

# 都市 OS を前提とした都市解析システムの構築とその運用に関する考察

萩原 隼士<sup>1</sup>・森本 章倫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail:shunhagifalfa@fuji.waseda.jp

<sup>2</sup>正会員 早稲田大学 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: akinori@waseda.jp

近年、スマートシティを支える IT システムとして都市 OS の構築が進められている。都市 OS は都市の様々なデータを収集する機能を有しており、得られたデータを解析することで都市の課題や将来の予測等に関する知見を明らかにすることができる。一方で、都市 OS と連携した都市解析の方法は不明瞭である。そこで本稿では、都市 OS を前提として都市のデータを解析する都市解析システムの全体像を提示し、このシステムを実用するうえでの課題を明らかにすることを目的とする。提示した全体像に基づき、試験的に構築した都市解析システムを限定した範囲で運用することで、都市解析システムを運用する際の課題を「データの取得」、「データの検索」、「解析結果の取り扱い」といった 3 つの観点から整理した。さらにスマートシティにおける都市解析システムの役割と位置づけについて提案を行った。

**Key Words:** Smart City, Urban Analysis, Urban OS, Smart City Reference Architecture

## 1. はじめに

### (1) 本稿の背景・目的

近年国土交通省は、ICT を利用して都市の全体最適化を目指す取り組みである「スマートシティ」に関連した政策を推し進めている。その中で、スマートシティ全体の枠組みを提示する「スマートシティリファレンスアーキテクチャ」の作成が行われ、スマートシティを統括する IT システムである「都市 OS」と呼ばれるシステムの構築が各地で進められている。スマートシティでは都市 OS のデータ管理機能によって、分野を横断した大量のデータが収集される。

都市の様々なデータが収集されれば、収集したデータから必要なデータを選び出して解析し、都市の課題や将来の予測を明らかにできる。一方で、このような都市解析に基づくまちづくりを、スマートシティという枠組みの中でどのように促進するかという研究は不十分である。また、現在行われているスマートシティプロジェクトにおいて、都市解析の主体や運営方法など十分に検討されているとは言えない状況である。

こうした背景を踏まえ本稿では、都市 OS とこれを前提とした都市解析システムの運用における課題を整理した。具体的には、都市 OS を前提として都市のデータを

解析する都市解析システムの全体像をフレームとして示し、これに基づいて実際の都市解析システムを試験的に構築した。さらに、構築した都市解析システムを限定した範囲で試験的に運用することで、都市 OS を前提とした都市解析システムを実用するうえでの課題を整理した。そのうえで、都市 OS と都市解析システムを利用したスマートシティにおけるまちづくりの全体像を提案した。

### (2) 既存研究の整理

本稿に関する既存研究として、スマートシティに関する研究をシステム、データベース、データ利用の 3 つの観点から整理した。

#### a) スマートシティにおいて運用されるシステムに関する研究

藤本ら<sup>1)</sup>は、スマートシティ全体でのエネルギーマネジメントシステム導入効果を多角的な観点から評価することを可能にする、都市規模エネルギーマネジメントシステム評価基盤の開発を行った。森田ら<sup>2)</sup>は、スマートシティのセキュリティ脅威分析を行い、IoT デバイスの物理的な破壊やハッキングによる不正動作への防御、ネットワークの冗長性確保、クラウドにおける情報漏洩・改ざん防止がスマートシティシステムにおける課題であるとした。こうしたシステムのな面での実証や検討につ

いては行われているが、スマートシティという枠組みの中で都市解析を行いまちづくりに生かすシステムに関する研究は見当たらない。

#### b) スマートシティにおいて運用されるデータベースに関する研究

岩井ら<sup>3)</sup>は都市空間のセンサ情報を収集したデータベース同士をネットワークで接続して、データの収集と検索を効率良く行うシステムを開発した。また金井<sup>4)</sup>らは、IoT 機器等から得られるメタデータの処理を担うプラットフォーム、及びデータが持つ意味をプラットフォーム間で共有するシステムを構築することで、異なるデータプラットフォーム間における効率的なサービス連携・拡張性を実現するためのシステムを提唱した。しかし、データを解析するシステムと一体的に運用されることを想定したデータベースシステム構築に関する検討は不十分である。

