

災害状況の迅速な把握・提供技術の開発 －災害時における 3 次元データの視覚化の検討－

実施期間

令和 3 年度～令和 4 年度

基本図情報部地図情報技術開発室

佐々木 励起 新藤 昭彦

岸本 紀子

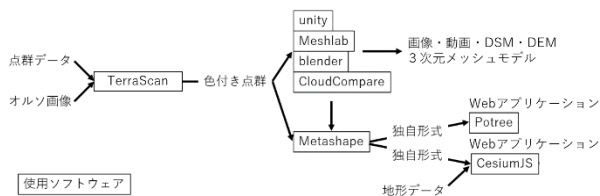
1. はじめに

国土地理院では、航空写真を用いた写真測量や無人航空機に搭載したレーザスキャナによるレーザ計測により、3次元点群データや3次元メッシュモデルの作成を行い災害時の状況把握に活用している。3次元メッシュモデルは、3次元点群データから不整三角網メッシュを発生させ、画像からテクスチャを生成させて組み合わせた3次元のデータである。しかし、3次元点群データと3次元メッシュモデルは容量が大きく、表示や編集に専門的なソフトウェアを必要とするため、災害直後における初動対応及びその後の復旧対応において有用な情報であるにもかかわらず、地理空間情報データを扱うソフトウェアや知識を有するような専門家以外では取扱いが困難である。そこで、主に災害時に計測した3次元点群データが関係者や一般において効果的に活用されることを想定し、3次元データの視覚化の方法について検討を行った。なお、本論文では、3次元点群データと3次元メッシュモデル、DSM・DEMを合わせて3次元データと称する。

2. 3次元データの視覚化フロー

レーザ計測で取得した3次元点群データは、水平方向と高さ方向の位置情報を有し、特に高さ方向の精度が写真測量に比べて良好である。しかしながら、位置情報が格納された3次元点群データそのものを見ても、どの位置のどのような地物の情報であるか認識することは困難である。そこで、TerraScan というソフトウェアを用いて、別途撮影したオルソ画像から位置情報を用いて色の情報を3次元点群データに与え、色付き点群データの形に加工することで、地物の位置や色が容易に認識できるようになる。

また、3次元点群データは容量が大きく、かつ閲覧に専門的なソフトウェアが必要であり扱いが難しいため、地理空間情報データを扱うソフトウェアや知識を有する専門家以外でも閲覧しやすい形にするためには別の形式に変換することが適当である。例えば、色付き点群データから、Cloud Compare や Meshlab, unity, blender といった3次元データを扱うソフトウェアによって、画像や動画、さらには後述のとおり VR コンテンツを作成することが考えられる。また、Metashape 等の3次元データ編集ソフトウェアを用いることで、3次元データを Web 上で3次元表示することができるツール (CesiumJS や Potree) のファイル形式に変換することができる。これら視覚化の工程について、図-1 に示した。



TerraScan	オルソ画像を使用して3次元点群データの色付けができる。
CloudCompare	3次元点群データのトリミング等編集ができる。
Metashape	複数方向の写真からSfM-MVS処理により3次元メッシュモデルを作成できる。
Meshlab unity/blender	3次元データの編集やレンダリング、撮影ができる。

図-1 3次元データの視覚化フロー

3. 各視覚化方法のメリット・デメリット

各視覚化方法のメリットとデメリットを検討した（表-1）。その際、2021年7月に発生した熱海市における土石流源頭部の3次元点群データを様々な形式に変換し、検討に用いた（表-1 ※1～※6）。

3次元点群データは、災害時の使用目的に応じてDSM・DEMや3次元メッシュモデル等様々な形式に加工できる。GISや3次元点群データ編集ソフトウェアを用いて、場合に応じて不要な3次元点群データをフィルタリングした上でDSMやDEMに加工することで、GISを用いて段彩図等の視覚化や地形・地物の変化の分析がしやすくなる。例えば、熱海市の土石流の事例では災害現場のDEMを作成した後、発災前後の標高変化量を算出し、土砂の流出量を定量的に明らかにすることができた。さらに、3次元点群データから3次元メッシュモデルを作成し、動かして閲覧することで、確認したい災害現場の地形等の3次元的な特徴を把握しやすくなる。

3次元点群データを画像や動画として公開することで、災害現場を3次元的に捉えることができるが、さらに、ブラウザ上で閲覧することができるCesiumJSやPotreeのようなWebアプリケーションを用いる方法では、3次元点群データを3次元的に操作することが可能である。CesiumJSはWebブラウザ上の地球儀に情報を可視化でき、3次元地形図上へ3次元点群データを直接表示するなど、データを重ねて表示することが可能である。表-1 ※5に示したように、発災前の地形図に発災後に取得された3次元点群データを重ね、表示・非表示を切り替えることで災害現場の地形変化を3次元的に把握することができる。PotreeではCesiumJSと比較して3次元点群データをより軽快に表示することができる。

