3 次元地図データをウェブ地図に表示するための技術的検討

実施期間　令和 2 年度
地理空間情報部情報普及課　川井　拓弥　神田　兵庫
茂木　宏仁　北浦　一輝
佐藤　壮紀

1. はじめに

国土地理院では，標高データとして基盤地図情報数値標高モデルを整備しており，ウェブ地図「地理院地図 Globe」ではこれを基に標高値を RGB 値に変換してタイル状に分割した「標高タイル」によって地形の 3 次元表示を行っている．しかしながら，これまで地物データは一般的に 2 次元のデータとして整備されてきたこともあり，地理院地図 Globe では地物の 3 次元表示はしていない．

一方で，近年，国・地方公共団体等において，レーザ測量等による 3 次元点群データ等の整備が進んでいる．今後これらの 3 次元地図データの流通促進を図るためには，これらをウェブ地図で閲覧できる環境の整備が必要である．

そこで，令和 2 年度，3 次元地図データを用いて地形と地物をウェブブラウザ上に 3 次元表示するための手法を調査し，実際にデータを作成，閲覧サイトを構築した上で，特徴や課題を整理した．

本稿では，まず，3 次元地図データを用いて地形と地物をウェブブラウザ上でシームレスに 3 次元表示できる閲覧サイトを構築するために必要なライブラリについて述べる．次に，各ライブラリに対応したデータの形式について述べるとともに，これらのデータを表示する閲覧サイトを構築した際に把握できた課題について述べる．

なお，本稿で用いる用語を表-1 のとおり定義する．

表-1　用語の定義

用語	定義
3 次元地図データ	地形及び建物や構造物等の地物について，その高さ情報を含めて表現した地理空間情報データ．
標高データ	3 次元地図データのうち，地形を表現するためのデータ．
3 次元地物データ	3 次元地図データのうち，建物や構造物等の地物データ（点群状のポイントデータを除く）．
3 次元点群データ	3 次元地図データのうち，3 次元座標を持った点群状のポイントデータ．
3 次元ポリゴンデータ	3 次元地図データのうち，3 次元座標を持ったポリゴンデータ．

2. ウェブブラウザ上で 3 次元地図データを表示するために必要なライブラリ

調査の結果，令和 3 年 2 月現在，3 次元地図データを用いて地形と地物をウェブブラウザ上でシームレスに 3 次元表示することのできるオープンソースのライブラリとして，「Mapbox GL JS」と

「CesiumJS」とが存在することがわかった．Mapbox GL JS については，調査中の令和 2 年 12 月にメジャーアップデートされた v2 が公開された．

2.1 Mapbox GL JS v1

Mapbox GL JS v1 は，試験公開している「地理院地図 Vector（仮称）」でも用いているライブラリである．

Mapbox GL JS v1 をベースに構築したサイトにおいて，標高データを用いて地形を 3 次元表示するためには，「deck.gl」というライブラリを追加で用いる必要がある．

また，Mapbox GL JS v1 は Mapbox Vector Tile 形式の 3 次元地物データを 3 次元表示できる．これに加えて，3 次元座標を持った 3 次元地物データを Mapbox GL JS v1 に表示するため，前述の「deck.gl」と，「mapbox-3dtiles」というライブラリを追加で用いることを試行した．

2.2 CesiumJS

地理院地図 Globe は，CesiumJS をベースに構築している．CesiumJS の特徴は，地図を地球儀のように表示可能であることが挙げられる．ただし，Mapbox GL JS に比べるとブラウジングの際の動作が重い傾向がある．

CesiumJS は地形や地物の 3 次元表示にあたって追加ライブラリを必要としないが，標準では標高データは「quantized-mesh-1.0 terrain format」で用意する必要がある．

地理院地図 Globe では，国土地理院の「標高タイル」を参照するために「PNG 標高タイル TerrainProvider」という追加ライブラリを利用しているが，当該ライブラリは CesiumJS の最新バージョン（令和 3 年 2 月末時点で 1.78）には現状対応していない．

2.3 Mapbox GL JS v2

令和 2 年 12 月に Mapbox GL JS v2 が公開された．Mapbox GL JS v2 を用いると，ライブラリを追加せずとも地形の 3 次元表示が可能である．Mapbox GL JS v2 はオープンソースではあるものの，従来の Mapbox GL JS v1 と異なり，利用量に応じて課金される場合がある．

