

APPENDIX

付録A. 都市 OS の機能要件一覧

付録 A.においては、都市 OS 機能要件に記載した要件を一覧化している。スマートシティにおいて、各地域が解決すべき「地域課題」や「ありたい将来像」に応じて、都市 OS の機能を選択して実装する必要がある。

都市 OS は、機能の組み換えを柔軟に対応できるビルディングブロック方式の採用を推奨（「7.1.1 スマートシティの課題と都市 OS による解決策」参照）しており、スマートシティサービス提供やオープンデータ公開を実装するに当たり都市 OS の機能群の中から必要な機能を取捨選択することができる。

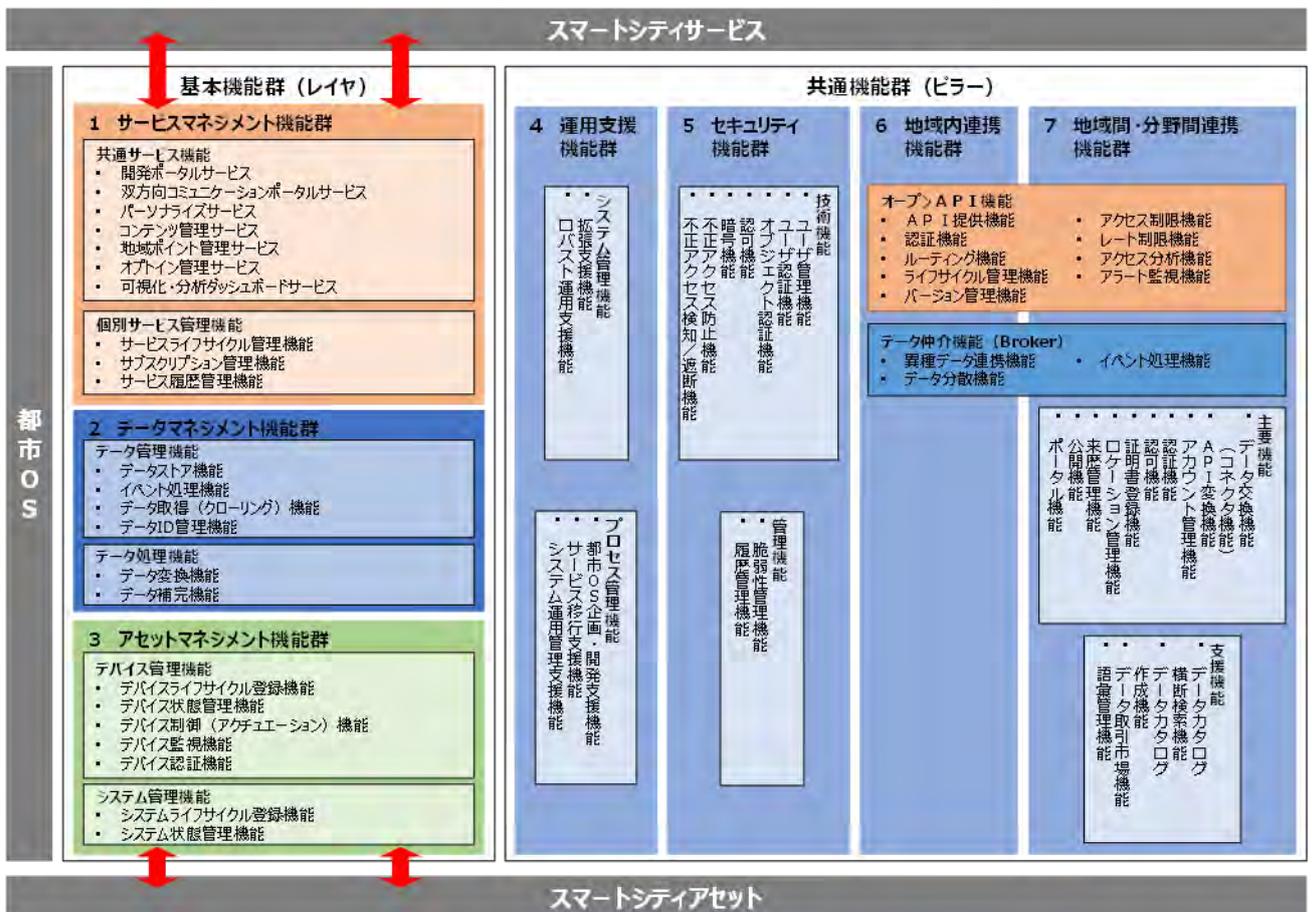


図 A-1 都市 OS 機能要件 (全機能)

表 A-1 都市 OS 機能要件一覧

項番	L1	L2	L3	説明
	機能群	機能ブロック	個別機能	
1	サービス マネジメント	共通 サービス	開発ポータル サービス	都市 OS ユーザ向けに、API やデータの検索・仕様の開示が可能なカタログ機能、及び、API を評価可能なコンソール機能等を提供できること。
2	サービス マネジメント	共通 サービス	双方向 コミュニケーション ポータルサービス	住民や自治体向けに、地域に関連するサービスや情報を集約、配信等を行う機能。住民と自治体、及び、住民とスマートシティサービスをつなぎ、双方向にコミュニケーションが可能な機能を提供し、課題解決や利便性・品質向上に活用されることが望ましい。
3	サービス マネジメント	共通 サービス	パーソナライズ サービス	住民の志向に沿ったスマートシティサービスを提供するため、住民それぞれが興味を持つ事柄に類する記事の表示優先順位を上げる機能。
4	サービス マネジメント	共通 サービス	コンテンツ管理 サービス	自治体が提供するポータルサイトやホームページ等に掲載するコンテンツの制作、配信等を行う機能。イベント開催、メール配信等の効果測定を行うためにキャンペーン管理機能を有することが望ましい。
5	サービス マネジメント	共通 サービス	地域ポイント管理 サービス	地域課題に対する住民の参加を牽引・維持することを目的とし、地域ごとの独自ポイントサービスを展開・管理するための機能。
6	サービス マネジメント	共通 サービス	オプトイン管理 サービス	住民が個人の判断で、都市 OS 運用者、及び、サービス提供者に、個人のパーソナルデータの公開範囲を指定するための機能。
7	サービス マネジメント	共通 サービス	可視化・分析ダッシュボ ードサービス	住民や自治体が地域課題の解決を目的とし、都市 OS 内外のデータと連携し、都市の状況を可視化・分析可能なダッシュボード機能。戦略で設定した KGI/KPI に紐づく分析等、施策に対する効果測定ができることが望ましい。
8	サービス マネジメント	個別 サービス 管理	サービスライフサイクル 管理機能	都市 OS と連携するスマートシティサービスのライフサイクル（登録、参照、変更、削除）を管理する機能。
9	サービス マネジメント	個別 サービス 管理	サブスクリプション管理 機能	ユーザが利用できるスマートシティサービスに対して、サブスクリプションの状態（利用の開始終了、利用権限の設定変更）を管理する機能。
10	サービス マネジメント	個別 サービス 管理	サービス履歴管理 機能	スマートシティサービスの利用の履歴を蓄積し、レポート作成を行う機能。
11	データ マネジメント	データ 管理	データストア機能	特性（多様性、頻度、量）が異なる様々なデータに対し、地域が解決する課題に必要なデータを、データの特性に応じて適切に蓄積・活用する機能。データストア機能の API を通じてデータアクセス（登録・参照・変更・削除）を受け付ける。データの分類としては、メタデータや静的データ、動的データ（リアルタイムデータ）、地理空間データ、パーソナルデータなどがある。動的データにおいては、連続したデータを時系列に参照できることが望ましい。

項番	L1	L2	L3	説明
	機能群	機能ブロック	個別機能	
12	データマネジメント	データ管理	イベント処理機能	都市 OS に格納するデータが更新されると、関連するサービス等にデータ更新を通知する機能。
13	データマネジメント	データ管理	データ取得（クロージング）機能	定期的にスマートシティアセットや他システム(Web サイトのオープンデータ)等を巡回し、データを取得する機能。
14	データマネジメント	データ管理	データ ID 管理機能	都市 OS が管理するデータ付与するためのユニーク ID を管理する機能。これによって、地域をまたいだ様々なデータの中から一つのデータが特定可能となる。ユニーク ID は、グローバルで一貫する必要があるため、地域ドメイン等を活用することを推奨する。
15	データマネジメント	データ処理	データ変換機能	取得したデータを都市 OS が扱う標準形式に変換する機能。変換対象は、語彙（意味）やデータ形式、項目、等がある。
16	データマネジメント	データ処理	データ補完機能	リアルタイムデータ等で欠損したデータを補完し、データ品質を向上する機能。データの補完方法は様々な方法があり、目的に応じた補完方法を選択できることが望ましい。
17	アセットマネジメント	デバイス管理	デバイスライフサイクル登録機能	デバイス情報（デバイス ID や、固有の MAC アドレス等）のライフサイクル（登録、参照、変更、削除）を管理する機能。
18	アセットマネジメント	デバイス管理	デバイス状態管理機能	登録済のデバイスに対して、デバイスの状態（稼働状況や機器情報等）を管理、公開する機能。
19	アセットマネジメント	デバイス管理	デバイス制御（アクチュエーション）機能	接続されているデバイスの再起動やデバイスの動作変更等、デバイスの制御を行うためのコマンドを送信する機能。
20	アセットマネジメント	デバイス管理	デバイス監視機能	接続されているデバイスの死活状況や、デバイスから送信される障害のイベントを監視する機能。
21	アセットマネジメント	デバイス管理	デバイス認証機能	適切な IoT デバイスのみにシステム接続を許可するネットワーク認証の機能。
22	アセットマネジメント	システム管理	システムライフサイクル登録機能	都市 OS と連携する他システムの連携情報のライフサイクル（登録、参照、変更、削除）を管理する機能。他システムには認証が必要な場合も多く、認証方式やその資格情報についても管理できることが望ましい。
23	アセットマネジメント	システム管理	システム状態管理機能	登録済の他システムに対して、他システムとの接続状態（稼働状況や、機器情報等）を管理、公開する機能。

