の標準や実装を尊重しつつ、相互運用性と拡張性を両立させるための設計指針として位置づけられる。

### 8.4.1 既存標準データモデルの活用方針

都市 OS におけるデータモデル設計にあたっては、既存の国際標準や広く利用されているデータモデルを優先的に参照・活用することが望ましい。特に、分野横断での利用を想定したデータモデルについては、再発明を避け、国際的な互換性を確保することが重要である。

その代表例として、FIWARE Smart Data Models が挙げられる。これらは、都市 OS において扱われる多様なエンティティや属性を、NGSI-LD に適合した形で整理しており、共通データモデルとして参照可能である。

既存データモデルを利用する際には、以下の観点から適用可否を判断することが望ましい。

- ・対象とするエンティティや属性が、都市 OS で扱う概念と整合しているか
- ・都市や分野固有の要件に対して、拡張による対応が可能か
- ・国際的な標準化や継続的なメンテナンスが行われているか

既存標準データモデルの活用にあたっては、対象分野における適用可能なモデルの選定方法や、日本固有の要件に対する拡張・補完の考え方についても、今後の検討課題として整理することが望ましい。

### 8.4.2 データモデル拡張時の設計方針

既存の標準データモデルのみでは、都市や分野固有の要件を十分に表現できない場合がある。その場合には、既存モデルとの互換性を維持したまま拡張することが重要である。データモデルを拡張する際には、以下の考え方を基本とする。

- ・既存のエンティティ構造を変更せず、新たな Property や Relationship を追加する
- ・JSON-LD の @context を用いて、追加した属性の意味を明示的に定義する
- ・拡張内容が他都市や他分野で再利用可能かを考慮する

これにより、個別最適化による分断を避け、将来的な標準化や相互連携への発展を妨げない設計が可能となる。

### 8.4.3 エンティティ設計の基本パターン

都市 OS におけるデータモデル設計では、扱う対象の性質に応じてエンティティを整理することが有効である。代表的なエンティティの分類例として、以下が挙げられる。

- Physical Entity : 建築物、道路、設備、センサー等、物理的に存在する対象
- Logical Entity : サービス、契約、組織、イベント等、概念的な対象
- Observation / Measurement Entity : センサー観測値、計測結果、状態変化等を表すデータ

このような分類を用いることで、エンティティ間の関係性を明確にし、データモデル全体の見通しを良くすることができる。

### 8.4.4 都市空間データモデルとの関係 (CityGML 等)

都市 OS では、建築物や都市空間を高精度に表現するデータモデルが重要となる。CityGML は、都市空間を 3 次元で表現するための国際標準であり、都市 OS における分野別データモデルの代表例として位置づけられる。

CityGML は、詳細な幾何形状や属性構造を持つ一方で、都市 OS 全体の共通データモデルを直接置き換えるものではない。そのため、都市 OS においては、

- CityGML を詳細表現のための専門モデルとして活用し
- 都市 OS の共通エンティティと ID や Relationship を通じて連携させる

といった役割分担が有効である。なお、日本においては、PLATEAU により CityGML を基盤とした 3D 都市モデルが整備されており、都市 OS と分野別データモデルを連携させる具体的な実装例として参照可能である。

### 8.4.5 まとめ

本節では、都市 OS におけるデータモデル設計に関する基本方針を整理した既存標準の活用と拡張ルールの明確化により、都市や分野ごとの多様性を尊重しつつ、相互運用性と将来拡張性を両立することが可能となる。次節では、これらの方針を実務者向けに具体化するためのリファレンスガイドラインを示す。

## 8.5 ID 設計・データモデルのリファレンスガイドライン

本節では、前節までに示した ID 設計およびデータモデル設計の基本原則を踏まえ、都市 OS の設計・実装に携わる実務者が参照可能なリファレンスガイドラインを示す。ここで示す内容は、特定の実装方式や構成を規定するものではなく、各都市や分野における判断を支援するための参考例として位置づけられる。

### 8.5.1 エンティティ ID 設計例

都市 OS におけるエンティティ ID は、第 8.3 節で示したとおり、URI 形式を基本とし、グローバルな一意性と永続性を確保することが望ましい。URI は必ずしも HTTP で解決可能 (dereferenceable) である必要はなく、識別子としての一意性と安定性を確保することが重要である。

NGSI-LD 環境では、コンテキストブローカーがエンドポイント (/entities/{entityId}) を通じてエンティティ情報への標準的なアクセス手段を提供するため、ID 自体が HTTP URI として直接アクセス可能である必要はない。

このため実装上は、NGSI-LD エコシステムにおいて広く採用されている URN 形式 (urn:ngsi-ld) を用いることが、永続性および運用の安定性の観点から有効な選択肢となる。以下に代表的なエンティティ種別に対する ID 設計の例を示す。

(例) 施設エンティティ 推奨例

urn:ngsi-ld:Building:jp:131010:facility:12345

この例では

Building : エンティティタイプ

jp:131010 : 自治体識別 (例 : 全国地方公共団体コード)

facility:12345 : 施設識別子

といった階層構造を持たせることで、識別対象の範囲や管理主体を明確にすることができる。

また、自治体コードや既存の施設管理番号などの公的識別体系をローカル識別子部分に活用することで、既存システムとの連携や都市間での相互運用性を高めることが可能となる。

避けるべき例

facility\_12345

systemA\_facility\_01

これらの識別子は管理主体や識別範囲が不明確、特定システムの内部識別子に依存といった課題があり、都市間連携や将来的なシステム更新時の互換性を損なう可能性がある。

(例) センサーエンティティ 推奨例

urn:ngsi-ld:Sensor:jp:131010:airquality:6789

このようにエンティティタイプや用途を識別子構造の中で表現することで、識別子の可読性および運用管理の容易性を高めることができる。

### 8.5.2 Relationship 設計の指針

都市 OS では、単一のエンティティを独立して扱うのではなく、エンティティ間の関係性を明示的に表現することが重要である。NGSI-LD における Relationship を用いることで、以下のような関係を構造的に表現できる。

- ・施設と管理主体の関係 (管理する)
- ・センサーと設置場所の関係 (設置されている)
- ・サービスと提供エリアの関係 (提供対象)

Relationship を設計する際には、片方向の参照に留めるか、必要に応じて双方向参照とするかを、ユースケースや運用負荷を考慮して判断することが望ましい。

### 8.5.3 @context 設計・管理の考え方

JSON-LD における @context は、データモデルの意味を定義する重要な要素である。都市 OS においては、@context の設計と管理を適切に行うことで、分野や都市を越えた相互理解が可能となる。

@context 設計にあたっては、以下の考え方が有効である。

- ・共通語彙（標準語彙）と独自語彙を分離して定義する
- ・独自語彙については、意味や利用範囲を明示する
- ・@context の公開・管理主体を明確にする

これにより、独自拡張を行った場合であっても、他システムとの意味的な衝突を回避することができる。

### 8.5.4 分野別データモデルとの接続例（参考）

都市 OS では、分野別に高度化されたデータモデルと連携するケースが多い。例えば、都市空間に関する詳細な表現については CityGML や PLATEAU が用いられることがある。このような場合、都市 OS の共通エンティティと分野別データモデルを、ID や Relationship を通じて接続することで、役割分担を明確にした連携が可能となる。共通データモデルは横断的な参照や連携を担い、分野別モデルは詳細表現や専門的分析を担うという構成が有効である。

### 8.5.5 まとめ

本節では、都市 OS における ID 設計およびデータモデル設計に関するリファレンスガイドラインを示した。これらは実装を一律に制約するものではなく、各都市や分野が自律的に判断を行うための共通の視点を提供するものである。

## 8.6 他章・他システムとの関係

本節では、本章で示した ID 設計およびデータモデル設計の共通方針が、他章で扱うユースケース、運用、連携の議論とどのように接続するかを整理するとともに、都市 OS 外のシステムや他都市とのデータ連携における位置づけを明確にする。

### 8.6.1 他章との関係

本章で整理した共通アーキテクチャ方針は、以降の各章で扱われる内容の基盤として機能する。

#### (1) ユースケース章との関係

各分野のユースケースにおいては、具体的なデータ項目や処理フローが示されるが、それらは本章で示した ID 設計およびデータモデル設計の原則に基づいて整理されることで、分野横断での再利用や比較が容易となる。

#### (2) システム構成・運用章との関係

都市 OS の運用やシステム構成に関する章においては、認証・認可、API 管理、データ連携方式などが議論される。本章の設計方針は、これらの機能を支える前提条件として、エンティティ識別や意味的一貫性を担う。

#### (3) 都市間連携・広域連携章との関係

都市間でのデータ共有や広域的な連携においては、ID やデータモデルの違いが大きな障壁となる。本章で示した共通原則は、都市ごとの差異を吸収し、連携を成立させるための共通言語として機能する。

### 8.6.2 都市 OS 外システムとの関係

都市 OS は、すべての都市システムを置き換えるものではなく、既存の行政システム、分野別システム、民間プラットフォーム等と連携することを前提とする。そのため、本章で示した ID 設計およびデータモデル設計の方針は、都市 OS 内部に閉じたものではなく、以下のような外部システムとの接続においても有効である。

- ・行政情報システムや業務系システムとのデータ連携
- ・分野別プラットフォーム（交通、エネルギー、防災等）との相互接続
- ・民間サービスや外部データ提供者との連携

これらの連携において、共通 ID やセマンティックなデータモデルを介することで、個別仕様への依存を低減し、連携コストを抑制することが可能となる。

### 8.6.3 他都市・他分野との相互運用性

都市 OS が目指すべき姿は、単一都市内で完結するプラットフォームではなく、他都市や他分野と連携可能なエコシステムの形成である。

本章で示した設計方針は、

- ・都市ごとの制度や運用の違いを前提としつつ
- ・共通 ID と意味モデルによって差異を吸収し
- ・段階的な連携を可能とする

ための基盤を提供する。これにより、都市 OS は特定の実装や技術に依存しない形で、持続的な相互運用性を確保することができる。

## 8.7 まとめ

本章では、スマートシティ都市 OS における共通アーキテクチャ方針として、ID 設計およびデータモデル設計に関する基本的な考え方と指針を整理した。都市 OS が分野や都市を越えて連携するためには、個別システムや一時的な実装に依存するのではなく、識別子と意味モデルを基盤とした共通の構造を持つことが重要である。

本章で示した方針は、特定の技術、標準規格、実装方式を一律に規定するものではない。既存の標準や実装資産を尊重しつつ、相互運用性、拡張性、持続可能性を確保するための設計原則を示すことを目的としている。これらの設計原則を共通の前提として共有することにより、都市 OS は人や分野、地域をつなぐデータ基盤として機能し、都市間・分野間連携の深化や、新たなサービス創出の土台となることが期待される。

## 9. 都市 OS の実装・運用・展開に関する考え方

### 9.1 本章の位置づけと目的

本章では、前章までに示した都市 OS の概念的な方向性および共通アーキテクチャ方針を踏まえ、都市 OS を実際に構築・運用・展開する際の考え方や留意点を整理する。

都市 OS は、都市や分野ごとに異なる制度、運用体制、技術環境の下で導入・運用されることが想定されており、その実装形態や運用方式は一様ではない。本章では、特定の製品、技術、実装方式を規定または推奨するのではなく、多様な選択肢が存在することを前提とした実装・運用上の視点を提示する。また、本章で扱う内容は、都市 OS を構成する個別機能やシステム構成の詳細を示すことを目的とするものではない。あくまで、各都市や関係主体が、自らの状況に応じて適切な判断を行うための参考として、実装・運用・展開において共通して考慮すべき事項を整理することを目的とする。

本章における整理は、前章までに示した共通原則を前提としつつ、都市 OS を持続的に発展させていくための実務的な観点を補完するものである。

### 9.2 都市 OS の実装アプローチの多様性

都市 OS の実装にあたっては、都市の規模、行政体制、既存システムの状況、財政条件、運用体制などに応じて、さまざまなアプローチが考えられる。単一の実装方式がすべての都市に適するわけではなく、各都市の状況に応じた柔軟な選択が求められる。

都市 OS の実装形態は、大きく分けて、クラウド基盤を中心とした構成、オンプレミス環境を含む構成、商用サービスを活用する構成、オープンソースソフトウェアを活用する構成など、複数の選択肢が存在する。これらは相互に排他的なものではなく、複数の方式を組み合わせて採用される場合も多い。また、都市 OS は一度構築して終わるものではなく、段階的に機能を拡張し、連携対象を広げながら発展していくことが前提となる。そのため、初期導入時の実装方式だけでなく、将来的な拡張性や他システムとの連携可能性、運用負荷の変化等も考慮した設計が重要となる。

本章では、こうした前提の下、都市 OS の実装および運用において考慮すべき代表的なアプローチや考え方を整理する。以降の節では、特定の実装方式を推奨するのではなく、それぞれの方式が持つ特徴や留意点を示すことで、各都市が自らの状況に即した判断を行うための参考情報を提供する。

### 9.3 都市 OS とオープンソースソフトウェア（OSS）

本節では、都市 OS の実装および運用における一つの選択肢として、オープンソースソフトウェア（OSS）の活用が果たし得る役割と、その際に留意すべき点について整理する。都市 OS は、長期にわたり利用・拡張される公共性の高い基盤であり、特定の技術やベンダーへの過度な依存を避けつつ、持続的に進化できる構造が求められる。OSS は、このような要請に応える実装形態の一つとして、多くの都市 OS 関連システムやビルディングブロックにおいて採用されている。

一方で、OSS については「無償で利用できる」「保証がない」といった側面のみが強調され、十分に理解されないまま議論される場合も少なくない。本節では、OSS の特性を正しく理解した上で、都市 OS においてどのように活用し得るのか、また活用にあたって考慮すべき点は何かを整理する。

### 9.3.1 オープンソース活用の利点

#### 9.3.1.1 デジタル公共財としてのオープンソース

オープンソースは、オープンデータと並び「デジタル公共財」として位置付けられることが多く、都市 OS のような公共インフラを支えるソフトウェア形態として親和性が高い。ソースコードが公開され、誰でも利用・検証できることから、透明性や拡張性を確保しやすく、公共サービスに対する信頼性の向上につながる。また、地域独自に開発された機能やサービスをオープンソースとして公開することで、他地域による再利用や改良が促進され、新たなサービスの派生や地域間連携の拡大が期待できる。

#### 9.3.1.2 継続的改善と技術進化への対応

成熟した OSS では、開発者や利用者からなるコミュニティによって、バグ修正やセキュリティ対応が継続的に行われる。単一組織による保守と比べ、問題発見や対応が迅速化する場合が多い。また、OSS は新技術の導入が比較的早く行われる傾向があり、都市 OS を将来にわたり発展させていく上で、技術進化への追従を容易にする側面がある。

