

スマートシティの 3D 地理空間表現とコミュニティサービスのためのデータモデル 3D Geospatial Definition of Smart City and its Data Model for Community Services

西脇 彩香[†] 橋本 和夫^{†‡} 山田 啓二[†] 田端 謙一[†] 小田 三千夫[†]
Ayaka Nishiwaki Kazuo Hashimoto Keiji Yamada Kenichi Tabata Michio Oda

Abdur Rahim[§] Panagiotis Vlachas^{//} Vera Stavroulaki^{//}

Dimitrios Kelaionis^{//} Andreas Georgakopoulos^{//}

本論文では、都市の地物と多様なセンサーから得られる情報を統合したデータモデルの基本的な構成を明らかにした。スマートシティは ICT や環境科学等を用いて社会基盤を効率的に管理する都市空間と認識されている。従来のスマートシティは低炭素社会や省エネルギーコミュニティのための技術形成を意図していた。さらに東日本大震災以降では災害時における社会インフラの耐久性や回復力など、レジリエンスの概念も含むように進化している。スマートシティで実施されるプロジェクトにおいてエネルギー管理は共通課題であるため、その他のコミュニティサービスによってプロジェクト間の差別化が図られている。本論文では、コミュニティサービスを実現するための様々な条件を満たすデータモデルの検討を行った。

1. はじめに

“スマートシティ”の概念が発表されて以来、スマートシティは社会的に有意義な社会インフラの構成方法であることが認識され、技術的にも注目を集めるようになった。世界中のスマートシティプロジェクトの数は 2012 年時点で 400 を越えており、日本でも柏の葉、横浜、豊田、けいはんな(京都)、北九州等のスマートシティの実証実験が知られている^{[1][2][3]}。スマートシティの明確な定義はないが、ICT や環境科学等を駆使して社会基盤を効率的に管理する都市空間として漠然と認識されている。つまり“スマートシティ”はハードウェアもしくはソフトウェアを指すのではなく、社会システムを意味している。

スマートシティプロジェクトでは、コミュニティサービスの導入による社会システム機能の強化が試みられている。欧州ではスマートシティのサービスを、(1) 経済活動・ビジネス、(2) 環境、(3) 交通システム、(4) 教育・人的資源、(5) 生活、(6) 行政、の 6 種類に分類し、各々取り組む目標や課題に従ってサービスを設定している^[4]。

コミュニティサービスは、時間とともに変化する個人や集団の様々なニーズを満たすものなので、これを把握するためにリアルタイムかそれに近い形で人々の生活を観察することが重要となる。そのために従来のセンサーネットワーク技術や近年の Internet of Things(IoT)技術は、街中にセンサーを設置して、温度、湿度、風向、風力、大気汚染、花粉分散などを観測するプラットフォームを提供している。これらのパラメータは人間の生活環境の一部であるが、空間情報との連携は十分に検討されてはいない。都市の構造物等の空間情報は静的な情報であることから、センシングの対象から外れてしまったのだと思われる。しかし、知識表現の観点からは、環境情報は観測イベントを理解するためのコンテキストであり、空間情報はその重要な要素である。都市の空間表現については、その重要性は見直されつつあり、欧州での研究事例が報告されている。

本稿 2 節では、日本と海外のスマートシティプロジェクトを紹介比較する。3 節ではシティオブジェクト定義標準

の最新状況について述べる。4 節ではコミュニティサービス実装に向けたオブジェクトクラス的设计について提案し、5 節に結論を述べる。

2. スマートシティ研究開発の動向

表 1 に、日本と海外における主なスマートシティプロジェクトの基本サービスを示す。

表 1 日本と海外におけるスマートシティプロジェクトの基本サービス (エネルギー管理サービスを除く)

		基本サービス
日本	横浜	電気自動車 (EV) 設備
	豊田	EV 共有サービス
	けいはんな(京都)	(非公開)
	北九州	EV 設備、スマートシティ体験ツアー
	藤沢	包括的な生活環境整備
海外	柏の葉	スマートヘルスプロジェクト 都市設計センター
	San Jose (USA)	IoT センサー設備
	Amsterdam (NED)	IoT センサーを使用した渋滞緩和 スマートワークプロジェクト
	Barcelona (ESP)	Wi-Fi ネットワーク整備 スマートライティング
	Tianjin (CHN)	パイプラインによる廃棄物収集
	Masdar (UAE)	自動走行車両整備

