

オープンデータ PLATEAU とゲームエンジン Unity を用いた 都市情報ビジュアライゼーションシステムのデザイン

Design of Urban Information Visualization Systems using Open Data PLATEAU and Game Engine Unity

○川合康央 (文教大学) *1

*1 Yasuo Kawai, Bunkyo University, 1100 Namegaya, Chigasaki City, Kanagawa Prefecture, 253-8550, JAPAN, kawai@bunkyo.ac.jp

キーワード: 地理情報, 都市情報, 可視化

1. 緒 言

本研究は、市街地などの大規模都市空間を対象として、都市空間モデルを仮想空間上に再現(モデリング)し、様々な都市情報を可視化(ビジュアライゼーション)するものである。都市化が進行する中、都市の効率的な運営・利用や街づくりに関する様々な課題が存在している。これらの課題を解決するには、種々の都市情報を正確かつ網羅的に把握することが必要である。これまで、都市情報の表示手法として、主として地図や衛星写真などの2次元データが用いられてきた。これらは、記号的であり、平面上で表現しやすいが、立体的な空間情報を反映することが難しい。一方、3次元都市モデルは、精度やリアルタイム性に課題があり、大規模モデルを扱う際には、その作成や可視化に高度な計算資源が必要となるため、効率的なシステムが求められる。

本研究では、大規模3次元都市空間モデルを用いた、複合的な都市情報ビジュアライゼーションシステムを提案するものである。本システムによって、様々な都市情報を仮想都市モデル上に可視化し、都市の効率的な運営や街づくりに貢献することを目指すこととする。ここでは、国土交通省のオープンデータ PLATEAU を活用し、ゲームエンジン Unity を用いて、様々な都市情報を可視化するビジュアライゼーションシステムのデザインについて報告する。

2. 関連研究

大規模な3次元都市モデルを用いたシステムは、都市のデジタルツインシステムとして、都市計画への活用が期待されている。スイスのチューリッヒ市は、スマートシティ戦略の一環として、市の意思決定を支援するためのデジタルツインシステムを開発している⁽¹⁾。3次元都市モデルは、モデルの詳細レベルである LOD (Level of Details) が3種類用意されており、空間データとメタデータが定義されている。また、シンガポールでは、バーチャルシンガポールプロジェクトとして、都市のデジタルツインの開発が行われた⁽²⁾。都市のデジタルツインを通じて、行政機関、民間企業、市民、研究者など、あらゆるセクターが協力できる環

境を構築し、都市のヒートアイランドに対する計画などを行っている。また、日本では、国土交通省が提供するオープンデータ PLATEAU が2020年より提供されている⁽³⁾。PLATEAU は、日本全国を対象とした3次元都市モデルの整備とオープン化を目的とした国土交通省のプロジェクトである。地方自治体の発意に基づき国土交通省が支援することで整備が進められ、これまでに、132の都市でデータの整備が行われており、現在も新たに整備が行われている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。今回のシステムでは、この PLATEAU を3次元都市モデルとして利用したビジュアライゼーションシステムを開発することとする。

3. ビジュアライゼーション基盤システム

本研究は、ゲームエンジンとオープンデータを用いた都市空間ビジュアライゼーションの基盤となるシステムを構築し、各種情報を追加することによって、社会の諸課題に対する様々なビジュアライゼーションシステムを実装したものである。

基盤システムは、地理情報データと様々な情報をインポートする拡張機能を持った、プラットフォームとなるシステムである。地理情報として、国土交通省が提供するオープンデータ PLATEAU を使用することとした。PLATEAU が提供する3次元都市モデルのデータセットは、標準化されたオープンフォーマットである CityGML 形式で記述されたデータとして配布されている。CityGML は、三次元の地理空間情報を記述するためのデータ交換形式であり、国際標準化団体 OGC (Open Geospatial Consortium) によって採用された国際標準規格である。PLATEAU で扱われる CityGML データは、地理空間情報に特化した XML 形式である GML (Geography Markup Language) を基に、三次元に拡張した規格となっている。

この PLATEAU の CityGML データをゲームエンジン上に読み込み、可視化を行うこととする。ゲームエンジンとして、本システムでは Unity を採用した。ゲームエンジンへの3次元都市モデルデータの取り込みには様々な方法があるが、今回は、PLATEAU SDK for Unity と Cesium for Unity を用いた二つの手法を用いることとした(図1)。