項番	L1	L2	L3	説明
	機能群	機能ブロック	個別機能	
24	運用支援	システム管理	拡張支援機能	地域が解決する課題や目指すべき将来像に応じ、将来の機能追加や更新が継続的かつ容易に行える機能。ビルディングブロック方式といった疎結合なシステム構築により、機能の組み換えを柔軟に対応できることが望ましい。
25	運用支援	システム管理	ロバスト運用支援機能	スマートシティサービスの可用性を向上させるための機能。都市 OS が障害発生時、都市 OS が可能な限り停止することなく稼働し続ける仕掛けを提供する。都市 OS のサービスレベルを定義し、障害の迅速な検知・復旧、冗長化等により、ユーザへの影響を最小化することが重要となる。
26	運用支援	プロセス管理	都市 OS 企画・開発支援機能	地域の発展等によるサービスの拡大に伴って、都市 OS の各種機能の拡張企画・開発を行う機能。企画に基づき、新規共通サービスや新規機能の導入の計画策定や、要件定義・設計・開発・テスト・移行の工程を管理する。従来のウォーターフォール型の開発だけでなく、共通サービス・各種機能の迅速な立ち上げを実現するため、アジャイル型の開発プロセスを採用することが望ましい。
27	運用支援	プロセス管理	サービス移行支援機能	スマートシティサービスや都市 OS の各種機能を本番稼働する際、スマートシティサービス・各種機能の提供準備と移行計画の策定・管理を行う機能。
28	運用支援	プロセス管理	システム運用管理支援機能	都市 OS におけるシステム運用（変更管理・構成管理・インシデント管理・運用サービス管理・キャパシティ管理等）の管理ツールやプロセスを定義する機能。
29	セキュリティ	技術	ユーザ管理機能	ユーザ管理は、都市 OS の管理するユーザを一元的に管理する機能である。これにより、都市 OS のユーザは都市 OS 上に実装される様々なアプリケーションを同一のユーザ情報でアクセスすることが可能になる。ユーザ管理には、ユーザを特定する ID に関連づけ、認証情報（パスワードや証明書等）や属性情報（姓名、所属等）の管理と、ID のライフサイクル管理を可能とする。 (a) アカウント管理機能 ユーザを特定の ID に関連づけ、認証情報（パスワード）や属性情報（姓名、組織等）の管理と、ID のライフサイクル（登録、参照、変更、削除）を管理する機能。 (b) ロール管理機能 ユーザが所属するグループ（ユーザ、管理者等）を定義するルールを管理する機能。

項番	L1	L2	L3	説明
	機能群	機能ブロック	個別機能	
30	セキュリティ	技術	ユーザ認証機能	<p>認証機能は、都市 OS のユーザが誰であるかを識別する機能。本機能によるユーザの識別と、認可機能による利用権限やアクセス権限の確認により都市 OS やスマートシティの IT システムが提供する各種機能の利用可否を判断できる。都市 OS におけるユーザはユーザやアプリケーションソフトウェア等、様々なケースがあり、それぞれに対する適切な認証方式を提供できる必要がある。</p> <p>また都市 OS では多様な主体が本認証機能を利用しスマートシティサービスを実装する。本認証機能は外部のスマートシティサービスに対しセキュアかつ利用しやすいインタフェースを提供することが求められる。</p> <p>(a) 認証機能 「ユーザ管理」に保存された資格情報（ユーザ ID・パスワードや、生体情報等）を用いてユーザの真正性を証明し、アカウントを特定する機能。セキュリティレベルを向上させるため、多要素認証（生体認証、マイナンバーカード等の組み合わせ、等）により、よりセキュアに本人を認証できることが望ましい。</p> <p>(b) シングルサインオン機能 都市 OS と連携する複数のサービスに対する認証を一元的に管理し、シングルサインオンを実現する機能。ユーザが一度だけ認証することで、都市 OS と連携するスマートシティサービスそれぞれ個別に認証する必要がなくなり、ワンストップサービスの実現につながることを望ましい。</p>
31	セキュリティ	技術	オブジェクト認証機能	都市 OS に接続するスマートシティサービス、アセット（デバイス）、他都市 OS、他システム、等の正当性を検証する機能。
32	セキュリティ	技術	認可機能	認可機能は、都市 OS の管理するデータやサービスに関する利用権限や利用期限を、ユーザやロールごとに設定・判断を可能にする機能。これにより、不用意なデータアクセスやサービス利用を防ぐことが可能となる。アカウントやロール別に、都市 OS にアクセスする範囲や権限を定義する制御ポリシーを管理できること。データアクセスの認可においては、データの公開範囲とアクセス期間の認可を可能にする。またサービス利用の認可においては、サービスの利用範囲と、サービスの有効期限の認可を可能にする。
33	セキュリティ	技術	暗号機能	都市 OS が行う通信（都市 OS 内の通信及び都市 OS 外との通信）及び、都市 OS が管理するデータに対して、それぞれの秘匿性に応じ適切なセキュリティ暗号化を行う機能。
34	セキュリティ	技術	不正アクセス防止機能（ファイアウォール、等）	都市 OS が行う通信に対して、許可されていない通信（不正な IP アドレスやポート番号を持つパケット等）をブロックする機能。
35	セキュリティ	技術	不正アクセス検知／遮断機能（IDS:Intrusion Detection System、等）	不正アクセス防止機能では対応できない、DoS（Denial of Services）攻撃やアプリケーション層の脆弱性を突く攻撃等を検知し、遮断する機能。
36	セキュリティ	管理	脆弱性管理機能	都市 OS を構成するソフトウェアに関しては、その脆弱性に関する情報を収集し、随時パッチ適用等によりその対策を行う機能。また、都市 OS に対して定期的に脆弱性診断を行い、その結果に基づいて対策を実施する機能。

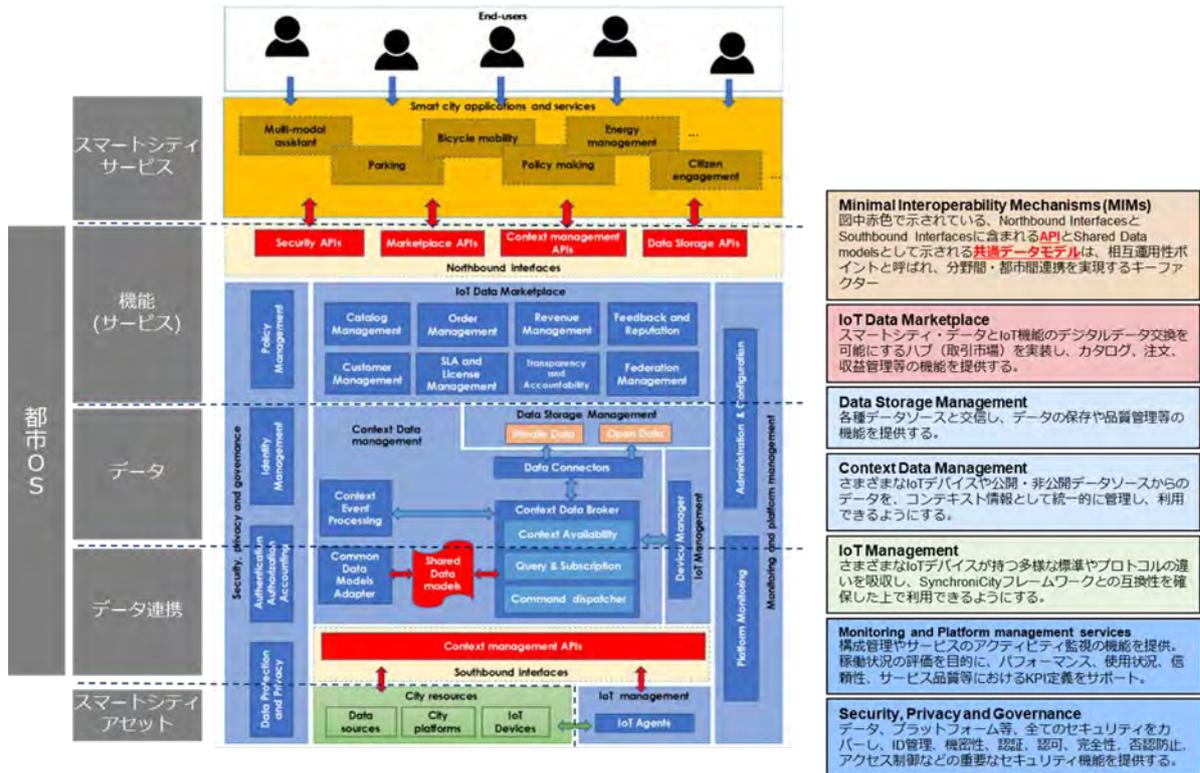
項番	L1	L2	L3	説明
	機能群	機能ブロック	個別機能	
37	セキュリティ	管理	履歴管理機能	都市 OS が行う通信や処理に関する履歴を取得すること。取得した履歴は、証拠保全のために一定期間保存する機能。
38	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	API 提供機能	API を管理・公開する機能。受け付けた API 命令に応じて、関連する他の機能を実行する。
39	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	認証機能	API キー等により API を実行した主体の正当性を確認する機能。通常、「セキュリティ機能群」と連携して実現される。
40	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	ルーティング機能	受け付けた API 命令を、他のコンポーネントや機能の API に転送する機能。
41	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	ライフサイクル管理 機能	オープン API 機能ブロックが管理する API を登録・参照・変更・削除する機能。
42	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	バージョン管理機能	オープン API 機能ブロックが提供する API や、呼び出す他のコンポーネントや関連機能等の複数のバージョンを管理する機能
43	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	アクセス制限機能	アクセス可能な API やデータを制限する機能。
44	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	レート制限機能	単位時間あたりの API の実行回数を制限する機能。
45	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	アクセス分析機能	API のアクセス数を分析し統計情報化する機能。
46	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	オープン API	アラート監視機能	受け付けた API 命令を実行する際に発生したアラートを検出する機能。
47	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	データ 仲介 (Broker)	異種データ連携機能	都市 OS のデータマネジメント機能ブロックが提供するデータストア機能に蓄積された、様々なデータ（異種データ）に対して、データの種類によらず共通の API スタイルを提供する機能。これによって、複数の異種データを利用する（スマートシティ）サービスの構築を容易化する。
48	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	データ 仲介 (Broker)	データ分散機能	（スマートシティ）サービス等からの、都市 OS 外に分散して管理されているデータに対する登録・参照・更新・削除等のアクセス要求を仲介する機能。
49	地域内連携 /地域間・ 分野間連携	データ 仲介 (Broker)	イベント処理機能	都市 OS が仲介するデータに対し、事前に定義されたシナリオに従いリアルタイムに処理を実施する機能。これにより、都市 OS 内外に流通するデータの分析・変換・加工処理や、社会状況の変化に伴うアクセス権限の変更等、ダイナミックでかつ柔軟に機能が切り替わる仕掛けが提供できる。
50	地域間・ 分野間連携	主要	データ交換機能 (コネクタ機能)	地域間・分野間で、データを授受する機能。API 管理機能や認証機能、認可機能など、他の機能と連携して、地域や分野を超えてトラストを備えたデータ授受を実現する。これらの機能を提供するソフトウェアコンポーネントは「コネクタ」と呼ばれることが一般的である。