しかしながら、ブラウザ上で示す方法では、正確な位置情報を有する3次元データを用いるにもかかわらず、2次元的な画面上での視覚化に留まる。画面上では、実物よりも3次元データが縮小表示され、奥行き表示も平面に投影されたものとなる。

そこで、3次元メッシュモデルによるVRコンテンツを用いた被災地の3次元データの視覚化について検討した。VRは仮想現実とも称され、コンピュータ等を用いて仮想的な世界を作り出し、人間の感覚器官に働きかけることでその世界に属しているように感じさせるような装置、又はその体験のことを指す。VRゴーグルを使用することで、3次元データを実物大のように閲覧でき、奥行き方向への視点移動や景色を見渡すことができる。また、画面上での閲覧と比較すると、災害現場と同様の認知・心理的反応を伴う視覚化が可能となる。これにより、二次災害の危険がある箇所をVR空間に複製し、安全に災害現場の状況確認を行える。

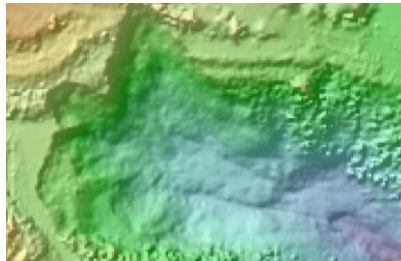
しかしながら、3次元データのVRコンテンツ化は、煩雑なデータ加工や細かな設定が必要となり、災害時の利用は進んでいない。そこで、次の章ではVRコンテンツによる視覚化の手法について述べる。

表-1 視覚化方法のメリット・デメリット

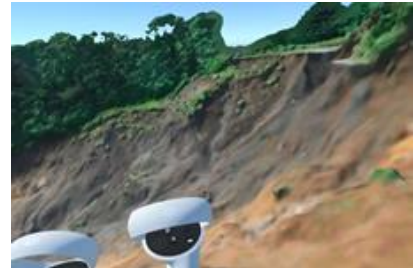
		メリット	デメリット
ダウンロード コンテンツ	3次元点群データ (LAS・XYZ) ※1	・生データであるため用途に合わせて加工し、見せ方の工夫が加えられる	・データ容量が大きい ・閲覧に専用のソフトウェアや高性能なPCに加え見せ方の工夫についてノウハウが必要
	DSM・DEM (TIFF) ※2	・生データに比較的近いため、見せ方の工夫がある程度可能 ・データ容量が3次元点群データより少なく、取り扱いやすい	・閲覧にはGISソフトが必要であり、その操作能力が必要 ・通常、GISソフトでは画面上での平面的な見え方にとどまる
	3次元メッシュモデル (OBJ等) ※3	・3次元メッシュモデルを動かして閲覧できる ・VRコンテンツに加工することで、常時、3次元的に表示視点を移動、回転することができ、より臨場感を持った視覚化を実現できる	・3次元メッシュモデルやVRコンテンツへの加工は専門のソフトウェアや知識が必要であり、閲覧・加工を行うための手順が煩雑 ・VR機器等について多少の費用が生じる
ブラウザ コンテンツ	画像・動画 ※4	・一般のPCで閲覧でき、専用のソフトは不要	・視点を変えるなどの高度な操作は不可能
	Webアプリ CesiumJS ※5	・ブラウザ上で3次元点群データを表示し、動かして閲覧することができる ・地形図上に3次元点群データを直接表示したり、データを重ねて表示することができる ・一般のPCで閲覧でき、専用のソフトは不要	・Webサイトの構築・保守が求められる ・閲覧用データ加工に一定の能力と労力を要する ・画面上での見え方はVRほど立体的ではない ・現状では回転や倍率変更の表示に時間がかかる
	Webアプリ Potree ※6	・ブラウザ上で3次元点群データを表示し、動かして閲覧することができる ・表示が綺麗で軽快 ・一般のPCで閲覧でき、専用のソフトは不要	・Webサイトの構築・保守が求められる ・閲覧用データ加工に一定の能力と労力を要する ・画面上での見え方はVRほど立体的ではない ・地形図上への3次元点群データ表示や、データを重ねて表示するにはやや手間がかかる



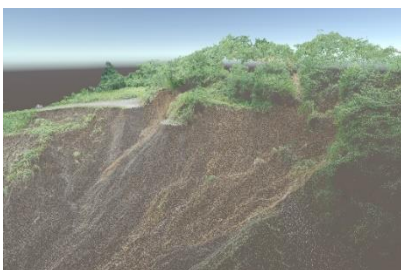
※1 色付き3次元点群データ



※2 DEM (標高・陰影段彩)