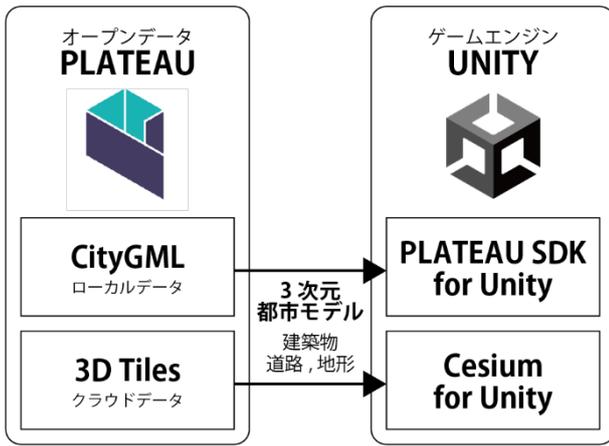


Fig.1 Development Flow of Platform System with Open Data PLATEAU and Game Engine UNITY

PLATEAU SDK for Unity⁽⁶⁾は、PLATEAU のデータをゲームエンジン Unity 上で活用するための SDK (Software Development Kit) である。2023 年に公開され、公式の Unity Asset Store から無料で導入可能である。モデルデータは、サーバー上からの利用も可能であるが、ここではダウンロードした CityGML データをローカルのデータとしてインポートする。データは、建物、道路、地形の3つの要素を取り込むこととした。また、開発するシステムに応じてモデルの詳細度である LOD を切り替えることとし、建築物をソリッドとして表示する LOD1 のものと、テクスチャを含めた LOD2 のものを用意した。この手法はローカル環境で動作することが可能であり、様々なインタラクションを施すことが可能である。一方、大規模な3次元都市モデルをローカルで処理するため、処理負荷が高いものとなった(図2)。

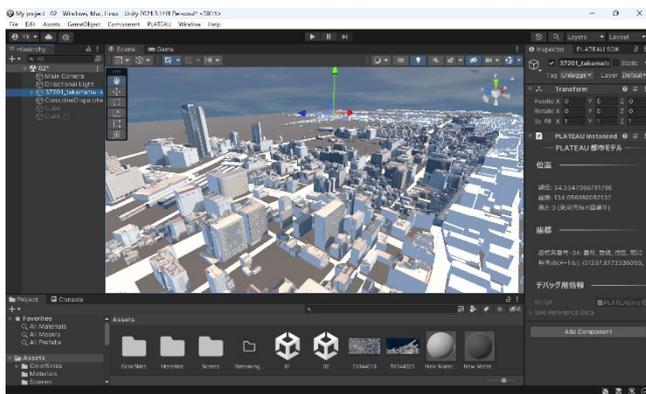


Fig.2 Platform System using PLATEAU SDK for Unity

Cesium⁽⁷⁾は、3次元地理空間情報を Web ブラウザ上に表示することができるライブラリである。Cesium GS, Inc.が提供するオープンソースのプロジェクトであり、様々なデータを組み合わせることが可能となっている。また、3D Tiles 形式を用いることで、広範囲の3次元都市モデルを軽量に扱うことが可能となる。Cesium for Unity⁽⁸⁾は、このCesium を Unity 上で扱うことが可能となるものである。2022 年に github⁽⁹⁾上に公開されたものであり、OpenStreetMap (OSM)⁽¹⁰⁾などの3次元都市モデルを Unity 上に表示することが可能である。PLATEAU では、CityGML 形式で作成された3次元都市モデルのデータを、3D Tiles 形

式に変換して、PLATEAU-3DTiles⁽¹¹⁾として配信を行っている。Unity 上の Hierarchy から Cesium OSM Buildings を選択し、Inspector の Cesium 3D Tileset の Source から PLATEAU の 3D Tiles の URL を入力すると、クラウド上の3次元都市モデルを読み込むことが可能となる。この手法は、3次元都市モデルを3D Tiles 形式で必要に応じて読み込むことが可能なため、軽量に動作するが、ネットワークへの接続が必要である(図3)。