項番	L1	L2	L3	説明
	機能群	機能ブロック	個別機能	
51	地域間・分野間連携	主要	API 変換機能	各都市 OS が提供する API 違いを吸収するために、API を変換する機能。
52	地域間・分野間連携	主要	アカウント管理機能	地域間・分野間で連携して、データを授受する主体を特定可能なアカウントを管理する機能。
53	地域間・分野間連携	主要	認証機能	地域間・分野間で連携して、データを授受する主体の実在性・正当性を確認する機能。
54	地域間・分野間連携	主要	認可機能	認証機能によって実在性・正当性が確認された主体に対して、データへの適切なアクセス制御を行う機能。
55	地域間・分野間連携	主要	証明書登録機能	データ交換機能を担うソフトウェアモジュール（コネクタ）の真正性を証明するための証明書を登録する機能。
56	地域間・分野間連携	主要	ロケーション管理機能	データ交換機能を担うソフトウェアモジュール（コネクタ）のネットワーク上の所在を管理するレベルバ機能、及び交換対象であるデータのネットワーク上の所在を管理するレベルバ機能。
57	地域間・分野間連携	主要	来歴管理機能	データの授受来歴を管理する機能。
58	地域間・分野間連携	主要	公開機能	データ交換機能を担うソフトウェアモジュール（コネクタのソフトウェア）のバージョンを管理し、それを公開する機能。
59	地域間・分野間連携	主要	ポータル機能	地域間・分野間データ連携に関連するサービス群や機能群の一覧とそのエンドポイントを掲載したポータルを一般公開し、データ交換の状況をモニタリングする機能。
60	地域間・分野間連携	支援	データカタログ横断検索機能	交換されるデータに関するカタログを、地域間・分野間で横断して検索し、データの発見を支援する機能。
61	地域間・分野間連携	支援	データカタログ作成機能	交換されるデータに関するカタログの作成ツールを提供し、データの広告・公開を支援する機能。
62	地域間・分野間連携	支援	データ取引市場機能	契約に基づいてデータの提供と便益の交換に関する契約及びその履行状況を管理する機能。
63	地域間・分野間連携	支援	語彙管理機能	交換されるデータの含まれる語彙を登録、保管、及び公開し、分野を超えたデータ活用を支援する機能

付録B. 海外のスマートシティアーキテクチャ

都市 OS の各種機能の参考ポイントとした海外のスマートシティアーキテクチャの一部を説明する。

(1) SynchroniCity⁹⁴



Minimal Interoperability Mechanisms (MIMs)
 図中赤色で示されている。Northbound InterfacesとSouthbound Interfacesに含まれるAPIとShared Data modelsとして示される**共通データモデル**は、相互運用性ポイントと呼ばれ、分野間・都市間連携を実現するキーファクター

IoT Data Marketplace
 スマートシティ・データとIoT機能のデジタルデータ交換を可能にするハブ（取引市場）を実施し、カタログ、注文、収益管理等の機能を提供する。

Data Storage Management
 各種データソースと連携し、データの保存や品質管理等の機能を提供する。

Context Data Management
 さまざまなIoTデバイスや公開・非公開データソースからのデータを、コンテキスト情報として統一的に管理し、利用できるようにする。

IoT Management
 さまざまなIoTデバイスが持つ多様な標準やプロトコルの違いを吸収し、SynchroniCityフレームワークとの互換性を確保した上で利用できるようにする。

Monitoring and Platform management services
 構成管理やサービスのアクティビティ監視の機能を提供。稼働状況の評価を目的に、パフォーマンス、使用状況、信頼性、サービス品質等におけるKPI定義をサポート。

Security, Privacy and Governance
 データ、プラットフォーム等、全てのセキュリティをカバーし、ID管理、機密性、認証、認可、完全性、否認防止、アクセス制御などの重要なセキュリティ機能を提供する。

図 B-1 SynchroniCity

⁹⁴ 出典 : [SynchroniCity_D2.10.pdf](#) SynchroniCity: Delivering an IoT enabled Digital Single Market for Europe and Beyond を参考に加筆

(2) FIWARE⁹⁵

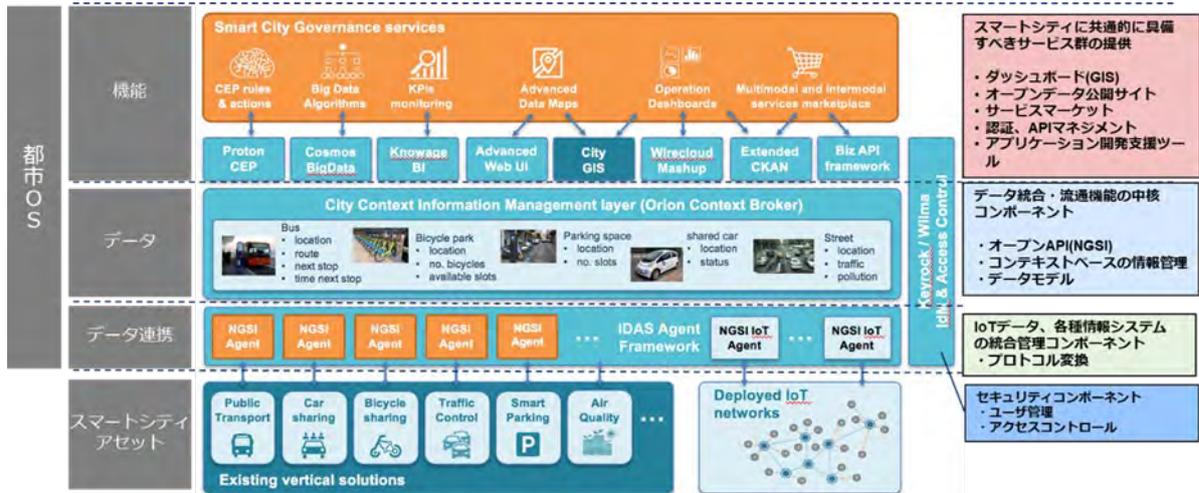


図 B-2 FIWARE

(3) X-Road⁹⁶

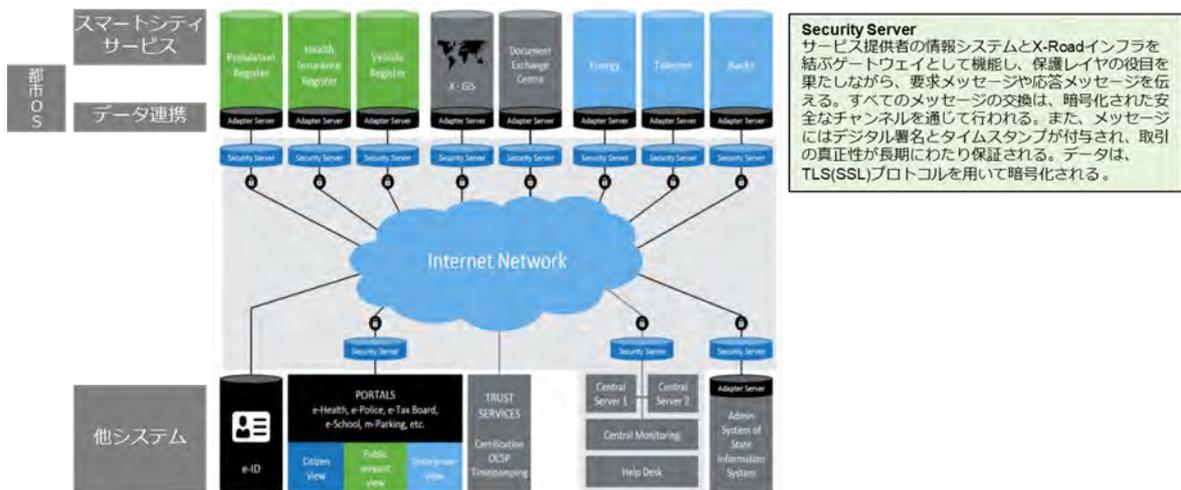


図 B-3 X-Road

⁹⁵ Open Stack Days Japan 2017, FIWARE Foundation を参考に加筆

<https://openstackdays.com/archive/2017/wp-content/uploads/2017/08/4-B4-4.pdf>

⁹⁶ Interoperability Framework and eGov Coordination を参考に加筆

<https://ega.ee/wp-content/uploads/2019/11/Interop-IRI.pdf>

(4) IndiaStack⁹⁷

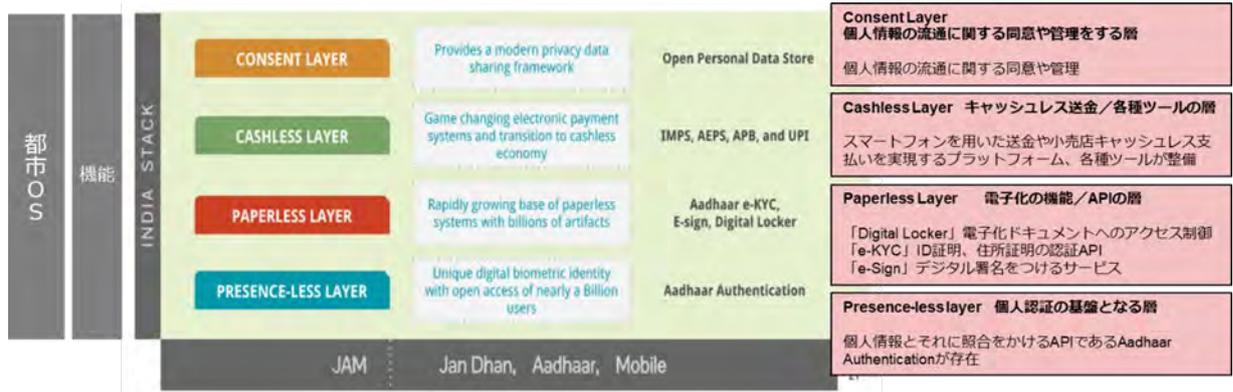


図 B-4 IndiaStack

⁹⁷ 出典 : IndiaStack – Overview [The best way forward for Privacy is to open up your data - ProductNation](https://www.productnation.com/india-stack-overview/)

付録C. 都市デジタル化の動向

スマートシティに関連する、3次元空間データの動向について、海外での取組例、活用されている3次元空間情報のデータモデル標準、空間情報のデータ連携に関連する標準・API等について、以下に示す。

(1) 都市デジタル化の取組

(a) 英国デジタル・ビルト・ブリテン構想 (Digital Built Britain)

