

インフラマネジメントのための InfraOS に求められる基本機能に関する考察

阿部 雅人¹・杉崎 光一²・全 邦釘³

¹正会員 株式会社ベイシスコンサルティング (〒113-0033 文京区本郷一丁目 5 番 11 号)
E-mail: m.abe@basisconsulting.co.jp

²正会員 株式会社ベイシスコンサルティング (〒113-0033 文京区本郷一丁目 5 番 11 号)
E-mail: k.sugisaki@basisconsulting.co.jp(Corresponding Author)

³正会員 東京大学大学院特任准教授 工学系研究科総合研究機構 (〒113-8656 文京区本郷7-3-1)
E-mail: chun@i-con.t.u-tokyo.ac.jp

様々なデータを連携して活用するプラットフォームの必要性が言われている。一方、インフラ構造物のマネジメントの特徴として、データの作成と利用までの間隔が長く、また、情報の種類が多様なことが挙げられる。本論文では、そのためインフラデータを活用するためのデータプラットフォームに必要な機能を検討する。まずは、既存の情報プラットフォームを概観し、合わせて他の分野の先進的なデータ連携プラットフォームを整理する。インフラマネジメントの特徴に対して、情報プラットフォームに必要な基本的な機能として、時間情報、空間情報、構造物情報などを目的に応じた解像度で整理するなど要求事項を整理した。また、具体的なユースケースを挙げ、情報プラットフォームの基本機能について考察した。

Key Words: Data Driven, Digital Transformation, infraOS, Data Platform, AI

1. はじめに

様々なデータを連携して活用するプラットフォームの必要性が言われている¹⁾。プラットフォームという概念については、Google の検索サービスや Amazon などの EC サービスなど、いわゆるビジネスプラットフォームといわれるものや、知識だけでなく人材を含めた共有 (マッチング) をするためのナレッジマネジメントにおけるプラットフォームなどがあるが、本論稿では、知識やデータを連携するためのデータプラットフォームについて検討する。

データプラットフォームとしては、デジタル庁が推進しているデジタル田園都市構想などが言われており、「データの創成」、「データの連携」、「データの活用」のサイクルの好循環の必要性が言われている²⁾。データを活用する観点から、包括的データ戦略が構想されており、例えば、連携基盤 (ツール) の開発として、データ連携に必要な共通ルールの具体化とツール開発、データ流通を促進・阻害要因を払拭するためのルールの整理、重点的に取組むべき分野ごとのプラットフォーム構築、データ取引市場のコンセプトが提示されている。

一方、インフラ構造物のマネジメントの特徴として、

情報の種類が多様なことが挙げられる。建設時に必要な情報として、建設前の地形や地盤の情報、施工時の品質情報、設計と実際に施工したものの出来形情報などがあり、また、維持管理に必要な情報として、管理段階での変遷・履歴、損傷の管理、修繕の実施、部材・部品交換など様々な情報がある。また、建設から管理まで構造物のライフサイクルが長く、データの更新が頻繁には行われないが、長い期間を通して整合した管理が必要なことが挙げられる。また、関わる主体が多くデータの受け渡しなどが複雑であり、データの作成と利用主体が相違するなど、情報が散在し、データの時間的、空間的なつながりが欠けていることが挙げられる。本研究ではこのような問題を解決するプラットフォームを **InfraOS** と呼び、その概念や機能を検討する。

また、技術の進展により、情報の形態が変化し、内容が多様化している。例えば、設計図面は、紙図面として作成され共有され保管されていたものが、マイクロフィルムにして共有や保管をするようになり、作成が CAD で行われるようになり、そのデータを **iff** などの画像形式として共有保管するようになっている。共有の方法も電子納品などのフォーマットが技術に応じて変化してきている³⁾。さらに近年では、3次元モデルとデータベ

スを併用した CIM などの活用が期待されており⁹⁾、属性情報を含めて3次元上で共有することで、建設の効率化だけではなく、データを適切に受け渡すことで管理の効率化がなされることが期待されている⁷⁾。

本論文では、2. において、インフラマネジメントの既存の情報プラットフォームを概観し、合わせて他の分野の先進的なデータ連携プラットフォームを整理する。3.において、インフラマネジメントの特徴に対して、InfraOSに必要な基本的な機能を検討する。また、4.において、プラットフォームの目的と解像度について要求事項を整理し、5.で具体的なユースケースを挙げ、InfraOSの基本機能について考察する。6.で結論を述べる。

2. データプラットフォーム

既存のデータプラットフォームについて、インフラマネジメント関係で整理されているもの与其他関連分野でのプラットフォームを含めて取り組み事項を以下に整理する。

(1) データプラットフォームの構造

自治体のオープンデータ連携のためのデータプラットフォームが検討されている。自治体のオープンデータをカタログ化したものに CKAN (Comprehensive Knowledge Archive Network) があるが、データカタログは、データセットのタイトルや URL だけでなく、タグ (データの作成者、作成日、更新頻度など) や、グループ情報 (組織分類など)、説明文などがメタデータとして公開されており、それを利用することで検索することが容易にできることが特徴となっている。分野ごとに構築されたデータプラットフォームを、データ交換機能 (コネクタ) を利用して緩やかに結合するといった考え方が DATA-EX の中で SIPCADDE (Connector Architecture for decentralized Data Exchange) の基本アーキテクチャとして検討されている⁹⁾。データを記述するために使用する用語や語彙を統一するための機能や、検索のための語彙やスキーマを登録する機能などが検討されている。それにより、検索により一部の資料ばかりが偏って抽出されることがなく、また、多様な語彙で目的に応じた検索が可能となる。データを追加するなどによりデータが増えていくとタグキーワードに偏りが生じるなどの問題があるため、収集したメタデータを更新して管理するなどの運用機能が重要となる¹⁰⁾¹¹⁾。分野間でデータ連携する機能としてコネクタがあるが、メタデータの抽出機能や、抽出したメタデータから、辞書型の変数に対する key などを利用して各種データにアクセスしたり、検索をする機能などがモジュール化されており、Docker を利用して実装が容易に

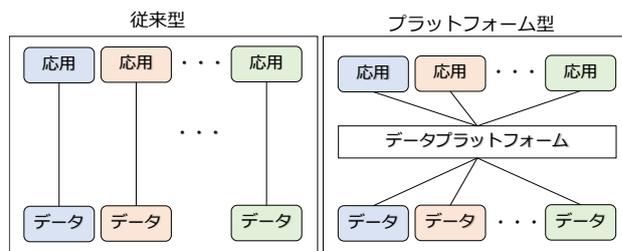


図-1 従来型とプラットフォーム型データと応用の関係¹³⁾

なるように設計されている。また、データ提供者と利用者をマッチングする際の認証機能としてトラスト連携などが検討されている。コネクタによるデータ連携では、オブジェクト (データ) と利用者がそれぞれ固有の ID を持つことで、対等な関係で直に接続し互いの持つデータや機能を利用し合う P2P [Peer to Peer] な設計となっている。さらに、来歴管理サービスがあり、データの大元の「原本」から利用データに至るまでの途中で発生する「加工」や「交換」といった履歴を管理することで、データ利用における安全性や付加価値の創造などが可能となるように設計されている。また、Circe Core というデータ連携基盤が検討されており、IoT デバイスなどでセンシングされたデータをに対し、メタデータを付与することで送信するデータ量を少なくし、システムが扱いやすいデータに変換する、といった構造化機能などが検討されている¹²⁾。

データプラットフォームは、データカタログ機能だけでなく、データとその応用方法を考えるための、ユースケースを提示することが重要となる。図-1には、従来のデータ整備方法とプラットフォーム型といわれるものの比較を示している。これにより下記のようなメリットが考えられる。

- 多様なデータ (インプット) に対応できる
- 複数の基盤やシステムと連携できる
- 多様なニーズ (アウトプット) に対応できる
- 更新が確実で容易である
- 利用者の規模に応じた柔軟性