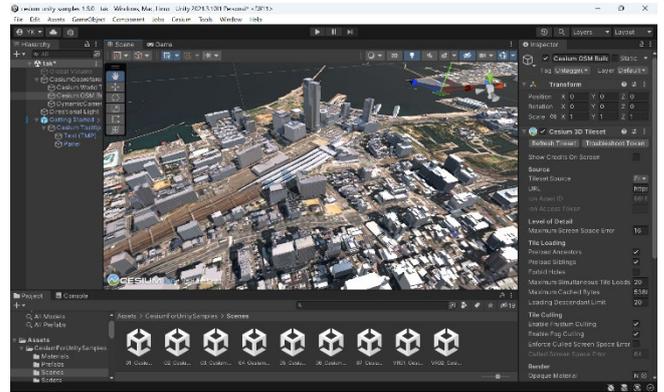


Fig.3 Platform System using Cesium for Unity

これら PLATEAU SDK for Unity と Cesium for Unity を用いた、それぞれ特徴の異なる二つの手法を用いた基盤システムをプラットフォームとして、様々な都市情報を可視化するビジュアライゼーションシステムを実装する。

3. 犯罪情報のビジュアライゼーションシステム

まず、静的な情報のビジュアライゼーションシステムとして、行政による犯罪統計情報を用いたシステムの開発を行った。

全国の刑法犯認知件数は、2003 年以降減少してきたが、2022 年は 601,331 件と前年比 5.8%増加しており、今後の動向について注視すべき状況にある。認知件数の内訳では、街頭犯罪が 201,722 件であり、前年比 14.4%増加しており、中でも自転車盗、傷害及び暴行については増加件数が多い⁽¹²⁾。こうした犯罪を防止するため、都市の特徴と関連付けて犯罪が発生する場所を明らかにするという試みが行われている。樋野らは、WebGIS を活用して板橋ひたくりマップを開発した。これは、犯罪発生状況を住民に知らせるという目的に特化したものであり、ひたくり多発箇所に対する重点的なパトロールなど、住民の自主防犯活動に活用されている⁽¹³⁾。また島田は、犯罪発生地点を地図上にプロットすることで、その空間パターンが均等ではなく、特定の場所に集中する傾向にあることを明らかにした⁽¹⁴⁾。さらに原田らは、カーネル密度推定による犯罪集中地区の検出を試みており、新宿区では面積の 4.5%の地区に 21%の侵入窃盗が集中しており、この地区に人員を集中させることによって、犯罪発生件数を 2 割減らすことが可能であると示した⁽¹⁵⁾。これらの研究では、都市全体の犯罪傾向の把握に適しているが、個々の事案の詳細が分からない点や、縮尺の変更ができず件数が多い箇所は表示が重なるなどの課題がある。本研究では、これらの先行研究を踏まえ、神奈川県横浜市を対象として、犯罪が起こった場所を可視化するビジュアライゼーションシステムを開発した。これは、空

間と時間から犯罪発生傾向を明らかにし、犯罪防止支援を目的として、仮想空間上に犯罪発生情報の可視化を行うものである。

本システムでは、地理情報として PLATEAU を使用し、仮想空間構築に、3次元地図可視化プラットフォームである CesiumJs を用いた。犯罪データは、神奈川県警が公開している犯罪発生情報のオープンデータ⁽¹⁶⁾を使用した。データ可視化には、Google Earth Pro を使用して加工を行った。また、Web ブラウザ上での表示を可能とするため、AWS を使用した。一部データは Cesium ion にアップロードし、可視化処理を行った。これは、PLATEAU からダウンロードした 3Dtiles 形式のデータを Cesium ion にアップロードし、Javascript のコードを取得したものである。また、G 空間情報センターから、航空写真のオルソ画像データをダウンロードし、Javascript を記述した。

本システムでは、神奈川県警が公開している横浜市における犯罪発生情報のオープンデータを、Cesium 上で可視化を行い、時空間別に犯罪の発生傾向を表示する。犯罪発生場所を、マップ上にロケーションアイコン型のオブジェクトを配置することで可視化した。月ごとの発生件数を個別表示するために、画面上にチェックボックス型のメニューを配置した。また、ひったくり、自動車盗難、車上ねらい、部品ねらいなど、犯罪種別ごとにロケーションアイコンの色分けを行った。さらに、表示されたロケーションアイコンをクリックした際、それぞれの犯罪の詳細情報を呼び出して表示することとした。詳細情報として、罪名、手口、管轄、住所、年月日、時間帯、発生場所、被害状況などをデータベースから取得して表示する (図 4, 5)。