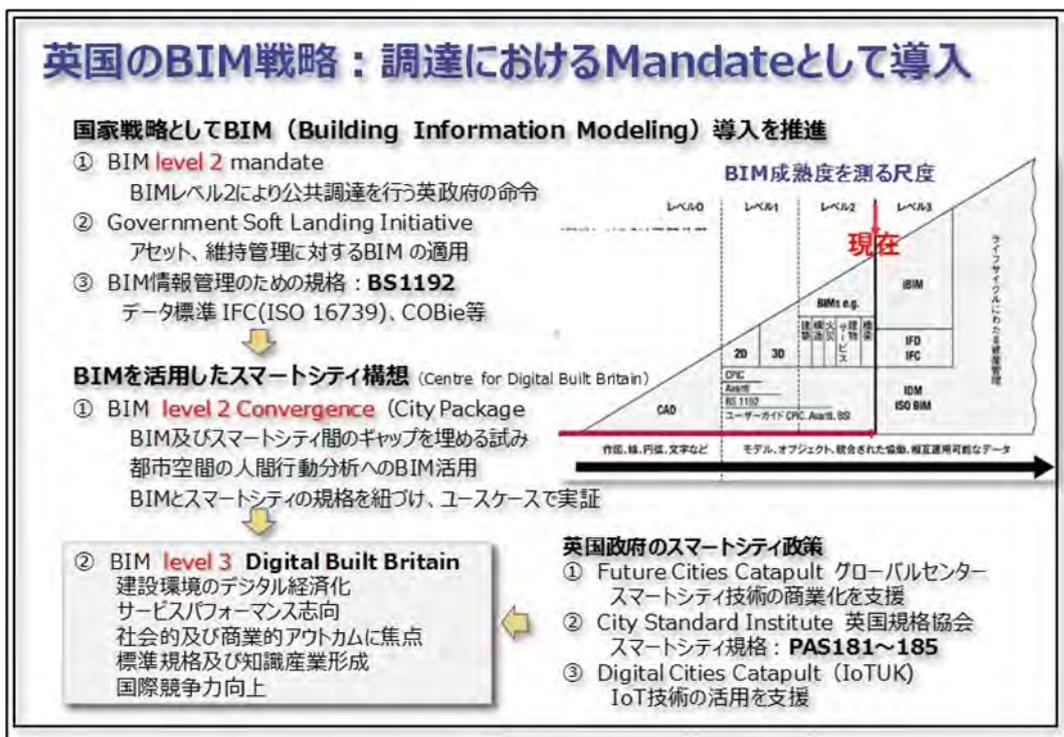


図 C-1 英国 Digital Built Britain⁹⁸

英国では、英国政府の BIM タスクグループの BIM 導入の取組の延長線上において、インフラ・建設業を始めとしたサービスバリューチェーンと資産ライフサイクル全体をデジタル化し、これらの最適化を目指すため、「デジタル・ビルト・ブリテン (Digital Built Britain) 」プログラムを 2016 年に開始した。英国の BIM 導入では、公共調達分野における BIM 導入を段階的に Level 1 から 3 まで定義し、BIM の業務ワークフロー、情報管理等のガイドラインを英国標準 BS 1192 シリーズとして発行している。Level 3 では BIM データの国際標準 IFC (ISO 16739) に準拠したワークフローを目標としている。また 2016 年以降、BIM Level 3 を目指すための戦略として、BIM をスマートシティの基盤として位置づけ、各都市のカタパルト (ラボ) による実証実験の成果や、ケンブリッジ大学に設置された Centre for Digital Built Britain による研究成果を、企業、市民、行政等のナレッジベース形成に活用する体制を敷いている。

英国標準規格協会が発行した BS 1192 シリーズの基本的概念は、2018 年に発行された国際標準 ISO 19650 シリーズに引き継がれている。本国際標準では、プロジェクト期間中のデータ (Project Information Model; PIM)、竣工後の維持管理フェーズのデータ (Asset Information Model; AIM) の定義・運用手法について述べられており、スマートシティに資する BIM データの入手において、参考となる標準の一つであると考え

⁹⁸ COCN2018 年度「デジタルスマートシティ の構築」最終報告書

<http://www.cocn.jp/report/012ed99f84a097edcf4e14e17becad1dda9aff61.pdf>

られる。

(b) シンガポールにおける都市デジタルツイン

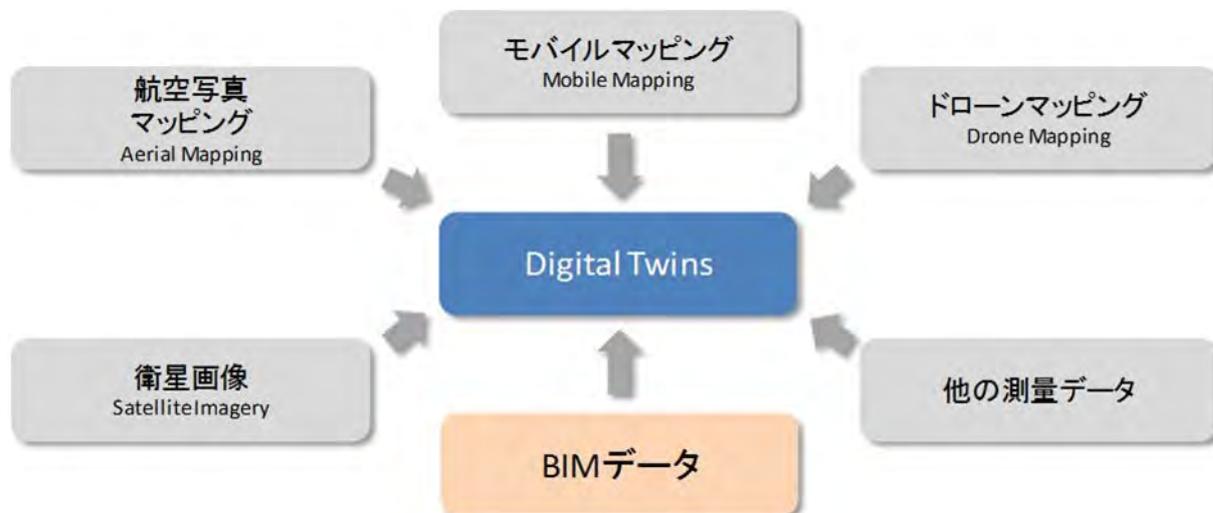


図 C-2 シンガポールにおける都市デジタルツイン構築への取組⁹⁹

シンガポールでは、「スマートネーション」構想により、国土全体にセンサネットワークを構築し、IoT を駆使したスマートシティコンセプトを前面に出した政府プロジェクトを推進している。また、国土を 3D モデル化する「バーチャル・シンガポール」では、シンガポール土地管理局（SLA）やシンガポール国立研究財団（NRF）等によって 3 次元地理空間情報分野のデジタル化が試みられている。2019 年 10 月、中国・北京で開催された BIM の標準化・普及推進を行っている buildingSMART サミットにおいて、SLA から、今後の都市デジタルツイン構築への取組の方向性が述べられた。

バーチャル・シンガポールにおいては、衛星画像、航空写真、モバイルマッピング、ドローンマッピング等から、3 次元点群、3 次元幾何形状中心の 3 次元都市モデルを構築し、空間の属性情報が設定された CityGML の活用も試みられている。

一方、シンガポールでは 2001 年から CORENET e-Submission プログラムにより建築確認手続きの電子化、BIM 活用を進められている。SLA が示す今後の都市デジタルツイン構築には、3 次元点群、3 次元幾何形状、CityGML 形式のデータとともに、e-Submission で入手した BIM データを組み込む方針が述べられている。

(c) フィンランド ヘルシンキ 3D+プロジェクト

フィンランド・ヘルシンキ市では、1980 年代から都市レベルのデジタル化を試みている。近年ではヘルシンキ 3D+プロジェクトにより、ヘルシンキ市の都市デジタルツイン構築、オープンデータとして公開をしている。

ヘルシンキ 3D+プロジェクトで構築される 3 次元都市モデルにおいては、画像データ、LiDAR（Light Detection And Ranging; レーザー等の光を用いたセンシング技術）による 3 次元点群、地理情報システム (GIS)、建物情報(IFC)などがデータソースとなっている。データソースから構築される 3 次元都市モデルに関して、3 次元幾何形状データを中心とした 3D リアリティモデル形式、及び 3 次元幾何形状に属性情報が設定された CityGML 形式の 2 分野が明確に区別されている。

⁹⁹ 出典：buildingSMART 北京サミット 2019 資料[Integrating Digital Twin with Digital Workflow] Singapore Land Authority 講演資料 https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2019/10/Beijing_Agenda_FINAL_V6.pdf

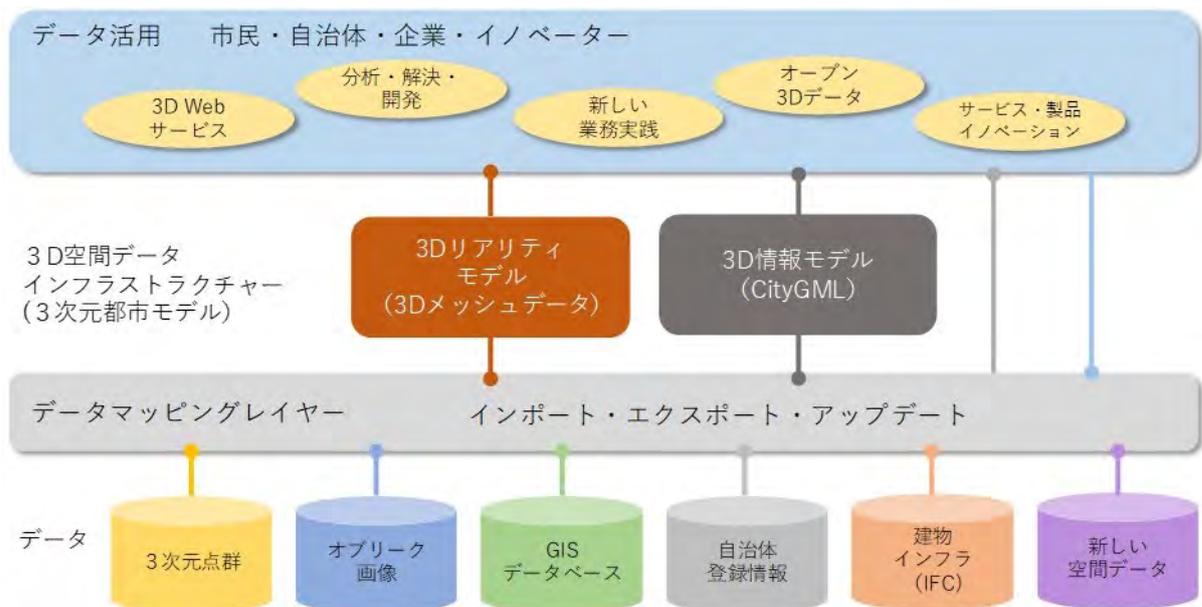


図 C-3 次元都市モデルを構成するリアリティモデルと CityGML 及びデータソースとなる IFC/GIS 等の空間データ¹⁰⁰

本プロジェクトでは、3次元都市モデル構築に、3次元点群、画像データ、GISデータ、登記簿情報(Registers)、建物・インフラ構造物としてIFCデータ等を統合する方法をとっている。このような3次元都市モデルを活用した例として、都市レベルの定量的な分析、都市計画の意思決定支援、交通・物流、資産管理、安全安心、観光・ナビゲーション等のユースケースが挙げられている(下表)。