2.1 柏の葉スマートシティプロジェクト

柏の葉では、環境調和、新産業創出、健康長寿都市という 3 つの都市開発コンセプトに基づいた特徴的なスマートシティを展開している。

“健康長寿都市”の目標は、自治体と予防医学センターが連携したヘルスケアビジネスを促進し、高齢者の都市生活をサポートする、ソーシャルエコシステムを提供することである。

健康長寿都市のサブプロジェクトの一つ、“スマートヘルスプロジェクト”では、住民の健康状態をモニタリングするために、リストバンド型データレコーダーと通信機能付きスマートスケールを使用する。住民は、PC やスマートフォンから自身の詳細な健康状態を知ることができる。

[†] 国際航業株式会社

[‡] 早稲田大学研究戦略センター

[§] Create-Net Trento, Italy

// WINGS ICT Solutions, Athens, Greece

健康状態の情報には睡眠周期や運動量、消費カロリー、体脂肪率が含まれている。

2.2 アムステルダムスマートシティプロジェクト

アムステルダムスマートシティプロジェクト（ASC）には、約 100 の企業と組織が参加しており、経済成長、意識と行動の変化、生活の質の 3 つをコンセプトに掲げている^[5]。ここでは 75 以上の革新的な研究が進行中であり、これらのプロジェクトは、交通、生活、社会、地域、経済、ビッグデータ及びオープンデータ、社会基盤の 7 つのカテゴリに分類される。

ASC プロジェクトでは、オープンデータの積極的な活用が特徴的である。90 種類以上の地図がオープンデータとして公開されており、利用者はこれらを重ね合わせて利用できる。

2.3 比較結果

柏の葉とアムステルダムのスマートシティプロジェクトについて、共通点と差異を以下に示す。

- エネルギー管理はスマートシティサービスの中核である。
- スマートシティを特徴付けるのはコミュニティサービスである。健康管理サービスはどちらのプロジェクトでも必須とみなされているが、他のサービスでは様々な差異が見られる。

コミュニティサービスは、地域や社会のニーズに基づいて設計されることから、これらの共通点や差異は当然の結果といえる。

3. 都市空間の 3 次元表現に関する研究開発動向

3.1 標準化の動き

地理空間表現の標準として、オープンジオスペシャルコンソーシアム（OGC）は、CityGML を公表している^[6]。これは 3D オブジェクトのデータ蓄積と変換を目的とした情報モデルである。都市及び地域モデルの中の関連性のある地物について、それらの形状、地形、属性、外的特性に注目して、分類法や関係を定義している。

CityGML が定義する 9 つの主題要素とアプリケーション拡張領域（ADEs）を表 2 に示す。ADEs はアプリケーションの目標によって決定される。

表 2 CityGML の主題要素と使用される ADE

項目	概要	状況
CityGML 主題要素		
地形	都市モデル内の地形表現	公開
建築物	建築物と付属設備、内部構造の属性と形状	公開
トンネル	トンネルと付属設備、内部構造の属性と形状	公開
橋梁	橋梁と付属設備、内部構造の属性と形状	公開
水部	河川、水路、湖沼、貯水池の属性と 3D 形状	公開
交通	道路、線路、街区等の交通設備の表現	公開
植生	植生オブジェクトの表現	公開
都市設備	街灯、信号機、看板、ベンチ、バス停等の固定設備	公開
土地利用	土地利用によって分類した地表面の表現	公開

CityGML ADE		
騒音シミュレーション	環境騒音発生シミュレーションへの利用	公開
ユビキタスネットワークロボット	屋内環境におけるナビゲーションロボットへの利用	公開
CityGML を用いたその他の ADE		
GeoBIM ADE	IFC(Industry Foundation Classes)との互換性付加と BIM(Building Information Model)への応用	非公開
公共事業ネットワーク	電線、電話線への利用	非公開
固定資産税	土地利用に応じた固定資産税徴収への利用	非公開
Time Dependent Variables ADE	i-Scope プロジェクトにて試験中 ^[7]	非公開
Inclusive Routing ADE	i-Scope プロジェクトにて試験中	非公開
太陽光	i-Scope プロジェクトにて試験中	非公開

3.2 関連プロジェクト

欧州では CityGML に基づいた 3D 地理空間の定義と表現のプロジェクトが進行している。ここではベルリンとニューキャッスルの事例を紹介する。

3.2.1 ベルリン経済地図（ドイツ）

(1) プロジェクトの目的

ベルリン市の官民連携組織（PPP）であるベルリンビジネスロケーションセンター（BBLC）はオンライン 3D マップデータサービスを提供している^[8]。2008 年にプロジェクトが始まり、2012 年にサービスが始動した。これは非営利利用の事例である。