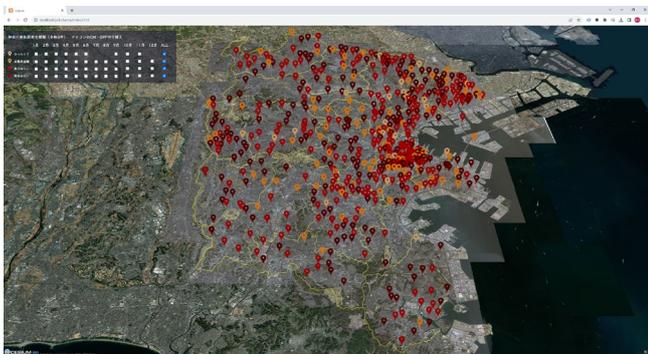


Fig.4 Visualization System for Crime Information (Yokohama Citywide)

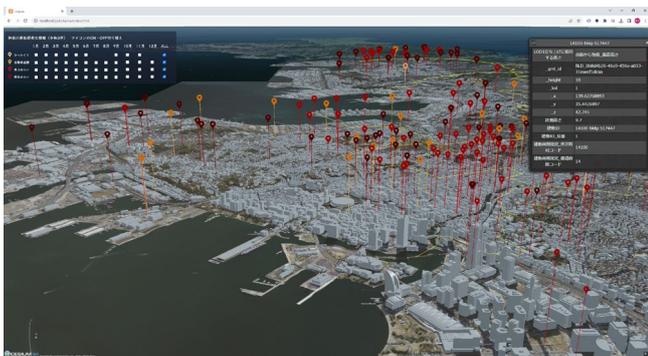


Fig.5 Visualization System for Crime Information (Minato Mirai District Area)

4. 飲食店評価のビジュアライゼーションシステム

次に、民間の CGM (Consumer Generated Media) である口コミ評価サイトのデータを基にしたシステム開発を行った。現在、消費者行動として、インターネットの口コミサイト (レビューサイト) を通じて商品やサービスの情報を収集することが一般的になっている。口コミサイトでは、ユーザがレビューを自由に投稿することが可能であり、消費者はレビューを参考にして、購買や飲食などの意思決定を行う。口コミサイトに関するシステムの先行研究として、落合らは、宿泊予約サイトに投稿されたレビューをもとに、利用者がレビューを書く際に何に注目しているのかを明らかにした⁽¹⁷⁾。また市村は、ユーザがどのような料理が食べたいかを、日本語の自然文で入力すると、その入力文に類似した口コミが多い飲食店を表示するシステムを開発した⁽¹⁸⁾。さらに住友らは、口コミ情報を収集し、選択したスポットの感情スコアと類似するスポットを推薦するシステムを構築した⁽¹⁹⁾。これまでの飲食店口コミサイトでは、コメント数を考慮した評価や、地理情報の有効活用が不十分であることが課題として挙げられる。本研究では、口コミサイトの位置情報の表示方法に着目し、3次元地理情報を用いて、飲食店評価の可視化を行った。駅周辺の飲食店を対象に、データベースに入力された値をオブジェクトに反映させるシステムとして開発を行い、位置情報とともに、色相と彩度によって、3次元マップ上の建築物モデルの色を変化させ、各店舗の評価点数と評価件数がわかる評価マップを開発した。

本システムでは、地理情報として PLATEAU のデータを利用して、対象地区を目白駅周辺地区 (東京都豊島区) とし、3次元メッシュ単位でモデルデータを取得した。また、飲食店に関する評価データは、Google マップから店名、評価点、口コミ数を取得した。

飲食店の評価は、色相の赤から緑の範囲 (H: 0~0.375) で表した。評価点 2.5 を最低点とし、5.0 を最高点として、評価点 0.1 ごとに色相を 0.015 ずつ変化させた。口コミ数は、彩度 (S: 0.33, 0.66, 1.0) で表し、夫々口コミ数 10 件未満、10 件以上 100 件未満、100 件以上として、件数と彩度を対応させた。建物モデルには固有 ID が割り当てられており、これに対応した評価を csv で入力することで、建物オブジェクトの色を変更させることとした。建築物モデルのオブジェクト色は、口コミ数が多く高評価な飲食店は高彩度の緑色に近く、口コミ数が少なく低評価な店は低彩度の赤色に近くなるものとした (図 6, 7)。