3. ウェブブラウザ上で 3 次元地図データを表示するためのデータ形式とその表示

2 章で述べたライブラリにおいて，地形と地物を 3 次元表示するために地形と地物それぞれについてどのようなデータ形式が存在するのかを調査し，また，それぞれの形式のデータがどのライブラリで利用可能なのかを調査した．さらに，実際に 3 次元表示をして明らかになった課題を整理した．

3.1 地形の 3 次元表示のためのデータ形式（標高タイル）

ウェブブラウザ上で地形を 3 次元表示するためには，地形データをタイル形式（標高タイル）で用意する必要がある．Mapbox GL JS v1+ deck.gl では Mapbox の「Mapbox Terrain-RGB tiles」と Mapzen の「Terrarium format PNG tiles」が，CesiumJS では Cesium の「quantized-mesh-1.0 terrain format」が，それぞれのライブラリで利用できる標高タイルのデータ形式である．国土地理院の「標高タイル」は Mapbox GL JS v1+ deck.gl で読み込むことはできるが，後述する理由により正しく表示することができない．なお，Mapbox GL JS v2 では「Mapbox Terrain-RGB tiles」を利用できることは確認しているが，それ以外の標高タイルの対応状況については未調査である．標高タイルデータの種類について，表-2 にまとめる．

表-2　標高タイルデータの種類

名称	対応ライブラリ	標高値の分解能[m]	拡張子
国土地理院の「標高タイル」	※	0.01	.png
Mapbox Terrain-RGB tiles	Mapbox GL JS v1 + deck.gl Mapbox GL JS v2	0.1	.png
Terrarium format PNG tiles	Mapbox GL JS v1 + deck.gl	0.0039 (1/256)	.png
quantized-mesh-1.0 terrain format	CesiumJS	可変	.terrain (バイナリ形式)

※　Mapbox GL JS v1 + deck.gl で読み込むことは可能だが，正しく表示することはできない．

ここで，各 PNG 形式の標高タイルのデコード式（RGB 値から標高値を復元する式）を説明する．

- 国土地理院の「標高タイル」
  - $X = 2^{16} R + 2^{8} G + B$
  - $X < 2^{23}$ の場合　標高値 $= X * 0.01$
  - $X = 2^{23}$ の場合　無効値
  - $X > 2^{23}$ の場合　標高値 $= (X - 2^{24}) * 0.01$
- Terrarium format PNG tiles
  - 標高値 ＝ $-32768 + 2^{8} R + G + 2^{-8} B$
- Mapbox Terrain-RGB tiles
  - 標高値 ＝ $-10000 + 0.1 * (2^{16} R + 2^{8} G + B)$

これらのデコード式を比較すると，図-1 のようになる．

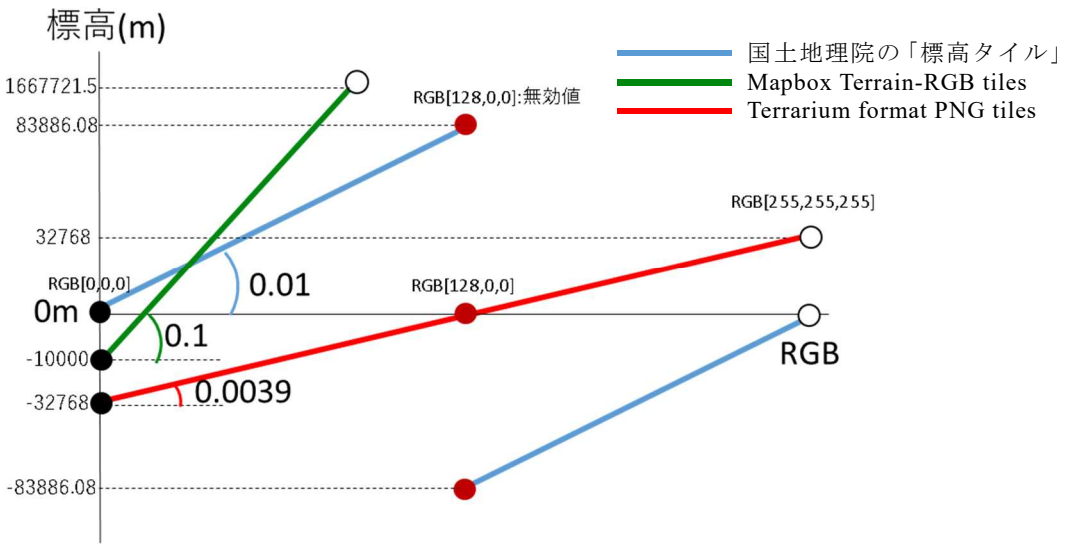

図-1　各 PNG 標高タイルのデコード式の比較

deck.gl では，デコード式における RGB 値の係数とオフセット値を指定できる．ただし，途中式の結果によって場合分けするような計算式には対応していないため，国土地理院の「標高タイル」は正

