

モデリングソフトウェアによる建物被害検出結果の比較検証

阪田知彦

Comparative Verification of Building Damage Detection Results by Modeling Software

Tomohiko SAKATA

Abstract: After large-scale earthquake, early understanding and visualization of building damage is important geographical information in various disaster response situations. As part of the development of a method for quickly grasping building damage maps from aerial photographs taken of urban areas after earthquake, we have applied 3D modeling technology and built a damage detection program that emphasizes on quickness. This paper is a report about comparative verification of point cloud data generated by different modeling software/library, which was carried out to automate a series of processes.

Keywords: 3次元モデリング (3D Modelling), SfM (Structure from Motion), 建物被害 (Building Damage)

1. はじめに

大規模地震時において早期の建物被害の面的な把握と可視化は、様々な災害対応の場面において重要な地理的情報である。建研で実施している大地震発災直後の市街地の被害状況を撮影した空撮画像等から迅速に建物被害図を作成する方法の開発の一環で、3次元モデリングの技術を活用して迅速さを重視した被害検出プログラムを構築している。

本稿では、一連の検出処理の自動化に向けて実施した、建物被害検出結果の検証のうち、異なるモデリングソフトウェアによって生成した点群データについての比較検証について報告する。

2. 検討の概要

開発中の大地震発生後の市街地を撮影した空撮画像等から3次元モデリングにより迅速に建物被害を検出する手法の概要を図1に示す。

阪田知彦 国立研究開発法人建築研究所
住宅・都市研究グループ
E-mail : sakata@kenken.go.jp, Tel.029-864-3805

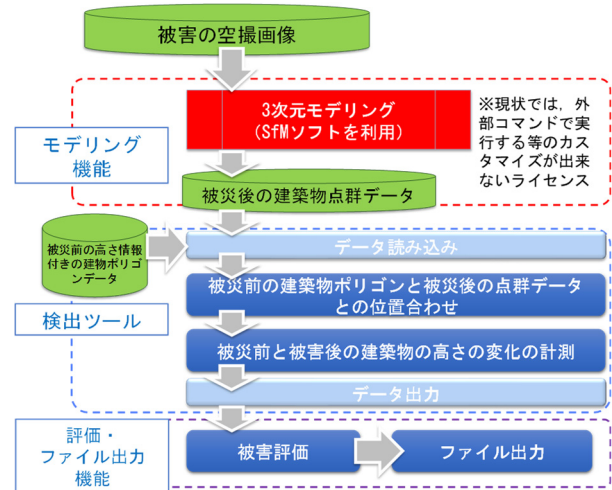


図1 3次元モデリングによる建物被害検出手法の概要

このうち、3次元モデリング部分は市販のソフトを利用しているが、現状のライセンスでは外部からのコマンドによる実行はできない状況である。全体の自動化に向けて、代替となるソフト等の利用可能性を探るために、同様の処理が可能な既存の3次元モデリングソフトとライブラリについて比較した^(補注1)。比較の視点は表1である。

3. 3次元モデリングソフトについての比較

まず、3次元モデリングソフトについて比較したのが、表2である。Pix4D Mapper, MetaShape, Context Captureの3つのソフトは、測量や建設業界等でも一般的によく利用されている有償の3次元モデラーであり、PhotoModeler Premiumを加えた4つはデスクトップタイプのソフトである。一方、ReCAP PhotoはSaaS型の3次元モデラーである。また、Visual SFMからCOLMAPの4つのソフトは無償で利用できるが、Visual SFMは商用で利用することができない。カスタマイズに関しては、Pix4D Mapper 以外はPython やバッチ等によりカスタマイズが可能である。入出力については(表3)、入力ファイルは全てのソフトウェアでJPEG および TIFF 画像には対応しているが、Pix4D Mapper のみの画素数が 5,5 メガピクセル以上だと追加モジュールが必要となる。また、出力ファイルの形式は、製品毎に対応する形式が様々であるが、オルソやテクスチャー付き3次元メッシュの生成は、全ての製品で対応している。

次に、3次元モデリングライブラリについて比較したものが表4である。ここでは、無償で利用できるものに限った。ライブラリには、SfM/MVSの両方の機能を備えているライブラリと、そのどちらかの機能を備えているライブラリがあり、SfM/MVS 両方の機能を備えているライブラリは、OpenCV と Theia であった。なお、ライブラリの商用の利用に関しては、Bundler, PMVS2 以外は可能であるが、商用で利用する場合には、著作権の表示やソース公開が条件となっている。また、ライブラリを利用する際のプログラム言語は、OpenSfM 以外は C++言語に対応している。また、動作環境はすべてのライブラリが Linux OS に対応しているが、OpenSfM と Bundler は Windows と MacOS には未対応であった。入出力については(表5)、入力ファイルは、すべてのライブラリで JPEG 形式に対応している。また、各モデラーで算出したカメラの内部標定要素や外部標定要素、タイポ

表1 比較の視点

①	SfM (Structure from Motion) /MVS(Multi View Stereo)のように、オーバーラップした撮影範囲を持つ画像等の入力から特徴点を抽出してカメラの位置姿勢情報を求め、その情報をもとにステレオマッチング処理により3次元点群データを生成するもの。
②	プログラムに組み込むことで、外部からのトリガーに基づく自動実行やバッチ処理が可能なもの。
③	無償のアプリケーションやライブラリの利用を基本とするが、有償でも安価で実用性の高いアプリケーションであれば整理・検討の対象とする。
④	単独だけでなく、複数の技術やアプリケーションを利用して実現できる場合も想定する。

