

空間情報活用のためのデータ統合基盤に関する研究

亀田 晃佑^{1,a)} 辛 涛¹ リム 勇仁¹ 丹 康雄¹

概要：空間情報は、さまざまな分野でアプリケーション毎の要求に応じて独自に作成、活用されている。各アプリケーションで作成されたデータは、他のデータと組み合わせることで、高次の空間情報を導出することが可能となるが、この際、適切なデータ処理、データ分析を行う必要があり、データ活用者はこの作業に多大な時間やコストを要する。本研究では、複数種類の空間情報を収集し、データ処理、データ分析を行うことで得られる空間情報を提供するデータ統合基盤を提案する。データ活用者は、提案するデータ統合基盤から提供されるデータを活用することで、開発に費やされる時間や労力、収集するデータ量を削減することが可能となる。

キーワード：空間情報, GIS, SDI

1. はじめに

空間情報とは、空間上の特定の位置情報とそれに関連付けられた情報のことを指し、さまざまな種類の空間情報が存在する。例えば、電子地図における位置の基準となる基盤地図情報や、地形、建物、植生、インフラ、景観などを3次元で表現する3次元都市モデルは、基盤的な空間情報としてさまざまなアプリケーションに活用できる。また、これらの基盤的な空間情報の他にも、自然現象や人工物に関する情報を表すセンサデータや、住民基本台帳データも空間情報の一種と考えることができる。特にセンサデータを含めた動的な空間情報は、リアルタイムデータとして今後のビジネスを牽引していく可能性がある [1]。空間データとは、これらの空間情報をコンピュータ処理を前提として表現したデータのことを指す。

このような空間情報を活用するために、データの作成、管理、処理、分析、活用などに関して、地理情報科学の分野では多くの研究や開発が成されてきた。例えば、地理情報システム (GIS: Geographic Information System) は、地理空間情報の作成・保存・利用・管理・表示・検索などの機能を有するシステムであり、さまざまな場面で活用されている。また、データのアクセシビリティや再利用を促進させるフレームワークとして、空間データ基盤 (SDI: Spatial Data Infrastructure) のような技術の開発も進められている。

このように、空間情報の作成、管理、処理、分析、活用に関して、GIS や SDI を中心にさまざまな技術が開発されてきたが、空間情報を活用し、サービスを実現するためには、依然として以下のような課題が存在する。

- データのダウンロード、データの整合化、データの処理に多大な時間が費やされる [2][3]。
- 大規模な空間情報を扱うアプリケーションでは、データストレージや処理能力などのリソースを確保するために多大なコストが生じる [2]。
- データ活用者が、地理情報科学に関するバックグラウンドを持っておらず、複雑な処理・分析を実装することが困難な場合がある [2]。このようなデータ活用者は、「特定の地域」の「特定の時間」の「特定の対象物」に関するデータといったような、空間範囲、時間範囲、属性に基づくデータの要求を行うことが想定される [5]。
- 従来の SDI は、静的な生データのみへのアクセスを可能にするため、動的なデータに対するアクセスの柔軟性がない。また、データ活用者が実際に必要とする以上のデータがダウンロードされる場合がある [2]。

本研究では、空間情報活用のためのデータ統合基盤を提案することで、これらの課題の解決を目指す。

本研究の貢献は以下の通りである。

- 地理情報科学やデータ分析に精通しないデータ活用者が、複雑なデータ処理・分析によって得られる空間情報を容易に活用できるようになり、空間情報活用の促進につながる。
- 単一のデータ基盤上でデータの収集、処理、分析を実

¹ 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
^{a)} s2010208@jaist.ac.jp

現するため、データ活者が空間情報を収集し、データ処理・分析を行う必要がなくなり、データ活者側の計算機リソースの削減に貢献できる。

- 潜在的に空間情報を有しているにも関わらず、プライバシーなどの問題から活用を制限する必要があるデータを、データ処理・分析によって作成された高次データとして提供することが可能となる。

2. 関連研究

空間情報は、多くの分野で意思決定のための要素として活用できる情報であり、多くの国や自治体などの組織によって空間情報の作成、管理、処理、分析、活用のための手段について検討がなされてきた [6].