表 C-1. 次元都市モデルユースケースの例

カーボンニュートラルシティ	プロジェクト計画
スマートシティ	微気候可視化
イノベーションと製品	建築確認
サービスとワークフロー	意思決定
Webサービス	プロジェクト管理
業務サービス	建設
教育・研究	資産管理
(都市) マーケティング	建物・インフラ維持管理
観光とナビゲーション	通信ネットワーク&照明施設管理
都市計画	例外的な状況
(スマート) 交通・運輸(物流)	防災・安全・安心サービス
建物とインフラ設計	展示会

¹⁰⁰ 出典：buildingSMART 北京サミット 2019 資料「Digital Twins of a City」Helsinki 3D+ Project より

ヘルシンキ市は、3D 都市モデルをオープンデータとして公開しており¹⁰¹、データとしてダウンロード、API でのアクセス、Web インタフェースでの表示¹⁰²等が可能となっている。ヘルシンキの都市デジタルツイン構築に関して、2019年に技術的内容を含んだレポートが公開されている¹⁰³。

(d) Digital Floriade ALMERE (オランダ国際園芸博覧会 2022)

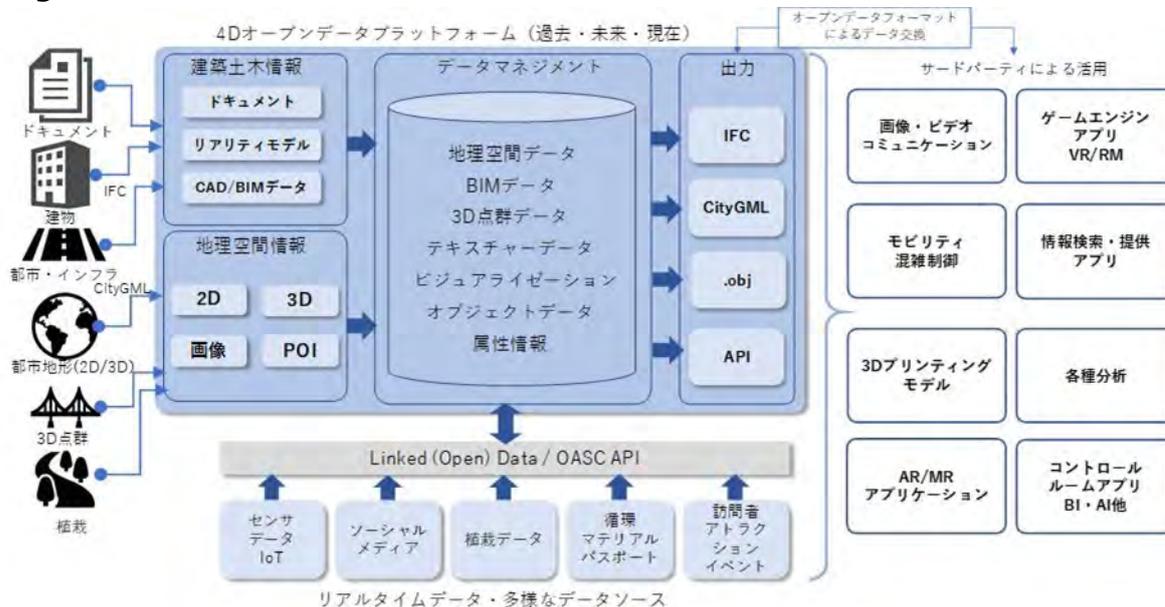


図 C-4 Digital Floriade ALMERE における都市デジタルツインの概要

2022年にオランダ・アルメレ（Almere）で開催予定の国際園芸博覧会フロリアード EXPOにおいて、Digital Floriade ALMERE プロジェクト¹⁰⁴が推進されている。本プロジェクトでは、2022年のEXPO会場においてIoTデバイス、ゲームエンジンを活用したアプリ、AR/VRを駆使した都市デジタルツイン活用を目指している。EXPO後は、都市計画、教育、環境アセスメント、資産管理、エネルギー管理等の分野で都市デジタルツイン活用を計画している。

図 C-4 に示されるのは、図の左に示される都市空間情報として、建物（BIM）データ、土木・インフラデータ、3次元地形・都市モデルデータ、3次元点群、植栽データ等がデータソースとして存在し、都市のリアルタイムデータ（図下部）としてIoTデータ、ソーシャルメディアデータ等があり、都市空間情報とリアルタイムデータ間をLinked Data（リンクド・データ）やOASC(Open Agile Smart Cities) API等によって統合し、IFC、CityGML、3次元形状(obj)、API等により都市デジタルツインを構築する全体像である。

¹⁰¹ Helsinki's 3D city models:

<https://www.hel.fi/helsinki/en/administration/information/general/3d/3d>

¹⁰² View the models:

<https://www.hel.fi/helsinki/en/administration/information/general/3d/view/>

¹⁰³ Kalasatama Digital Twins Pilot Project's Final Report:

https://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/data/helsinki/kaupunginkanslia/3D-malli/Helsinki3D_Kalasatama_Digital_Twins_020519.pdf

¹⁰⁴ " Expo 2022 Floriade Almere: City as a platform. Almere as an incubator for circular sharing cities", <https://smart-circle.org/wp-content/uploads/sites/5/2019/03/9.-Presentation-Frans-Jorna.pdf>

(2) 3次元空間情報のデータモデル標準

ここでは、前項にて紹介した都市デジタルツイン構築の動向において活用されてきている、3次元都市モデル及び BIM データに関連するデータモデル標準、CityGML 及び IFC についてその概要を示す。

(a) CityGML¹⁰⁵

CityGML は、Open Geospatial Consortium (OGC)により策定されている、仮想 3D 都市モデルのデータ交換や格納のためのデータモデル（データ形式）標準である。GML3.1.1(Geography Markup Language, ISO 19136)の応用スキーマとして定義されている。CityGML には、3D 都市モデルの基本的な構成要素や属性、関係性の一般的な定義が含まれており、異なるアプリケーションで同じデータを再利用することが可能になる。同様に、屋内ナビゲーションのための屋内空間データモデルとして OGC が IndoorGML を策定しているが、CityGML や以下の IFC と組み合わせて利用することが想定されている。

また、CityGML には、LOD (Level Of Detail)と呼ばれる、都市モデルの粒度を 5 段階に応じて表現できる仕組みを持っている。LOD0 は、地形、ランドスケープレベルであるが、LOD3 で市街地、建物の外観、LOD4 では建物の屋内空間を表現できるように LOD が定義されている。LOD3、4 レベルの CityGML データに関して、以下の IFC データからの変換が可能となっている。

(b) CityGML¹⁰⁶

IFC は、buildingSMART が国際標準化機構（ISO）と協調して策定している BIM (Building Information Modeling)、CIM¹⁰⁷(Construction Information Modeling)におけるデータモデル（データ形式）標準である。2013 年に IFC は ISO 16739:2013 として、建築分野の国際標準として発行され、2018 年に改訂版 ISO 16739:2018 が ISO/TC59/SC13 により発行された。2013 年以降、道路、橋梁、トンネル、空港、鉄道、港湾施設等のインフラ分野における IFC 標準化活動が進展しており、2020 年以降、インフラ分野の IFC 拡張が発行される予定となっている。

buildingSMART からは IFC データモデル定義が、ISO 10303-11 形式（EXPRESS 言語）、XML スキーマ形式、ウェブオンロジー言語 OWL 形式で公開されている¹⁰⁸。OWL による IFC データ表現により、IFC データがセマンティック Web 技術により Linked Data としての展開が可能となる。

(3) 空間情報のデータ連携に関連する標準・API について

都市デジタルツインの構築及び都市 OS が提供する機能に資する、異種空間データ間、空間データとリアルタイムデータ間のデータ連携に関連する、空間コード、API 等の標準について、その概要を示す。

(a) Place Identifier (PI) 及び Place Identifier Linking

Place Identifier (ISO 19155-1)は、場所識別子の概念、及び構造を規定するアーキテクチャを定義したも

¹⁰⁵ CityGML, OGC: <https://www.ogc.org/standards/citygml>

¹⁰⁶ ISO 16739-1:2018, Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema:
<https://www.iso.org/standard/70303.html>

¹⁰⁷ CIM とは土木分野における BIM を指すが、日本国内のみで使用される呼称である。

¹⁰⁸ IFC Specifications Database, buildingSMART International:
<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>

のである。「場所」の概念は、実世界だけでなく仮想世界の「場所」も含み、座標識別子、地理的識別子、または URI 等の仮想世界識別子のいずれかを使用して識別される。ISO19155 では、同じ場所を指す異なる場所識別子を対応付ける仕組みを規定している。

Place Identifier Linking (ISO 19155-2) は、場所識別子 (PI) を他のエンコーディングに存在する地物やオブジェクトにリンクさせるため、次の三つの仕組みを定義している。

- ・ gml:id (ISO19136 参照)
- ・ UUID (IETF RFC 4122 参照)
- ・ URL(IETF RFC 1738 参照)

PI Linking を活用して CityGML、IndoorGML、IFC 等、異なる空間データを個々の識別番号をリンクすることによりデータ連携が可能となる。IFC には、ドア、窓、部屋、設備機器、センサ等、BIM モデルを構成する個々のオブジェクトに、UUID の実装の一つである 128bit の GUID (グローバル一意識別子) と呼ばれる ID を設定することが可能で、他システムとのデータ連携の際に BIM オブジェクトの識別子として利用可能である。分野間空間情報のデータ連携、及び空間情報とリアルタイム情報である IoT データ等、都市活動情報をデータ連携する際、座標による重ね合わせ方法だけでなく、PI Linking のような仕組みを活用して空間コード、BIM オブジェクト識別子、IoT デバイス識別子等のリンク関係によりデータ連携することが可能となる¹⁰⁹。また、既存のコード体系に対して、ユビキタス空間コードのような共通の空間コードを対応付けておくことで、既存のコード体系に依存している業務プロセスを変える必要はなくなる。

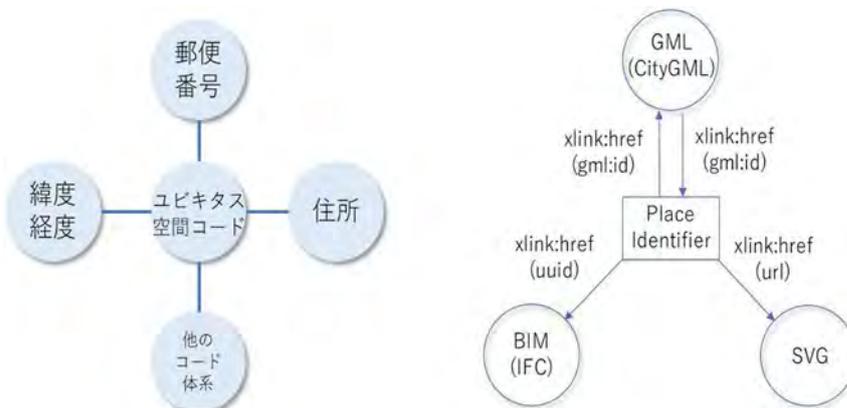


図 C-5 空間データやリアルタイムデータをリンクする仕組みと標準
(左：ユビキタス空間コードによるコード変換、右：PI Linking によるコード連携の概念)