従来の方法では、具体的な応用ごとに必要なデータを取得して利用していたが、Society5.0などで想定されているデータプラットフォームでは、様々な目的で取得されたデータを共有して、当初想定された以外の応用にも利用していくことが目指されている。例えば、交通渋滞の状況を確認するために設置された道路沿線のカメラを、気象・天候や路面状態の把握に用いることがなどが挙げられる。具体的な応用に適したデータを取得するには、対象や応用に関する高度な専門知¹⁴⁾が必要となるが、その手間や費用をプラットフォームで各種のデータを共有して多目的に利用していくことで、データ取得のコストや参入障壁を下げ、ユースケースや市場の拡大につながる

メリットが期待されている。

(2) インフラマネジメントにおけるデータプラットフォームの現状

インフラマネジメントのためのデータプラットフォームの検討が進んでいる¹⁵⁾¹⁶⁾。これらでは、管理主体ごとに異なるデータ形式や表現に対応することや、目的に応じた分析や可視化が可能なこと、また、各種業務への利用を想定したプラットフォームとして検討されている。データを管理するためのプラットフォームには、多様なデータを連携して扱えること、また「構造物の寿命」に対して「ファイル形式等の寿命」が短いため、多様なフォーマットに対して修正可能なシステムである必要がある。また、空間的・クロスセクショナルな広がりや時間的な広がりに対して、俯瞰的に情報を見る場合と、より解像度を上げてみる場合と、マネジメントの目的（ユースケース）に応じて柔軟なインターフェースが必要となる点が挙げられる。

道路や上下水道のような社会インフラの特徴として、ネットワーク状に広がっていることがあり、また、地域に及ぼす影響が大きいこと、多様なデータを表示する基盤として、地図データや地理情報システム（GIS）が多く用いられている。それぞれのシステムには、建設、点検、災害対応など、目的別にデータベースが構成されているのが現状であり、それぞれにデータモデル¹⁷⁾がある。データ構造としては、表形式のような構造化データと画像やセンシングデータのような非構造化データなどがあり、また、処理方式としては、データを蓄積して利用するストック型、リアルタイムにデータを確認するようなフロー型のデータなどがある。データの連携という観点から考えると、現状では、エクセルなどの表計算ソフトで作成した表やグラフ、CADで作成した図面、デジタルカメラで撮影した写真などを、エクセル、ワード、パワーポイントなどのソフトに貼り付けて共有したり、BIツールなど汎用的なものも含めて、独自のシステムなどで表示して共有していることが一般的である。

近年は、社会インフラの維持管理やマネジメントへのデータ利活用も進んでいる¹⁸⁾²⁰⁾。多様なデータを統合化し、利活用する枠組みが検討されている²¹⁾。また、GISに紐づけられた構造物の諸元や図面データ、施工記録、点検・補修記録などの基本情報に、3次元点群データを連携させたインフラプラットフォームが検討されている。それにより、3次元空間での構造物の現況確認、損傷や変状の把握に加え、現況図面の作成や設計・施工に関わるシミュレーションなどを行うことが可能となる¹⁹⁾²¹⁾。点群や3次元モデルを利用して構造物の点検記録などの維持管理情報を可視化して整理する研究があり²²⁾、また、BIM、CIMの活用という観点から、建設時の情報と維持

管理情報を3次元モデルを基盤として結びつける方法が検討されている²³⁾²⁵⁾。3次元モデルの作成要領などが整備され²⁶⁾、IFCなど国際的な基準を利用したモデル化が検討されている²⁷⁾。また、現実世界にあるさまざまなデータをロボットやセンサー技術で収集・蓄積するいわゆるIoT技術の活用では、サイバー空間でAIや大規模データ処理技術を駆使して分析・知識化を行い、人が最適な意思決定を行っていく「サイバーインフラマネジメント」という概念が検討されている²⁸⁾。現実空間にある橋やトンネルといった道路構造物の竣工図や設計計算書から、地盤モデルから構造モデルまで、実物と同じ性質・挙動を示すモデルをサイバー空間に再現する「デジタルツイン」と呼ばれる試みがなされている。

構造物の諸元や状態などのいわゆる属性情報と、3次元モデルや点群データなどで構造物をモデル化した情報をGISを基盤として連携するデータ連携プラットフォームとして国土交通データプラットフォームが検討されている²⁹⁾。入力データとして、インフラデータ、地質データ、工事・業務データなどがあり、GISを基盤としたデータ連携が検討されている。また、橋梁の点検データについても管理者により点検記録のフォーマットや公開情報の程度などが相違するが、諸元的な情報だけでなく、健全度をデータベース化してGIS上に表示する全国道路施設点検データベース～損傷マップ～などが公開され、公開データを利用した分析のためのAPIなども今後整備される予定である³⁰⁾。

(3) 関連分野のデータプラットフォーム

a) スマートシティ・スーパーシティ

SIPの第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術のアーキテクチャ構築ならびに実証研究事業」において、スマートシティの実現を目指して構築したアーキテクチャとして都市OSが検討されている³¹⁾。また、セキュリティの観点から総務省のスマートシティセキュリティガイドラインが整備された³²⁾。過去のICTの活用事例においてデータとサービスが1対1でのみ利用されるサイロ型のシステムを利用していたのに対して、都市OSという概念を導入することでデータ連携によりサービスが連携することを具体例を挙げながら説明をしている。データ連携基盤の具体例として、「行政、交通事業者や病院、見守り、福祉などのサービスが連携されている場合、最適な通院、最適な介護、緊急時の搬送など、各種サービスと交通サービスを如何に効果的に連携させるかなど、異なるサービス間で相乗効果を追求するためには、それぞれのサービスが、どのような仕様のどのような技術を用いる場合であっても、比較的容易に、相互にデータを連携・共有できるようなデ

ータ連携基盤の構築が重要。³³⁾

など説明されている。データ連携をするためには、API（あるサービスやアプリケーションにおいて、その機能や管理するデータ等を他のサービスやアプリケーションから呼び出して利用するための接続仕様等）が公開されていること、また、APIに関するメタデータ（データに関する説明やデータモデルなどを説明したもの）を有しており、メタデータの伝送において、原則的な設計様式としてREST、データ形式としてJSON（JavaScript Object Notation）を利用することが推奨されている³³⁾。これらの情報を整理することで、具体的にスマートシティを実現するためのスマートシティ・ガイドブックが検討されている³⁴⁾。都市OSにおけるアーキテクチャを具体化するものとしてFIWARE（ファイウェア）などが紹介されている。ユースケースとしてはIoTなどの観点など様々あるが、スマートビル、材料、ヘルスケアなども検討されている³⁵⁾³⁷⁾。

b) スマート農業

データに基づく農業を実践する目的で、農業ICTの活用する上で様々なデータが散在し多くのデータが活用されていない課題に対して、データやサービスの相互連携のための「データプラットフォーム」としてWAGRIが構築されている³⁸⁾。WAGRIの利用者はAPIを通じて農業に必要な気象情報や、農地の位置情報、水稻・小麦・大豆の生気象データやセンサを利用して農作物の環境を計測して、農業従事者にデータを提供するような取り組みとなっている³⁹⁾。データを提供する機関は、WAGRIに接続してAPIを開発し、データを投入し、データを利用する機関は、APIを利用しJSON形式でデータを取得し、データを活用する機能を開発し、新たなサービスや価値を付加するなど、開発者にも利用者もメリットがある仕組みが目指されている。情報プラットフォームでは、RESTやJSONといったフォーマットで記述されたデータが公開され、また、目的別のAPIが用意されユースケースが分かりやすいようになっている。

c) スマートファクトリー・ロボット

製造業の工場などの生産性向上のためのデータ連携が進んでいる。いわゆるIoTやCPS（Cyber Physical System）といった考え方では、サーバーやエッジといった観点で、データ活用のリアルタイム性などの観点からどのような処理方法は望ましいかなども含めて検討が進んでいる。また、ロボットなどのセンサによる計測データや制御を行うためのデータ通信仕様などを統一するようなROS（Robot Operating System）といった特にデータの通信仕様を取りまとめたプラットフォームも検討されている⁴⁰⁾。

d) 防災

防災は公共性や協調的領域的な範囲が大きいこともあり、産学官民連携した検討が多くされている。SIP4Dで

表-1 データ連携の課題

データ連携の課題	ユースケース	
	使い道あり	使い道不明
データがあり、見つけられて、つながる	市場化で対応	マーケティング・マッチング
データがあり、見つけられるが、つながらない	APIを整備	連携費用（¥）
データがあり、つなげられるが、見つけられない	情報検索で対応	連携費用（¥）
データはあるが、繋げられずに、見つけられない	プラットフォーム構築	連携費用（¥¥）
データがない	センシングの必要	連携費用（¥¥¥）