空間データの管理、処理、分析、活用のうちの表示に関しては、GIS が多くの組織で利用されている。Steiniger ら [7] によると、GIS は「デスクトップ GIS」「空間データベースシステム (Spatial DBMS)」「WebMap サーバ」「サーバ GIS」「WebGIS クライアント」「モバイル GIS」「GIS ライブラリ」に分類され、それぞれ異なる目的のために用いられる。これまで、空間情報を活用する産業および研究では、デスクトップ GIS で局所的に空間分析を行うことが主な方法であったが、ウェブ上で空間情報にアクセスし、処理を行う技術の開発とそれをういた活用方法がいくつか検討されている [8]. 例えば、OpenGIS Web Map Service Interface Standard (WMS) は、空間データベースから地図画像を要求する HTTP インターフェースを提供する標準規格である [9]. 他にも、データの発見には Catalog Service for the Web (CSW)、データの検索には、ベクタデータに対して Web Feature Service (WFS)、ラスターデータに対して Web Coverage Service (WCS) が存在する。これらは、Open Geospatial Consortium (OGC) が標準規格として開発しているものであり、OGC Web Services (OWS) と呼ばれている。この技術により、データ活者は大量のストレージや高い処理能力を持つ環境を用意することなくデータに対する処理を行うことが可能となる [2].

OWS の技術は、空間情報の活用を促進するための仕組みである空間データ基盤 (SDI: Spatial Data Infrastructure) の機能として使用されることが期待されている。SDI とは、他者の持つデータを取得できる環境を整備することで、データ生成・管理のための資源、時間、労力の削減を実現する技術、制度、ポリシーを含むフレームワークとして定義されており、多くの国や自治体によって開発が進められている [10]. 主に、空間データの表示、分析などを担うクライアントソフトウェア (デスクトップ GIS や WebGIS クライアント)、メタデータや空間データセット、サービスの表示、検索、照会を担うカタログサービス、インターネットを介した空間データの提供を担う空間データサービス、GIS のデータ処理機能を提供する処理サービス、空間

データの管理を担うデータリポジトリ、データの作成を担う GIS ソフトウェア (デスクトップ GIS)、の 6 つのソフトウェアで構成される [11].

日本では、空間データの活用を促進させる仕組みとして、G 空間情報センターが運用されている。G 空間情報センターでは、G 空間情報 (地理空間情報) 産業の活性化、新たなビジネス・サービスの創出を目的として、国、地方公共団体、大学、民間等が保有するオープンデータ、有償・無償データ、独自データなどがポータルサイトを介して提供されている [4]. G 空間情報の提供者は、ユーザ登録、組織作成などの各種手続きを行い、共通連携基盤 (API) を介してデータを登録することができる。G 空間情報の活者は、登録されたデータを Web ページの地図上に表示したり、ダウンロードして活用したりすることが可能である。

このように、空間情報の作成、管理、処理、分析、活用に関するさまざまな技術が開発されてきたが、データ処理・分析によって収集したデータからサービスに必要な情報を作成することに多大な労力を費やされることは依然として課題である [2]. WebGIS の技術は、データ活者がデータ処理を行うデスクトップ GIS の環境を用意せずに、事前に前処理を行った空間情報を提供することを可能にするが、適切な処理を行うためのシンタックスは複雑であり、地理情報科学の知識が必要となる [2]. また、取得したデータに対しても、データ分析などを行うことで必要な情報を導出する必要がある。

3. 空間情報活用に関する調査

本章では、現在、活用される空間情報の種類、活用分野に関してそれぞれ調査を行い、空間情報活用に関する考察を行う。

3.1 空間情報の種類

- 基盤地図

国土地理院が中心となって整備を進めている電子地図における位置の基準となる情報である。整備項目には「測量の基準点」「海岸線」「公共施設の境界線」など 13 項目が含まれる。さまざまなアプリケーションにおいて基盤的な空間情報として利用される。

- 国土数値

地形、土地利用、公共施設、道路などの国土に関する基礎的な空間情報であり、オープンデータとして無償で提供されている。国土 (水、土地)、政策区域、地域、交通、位置参照情報の分類でさまざまな空間情報が存在する。

- 3D 都市モデル

地形、建物、植生、道路などのモデルを含む 3 次元の空間情報によって都市環境を表現したものである [13]. 日本では、Project PLATEAU として国土交通省が 3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化を進めている [14].

● 点群

レーザスキャナーなどの測量機器によって得られる3次元点群データは、位置合わせなどの加工処理を施すことで、道路、建物、植生などの地物の3次元モデルとして扱うことができる [15].

● BIM/CIM

Building Information Modeling(BIM) は、建築物のライフサイクルを通じて、設計やプロジェクトに関わる重要なデータをデジタル形式で管理する方法論のことであり [16], 計画, 設計, 施工, 維持管理などにおいて3次元建物情報モデルデータが BIM データとして活用されている. 点群とは異なり, 建物の形状だけでなく, 材質, メーカー情報などの属性を扱うことができる. BIM が建築分野のデータを扱うのに対し, Construction Information Modeling (CIM) では土木分野で地形, 土工形状, 地質などのモデルも対象となる.

● POI

Point of Interest (POI) は、意味を持つ特定の場所や目標物のことを指す (避難所, 店舗, トイレ, AED 設置位置など).