常に表示できない．例えば，デコード式を一律に 0.01 *（216 R + 28 G + B）として国土地理院の「標高タイル」を表示すると，図-2 のように標高 0m 以下の部分が極端に高い場所であるかのように表示される．

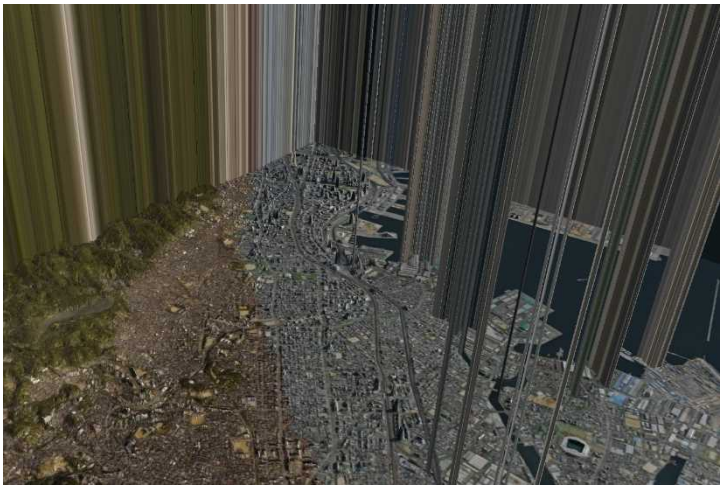

図-2　deck.gl による国土地理院の「標高タイル」の表示

3.2 地物の 3 次元表示のためのデータ形式

2 章で挙げたライブラリを用いてウェブブラウザ上で地物をシームレスに 3 次元表示可能なデータ形式としては，「Mapbox Vector Tile」と「3dtiles」が挙げられる．前者は 3 次元点群データには対応していない．後者は 3dtiles の中でも，更にデータ種類に応じて 3 次元点群データ用の形式（拡張子：.pnts）と 3 次元ポリゴンデータ用の形式（拡張子：.b3dm）等が存在する．

3.2.1 Mapbox Vector Tile（拡張子：.pbf）

Mapbox GL JS v1 および v2 は，ポリゴンデータを 3 次元表示することができる（図-3）．v2 では地形の 3 次元表示ができ，地形に沿って接地した状態でポリゴンデータを 3 次元表示することができる（図-4）．