※¥が多くなると費用大

は、自治体や国研などがそれぞれ管理している既存データを連携することで、民間事業者を巻き込んでデータ活用を模索する取り組みとなっている⁴¹⁾。府省庁情報として、気象情報、病院情報、自治体／公共機関情報として、道路情報、建物や津波被害推定、民間情報として車両通行実績、SNS情報などを収集統合し、被害把握、人命救助、避難所対応、物資対応などにおいてGISにおける情報共有や情報検索などによる活用が期待されている。

(4) データプラットフォームの課題

オープンデータを公開して連携して活用する取り組みにおいて、良い実践スキームとして以下の5つが挙げられている¹⁰⁾。

- ・オープンライセンスでWeb上に公開する（形式は問わない）
- ・データを構造化データとして公開する
- ・非独占の形式を使用する（例：CSV）
- ・物事を示すのに固有の識別子を使用する（例：RDF）
- ・他のデータへリンクしたデータ

（LOD：Linked Open Data）

また、データを活用するという観点から、データジャケット（Data Jacket：DJ）が検討されており、DJでは、データの中身ではなく、データの概要（データ内の変数名、保存形式、収集方法、共有条件など）を共有することが提案されている⁴²⁾。このようなデータの概要はメタデータとして共有されるが、データ連携のみでなく、データ基盤を連携するという観点から課題が整理され、研究が進んでいる⁹⁾。研究の課題として、表-1のような分類を考えることができる。

・データが繋がらない問題

RESTやJSONなどを利用してAPIを利用してデータとデータを繋げる仕組みが考えられているが、ユーザーに対する認証の仕組みなどが課題と言われている。また、データを繋げる際に、データの関連性をメタ情報として整理したオントロジーや Semantic Interoperability などの検討が進んでいる⁴³⁾⁴⁴⁾。Web上で公開・共有するための技術や方法論の総称として、Linked Open Data (LOD)などがあり、意味を利用したweb検索(セマンティックWeb)で培われてきた技術等が利用されている。一般用語などにおける検索はうまくいくが、特定のドメインなどで利用するには、独自のオントロジーなどが必要となるなどが課題として挙げられる。

・データが足りないという問題

AIの活用などにおいて正解となるデータがミッシングデータ(存在しないデータ)となっていることが課題と言われている。例えば、地中の物体を検出や計測したいなどの観点から、レーダー計測データに対してその正解データが無いといった問題が挙げられる。

・データ連携がどのように活用できるかわからない

どんなサービスが欲しいか、実現可能かなど、データ連携の効果が見えないという課題がある。これによりビジネスとして成立するかやってみないとわからないという課題がある。

3. InfraOSで利用するデータと基本機能

コンピューターの分野ではOSという概念が出来て、ハードウェアの違いをOSが吸収する仕組みができ、OS上のそれぞれの目的に応じたアプリケーションからハードウェアの情報取得やコントロールをできるようになった。それにより、ハードの仕様をそれほど意識することなく、ソフトウェアを開発することができる、また、ミドルウェアを別途開発することでハードの更新などに対しても既存のソフトを大きく変更することなくシステムを維持することができるようになっている。データの管理においても、OSI(Open Systems Interconnection)参照モデルなど、データを階層化して管理するモデルある。この概念を利用して、社会インフラのマネジメントにおいて、個々の構造物(ハード)、それらの状態を評価したデータ(目視データやセンシングデータなど)、管理用のアプリケーション(ソフトウェア)をつなぐ役割としてのInfraOSの必要性が考えられる。

InfraOSは図-2に示すようにデータとソフトウェアを管理することになるが、ソフトウェアはOSそのものも含むか、クラウドサービスへの接続とするかなど、ケースバイケースになる。キーとなるのは、データをソフト

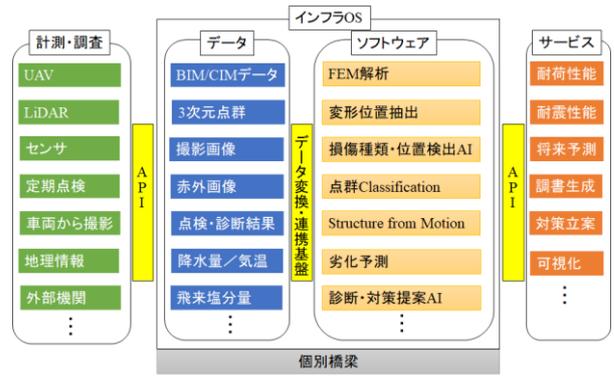


図-2 InfraOSの構成イメージ

ウェアの入力に適した形にする変換機構であると考えられる。また、入力として十分な情報が得られないケースも多いため、必要に応じてデータを補完する機構も重要である。その補完は、専門知をもとにしたAIにより行われるのが望ましいと考えられる。また、ソフトウェアの出力を別のソフトウェアの入力とするようなケースも考えられる(例えば劣化予測を行った結果をFEMの入力とすることで、将来の耐荷性能予測を行うなど)。より便利につかうための機能の整理(要件定義)と、それらをOS化するためのAPIやデータの標準化が課題である。また、開発や運用において、テスト機能や更新機能などを持たせることが重要となると考えられる。

InfraOSに類似する概念として、前述したようにスマートシティにおける都市OSという概念がある³¹⁾⁴⁵⁾。都市OSにおいては具体的には時空間情報の扱いなどが検討されている⁴⁶⁾。また、自動運転などの観点からローカルダイナミックマップ(LDM)が検討され、扱うデータを変化の速さに応じて、静的データ、準静的データ、準動的データ、動的データの四つに階層化してデータを管理するアーキテクチャが検討されている⁴⁷⁾。また、人工知能を前提としたPhTML(Place and Time for Machine Learning)といった時空間を統合するためのデータプラットフォームの検討が進んでいる⁴⁸⁾。深層学習を前提とした前処理や検索処理、高密度な点群データを処理する機能など、異種の時空間データを統合するための機能が検討されている。InfraOSは都市OSの概念をインフラマネジメントに特化して機能を検討するものである。ハードウェアとして、橋梁、トンネルなどが想定されるが、機能や用途に着目したInfraOSのイメージを図-3に示す。ソフトウェアとしては、構造物の劣化状態を評価して措置の方法を選定するといった観点や、点検や補修補強、災害対応などの業務(計画、積算、発注、品質管理など)を円滑に進めるための機能が考えられる。また、建設時の施工管理に必要なツールなども考えられるが、特に、CIMの活用などで検討されているように、建設時のデータを管理に活用するようなライフサイクルを考慮した観

表-2 電子納品におけるXMLの例

```

(1) 工事管理ファイルの記入例
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS"?>
<基礎情報>
  <打合せ簿フォルダ名>MEET</打合せ簿フォルダ名>
</基礎情報>
<工事件名等>
  <発注年度>2021</発注年度>
  <工事番号>202111110123</工事番号>
</工事件名等>
<場所情報>
  <測地系>02</測地系>
  <水系-路線情報>
    <対象河川コード>8606040001</対象河川コード>
  </水系-路線情報>
</場所情報>
<施設情報>
  <施設名称>〇〇水門</施設名称>
</施設情報>
<発注者情報>・・・</発注者情報>
<受注者情報>・・・</受注者情報>
<予備>・・・</予備>
  