(2) 対象地域

ベルリン市中央部分、約 890km²内 900,000 棟

(3) データ提供

有料（非営利利用に限る）

(4) 提供方法

非公開

3.2.2 i-Scope ソーラーシティプロジェクト（イギリス）

(1) プロジェクトの目的

i-Scope プロジェクトでは“パーソナルモビリティ”“太陽光ポテンシャル”“騒音と環境モニタリング”についてサービスを提供している。ニューキャッスル市の 3D 都市モデルは、ニューキャッスル地方自治体によって都市管理のために整備されたものである^[9]。

(2) 対象地域

ニューキャッスル市全域

(3) データ提供

非公開

(4) 提供方法

IMGeo^[10]もしくは CityGML 形式

4. データモデルの設計

本節では、本研究の対象地域で想定しているコミュニティサービスについて述べ、コミュニティサービスのためのスマートシティデータモデルを提案する。

4.1 スマートシティ試験地域

本研究のスマートシティ試験地域、グリーンコミュニティ田子西は、仙台駅の東北約 7km に位置している^[11]。東日本大地震で発生した津波は田子西の南東約 2km の地点まで到達したが、幸いにも田子西に大きな被害はなかった。

当時、本地域は既に土地区画整備を施工中であったが、初期の計画を見直し、復興公営住宅を建設した。

仙台市はこの地域に4つの公営住宅を建設し、被災した176世帯が入居している。スマートヴィレッジ街区には一般戸建住宅として16軒のスマートハウスが建造されている。先端技術と建築デザイン、コミュニティが、住民に新しいスタイルの生活環境を提供している。図1にグリーンコミュニティ田子西の都市計画区を示す。

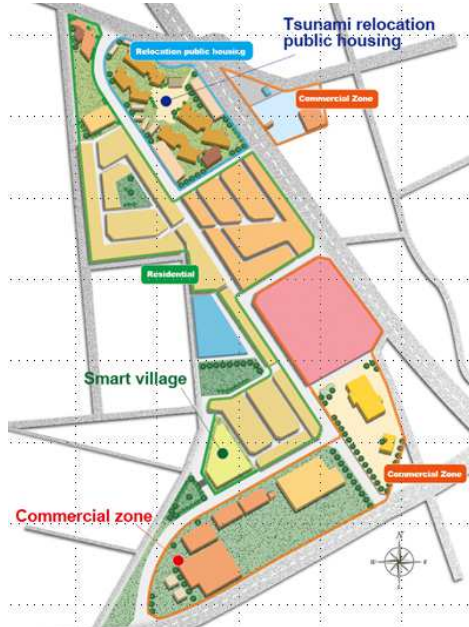


図1 グリーンコミュニティ田子西都市計画区

4.2 コミュニティサービス

スマートシティのコミュニティサービスには以下の内容を検討している。

4.2.1 都市管理サービス

仙台市は復興公営住宅と道路、街灯、公園といった地域の共通設備を管理する必要がある。そこで田子西地域では、仙台市グリーンコミュニティ推進協議会（SGCPC）が市に代わって都市管理サービスを提供している。

4.2.2 電気/水道/ガス/管理サービス

仙台のスマートシティプロジェクトは総務省研究基金の助成を受けて、田子西で展開している。SGCPCは電気/水/ガス管理サービスも提供している。

4.2.3 健康管理/高齢者ケアサービス

田子西住民の多くは高齢者であるため、健康管理サービスへのニーズは確実である。サービスの形態は次の2つに分けられる。

- サービスコーディネーター（またはブローカー）
- 健康管理サービスプロバイダー

SGCPCは将来的にサービスコーディネーターとなる。

4.2.4 その他サービス

- 自治体もしくはコミュニティ内の情報を伝える情報サービス
- 高齢者の安全な街内移動をナビゲーションし児童の安全な通学路を提案する交通サービス

4.3 データモデルの提案

スマートシティデータモデルは4.2で紹介したコミュニティサービスに使用するためのデータクラスを集めたものである。図2にスマートシティデータモデルの分類を示す。環境データモデルは環境表現のためのモデルであり、コミュニティサービスデータモデルは、各サービスに必要なサービス特有のデータモデルである。