#### 9.3.1.3 透明性・柔軟性とロックイン回避

ソースコードが公開されていることにより、第三者による検証が可能となり、品質やセキュリティに対する透明性が高まる。また、都市や地域固有の要件に応じて改変・拡張を行う自由度が高く、特定ベンダーへの依存を軽減しやすい。このような特性は、長期運用が前提となる都市 OS において、ベンダーロックインの回避や、将来的な移行・拡張の柔軟性確保に寄与する。

### 9.3.2 地域で開発した成果をオープンソースとして提供する考え方

地域が独自に開発した都市 OS の機能やビルディングブロックをオープンソースとして公開することは、透明性の確保や改善サイクルの促進につながる。公開された成果に対して、外部からのフィードバックや改良提案が集まりやすくなり、結果として品質向上が期待できる。

一方で、オープンソースソフトウェア（OSS）の採用は、特定の製品やベンダーへの依存を低減するうえで重要な要素ではあるが、それだけで非ロックインが自動的に実現されるわけではない。実際には、OSS を利用している場合であっても、構築や運用に関する知識が特定の事業者に集中したり、データモデルや設定が独自仕様として管理されることにより、実質的なロックインが生じる可能性がある。

このため、OSS の利点を持続的に活用するためには、ソフトウェアの公開に加えて、以下のような運用面での配慮が重要となる。

- ・都市 OS の構築手順および運用手順が文書化され、複数の主体が参入・引き継ぎ可能な形で共有されていること
- ・データモデルやセマンティック定義（@context）の管理主体が明確であり、発注者または運営主体が継続的に管理できること
- ・標準 API を通じて都市 OS が管理するデータを取得・移行できる仕組みが確保されていること

これらの条件を満たすことにより、OSS は単なるソフトウェア公開にとどまらず、都市 OS の持続可能な運用と技術的自立性を支える基盤として機能する。

### 9.3.3 オープンソースライセンスに関する留意点

都市 OS のような公共性の高いシステムに OSS を活用する際には、ライセンスの選択および管理が重要となる。MIT License や Apache License のように再利用や商用利用の自由度が高いライセンスは、相互運用性や広域連携を見据えた場合に採用されることが多い。一方、GPL や LGPL のようなコピーレフト型ライセンスでは、改変や再配布の際に一定の条件が課されるため、導入にあたってはライセンス内容を十分に理解することが求められる。

また、都市 OS をクラウド環境で提供する場合には、ネットワーク越しのサービス提供に関するライセンス条件にも留意する必要がある。特に、Affero GPL (AGPL) のようなライセンスでは、ソフトウェアをネットワーク経由のサービスとして提供する場合にもソースコード公開義務が生じる可能性がある。このため、都市 OS を SaaS 等の形態で提供する場合には、ライセンス条件がサービス提供モデルに与える影響を事前に整理しておくことが望ましい。

実際に、都市 OS 分野で利用されるコンテキストブローカー等の OSS の中には AGPL ライセンスで提供されているものも存在する。このようなコンポーネントを採用する場合には、ライセンス条件を踏まえた運用方針や公開範囲を明確にし、公共サービスとしての持続可能な運用体制を検討することが重要である。

さらに、複数の OSS コンポーネントを組み合わせる都市 OS を構築する場合には、ライセンス間の互換性や表示義務、ソースコード公開義務等を整理し、適切なコンプライアンス管理を行う必要がある。

### 9.3.4 OSS 活用を前提とした機能モジュールの構成と展開

都市 OS において OSS を効率的に導入・展開・管理する手法として、コンテナ技術 (Docker 等) の活用が広く行われている。コンテナ化により、アプリケーションとその依存関係を一体として扱うことができ、特定の OS やインフラ環境に依存しない再利用が可能となる。このような手法は、都市 OS の機能をビルディングブロックとして整理・共有する上で有効であり、自治体間の技術連携や段階的な導入・更新を容易にする。OSS とコンテナ技術の組み合わせは、都市 OS の実装・運用を支える一つの実践的アプローチとして位置付けられる。

## 9.4 運用・ガバナンスに関する考え方

都市 OS は、単なる技術基盤ではなく、複数の主体が関与し、長期にわたり運用される公共性の高いプラットフォームである。そのため、技術仕様と同様に、データの管理責任や運用ルール、組織体制を含むガバナンスの設計が極めて重要となる。本節では、都市 OS の運用において共通して考慮すべきデータ管理責任、変更管理およびライフサイクル管理、ならびに組織・体制面の観点について整理する。

### 9.4.1 データ管理責任

都市 OS において取り扱われるデータは、公共データ、事業者データ、個人に関わるデータなど多様であり、それぞれについて管理主体や責任範囲を明確にする必要がある。データの生成、更新、提供、利用の各段階において、誰がどの責任を負うのかを整理した上で、運用ルールを定義することが重要である。

また、データ管理責任の整理においては、データそのものの管理だけでなく、**データの意味を定義する語彙体系やデータモデルの管理**についても明確にすることが望ましい。都市 OS では複数の分野・組織のデータを統合して扱うため、データの意味や解釈を共有する仕組みが重要となる。例えば、セマンティックデータモデルを用いる場合には、語彙定義やコンテキスト定義 (例: @context) の管理主体や更新手続を明確にすることで、長期的な相互運用性の確保につながる。

これらの定義が特定のベンダーやシステムに依存した形で管理される場合、データの意味の解釈が外部から把握しにくくなり、将来的なシステム更新や他システムとの連携に支障が生じる可能性がある。そのため、データモデルや語彙定義の管理については、公共主体または合意されたガバナンスの下で運用されることが望ましい。

特に個人情報や機微な情報を含む場合には、法令遵守やプライバシー保護の観点から、適切なアクセス制御や利用目的の明確化が求められる。都市 OS は複数の自治体、事業者、アプリケーションが接続するプラットフォームとして運用されることが多いため、接続主体の識別、認証、およびアクセス権限の管理を適切に設計することが重要である。

利用者や関係主体の識別・認証・認可に関しては、従来の集中管理型の ID 管理方式に加え、利用者主体の管理モデルとして、自己主権型アイデンティティ (SSI) などの考え方が検討される場合もある。

これらの方式は、利用者の権利尊重や責任分界の明確化といった点で一定の利点を有する一方、制度設計、運用体制、既存システムとの整合性が重要であり、都市 OS においては各地域の法制度や運用方針に基づき慎重に検討されるべきである。

#### 9.4.2 変更管理およびライフサイクル管理

都市 OS は、社会情勢や政策、技術の進展に応じて段階的に機能が拡張・更新されることを前提とする。そのため、システム構成、データモデル、API 仕様等の変更を適切に管理し、利用者や連携先への影響を最小限に抑える仕組みが不可欠である。変更にあたっては、事前の影響評価や関係者への周知、移行期間の設定などを含む変更管理プロセスを整備することが望ましい。

特に、都市 OS は多数の外部システムやアプリケーションが接続する基盤となるため、API 仕様の変更は広範な影響を及ぼす可能性がある。そのため、API 仕様の変更管理においては、バージョン方針を明確に定めることが重要である。具体的には、既存バージョンの維持期間、非推奨化 (deprecation) の事前通知期間、後方互換性の確保方針などを整理し、利用者が計画的に移行できる環境を整備することが望ましい。

また、都市 OS を構成する各要素について、導入から運用、更新、廃止に至るライフサイクルを見据えた管理を行うことで、長期的な安定運用と将来的な拡張性の両立が図られる。

#### 9.4.3 組織・体制面の考慮事項

都市 OS の運用には、自治体、事業者、システム運用者、サービス提供者など、複数の主体が関与することが一般的である。これらの主体間で役割分担や意思決定プロセスを明確にし、責任の所在を整理することが重要である。また、都市 OS の運用に関わる人材や組織体制は、固定的なものではなく、段階的な発展や連携拡大に応じて見直されることが望ましい。

特に、特定の個人や組織への依存を避け、長期的な運用の持続性を確保するためには、都市 OS の構築および運用に関する技術仕様や運用手順が文書として整備され、関係主体間で共有されていることが重要である。これにより、将来的に複数の事業者が参入・引き継ぎ可能な運用環境を整備することが可能となる。

また、都市 OS におけるデータモデル設計、システム構成、連携方針等に関する基本的な意思決定については、都市または運営主体が主体的に関与する体制を確保することが望ましい。これにより、特定の実装主体への過度な依存を回避し、都市 OS の長期的な自律性と継続的な発展を支えることができる。

### 9.5 他システム・他主体との連携における実装上の留意点

都市 OS は、単独で完結するシステムではなく、既存の行政システム、分野別業務システム、民間事業者のサービス、さらには他都市・他主体のプラットフォームと連携することを前提とした基盤である。そのため、他システム・他主体との連携にあたっては、技術的な接続可否だけでなく、役割分担や責任範囲、将来的な拡張性を含めた設計上の配慮が重要となる。

#### (1) 外部システム接続に関する考慮事項

外部システムとの接続においては、個別システムごとのインタフェース仕様に依存した直接連携を避け、都市 OS が提供する共通的な API やデータモデルを介した疎結合な連携を基本とすることが望ましい。これにより、特定システムの更新や更改が他システムに波及する影響を最小限に抑え、都市 OS 全体としての安定性と保守性を高めることができる。

また、リアルタイム性が求められるデータと、バッチ処理で十分なデータとを適切に整理し、用途に応じた連携方式を選択することも重要である。

## (2) ベンダー・事業者との役割分担

都市 OS を構成する各要素は、複数のベンダーや事業者によって提供・運用されることが一般的である。この際、都市 OS 側が担うべき共通機能（データ管理、認証・認可、API 公開等）と、分野別システム側が担うべき業務固有機能とを明確に切り分けることが求められる。特定ベンダーに依存した独自仕様や拡張を基盤レイヤに持ち込むことは、将来的な再利用性や他主体との連携を阻害する要因となり得るため、標準仕様に基づく実装と文書化されたインタフェース定義を前提とした調達・開発が重要となる。

都市 OS が複数の主体により利用されるプラットフォームとして機能するためには、接続主体ごとの認証およびアクセス制御の設計が重要となる。例えば、複数の自治体や事業者が同一基盤を利用する場合には、テナント単位でのデータ分離や管理権限の整理を行うことが求められる。また、アプリケーションや外部システムに対するアクセス制御においては、リソース種別や操作内容に応じたロールベースまたはポリシーベースのアクセス制御を適用することが有効である。さらに、組織・分野・地域等の論理的なスコープに基づくアクセス範囲の管理や、API キー等を用いた接続主体の識別および利用制御を適切に実装することで、複数主体が関与する環境においても安全かつ持続的な運用を実現することが可能となる。

## (3) 将来的拡張への備え

都市 OS は段階的に機能拡張・分野展開されることを前提とするため、初期構築時から将来的なユースケース追加を見据えた設計が必要である。特に、データモデルや API 設計においては、当初想定していない属性や関係性の追加を許容できる柔軟性を確保することが重要である。また、複数主体が関与する環境においては、利用者認証や権限管理の考え方も拡張可能な形で整理しておく必要がある。近年では、個人や組織が自らの属性情報を主体的に管理・提示する自己主権型アイデンティティ（SSI）の考え方も注目されており、将来的にそのような仕組みと連携する余地を排除しない設計としておくことが望ましい。

## (4) 分野別ユースケースへの接続

以上のような実装上の留意点は、特定分野に限ったものではなく、公共交通、防災、環境、エネルギーなど、さまざまな分野に共通して適用される考え方である。次章では、これらの原則が実際の分野別ユースケースにおいてどのように具体化されるかを示すため、代表的な分野を取り上げ、都市 OS を活用したデータ連携およびサービス実装の例を整理する。

## 10. 分野別ユースケースにおける都市 OS 活用

### 10.1 本章の目的と位置づけ

本章では、これまで整理してきた都市 OS の概念、共通アーキテクチャ方針、データモデル設計および実装上の留意点を踏まえ、分野別ユースケースにおける都市 OS の活用のあり方を具体的に示す。都市 OS は、単一の用途や分野に特化したシステムではなく、分野横断的なデータ連携とサービス創出を支える共通基盤として位置づけられる。その有効性は、実際の行政サービスや都市課題の解決においてどのように活用されるかによって評価される。本章で取り上げる分野別ユースケースは、特定の技術や製品、実装方式を推奨するものではなく、都市 OS を活用する際の代表的な適用例を示すことを目的とする。各ユースケースでは、分野固有のデータや既存システムが、都市 OS を介してどのように統合・共有され、住民サービスや行政業務の高度化につながるかという観点から整理する。また、ここで示すユースケースは、都市 OS の導入初期段階から将来的な発展段階までを一律に想定するものではない。自治体の規模や課題、既存システムの状態に応じて、段階的に適用・発展させることが可能な構成要素として捉えることを意図している。本章を通じて、都市 OS を「構想」から「実装・運用」へとつなぐ際の具体的なイメージを共有する。

### 10.2 公共交通分野における都市 OS 活用

本節では、分野別ユースケースの代表例として公共交通分野を取り上げ、都市 OS を活用したデータ統合およびサービス高度化の考え方を示す。公共交通は、運行主体やシステムが分散している一方で、住民生活への影響が大きく、リアルタイム性・正確性・可用性が強く求められる分野であり、都市 OS の価値が最も顕在化しやすい領域の一つである。

特に高齢化が進む地域においては、地域公共交通、とりわけバス交通の利便性向上が、住民の移動手段確保や生活の質の向上に直結する。公共交通の可視化や利用促進は、自家用車依存からの転換を促し、交通渋滞の緩和や温室効果ガス排出量の削減といった副次的効果も期待される。また、リアルタイム情報の活用により、視覚障害者や聴覚障害者に対する支援など、インクルーシブな社会の実現に向けた応用も可能となる。

#### 10.2.1 公共交通データ統合の考え方と都市 OS の役割

公共交通分野では、GTFS-RT (General Transit Feed Specification – Realtime) に代表される国際的に広く利用されているデータ仕様を通じて、車両位置、遅延情報、到着予測等のリアルタイムデータが提供されている。

都市 OS においてこれらのデータを活用するためには、分野固有の形式で提供される情報を、都市 OS の共通的なデータモデルへと変換・統合し、他分野のデータやサービスと連携可能な状態にすることが重要となる。

NGSI-LD は、都市の状態を「コンテキスト情報」として表現・管理するための汎用的な情報モデルおよび API 仕様であり、異なる分野のデータを共通の枠組みで統合・共有することを目的としている。公共交通分野では、GTFS-RT 等の分野固有のデータ仕様で提供される運行情報を NGSI-LD のエンティティおよび属性として表現することで、交通データを他分野のデータと同一のコンテキスト情報モデルの下で扱うことが可能となる。