```

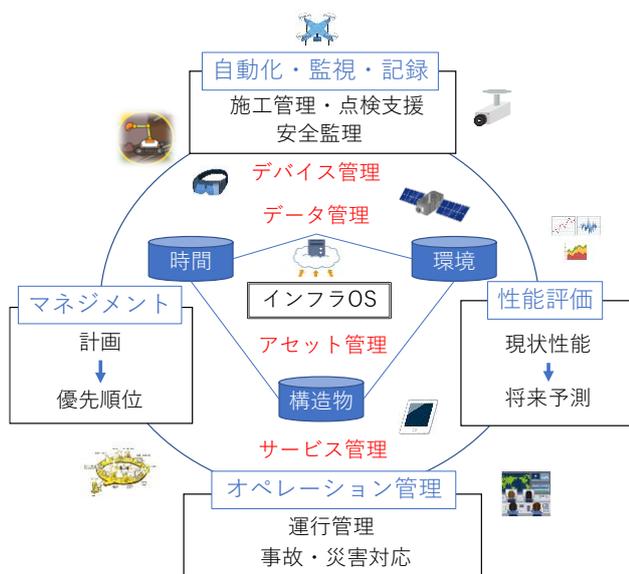


図-3 機能や用途に着目した InfraOS イメージ

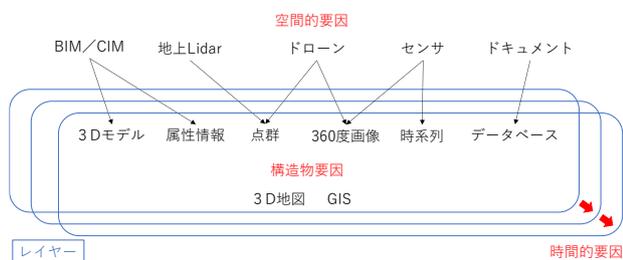


図-4 InfraOSの機能イメージ

点が重要であると考えられる。建築では BIM の活用において施工情報を維持管理に引き渡すための情報交換仕様として COBie (Construction Operations Building Information Exchange) が検討されている⁴⁹⁾。

インフラメンテナンス業務のイノベーションにおける課題整理を企図した建設から維持管理までのデータを一貫して管理することを実現するための InfraOS として、図4に示すような、知識・データ(形式)を空間、時間、構造的な要因から考慮できるといった観点から以下に整理する。

(1) 知識・データ形式

a) 知識

データプラットフォームの機能としてインフラマネジメントに関する知識をコーパスとしてデータ化して蓄積する機能が考えられる。コーパスとは文書データを蓄積したデータであり、どのような文章なのかをアノテーションした教師データとして利用できるものや文章をただ集めただけのものがあるが、医療の事例などが参考となる⁵⁰⁾。また、データ連携という観点からは、既存の知識(専門知)を基にしたメタ情報やオントロジーなどが整備されていることで、関連情報の曖昧検索や、類似検索

など、疎結合的に連携できる機能が考えられる¹⁴⁾。設計や点検要領の変化などに対しては、考え方や語句の変化などに対する類義語などを定義して、容易に更新する機能などが挙げられる。データを知識を含めて蓄積しておくことで、データから知識を抽出していく AI の開発が可能となる⁵¹⁾。

b) データ形式

インフラの寿命は、情報メディアの寿命より長い。そのため、例えば、図面を考えれば、手書き図面、青焼きコピー、マイクロフィルム、CAD ファイル、BIM/CIM モデルなど形式が変化している。そのため構造物に補修補強などの修繕を行う場合は、古い構造物であれば紙図面しかなく、補修部材だけ CAD で作成するなど、既存の図面の更新がされない、もしくは労力がかかるなどの問題が発生する。また、点検時の変状を撮影した画像なども、過去の写真の解像度は低く、最近のものは解像度が高いなど、また、ドローンなど動画で撮影されたものをどのように活用していくなど、技術の変化に応じてデータ形式も変化している。特に変化が大きなものとして、報告書などのドキュメント類が挙げられる。過去には、手書きなどで報告書を記載していた、もしくは紙ベースで保存されているものをスキャン画像として記録するなど、近年では、電子納品などが進んでいるが⁹⁾、pdf や tiff などの画像ファイルを、表-2に示すような XML を利用して構造化して保存するような仕組みになっている。このようなデータ形式の相違するデータをできる限りシームレスに扱えることが機能として要求されている。また、今後もデータ形式は変化していくと考えられるため、過去のデータを迎えるように柔軟にデータ形式の違いを

吸収できるような機能が要求される。

(2) 空間情報

面的に広がるインフラの管理では、図面や地図など二次元による管理が有効であるが、道路や線路、水道管や電線など線状に分布するインフラの管理では、距離標による一次元的な管理（例えば、キロポストやキロ程など）が有効である。また、近年では、CIMや点群など三次元での管理（3Dモデルや標高などの）の有効性が言われており、目的や用途ごとに切り替えができる機能が考えられる。距離標は、緯度経度の対応関係から二次元的な表現と対応させられる。また、距離標とそれに対応した縦断面図から三次元的な表現を生成するなど、次元を切り替えることが考えられる。次元を切り替えるメリットとして、例えば、2次元の図面を3次元で表示することが容易にできるようになる。また、3次元に表示された構造物に対して、点検結果などを位置を明確にして紐づけて状態を可視化して共有することで、状態の悪い構造物を集計したり、状態変化に対する属性・要因分析等が可能となる。また、地図上に表示された構造物を、KPなどをもとにした線上に縦断勾配などで並べて表示する機能なども考えられる。

(3) 時間情報

インフラマネジメントにおいては、長い構造物の寿命に対して、建設から管理までデータが一貫して時間軸に沿って利用されることが重要となる。時間情報としては、タイムスタンプといわれる年月日や年度などの時刻だけでなく、建設工事や、管理では点検や補修補強、また災害の発生などのイベントごとの整理が必要となる。

委託や請負など管理者が外注を利用する場合は、例えば工事や計測などを発注した場合などでは、施工日と計測日などに対して実際データが納品される時間とデータが生成される時間が相違するなど保存の際には注意が必要となる。また、計画から実現までに時間がかかることが挙げられ、計画に対して変更が生じる際に最初の計画に対して変更履歴や最新の情報の管理、また、要求性能や用途の変更などにも更新できる機能も必要となる。

点検などは5年に一回など周期的に行われるものがあるが、定期的な点検の途中で災害などのイベントがあれば、随時点検が行われ、その情報も定期的な点検と連携して管理することが望まれる。また、補修などは点検の状態に応じて検討されるのが一般的であるため、補修計画において点検データとの連携はもちろんのこと、補修後の記録も次回の点検などと連携していることが必要となる。また、補修計画においては、建設時のデータが必要となること、補修箇所は、完成図面などに対して付加的な情報となるため、建設時の情報を履歴として残した

上で更新するような連携も重要となる。

(4) 構造物情報

インフラマネジメントにおいては、対象とする構造物ごとに管理をすることが一般的である。構造物は、点検、災害、計画（過去の計画）などに対して、例えば橋であれば橋全体だけでなく部材ごとに健全度を付けるなど、さらには部材の一部に対して補修を行うなどの管理が必要となる。管理するためには、部材寸法や接合方法などの形状情報と、材料や状態などの特性情報を管理する必要がある。

a) 形状情報

形状情報を管理する際には、情報の利用目的と詳細度という観点から整理することができる。例えば、点検計画などの立案では、変状の位置などが模式的に概略図や展開図などを利用して表示されているようなものが良く利用されている。模式図の作成では、例えば橋を考えると、橋軸方向に長い場合、縦横比がデフォルメされることがあるが、径間数や桁数などは維持される。また、部材が複雑に入り組んでいる場合でも、縦桁横桁の接合部などの位置関係は保持されることで、現地に変状を確認することが可能となる。それに対して、補修工事などの施工を行う場合には、寸法など精度よく記載されている必要があるため、CADなどを利用した形状情報が利用される。2次元の図面においても、一般図、詳細図、断面図などスケールに応じて詳細度が変化するが、3次元モデルにおいても用途に対して詳細度が検討されており、細かい部材やディテールなどの細かさが決められている。

b) 特性情報

構造物に対する特性情報として、設計時の示方書や荷重などの情報、施工環境、利用された材料などの記録、また、点検や補修などのイベントに対する履歴などを記録しておく必要がある。CIMでは三次元モデルにおいて部材ごとに属性情報を管理することが容易にできる利点がある。これによって、部材を交換する際などにおいて、部材ごとに材料を管理するなどモノとしての管理ができること、部材の状態を属性として管理して補修後に状態を更新するなどの履歴管理ができるようになると思われる。