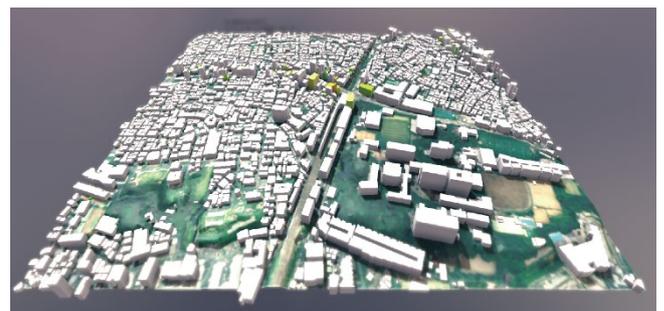


Fig.6 Visualization System for Restaurant Evaluation Information (Entire City)



Fig.7 Visualization System for Restaurant Evaluation Information (Around Mejiro Station)

今後、関連情報を表示するとともに、同一建物内に複数の飲食店がある場合の表示方法の検討を行う、さらに、Webブラウザでの表示を行い、位置情報と連動させることによって、スマートフォン上で閲覧可能な使いやすいシステムとしていく。

5. 都市人流のビジュアライゼーションシステム

動的なリアルタイムデータのビジュアライゼーションシステムとして、都市設置カメラから得られた画像を分析することによる都市人流情報を用いたシステムの開発を行った。

2019年から世界的な流行が始まった新型コロナウイルス感染症では、社会の様々な場面で人々の行動変化が求められた。特に感染拡大初期の頃には、大規模な人の移動によって、感染者が拡大する可能性があると考えられ、都市部や観光地における人流の増減が日々メディアで取り上げられていた。Alipourらは、コロナ感染拡大期におけるドイツの人流データを分析し、地域の在宅勤務が1%上昇すると、感染率を4.5%低下させることを明らかにした⁽²⁰⁾。また、Alexanderらは、匿名化された携帯電話の位置情報の記録と消費者支出データから、パンデミック下において人流が減少し、消費に負の影響を与えたことを指摘した⁽²¹⁾。我が国の事例については山本が、携帯電話会社の提供する人口統計データから、コロナ禍における観光地への影響を分析している⁽²²⁾。また、株式会社Agoopは、スマートフォンのアプリケーションから収集した位置情報の活用事例について報告している⁽²³⁾。

現在、主として利用されている都市人流データは、スマートフォンの位置情報データを集積したものである。そのため、スマートフォンのキャリア間のユーザ層の偏りや、ユーザの行動履歴などのプライバシー、データ利用時のコストの高さなどの理由から、これらのデータの利用は限定的なものとなっている。そこで本研究では、インターネット上に公開されている、各都市に設置された定点カメラのオープンな映像を用いて、画像解析によって都市の人流を計測して人流データを取得するとともに、3次元都市モデルを用いて、人流データを可視化させるシステムの提案を行うこととした。

本研究の研究対象地区として、渋谷駅を選定した。本地区は、多くの商業施設や観光スポットなどが集まっている繁華街であり、複数の定点カメラが設置および公開されている。また、例年ハロウィンイベントやカウントダウンイベントなどの時期に、多くの人が集まる場所でもある。

渋谷駅周辺の人流データを取得可能な定点カメラとして、渋谷駅前、渋谷宮益坂、渋谷公園通り、渋谷道玄坂の計4カ所の定点カメラ映像をYouTubeから取得し、使用することとした。本システムで開発する機能として、データを収集する管理者側システムと、施設を利用する利用者側システムの二つを用意した。

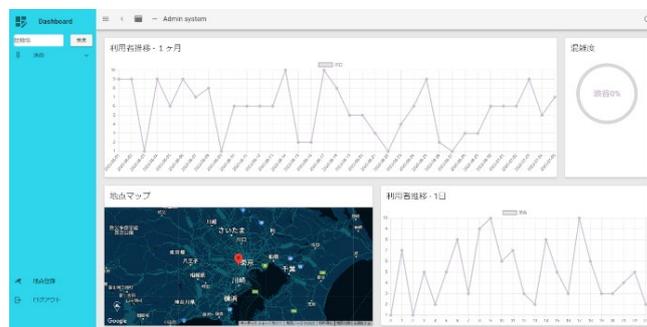


Fig.8 Visualization System for Urban Human Flow (Dashboard)