● センサ

ある対象に関する空間情報・時間情報を収集するセンサの市場は増加傾向にあり, リアルタイムのサービスを提供する多様なアプリケーションに活用されることが期待できる. 例えば, リアルタイムの交通量や気候, 自然に関わる状況を把握するために, 自動車を交通観測モニタリング装置と捉えたプローブカーの開発が進められている [1]. 航空写真などの画像データも, 地図を表示するアプリケーションなどで活用されている.

● 人

全球測位衛星システム (GNSS) や, スマートフォンの普及により, マップサービスのユーザは, 現在位置をリアルタイムに把握することが可能となった. これにより, 目的地までのナビゲーションシステムなど, ユーザの位置に基づくさまざまなサービスが開発されている.

● 住民基本台帳

もともと, 氏名, 生年月日, 性別, 住所などが記載された住民票を編成したものであるため, 個々の情報を使用することはできないが, 空間範囲に基づく統計データとして扱うことで, 個人のプライバシーに配慮しながら, 人口の統計情報などを扱うことが可能となる. このような統計データは, 地域単位での人口推移の予測などのサービスに活用することが期待できる.

表 1 は, 空間情報の種類を [1] を参考に, 基盤的, 静的, 動的な空間情報に分類したものである.

3.2 空間情報の活用分野

表 2 は, [17] をもとに主な空間情報の活用分野を示した

表 1 空間情報の種類

分類	空間情報
基盤的な空間情報	基盤地図, 国土数値 (道路など), 3D 都市モデル
静的な空間情報	国土数値 (避難所など), (静的) 点群, BIM/CIM, POI
動的な空間情報	(動的) 点群, センサ, 人, 住民基本台帳

ものである. この表から, 以下のような考察を得ることができる.

- センサデータに基づき人流や交通流などの都市活動に関する情報を作成・活用するいくつかのアプリケーションが検討されている.
- 複数種類の空間情報を活用し, 単一の空間情報だけでは把握出来ない空間情報を導出するいくつかのアプリケーションが検討されている. 例えば, 防災分野では, 災害時にセンサから得られるリアルタイムの被害情報と, 道路データなどを組み合わせてデータ分析を行うことで, 被害箇所を迂回する避難経路情報を導出することが可能となる.

4. 提案手法

本研究では, 空間情報を収集し, データ処理・分析によって得られる空間情報をデータ活用に提供するためのデータ統合基盤 (API) を提案する.

4.1 要件

ここでは, データ統合基盤の要件を, データ活用にデータ提供者, 基盤の開発者の三つの立場から述べる.

4.1.1 データ活用に側の要件

(1) データリクエスト: データ活用には二つに分類できる. データの取り扱いや管理に関する技術的な専門知識を持つデータ活用にと, 情報を消費し, 意思決定のために前処理された付加価値のあるデータを必要とするデータ活用にである. 地理情報科学に関するバックグラウンドを持っていない人にとっての開発を容易にするために, このデータ統合基盤では, 後者にデータをを提供することを想定する. この場合, 以下の三つのニーズ設定に基づき, データ処理・分析済みの空間情報を提供することが必要となる.

- 空間範囲 (地域名, 特定の経緯度範囲, バッファ領域 (ある地点から半径 1km 圏内など) など)
- 時間範囲 (最新, 特定の時刻など)
- 属性 (活用分野 (防災, 観光など), データ種類 (人, センサ種類など), データ提供者 (特定の自治体, 民間事業者など) など)

(2) データのエンコーディング: ベクタデータは, GeoJSON, GML など, ラスタデータは, PNG, JPEG, GeoTIFF, CSV, JSON など, それぞれ一般的に使用されるデータフォーマットに対応することで, データの可視化などに

表 2 空間情報活用例

活用分野	ユースケースの例	活用する空間情報の例
防災	リアルタイムハザードマップ, リアルタイムの被害状況に基づく避難誘導, 時系列浸水シミュレーションデータの 3D 可視化	基盤地図, 3D 都市モデル, 国土数値 (道路, 避難場所, 浸水想定区域など), センサ (河川水位など), 人 (GNSS など)
まちづくり (インフラ整備)	人流・交通流モニタリング, 沿道状況 (歩行者交通量など) センシング	基盤地図, 3D 都市モデル, 点群, 人 (GNSS, カメラ, 赤外線など), 住民基本台帳
観光	混雑予測, 賑わい創出	基盤地図, 3D 都市モデル, 人 (GNSS, カメラ, 赤外線など), 点群
第一次産業 (農業)	農業機械の自動制御, 精密な費用散布	圃場地図, センサ (車載センサなど)
第二次産業 (建設業)	設計, 施工, 維持管理の効率化	BIM/CIM
交通・物流	公共交通の混雑予測 (ロードマップ), 配送ドローンの制御 (ロードマップ)	基盤地図, 3D 都市モデル, 道路, センサ (カメラなどによる交通量情報), 点群
健康・福祉	バリアフリーを踏まえた経路案内 (ロードマップ), 感染症流行に関する分析	基盤地図, 3D 都市モデル, 人 (GNSS, 感染者統計情報など)
環境・エネルギー	日照シミュレーション (ロードマップ)	3D 都市モデル, 日照モデル