※3 3次元メッシュモデル
(VRコンテンツ化)



※4 画像・動画



※5 Webアプリ CesiumJS



※6 Webアプリ Potree

4. VRコンテンツ作成の試行

4.1 VRコンテンツの作成フロー

図-2にVRコンテンツの作成フローを示す。VRコンテンツの作成フローは、3次元点群データを用いる場合と、3次元メッシュモデルを用いる場合で異なる。3次元点群データを用いる場合、前述のとおり、まずオルソ画像等によって3次元点群データに色付けを行う。色付き点群はCloudCompareやMeshlabといった3次元データ編集ソフトウェアによってファイル形式を変換し、3次元データを編

集できるゲーム開発エンジンである unity にデータを取り込むことができる。一方で、3次元メッシュモデルを用いる場合は、SfM-MVS 処理によって作成された3次元メッシュモデルをそのままの形式で unity に取り込むことができる。unity に取り込まれた3次元点群データや3次元メッシュモデルは、モデルやカメラの位置を調整してアプリケーションとして出力し、VRゴーグルに取り込み、VRコンテンツとして閲覧することが可能となる。

5. 考察

災害時における3次元データの視覚化について検討を行った。3次元点群データを直感的で分かりやすいように視覚化するほどデータ加工が煩雑となり、初動対応における迅速な提供には不向きな傾向があると言える。そのため、各機関で災害対応が行われる発災直後の初動対応とその後の復旧対応のフェーズに分けてデータ提供の方法について検討した(図-3)。

初動対応においては、迅速な情報提供が求められる。そのため、加工を施さない3次元点群データや、加工が容易な画像・動画、CesiumJS や Potree のような Web アプリケーションといった形態でのデータ提供が迅速な提供という観点で適していると考えられる。3次元点群データは専門的なソフトウェアで加工や分析を行うことができる。それに対して画像・動画や Web アプリケーションは多くの人が直感的に災害の状況を把握するのに適している。

一方で、復旧対応においては、複雑なデータ加工を行う時間が確保できるため、DSM・DEM や3次元メッシュモデル等 VR コンテンツの作成・提供も想定できる。DSM・DEM 形式に加工することで、GIS を用いた地形等の分析が行いやすくなる。また、VR コンテンツ作成の試行では、臨場感のある体験により、直感的に災害状況を把握できることが確認できた。特に災害時の地形や規模を把握しやすいほか、建物等を側方からの視点で眺めることができるため、浸水状況や損壊状況が一目で見て取れる。そのため、被災地での活動計画立案等の予察への活用のように、災害対応に係る意思決定支援やそれによる二次災害の防止効果が期待できる。そのほか、災害に関連する地形を観察することで、防災地理教育への活用を行うことも考えられる。

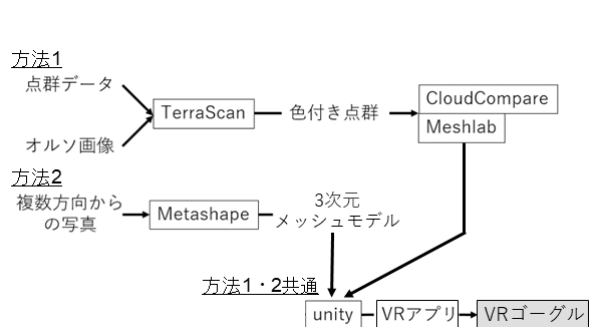


図-2 VRコンテンツの作成フロー

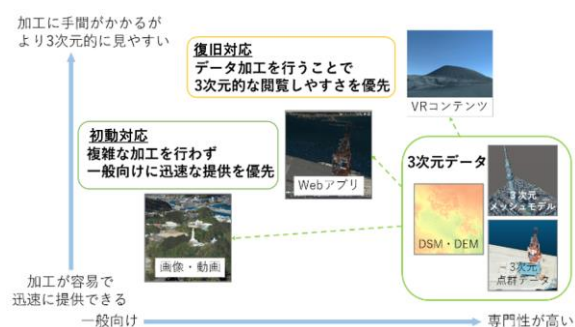


図-3 視覚化方法のまとめ

6. まとめ

災害時の3次元データは、現地の状況を把握する上で効果的であることから、今回の分析を踏まえ、今後災害が発生した際に緊急度や利用するユーザに適した形式で視覚的に分かりやすいデータを作成できるよう、引き続き技術開発を行うことが有用である。また、レーザ計測による全国の標高データ整備や測量成果のオープンデータ化の推進に伴い、3次元データの活用機会は今後増加していくと予想される。そのため、3次元データの視覚化や作成の方法について、実践的に試行を行い、検討を重ねる必要がある。