例えば、車両、停留所、路線、運行便といった交通要素をコンテキストエンティティとして表現し、それらの位置情報や運行状況を属性として管理することで、リアルタイムな交通状況を都市 OS の共通基盤上で共有することができる。このような統一的なデータ表現により、交通分野の情報を防災、観光、環境など他分野のデータと組み合わせたサービスの実現が可能となる。

#### 10.2.2 システム構成例とデータ流通のイメージ

公共交通データの統合における一つの構成例として、GTFS-RT から取得したリアルタイム情報を、変換処理を行う中間コンポーネントを介して都市 OS のコンテキスト管理基盤に登録する構成が考えられる。この変換処理では、

GTFS-RT で提供される情報のすべてを都市 OS 内で再現するのではなく、都市の状態把握や他分野との連携に必要な情報を選択的に抽出し、コンテキスト情報として表現することが望ましい。

例えば、主要車両の位置情報、運行ステータス、遅延状況など、都市全体の状況把握や他分野のサービスと関連づける価値のあるリアルタイム情報を、NGSI-LD のエンティティおよび属性として登録することが考えられる。このように、分野固有の詳細なデータ構造をそのまま都市 OS 内に再現するのではなく、都市の状態を表すコンテキスト情報として整理することで、分野横断での利用が容易になる。

実装の一例としては、GTFS Realtime のフィードを定期的を取得するデータ取得モジュールと、必要な情報を抽出して NGSI-LD 形式へ変換する変換モジュールを組み合わせ、HTTP API を通じてコンテキスト管理基盤へ登録する構成が考えられる。このような処理は、軽量なマイクロサービスとして実装し、コンテナ環境上で運用することで、自治体間での再利用や展開を容易にすることができる。

一方で、GTFS-RT は公共交通分野における成熟したデータ仕様であり、多くの交通アプリケーションや分析ツールがこの形式を前提として利用している。そのため、都市 OS のコンテキスト管理基盤は、GTFS-RT を完全に置き換えるものではなく、分野標準として提供されるデータと併存しながら、都市全体のデータ統合を補完する役割を担うことが望ましい。

このような構成により、交通分野の既存エコシステムを維持しつつ、都市 OS を通じて他分野のデータやサービスとの連携を実現することが可能となる。

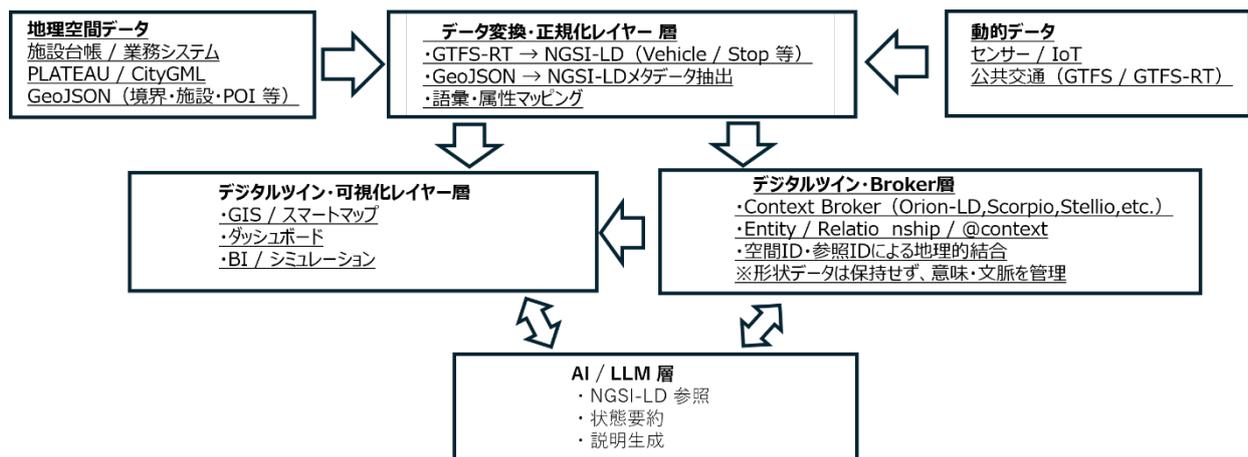


図 10-1 GTFS-RT データ連携構成例

### 10.2.3 再利用性・展開性を考慮した実装の考え方

公共交通分野におけるデータ連携の仕組みは、特定の自治体や事業者に閉じた実装とするのではなく、他地域でも再利用可能な形で整備することが望ましい。特に、GTFS-RT 等の分野標準データを都市 OS へ統合する処理は、複数の自治体で共通して利用される可能性が高いため、再利用性と展開性を考慮した設計が重要となる。

再利用性を確保するためには、実装形態そのものよりも、接続先設定やデータ変換ルールを外部化し、環境ごとの差異を設定変更によって吸収できる構成とすることが重要である。例えば、GTFS-RT の取得先 URL、認証情報、エンティティ ID の命名規則、データマッピングルール等を設定ファイルや環境変数として管理することで、同一の変換モジュールを異なる自治体環境に適用することが可能となる。

このような設計により、ソースコードの改修を伴わずに設定変更のみで複数地域に展開できるため、導入コストや保守負担の低減につながる。また、都市 OS におけるビルディングブロックとして共有する場合にも、地域固有の要件を柔軟に吸収できる。

実装形態としては、コンテナ技術を用いたマイクロサービスとして提供する方法のほか、サーバーレスアーキテクチャやマネージドサービスとして提供する方法など、さまざまな形態が考えられる。重要なのは、特定のインフラ構成に依存することなく、複数の環境で運用可能な設計とすることである。

このような再利用性を考慮した実装により、以下のような効果が期待される。

- ・既存の GTFS-RT 資源を活用した導入コストの低減
- ・都市 OS を介したリアルタイムなデータ連携の実現
- ・ダッシュボードや市民向けアプリケーションとの容易な接続
- ・自治体間での標準的な実装パターンの共有と普及促進

将来的には、GTFS-RT に加えて、Service Interface for Real Time Information や DATEX II などの交通データ仕様との相互変換を行い、NGSI-LD を共通フォーマットとして統合することで、都市 OS 間連携や広域的な交通サービス連携への発展も視野に入る。

#### 10.2.4 地理空間データ連携基盤との統合と発展可能性

公共交通データは地理空間情報との親和性が高く、都市 OS においてはコンテキスト管理基盤と地理空間データ連携基盤を組み合わせて活用することが有効である。FIWARE 等のコンテキスト管理基盤と既存の地理空間データ基盤を連携させることで、車両位置や停留所情報を空間情報として可視化し、他分野の地理情報と重ね合わせた分析やサービス提供が可能となる。既存の公開事例の多くは NGSIv2 を前提とした構成となっているが、都市 OS において NGSI-LD を採用する場合には、コンテキストブローカーの選択や @context の設計、地図情報の参照方法等について調整が必要となる。一方で、リアルタイム交通データをコンテキスト情報として統合・管理するという基本的な考え方は、今後の都市 OS 実装においても十分に参考となる。

## 11. 地理空間データ連携基盤

### 11.1 はじめに

スマートシティの実現には、都市の状態を把握し、課題解決や政策決定に活用できる仕組みが不可欠である。都市 OS は、都市全体の状態を統合的に管理する論理基盤であり、本章で扱う**地理空間データ連携基盤**は、その都市 OS の中で空間的文脈を持つ情報を横断的に扱う実装基盤である。

従来、都市に関わるデータは分野や組織ごとにサイロ化され、連携不足から「ユースケース創出困難」「高コスト」「成功例不足」といった課題が生じていた。本基盤は、産官学民の様々な地理空間データを集約・標準化し、共通の地図上で統合・可視化・再利用できる仕組みを提供する。これにより、複雑な課題や支援の行き届きにくい領域の把握を容易にし、市民を含む多様な関係者間での共通理解と EBPM（証拠に基づく政策立案）に基づく合意形成を促す。さらに、標準化された API や空間 ID 互換性により、システム間のデータ交換を円滑にし、地図やデータを再利用しやすくすることで、KPI 管理の自動化や多様な主体による迅速かつ低コストなアプリ開発を可能にする。本基盤は、都市 OS の概念を具体化し、都市課題解決のための不可欠な空間情報基盤として機能する。

### 11.2 アーキテクチャ

地理空間データ連携基盤は、都市 OS における空間情報管理の中核コンポーネントであり、都市全体の状態を把握し、多様な都市サービスに活用できる基盤を提供する。都市 OS の役割は、都市に関わる様々な情報を統合し、政策判断やサービス提供に資する知見を導き出すことである。本基盤は、その中で特に地理空間情報の統合・配信・再利用を担当し、都市 OS 全体の可視化と分析機能を支える。本基盤は、都市の状態を反映する元データの管理、データの標準化・配信、アプリケーションでの活用という 3 層構造を採用している。この構造により、データ提供者は元データの管理に集中でき、アプリ開発者は高度な地理空間サービスを迅速かつ低コストで実装可能になる。また、共通の API や空間 ID を通じた標準化により、都市 OS 内の他システムや外部サービスとの相互運用性も確保される。

本節では、3 層構造の各層の役割と機能、ならびに都市 OS 全体との関係について具体的に解説する。

#### 11.2.1 意義

地理空間データ連携基盤を採用する主な利点は次のとおりである。

- 分野横断的なデータの連携：都市計画、災害管理、交通、インフラなど、多様なセクターにわたる、これまでサイロ化されていた地理空間情報を統合し、連携。
- 課題特定能力の強化：包括的なデータ可視化を通じて、多様な官民の関係者間での課題発見、共有、合意形成を促進。
- アプリ開発コストの削減：標準化されたデータ形式(地図タイルや API)により、開発コストを削減、横展開を容易化。
- ベンダーロックインの回避：オープンでベンダーに依存しない仕様で運用の柔軟性と持続可能性を確保。
- 高度なデータ利活用：機械判読可能な API を通じて、AI を含む多様なシステムとの相互運用性を確保。

#### 11.2.2 全体構成

地理空間データ連携基盤は、3 層のアーキテクチャを採用している。



図 11-1 地理空間データ連携基盤イメージ図

- データ層：CKAN などのデータカタログ、GitHub、ファイルシステムなど、連携のための元データを提供する層。複数のシステムを併用できる。
- 連携層：データ層からデータを収集し、標準化された形式（地図タイル、API）に変換して配信する。
- アプリケーション層：連携層からのデータを活用して開発されたアプリケーション（例：防災アプリ、イベント案内、施設管理など）で構成される。特定のスマートシティサービスはこの層で実現される。住民向けの「公開型 GIS」はこの層の代表的なアプリケーション例である。

この構造により、データ層の更新は連携層を経てアプリ層に自動反映され、データ提供者、データ利用者は自身の仕事に集中できる。

### 11.2.3 データ層

基盤が利用する元データの供給源となるシステム群である。

#### 11.2.3.1 必要な機能

地理空間情報を格納し、連携層へ提供する機能、およびデータの鮮度と精度を維持するための管理機能が求められる。

#### 11.2.3.2 利用可能なシステム

オープンデータカタログ（例：CKAN）、ファイルストレージ、GitHub などが含まれる。連携層はこれらのソースから必要なデータを取得する。

### 11.2.4 連携層

データ層のデータをアプリケーション層に適した形式に処理し、配信する中核層である。

#### 11.2.4.1 収集

データ層の様々なシステムから必要な地理空間データを自動的に取得する。各ソースに適したダウンロードや API 利用などの方法を用いる。

#### 11.2.4.2 変換

収集したデータを、地図 API や空間 ID と互換性のある標準化された地図タイル形式に変換する。

#### 11.2.4.2.1 フォーマット

推奨される出力形式：

- ベクトルタイル：点、線、ポリゴンなどの地物をオブジェクトデータとして配信する。機械判読性が高く効率的で、広範な再利用に適している（Mapbox Vector Tile 仕様推奨）。
- データ PNG：標高や気象情報など、グラデーションを持つデータの配信に適する（産総研仕様推奨）。
- GeoJSON：地図タイルではないが、レコード数が少ないオープンデータ（例：施設の位置情報）に適した広く採用されている形式である。大規模データセットにはベクトルタイルが推奨される。

Mapbox Vector Tile Specification <https://github.com/mapbox/vector-tile-spec>

Data PNG (AIST) <https://gsj-seamless.jp/labs/datapng/>

GeoJSON <https://geojson.org/>

#### 11.2.4.3 配信

変換された地理空間データを、用途に応じた形式でアプリケーション層へ配信する。

地理空間データの配信方式としては、主に以下の二つの形態がある。

##### 11.2.4.3.1 地図 API

地図タイルは静的ファイルであるため、シンプルなウェブサーバー（静的ファイルホスティング）による実装が推奨される。低コストかつ容易に高い配信性能を確保できる。この方式は、ダッシュボードや公開型 GIS、市民向けアプリケーションなど、**地図上での可視化を主目的とするアプリケーション**に適している。

##### 11.2.4.3.2 NGSI-LD API（データ連携用途）

都市 OS では、都市の状態をコンテキスト情報として管理・共有するための情報モデルおよび API 仕様として NGSI-LD が利用される場合がある。地理空間データの一部を NGSI-LD エンティティとして提供することで、位置情報を含む都市データを他分野のデータと統合し、外部システムやアプリケーションから API を通じて取得・更新することが可能となる。

この方式は、**データ連携、分析、リアルタイム処理などを目的とするシステム間連携**に適している。

##### 11.2.4.3.3 SDK（ソフトウェア開発キット）

地図 API の利用、地図表示、空間 ID による情報取得などのアプリケーション開発タスクを簡素化するためのコンポーネント化されたプログラム群（SDK）を提供する。SDK を利用することで、開発者は複雑なレンダリングやデータ通信プロセスを実装することなく、アプリケーションの実装に集中できる。

表 11-1 利用可能なオープンソースライブラリの例：

名称	URL	ライセンス	用途
MapLibre GL JS	<a href="https://maplibre.org/maplibre-gl-js/docs/">https://maplibre.org/maplibre-gl-js/docs/</a>	MIT	地図としてベクトルタイルを表示するための JavaScript ライブラリ
deck.gl	<a href="https://deck.gl/">https://deck.gl/</a>	MIT	3D 可視化のための JavaScript ライブラリ
Ouranos Ecosystem	<a href="https://github.com/ouranos-gex/ouranos-gex-lib-for-JavaScript">https://github.com/ouranos-gex/ouranos-gex-lib-for-JavaScript</a>	MIT	経済産業省が公開した空間 ID のための共通ライブラリ