よる活用が容易になる。

(3) メタデータ (データカタログ): 少なくとも, データ識別子, データ提供者, 地理的・時間的分解能, パラメータとその単位などの情報が必要である。

(4) 応答時間: データ活用者側のアプリケーションの要件に対応することができる応答時間内にデータレスポンスを行う必要がある。要求される応答時間はアプリケーション毎に異なることが想定される。

4.1.2 データ提供者側の要件

(1) データフォーマット: データの種類を調査で上がったもので一般的に使用されるフォーマットを網羅できる必要がある。

(2) 座標系: 標準的な WGS84 CRS 以外にも様々な座標基準系 (CRS) のデータがあるため, それぞれに対応する必要がある。処理機能の入力が単一の座標基準系を扱うのであれば, 変換の前処理が必要。

(3) データの整合性: 各データのデータモデルに対して, 意味的に正しい記述法のデータを提供する必要がある。

(4) 応答時間: センサデータなどの動的なデータに関しては, リアルタイムの空間情報を扱う活用分野にデータを提供するために, 最小限の応答時間でデータを提供することが望ましい。

(5) スケーラビリティ: 複数のリクエストに同時に応え, かつ同等のパフォーマンスを発揮しなければならない。

(6) サービス品質: データ提供の機能がサードパーティのサービスに基づいている場合, データ組織はサードパーティ・ソフトウェアの確実な更新とアップグレードを行う必要がある, また, サービス利用状況の監視や, リクエストごとの最大データ量の制限なども考慮しなければならない。

(7) 課金: データを提供するメリットとして, データ活用状況に基づき利益を得られる仕組みが必要である。

(8) データ活用制限: データの活用に制限をかけられる仕組みを含めることで, より多様なデータの登録を促進できる。例えば, 防犯カメラ映像は, 災害時などの緊急時のみ, 人流計測などのために活用されることが望ましい。

4.1.3 基盤の開発者側の要件

(1) データ処理・分析の実現: データ提供者から収集したデータを処理・分析し, 需要のある空間情報を生成する必要がある。

(2) データの整合性: データ処理・分析によって得られる空間情報の正確性や有効性を評価する必要がある。

(3) 応答時間: データ処理・分析にかかる応答時間に従い, 実現できるアプリケーションが制限される。

(4) スケーラビリティ: データ活用者側からの複数のリクエストに同時に応え, かつ同等のパフォーマンスを発揮しなければならない。

(5) サービス品質: データ処理・分析機能が, サードパーティのサービスに基づいている場合, 基盤の開発者はサードパーティソフトウェアの適切な更新が必要である。また, サービス利用状況の監視や, リクエストごとの最大データ量の制限なども考慮しなければならない。

4.2 データ統合基盤の概要

提案するデータ統合基盤の役割は主に 3 つある。一つ目は, データブローカとして, さまざまな組織の空間情報を提供することである。二つ目は, データ処理により, データ活用者が行う必要があった前処理を事前に済ませた空間情報を提供することである。三つ目は, データ分析により, データ活用者がローカル環境で導出する必要があった高次の空間情報を提供することである。

これらの役割を実現するために, 提案するデータ統合基盤では 3 つの機能が必要となる (図 1)。一つ目の機能は, データ収集の機能である。これは, データ活用者の要求に

対して、適切な空間情報を提供するために必要な空間情報を収集する機能である。二つ目の機能は、データ処理・分析の機能である。これは、データ提供者から収集した空間情報にデータ処理・分析を施すことで、さまざまなアプリケーションで活用することができる空間情報を作成する機能である。三つ目の機能は、データ提供の機能である。これは、前述したデータ収集、データ処理・分析によって得られた空間情報をアプリケーションに提供する機能である。

データ活用者は、地理情報科学の知識を持たずとも、データ処理・分析によって得られた空間情報を API を介して取得し、活用することができる。また、データ処理・分析の作業をローカルで行う必要がなくなるため、アプリケーション開発にかかる時間や労力を大幅に削減することができるだけでなく、データ収集、処理、分析のためのリソースを用意する必要がなくなる。