また、施工報告書、設計計算書、点検報告書など、作成されるドキュメントに対する特性情報を属性として管理することが必要となる。作成者や確認や承認をした共有者などの属性情報を合わせて、ドキュメントを管理する方法として多くの関係者が係るプロジェクトにおけるデータ管理の「標準的な方法と手順」（ISO19650-1）で定められたCDE（Common Data Environment：共通データ環境）がある²⁾。CDEを実施することで、協議内容、選定根拠、成り立ちなど、過去にどのような経緯でドキュ

メントが作成され、どのように共有されたかをエビデンスとして記録し、将来イベントが発生した際に容易に検索して参照するなどが可能となる。

4. プラットフォームの目的と解像度

図-5は、構造物のライフサイクルにおけるデータ連携という観点から、データを一通貫で管理する必要性を整理したものである。建設時の情報は管理においてはエビデンスとして利用されることが想定されている。例えば、品質管理、安全管理のために、建設時に要領に則って画像が記録されるが⁵³⁾、記録した画像を維持管理の際に利用することなどが考えられる。画像の利用を考えれば、画像を取得する際の計測間隔や、動画撮影結果をタイムラプス形式で保存するなど、保存や参照のしやすさを考慮することが重要となる。

図-6は業務を意識した情報の活用を考えることの必要性を整理している。情報化の進展が進む中で、ドキュメント管理から派生したものとナレッジマネジメントがある⁵⁴⁾。社内の情報を有効に活用して、組織全体の業務プロセスを見直し、重複する作業や類似する作業を整理し、無駄な作業をなくす改善効果が期待されている。ナレッジマネジメントで扱われる情報としては、「類似案件」「参考情報」「社内外のエキスパート」「社内の方法論やトレーニング」などがある。ナレッジマネジメントは業務フローを改善するための手段であるが、業務フローのどこにボトルネックがあるか、また阻害している要因が何かを分析して、組織内外に幅広いメリットをもたらす方法として構築されるものである。ナレッジマネジメントのユースケースを知識化という観点から考えると、まずは知識を共有することで属人的な管理から脱却することが挙げられる。また、業務で行き詰っていることなどを共有し、また、良い経験などを共有することで、業務の正しいやり方（間違ったやり方への気づき）や、業務に対するモチベーションの向上が期待されている。また、ナレッジマネジメントのもう一つの観点として、管理会計的な側面が挙げられる。これは、計画と実績の違い（例えば、予算と実績の差）がある場合に、それを可視化して原因を分析することである。さらに、外注管理・工程管理への活用（品質、工程、安全管理）がある。外注先の管理ということを考えると、外注先の品質不良と納期遅延対策の事例があるが、このような品質不良と納期遅延の原因として、発注者側の原因として「計画が曖昧、発注時期が遅れる、外注先の生産能力を把握していない、納期の設定が厳しい、甘い納期管理や品質管理、大事な情報が共有されない、不適切な単価、技術蓄積が活用されていない」などが挙げられる。それに対して、受注側の問題として、「責任感欠如、労働意

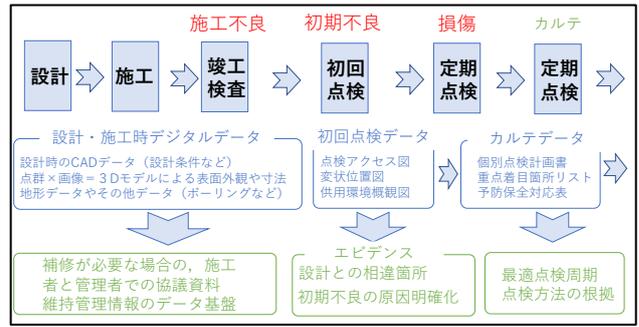


図-5 建設から管理までの情報の流れ（時間+イベント）

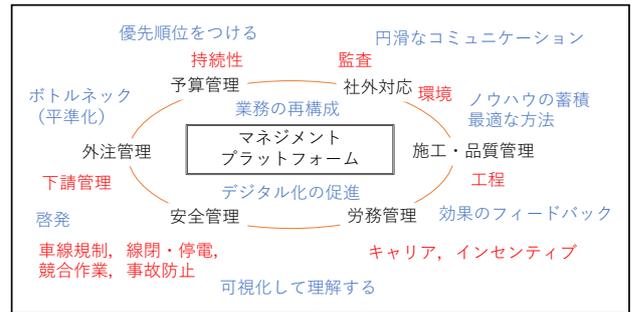


図-6 業務と情報の活用方法の例

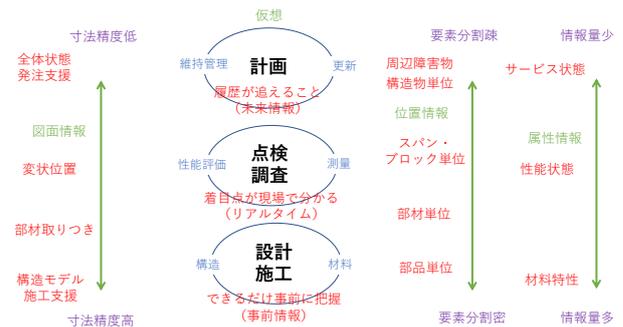


図-7 目的に応じた解像度

欲の欠如、能力以上の受注。工程管理・品質管理の不備、作業の習熟度が低いなどが挙げられる。このような、課題に対するためには、「納期遵守率、不良率、コストダウン率、経営状況、全生産高に対する自社製品の依存度、取引年数など」のような管理指標を可視化することが挙げられる。施工などの受発注において、具体的に要求事項の指示を出す必要があるが、3Dモデルなどを利用して情報共有することで、数量、予算、工期などの仕様を明確にする、また変更を容易にするための仕組みとして活用できる。また、外注管理は工程管理と密接に結びついている。工程管理では、様々な環境条件を考慮してガントチャートなどが作成されるが、受注者の施工能力だけでなく、競合作業や周辺環境など、正確な情報をリアルタイムに共有することがナレッジマネジメントの役割の一つである。