Fig.9 Visualization System for Urban Human Flow (Around Shibuya Station)

管理者側のシステムの機能は、オープンな定点カメラから人流データの取得をし、そのデータをデータベースに送信するものである。本システムでは、YouTubeに公開されたライブカメラから映像の入力を行い、物体検出アルゴリズムYOLO v8を用いた物体検出を行う。定点カメラの映像から、画面キャプチャーを1時間ごとに自動取得する。次に、取得した画像をから検出した人物数を、人流データとしてCSVファイルとして書き出す。その後、出力されたCSVファイルを、5分おきにUnityで開発したシステムに出力することによって、Firebaseによるデータベースに人流データが送信される。本システムでは、カメラの画角や対象物の重なりなどにより、その場所にいた全ての人物の数を取得することはできない。そのため、同地点で継続的にデータを収集することによって、相対的な人流の増減を取得するものとした。これらのデータはダッシュボードに計測数と混雑度を表示することとした(図8)。

利用者側のシステムの機能は、Firebaseによるデータベースから人流データを取得し、そのデータをもとに各地点の混雑状況を仮想3次元都市モデル上に可視化するものである。本システムで表示される情報を、利用者が訪れる前に閲覧することによって、各施設の混雑状況を確認し、混雑時には他の混雑していない場所の利用を検討するなど、利用者の行動選択を促すものとした。本システムは、Unityを用いて開発を行い、都市モデルとしてPLATEAUを用い

た。3次元都市モデルをUnity上に表示し、パーティクルエフェクトによって人流状況を表示させることとした(図9)。本システムでは、YouTubeなどから得たオープンな都市の定点カメラの映像を用いて、人流データを解析するものである。

6. 結 言

本研究では、大規模3次元都市モデルを用いた、複合的な都市情報ビジュアライゼーションシステムの開発を行った。3次元都市モデルとして国土交通省のオープンデータPLATEAUを利用し、開発環境としてゲームエンジンUnityを用いた。ここでは、PLATEAU SDK for UnityとCesium for Unityを用い、それぞれ特徴の異なる二つの手法を用いた基盤システムをプラットフォームとし、ここに様々な都市情報を搭載した各種ビジュアライゼーションシステムの開発を行った。

まず、静的な行政にオープンデータを活用したビジュアライゼーションシステムとして、犯罪発生情報を可視化するシステムを開発した。本システムは、横浜市を対象に、犯罪発生箇所を3次元都市モデル上に表示するものである。CesiumJsを使用して、Webブラウザ上で犯罪発生情報の可視化を行った。

次に、動的な民間のCGM(Consumer Generated Media)である口コミ評価サイトのデータを活用した飲食店評価に関するシステムの開発を行った。飲食店評価システムでは、口コミサイトから得られた評価データを、建築物モデルのオブジェクト色として可視化することにより、直感的に飲食店の評価を把握するシステムの提案を行った。評価点に応じて赤から緑の範囲で色相を表現し、評価件数を彩度によって表現した。

さらに、動的なリアルタイムデータを用いた可視化システムとして、都市設置カメラから得られた画像を分析することによる都市人流情報のビジュアライゼーションシステムの開発を行った。YouTubeで公開されている都市に設置されたライブカメラと、物体検出アルゴリズムYOLO v8を用いて人流計測を行い、可視化を行うことで、汎用性が高く実装コストを抑えた構成のシステムを実現した。本システムの開発により、従来のスマートフォン等による人流計測の課題を解決することとした。また、本システムは、感染症拡大期の人流だけでなく、観光地やイベント等、幅広い活用が可能である。

今後、これらの技術を組み合わせ、様々な都市情報を重層的に可視化することを目指す。また、ゲームエンジンを活用することによって、ビジュアライゼーションだけでなく、様々なシミュレーションを行い、都市の利便性向上やまちづくりに資するシステムへと展開していくこととする。

謝 辞

本研究はJSPS科研費JP23K11728及び文教大学大学院共同研究費の助成を受けたものです。

文 献

(1) Schrotter, G., and Hürzeler, C.: The digital twin of the city of Zurich for urban planning, PFG—Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation

Science, Vol.88, No.1, 99-112, 2020.