ここからは、データ統合基盤の各機能の内容について詳しく説明する。

4.2.1 データ収集

前章で示したさまざまな種類のデータを収集する。データ提供者はデータカタログにメタデータを登録し、実データを提供する。収集されたデータは、基盤上の空間データベースまたは時系列データベースにより管理する。要素技術として、少なくとも以下の機能が必要となる。

- データカタログ

データ提供者は、データ活用者や基盤の開発者がデータを理解するためのメタデータをデータカタログに登録する必要がある。メタデータの内容には、少なくとも、データ識別子、データ提供者 ID、地理的・時間的分解能、パラメータとその単位が必要となる [2]。さらに、課金の機能を実現するための無償/有償を設定するパラメータや、データの活用制限を実現するためのパラメータが必要となる。

- 契約

データ提供者またはその組織と契約を結び、データの活用に関する同意を得る必要がある。具体的には、データ提供者を識別するための ID、データ提供者側のサービス間のプロトコルの違いの管理、信頼性のある認証手続きを行うためのトラストアンカーの機能が必要となる。

- 課金

データ活用によって、データ提供者に報酬が与えられる必要がある。そのために、データの活用に関する計量手法が必要となる。

- 伝送方式

一般的な HTTP によるデータ伝送のみでなく、センサデータの伝送に使用される MQTT などに対応することで多様なデータに対応できる。

4.2.2 データ処理・分析

データ処理・分析は、GIS で行われるようなデータの前処理的な作業と、既存の空間情報が潜在的に持つ空間情報

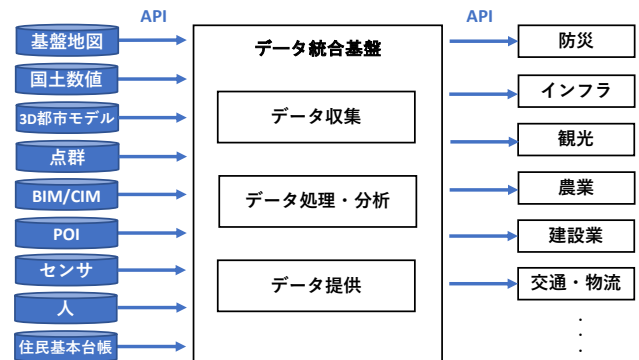


図 1 データ統合基盤の全体像

を導出する作業がある。さらに、後者の作業を二つの作業に分類する。一つ目は、「単一種類のデータから空間情報を導出する」作業である。この作業には、画像処理による人数推定や、点群処理によるオブジェクト識別が含まれる。二つ目は、「複数種類のデータから空間情報を導出する」作業である。この作業には、複数種類のデータを重ね合わせることで（オーバーレイ分析）、その空間が持つ新しい属性を導出する作業などが含まれる。

- GIS 系データ処理

空間データは、位置を示すための座標参照系として世界測地系の WGS84 や日本測地形の JGD2011 などが存在する。複数の空間データを扱う場合は、座標参照系を統一して扱うために「座標参照系変換」を行う。位置を表現する方法には、座標参照系の他に住所や施設名によって表現する場合がある。そのような表現の空間データに対して空間解析などを行う際には、住所や施設名を緯度軽度に変換する「ジオコーディング」を行う。その他に、GIS では、単純化や集成化と呼ばれる「データ変換」などのデータ処理が行われる [18]。

- GIS 系データ分析

GIS では、基本的な「空間解析」として、ラインデータの全長やポリゴンデータの面積を計算する基本量の測定、空間範囲や属性に基づくオブジェクト選択、統合 (merge) や切り抜き (clip) などの空間データ操作、二つ以上の空間データを重ね合わせ、特定の条件を満たす領域を抽出するオーバーレイ分析などがある。その他にも、GIS では、ラインデータを用いて最短経路などを導出する「経路探索」や、地物からの距離が特定の距離以下である領域（バッファ）や、各地物までの距離が最小である領域（ボロノイ）を導出する「領域分析」などのデータ分析が行われる [18]。

- 単一種類のデータにもとづく空間情報の作成

前章での活用分野の調査により、都市活動に関わる人や交通量に関するデータはさまざまな分野のアプリケーションで作成、活用されていることがわかった。例えば、カメラデータの「画像処理」、LiDAR データの「点群処理」、その他人流や交通量を計測するセンサデータの「時系列デー

