

3D Tiles を用いた 3 次元都市空間データの作成

福島佑樹・関本義秀・瀬戸寿一

Developing Three-dimensional Urban Space Data using 3D Tiles

Yuki FUKUSHIMA, Yoshihide SEKIMOTO and Toshikazu SETO

Abstract: 近年, Web ブラウザ上で地理情報の解析や表示が可能な Web GIS が普及してきている. しかし, 既存の Web GIS は, 建物などの広範囲かつ大量に存在する 3 次元都市データを軽快に表示することが困難である. そこで, 本論文では, オープンソースの 3 次元 Web GIS である Cesium を用いて軽快に表示可能な 3 次元都市空間データの作成手法について述べる. 特に, 地図タイルと同様, 表示に必要な部分のみ必要な解像度で配信するオンデマンドストリーミングを 3 次元モデルで実現した 3D Tiles について述べ, 3D Tiles の動作を検証する.

Keywords: 3 次元都市空間データ (three-dimensional urban space data), Web GIS, 3D Tiles, Cesium, 人の流れ (people flow)

1. はじめに

従来, 地理空間データの可視化には, Geographic Information System (GIS) が用いられてきた. GIS は, 当初 2 次元の情報のみ扱われてきたが, 需要の増加とコンピュータの高性能化に伴い, 3 次元情報の保持や表示が可能な 3D GIS が普及してきている. 都市空間を 3 次元で表現することで, より人間目線に近い可視化が可能となるだけではなく, 小荒井 (2014) が言及しているように, 景観シミュレーションや電波障害のシミュレーションなどの 3 次元シミュレーションも可能となった. 一方, 3D GIS の導入は容易ではなく, 専用の商用ソフトウェアを購入する必要がある, 3 次元都市空間データの作成も専門の知識が必要となるなど, 問題点もあった. そこで, 近年では, 3D Web GIS が注目され始めている. Web GIS とは,

Web ブラウザ上で動作する GIS であり, Web ブラウザとインターネット環境さえあれば, 利用環境を問わず利用可能な GIS である. Web GIS も従来は 2 次元の情報のみ扱われてきたが, 近年では, 3 次元情報も扱うことのできる 3D Web GIS が登場している.

主要な 3D Web GIS ツールとして, f4maps¹⁾, Mapbox²⁾ や Cesium³⁾ が挙げられる. f4maps と Mapbox は, OpenStreetMap (OSM) の建物データを可視化しており軽快に動作するが, 建物データのインタラクティブな操作が困難である. Cesium は, 建物の選択, 色変更や属性変更などインタラクティブな操作を比較的実装しやすいが, 実際に建物データを作成・表示すると, 5,000 件程度の描画でレスポンスが遅くなった. また, 独自に 3D Web GIS を開発する研究も見られるが (Sanghun and Myunghee, 2008), 大量の 3 次元構造物を表示するには至っていない.

このような状況の中, 2017 年 7 月 5 日に膨大な 3 次元地理空間データをストリーミング形式で

福島佑樹 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

東京大学空間情報科学研究センター

Phone: 03-5452-6415

E-mail: yfukus@csis.u-tokyo.ac.jp

配信・表示するための 3D Tiles と呼ばれる機能が Cesium に追加された。そこで、本研究では、3D Web GIS の Cesium を使用し、3 次元都市空間データとして建物を 3D Tiles で作成・検証することにより、広域かつ大量の 3 次元構造物を軽快に表示することを目的とする。

2. 3 次元都市空間データの作成

2.1 3D Tiles の概要

3D Tiles は、オープンソースの 3 次元 Web 地図作成ライブラリ Cesium の機能の 1 つである。2 次元地図で用いられている地図タイルを 3 次元に拡張した仕様となっており、階層的なデータ構造となっている。3D Tiles の構造を図 1 に示し、tile と 3 次元モデルの関係を図 2 に示す。図 1 と図 2 のように 3D Tiles は、複数の階層的な tile (バウンディングボックス) で 3 次元空間を表現する。また、各 tile には、3 次元モデルファイルを登録することができ、各 tile に視点が近づいた際に登録された 3 次元モデルが描画される。これは、2 次元の地図タイルと同様に、地図の拡大率によって異なる 3 次元モデルの表示が可能ということである。この階層構造により、現在表示している 3 次元地図の範囲内の 3 次元モデルのみを読み込み、不必要な 3 次元モデルを破棄することで、広域かつ大量の 3 次元モデルの軽快な描画を実現している。

2.2 3D Tiles の作成

本研究では、作成する建物データとして、2016 年度の Zmap-TownII (株式会社ゼンリン) を使用した。また、3D Tiles の tile と 3 次元モデルファイルは 2 分の 1 地域メッシュ (500m メッシュ) 毎に作成することとした。