(b) 国内の空間コードについて

国内において、公共のための空間コードとして国土地理院が提供している場所情報コード (uPlace)¹¹⁰がある。場所情報コードとは、緯度・経度・高さ (階層) によって定義される空間と、その空間に存在する特定の地点を一意に識別するための ID として定義されている。

また、現実の空間にある場所やモノを一意に同定するための「国家標準識別子体系」(National Standard

¹⁰⁹ 都市活動・環境情報の履歴情報、予測情報 (シミュレーション結果) と空間情報のリンクには、位置と時間情報が必要となる。

¹¹⁰ 場所情報コード(uPlace) : 国土交通省 国土地理院 :

<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/uPlace.html>

ID System) の確立について、日本学術会議情報学委員会ユビキタス状況認識社会基盤分科会が提言¹¹¹を行っている。

(c) 位置参照技術・サービス

住所・地名・空間コード等から緯度・経度に代表される地理座標値を導き出すにはジオコーディング機能、逆に座標値から関連する住所・地名・空間コード等を取得するには逆ジオコーディング機能が必要となる。これらの位置参照情報サービスは、API によって提供することが可能である。

道路地図のデジタル化を推進している ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) 分野においては、道路ネットワーク情報の位置参照方式が ISO 17572 シリーズとして国際標準となっている。ドアツードアの経路案内や、モビリティサービスが道路と建物にまたがる空間情報のデータ連携を行う際に、これらの位置参照技術、関連する位置参照方式や空間コード等の標準が、都市 OS またはその周辺のサービスにおいて活用される機会が増していくと考えられる。

空間コードとリンクした BIM データがある場合、特定の地理座標値周辺の、例えば建物の入り口ドアの BIM (IFC) オブジェクトの識別子 (GUID) を、位置参照情報サービスを活用して検索することが可能となる。屋外のモビリティサービスが、建物入り口ドアの GUID を検索キーとして、以下に示す IFC モデルサーバ API により、その建物の BIM データ全体へのアクセスが可能となる。

(d) IFC モデルサーバ API

IFC モデルサーバとは、IFC データをリレーショナル型、ドキュメント指向の NoSQL 型、グラフ型等のデータベースシステムに格納し、API により IFC データへのアクセス、2D/3D 幾何情報の抽出や表示等、様々な情報処理機能を提供する仕組みである。IFC モデルサーバの API により、BIM データと、IFC ビューワ、BI (Business Intelligence) ツール、GIS (地理情報システム)、IoT サービス等を連携させ、BIM データ利活用の可能性を広げる技術として今後の普及が期待されている。

IFC モデルサーバの API に関して、標準の指針となる仕様を BIMSie (BIM Service interface exchange)¹¹²プロジェクトが策定し、buildingSMART が BIMSie の API 仕様を公開している。

(e) GIS 分野の API

地理情報データに関する API には、以下のような国際標準化機構 ISO、OGC¹¹³が発行している標準が存在する。

- ・ ISO 19128:2005, Geographic information — Web Map Server interface (WMS) :
地理情報から動的に地図データ (地図画像) を生成して配信するためのインタフェースの規格。
- ・ ISO 19142:2010, Geographic information — Web Feature Service (WFS) :
地理的フィーチャ (道路、建物等地理情報の単位で、図形情報と属性情報から構成されている地物) のトランザクションと地理的フィーチャへのアクセスを提供する Web サービスの動作を規定している規格。
- ・ OGC API – Features :
地理情報のフィーチャを API でアクセスするための標準で、API をいくつかの構成要素で構築するための API ビ

¹¹¹ 「ユビキタス状況認識社会の構築と時空間データ基盤の整備について」,2014年9月19日,日本学術会議情報学委員会 ユビキタス状況認識社会基盤分科会 :

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t201-4.pdf>

¹¹² BIMSie-API, buildingSMART International: <https://github.com/buildingSMART/BIMSie-API>

¹¹³ OGC® Standards and Supporting Documents: <http://www.ogc.org/standards>

ルディングブロック方式の仕組みを提供する。本標準の策定は、ISO との協調が図られている。

付録D. アーキテクチャの維持発展を可能とする各種取組

米国 NIST¹¹⁴や欧州 OASC¹¹⁵等の組織としてのアーキテクチャ検討の取組を見ると、システム技術のみでなく、より上層の組織やルール（アナログ層）に関しても参照構造を検討していくことが、世界的な潮流となっている。従来の想像を超えるようなデータ利活用による利益を享受するためには、スマート化に合わせた制度法規の改定だけでなく、ポリシーやルールが地域を越え、国を越えて相互運用的であることが、新たなイノベーション創造にとって極めて重要になる。そのためには、自治体や組織と一緒にスマートシティリファレンスアーキテクチャの活用を支援するとともに、その結果をアーキテクチャにフィードバックしていく継続的発展的な取組が今後も重要となる。

運用組織の観点では、海外の SynchroniCity¹¹⁶（欧州）や X-Road¹¹⁷（エストニア）等では、スマートシティの基盤を提供するエコシステムが形成されている。データが標準化され、その上で各ステークホルダーが参加することにより、運用上の課題の整理や改善が行われている。

また、構築したリファレンスアーキテクチャが真に活用できる内容であることに対する検証については、海外の標準化組織で先行するリファレンスアーキテクチャとしての評価の実施についてその取組をまとめる。

国際的なデータ流通の促進に対しては、海外との将来的なデータの相互利用を想定し標準化との関係性について現時点で取組可能な項目を挙げ記載する。

(4) アーキテクチャ運用組織の例

アーキテクチャの継続的な運用維持発展を行うためには、継続的にデータを供給するための仕組みの整備が重要である。ここでは EU でのスマートシティプラットフォームアーキテクチャの運用プロジェクトである X-Road、SynchroniCity の概要を示す。

(a) X-Road（政府主導型）

法制度やシステムの維持、開発環境等、官民連携（官主導）の複数組織での実現を行っている。

- ・ 経済通信省（Ministry of Economic Affairs and Communications (MKM)）
- ・ 情報システム局（Information System Authority (RIA)）
- ・ Nordic Institute for Interoperability Solutions (NIIS)
- ・ X-Road コミュニティ

(b) SynchroniCity（官民連携型）

SynchroniCity コンソーシアムは、Aarhus University をコーディネーターとする産官学からの 38 のパートナーで構成される。

また、プロジェクトを牽引する OASC は、都市とコミュニティのニーズに基づいたスマートシティのオープンマーケットの創設を目標とする非営利の国際スマートシティネットワークである。2015 年 1 月設立、世界 30 以上の国・地域から 140 以上の都市が参加。リファレンス実装はオープンソースソフトウェアを中心に構成されている。企業や国家が主導するスマートシティ推進モデルとは一線を画した欧州的な都市・市民中心モデルと言える。

¹¹⁴ <https://pages.nist.gov/smartcitiesarchitecture/>

¹¹⁵ <https://oascities.org/>

¹¹⁶ <https://synchronicity-iot.eu/>

¹¹⁷ <https://x-road.global/>

(c) ベースレジストリ

欧州委員会の推進するプログラムであるISA^{2 118}により推進されているプロジェクトである。住所、地理空間、法人、施設等の行政機関が保有する台帳類を標準化して公開することを目的としている。正確かつ最新性のある都市関連情報が提供されるため、スマートシティを持続的に推進するための必須の環境と考えられている。

(5) スマートシティリファレンスアーキテクチャの評価

アメリカ国防総省の定義によるとリファレンスアーキテクチャは、特定の分野に関して複数のアーキテクチャや解決策、制約等をガイドする確かな情報源である。リファレンスアーキテクチャはシステムの開発や構築等に必要となる概念とビューポイント、ガイダンスを提供することで、複数の製品、組織、及び分野において共通の理解を促進する。例えば、エンタープライズリファレンスアーキテクチャ（ISO 15704）、IoT リファレンスアーキテクチャ（ISO/IEC 30141）、ビッグデータリファレンスアーキテクチャ（ISO/IEC 20547-3）等の特定分野のコミュニティにおいて、様々なリファレンスアーキテクチャが提案されており、スマートシティに関してもISO¹¹⁹、IEC¹²⁰、ITU¹²¹、ISO/IEC JTC1¹²²の国際標準団体から共通フレームワークを定義しようとしている。しかし、それらがバラバラに定義されており、スマートシティの設計、構築、運用、維持管理等のため、戦略から、プロセス、技術のガイダンスまでの一連の過程を満たす体系的な参照モデル及びアーキテクチャの整備はまだ行っていない状況である。

アーキテクチャ自体の評価は、(a) アーキテクチャが目的を満たすように（または新しい目的に合うように変更できるように）設計されているか、(b) 利害関係者のニーズと期待に応えるアーキテクチャの有効性と適合性があるか、(c) 緩和のリスクを特定し、(d) エンティティまたはそのアーキテクチャを改善する機会を特定し、(e) 利害関係者のニーズ・問題空間を明確にし、及び (f) アーキテクチャ目標の達成に向けた進捗を評価する、等多くの理由で実施される。

しかしながら、X-Road、SynchroniCity 等、様々なスマートシティリファレンスアーキテクチャを比較するためには、評価指標とともに共通化できるアーキテクチャ記述が必要となる。ISO/IEC/IEEE 42010¹²³標準は、アーキテクチャ記述に関する主要概念や、構成要素の構造、構成要素間の関係、そして原理や指針を提供する。リファレンスアーキテクチャの評価プロセスは、ドメインリファレンスアーキテクチャの記述がISO/IEC/IEEE 42010 標準を準拠されているかを判断することから始まる。もし準拠しない場合はISO/IEC/IEEE 42010 へのマッピングを行い、ステークホルダー（利害関係者）、関心事、ビューポイント（観点）、関連規則（制約）等、アーキテクチャ記述に関係する概念要素を抽出する。その後、下記のそれぞれの項目について評価を行う。

- ・ 一般的なリファレンスアーキテクチャとしての評価：ISO/IEC/IEEE 42010 の鍵となる要素の利害関係者、関心事、観点が一貫性を持ちかつ包括的に定義されているか等、構成要素を分析することになる。
- ・ ドメインリファレンスアーキテクチャとしての評価：応用するドメインに必要な関連規則（制約）が明確に定義されているか、その制約に基づき構成要素間の関係を分析することになる。
- ・ ソリューションリファレンスアーキテクチャとしての評価：解決した問題点（関心事）に基づき、解決策としての機能をアーキテクチャで提供しているかを分析することになる。

¹¹⁸ https://ec.europa.eu/isa2/home_en

¹¹⁹ ISO/TC 268 Sustainable cities and communities

¹²⁰ IEC SyC Smart Cities

¹²¹ ITU-T Study Group 20: Internet of things (IoT) and smart cities and communities (SC&C)