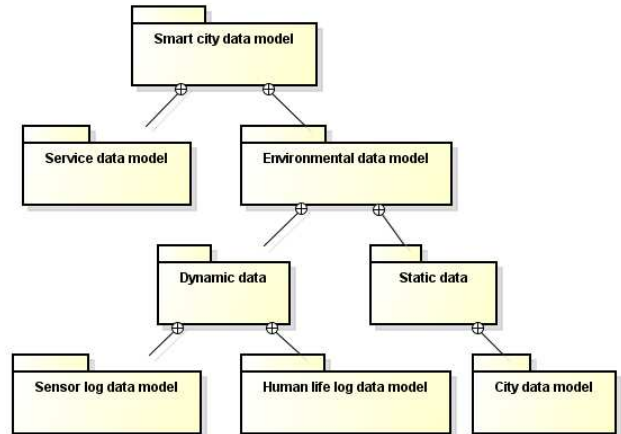


図2 スマートシティデータモデル概要

環境データモデルは静的データモデルと動的データモデルからなる。静的データモデルは主にシティデータモデルで構成されている。動的データモデルは携帯型/非携帯型センサーログモデルに分けられる。携帯型センサーログモデルは人によって固有のデータモデルである。動的データモデルにおいて、センサーオブジェクトは以下の構造をもつ。

Environment (non-mobile) Sensor Log Data Model

(sensor-id = <#n>,
type = non-mobile,
installed-location = <x, y, z>,
measured-value = { <t_k, v_k

Mobile Sensor Log Data Model

(sensor-id = <#n>,
type = mobile,
measured-value = { <x_k, y_k, z_k, t_k, v_k

式(1)、式(2)におけるx, y, z, tは、地理空間3次元座標と時間の値である。

4.4 3D 地理空間モデルの設計

シティデータモデルは、環境データモデルの下位モデルで、都市の空間表現を担う部分である。これは動的データモデルと共に人間の生活環境を表している。

図3にシティデータモデルの詳細を示す。このデータモデルは11のパッケージからなり、そのうち9つ（地形、建物、トンネル、橋梁、水部、交通、植生、都市設備、土地利用）は、CityGMLパッケージから引用している。

3D 地理空間都市データをコミュニティサービスで使用するようになるためには、環境センサーデータと地下配管データが必要である。環境センサーデータはソーラーパネル、風向風速計、比重計、雨量計、騒音計等の測定値を取得できるオブジェクトを示す。移動オブジェクトやスマ

ートフォンは環境センサーとして定義でき、その可動性から動的データモデルに分類される。電気/水道/ガスの地下配管データは設備管理サービスのために必要である。よって環境センサーパッケージと地下配管パッケージはシティデータモデルに含まれる。

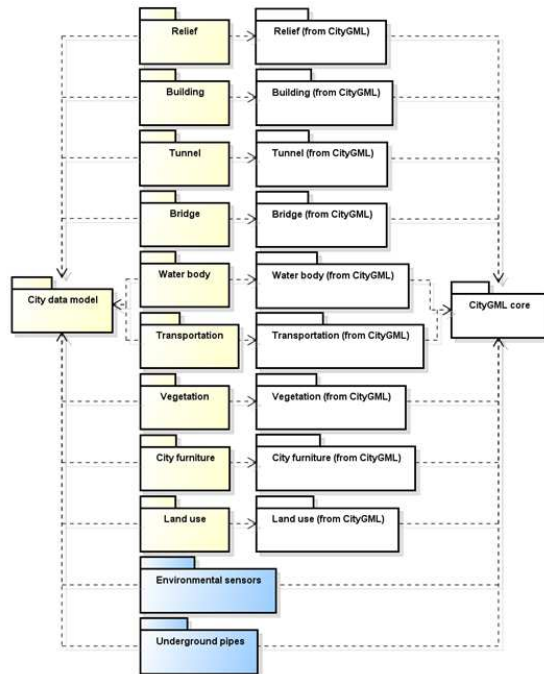


図3 シティデータモデル概要

4.4.1 環境センサーパッケージ

図4に環境センサーパッケージの構成を示す。このパッケージでは、環境センサークラスは CityGML で定義されたシティオブジェクトクラスの下層クラスとなっている。このクラスはシティオブジェクトの特徴に加えて、次に示す4つの属性と3つの関連付けを持つ。

(1) 位置と形状

オブジェクトの位置と形状は lod2Geometry, lod3Geometry, lod4Geometry という関連付けで書かれる。Lod は Level of detail の省略である。