3D Tiles には、Shape ファイルから 3D Tiles に変換するツールは提供されていないため、動作検証用に提供されているサンプルツール 3d-tiles-tools⁴⁾を改良して作成した。システムの概要を図 3 に示す。まず、処理対象市区町村の 500m

メッシュを取得する。次に、Zmap-TownII から建物の輪郭形状および建物階数を取得する。そして、建物の輪郭形状および建物階数から、3 次元モデルの頂点座標、TIN と頂点法線を作成する。さらに、3d-tiles-tools に実装されている The GL Transmission Format (glTF) 変換を行う。なお、glTF とは、OpenGL (特に WebGL) に特化した仕様がオープンな 3D データフォーマットである。最後に、glTF から 3d-tiles-tools を用いて、3D Tiles における 3 次元モデルフォーマットのひとつである Batched 3D Model を作成する。3D tiles における 3 次元モデルフォーマットには、樹木など同じ 3 次元モデルを大量に配置するための Instanced 3D Model や点群表示のための Point Cloud など複数存在する。Batched 3D Model は、条件によって色を変更するなどのバッチ処理が可能な 3 次元モデルであり、建物などに利用される。また、3 次元モデルごとに ID を付与することで、特定の 3 次元モデルの表示を変更可能である。

以上の処理により、市区町村内の各 500m メッシュにおける tile と 3 次元モデルを作成する。

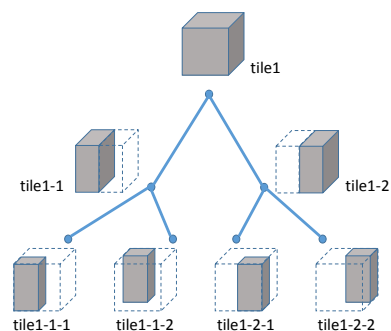


図-1 3D Tiles の構造

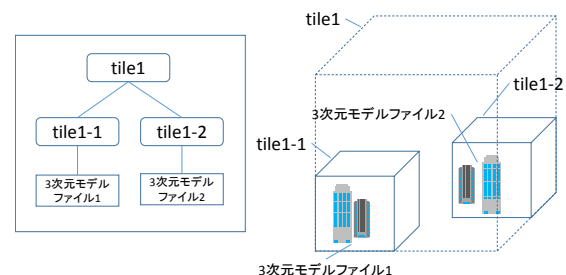


図-2 tile と 3 次元モデルの関係

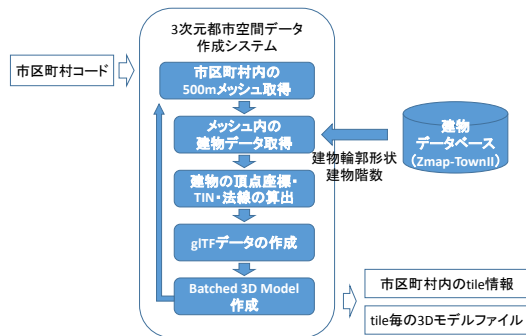


図-3 3次元都市空間データ作成システム概要

3. 3次元都市空間データの動作検証

本研究で作成したシステムを用い、東京 23 区および富山県の 3 次元都市空間データを作成した。作成した新宿区のデータを Cesium で可視化した結果を図 3 に示す。本研究では、図 3 左部のように建物の透明度、背景地図の明るさや表示する建物の高さを設定できる機能を加えて開発した。また、図 3 右部のように、建物を選択可能とすることで、建物に関する属性情報を別途表示可能な機能の開発も行った。

作成した 3 次元都市空間データについて、異なる PC スペックおよび Web ブラウザで表示に関する検証を行った。検証を行った PC のスペックを表 1 に示し、抜粋した市区町村の建物数および作成した 3 次元都市空間データのデータ容量を表 2 に示す。動作検証は、Web ブラウザのキャッシュを削除してから Web ページの表示を行い、ページアクセス開始時から全ての tile が表示された時点までの時間を表示完了時間とした。また、インターネット通信速度は概ね 80Mbps である。

3.1 動作検証

PC1 の Google Chrome で市区町村全体の 3 次元都市空間データを一度に表示した際のメモリ使用量、GPU メモリ使用量と表示時間を表 3 に示し、同じく PC2 の結果を表 4 に示す。表示時間に関しては、建物数が 6 万件程度であれば、10 秒以内に表示が完了した。メモリ使用量に関しては、3 次元都市空間データの約 2 倍、GPU メモリは約 3 倍となった。また、表示時間、メモリ使用量とも建物数

に比例することがわかった。しかし、富山市に関しては、表示完了まで非常に時間を要した。これらの結果より、1 度に表示する 3 次元都市空間データは、最大でも 10 万件程度にするべきであると考えられる。