#### 11.2.4.3.4 ドキュメンテーション

API/SDK を利用する方法をまとめたドキュメンテーション (サンプルコード、ガイドライン等)を公開し、開発しやすい環境を整備する。

#### 11.2.4.3.5 ログ

利用状況の監視、セキュリティ、サーバー負荷、およびプロモーション分析のためにアクセスログを管理する。将来の監査と分析をサポートするために、標準的なウェブサーバー形式で必要な情報 (タイムスタンプ、IP アドレス、リクエスト詳細、レスポンスコード) を記録する。

#### 11.2.5 アプリケーション層

本基盤の価値を具体化し、市民、職員、企業などにスマートシティサービスを提供する。公開型 GIS サイト、地図フォームを利用した市民協働ツール、MaaS システム、観光サイト、防災システム、本基盤の API を活用した民間サービスなどが含まれる。

地図 API と SDK を活用することで、開発者は地図データの準備、サーバの構築、地図表示の複雑さを深く知ることなく、アプリケーションを効率的に構築できる。アプリケーションエコシステムの形成が促進され、その結果、自治体、民間企業、学術機関、市民開発者などの多様なプレイヤーによる開発が期待される。

### 11.3 連携技術：空間 ID と FIWARE

#### 11.3.1 空間 ID と地理空間データ連携基盤

空間 ID は、現実空間の特定の場所や位置や範囲を一意に示すための識別子 (ID) 体系である。空間 ID は、地図タイルの番号に使われるズームレベル (Z)、水平方向のタイル座標 (X, Y) に階層や高さを表すフロア (F) を組み合わせた ZFX Y の形で表現される。異なる組織の異なるシステム同士が特定の位置や範囲を共通のルールで示すことでデータ連携を促進できる。

詳細は、4次元時空間情報利活用のための空間 ID ガイドライン 社会・産業のデジタル変革 | IPA 独立行政法人情報処理推進機構 <https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/guidelines/4dspatio-temporal-guideline.html> で確認。

地理空間データ連携基盤と空間 ID は、相互に補完し合う関係にあり、地理空間データ連携基盤から配信される地図タイルは、空間 ID を指定して呼び出し、レスポンスとしてそのまま利用できる。空間 ID を利用するシステムにとっては、地理空間データ連携基盤は既存の地理空間データにアクセスするための仕組みである。

### 11.3.2 FIWARE と地理空間データ連携基盤

FIWARE、特に Orion/Orion-LD Context Broker は、動的なコンテキスト情報（例：センサーデータ、イベント等）の管理に長けたオープンソースプラットフォームである。本基盤が扱う静的・準静的な地理空間情報とは基本的に補完関係にあるが、システム構成の選択次第で統合的に管理することも可能である。

#### 11.3.2.1 構成パターンの選択肢

本基盤と FIWARE を組み合わせる際には、少なくとも以下の 2 つの構成パターンを想定できる。

##### ・二系統並立構成（現行パターン）

- 静的・準静的データは地理空間データ連携基盤から、動的データは FIWARE から取得
- アプリケーションは 2 つの異なる API を使い分ける必要がある
- 利点：既存基盤やデータフローをそのまま活用可能
- 適用条件：小規模システム、既存 API を活かした開発を優先する場合

##### ・NGSI-LD Broker 中心の統合構成

- 静的・準静的データも NGSI-LD 形式に変換して Broker で管理
- アプリケーションは単一の NGSI-LD API を通じてすべてのデータにアクセス可能
- 空間 ID によるデータ結合や複数 API 呼び出しが不要
- 利点：開発負荷の軽減、統合的データ管理、リアルタイム・静的情報の統一利用
- 適用条件：静的データの変換・統合が可能で、開発コスト削減を重視する場合

#### 11.3.2.2 空間 ID による動的・静的データの紐づけ

FIWARE が管理する動的データ（センサー等）も設置場所の緯度経度情報を持つため、空間 ID を用いて静的・動的データを統合的に参照できる。アプリケーションは同一の空間 ID をキーに、建物や交差点などの場所単位で、静的情報（地理空間データ連携基盤）とリアルタイムデータ（FIWARE）を組み合わせることで取得可能である。

一方で、FIWARE 導入自治体では、以下の理由により Broker 運用コストが高くなる場合がある：

- Context Broker の運用に専門的なインフラ管理知識が必要
- データモデルの追加・変更ベンダーへの発注が伴う
- @context の管理権限が自治体側でない

このため、静的・準静的データを地理空間データ連携基盤側で処理することは有効なワークアラウンドである。しかし、根本的な解決策として、SaaS 型マネージド Broker の活用により、自治体側でデータモデルの追加・変更が可能となり、インフラ運用負荷を大幅に軽減できる構成も選択肢として示すべきである。

### 11.3.2.3 空間 ID による動的・静的データの紐づけの効果

- ・開発効率向上：統一 API で静的・動的データを扱えるため、開発コスト・時間を削減
- ・運用コスト削減：静的・準静的データを地理空間データ連携基盤で処理し、動的データは必要に応じて Broker で管理することで、総コストを抑制
- ・高度なサービス提供：リアルタイム情報と静的情報を組み合わせ、状況に応じた最適なサービスを迅速に提供可能
- ・柔軟な運用構成：SaaS 型マネージド Broker の活用により、自治体側でデータモデル管理が可能となり、運用の負荷とコストを低減

## 11.4 連携データ

データの連携元には、自治体システム、政府機関（例：国土地理院、国土交通省など）、民間企業（内部データ、オープンデータ、地図タイルサービスなど）が含まれる。取得方法に応じた柔軟な連携戦略が重要である。

元データを提供するデータソースの例：

- 国土交通省の国土数値情報
- 自治体システム（例：CKAN、内部 GIS/台帳データ）
- 民間セクターデータ（例：人流、気象、交通、ベースマップ）

アプリケーション層から直接読み込めるデータソース（地図タイル配信）の例：

- 国土地理院地図タイル <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>
- ハザードマップポータルサイトのタイル

<https://disaportal.gsi.go.jp/hazardmapportal/hazardmap/copyright/opendata.html#kasaneru>

- 国土交通省の不動産情報ライブラリ API <https://www.reinfolib.mlit.go.jp/help/apiManual/>

## 11.5 オープンソース

地理空間データ連携基盤の構築・運用において、オープンソースソフトウェア（OSS）の活用は重要な戦略的選択肢である。OSS を利用することで、ベンダーロックインの回避や技術選択の柔軟性、透明性・コミュニティサポートによる信頼性向上などが期待できる。

一方で、OSS の利用が必ずしも自らインフラを運用することを意味するわけではない。自治体など限られた運用体制では、以下のようなマネージドサービスや SaaS 型サービスを組み合わせることで、運用負荷を大幅に軽減することも可能である。

- **地図タイル配信**：CDN 経由のマネージドサービスとして利用
- **Context Broker**：SaaS 型 Broker を活用し、インフラ管理不要でデータモデル管理も自治体側で実施可能
- **その他の基盤要素**：必要に応じてマネージドサービスで提供される OSS コンポーネントを利用

このように、地理空間データ連携基盤では、OSS の利点を保持しつつ、運用形態の柔軟性を確保する構成が望ましい。自治体の現場運用に即した選択肢を示すことで、持続可能かつ低コストな運用を支援できる。

## 11.6 事例

### 11.6.1 たかまつマイセーフティマップ

高松市が提供する、地理空間データ連携基盤を活用した住民向けの防災情報サービス。ハザードマップ情報をもとにした洪水や土砂災害などのリスク情報、国土地理院の標高、オープンデータをつかった近隣の避難所などの災害対応用の施設情報を、地図上をタップすることで表示することができる。

- たかまつマイセーフティマップ <https://safetymap.takamatsu-fact.com/>



図 11-1 たかまつマイセーフティマップ

### 11.6.2 公開型 GIS「スマートマップ焼津」

焼津市の公開型 GIS で、デジタル庁のモデル仕様に準拠している。自治体のデータに加え、FIWARE から提供される防災情報（避難所の状況、道路状況、降雨量/水位、天候等）を表示する。UI/UX は視覚的な分かりやすさを重視しており、災害状況に応じてアイコンが動的に変化する。これも地理空間データ連携基盤のアプリケーション層における事例の一つである。

スマートマップ焼津 <https://maps.yaizu-smartcity.jp/>

### 11.6.3 不動産情報ライブラリ API

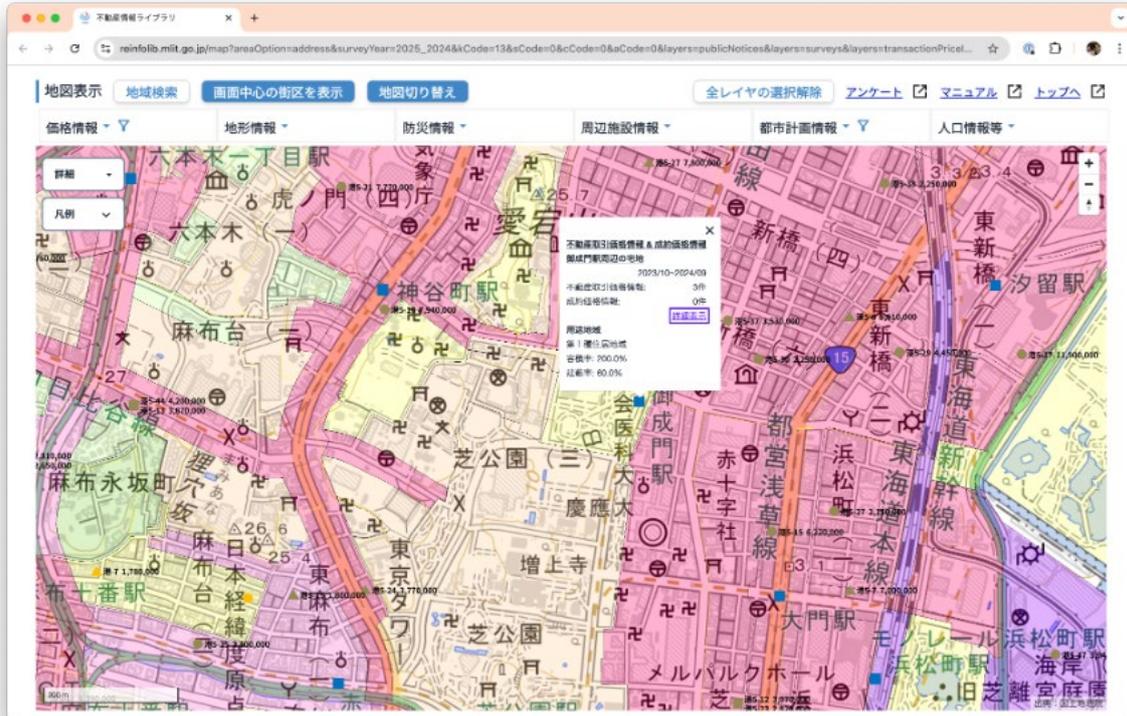


図 11-2 不動産情報ライブラリ

不動産情報ライブラリは、国土交通省が運営している、不動産取引に関するオープンデータ（価格情報、防災情報、都市計画情報、周辺施設情報など）を地図上に表示する WebGIS のサービスである。地図上に表示している情報の一部は、API としても提供しており、自治体をはじめ不動産業者など様々な業態に利用されている。API は、2024 年の提供開始以降、1 年間で累計 47,401,825 回のリクエスト回数となっており、ズームレベル、X と Y のタイル番号を用いてリクエストを行うことで、地図タイル形式に切られた GeoJSON、PBF を返却するもので、地理空間データ連携基盤の想定する空間 ID API の方式に非常に近いものとなっている。

不動産情報ライブラリ <https://www.reinfolib.mlit.go.jp/>

不動産情報ライブラリ API 操作説明 <https://www.reinfolib.mlit.go.jp/help/apiManual/>

広島県の Dobox は、公共土木施設等に関するあらゆる情報（地理空間データなど）を一元化・オープンデータ化し、外部システムとのデータ連携を可能とするシステム基盤で、不動産情報ライブラリのデータを読み込んで施設情報、不動産情報、都市計画情報を重ね合わせて表示する可視化機能を提供している。不動産情報ライブラリの API で情報を取得することで、データを独自で整備・メンテナンスする必要がなく様々な情報が掲載可能となり、不動産業者や地域住民にとって有用なサービスとなっている。

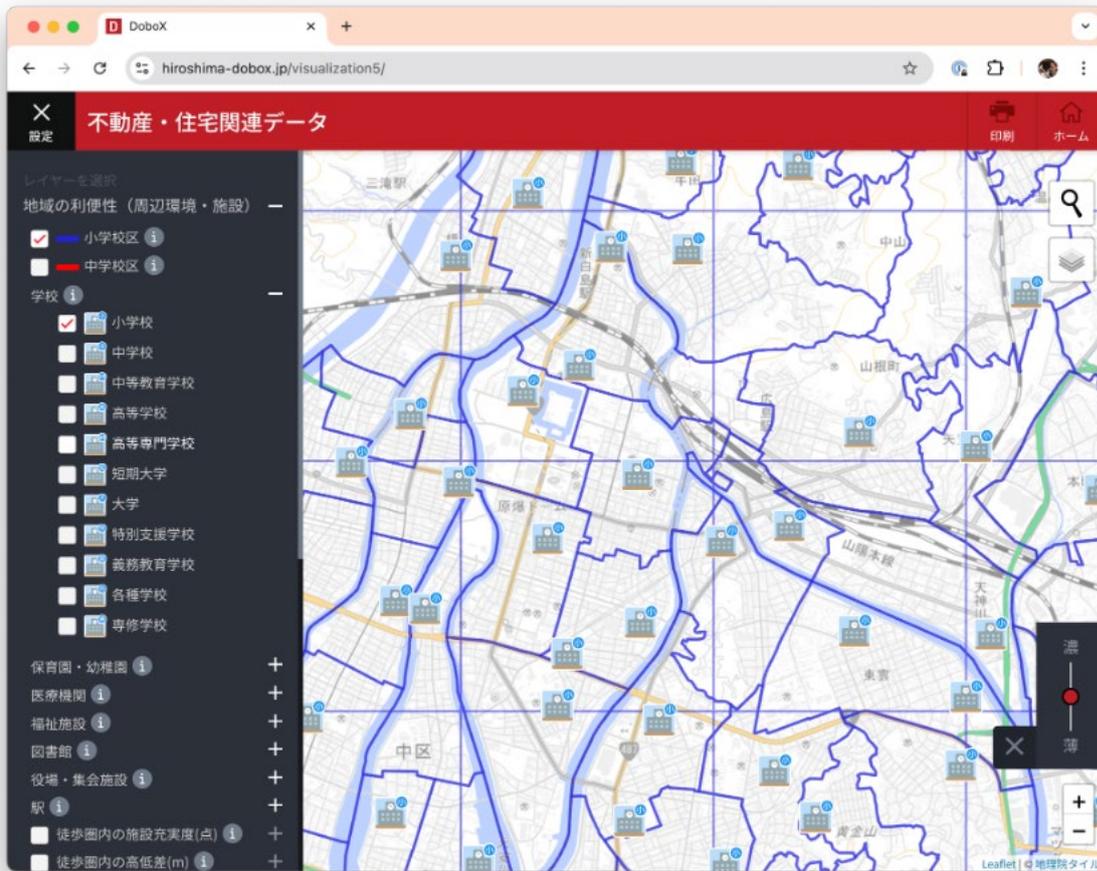


図 11-3 Dobox 画面

広島県 Dobox <https://hiroshima-dobox.jp/visualization5/>

## 11.7 MCP + NGSI-LD 連携基盤と LLM 活用

### 11.7.1 はじめに

スマートシティの実現には、静的・準静的な地理空間情報だけでなく、リアルタイムの動的データ（センサ情報、イベント情報など）の統合利用が不可欠である。都市 OS では、地理空間データ連携基盤で整備された静的データと、NGSI-LD Broker などで管理される動的データを統合的に活用できる仕組みが求められる。