#### c) スマートシティでのデータ利用に関する研究

亀山<sup>5)</sup>は、行政が公開しているオープンデータをまちづくりに利用する際には、データの精度向上及び量の拡大、データ整備における財源、データの加工・分析スキル、データの公開性、予算編成へのデータ分析結果の反映、という 5 つのポイントが、現状分析や課題抽出、施策の提案を的確に行うために必要であると示した。また菊池ら<sup>6)</sup>は、過去の PT 調査のマスターデータに対して、交通ビッグデータによる観測 OD 交通量を用いて、最新時点のマスターデータを推計する手法の開発を行い、総 OD 交通量や属性別の外出率・原単位において改善を確認した。しかし、スマートシティの枠組みの中でデータを取得し解析することを前提としたまちづくり手法の検討は行われていない。

### (3) 研究の位置づけと研究の流れ

既存研究では、スマートシティにおけるシステムやデータベースに関する研究と、スマートシティでのデータの利用に関する研究がそれぞれ行われているが、この両者の関係は十分に明らかになっていない。そこでこれまでに、都市 OS の機能のうち都市解析に資する機能群をフレームとして示し、試験的な都市 OS を構築・運用してその課題を提示した<sup>7)</sup>。本稿ではこの先行研究を受けて、都市 OS と都市解析システムの関係に着目し、まちづくりへの展開の可能性を提示する点に新規性がある。これによって、スマートシティにおいて得られたデータを都市 OS 及び都市解析システムを通してまちづくりへ還元し、全体最適を目指したスマートシティ実現の一助とする。

本研究は以下の流れで進めていく。

#### a) 都市 OS と都市解析システムの関係の整理

スマートシティリファレンスアーキテクチャにおける

都市 OS の全体像を整理したうえで、本項における都市解析システムが都市 OS とどのような関係にあるのかを示す。

#### b) 都市解析システムのフレーム作成

都市 OS と都市解析システムの関係整理をもとに、都市のデータを解析しまちづくりに生かすために必要な都市解析システムの全体像を 1 つのフレームとして示す。

#### c) 都市解析システムの試験的な構築

作成したフレームに基づいて、都市解析システムの一部機能を試験的に構築する。

#### d) 構築したシステムの試験的な運用

構築した都市解析システムの限定的な範囲での運用を実施し、システムの運用から得られた課題を整理する。

#### e) スマートシティにおける都市 OS と都市解析システムの位置づけの提案

スマートシティにおいて都市解析に基づくまちづくりを促進するために、スマートシティにおける都市 OS と都市解析システムの位置づけについて提案を行う。

### (4) 重要語句の定義

#### a) スマートシティ

本研究では国土交通省<sup>8)</sup>の定義に従い、「都市が抱える諸問題に対して、ICT 等の新技術を活用しつつ、マネジメント（計画・整備・管理・運営）が行われ、全体最適化が図られる持続可能な都市または地区」とする。

#### b) スマートシティリファレンスアーキテクチャ

本研究では内閣府<sup>9)</sup>の定義に従い、「スマートシティを実現しようとするものが、スマートシティを実現するために必要な構成要素と構成要素間の関係性、そして、スマートシティ外との関係を確認するために参照するもの」とする。

#### c) 都市 OS

本研究では内閣府<sup>9)</sup>の定義に従い、「スマートシティ実現のために、スマートシティを実現しようとする地域が共通的に活用する機能が集約され、スマートシティで導入する様々な分野のサービスの導入を容易にさせることを実現する IT システムの総称」とする。

## 2. 都市 OS と都市解析システムの関係

### (1) スマートシティと都市 OS について

スマートシティ政策は、2010 年頃からみられエネルギー分野等に特化型した政策が行われていたが、2016 年に「サイバー空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会」<sup>10)</sup>として Society5.0 が定義され、この実現を目指すことが閣議決定された。これを

踏まえ国土交通省は、交通、エネルギー、行政、医療、防災などの様々な分野を横断した「都市全体の最適化」を目的としたスマートシティ政策を推し進めており、この一環として、フィジカル空間から収集した各分野のデータをサイバー空間である共通プラットフォーム上で統合的に管理・分析することが検討されている(図-1)。