3.2 Web ブラウザの比較

異なる Web ブラウザによる表示完了までの時間の比較結果を表 5 に示す。検証の結果、Google Chrome が安定して早いことがわかった。

3.3 人の流れと 3 次元都市空間データの融合

新宿区の 3 次元都市空間データとパーソントリップ調査から作成した人の流れデータを併せて表示した結果を図 4 に示す。従来は人の流れデータを 2 次元で可視化していたが、3 次元かつ建物も同時に表示することで、より理解しやすく詳細な解析が可能となると考えられる。



図-3 作成した 3 次元都市空間データ（新宿区）

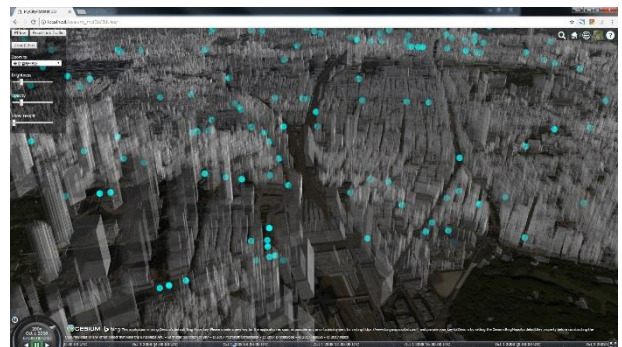


図-4 3 次元都市空間データと人の流れデータ

表- 1 動作検証 PC のスペック

	PC1	PC2
OS	Windows 7 Professional	Windows 7 Ultimate
CPU	Intel Core i7-4500U 1.80 GHz	Intel Core i7-4790 3.60 GHz
GPU	なし	NVIDIA GeForce GTX 760 2 GB GDDR5 Memory
Memory	8.0 GB	16.0 GB

表- 2 建物数と 3 次元都市空間データの容量

	建物数	データ容量
千代田区	31,112	49.8 MB
中央区	27,812	43.8 MB
港区	42,453	91.5 MB
新宿区	80,335	131 MB
江東区	73,671	127 MB
渋谷区	64,857	115 MB
富山市	262,059	541 MB

表- 3 動作検証結果 (PC1 + Google Chrome)

	メモリ 使用量	GPU メモリ 使用量	表示時間
千代田区	138 MB	173 MB	7.1 秒
中央区	142 MB	177 MB	5.9 秒
港区	190 MB	279 MB	10.7 秒
新宿区	216 MB	342 MB	13.7 秒
江東区	210 MB	357 MB	13.7 秒
渋谷区	191 MB	313 MB	9.7 秒
富山市	395 MB	1395 MB	1532.1 秒

表- 4 動作検証結果 (PC2 + Google Chrome)

	メモリ 使用量	GPU メモリ 使用量	表示時間
千代田区	143 MB	192 MB	5.3 秒
中央区	149 MB	198 MB	4.0 秒
港区	204 MB	293 MB	8.4 秒
新宿区	238 MB	374 MB	10.2 秒
江東区	223 MB	387 MB	11.0 秒
渋谷区	198 MB	341 MB	8.4 秒
富山市	471 MB	1586 MB	1298.3 秒

表- 5 ブラウザ毎の表示完了時間 (PC1)

	Google Chrome 60.0.3112	Internet Explorer 11.0.45	Firefox 55.0.3
千代田区	7.1 秒	9.3 秒	8.4 秒
中央区	5.9 秒	6.8 秒	6.5 秒
港区	10.7 秒	13.5 秒	10.4 秒
新宿区	13.7 秒	20.5 秒	11.8 秒
江東区	13.7 秒	19.7 秒	24.0 秒
渋谷区	9.7 秒	13.0 秒	16.7 秒
富山市	1532.0 秒	1847.5 秒	2085.2 秒

4. おわりに

本研究では、3D Tiles の概要と作成手法についてまとめ、実際に東京 23 区と富山県の 3 次元都市空間データを作成した。また、動作検証により広域かつ大量の 3 次元モデルを軽快に表示可能なことを確認した。3D Tiles は、仕様がオープンであり、Open Geospatial Consortium(OGC) の Community Standard とする審議も行われている。また、現状 3D Tiles は、直線や多角形などのベクタデータには対応していないが、今後実装される予定となっている。このように、3D Tiles は、今後さらに多くの表現が可能となると共に、3 次元モデルデータのストリーミング配信の標準となる可能性が高いと考えられる。

今後も、3D Tiles の動向に注目すると共に、作成した 3 次元都市空間データを基盤として、様々なデータの可視化を試みたい。

補注

- 1) <http://www.f4map.com/>
- 2) <https://www.mapbox.com/>
- 3) <https://cesiumjs.org/>
- 4) <https://github.com/AnalyticalGraphicsInc/3d-tiles-tools>

参考文献

- 小荒井衛 (2014) : 3 次元 GIS の動向と現状の課題, 日本地図学会地図, 52, 3, 3_1-3_4.
- Sanghun, S. and Myunghee, J, 2008. A Real-time 3D GIS Development Methodology for Web-based Environment, *Papers and proceedings of the Geographic Information Systems Association*, 17, 221-224.