本章では、これを実現するための NGSI-LD 連携基盤におけるデータ変換・統合層を説明する。従来文献で MCP (Model Context Protocol) と呼ばれることもあるが、本稿では標準技術に基づく変換・統合のレイヤを指す用語として便宜的に使用する。

さらに、この統合基盤上で稼働する大規模言語モデル (LLM) を活用し、都市データの参照・解析・質問応答を行う仕組みについても解説する。ここで述べる構成は、特定の LLM や AI 技術の導入を前提とするものではなく、都市 OS が管理する意味付けされた都市の状態を、安全かつ再利用可能な形で人および AI に提供するための参照・連携モデルを示すものである。

## 11.7.2 MCP + NGSI-LD によるデータ統合

### 11.7.2.1 意義

- ・静的データの標準化：地理空間データ連携基盤から配信される GeoJSON 等を NGSI-LD 形式に変換
- ・動的データの統合：NGSI-LD Broker で管理されるセンサ・イベント情報を同一フォーマットで取得
- ・データ相互運用性の確保：空間 ID をキーに、静的・動的データを統一的に管理
- ・リアルタイム更新：都市 OS 内のアプリケーションや分析ツールに最新データを提供

### 11.7.2.2 基本構造

#### (1) データ取得層

- ・地理空間データ連携基盤の静的データ（GeoJSON、CSV など）
- ・NGSI-LD Broker のリアルタイムセンサ・イベントデータ

#### (2) MCP 層（変換・統合）

- ・静的データを NGSI-LD 形式に変換
- ・動的データを NGSI-LD 形式で統合
- ・空間 ID による位置情報の標準化

#### (3) データ提供層

- ・NGSI-LD API を通じて、都市 OS 内のアプリケーションや分析ツールにデータを配信
- ・統一フォーマットにより、多様なサービスから容易に利用可能

## 11.7.3 LLM によるデータ活用

### (1) 目的

統合データを LLM が参照することで、都市の状況に関する自然言語での質問応答やシミュレーション支援を実現する。

### (2) 主な機能

- ・参照機能：LLM は、MCP が提供するクエリ・連携 API を介して NGSI-LD 形式の都市データを参照する
- ・質問応答：「この交差点の交通量は？」「避難所の空き状況は？」などの問い合わせに応答
- ・分析・シミュレーション支援：過去データやリアルタイム情報を組み合わせた都市運営判断を補助

### (3) 利点

- ・静的・動的データを統一フォーマットで扱えるため、LLM が直接データを理解・活用可能
- ・高度な都市分析・予測、住民向け情報提供、MaaS 支援サービスなど、新しい都市サービスの迅速な開発が可能

## 11.7.4 構成図（概念）

LLM は NGSI-LD Broker を直接参照するのではなく、MCP が提供するクエリ・連携レイヤを介して都市の状態を取得する。これにより、LLM はデータ取得方式や API 仕様に依存せず、都市の状態を意味的に解釈し、対話的な応答を行うことができる。

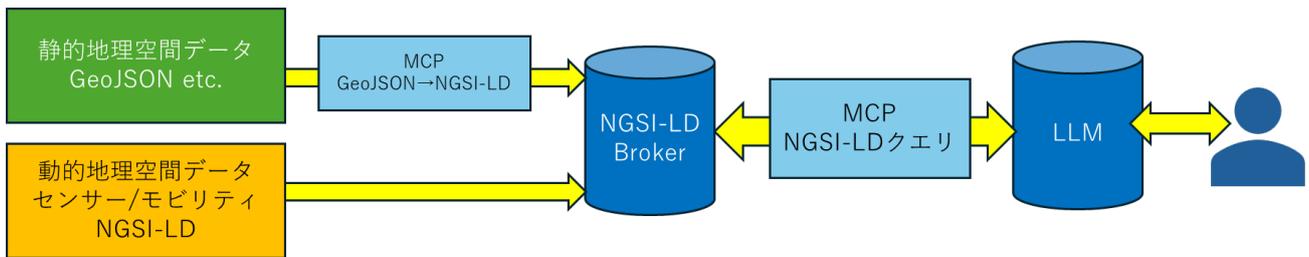


図 11-4 MCP・NGSI-LD・LLM 概念図

### 11.7.5 ユースケース例

#### (1) 防災・避難支援

洪水リスクマップ（静的データ） + 避難所空き情報（動的データ） → LLM が住民向け最適ルート案内

#### (2) 交通最適化

交通センサデータ + 道路情報 → LLM が混雑回避ルートや公共交通案内を生成

#### (3) 都市分析支援

過去災害データ + 現在センサー情報 → LLM が政策立案やリソース配置を支援

### 11.7.6 技術要素・標準および LLM 連携における安全性

MCP + NGSI-LD 連携基盤は、都市 OS における多様なデータを安全かつ持続的に活用するため、標準技術を組み合わせて構成される。

#### (1) 主な技術要素と標準

- ・データ統合: NGSI-LD, MCP
- ・地理空間情報: 空間 ID, GeoJSON, Mapbox Vector Tile
- ・リアルタイムデータ管理: FIWARE Orion-LD, Scorpio, Stellio, その他の NGSI-LD Context Broker
- ・LLM 連携: MCP が提供するクエリ・連携 API を介した NGSI-LD データ参照
- ・セキュリティ・アクセス制御: API キー、認証・認可プロトコルによる制御

#### (2) LLM 連携における安全性と役割分担

- ・都市 OS は公共性の高い社会基盤であるため、LLM は「都市の状態を生成・確定する主体」ではなく、「意味付けされた情報を人間に分かりやすく提示する支援技術」として位置づけられる。
- ・LLM は、NGSI-LD Context Broker を直接操作・更新することは想定せず、MCP を介して制御された範囲のデータのみを参照する。これにより、以下が可能となる。
  - ・不要な情報露出の防止
  - ・誤操作や誤更新の回避
  - ・アクセス範囲・時間・空間単位での制御

また、LLM の出力は確率的に生成されるものであり、最終的な判断や意思決定は人間または制度化された業務プロセスが担うことを前提とする。この役割分担により、都市 OS の信頼性・説明責任・ガバナンスを確保しつつ、LLM の利便性を最大限に活用できる。

### 11.7.7 まとめ

データ変換・統合層（便宜的 MCP） + NGSI-LD 連携基盤により、静的・動的データを都市 OS 上で一貫して活用可能となる。LLM を組み合わせることで、自然言語での質問応答や高度な意思決定支援が可能となり、スマートシティサービスの迅速な開発・運用を支える不可欠な土台となる。

## 12. 都市データ参照モデル 概念設計

### 12.1 はじめに

本書の第1章から第11章までにおいて、SCRAは都市OSの構造、データ連携の枠組み、そして地理空間データ連携基盤に至るまで、技術的・構造的観点から体系化を行ってきた。これらは都市間接続を可能にするための「構造の整備」である。しかし、都市間で真に相互運用可能なデータ流通を実現するためには、構造だけでは十分ではない。必要となるのは、データの意味を揃えるための「語彙と標準」の確立である。

都市OSが発信するデータは、APIやデータ形式が統一されていても、その語彙やメタデータ定義が異なれば、受信側での自動解釈や横断的検索は困難となる。とりわけNGSI-LDに代表されるセマンティック・データモデルを採用する場合、@contextの設計は単なる名前空間宣言ではなく、都市間を接続する「意味の接点」となる。この接点が共通化されて初めて、都市OSは個別最適のシステムから、広域的なデータスペースの構成要素へと昇華する。

欧州においては、European Commissionが推進するDCAT-APをはじめとするメタデータ標準が、データスペースの基盤として整備されている。また、FIWARE Foundationを中心とするNGSI-LDエコシステムでは、Smart Data Modelsとカタログ標準の統合が実装レベルで進められている。これらの動向は、都市データを国家基盤や国際的データ空間へ接続するためには、共通語彙管理と標準化戦略が不可欠であることを示している。

本章では、SCRAを単なる参照アーキテクチャにとどめず、国家的なデータ基盤との整合を視野に入れた相互運用性の枠組みへと位置づける。その中核となるのが、共通セマンティクス基盤およびメタデータ相互運用仕様の整備である。これにより、SCRAに準拠した都市OSは、相互接続可能なノードとして機能し、将来的な広域データ流通や民間データスペースとの連携にも対応可能となる。

なお、本章で示す相互運用性原則および準拠要件の詳細な技術仕様は、別冊として策定される「SCRA 共通語彙・メタデータ相互運用仕様書」（以下「別冊仕様書」という。）に委ねる。同仕様書は、関係機関との連携のもと継続的に改訂されることを想定している。本章は、その思想的基盤と制度的意義を示すものである。

#### 12.1.1 都市データ基盤の概念設計の目的

本章における概念設計の目的は以下の通りである。

- 都市データの共通骨格（共通概念）を明確化し、自治体・民間・研究機関・AI事業者が共通理解のもとで設計・実証・評価できる基盤を提供する。
- 広域連携、分野間連携、官民連携など、境界を越えたデータ流通において、横断検索・自動解釈・組合せ利用（再利用）を可能にするための相互運用の前提（語彙・メタデータの整合）を定義する。
- 都市OSを広域データ流通や民間データスペースと接続可能なノードとするため、共通語彙・@context・参照ID等の「意味の接点」を、運用可能な形（版管理・拡張・互換）で位置づける。
- 国際標準との互換性を確保しつつ、国内制度・実装事情に適応できるよう、準拠要件（コンFORMANCE）と適合性の考え方を示し、普及と継続改善を可能にする。

- 既存の国際エコシステム資産（例：NGSI-LD、Smart Data Models 等）を再利用可能な形で取り込み、国内実装のコストと時間を低減し、実証から社会実装への移行を促進する。

### 12.1.2 都市データ基盤の設計方針

上記目的を実現するため、本章の概念設計は以下の方針に基づく。

- 完全な語彙統一を前提としない。参照モデル（共通骨格）を基点に、マッピング／プロフィール／拡張規則により段階的な相互運用を成立させる。
- AI による補完（半自動マッピング、曖昧性解消、メタデータ生成等）を前提とし、人手での完璧な整備を要求しない現実的な運用モデルを採用する。
- セマンティック・データモデル（例：NGSI-LD）を前提に、@context を「意味の接点」として重視し、語彙・参照 ID・関係性が都市間で接続される構造を採る。
- メタデータ標準（例：DCAT-AP 等）との整合を意識し、データの発見可能性、利用条件（権利・制約）、来歴等が機械可読に扱えるようにする。

詳細な技術仕様は別冊仕様書に委ね、本章は思想的基盤・制度的意義・準拠の考え方を中心に示す（継続改訂を前提とする）。

### 12.1.3 国際統合方針

国際的なデータエコシステムとの調和と、国内の実装柔軟性を両立させるため、以下の統合方針を採る。

- **国際標準モデルとの高い親和性**： NGSI-LD や FIWARE Smart Data Models 等の国際標準をベースに、国内の都市 OS がこれらとシームレスに検討・接続可能な設計を維持する。
- **階層型モデルによる拡張性の確保**： 抽象度の高い「上位概念」は国際標準に準拠して固定し、各地域の特性や国内制度に依存する「下位属性・ドメイン拡張」については、日本独自の定義を許容する二層構造とする。
- **暫定層（アブストラクション層）による変化への対応**： 欧州等の先行市場における急激な仕様変更に対しては、国内仕様との間に「暫定吸収層」を設けることで、国内システムへの直接的な影響を最小化し、安定的な稼働を担保する。
- **グローバル投資・市場予見性の提供**： 国際標準に準拠した構成を明示することで、海外企業や投資家に対して日本のスマートシティ市場の透明性と予見可能性を提示し、国際的な参入障壁を低減する。

### 12.1.4 ガバナンスの考え方

データの信頼性と持続可能な更新体制を確保するため、以下のガバナンスモデルを定義する。

- **コア語彙の厳格管理**： 都市間の相互運用の核となる「コア語彙」は、国レベルで中央管理を行い、安易な変更を抑制して一貫性を維持する。（GIF コア語彙）
- **ドメインモデルの分散承認**： 分野別の「推奨ドメインモデル」については、自治体・民間事業者・住民等の多様なステークホルダーによる分散型の承認プロセスを導入し、現場のニーズに即した迅速な拡張を可能にする。
- **ベンダーロックインの回避と市場競争の促進**： 実装仕様については特定の技術やベンダーに依存しないオープンな基準を維持し、公平な市場競争を担保することで、都市 OS の継続的な進化を促す。

### 12.1.5 AIによる補完設計

人手による完璧なデータ整備を待たず、社会実装を加速させるため、AI技術を前提とした柔軟な運用モデルを構築する。

- **属性解決（自動マッピング）**：異なるシステム間で定義が異なる属性をAIが解析し、共通概念への自動的な対応付けを行うことで、データ変換コストを大幅に削減する。
- **スキーマ推論による欠落補完**：入力データの構造から不足している属性や型をAIが推論し、構造化の不完全なデータであっても高度な分析に活用可能とする。
- **自律的な品質補償**：データ内の表記揺れ、誤記、不整合をAIが自動検知・補正し、データ品質の最低ラインを機械的に担保する。
- **アジャイルな実装の許容**：完璧な領域統一や厳密な事前定義を前提とせず、AIによる事後的な意味解決を許容することで、迅速なサービス立ち上げと現場の負担軽減を図る。