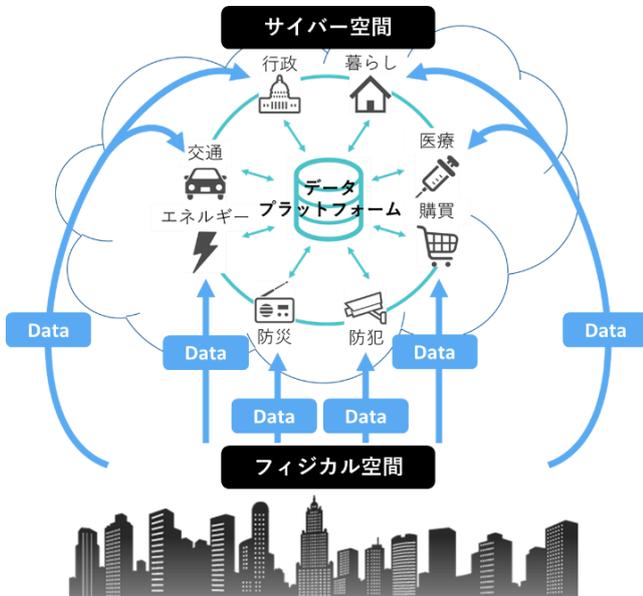


図-1 サイバー空間とフィジカル空間の概念図

こうしたデータプラットフォームの構築を目的の1つとし、今後のスマートシティ事業の拡大や、長期的なスマートシティの全国的連携を見据えた標準化の取り組みとして、2020年3月に内閣府から「スマートシティリファレンスアーキテクチャ」<sup>9)</sup>が公表され、この中で都市OSは1.(4).c)のように定義されている(図-2)。

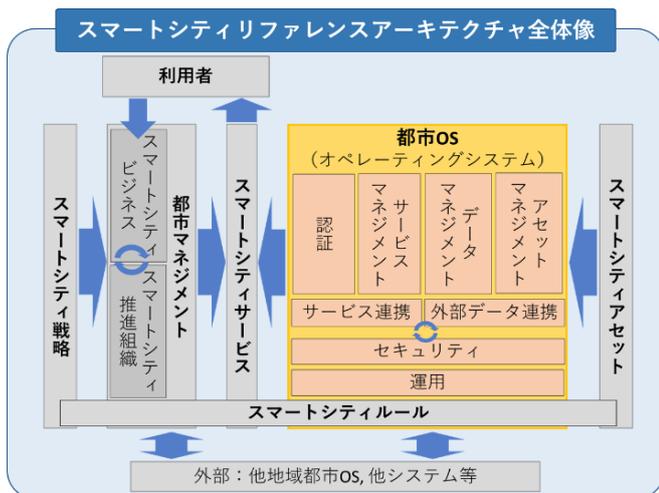


図-2 都市OSを中心としたスマートシティリファレンスアーキテクチャ全体像  
(スマートシティリファレンスアーキテクチャ ホワイトペーパー<sup>9)</sup>をもとに作成)

都市OSはその主な機能として、都市OSを利用したスマートシティサービスの連携・認証・管理機能、都市OSに保存されるデータの管理・提供機能、そしてスマートシティに設置されたデータ収集用アセットとの連携及びこれらの管理機能といった機能を有している。都市OSの設計はその拡張性・展開性を担保するために、相互運用・データ流通・拡張容易が特徴である。

以上のように、スマートシティでは様々な分野を横断した施策を実施するためのデータの共通プラットフォームとして都市OSが定義されており、都市OSには都市から収集されたデータを活用して都市全体の最適化を実現することが期待されているといえる。