- (2) Gobeawan, L., et al., Modeling trees for virtual Singapore: From data acquisition to CityGML model, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.42, 55-62, 2018.
- (3) 国土交通省: PLATEAU [プラトール]: <https://www.mlit.go.jp/plateau/> (参照日 2023年8月26日)
- (4) G空間情報センター: 3D都市モデル (Project PLATEAU) ポータルサイト: <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau> (参照日 2023年8月26日)
- (5) 内山裕弥, 有年亮博: デジタルツイン実装モデル「PLATEAU」の取組みについて, 情報経営, 日本情報経営学会第84回全国大会 (2022), 5-24.
- (6) PLATEAU by MLIT: PLATEAU SDK for Unity - Asset Store: <https://assetstore.unity.com/PLATEAU-SDK?locale=ja-JP> (参照日 2023年8月26日)
- (7) Cesium GS, Inc.: Cesium: The Platform for 3D Geospatial: <https://cesium.com/> (参照日 2023年8月26日)
- (8) Cesium GS, Inc.: Cesium for Unity – Cesium: <https://cesium.com/platform/cesium-for-unity/> (参照日 2023年8月26日)
- (9) Cesium GS, Inc.: Release Cesium for Unity Samples v1.5.0 · CesiumGS/cesium-unity-samples · GitHub: <https://github.com/CesiumGS/cesium-unity-samples/releases/tag/v1.5.0> (参照日 2023年8月26日)
- (10) OpenStreetMap Foundation (OSMF): OpenStreetMap: <https://www.openstreetmap.org/> (参照日 2023年8月26日)
- (11) Project-PLATEAU: plateau-streaming-tutorial/3d-tiles/plateau-3dtiles-streaming.md at main · Project-PLATEAU/plateau-streaming-tutorial · GitHub: <https://github.com/Project-PLATEAU/plateau-streaming-tutorial/blob/main/3d-tiles/plateau-3dtiles-streaming.md> (参照日 2023年8月26日)
- (12) 警察庁: 令和4年の犯罪情勢: https://www.npa.go.jp/publications/statistics/crime/situation/r4_report.pdf (参照日 2023年8月29日)
- (13) 樋野公宏, 真鍋陸太郎, 小島隆矢: WebGISを活用した犯罪発生情報提供システムの開発と住民意識の分析: WebGIS活用による防犯まちづくり支援に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol.70, No.597, 135-140, 2005.
- (14) 島田貴仁: 犯罪発生マップによる犯罪知識の提供, 日本機械学会誌, Vol.107, No.1028, 552-555, 2004.
- (15) 原田豊, 島田貴仁: カーネル密度推定による犯罪集中地区の検出の試み, 科学警察研究所報告, Vol.40, No.2, 125-136, 2000.
- (16) 神奈川県警察本部: 神奈川県警察オープンデータサイト, https://www.police.pref.kanagawa.jp/tokei/hanzai_tokei/mesd0145.html (参照日 2023年8月29日)
- (17) 落合夏美, 川合康央: 宿泊施設のユーザレビューによ

- る地域分析, 第 83 回全国大会講演論文集, Vol.2021, No.1, 527-528, 2021.
- (18) 市村哲: ロコミから美味しい料理店を手早く探すシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.61, No.11, 1748-1756, 2020.
- (19) 住友千将, 石野拓也, 久保洗貴, 岳五一: ロコミ情報に含まれる感情語に基づく類似スポット推薦システムの構築と実証実験, パーソナルコンピュータ利用技術学会論文誌, Vol.14, No.1, 29-35, 2020.
- (20) Alipour, J. V., Fadinger, H., and Schymik, J: My home is my castle: The benefits of working from home during a pandemic crisis, Evidence from Germany, ifo Working Paper, No.329, 2020.
- (21) Alexander, D., and Karger, E.: Do stay-at-home orders cause people to stay at home? Effects of stay-at-home orders on consumer behavior, Review of Economics and Statistics, 1-25, 2021.
- (22) 山本真嗣: コロナ禍における観光地の人流の変化の考察, 日本観光研究学会全国大会学術論文集, Vol.36, 185-188, 2021.
- (23) 柴山和久: スマートフォンのアプリから取得するセンサーデータの価値創造と活用事例, 横幹連合コンファレンス予稿集, Vol. 11, C-4, 2020.