### 12.1.6 戦略的意義

本概念設計に基づくデータ基盤の整備は、単なる技術的最適化に留まらず、以下の戦略的価値を創出する。

- **社会実装の圧倒的スピードアップ**：厳密な標準化プロセスの一部をAI補完や階層型モデルで代替することで、実証実験から社会実装への移行期間を劇的に短縮する。
- **AI都市OSの横断的スケール**：意味論的に接続されたデータ基盤により、特定の都市で成功したAIモデルやサービスを、他の都市へ容易に横断展開（水平展開）することが可能となる。
- **民間投資の誘発と参入コストの低減**：データの再利用性と接続性が担保されることで、スタートアップを含む民間企業の開発コストが低下し、スマートシティ産業への投資が活性化する。
- **日本型モデルの国際競争力**：国際互換性を維持しつつ、国内の法制度や商習慣に適応した「独自拡張」を許容する柔軟な構造により、日本発のスマートシティソリューションの国際展開を容易にする。
- **「走りながらの最適化」の実現**：完全な標準化の完了を待つのではなく、運用と改善を同時並行で行うことで、変化の激しい都市課題に対してタイムリーな解決策を提供する。

### 12.1.7 用語定義（本章で用いる主要概念）

本章は、技術的専門性が高いため用語の定義を以下に示す。

- **セマンティクス（意味）**：データ項目が指し示す概念内容。単なる項目名ではなく、解釈可能な意味の一致／近似を含む。
- **語彙（Vocabulary）**：概念を表現する名称・定義・関係の集合。
- **データモデル**：エンティティ、属性、関係、および制約の構造定義。
- **@context**：（NGSI-LD等において）属性名・関係名等を、URI等の意味参照へ結びつけるための定義。都市間接続における「意味の接点」。
- **プロファイル（Profile）**：共通骨格に対して、特定用途・分野・地域に必要な制約や推奨事項を追加した適用形。
- **拡張（Extension）**：共通骨格に含まれない追加概念を導入すること。互換性と衝突回避のルールが必要となる。
- **マッピング（Mapping）**：異なる語彙・モデル間の対応付け。完全一致だけでなく近似概念や変換規則を含む。

- メタデータ：データの内容・品質・来歴・利用条件など、データを発見し利用するための付帯情報。
- 準拠（Conformance）：参照モデルで定める要件・原則に対し、実装が満たしている度合い。段階的に定義される。

## 12.2 なぜセマンティックスの相互運用性が必要か

都市 OS が発信するデータは、API や形式（JSON/CSV 等）が統一されていても、それだけでは他都市・他分野・他システムにおける自動解釈、横断検索、再利用を保証できない。阻害要因は、同じ語を使っている意味が異なる、逆に意味が同じでも語や属性名が異なる、といったセマンティックス（意味）の不一致にある。

SCRA が目指すのは、都市ごとの個別最適を超え、都市 OS を広域データ流通や民間データスペースと接続可能なノードへと転換することである。そのためには、完全な語彙統一を前提とせずとも、参照モデルを基点にマッピングや拡張を許容しながら、「意味の接点」を運用可能な形で整備する必要がある。

以下に、セマンティックス相互運用性を都市データ基盤の中核要件として位置づける理由を整理する。

### 12.2.1 機械可読な意味合わせによる「自動解釈」と「横断検索」の成立

都市データの流通規模が拡大すると、人手での解釈（仕様書を読んで個別に変換）には限界が生じる。セマンティックス相互運用性は、データ項目の意味を機械が扱える形で揃えることで、以下の実務上の必須条件を満たす。

- 他都市データを自動的に統合・比較できる
- 分野横断での一括検索・集約ができる
- AI/分析・アプリが都市ごとに作り直しにならない（再利用性の向上）

特に NGSI-LD 等のセマンティック・データモデルを採用する場合、@context は単なる名前空間宣言ではなく、属性や関係の解釈を確定する意味の参照点となるため、その設計と共通化が鍵となる。

### 12.2.2 @context／語彙の「運用（ガバナンス）」が都市間接続の持続性を左右する

相互運用性は“決めて終わり”ではない。都市サービスや制度、センサー、民間データは継続的に変化し、語彙も拡張される。したがって、必要なのは単発の標準化ではなく、運用可能な語彙管理である。

- 版管理（バージョンング）
- 後方互換（互換性ポリシー）
- 拡張規則（プロファイル／ローカル拡張の作法）
- 変更の合意形成（レビュー・公開・周知）

ここを欠くと、短期的には統一できても、数年で都市ごとに分岐し、結局は変換や翻訳のコストが再発生する。本章が「共通セマンティックス基盤」を中核に据えるのは、相互運用の持続性を確保するためである。

### 12.2.3 メタデータ相互運用による「発見可能性」と「利用可能性」の担保

データが存在しても、見つからず、条件が分からず、信頼できなければ使われない。セマンティックスの相互運用性は、データ本体だけでなく、カタログ／メタデータを通じて関連情報を提供し、機械で扱えるようにする。

- どこに、何が、どの品質で存在するか（発見可能性）
- 誰が、どの条件で使えるか（権利・制約、アクセス条件）
- いつの、どの版か（来歴・更新）

欧州で DCAT-AP、ODRL、PROV、等がデータスペースの基盤となっているのは、単にカタログ形式が便利だからではなく、相互運用の最初の入口が「見つけて使える」ことにあるためである。SCRA でも、メタデータ相互運用をデータ流通の前提として位置づける。

#### 12.2.4 国際標準・国内基盤との整合と、国内実装の柔軟性の両立（再利用と適応）

都市データは、将来的に国家基盤や国際データスペースと接続されることが前提となる。その際、国際標準（NGSI-LD、Smart Data Models 等）との整合は、外部連携を容易にするだけでなく、国内にとっても以下のメリットをもたらす。

- 既存資産の再利用（モデル、ツール、実装知見）
- 調達・実装の比較可能性
- 事業者の参入容易性

一方で、国内の制度・業務・データ粒度は地域差があるため、完全統一を求めると採用が止まってしまう。そこで SCRA は、参照モデルを核にしつつ、プロファイルやマッピングで吸収することで、国際互換性と国内柔軟性の同時達成を狙う。

#### 12.2.5 参入障壁の低減と実証・投資判断の高速化

セマンティックスの相互運用性が整備されると、民間企業・AI ベンダーは都市ごとの個別対応を減らせるため、PoC やサービス開発の初期コストが下がる。これは結果として、以下の効果を実現し、市場形成に資することとなる。

- 実証の立ち上げ速度
- マルチ都市展開の容易性
- 予測可能性（要件や移植性の見通し）

ただし本章においては、投資誘導そのものを目的化するのではなく、準拠可能で再利用可能な標準枠組みを整えることが、実証・投資の条件を整えるという位置づけとする。

## 12.3 都市データ参照モデルの全体像

### 12.3.1 参照モデルの適用範囲

本章で示す都市データ参照モデルは、都市 OS が扱うデータを「都市内部の最適化」に閉じず、**都市間・分野間・官民間**で再利用可能な形へと拡張するための概念設計である。適用範囲は次の 3 層に整理される。

- **都市 OS 内部（自治体内）**：部署・システム間の連携、データ統合、分析・AI 活用の前提として、共通概念とメタデータを整備する。
- **都市間連携（広域・複数自治体）**：災害、モビリティ、観光、環境など、都市を跨ぐユースケースで、検索・理解・統合が機械的に成立する状態を目指す。
- **官民連携（データスペース／サービス連携）**：民間データやサービス、将来的な国内外データスペースとの接続を見据え、国際標準との整合を保ちつつ国内実装の柔軟性を確保する。

ここで重要なのは、参照モデルが「単一の正解語彙の強制」ではなく、参照モデルを核にした**段階的相互運用**（プロファイル、拡張、マッピング、AI 補完の併用）を前提とする点である。

### 12.3.2 参照モデルが提供するもの

参照モデルは、都市データを流通・連携させるための「共通骨格」を示し、実装を統制するのではなく、実装間の接続可能性を高める。具体的に本章が提供するものは以下である。

#### 1. 共通概念（共通骨格）の定義

都市データを、エンティティ（対象）、属性（性質）、関係（結び付き）として捉え、分野横断で共有できる最小限の概念枠を示す。これにより、都市ごとのデータ設計が異なっても、共通理解の土台を形成する。

#### 2. 「意味の接点」を成立させる考え方（語彙／@context／参照 ID）

NGSI-LD 等のセマンティック・データモデルを採用する場合、@context は単なる名前空間ではなく、都市間接続における意味の参照点となる。本章は、@context と語彙、参照 ID の位置づけと運用の考え方を示す。

#### 3. メタデータ相互運用の位置づけ（発見可能性と利用可能性）

データ流通の入口は「見つけられる」「条件が分かる」「使える」である。本章は、カタログやメタデータ標準（例：DCAT-AP 等）と整合する形で、発見可能性・利用条件・来歴等の扱いを、概念設計として整理する。

#### 4. 準拠（コンフォーマンス）の考え方（段階的適用）

国際互換性を確保しつつ国内実装の柔軟性を維持するため、必須・推奨・任意といった段階的な準拠の考え方を導入し、過度な統一強制による停滞を避ける。

#### 5. 継続改訂を前提とした運用モデル

語彙・@context・メタデータは、ユースケース拡大とともに拡張される。本章は、別冊仕様書と連動しながら継続的に更新される運用を前提に、思想的基盤と制度的意義を示す。

## 12.4 共通セマンティクス基盤のアーキテクチャ

### 12.4.1 構成要素

共通セマンティクス基盤は、都市データ参照モデルの中核として、都市 OS 間で「意味の接点」を提供する。ここでいう基盤は単一システムを指すのではなく、語彙・@context・参照 ID・マッピング・メタデータを、**運用可能な形で一貫して管理・配布**する枠組みである。主要構成要素は以下の通りである。

#### 1. 語彙レジストリ（Vocabulary Registry）

共通概念（エンティティ／属性／関係）の定義を管理する。定義には、名称、説明、URI、関連概念、推奨値域（型）などが含まれ、分野別拡張やプロファイルの起点となる。

#### 2. @context レジストリ（Context Registry）

@context を都市間の意味の接点として管理し、参照可能な形で公開する。@context はバージョン管理され、後方互換を考慮した運用ポリシーとともに提供される。

#### 3. 参照 ID／参照データ（Reference ID & Reference Data）

地物、施設、路線、行政単位など、都市間で同一対象を指し示すための参照 ID や参照データとの関係を定義する。国内の基盤（ベースレジストリ等）との接続を視野に入れ、識別子の永続性と再利用性を担保する。

#### 4. マッピング／アラインメント層（Mapping & Alignment）

都市固有の語彙・属性と共通骨格との対応付けを管理する。完全統一を求めず、近似対応や変換規則を許容し、AI 補完（半自動マッピング等）の適用余地を残す。

#### 5. メタデータ連携（Catalog & Metadata Interop）

データの発見可能性・利用可能性を担保するため、カタログやメタデータ標準との整合を図る。ここでの焦点は、都市間・官民間で「見つけられる」「条件が分かる」「利用判断できる」状態の成立である。

#### 12.4.2 参照 ID／参照データ（ベースレジストリ等）との関係

都市データの相互運用性は、概念の一致だけでなく「同じ対象を同じ対象として扱えるか」に依存する。そのため共通セマンティクス基盤は、語彙定義に加えて参照 ID の考え方を含む。

- ・ **参照 ID の役割**：都市を跨ぐデータ結合、時系列追跡、データ品質の担保（重複排除・同一性確認）を可能にする。
- ・ **国内基盤との整合**：国内で整備される参照データや識別子体系（ベースレジストリ等）との接続を視野に入れ、参照関係を明示できる構造を採る。
- ・ **実装柔軟性の確保**：既存 ID を直ちに置換するのではなく、マッピングや同一性リンク（相互参照）によって段階的移行を許容する。

#### 12.4.3 公開・配布方式（カタログ連携、API、参照元の継続性）

共通セマンティクス基盤は、都市 OS や利用者が参照できなければ意味を持たない。したがって、語彙・@context・マッピング等は、実装が参照可能な形で公開される必要がある。

- ・ **参照元の継続性**：URI や永続 URL 等により、@context や語彙定義が長期に参照可能であること。
- ・ **配布とキャッシュ**：ネットワーク断や更新頻度を踏まえ、キャッシュやミラーリング等の運用が可能であること。
- ・ **カタログ連携**：データセットや API のカタログ記述から、対応する語彙・@context を辿れる構造を持つこと（発見→理解→利用判断の一貫性）。

#### 12.4.4 変更管理（レビュー、互換性、廃止）

語彙・@context は拡張され続けるため、変更管理は基盤の中核機能となる。特に、都市 OS が複数年にわたり運用される現実を踏まえると、互換性と移行支援が不可欠である。

- ・ **レビューと合意形成**：追加・変更・廃止の提案が、透明性を持ってレビューされ、公開されるプロセスを確立する。
- ・ **互換性ポリシー**：大規模な変更の扱い、移行期間、旧版参照の扱いなど、後方互換を意識した方針を持つ。
- ・ **廃止と移行**：廃止は通知と代替提示を伴い、参照可能性（過去データの解釈可能性）を損なわない。
- ・ **別冊仕様書との関係**：具体的なバージョンング規則、命名規則、API 仕様、テスト方法等の技術詳細は、別冊仕様書に委ね、本章では概念設計と運用原則を示す。

### 12.5 データモデル設計の原則（NGSI-LD を前提とした考え方）

#### 12.5.1 エンティティ／属性／関係の基本原則

都市データ参照モデルは、都市データを「対象（エンティティ）」「性質（属性）」「結び付き（関係）」の三要素で捉え、分野横断で再利用可能な共通骨格を形成する。NGSI-LD 等のセマンティック・データモデルを前提とする場合、以下の原則によりモデルの一貫性を確保する。

- ・ **エンティティ中心設計**：データは、観測値やイベントの集合としてではなく、まず「都市の対象（例：施設、道路、車両、区域、サービス）」をエンティティとして確立し、その上に属性・関係を配置する。
- ・ **属性と関係の峻別**：単なる値の付与は属性、他の対象への参照は関係とし、データ連携時の統合・検索・推論が成立する形を保つ。
- ・ **再利用可能な共通概念の優先**：都市固有の表現を先に定義するのではなく、共通概念（共通骨格）を優先し、必要に応じてプロファイル・拡張で表現差を吸収する。