## (2) 都市解析システムの位置づけ

都市OSによってデータの活用が期待される一方で、データの活用を促進する仕組みに関する取り組みは十分ではないという現状がある。スマートシティリファレンスアーキテクチャ内では、都市OSが有する機能群である「サービス連携機能ブロック」に含まれる共通サービス機能の1つとして「可視化・分析ダッシュボード」が、都市OSが提供すべき機能として定義されている。この機能は「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を提供できること」と説明されている。このように、都市OSで提供される可視化・分析ダッシュボードは収集されたデータの可視化・分析を可能にすることがその機能とされており、データの解析・分析を支援する段階までは定義されていない。また都市OS構築が進む先進的な例である高松市の「オープンデータたかまつ」<sup>11)</sup>では、この可視化・分析ダッシュボードに該当する機能として、行政施設の位置情報などを施設情報等と共にマッピングするダッシュボード機能を備えており、水位・潮位観測地点に設置したIoT機器によるリアルタイムデータも含めて、一般に公開されている。しかしこの「オープンデータたかまつ」で提供されている機能は位置情報や取得した水位情報の可視化機能であり、データを解析してまちづくりを生かす仕組みづくりは構築されていない。

このように、都市OS内で都市解析を実現する仕組みづくりは、都市OSの標準化及び具体的な都市OS構築のいずれにおいても十分に行われていない。そこで本稿では、都市解析を「都市の事物の本質を解明し、設計の指針を得るために、都市を数理モデルによって分析しその結果を評価する作業」とし、以下の手順で行われるものとする<sup>12)</sup>。

- 都市における事象を観察・整理し、問題を定義する。
- 数理モデルによる定式化を行う。
- 定式化したモデルによって、数学的な操作によって結果を出す。
- 数理モデルによる数学的な操作の結果に基づいて、定式化したモデルの適合性や施策の実施可能性を評価する。

### 3. 都市解析システムの試験的な構築

#### (1) 都市解析システムの全体像作成

本章では、2.(2)で示した都市解析の作業段階を元に、実際に都市解析システムを構築していく。まず本項では、解析システムの全体像を作成する。本システムは都市 OS との連携を前提として構築するものであり、都市解析システムが有する各機能が都市 OS におけるどの機能に該当するのかを明らかにしながら全体像を構築した(図-3)。

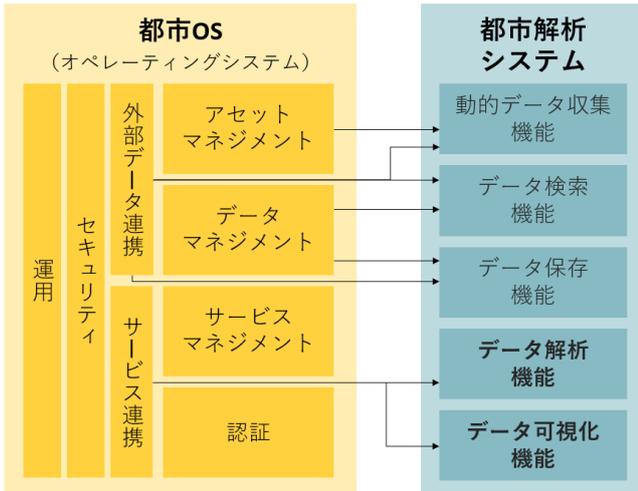


図-3 スマートシティリファレンスアーキテクチャと都市解析システム全体像の関係

以下に、都市解析システムが有する各機能の目的を示す。

#### (a) データ解析機能

データ解析機能は、本システムの根幹となる機能であり、この機能によって実際にデータの解析を行うことを目的とする。本システムは都市 OS におけるサービス連携機能ブロックに対応しており、都市解析において、定式化した手法を用いて、データの解析を行う段階に該当する。

#### (b) データ可視化機能

データ可視化機能は、解析結果を視覚的にわかりやすい形で表現し、知見として共有することを目的とする。本システムはデータ解析機能と同じく本システムは都市 OS におけるサービス連携機能ブロックに対応しており、都市解析において得られた結果を解釈する段階に該当する。

#### (c) データ保存機能

本システムは、都市 OS をはじめとしたデータプラットフォームから一時的にデータを保存すること、また過去の解析結果を保存することを目的としている。本システムは都市 OS におけるデータ管理機能及び外部データ連携機能に対応しており、都市解析においてデータを得る段階に該当し、解析方法と必要なデータを明らかに