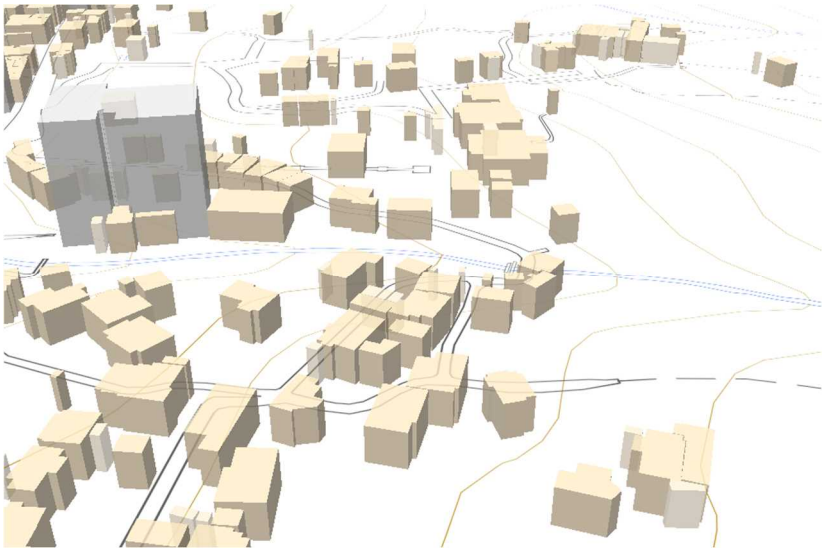

図-3　Mapbox GL JS v1 による Mapbox Vector Tile の 3 次元表示

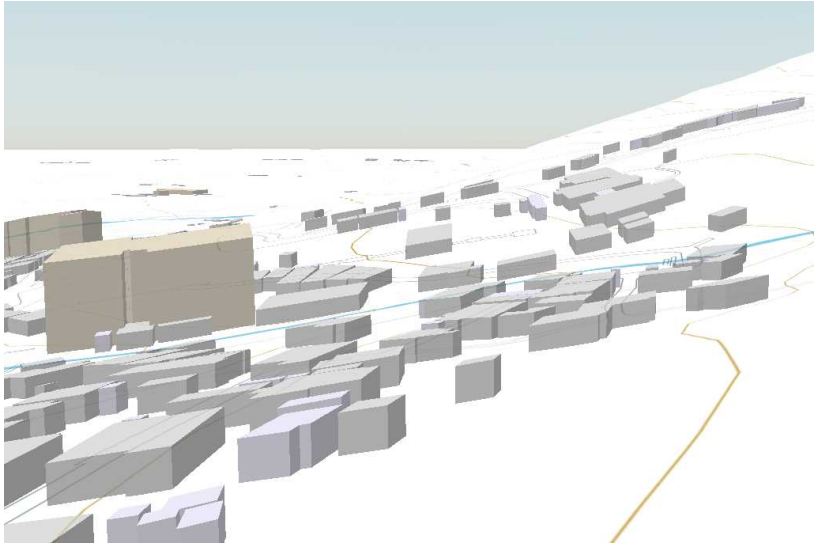

図-4　Mapbox GL JS v2 による Mapbox Vector Tile の 3 次元表示

ただし，Mapbox Vector Tile には，庇や軒などのオーバーハングしている部分や壁の凹み等を表現する方法は用意されていない．

3.2.2 3dtiles（3 次元ポリゴンデータ（拡張子：.b3dm））

G 空間情報センターで公開されている「兵庫県全域 DSM（2010 年度～2018 年度）」を利用して数値地図（国土基本情報）の建物のポリゴンデータに高さ情報を属性として付与し，そのデータから 3dtiles 形式の 3 次元ポリゴンデータを作成した．

このデータを Mapbox GL JS v1 + deck.gl で構築したサイト及び CesiumJS で構築したサイトで表示した結果，建物が地面に埋まっていたり空中に浮いていたりするように表示される現象が散見された（図-5）．図-5 は Mapbox GL JS v1 + deck.gl での表示の様子，CesiumJS の場合も同様の現象が生じる．このような現象が生じるのは，計測精度の違い等により地表面の標高値と地物の下部の標高値が一致しないためである．

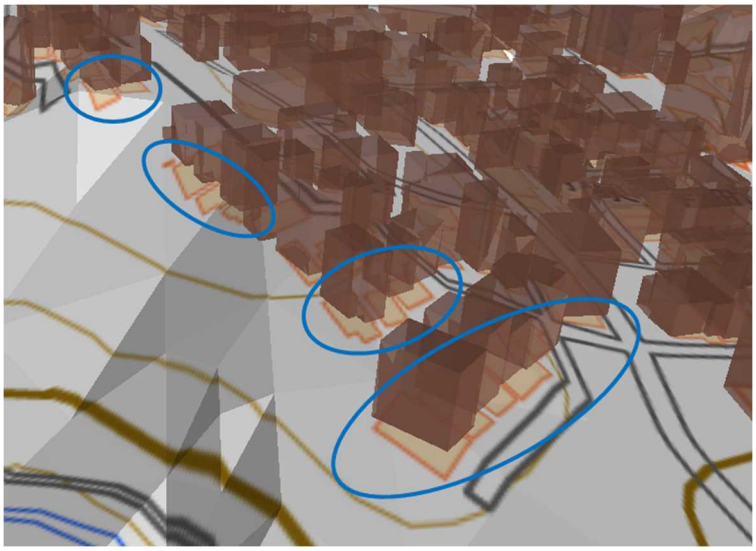

図-5　3dtiles における建物の 3 次元表示（丸で囲んだ部分が空中に浮いたように表示されている）

3.2.3 3dtiles（3 次元点群データ（拡張子：.pnts））

静岡県ポイントクラウドデータベースで公開されている 3 次元点群データを 3dtiles に変換し，閲覧サイトを構築して表示を行った（図-6）．なお，図-6 では地形の 3 次元表示をしていない．