¹²² ISO/IEC JTC1/WG11 Smart Cities

¹²³ ISO/IEC/IEEE 42010:2011- Systems and software engineering — Architecture description, <https://www.iso.org/standard/50508.html>

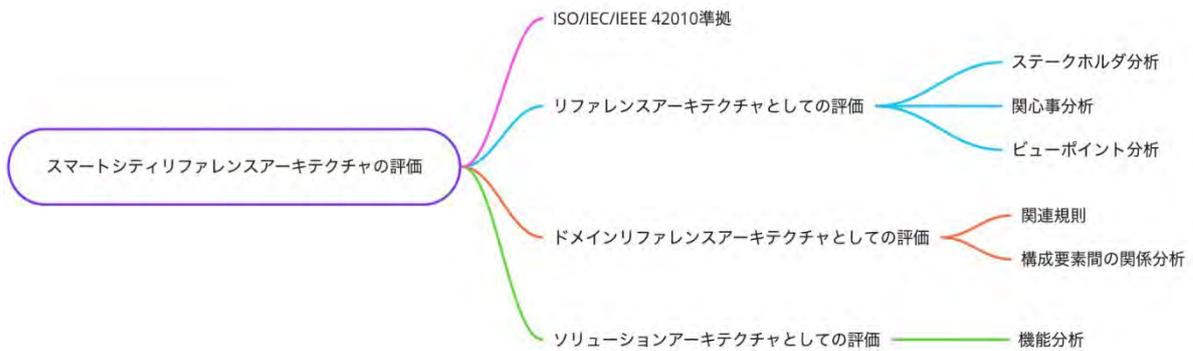


図 D-1 評価の系統図

(a) 組織（ステークホルダー）分析

組織（ステークホルダー）分析の目的は、組織（ステークホルダー）が明確にリストにされているかどうか、組織（ステークホルダー）を見落としていないかの 2 つの点にある。組織（ステークホルダー）は個人、組織、チームあるいはその他の区分たりえる。組織（ステークホルダー）分析はリファレンスアーキテクチャ文書が明確に彼らを特定しているか、常に彼らに言及しているかを評価しなければならない。組織（ステークホルダー）ははっきりと定義づけられねばならず、組織（ステークホルダー）分析においては文書中に曖昧、不明瞭に言及されている潜在的な組織（ステークホルダー）にも注意を向けなければならない。組織（ステークホルダー）分析はリストアップされた組織（ステークホルダー）がどのようにまとめられているか（例えば、観点により、あるいはその他のカテゴリーにより）を明確化しなければならない。そして読んでいる者にとって役立つ方法で組織（ステークホルダー）がまとめられているかの度合いを評価しなければならない。

(b) 関心事分析

評価方法のサブシーケンス ステップは関心事が適切に言及されているかどうかの分析に基づいていることから、文書に提示されている関心事を明確化し評価することが重要である。関心事分析は、特定の組織（ステークホルダー）のための関心事のリスト、関心事が明確に説明されているか、明らかに見落としている関心事がないかの確認が含まれる。

(c) 観点分析

観点分析は観点を明確化し、一連の関心事を網羅しているかを判断し、それぞれの関心事に適切に対応しているかどうかを評価するために実施される。また観点が構築され、組織される方法、例えば一般的に使われている概念上、ビジネス上、実用上、または遂行上の観点といったものに当てはまるかどうか、あるいは組織構造が明確で包括的であるかどうかという評価もなされるべきであろう。

(d) 関係規則分析

関連ルールが定義されているか、観点を集積した関係を捉えているかどうかを判定する。

以下図表は、それぞれの分析のために考慮すべき指標の例である。

表 D-1 評価指標の例

分析	例
ステークホルダー	見落としている組織（ステークホルダー）はあるか？
関心事	それぞれの組織（ステークホルダー）グループごとに関心事がリストアップされているか？ 関心事は明確かつ十分に具体的に説明がなされているか？ 見落としている関心事はないか？
観点	それぞれの観点の枠組みの関心事は明確か？ 取り上げられた関心事に対応する観点であるか？ 特定の関心事に対処する観点を示し評価が可能な目標があるか？
関係規則	関連ルールははっきりと記述されているか？ 明白な関連ルールを見落としていないか？

アーキテクチャを評価するため、アーキテクチャの品質属性を決める必要がある。しかし、各品質属性についてそれぞれの利害関係者の懸念に及ぼす潜在的な影響を考慮しなければならない。アーキテクチャの品質属性はアーキテクチャの利害関係者に価値を提供できる範囲であり、「利害関係者との合意」が最も重要である。その上で、アーキテクチャの劣等性または優越性の実用的な解釈を持つ、不可欠で際立った品質属性を明示する。利害関係者と合意された品質特性を整理し、整理された品質特性を元に、アーキテクチャの機能や達成度を尺度とする。

以下は ISO/IEC/IEEE 42020¹²⁴で示されたアーキテクチャの品質属性例の一部を示す。

表 D-2 アーキテクチャの品質属性の例

属性	説明
Coherence	論理的な一貫性
Completeness	全体を形成する能力
Hierarchy	レベル別の抽象化
Modularity	関心事の分離
Subsetability	事前に必要な構成要素のサブセットを提供
Verifiable	設計通りに実装可能
Flexible	条件変化に柔軟に拡張可能

アーキテクチャの相互運用性評価は、異分野アーキテクチャ間の相互運用性を評価する。相互運用性は、一般的に異なる二つのエンティティ（ソフトウェア、プロセス、システム、組織など）間の相互運用を実行する能力を指す。ISO の国際規格では相互運用性（Interoperability）を下記の通り定義している。

- ・ 情報システムの相互運用性：情報を交換し、交換された情報を相互に使用する二つ以上のシステムまたはアプリケーションの能力（ability of two or more systems or applications to exchange information and to mutually use the information that has been exchanged [出典：

¹²⁴ ISO/IEC/IEEE 42020:2019- Systems and software engineering — Architecture processes, <https://www.iso.org/standard/68982.html>

ISO/IEC 17788:2014, IEEE 610.12-1990])

- ・産業オートメーションシステムの相互運用性：それぞれのタスクを実行するため、各エンティティのインタフェースによって実装される一連のルールとメカニズムに従ってアイテムを交換する二つ以上のエンティティの機能 (capability of two or more entities to exchange items in accordance with a set of rules and mechanisms implemented by an interface in each entity, in order to perform their respective tasks [出典：ISO 18435-1:2009])
- ・スマートシティとコミュニティの相互運用性：システムが他のシステムにサービスを提供したり、他のシステムからサービスを受け入れたり、交換されたサービスを使用して、それらが一緒に効果的に動作できるようにする能力 (ability of systems to provide services to and accept services from other systems and to use the services so exchanged to enable them to operate effectively together [出典：ISO 37100:2016])

本書では、スマートシティリファレンスアーキテクチャの相互運用性の観点から ISO 37100 の定義を推薦する。アーキテクチャ間の相互運用性の評価は、表面的な問題だけではなく、潜在的な問題の識別と実行可能な解決策も含む。相互運用性の評価において、現時点において実装可能なアーキテクチャの相互運用性を決定し、将来ロードマップを提供することが可能になる。相互運用性評価は下記の観点から行うことが考えられる。

- ・発展可能性 (Potentiality)：環境変化に対するアーキテクチャの相互運用性の発展可能性を評価する。この分析の目的は、今後スマートシティリファレンスアーキテクチャ基盤のシステム構築を行った場合に起こり得る障壁を克服するために、アーキテクチャの発展可能性 (成熟度とも呼ばれる) を評価して、動的に適応および調整することである。
- ・互換性 (Compatibility)：異なる二つのシステムがスマートシティリファレンスアーキテクチャの仕様に対応しており、一方を他方に置き換えても同じように機能できるかを評価する。ここでは、連携する両方のシステムの機能を分析して、問題を引き起こすまたは引き起こす可能性のある構成要素を特定することである。
- ・性能 (Performance)：システムの実行時の相互運用性を評価する。相互運用可能なスマートシティリファレンスアーキテクチャ基盤のシステムの実装によって生じるコスト、情報が要求される時間と要求される情報が使用される時間の間の期間、交換の品質、使用の品質、および適合性の品質を考慮する。
- ・範囲 (Coverage)：より高品質の相互運用性を実現するには、関心事別の相互運用性の層を定義し、一定の基準を満たすかを分析する必要がある。また、異なる層の評価基準間の関係を理解し、基準が達成されなかった場合にシステム全体への影響を特定できるようにすることも重要である。したがって、複数の相互運用性層からの基準の適用範囲とそれらの相互依存性に基づき全体像を分析する。

スマートシティにおいては、都市レベルの相互運用性のため都市行政リーダー向けのサステナビリティ目標設計・管理ガイドラインとして ISO 37106 規格が 2018 年に発行された。ISO 37106 では、都市が要求する相互運用性に対する重要な障壁を特定し、これらの問題に対処するためのポリシーと推進を確立するため、下図の相互運用性マトリックスを定義している。本書では、他の都市、他の地方自治体や当局との連携において障壁範囲を把握し、スマートシティリファレンスアーキテクチャから必要な構成要素の抽出を容易にすることで、相互運用性マトリックスの全体像を描くことを推奨している。

	Political interoperability	Legal interoperability	Organizational interoperability	Semantic interoperability	Technical interoperability
Strategy management	Guiding principles [A] City vision [B1] Governance model [B2] Strategic business case for the overall programme [C] Risk management strategy [B7]	Legal powers for collaboration and data sharing between organizations [B5]	Smart city roadmap [B7] Stakeholder engagement plan [B3] KPI framework [C] Benefits realization plan [C] Skills framework [B2]	Open, service-oriented, city-wide IT architecture [B14] Common terminology and reference model [B6]	
Citizen-centric service management	Service transformation strategy [B8] [B11] Identity and privacy management strategy [B10] Digital inclusion and channel management strategy [B10]	Privacy, data protection and data security legislation [B10]	Customer segmentation framework [B9] Shared customer insight [B9] Key services portfolio [B9] Citizen-centric delivery model [B9] Marketing and communications plan [B3] Federated and citizen-centric trust model for identity management [B10]	City services [B11] and channels map Publishing guidance and standards [B14]	Published APIs [B8] for city applications
Digital and physical resource management	City-wide procurement strategy [B4] City masterplan [B12] Shared vision & business case for open city data [B8]	Smart contracting policy and principles [B4] Smart city principles for urban planning [B12] Legal & policy framework for open city data [B8]	Supplier management strategy [B4] Documented suite of business models for supply and use of city data [B8] Technology and data roadmap [B13]	City data resource map [B13] Common data standards and taxonomies [B14]	City ICT resource map [B13] E-Government [B14] Interoperability Framework