する段階、及び得られた結果を解釈する段階において解析の支援も対象としている。

#### (d) データ検索機能

データ検索機能は、都市 OS へのデータ検索を中心に、都市解析に必要なデータ、及び過去の解析結果に対して検索を行うことを目的としている。本システムはデータ保存機能同様、都市 OS におけるデータ管理機能及び外部データ連携機能に対応しており、都市解析においてデータを得る段階に該当し、解析方法と必要なデータを明らかにする段階、及び得られた結果を解釈する段階における解析の支援も対象としている。

#### e) 動的データ収集機能

この動的データ収集機能は、IoT・センシング機器から得られるリアルタイムデータを直接収集し、都市解析システムへ保存するために適切に処理することを目的とする。本システムは都市 OS における外部データ連携及びアセット管理機能ブロックに対応しており、都市解析において必要なデータを得る段階に該当する。

#### (2) 都市解析システムの試験的な構築

3.(1)において、都市解析システムを1つのフレームとして示した。これに基づき実際に都市解析システムの一部を試験的に構築する。構築の際には、フレームに示した機能全体への拡張を考慮しつつ、データの解析機能を中心に、ミニマムな都市解析システムの作成を心がけた。また汎用性を考慮して、データ保存機能を実現するデータカタログソフトウェア「CKAN」、データ検索機能を実現する全文検索ソフトウェア「FESS」、データ解析機能を実現する地理情報システムソフトウェア「QGIS」といった、無料かつ既存のソフトウェアを選定し、都市解析システムの1つの例として構築を行った。(図-4)。

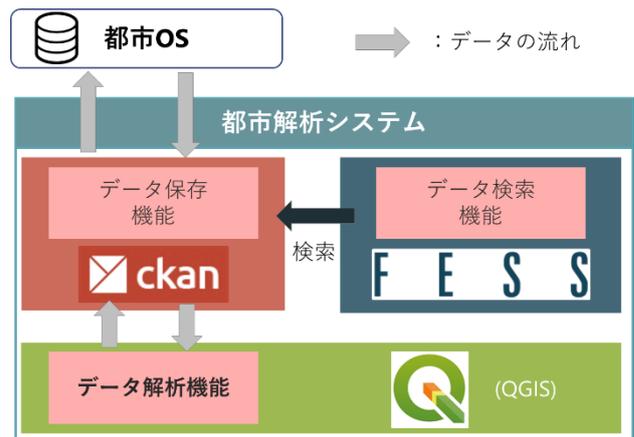


図-4 試験的に構築したシステムの全体像

### 4. 都市解析システムを運用する上での課題

本項では、3章で構築した都市解析システムを限定的な範囲で運用することで、都市解析システム運用上の課

題を明らかにする。具体的には、まちづくりを研究している大学研究室で構築した都市解析システムを数か月間運用することで、課題を把握する。なお、本システムにアクセス可能なのは研究室のネットワークに接続されている端末のみの環境で運用を行った。登録したデータとして、オープンデータをはじめ賃貸契約のある各種データ、あるいは過去の研究で収集活用したデータ、その際の解析結果を静的データとして登録した。

本システムを活用し、都市や交通にかかわる十数の研究課題を実施した結果、都市解析システムを用いてデータを利活用する際の課題は「データの取得」、「データの検索」、「解析結果の取り扱い」の3つの観点から整理することができた。

### (1) データの取得

データの取得段階においては、具体的に4つの課題が挙げられた。

#### a) 解析に必要なだがシステムにないデータの存在

今回の試験的な運用では多くの都市・交通に関する既存データが登録された。しかしこれらのデータは利用者側から見ると限定的な範囲にとどまり、利用者が解析を行うのに必要なデータが都市解析システム内にないケースが発生し、システムの必要機会が減少した。必要なデータを都市 OS 等にリクエストし、利用者が欲しいデータにアプローチできる環境づくりが課題である。

#### b) 利用制限のあるデータの対応

今回の試験的な運用では、内部情報として利用制限のあるデータもできるだけ解析システムに登録した。しかし、個人情報を含む機密性の高い情報は、セキュリティ維持のためシステムに登録できなかった。都市解析において重要なデータが活用できない場合、秘匿処理等の代替処置が必要となる。今後、個人データの秘匿化技術の進展とともに、アクセスが制限されたデータの利用を申請する仕組みを構築するといった工夫も必要である。