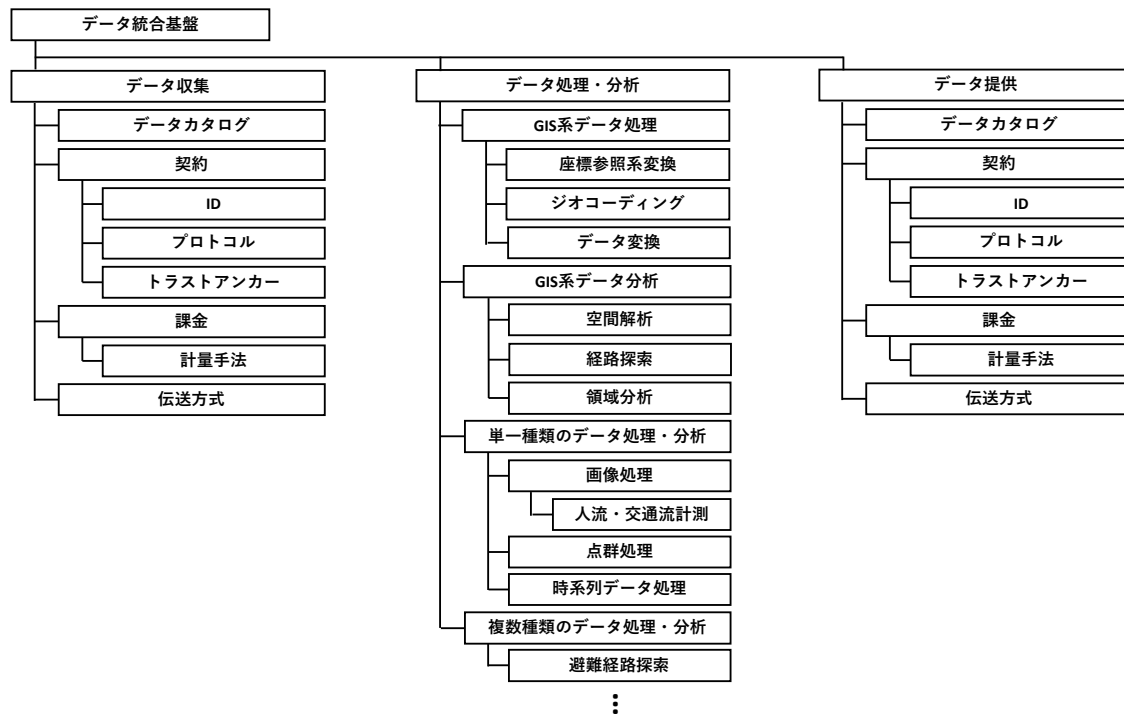


図 2 データ統合基盤の主な機能

タ分析」などによって、その空間の「人流・交通流計測」の機能が実現できる。

- 複数種類のデータにもとづく高次の空間情報の作成

複数種類の空間情報を活用することで、単一の空間情報では得られない属性を導出できる場合がある。例えば、防災分野では、火災情報や土砂災害情報などの災害情報、ユーザの位置情報、避難施設、道路データなどを用いることで、「被害箇所を迂回する避難経路探索」を実現することが考えられる。これは、最短経路探索で得られる避難経路データに災害情報を重ね合わせ、被害箇所の属性を追加する拡張を行うことで実現できると考えられる。このように、複数種類の空間情報を活用することで新しい属性を追加した高次の空間情報を作成することができ、そのような機能はさまざまな活用分野で必要であると考えられる。

ここで述べたデータ処理・分析機能によって得られた空間情報は、その情報に関するメタデータを作成し、データ活用者が検索するためのデータカタログに登録する必要がある。データ提供者もしくはデータ統合基盤開発者がデータ活用者のニーズに合わせたデータの登録を行うことで、データ活用者がデータ処理・分析の作業を行うことなくさまざまなデータを活用することが可能となる。

4.2.3 データ提供

データ活用者の要求（空間範囲、時間範囲、属性）にもとづきデータを提供する。要素技術として、少なくとも以下の機能が必要となる。

- データカタログ

データ提供者から収集された空間情報、基盤のデータ処

理・分析機能によって導出された空間情報に関するメタデータのデータカタログが必要となる。メタデータの内容には、少なくとも、データ識別子、データ提供者 ID、地理的・時間的分解能、パラメータとその単位、などが、活用するデータへの理解のために必要となる [2]。

- 契約

データ活用者は契約を結び、適切なデータ活用を行う必要がある。データ収集機能と同様、データ活用者を識別するための ID、データ利用者側のサービス間のプロトコルの違いの管理、信頼性のある認証手続きを行うためのトラストアンカーの機能が必要となる。

- 課金

データ活用に関する料金を計量手法によって設定することで、データ統合基盤の運用やデータ提供者にデータ活用による利益を還元することが可能となる。

- 伝送方式

データ活用者のサービスに適した伝送方式でデータを送信する必要がある。

図 2 は、これまでに述べた機能をまとめたものである。

4.2.4 API の設計

提案するデータ統合基盤を実現する一つの手段は、データ収集、処理、分析機能によって得られた空間情報を提供する API (Application Programming Interface) を開発することである。パラメータとして、空間範囲、時間範囲、属性を用いた GET メソッドを開発することで、地理情報科学の知識を前提としないデータ利用者に対して、データ処理・分析によって得られる空間情報を提供することが可