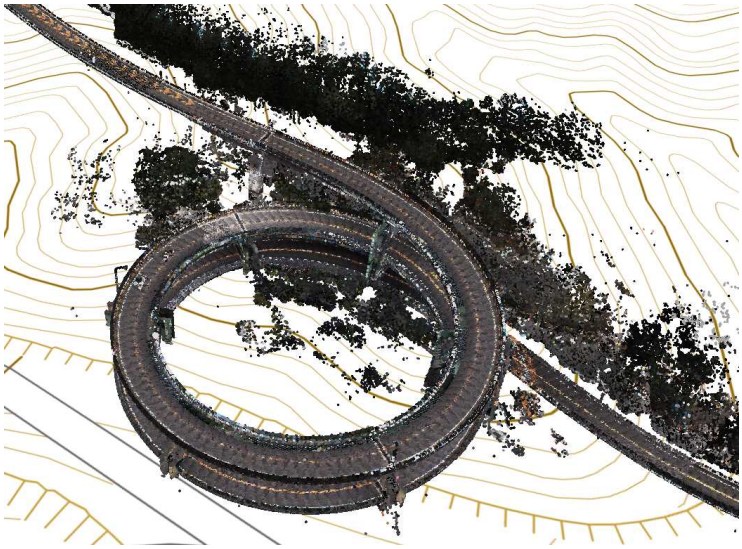

図-6　Mapbox GL JS v1 + deck.gl による 3 次元点群データの表示

調査の結果，3dtiles は広範囲の地図データを提供することには向かないことがわかった．3dtiles は地物数の多い地域や点群の密度が高い箇所はタイルがより細かく分割される仕様のため，画像タイルで一般的に用いられているすべてのタイルが同じ大きさである XYZ 方式とは異なり，タイルデータのファイル名からタイルデータが表示されるべき場所が特定できない．そのため，各タイルデータの位置情報をメタデータで与える仕様となっているが，広範囲の地図データを提供する場合，メタデータのファイルサイズが大きくなり読み込みに時間がかかってしまうのである．

3.2.4 補足：道路中心線について

今回実験として数値地図（国土基本情報）の道路中心線のラインデータを中心線から片側 5m ずつバッファを付与してポリゴンデータに変換した上で，3.2.2 で述べた方法と同様の方法で高さ情報を属性として付与し，そのデータから 3dtiles 形式の 3 次元ポリゴンデータを作成した．

このデータを 3.2.2 と同様にして表示してみたが，高さ情報をデータの始終点や接続点のみに付与することができなかったこと，及び道路中心線と DSM の計測精度の違い等により地表面の標高値と道路中心線の標高値が一致しないことから，この手法では実利用に耐えないという結果となった（図-7）．