図 D-2 スマートシティの相互運用性を評価するためのマトリックス¹²⁵

(6) データ流通を促進させるための国際標準化

データ流通を促進させるスマートシティアーキテクチャ構築において、国際的な価値の共有やコンセンサスを得ていくことは、日本が世界的なエコシステムの一員として活躍するための要件である。そのためには、国際標準への準拠、的確な組織・団体との戦略的なパートナーシップの締結等が重要であり、そのプロセスの中で以下をまとめた。

(a) 国際標準化動向

(a-1) アーキテクチャ構築プロセス

複雑なシステムに代表される SoS (System of Systems) のアーキテクチャ構築については、ISO/IEC42010 という国際規格がある（前章で言及済み）。これは、ISO/IEC/JTC1/SC7 で開発されたもので、アーキテクチャ構築にあたっての考え方の手順（＝プロセス）を規定している。まずは、「その対象となる範囲はどこか？」、「その中でのステークホルダーは誰か？」、「ステークホルダーの関心事は何か？」、という観点からその関心事における切り口（ビューポイント）を定め、次にそのビューポイント（＝レイヤ）の中でモデルを定めて表現する、という手順である。こうした考え方に基づいて導出されたアーキテクチャの事例としては、IIC のリファレンスアーキテクチャ IIRA (Industrial Internet Reference Architecture)¹²⁶や IEEE の P2413¹²⁷がある。

¹²⁵ 出典：ISO 37106:2018 Sustainable cities and communities — Guidance on establishing smart city operating models for sustainable communities, <https://www.iso.org/standard/62065.html>

¹²⁶ 参照：<https://www.iiconsortium.org/IIRA.htm>

¹²⁷ 参照：https://standards.ieee.org/project/2413_1.html

(a-2) スマートシティ構築、評価に関わる規格群

ISO/TC268 で開発された規格群がある。評価という視点においては、ISO 37120 シリーズが都市評価のための指標（インディケータ）を提供する。また、都市管理の在り方を規定するものとして、ISO3710/37104 がある。都市（のインフラ）の成熟度を規定し、その評価や改善をするための評価方法を開発するための方法論を定めたのが ISO37153 である。ICT を活用した都市の運用モデルとしては ISO37106 があり、ISO37153 を活用し ISO37106 の運用モデルの評価特性を成熟度に表したのが ISO/TS 37107 である。また、都市構造を表すのが ISO37105 である。これらの規格はスマートシティの運用・評価に密接に関係している。

(a-3) データ流通視点での考慮すべき規格群

データ流通の視点においては、個人情報の扱いが課題となる。ISO/IEC/JTC1/SC27 ではその課題を特定し対応するための規格群を開発している。パーソナルデータ、PII（Personally Identifiable Information：個人を特定できる情報）に関わるデータをいかに取り扱うかを規定しているものに、ISO29100 がある。ISO29100 の中では、Data principal（PII が関係する自然人）、Data Controller、Data processor、3rd Party の役割と PII を扱う際の基本原則が規定されている。2011 年の規格ではあるが、改定個人情報保護法にも通じる個人情報の扱いに関わる基本的原則が記述されている（2018 年に一部改訂されている）。また、ISO29134 は PIA（Privacy Impact Assessment）の扱いに関わるガイドラインを与える。どこに PII が存在し、いかに扱うべきかのガイドラインである。

(b) 欧州データ共有プラットフォーム開発動向

国際的な正式ルールを確立するために、FIWARE、IDSA らのメンバーと積極的に意見交換した。この中で、欧州で進めるデータ主権（＝データ保持者がデータ利用管理を持つ）に基づくデータ共有サービスを実現するプラットフォームは、注目すべき動きであるということ。

データの利活用の推進には、Interoperability、Data exchange、Sharing ecosystem の存在が必須であるが、それ以前に、Data Ownership、Data security、Data value が重要で、これらが担保されないと、データ利活用が促進されない、というのが IDSA の主張である。一般的には「データに関してはその所有権は存在せず、アクセス権だけが移譲される」と言われている。その認識は日欧で同じではある。しかし、「元々のデータのオーナーがメリットを感じないと、データ交換には至らない」という主張。これを実現するのが、Data Sovereignty（データ主権＝Data Control）である。技術的には、DRM 技術を使っていることが文献で確認された¹²⁸。すなわち、Data Control により Future Usages（利用回数や利用期限等の管理）ができるようになる。データの管理権をユーザに取り戻すという GDPR の精神に合致する。

¹²⁸ <https://github.com/ging/fiware-usage-control>

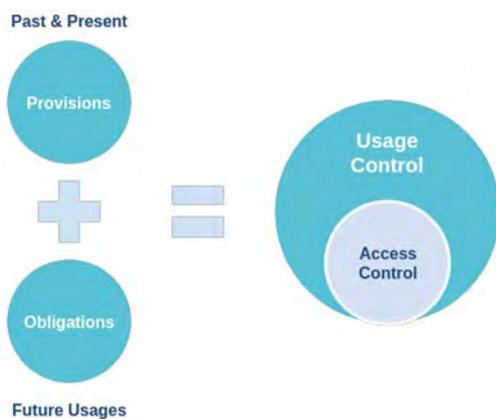


図 D-3 FIWARE が実現する Usage Control

これら構想を欧州プロジェクトとして実現するため、IDSA、FIWARE が連携し、TM forum とも協業関係を結ぶ。さらに、データの蓄積に関わる GAIA-X 構想¹²⁹を発表した。これは GAF A への対抗とみられている。GAIA-X、IDSA、FIWARE（と連携する TM Forum、OASC）の関係を図示すると、以下のようになる。

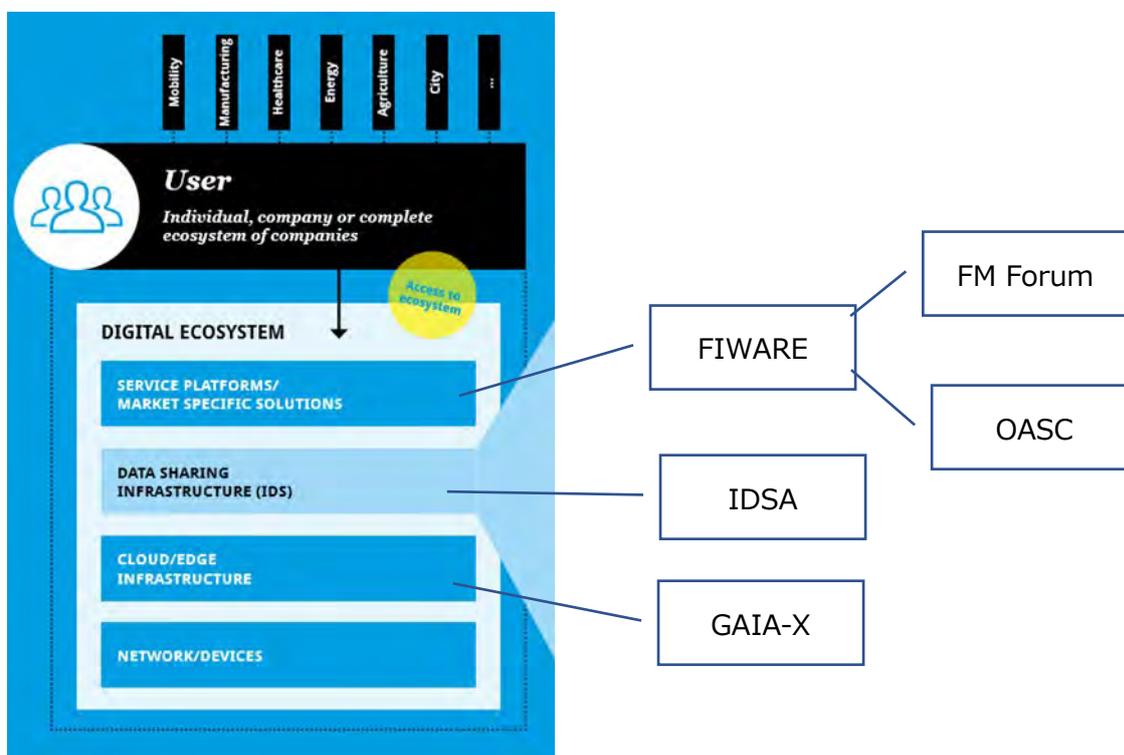


図 D-4 デジタルエコシステムを構築する 4 層¹³⁰の関係

最下層から、第 1 層は Network/Devices、第 2 層は Cloud/Edge Infrastructure で、ここが GAIA-X

¹²⁹ 2019/8/25 に独経済大臣が構想を発表

<https://www.financial-world.org/news/news/economy/3046/german-economy-minister-plans-a-european-cloud-service-gaiax/>、その後、2019/10 に独エネルギー省が発表
<https://it.impressbm.co.jp/articles/-/18915>

¹³⁰ https://www.internationaldataspaces.org/wp-content/uploads/2019/11/IDSA_IDS_broschuere_online_191125_v2.pdf

(データのストア管理) であるとしている。第 3 層が DATA SHARING INFRASTRUCTURE で IDS (データ利用管理) に対応する。第 4 層が SERVICE PLATFORM/MARKET SPECIFIC SOLUTIONS で、FIWARE が対応するところとしている。このように 4 層にはっきりと分かれるかについては疑問が残るものの、納得感のある説明であり、理解しやすい構造といえる。

(c) 今後の国際標準化への取組

ISO/TC268 規格群のように、都市の評価方法には国際標準として認知され利用されているものがある。今後、国際標準化を推進していくためには、すでに認知されている国際標準と本実施内容とのギャップ分析などの結果から標準化の必要性や提案内容の決定が課題となる。

また、国際標準化の具体的な推進においては関係する国内メンバーとの意見の統一が望まれる。データ流通面の国際標準化としては、先進の欧州プラットフォームとの連携も望まれる。

第1版

著作者

日本電気株式会社
アクセンチュア株式会社
鹿島建設株式会社
株式会社日立製作所
国立研究開発法人産業技術総合研究所
一般社団法人データ流通推進協議会

第2版

更新案作成者

株式会社野村総合研究所

第3版

更新案作成者

日本電気株式会社

執筆協力者

独立行政法人 情報処理推進機構
(4章、7章、8章、9章を中心に全般に協力)
一般社団法人コード・フォー・ジャパン (5.1.4)
株式会社 jig.jp (5.1.4)
一般社団法人 AiCT コンソーシアム (5.2.4)
バンブー・ジャパン株式会社 (5.2.4)
日産自動車株式会社 (5.2.4)
一般社団法人エコーネットコンソーシアム (6.3.1、8.1.1)
三菱電機株式会社 (6.3.1、8.1.1)
青森市 (6.3.1)
札幌市 (6.3.2)
一般社団法人 日本ケーブルテレビ連盟(8.1.2)
株式会社シー・ティー・ワイ(8.1.2)
株式会社愛媛CATV(8.1.2)
射水ケーブルネットワーク株式会社 (8.1.2)