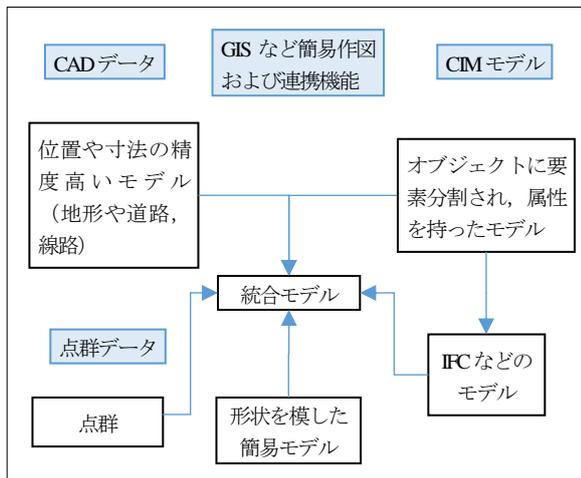


図-8 詳細度に応じたモデル作成と可視化例

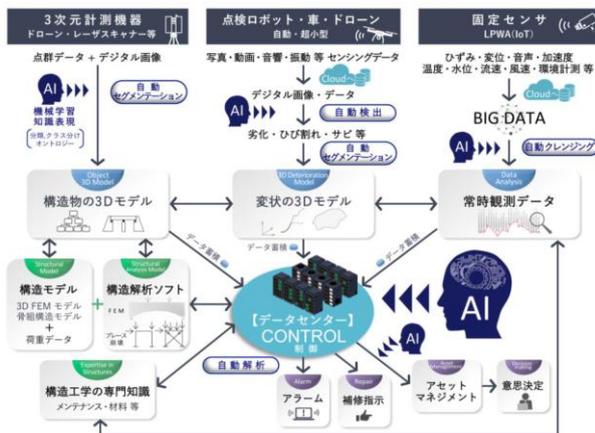


図9.3.1 AIを中心としたインフラ維持管理のデータ流通イメージ

図-9 AIを中心としたインフラ維持管理イメージ⁵⁵⁾

図-7は、CIMのガイドラインなどを参考に、3Dモデルや点群データをイメージして、目的に応じた解像度を業務プロセスを意識して検討したものである。計画、点検調査、設計施工と、分類した用途に応じて部材などの空間的な解像度が相違することを整理している。3Dモデルを活用するメリットとして、図面などから実物を想像することができない経験の浅い技術者でも理解ができることがある。また、3Dモデルを様々な角度から確認することで、複数の視点から確認できることや、紙図面、tiff図面のように枚数やファイル数多くてばらばらなものに対して、一元的に俯瞰してみられることがメリットとして挙げられる。それにより、修繕方法など、関係者が判断する際の情報共有、合意形成のコストを下げることができる。図-8には、3D活用を前提としたモデル作成と可視化のイメージを図示したものであるが、詳細度に応じたモデルをうまく統合することで、目的に応じたモデルの活用ができること、また更新などが容易にできる。また視点の近接に応じて詳細度を変えるなどの方法を実装することが可能となる。3Dモデルがより普及するためには、ビジネスでの活用や扱うスキル、AIなどの

併存技術の進化、オープンコミュニティの創設などが重要となる。

5. ユースケースと機能の考察

本章では、データプラットフォームの役割として重要であるユースケースの提示を3, 4章で整理した機能を考慮して提示する。図-9は文献⁽⁵⁵⁾で整理されているAIを中心としたプラットフォームの役割であるが、ユースケースとして、モニタリングデータによるアラーム機能や、各種データを利用した補修指示、アセットマネジメントによる意思決定の支援などが挙げられている。以下では、特に3次元基盤をプラットフォームとしたユースケースについて整理を行う。三次元を利用したユースケースとしてはよく挙げられるものとしては、「構造物の3Dや点群上にひび割れなどの損傷や、電磁波レーダーや赤外線などの計測結果を重畳して表示する」、「構造物の3Dモデルで施工のための計画（フロントローディング）を行う、また、地下埋設物などの位置を把握して工事の際に活用する」「構造物の3Dモデルで構造物の寸法や変位の変化を計測する」などがあるが、プラットフォームという観点から上記のユースケースなどを実現するために、既存の研究や技術、および課題整理を行う。

(1) 三次元基盤によるシミュレーション

解析モデルを点群計測結果などを利用して自動で生成する研究が進んでいる⁵⁶⁾⁶⁰⁾。構造解析では、モデルの生成に人工がかかることが知られているが、部材の交換や補強などにおける耐力計算や、耐震解析（地震時）など様々な場面で必要とされている。耐震評価では、地震動を入力として行うものや、SI値のような構造特性を利用するものなどがある。また、コンクリート構造物の損傷の進行性の評価などにおいても有限要素を利用したもの、また、塩化物イオン濃度の浸透や拡散をシミュレーションするモデルなどへの活用もある⁶¹⁾。シミュレーションを行うためには、かぶりや水セメント比などの建設時の情報や、荷重条件、環境条件、飛来塩分などの環境データなどがあることが望ましく、また、物理モデルとして、簡易の梁モデルでよい場合、有限要素まで必要な場合など、用途に応じて必要なモデルの精度や属性情報が相違する。また、情報が無い場合は、推定や付加的に計測データ使うなど、柔軟にデータを活用することが必要となる。建設時のデータなどは維持管理を想定して意図的に収集しておく必要があり、特に埋設物やコンクリートかぶりなど施工後には把握が困難なものを記録しておくことが必要になる。劣化予測などを統計的に行う場合などにおいても、点検データなどから健全度判定など状態

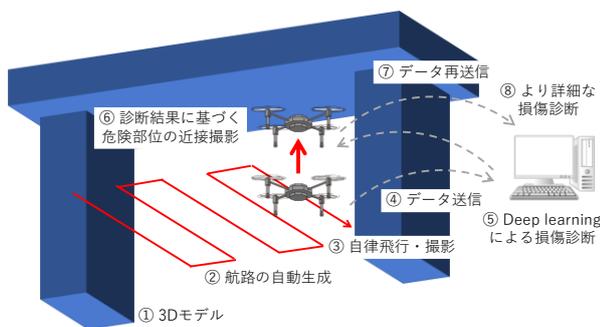


図-10 ドローンによる自動点検



図-11 斜張橋ケーブル点検ロボット⁶⁴⁾

を評価したデータが公開されており³⁰⁾、今後点検2巡目の履歴データと合わせ、劣化要因となるデータを連携して管理することでより精緻な劣化予測モデルを利用することができると考えられる。環境データなどは、交通量や気象条件、また海岸からの距離などのオープンデータを活用することが考えられ、データ連携のためのInfraOSにおけるメタデータの設定が課題であるが、文献(62)のガイドラインや、文献(63)の具体的な事例などを参考に、協調領域として考えて検討していくことが考えられる。

(2) 三次元基盤による点検・補修の自動化

点検の自動化ではドローンの活用が期待されているが、ドローンの活用においては操縦者の人工が多くかかることなどが課題となっている。図-10はドローンの自動飛行による点検をするために必要な技術を整理しているが、ドローンの飛行ルートとして活用するための基準点や地図情報をデータプラットフォームで活用できるようにすることが考えられる。また、地形情報や周辺建造物の形状などのデータもデータプラットフォームで活用できるようにする必要がある。補修においては、計測や施工用のロボットが、自分の位置や障害物の位置を認知したりするための情報が必要となる。点検や補修結果（位置と状態）を記録するための機能、記録から性能を判定する機能などが必要となるが、それらの機能を実現するためにプラットフォームが持つ、アプリやOSなど、どこま

で基本機能として考えるかを検討することが課題である。また、自治体によって求める点検フォーマットが違う現状などを考えると、自動点検や自動補修を想定して点検で収集するデータを決めるなど、点検要領を自動点検に適用させるような検討もデータプラットフォームの機能として検討する必要がある。また、図-11には斜張橋のケーブルをロボットで点検する新技術であるが、このような開発を行う上でのデータプラットフォームの機能として、新技術を開発する開発者に対して建造物の三次元データを提供するといった観点が重要となる⁶⁶⁾。

(3) 三次元基盤によるインフラマネジメントのデータを管理

建設時にCIMを活用する際に、地形データなどを国土地理院のDEM（数値標高モデル）や既存のボーリングデータなどを利用することが想定されている⁶⁶⁾。また、CIMを利用した施工計画などにおいて三次元モデル上で分かりやすく情報共有するといった活用が期待されている⁶⁹⁾。また、維持管理においては、損傷位置や部材、部材間のつながりも含めた位置情報がモデル化されていれば、補修や交換位置の特定を誤ることが少なくなる。また、施工業者とのデータ共有においては、試験結果などの品質データなどを三次元モデル上に記録しておくことで、正確な位置を含めた情報共有が円滑化される。また、三次元モデルを介すことで、点検や補修などの維持管理情報の連携を実現できる。三次元モデルに情報を連携する際には、モデルの詳細度に対して、どの部材に紐づけておくかなど、部材や部位単位の検討が課題となっている。鋼橋に発生する疲労き裂の変容レコードを例にすると、主桁であれば補剛材、連結部であればガセットなどまでモデル化し、また、溶接部において、ルート部なのか止端部なのかなど、詳細度の高いデータに対して紐づける必要があるものもある。点群データから三次元モデルを生成する研究があるが、モデル化においては、部材をどのように分類して認識するかなどのセグメンテーションの方法が検討されている⁷⁰⁾。また、時間軸で考えると、施工状況を記録した動画情報などに対して、配筋検査、コンクリート打設などのイベントに対してタグ付けをして記録することで、イベント時の状況を必要な時に呼び出すことができるようになる。動画情報に対して適切にアノテーションし、AIで学習して情報を付加して、空間、時間軸上にレイヤー管理することが求められている⁷³⁾。