#### c) 連続データの自動更新

今回の試験的な運用においては、IoT 機器によって連続的に収集されたデータも登録された。しかしこうしたデータはデータ量が非常に膨大であり、また常にデータが更新され続けているため、自動取得のシステムが不可欠となる。その際、常時接続あるいは適宜アクセスの環境整備、データサーバーの容量確保など、動的データ収集機能が重要である。

#### d) データフォーマットの再整備

今回登録したデータの中には、解析に利用する上でデータのフォーマットを再整備する必要があるものがあつた。こうしたフォーマットの整備は都市 OS 等データプラットフォーム側で行うことが望ましいが、場合によっては都市解析システムに合わせて本システム側でフォーマットを再整備しなければならないため、この体制を整える必要がある。

### (2) データの検索

データの検索段階においては、具体的に2つの課題が

挙げられた。

#### a) オリジナルデータと解析結果の検索分け

今回データ検索の対象は、直接解析に利用するオリジナルデータと過去の解析結果を同一に検索する形を取っていたが、この状態ではデータを検索する際に目的に応じた検索結果を利用者が得にくいという状況になっていた。利用者の検索目的に応じて検索結果を出しわけの仕組みづくりが必要である。

#### b) データの検索対象範囲の設定

構築した都市解析システムでは、スモールスタートであることを考慮し、検索対象はローカルに保存されたデータのみとした。しかしより実用的なシステムの利用を想定した場合、システム内部、都市 OS、web 上など様々な場所に保存されたデータが検索対象となるため、検索を行う中で検索対象となるデータベースを設定する機能が必要であると考えられる。

### (3) 解析結果の取り扱い

解析結果の取り扱いについては、具体的に2つの課題が挙げられた。

#### a) 解析結果のメタデータ整備

都市解析システムで解析した結果は都市解析システム内に保存され、知見として蓄積される。これを効果的に活用するためには、この解析結果に対するメタデータの整備が必要となる。解析結果として整備すべきメタデータの種類を定義し、これに従って整備することで、解析された知見に対する検索性の向上を図る必要がある。

#### b) 解析結果の運用

スマートシティにおいて、収集されたデータの解析に基づくまちづくりのさらなる促進を実現するためには、都市解析システムをスマートシティの全体像の中で適切に位置づけることが必要であると考えられる。この全体像と都市解析システムの位置づけを、フィジカル空間とサイバー空間という枠組みの中で提案する(図-5)。

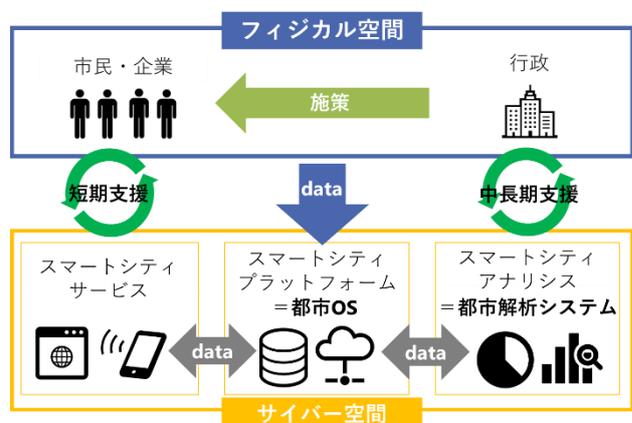


図-5 スマートシティ全体像の中の都市解析システムの位置づけ

サイバー空間では、都市 OS、都市解析システム、スマートシティサービスが互いに連携し、フィジカル空間の施策を支援する。スマートシティサービスは都市解析

システムで得られた知見を基に短期的な施策を市民や企業に直接提供する。一方、行政は都市解析システムで得られたエビデンスを基に、中長期的な施策立案に役立てることができる。

## 5. おわりに

本稿ではまずスマートシティリファレンスアーキテクチャを参考に、都市 OS を前提とした都市解析システムの全体像を 1 つのフレームとして提示した。そこでは、都市解析システムの機能を、データ解析機能、データ可視化機能、データ保存機能、データ検索機能、動的データ収集機能の 5 つとした。このフレームを用いて都市解析システムの一部機能を試験的に構築し、そして構築した都市解析システムを限定的な範囲で試験的に運用することで、システムを運用する際の課題を「データの取得」、「データの検索」、「解析結果の整備」といった 3 つの観点から整理した。