- **意味の再現性**：同一概念は同一の意味参照（語彙／@context）に結び付くことを原則とし、名称の一致ではなく意味の一致を重視する。

これらにより、都市ごとの独自仕様を許容しつつも、都市間での相互運用性を段階的に成立させる。

### 12.5.2 時間・空間・単位・コード体系の扱い（基本ルール）

都市データは、時刻、位置、単位、分類コードと不可分である。相互運用性の観点から、以下を共通的な扱いとして位置づける。

- **時間（Time）**：観測時刻、発生時刻、適用期間など、時間概念を明示し、更新と履歴の解釈が都市間でぶれないようにする。
- **空間（Space）**：地理空間情報（点・線・面）を、共通の地理空間表現と参照系の前提のもとで扱い、GIS・地理空間データ連携基盤との整合を保つ。
- **単位（Unit）**：物理量には単位が不可欠であり、単位を欠く数値は相互運用上の重大なリスクとなる。単位の機械可読表現を前提とする。
- **コード体系（Code Lists）**：行政区分、施設種別、事象分類等のコードは、参照可能な定義（参照 ID／参照データ）と結び付け、コードの意味が都市ごとに異ならないようにする。

具体の表現形式や推奨コード体系は別冊仕様書で定義し、本章では「共通に取り扱うべき基盤要素」として位置づける。

### 12.5.3 イベント／観測／状態の表現パターン

都市データには、(a)時点の状態、(b)連続的な観測値、(c)離散的なイベントが混在する。これらを混同すると、検索・分析・アラート等の動作が都市ごとに変わり、相互運用性が損なわれる。参照モデルでは次の考え方を採る。

- **状態（State）**：対象の「いま」を表す属性群。例：施設の稼働状況、道路の通行可否、充電器の空き等。
- **観測（Observation）**：センサー等により継続的に生成される測定値。例：交通量、気温、騒音、混雑度等。
- **イベント（Event）**：発生・終了が明確な出来事。例：事故、規制開始、避難指示、工事、催事等。

参照モデルでは、これらを同じ語彙体系の中で整理しつつ、データ生成・更新・履歴の扱いを誤らないための区別を概念設計として明示する。

### 12.5.4 ローカル拡張の作法（プロフィール・拡張点・衝突回避）

SCRA は国内実装の柔軟性を維持するため、ローカル拡張を許容する。ただし、拡張が無秩序に増えると、都市ごとに意味が分岐し、相互運用性が失われる。そこで、拡張に関する原則を以下の通り定める。

- **プロフィール優先**：まず既存の共通概念を採用し、用途に応じた制約や推奨をプロフィールとして定義する。
- **拡張点の明示**：拡張が必要な場合は、拡張の目的・範囲・依存関係を明示し、後に共通化へ昇格できる構造を保つ。
- **衝突回避**：命名・URI・@context の設計により、都市間で同名異義／異名同義が発生しないようにする。
- **マッピング可能性の確保**：拡張は、共通骨格へのマッピング（同等・包含・近似・変換）が可能であることを前提とする。
- **AI 補完の位置づけ**：拡張や差分吸収を AI が補完できる余地を残しつつ、AI 任せで意味が不安定にならないよう、参照モデルと運用ルールを先に定義する。

## 12.6 @context 設計・運用ルール（意味の接点）

### 12.6.1 @context の役割と設計単位（共通／ドメイン／都市プロフィール）

NGSI-LD 等のセマンティック・データモデルにおいて、@context は属性名・関係名を意味参照（URI 等）に結び付ける定義であり、都市間データ連携における「意味の接点」である。したがって @context の設計は、単なる技術的付帯物ではなく、相互運用性の根幹として扱う必要がある。

本章では、@context を以下の設計単位で整理する。

- **共通 @context**：都市共通骨格に含まれる概念を定義し、全都市で共通参照される中核。
- **ドメイン @context**：防災、交通、環境、観光等、分野固有の概念を整理した拡張。
- **都市プロフィール @context**：都市固有の事情（制度、設備、ローカル施策等）に由来する表現を追加する単位。共通・ドメインとの整合を前提に管理する。

この階層化により、「共通性」と「柔軟性」を両立させ、完全統一を強制しない段階的相互運用を実現する。

### 12.6.2 命名・URI・名前空間設計（永続性、衝突、可読性）

@context は参照され続けることに価値があるため、永続性と衝突回避を最優先とする。概念設計としては、以下の方針を原則とする。

- **永続参照（Persistent Reference）**：@context は長期参照可能な形で公開され、過去データの解釈可能性を損なわない。
- **衝突回避（Collision Avoidance）**：都市や分野を跨いで同名異義が生じないように、名前空間と URI 設計を統制する。
- **可読性と運用性（Operability）**：機械可読性を担保しつつ、人が運用できる粒度（階層、命名規則、説明）を確保する。
- **参照可能な語彙定義との連結**：@context の定義が孤立しないよう、語彙レジストリと結び付け、意味の根拠が追跡可能であることを重視する。

具体の命名規則、URI の形式、公開手段等は別冊仕様書で規定する。

### 12.6.3 バージョニングと後方互換（大規模な変更の扱い）

@context の変更は、都市 OS 実装やデータ利用者に直接影響する。特に大規模な変更が無秩序に起きると、都市間接続の信頼性が失われる。そこで、@context の変更管理に関し、以下を原則とする。

- **バージョニングの明示**：変更は版として管理され、利用者が参照している定義が特定可能であること。
- **後方互換の重視**：既存データの解釈が維持されるよう、後方互換を基本とする。
- **大規模な変更の統制**：意味変更、名称変更、削除等の影響が大きい変更は、移行期間・代替提示・周知を伴う。
- **廃止（Deprecation）と移行**：廃止は段階的に行い、旧版参照の継続と移行支援を前提とする。

### 12.6.4 マッピング（同義語・近似概念・変換）と AI 補完の位置づけ

完全な語彙統一を前提としない場合、異なる語彙やモデル間の対応付け（マッピング）が不可欠となる。本章では、マッピングを参照モデルの構成要素として位置づけ、次の考え方を採る。

- **対応関係の類型化**：同等、包含、近似、変換（単位変換・粒度変換等）といった対応を整理し、都市間で共通の理解を形成する。

- **マッピングの可視化**：対応は暗黙ではなく、セマンティクス基盤の中で参照可能な形で管理されることが望ましい。
- **AI 補完の適用**：AI は、候補提示、曖昧性解消、半自動マッピング、メタデータ生成等に活用できる。一方で、AI 出力は変動し得るため、参照モデル側に「確定した意味参照」と「運用ルール」を置き、AI を補助として位置づける。

## 12.7 メタデータ相互運用（カタログ／発見可能性／利用条件）

### 12.7.1 目的と範囲（データセット、API、リアルタイムストリーム）

都市データの相互運用性は、データ本体の語彙や@context が整っているだけでは成立しない。利用者がデータを見つけ、内容を理解し、条件を踏まえて利用判断し、継続的に運用できて初めて、広域連携や官民連携が実現する。メタデータの相互運用は、この「発見→理解→利用判断→運用」の入口を共通化するための基盤である。

本節の対象範囲は、都市 OS が提供するデータを次の形態として整理する。

- **データセット**：ファイル／バッチ配布、データレイク提供、定期更新される集合データ等
- **API**：検索・参照・更新等のサービスとして提供されるデータアクセス手段
- **リアルタイムストリーム**：センサー観測やイベント通知など、連続的に更新されるデータ

これら形態が異なっても、利用者が共通の観点で探索・評価・利用できるよう、メタデータの中核項目を揃えることが重要である。なお、DCAT-AP 等の詳細な記述仕様やプロフィール設計は別冊仕様書に委ね、本章では概念設計としての要点を示す。

### 12.7.2 最小メタデータセット（検索・理解・利用のための必須項目）

メタデータ相互運用の第一歩は、すべての都市 OS が最低限共通に備えるべき「最小メタデータセット」を定めることである。ここでの目的は、メタデータを過剰に要求して整備が停滞することを避けつつ、相互運用上の必須条件（発見可能性・利用可能性・継続運用）を満たす点にある。

最小メタデータセットは、以下の観点で構成する。

#### 1. 識別と基本情報（Identification）

- データ資源の識別子（永続 ID）
- タイトル／概要（人間が理解できる説明）
- 提供者（責任主体、問い合わせ先）
- 提供形態（データセット／API／ストリーム）とアクセス先

#### 2. 内容理解（Semantics & Coverage）

- 対象領域（分野、テーマ）
- 対象範囲（地理的範囲、対象物・対象集団）
- 時間範囲（いつのデータか、更新頻度、遅延特性）
- 参照する語彙・@context（意味の根拠へのリンク）
- 主要エンティティ／主要属性（概念設計レベルの記述）

#### 3. 利用判断（Usage & Constraints）

- ライセンス／利用条件（再配布、商用利用、改変可否等）
- アクセス条件（公開／認証要／課金要等）
- 機微性・取扱制約（個人情報・準個人情報・機微情報の有無、匿名化の前提等）

#### 4. 信頼性と運用（Quality & Operations）

- 更新責任、更新履歴の参照方法
- 品質に関する最小表明（欠損、精度、整合性、検証状況等の概要）
- 利用に必要な前提（座標系、単位、コード体系等の参照先）
- バージョン／廃止予定（利用者が継続運用できる情報）

本最小セットは、都市間連携の入口を揃えるための「必須項目」であり、詳細な品質メトリクスや高度な来歴表現は、段階的拡張として別途定義する。

### 12.7.3 利用条件（ライセンス、アクセス条件、機微区分等）の表現

官民連携や AI 利活用を実運用に載せる上で、最大の摩擦の一つが「使ってよいか分からない」「条件が都市ごとに違う」「契約・同意が不透明」といった利用条件の不確実性である。したがって、メタデータの相互運用では、利用条件を単なる注記ではなく、可能な限り機械可読に近い形で表現できるようにする。

概念設計としては、少なくとも以下を揃える。

- **ライセンスの明示**：標準ライセンスの参照、または条件の要点の明示
- **アクセス条件の類型化**：公開／登録制／認証制／契約制／課金制等の区分
- **機微区分の表明**：個人情報等の含有有無、匿名加工・仮名加工等の前提、二次利用制約
- **利用上の注意**：AI 学習利用の可否、再配布可否、派生物の扱い等（必要な範囲で）

これにより、利用者は探索段階で利用可能性を判断でき、都市側も説明コストを抑えながら透明性を確保できる。

### 12.7.4 DCAT-AP 等との整合の考え方（詳細は別冊仕様書）

欧州では DCAT-AP を中心に、データ資源の記述と流通の入口が標準化され、データスペース構築の基盤となっている。SCRA においても、都市 OS データが将来的に国内外のデータ空間と接続されることを見据えるなら、メタデータ記述は国際的に通用する枠組みと整合していることが望ましい。

ただし、都市データの実装状況や整備体制には差があるため、本章では次の立場を採る。

- **整合は目標とするが、過剰要求にしない**：最小メタデータセットから段階的に拡張する。
- **参照可能性を重視する**：DCAT-AP 等の要素に直接準拠できない場合でも、対応関係（マッピング）を持てる構造を採る。
- **別冊仕様書で具体化する**：DCAT-AP プロファイル、記述項目、語彙、検証手順等の技術詳細は、別冊仕様書において定義・更新する。

## 12.8 準拠要件（コンフォーマンス）と適合性評価の考え方

### 12.8.1 準拠レベル（必須／推奨／任意、段階的適用）

SCRA の都市データ参照モデルは、完全統一を前提とせず、参照モデルを核に段階的に相互運用性を高めることを目的とする。そのため、準拠要件は「一律の合否判定」ではなく、都市 OS の成熟度や適用分野に応じて導入可能な**段階的な準拠レベル**として定義する。

準拠レベルは、少なくとも次の三分区で整理する。

- **必須（MUST）**：都市間・官民間の接続において最低限必要となる要件。これを欠く場合、相互運用性や継続運用が成立しない。
- **推奨（SHOULD）**：相互運用性、再利用性、運用効率を大きく高める要件。実装負荷と効果のバランスを踏まえ、可能な限り満たすことが望ましい。

- **任意 (MAY)** : 高度化・最適化や先進ユースケースに資する要件。導入は目的・体制・コストに応じて選択する。

この段階化により、初期導入の障壁を過度に上げず、普及と継続改善を両立させる。なお、具体の必須・推奨・任意の項目一覧やチェックリスト、機械検証手順は別冊仕様書で定義し、本章では概念設計としての枠組みと考え方を示す。

### 12.8.2 適合性評価の観点 (データモデル、@context、メタデータ)

適合性評価は、都市 OS が参照モデルに「準拠している」と説明可能であるための根拠となる。参照モデルの性質上、評価は単一の観点に閉じず、少なくとも以下の三領域を一体として扱う。

#### 1. データモデルの適合性

- 共通骨格 (エンティティ/属性/関係) の採用状況
- プロファイルや拡張の設計が、衝突回避・マッピング可能性を満たしているか
- 時間・空間・単位・コード体系の扱いが、相互運用に必要な前提を満たしているか

#### 2. @context (意味の接点) の適合性

- 共通/ドメイン/都市プロファイルの階層が保たれているか
- 永続参照、命名・URI 設計、衝突回避の方針に沿っているか
- バージョニングと後方互換の運用方針が示され、過去データの解釈可能性が担保されるか
- マッピングや AI 補完を採る場合でも、意味参照と運用ルールが明示されているか

#### 3. メタデータの適合性 (発見可能性・利用可能性)

- 最小メタデータセットが提供されているか
- 利用条件 (ライセンス、アクセス条件、機微区分等) が明示され、利用判断が可能か
- 更新・廃止・バージョン等、運用に必要な情報が提供されるか
- カタログ標準 (例: DCAT-AP 等) との整合に向けた対応関係 (少なくとも参照可能性) が確保されるか

この三領域を統合的に評価することで、「形式だけ整っているが意味が通じない」「意味は揃っているが見つからない/使えない」といった断絶を防ぐ。

### 12.8.3 テスト・検証の最小要件 (自動検証可能性の確保)

都市間連携を実装・運用として回すためには、準拠状況を継続的に点検できる必要がある。そこで、参照モデルは「人のレビューに依存しすぎない」ために、適合性評価において**自動検証可能性**を重視する。