能となる。

5. 考察と議論

本研究では、空間情報活用のためのデータ統合基盤として必要となる機能について提案した。ここでは、このデータ統合基盤の有効性を示す例として、「災害時に、被害状況にもとづくユーザの避難経路を表示するアプリケーション」という防災分野のユースケースについて考える。災害情報には、火災情報と土砂災害情報を用いることにする。

図3は従来のサーバGISを用いたアプリケーション開発、図4は提案するデータ統合基盤(API)を用いたアプリケーション開発を表している。従来の方法のメリットとしては、

- データ処理・分析を工夫することで、導出される避難経路データの品質を向上させられる可能性があるという点が挙げられる。一方でデメリットとして、
 - 「災害情報」、「道路データ」、「避難施設」のデータを全てローカル環境に収集する必要があり、サーバGISの処理・分析に関わるリソースも用意する必要がある
 - データ処理・分析機能の実装に時間が費やされる
 - 適切なデータ処理、分析を行うために地理情報科学やGISの知識を必要とする
- という点が挙げられる。

データ統合基盤を用いた空間情報活用方法では、

- 活用するデータは、データ処理・分析結果としての避難経路のデータのみであるため、ローカルに従来のようなリソースを用意する必要がない
- アプリケーション開発が簡略化される
- データ処理・分析のための地理情報科学やGISの知識を必要としない

という点において、従来の方法のデメリットを補うことが可能である。

また、このデータ統合基盤は、同様のデータを活用するアプリケーションが複数存在する際にメリットが発生する。例えば、今回の例である、避難経路を提供するアプリケーションを複数の組織が開発する場合、活用する災害情報は組織により異なる可能性があるが、道路データや避難施設データは国土交通省によって整備されている同じデータを活用することが想定される。表3は、それらのデータ(国土数値情報の日本全土の道路データ GML形式:約153.5MB, 避難施設データ GML形式:約132.5MB)のデータ量のみを考慮し、従来の空間情報活用方法と、データ統合基盤を用いた空間情報活用方法で複製されるデータ量がどのように異なるかを示したものである。この表から、データ統合基盤を用いた空間情報活用方法のメリットとして、データ統合基盤に収集されるデータを各アプリケーションが共有するため、アプリケーション数に関わらず全体として複製されるデータ量が一定であることが挙げられる。

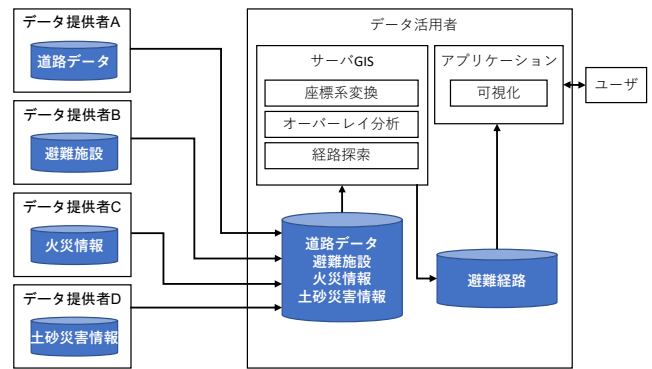


図3 従来の空間情報活用方法

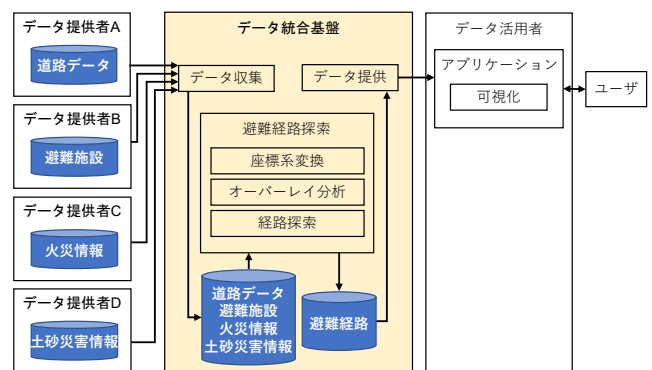


図4 提案する空間情報活用方法

表3 アプリケーション数とデータ量 (MB)

アプリケーション数	1	5	10
従来の空間情報活用	286	1430	2860
データ統合基盤を用いた空間情報活用	286	286	286

データ統合基盤を用いた空間情報の活用方法のデメリットとしては、

- データ処理・分析の方法がデータ統合基盤に依存するため、提供されるデータの品質をデータ活用者が向上させることができない

という点が挙げられる。少なくとも、データ統合基盤によって処理や分析が行われたデータが、データ活用者が要求している情報と合っているかどうかを確認するためのメタデータ等の記述が必要になる。