都市解析システムの具体的な課題の 1 つである「解析結果の運用」において示したスマートシティ全体像の中での都市解析システムの位置づけは、今後都市で収集されたデータを利用した都市解析に基づくまちづくりを促進する上で重要な枠組みになると考えられる。今後は、各システムと行政及び市民・企業との関係を精査し、解析結果を施策に落とし込んでいくより具体的な方策を検討していく必要がある。

## 参考文献

- 1) 藤本悠, 石井英雄, 林泰弘: スマートシティの実現に向けた都市規模エネルギーマネジメントシステム評価基盤の活用とその展望, 計測と制御, 第 57 巻, 第 7 号, pp.501-504, 2018
- 2) 森田佑亮, 濱本亮, 佐々木貴之, 三好一徳, 小林俊輝: スマートシティ基盤のセキュリティ脅威分析と対策, コンピュータセキュリティシンポジウム 2017 論文集, Vol.2017, No.2, pp.1117-1124, 2017
- 3) 岩井将行, NiwatThepvilajanapong, 石塚宏紀, 中村陽一, 金井圭介, 白石陽, 戸辺義人: TomuDB:都市空間センサ情報を扱うデータベースシステム, 情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol.2008, No.66(2008-UBI-019), pp.13-18, 2008
- 4) 金井謙治, 中里秀則, 金光永煥, 田崎創, 中村健一, 上杉充, 横谷哲也, 向井宏明, 甲藤二郎: スマートシティアプリケーションに拡張性と相互運用性をもたらす仮想 IoT-クラウド連携基盤の研究開発 ~全体構想と今後の展望~, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.118, No.328, 2018
- 5) 亀山典子: オープンデータが果たすまちづくりへの貢献—データ・リテラシーの向上に向けて—, 可視化情報学会誌, Vol.38, No.150, 2018
- 6) 菊池雅彦, 岩館慶多, 羽藤英二, 茂木渉, 加藤昌樹: 交通ビッグデータによる実用的な都市圏 PT 調査マスターデータの時点更新, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.5, pp.L667-L676, 2018
- 7) 萩原隼士, 森本章倫: 将来の交通環境の変化が交通環境負荷に与える影響に関する研究, 都市計画報告集, No.20, pp.239-243, 2021
- 8) 国土交通省: スマートシティの実現に向けて【中間とりまとめ】, 2018, <http://www.mlit.go.jp/common/001249774.pdf> (2021.1.8 閲覧)
- 9) 内閣府: スマートシティリファレンスアーキテクチャホワイトペーパー, 2020, <https://www.8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html> (2021.1.8 閲覧)
- 10) 内閣府: Society5.0, [https://www.8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/](https://www.8.cao.go.jp/cstp/society5_0/) (2020.7.22 閲覧)
- 11) 高松市: オープンデータたかまつ ダッシュボード, <https://opendata-portal.smartcity-takamatsu.jp/dashboard> (2020.12.02 閲覧)
- 12) 栗田 治: 都市モデル読本, 共立出版, pp.5-7, 2004

## A Study on the Construction and Operation of an Urban Analysis System Based on an Urban OS

Shunji HAGIWARA, Akinori MORIMOTO

In recent years, the construction of urban operating system (OS) has been promoted as an IT system to control smart cities. An urban OS has the ability to collect a various data from cities, and it is possible to clarify knowledge about urban issues and future predictions by analyzing the obtained data. On the other hand, the method of urban analysis by applying urban OS is unclear. Therefore, the purpose of this study is to clarify the issues involved in the practical application of an urban analysis system by introducing an overview of the system that analyzes urban data on the premise of an urban OS. By operating an urban analysis system constructed on a trial basis based on the overall image within the limited scope, we have organized the issues in terms of operating an urban analysis system from three perspectives: data acquisition, data retrieval, and handling of analysis results. Furthermore, we proposed the role of urban analysis systems in smart cities.