6. 結論

以下に結論を整理する。

・データ連携のための **InfraOS** の機能を検討するために、インフラマネジメントの既存のデータプラットフォームを概観し、合わせて他の分野の先進的なデータ連携プラットフォームを整理した。

・インフラマネジメントの特徴に対して、**InfraOS** に必要な基本機能として、知識・データ形式への対応、空間情報、時間情報の扱えること、構造物情報として形状と特性を情報扱えることとして整理した。

・**InfraOS** 機能を実現する上で、目的に応じた解像度について要求事項を整理した。

・具体的な三次元基盤による3つのユースケースとして、シミュレーション、点検・補修の自動化、インフラマネジメントデータの管理を挙げ、**InfraOS** 機能により実現する上での課題を整理考察した。

実際のデータ、API、サービスに対して、本論稿で整理した **InfraOS** の機能を実装する上では、今後協調領域的な観点からの開発が望まれる。

謝辞：本論文は JSPS 科研費 JP21H01417 の助成を受けた研究の一部です。記して謝意を表します。

著者情報

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-4943-1963>

利益相反

示すべき利益相反関連事項はない

著者の貢献

阿部雅人：構想，論文執筆，全体統括

杉崎光一：資料調査，論文執筆

全邦釘：構想，システム構成

REFERENCES

- 1) データ流通プラットフォーム間の連携を実現するための基本的事項 IoT 推進コンソーシアム，総務省，経済産業省，2017.4
- 2) 内閣府：スーパーシティのデータ連携基盤に関する調査業務，2021.3
- 3) 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) フィジカル空間デジタルデータ処理基盤 研究開発計画，2020.9
- 4) データ連携基盤の整備について，デジタル庁，<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digital_denen/dai4/siryoushu8.pdf> (入手 2022.6.5)
- 5) 国土交通省：工事完成図書電子納品等要領本編，2022.3
- 6) CAD-GIS 連携の手引き書 (案) 第 1 版，国土交通省，2007.11
- 7) 国土交通省：BIM/CIM 活用ガイドライン (案) 第 5 編 道路編，2021.3
- 8) 寺田勝一，北村秀之，高倉優次：大河津分水路の改

修事業における CIM 導入の現状と課題について，<<https://www.hrr.mlit.go.jp/library/happyoukai/h29/d/D-07.pdf>> (入手 2022.6.5)

- 9) デジタル庁データ戦略推進ワーキンググループ：準公共・相互連携分野および分野間連携基盤の検討状況，<https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/digital/20211202_meeting_data_strategy_wg_03.pdf> (入手 2022.6.5)
- 10) 浅野優，小出誠二，岩山真，加藤文彦，小林敏生，美馬正司，大向一輝，武田英明：行政機関におけるオープンデータ公開サイトの構築 5 Star Open Data の実現，人工知能学会論文誌，Vol.31，No.1，2016.
- 11) デジタル庁：政府相互運用性フレームワーク (GIF) 導入実践ガイドブック (案)，2022.
- 12) 後藤孝行：データとサービスの相互利用を実現するデータ連携基盤，人工知能学会第二種研究会資料，SWO-042 号，pp.01-04，2017.
- 13) 【第 6 回】GIS や点群など AI 発展のカギ “データ利活用”，インフラ維持修繕のデジタルツイン<<https://built.itmedia.co.jp/bt/articles/2110/28/news027.html>> (入手 2022.6.5)
- 14) 杉崎光一，阿部雅人，山根達郎，全邦釘：インフラメンテナンスにおける専門知の構造，AI・データサイエンス論文集，vol.2，No.J2，pp.8-19，2021.
- 15) 全邦釘：土木工学分野における人工知能技術活用のために解決すべき課題と進めるべき研究開発，AI・データサイエンス論文集，vol.1，No.1，pp.9-15，2020.
- 16) 山本浩司，新宮圭一，森脇亮，羽藤英二：事前復興の基盤となる情報プラットフォームの構築と活用，AI・データサイエンス論文集，vol.2，No.J2，pp.475-484，2021.
- 17) 渡辺幸三：システム開発・刷新のためのデータモデル大全，日本実業出版社，2020.4
- 18) 土木学会構造工学学委員会：人工知能技術活用のための人材・データプラットフォーム開発に関する研究，土木学会令和 2 年度重点研究課題報告書，2021.3
- 19) 土橋浩，長田隆信：インフラデータプラットフォームの活用インフラマネジメントから防災情報システムへ，AI・データサイエンス論文集，vol.1，No.1，pp.17-24，2020.
- 20) 藤本一輝，河村圭，澤村修司：橋梁定期点検データのオープンデータ化を見据えたデータ管理手法に関する研究，AI・データサイエンス論文集，vol.1，No.1，pp.77-85，2020.
- 21) 湧田雄基，猪村元，石川雄章：インフラマネジメントにおけるデータサイエンスとその迅速化を支援するデータ利活用基盤，AI・データサイエンス論文集，vol.1，No.1，pp.25-34，2020.
- 22) 養田玲緒奈，猪村元，榎谷祐輝，田中大介，石川幸宏，今泉直也，小西真治，石川雄章：トンネル維持管理における高精細画像等のデータ活用のための重畳表示・管理システム，AI・データサイエンス論文集，vol.2，No.J2，pp.517-527，2021.
- 23) 川野浩平，青山憲明，寺口敏生，関谷浩孝：維持管理段階に適した CIM モデルの情報連携プラットフォームの開発，土木学会論文集 F3，Vol.73，No.2，pp. I_134-I_140，2017.