今後の課題として、データ統合基盤(API)を実装し、このような空間情報を活用するシナリオに対して要求される空間情報を提供できるかどうか、データの整合性を評価する必要がある。この際、データ活用者側の要件に含まれるサービス品質や、応答時間についてもシナリオを適応させることで評価を行う必要がある。また、データ統合基盤のスケラビリティについても議論が必要である。この基盤は、多数のユーザに同時に利用されることを想定するために、そのような多数のアクセスに対応するためのソフトウェアコンポーネントやアーキテクチャを検討する必要がある。

6. おわりに

本研究では、さまざまな種類のデータの収集、処理、分析、提供を行うデータ統合基盤を提案した。この基盤によって、地理情報科学の知識を持たないデータ活用者も、APIを介して容易に空間情報を活用することができる。これにより、データ活用者は、データの収集、処理、分析に費やされていた時間や労力を大幅に削減できるだけでなく、活用するデータ量やデータ処理、分析のために用意する必要があったリソースを削減することができる。また、データ提供者は、データの活用制限を設定することで、実データを保護しながら、そのデータの持つ潜在的な空間情報の活用を促進させることが可能となる。

参考文献

- [1] 関本義秀：リアルタイム化する地理空間情報ビジネス，写真測量とリモートセンシング，一般社団法人日本写真測量学会，Vol.54，No.4，pp.211-215，2015.
- [2] Wagemann, J., Clements, O., Marco, F, R., Rossi, A, P. and Mantovani, S.: *Geospatial web services pave new ways for server-based on-demand access and processing of Big Earth Data* International Journal of Digital Earth, Vol.11, No.1, pp.7-25, 2018.
- [3] Zhao, P., Foerster, T. and Yue, P.: *The geoprocessing web*, Computers & Geosciences, Vol.47, pp.3-12, 2012.
- [4] 一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会：21世紀の基幹インフラ「G空間情報センター」の運用開始～産官学の様々なG空間情報の流通・ビジネス創出に向けて～，一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会（オンライン），入手先（<https://aigid.jp/web/wp-content/uploads/2016/11/geospatial.pressrelease.pdf>）（参照 2021-10-20）.
- [5] Tsinaraki, C., Schade, S.: *Big data - a step change for SDI*, International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, Vol.11, pp.9-19, 2016.
- [6] Rajabifard, A. and Williamson, I, P.: *Spatial data infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions*, Geomatics' 80, Tehran, Iran (2001).
- [7] Steiniger, S., Weibel, R. and Warf, B.: *GIS software: a description in 1000 words*, Sage, 2010.
- [8] Zhao, P., Di, L., Han, W. and Li, X.: *Building a web-services based geospatial online analysis system*, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol.5, No.6, pp.1780-1792, 2012.
- [9] Open Geospatial Consortium: Web Map Service, Open Geospatial Consortium(online), available from (<https://www.ogc.org/standards/wms>) (accessed 2021-10-21).
- [10] Tripathi, Ashutosh Kumar and Agrawal, Sonam and Gupta, Rajan Dev.: *Cloud enabled SDI architecture: a review*, Earth Science Informatics, Springer, Vol.13, No.2, pp.211-231, 2020.
- [11] Steiniger, S. and Hunter, A, J, S.: *Free and open source GIS software for building a spatial data infrastructure*, Geospatial free and open source software in the 21st century, Springer, pp.247-261, 2012.
- [12] The Open Source Geospatial Foundation: PostGIS, The Open Source Geospatial Foundation(online), available from (<https://postgis.net>) (accessed 2021-10-21).
- [13] Döllner, J., Baumann, K. and Buchholz, H.: *Virtual 3D city models as foundation of complex urban information spaces*, Proc. 11th international conference on Urban Planning and Spatial Development in the Information Society, pp.107-112 (2006).
- [14] 国土交通省：Project PLATEAU, 国土交通省（オンライン），入手先（<https://www.mlit.go.jp/plateau/about/>）（参照 2021-10-21）.
- [15] Weinmann, M., Jutzi, B. and Mallet, C.: *Feature relevance assessment for the semantic interpretation of 3D point cloud data*, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.5, No.W2, pp.1, 2013.
- [16] Penttilä, H.: *Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression*, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol.11, No.29, pp.395-408 (2006).
- [17] 国土交通省：3D都市モデルのユースケース開発マニュアル（公共活用編）（オンライン），入手先（https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_doc_0004_ver01.pdf）（参照 2021-10-22）.
- [18] 浅見泰司，矢野桂司，貞広幸雄，湯田ミノリ（編著）：地理情報科学 - GISスタンダード，古今書院（2015）.