概念設計としての最小要件は以下である。

#### • 機械検証できる対象を切り出す

データモデルの構造的整合、@context の参照可能性、メタデータ必須項目の充足など、機械検証が可能な部分を明確にし、チェック可能な形で提供する。

#### • サンプル・参照実装の活用

共通骨格に基づくサンプルデータ、参照@context、最小メタデータセットの雛形等を提示し、実装者が比較・検証できる状態を作る。

#### • 回帰 (リグレッション) を前提にする

語彙・@context・メタデータは継続改訂されるため、更新により既存実装が壊れていないことを確認できる回帰検証の考え方を導入する。

- **段階的な合格条件**

必須要件を最低限の合格条件とし、推奨・任意はスコア化／成熟度として評価可能とする。これにより、普及段階での導入障壁を抑えつつ、改善を促進する。

具体の検証項目、テストデータ、検証ツールや手順は別冊仕様書で定義する。

#### 12.8.4 実装ガイド／調達への落とし込み（都市 OS 実装・調達・運用）

参照モデルの準拠要件は、単なる理念ではなく、都市 OS の実装・調達・運用に反映されて初めて効果を持つ。したがって、本章の準拠枠組みは、次の形で現場へ落とし込めることを重視する。

- **調達要件への転写可能性**

必須・推奨・任意の区分をそのまま調達要件（RFP 等）に展開できる粒度で整理し、都市が事業者の説明できる状態を作る。

- **分野別・段階別の適用**

全分野一括での準拠を求めず、優先分野から導入し、運用で得た知見を共通セマンティクス基盤へ還流する循環を形成する。

- **運用手順との接続**

データ追加やモデル変更の際に、@context 更新、メタデータ更新、互換性確認、廃止通知等が一連の運用として回るよう、運用プロセスと結び付ける。

- **別冊仕様書との連携**

本章は「準拠の考え方と枠組み」を示し、具体の要件表、チェックリスト、検証手順、テンプレート、参照実装等は別冊仕様書に整理する。これにより、技術詳細の更新を機動的に行いながら、制度的・概念的な一貫性を維持する。

#### 12.8.5 準拠レベルの例（最小セット：概念設計レベル）

本節では、12.8.1 で示した「必須／推奨／任意」の考え方を、実装・調達に転写しやすいように、概念設計レベルで例示する。ここで示す例は、全分野共通の最小要件を想定したものであり、分野別プロファイルでは追加要件が設定され得る。詳細な要件表、検証観点、テンプレートは別冊仕様書に委ねる。

##### (A) 必須 (MUST) : 都市間接続の最低条件

###### 1. 意味参照 (@context) の参照可能性

- 提供するデータは、参照する @context を外部から取得可能な形で提示する（永続参照を前提）。
- 共通@context（都市共通骨格）への依存関係が明示され、都市固有要素は都市プロファイルとして区別される。

###### 2. 共通骨格（最低限の共通概念）の採用

- 対象領域において、共通骨格として定めるエンティティ／主要属性／主要関係のうち、必須項目を満たす。
- ローカル拡張を行う場合でも、共通骨格へのマッピング可能性（少なくとも同等／近似の対応付け）が担保される。

###### 3. 最小メタデータセットの提供（発見可能性・利用可能性）

- 12.7.2 で定める最小メタデータセットのうち、少なくとも以下を必須とする：

- 識別子、タイトル／概要、提供者、問い合わせ先
- アクセス先（データセット／API／ストリームの別を含む）
- 地理的範囲、時間範囲、更新頻度（または遅延特性）
- 参照する語彙・@context へのリンク
- ライセンス／利用条件、アクセス条件、機微区分の表明

#### 4. 継続運用に必要な最低限の表明

- 更新責任（誰が更新するか）と、廃止・変更時の告知方針（少なくとも告知されること）が示される。
- 座標系・単位・コード体系など、解釈に必須の前提が明示される（参照先リンクでも可）。

ねらい：MUST は「データが意味として読める」「見つけられる」「使ってよいか判断できる」「運用で破綻しない」の最低条件に限定する。

表 12-1 参考：コアエンティティ（必須参照）

概念	意味・用途	属性例（最小）	備考
Person	都市サービスの受益・行動主体	role, ageGroup, location, status	個人識別情報を含まない 匿名・集約前提
Organization	公共・民間・非営利の責任主体	type, jurisdiction, relatedAssets	抽象化された責任主体
Vehicle	移動資産（EV・自動運転・物流・公共交通・ドローン等）	vehicleID, type, location, status	実証起点として重要
Building	固定構造物（公共・民間）	buildingID, type, location, status	DigitalTwin の核となる
Device	センサー・IoT・計測装置	deviceID, type, location, status	データ収集・監視・制御の基盤
Event	状態変化・出来事・インシデント	eventID, type, startTime, endTime, location	都市の動的軸
Location	地理空間参照単位	locationID, geometry, parentLocation	都市データ統合のハブ

#### (B) 推奨（SHOULD）：再利用性と運用効率を大きく高める条件

##### 1. 後方互換を意識した@context 運用

- @context のバージョンニングと互換性ポリシー（大規模な変更の扱い、廃止→移行の基本方針）が公開される。
- 旧版の参照可能性（過去データの解釈可能性）が維持される。

##### 2. プロファイルと拡張の明文化

- ドメイン／都市プロファイルとして、制約（必須属性、値域、粒度等）や推奨事項が明示され、他都市・他事業者が実装しやすい。
- 拡張点（追加概念）の定義が、共通化候補として還流できる形で管理される。

##### 3. メタデータの国際枠組みとの整合（DCAT-AP 等）

- カタログ記述が DCAT-AP 等に **対応可能**な形で整理され、少なくとも要素対応（マッピング）が示される。
- データセット/API/ストリームを横断した記述の一貫性が確保される。

#### 4. マッピングの公開と共有

- 都市固有語彙と共通骨格の対応関係（同等／包含／近似／変換）を、参照可能な形で提示する。
- AI 補完を使う場合は、確定した対応と AI 推定部分の区別を明示する。

#### 5. 機械検証を意識した提供（最低限の自動チェック）

- 必須メタデータの充足、@context 参照の可用性、基本構造の整合など、最低限の自動検証が可能な形式で提供される。

ねらい：SHOULD は「導入すると一気に拡張・再利用が効く」項目に寄せ、普及初期の過剰負担は避ける。

表 12-2 参考：参照ドメイン（推奨）

ドメイン	意味・用途	関連コア概念
DigitalTwin	物理都市とデータ都市の統合表現	Building, Vehicle, Device, Location, Event
EnergySystem	電力・熱・EV・再エネ等のネットワーク	Building, Device, Vehicle, Organization, Location
PublicService	行政・医療・福祉・防災等のサービス提供構造	Person, Organization, Event, Location

#### (C) 任意 (MAY)：高度化・先進ユースケースに資する条件

##### 1. 高度な来歴・品質メタデータ

- 生成元、処理履歴、品質指標（精度、網羅性、整合性など）を機械可読に近い形で提供する。
- 品質の保証範囲や検証方法を参照可能にする。

##### 2. 権利・制約の詳細表現（ポリシー表現の高度化）

- 契約条件、利用目的制限、二次利用条件などを、より精緻に表現・自動評価できる形に拡張する。

##### 3. 多言語対応・国際データスペース連携を前提とした拡張

- 用語定義・説明の多言語化、国際的語彙とのアラインメントを整備する。
- 国際連携のための追加プロファイルを適用する。

##### 4. 高度な相互運用（推論・整合チェック）

- オントロジー的整合、制約検証、推論を用いた高度な統合（例：近似概念の自動統合）を実装する。

ねらい：MAY は“先進都市・先進分野”が牽引できる領域として位置づけ、標準枠組みの将来拡張余地を確保する。

#### 運用上の補足

- 上記はあくまで例示であり、分野別プロファイルでは、MUST に追加要件（例：防災 = イベント表現の必須化、モビリティ = 参照 ID の必須化等）が入り得る。
- 合否判定を目的化せず、MUST = 最低限の接続性、SHOULD = 実装容易性と再利用性、MAY = 高度化、という位置づけで成熟度を段階的に高める。

- 詳細なチェック項目、検証方法、テンプレート、参照実装は、別冊仕様書において継続改訂する。

## 12.9 運用体制とガバナンス（継続改訂の仕組み）

### 12.9.1 役割分担（管理主体、自治体、民間、コミュニティ）

本章で示した共通語彙・@context・メタデータ相互運用は、「一度決めれば終わる標準」ではなく、都市サービスの拡大、制度変更、技術進展に応じて継続的に更新されるべき基盤である。したがって、運用体制とガバナンスを明確にし、透明性と持続性を両立させる必要がある。

運用主体の役割は概ね以下に整理される。

- **管理主体（SCRA 相互運用性の枠組みの事務局／運営主体）**

共通セマンティクス基盤の維持、@context レジストリの運用、別冊仕様書の改訂、準拠要件の整理、公開物の永続参照の担保を担う。また、改訂プロセスの設計と運用、利害関係者間の調整、国際標準動向の取り込みを行う。

- **自治体（都市 OS 運用者・データ提供者）**

自都市のデータを参照モデルに沿って整備・公開し、最小メタデータセットの充足、利用条件の明示、拡張の提案・フィードバックを担う。都市固有プロフィールは自治体の責任で管理しつつ、共通化候補を運営主体に還流する。

- **民間事業者（都市 OS ベンダー、データ利用者、サービス提供者、AI 事業者等）**

実装・運用上の知見を提供し、マッピング、検証ツール、参照実装等を通じて普及を加速する。利用者としての要求（検索性、品質、契約条件、運用負荷等）をガバナンスへフィードバックし、実務的な有用性を担保する。

- **コミュニティ（標準化・OSS コミュニティ、学術機関等）**

語彙定義の妥当性検討、国際標準との整合検証、参照実装や検証ツールの改善等を通じて、透明性と品質を高める。特に、特定ベンダーに閉じない実装可能性の確保に寄与する。

この役割分担により、標準の「設計」「実装」「利用」「改善」が循環し、参照モデルが継続的に成熟する状態を目指す。

### 12.9.2 改訂プロセス（提案→レビュー→公開→移行）

語彙・@context・メタデータ仕様の改訂は、都市間相互運用性の根幹に影響するため、手続きの透明性と変更の予見可能性が不可欠である。本章では、改訂を次の基本プロセスで運用することを原則とする。

#### 1. 提案（Proposal）

自治体、民間、コミュニティ等から、追加・変更・廃止の提案を受け付ける。提案には目的、対象範囲、互換性影響、代替案、想定利用シナリオ等の最低限の情報を含める。

#### 2. レビュー（Review）

意味の妥当性（概念の重複や矛盾）、他分野への影響、国際標準との整合、既存実装への影響（大規模な変更の有無）を観点としてレビューを行う。必要に応じて実装者・利用者の意見を反映する。

#### 3. 公開（Publish）

改訂は版として管理し、公開物（語彙定義、@context、メタデータプロフィール等）が参照可能な形で提示される。変更点（差分）、互換性、移行手順、廃止予定等が明確化される。

#### 4. 移行 (Migration)

影響が大きい変更は移行期間を設け、旧版参照と新旧併存を許容する。移行ガイドや変換の考え方（マッピング）を提供し、都市 OS や利用者が計画的に移行できる状態を作る。

このプロセスは、別冊仕様書の改訂プロセスとして具体化され、継続的に運用される。

#### 12.9.3 互換性ポリシーと移行支援（廃止、通知、移行期間）

都市データは長期運用され、過去データの参照可能性が価値となる。したがって、語彙・@context・メタデータの変更は、互換性と移行支援を前提に管理されるべきである。本章では以下の方針を原則とする。

- **後方互換を基本とする**

原則として既存データの解釈可能性を損なわない変更を優先する。意味変更や削除など大規模な変更は、必要性和影響を明示した上で統制する。

- **廃止 (Deprecation) の段階運用**

いきなり削除せず、廃止予定として周知し、代替概念や移行先を提示する。旧版の参照可能性を維持し、過去データの解釈を担保する。

- **通知と予見可能性**

変更は事前に告知され、移行期間・影響範囲・推奨対応が提示される。利用者が運用計画に組み込める予見可能性を重視する。

- **移行支援 (マッピング、変換、ガイド)**

新旧概念の対応（同等／近似／変換）を示すマッピング、可能であれば変換の考え方や参照実装を提示し、移行コストを低減する。

これらは@context 運用、準拠評価と整合し、回帰検証（リグレッション）を前提とした運用へ接続される。

#### 12.9.4 国際連携の窓口（Smart Data Models 等との同期の考え方）

SCRA は、都市データを国内に閉じず、国際標準や国際エコシステム資産を活用しつつ国内実装の柔軟性を維持する立場を採る。そのため、国際連携は単なる情報収集ではなく、語彙・@context・メタデータ仕様の成熟に資する運用活動として位置づける。

- **国際標準の動向反映**

NGSI-LD や Smart Data Models、カタログ標準等の動向を継続的にウォッチし、参照モデルの共通骨格・プロファイル・マッピングに反映する。

- **同期 (Alignment) の基本方針**

国内実装を一時的に国際仕様へ従属させるのではなく、(a)再利用できる部分は積極的に取り込み、(b)国内事情で差分が必要な場合はプロファイル／拡張で管理し、(c)差分はマッピングにより相互参照可能にする、という方針を採る。

- **窓口と共同作業**

管理主体は国際コミュニティとの連絡窓口となり、共通語彙の提案、差分の説明、共同検証などを通じて相互整合を高める。これにより、国内の成果物が国際的にも再利用可能となり、国内外の相互運用性が段階的に向上する。

## 更新案作成者

内閣府科学技術イノベーション推進事務局

## 執筆協力者一覧：

## ・7 都市 OS

執筆協力：総務省 情報流通行政局 地域通信振興課

執筆協力：日本電気株式会社

執筆協力：株式会社 Geolonia

## ・8 共通アーキテクチャ方針における ID 設計・データモデル指針

執筆協力：IPA 独立行政法人情報処理推進機構 デジタル基盤センター

執筆協力：株式会社 Geolonia

## ・8.2.5 3D 都市モデルの位置づけと都市 OS での活用

執筆協力：国交省 都市局 国際・デジタル政策課

## ・8.3.5 空間 ID の位置づけと設計上の考え方

執筆協力：経産省 商務情報政策局 情報経済課

執筆協力：IPA 独立行政法人情報処理推進機構

デジタルアーキテクチャ・デザインセンター

## ・9 都市 OS の実装・運用・展開に関する考え方

執筆協力：IPA 独立行政法人情報処理推進機構 デジタル基盤センター

執筆協力：株式会社 Geolonia

## ・10 分野別ユースケースにおける都市 OS 活用

執筆協力：株式会社 Geolonia

## ・11 地理空間データ連携基盤

執筆：株式会社 Geolonia

執筆協力：国土交通省 政策統括官付 地理空間情報課

執筆協力：高松市役所 都市計画課 デジタル社会基盤整備室

執筆協力：焼津市役所 行政経営部 DX 推進課

執筆協力：広島県 土木建築局

## ・12 都市データ参照モデル 概念設計

執筆協力：IPA 独立行政法人情報処理推進機構 デジタル基盤センター

## ・調査協力

株式会社ウフル