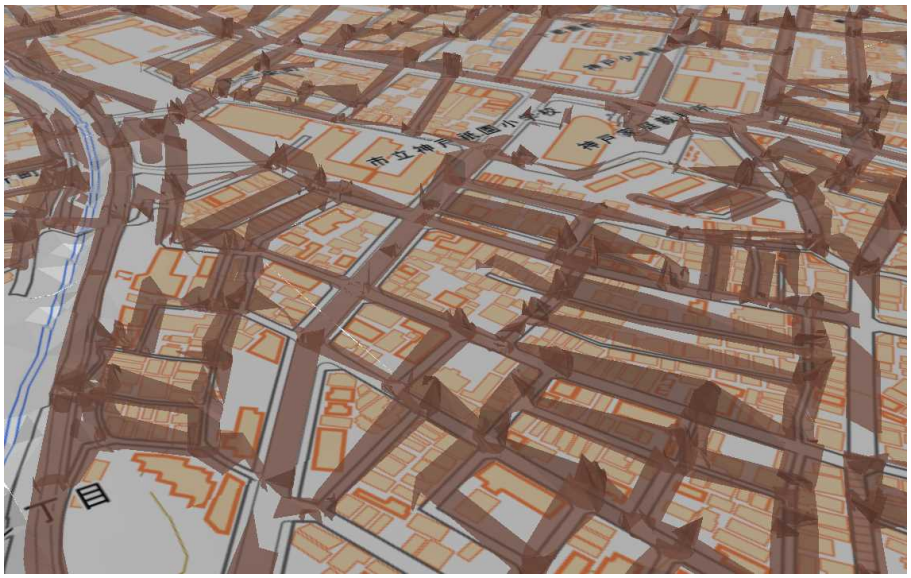

図-7　3dtiles における道路の 3 次元表示

4. まとめと今後の展望

3 次元地図データをウェブ地図として表示するために必要なライブラリとデータ形式についての調査を行った. 本稿でこれまでに述べた 3 次元表示のためのライブラリと対応するデータ形式について, 表-3 にまとめる.

表-3　3 次元地図データの 3 次元表示のためのライブラリと対応するデータ形式

ライブラリ / 3 次元地図データ	Mapbox GL JS v1	Mapbox GL JS v1 + deck.gl	Mapbox GL JS v1 + deck.gl※1 + mapbox-3dtiles	CesiumJS	Mapbox GL JS v2
地形	不可能	Mapbox Terrain-RGB tiles※2 又は Terrarium format PNG tiles※2	Mapbox Terrain-RGB tiles※2 又は Terrarium format PNG tiles※2	quantized-mesh-1.0 terrain format※2	Mapbox Terrain-RGB tiles※2
ポリゴンデータ	Mapbox Vector Tiles※3	Mapbox Vector Tiles※3 又は 3dtiles※4	Mapbox Vector Tiles※3 又は 3dtiles※4	3dtiles※4	Mapbox Vector Tiles※3 ※5
3 次元点群データ	不可能	3dtiles※6	3dtiles※6	3dtiles※6	不可能

※1　地形の 3 次元表示にのみ使用.

※2　無効値の定義をすることはできない.

※3　オーバーハング部分や, 壁の凹み等は再現不可.

※4　建物は地面に埋まって表示されたり空中に浮いて表示されたりする.

※5　地形に沿って接地した状態での表示が可能.

※6　レイヤは適切な規模で作成する必要がある.

3 次元地図データの表示にかかる分野は近年特に技術の発展が著しい分野であり，今回の調査期間内においても Mapbox GL JS のメジャーアップデートがあった．今後も技術動向を注視していく必要がある．

将来的には，ウェブ地図「地理院地図」でこれまで培ってきた知見や，今回調査した技術を組み合わせながら，今後整備が進むと考えられる 3 次元地図データの流通促進に貢献していきたい．

参考文献

Cesium, CesiumJS, https://cesium.com/cesiumjs/ (accessed 4 March. 2021).

Cesium, quantized-mesh-1.0 terrain format, https://github.com/CesiumGS/quantized-mesh (accessed 5 March. 2021).

Geodan, mapbox-3dtiles, https://github.com/Geodan/mapbox-3dtiles (accessed 5 March. 2021).

G 空間情報センター，兵庫県全域 DEM（2010 年度～2018 年度），https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/2010-2018-hyogo-geo-dem (accessed 3 March. 2021).

G 空間情報センター，兵庫県全域 DSM（2010 年度～2018 年度），https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/2010-2018-hyogo-geo-dsm (accessed 3 March. 2021).

国土地理院，地理院地図 Globe，https://maps.gsi.go.jp/globe/ (accessed 4 March. 2021).

国土地理院，標高タイルの詳細仕様，https://maps.gsi.go.jp/development/demtile.html (accessed 3 March. 2021).

Mapbox, Mapbox GL JS, https://github.com/mapbox/mapbox-gl-js (accessed 22 February. 2021).

Mapbox, Vector tiles - Specification, https://docs.mapbox.com/vector-tiles/specification/ (accessed 22 February. 2021).

Mapzen, Types of Terrain Tiles, https://github.com/tilezen/joerd/blob/master/docs/formats.md (accessed 5 March. 2021).

産業技術総合研究所，シームレス標高サービス実験公開 - PNG 標高タイル TerrainProvider, https://gsj-seamless.jp/labs/elev2/tools/terrainProvider.html (accessed 5 March. 2021).

静岡県，静岡県ポイントクラウドデータベース，https://pointcloud.pref.shizuoka.jp/ (accessed 3 March. 2021).

Urban Computing Foundation project, deck.gl, https://deck.gl/ (accessed 3 March. 2021).