- 24) 山岡大亮, 青山憲明, 谷口寿俊, 藤田玲, 重高浩一: 維持管理での利用を想定した橋梁の 3 次元データモデル標準の策定, 土木学会論文集 F3, Vol.71, No.2, pp.I_204-I_211, 2015.
- 25) 三谷泰浩: 3 次元情報による維持管理—高速道路トンネル—, <https://www.kenkocho.co.jp/html/publication/178/178_pdf/178_10.pdf> (入手 2022.6.5)
- 26) 国土交通省: 3 次元計測技術を用いた出来形管理要領 (案), 2022.3
- 27) 有賀矢吹: 土木構造物を対象とした変状の情報管理のためのプロセスモデルの開発, 土木学会論文集 F3, Vol.69, No.1, pp.10-20, 2013.
- 28) 伊佐政晃, 茂呂拓実, 金治英貞: 阪神高速サイバーインフラマネジメントの取り組みと価値創造の可能性, AI・データサイエンス論文集, vol.1, No.1, pp.252-260, 2020.
- 29) 国土交通データプラットフォーム, <<https://www.mlit-data.jp/platform/datalist/>> (入手 2022.6.5)
- 30) 全国道路施設点検データベース～ 損傷マップ ～ <<https://road-structures-map.mlit.go.jp/Index.aspx?ReturnUrl=%2f>> (入手 2022.6.5)
- 31) SIP サイバー/アーキテクチャ構築及び実証研究の成果公表: スマートシティリファレンスアーキテクチャ <<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html>> (入手 2022.6.5)
- 32) スマートシティセキュリティガイドライン (第 2.0 版), <https://www.soumu.go.jp/main_content/000757799.pdf> (入手 2022.6.5)
- 33) スーパーシティ/スマートシティの相互運用性の確保等に関する検討会: スーパーシティ/スマートシティの相互運用性の確保等に関する検討会最終報告書, 2020.9
- 34) スマートシティ・ガイドブック <https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/smartcity/index.html> (入手 2022.6.5)
- 35) 粕谷 貴司, 江崎浩: futaba: スマートビルのためのビッグデータ・プラットフォーム, 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.3, pp.867-876, 2021.3
- 36) 谷藤幹子, 吉川英樹: 材料データプラットフォームシステム DICE における研究データフローの構築—実践と課題, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス, Vol.2, No.2, pp.57-63, 2021.4
- 37) 小糸直基: 健康情報プラットフォームに求められる思想と実装, 計測と制御, Vol.59, No.4, pp.274-277, 2020.
- 38) 塩見岳博, 石原光則: 小特集「空間情報データプラットフォーム」3. 農業データ連携基盤 WAGRI の本格稼働, 写真測量とリモートセンシング, Vol.58, No.5, 2019.
- 39) 塩見岳博, 斎藤岳士, 石原光則, 和田光博, 林茂彦, 府中総一郎, 神成淳司: 筆ポリゴン, 農地ピンおよび土壌図データを組み合わせた全国版統合農地データ API の開発, 農業情報研究, Vol.30, No.2, pp.35-44, 2021.
- 40) 倉爪亮, ピョюнソク, 辻徳生, 河村晃宏: 情報構造化環境プラットフォーム ROS-TMS と Big Sensor Box の提案, 日本ロボット学会誌, Vol.35, No. 4, p.p.346-357, 2017.
- 41) 伊勢正, 磯野猛, 白田裕一郎, 藤原広行, 矢守克也: 自治体の多様性を踏まえた災害情報システムのあり方に関する考察, 地域安全学会論文集, No.30, 2017.3
- 42) 早矢仕晃章, 大澤幸生: データジャケットを用いた異分野データ連携, 人工知能, Vol.33, No.2, 2018.
- 43) 武田英明, 嘉村哲郎, 加藤文彦, 大向一輝, 高橋徹, 上田 洋: 日本における Linked Data の普及にむけて, 人工知能学会全国大会第 25 回, 2011.
- 44) Task Force Charter1 Semantic Interoperability, <https://www.eosc.eu/sites/default/files/tfcharters/eosca_tfsemanticinteroperability_draftcharter_20210614.pdf> (入手 2022.6.5)
- 45) 萩原隼士, 森本章倫: 都市解析に資する都市 OS の試験的な構築とその運用に関する一考察, 都市計画学会報告集, No.20, 2021.8
- 46) 小島功: スマートシティにおける「移動」を支える時空間情報プラットフォームの構築, サービソロジー, Vol.7, No.1, pp.22-28, 2021.
- 47) 高田広章, 佐藤健哉: ダイナミックマップ—自動走行/協調運転支援のための情報プラットフォーム, システム/制御/情報, Vol. 60, No.11, pp.457-462, 2016.
- 48) 金京淑, 的野晃整, 中村良介: 次世代人工知能データプラットフォームの研究開発, 人工知能, Vol.34, No.6, pp.798-803, 2019.
- 49) 社会基盤 COBie 検討小委員会: 社会基盤 COBie 検討小委員会報告書, 2016.6
- 50) 荒牧英治, 岡久太郎, 矢野憲, 若宮翔子, 伊藤薫: 大規模医療コーパス開発に向けて, 言語処理学会第 23 回年次大会 発表論文集, 2017.3
- 51) 山下郁海, 岡照晃, 小町守, 真鍋章, 谷本恒野: 日本語 T5 モデルを用いた障害レポートからの重要箇所抽出, 言語処理学会 第 27 回年次大会, pp.986-990, 2022.
- 52) 国土交通省: 土木工事等の情報共有システム活用ガイドライン, 2021.3
- 53) 国土交通省: 写真管理基準 (案), 2021.3
- 54) 敷田麻実, 梅本勝博: 地域ナレッジマネジメント・プラットフォームの開発における専門家の役割, 知識共創第 4 号, 2014.
- 55) 土木学会 SIP インフラ連携委員会: インフラ維持管理への AI 技術適用のための調査研究報告書, 土木学会, 2019.3
- 56) 亀田敏弘, 中川佳大, 中川諒, 大町正和, 梅本秀二: データプラットフォームへのデータ供給効率化に関する基礎的研究, AI・データサイエンス論文集, vol.2, No.J2, pp.349-354, 2021.
- 57) 檜崎泰隆, V., Hoskere, B., Spencer: 画像データを用いた構造物の維持管理技術の実装に向けたデジタル環境の構築, AI・データサイエンス論文集, vol.2, No.J2, pp.20-28, 2021.
- 58) 中田文雄, 田中義人, 北村良介, 酒匂一成, 伊藤真一: 二次利用を目的とした地盤情報データベースの構築, 情報地質, No.30, No.4, 2019.
- 59) 鈴木紗苗, 宮森保紀, 齊藤 剛彦, 山崎智之, ムンフジャルガルダンビーバルジル, 三上 修一: 鋼構造部材の 3 次元点群モデル構築と FEM データへの自動変換に関する検討, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.75, No.2, pp.I_141-I_149, 2019.
- 60) 福田知弘, 北川憲佑, 矢吹信喜: 非凸多角形を含む

- 建築模型に対応した点群からの対話的な 3 次元モデリングシステムの開発, 日本建築学会計画系論文集, Vol.78, No.687, pp.1231-1239, 2013 年
- 61) K., Avadha, P., Jiradilokb, J., Bolanderc, K., Nagai : Mesoscale simulation of pull-out performance for corroded reinforcement with stirrup confinement in concrete by 3 D RBSM, Cement and Concrete Composites, Vol.116, 2021.2
- 62) メタデータ情報共有のためのガイドライン, メタデータ情報基盤構築事業, 2011.3
- 63) 独立行政法人日本学術振興会人文学・社会科学におけるデータ共有のための手引き - 人文学・社会科学データインフラストラクチャーの構築に向けて -, 2021.11
- 64) 阿部雅人 : インフラメンテナンスの DX を目指して, JSSC, No.47, 2021.
- 65) 梯誌修・藤木剛・中村聖三・山本郁夫・中島貞治 : 斜張橋ケーブル点検ロボットの開発と実橋への適用, 鋼構造論文集
- 66) 阿部雅人 : オープンイノベーションから持続的市場創造へー戦略的イノベーション創造プログラム (SI P) 「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の経験に学ぶー, 土木学会誌, Vol.105, No.10, 2020.10
- 67) 日本建設情報総合センター : 三次元地盤モデル作成の手引き, 2016.11
- 68) 国土交通省 : CIM 導入ガイドライン (案) 第 9 編 地すべり編, 2019.5
- 69) 澤田英行, 松原輝, 渡部真也, 荻野克真 : システム思考に基づく BIM・ICT を活用した設計コミュニケーション技術 e-Learning システム「Web Learning Studio」による建築協働設計の試みその 1, 日本建築学会・情報システム技術委員会第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 2014.
- 70) 土屋和弘, 栗林健一, 秋山保行 : 実物大模擬設備を活用した新幹線大規模改修に向けた技術開発, JREASTTechnicalReview, No.67, 2021.
- 71) 稲富翔伍, 全邦釘 : 点群の画像化とディープラーニングを用いた橋梁点群のセグメンテーション, Vol.2 No.J2, pp.418-427, 2021.
- 72) 重田航平, 江藤信輔, 和田 太一, 増田 宏 : 工業設備の大規模点群からの部材形状の抽出と認識, 2019 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集
- 73) 社会基盤情報標準化委員会特別委員会 : ICT を活用した画像・映像情報の利活用のあり方に関する提言～中間とりまとめ～, 2021.7

BASIC FUNCTIONS REQUIRED for INFRAOS for DATA PLATFORM of INFRASTRUCTURE Management

Masato ABE , Koichi SUGISAKI and Pang-jo CHUN

It is said that there is a need for a platform that links and utilizes various data. On the other hand, the characteristics of infrastructure structure management are that the interval between data creation and use is long, and that there are various types of information. Therefore, in this paper, we examine the functions required for the data platform to utilize infrastructure data. First, we will give an overview of existing information platforms and organize advanced data linkage platforms in other fields. Regarding the characteristics of infrastructure management, as basic functions required for information platforms, we have organized requirements such as organizing time information, spatial information, structure information, etc. at the resolution according to the purpose. We also considered the basic functions of the information platform by giving specific use cases.