(2) 属性

全ての環境センサーオブジェクトは class, function, usage, specification の4種類の属性を持つ。class 属性は、ソーラーパネル、風向風速計、比重計、雨量計、騒音計等環境センサーオブジェクトの種類分けを表すのに使われる。function 属性はオブジェクトの目的を示し、usage 属性は、オブジェクトの実際の用法が function 属性の指定と異なる場合に使われる。これらの属性は gml コードリストで記載され、コミュニティサービスの設計によって適当な値が決められる。specification 属性は、機器の詳細や測定値の構成等の環境センサーの詳細を表すために導入された新たな属性である。

4.4.2 地下配管パッケージ

地下配管パッケージに関する標準化としては、OGC が“InfraML”パッケージを議論している。このパッケージは現在標準化が進行中であるので、InfraML から独立した定義にするのか、InfraML に準じたものにするのかは標準化の動向を見ながら決定する。

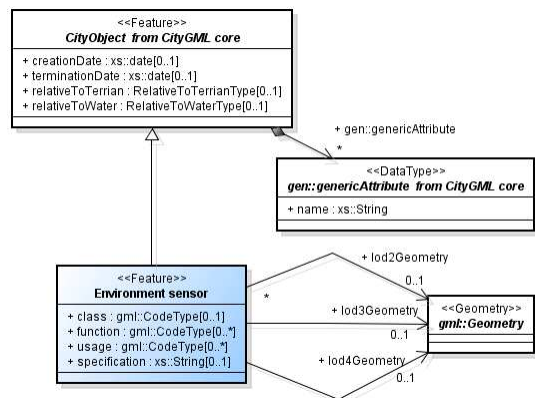


図4 環境センサーパッケージ構成

5. 結論

本稿では、世界中で展開しているスマートシティと都市の3次元表現に関する研究開発動向を紹介した。スマートシティは、平常時の経済性、緊急時のコミュニティの安全維持を目的とした、コミュニティ互助のための社会基盤とみなされている。我々はスマートシティにおいてコミュニティサービスを提供するためのデータモデルとして、シティオブジェクト、センサーオブジェクト、サービスオブジェクトを含むデータモデルを提案した。また、街の空間情報を記述するシティデータモデルを提案した。今後は田子西地区において提案したデータモデルの試作と機能性の検証を行っていく。

謝辞

本研究は EU と総務省の国際連携型研究開発「プライバシーに配慮した情報提供を可能にする高度知識集約プラットフォームの研究開発(EU 助成番号:643262)」の助成を受けて実施した。本研究は、仙台市と仙台グリーンコミュニティ推進協議会(SGCPC)にご協力頂いた。また東北大学の樋地正浩教授、菅沼拓夫教授からは多くのご助言を頂いた。

参考文献

- [1] Institute, Nikkei BP Clean Tech, Complete guide of smart city in the world, Nikkei Business Publications, Inc, 2011.
- [2] “Japan smart city portal.” New Energy Promotion Council. <http://jscc.nepc.or.jp/index.shtml>, [Accessed 2015]
- [3] “Kashiwa-no-ha smart city.” Mitsui Fudosan Co.,Ltd. <http://www.kashiwanoha-smartcity.com/en/>, [Accessed 2015]
- [4] “european smart cities.” Vienna University of Technology. <http://www.smart-cities.eu/>, [Accessed 2015]
- [5] “amsterdam smart city.” <http://amsterdamsmartcity.com/>, [Accessed 2015]
- [6] “CityGML.” Open Geospatial Consortium. <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>, [Accessed 2015]
- [7] “i-SCOPE.” <http://www.iscopeproject.net/>, [Accessed 2015]
- [8] “Berlin Economic Atlas.” Berlin Business Location Center. <http://www.businesslocationcenter.de/en/berlin-economic-atlas?closed=1>, [Accessed 2015]
- [9] “3D COLLABORATION TO SUPPORT NEWCASTLE’S SOLAR CITY PROJECT.” Ordnance Survey. <http://www.ordnancesurvey.co.uk/about/news/2012/3d-collaboration-to-support-newcastle-solar-city-project.html>, [Accessed 2015]
- [10] <http://www.geonovum.nl/onderwerpen/bgt-imgeo-standaarden>
- [11] “Green Community TAGONISHI, Sendai.” KOKUSAI KOGYO CO., LTD. http://www.kkc.co.jp/english/pick_up/greencommunity_01.html, [Accessed 2015]