表2 3次元モデリングソフトの整理

名称	概要	カスタマイズ	導入費用
Pix4D Mapper	SfM/MVSが実装された航空写真測量ソフトウェアで、ドローンや地上撮影した画像から3次元形状の復元、オルソメッシュ生成が可能	不可	約120万円
MetaShape (PhotoScan)	ローンで開発された、航空写真測量ソフトウェアで、ドローンや地上撮影した画像から3次元形状の復元、オルソメッシュ生成が可能	可(Python)	約50万円
Context Capture (Acute3D)	Bentley社がAcute3D社を買収し、現在はBentley社の製品で、独自のアルゴリズムにより高精度な3次元モデルを作成することが可能、大規模データに対応	可(Python)	約115万
PhotoModeler Premium	老練の写真測量ソフトウェアで、自動のカメラ位置推定に加え、手動によるモデル作成も可能	可(ODE/Python)	約34万
ReCAP Photo	Autodeskが開発したクラウド型の3Dモデラーで、出先から3Dモデルと自社のCADやBIM等の製品との連携が容易	-	-
Visual SFM	商用目的以外であれば無償で使える3次元モデラーで写真像から3次元形状の復元する3次元モデラー	可(コマンドライン)	無償(商用不可)
Open DroneMap	ドローンで撮影された画像を処理するためのオープンソースのワークセット。ドローンで撮影された画像から3次元形状の復元、オルソメッシュ生成が可能	可(Python)	無償(商用可)
MicMac	フランスのCNRS国立地理研究所およびENSGI国立地理化学学校が開発された写真測量ソフトウェアで無償で提供	可(コマンドライン)	無償(商用可)
COLMAP	SfM/MVSの処理をGUIおよびコマンドラインで利用できる写真測量ソフトウェアで、無償で提供。ライブラリとしても利用可能	可(ライブラリ利用)	無償(商用可)

表3 入出力の整理 (3次元モデリングソフト)

3Dモデラー	項目	Pix4D Mapper	MetaShape (PhotoScan)	Context Capture (Acute3D)	PhotoModeler Premium	ReCAP Photo
入力ファイル	ファイル形式	png,tiff	png,tiff,raw,mpg,etc多数	png,tiff,raw,mpg,etc多数	jpg,tiff,raw,mpg,etc多数	png,tiff
	ピクセル数	1500万画素未満 1500万画素以上は追加オプション	-	標準値: 最大3000ピクセル CenterScan 無制限	-	-
	ピクセル数	1,010,121,150px	-	1,024,1,024,1,024px	-	-
画像枚数の上限	メモリ容量に依存	メモリ容量に依存 100枚未満: 8GB 100-200枚: 16GB 200枚以上: 32GB	メモリ容量に依存 16GBで300-400枚	ContextCapture: 100GBピクセル 1枚あたりピクセルの場合は4,160枚	メモリ容量に依存	クラウドの処理では1000枚が上限
	ファイル形式	*Wavefront OBJ *Stanford PLY *XYZ point Cloud *ASPRS LAS *ASPRS LAS2 *ASPRS PTS *XYZ point Cloud	*Wavefront OBJ *Stanford PLY *XYZ point Cloud *ASPRS LAS *ASPRS LAS2 *ASPRS PTS	*Wavefront OBJ *Stanford PLY *XYZ point Cloud *ASPRS LAS *ASPRS LAS2 *ASPRS PTS *XYZ point Cloud	*ASPRS LAS Wavefront OBJ *ASPRS PTS *XYZ point Cloud	*Wavefront OBJ *Stanford PLY *XYZ point Cloud
出力ファイル	オルソ	対応	対応	対応	対応	対応
	テクスチャー	対応	対応	対応	対応	対応
3Dメッシュ	対応	対応	対応	対応	対応	対応

表4 3次元モデリングライブラリの整理

名称	概要	ライセンス	SfM	MVS	開発言語	動作環境
OpenCV	コンピュータビジョン系のライブラリ。カメラ位置推定、特徴点抽出、ステレオマッチングなどのAPIが多数	BSD license (著作権表示、商用可)	○	○	C++, Python	Win, Mac, Linux
OpenSfM	*多視点から撮影された写真からカメラの姿勢と3次元形状を復元するためのライブラリでOpenCVやOpenCL等のライブラリを利用しPythonで書かれている *JavaScriptのGUIが付属しており処理結果を確認可能	Simplified BSD license (著作権表示、商用可)	○	×	Python	Linux
OpenMVG	*多視点から撮影された写真から3次元形状を復元するためのライブラリ	Mozilla Public License 2.0 (著作権表示、商用可)	○	×	C++, Python	Win, Mac, Linux
OpenMVS	*SfMで推定したカメラの位置姿勢情報を基に高密度の点群と3Dメッシュを作成するライブラリ *作成したメッシュのリアルタイム編集、テクスチャ付け機能あり	AGPL license (ソース公開、商用可)	×	○	C++, Python	Win, Mac, Linux
Theia	多視点から撮影された写真からカメラの位置姿勢、特徴点抽出、3次元形状を復元するための多くのアルゴリズムを含む	New BSD license (著作権表示、商用可)	○	○	C++	Win, Mac, Linux
Bundler	多視点から撮影された写真から3次元形状を復元するためのライブラリ	GNU General Public License (ソース公開)	○	×	C++	Linux
PMVS2	多視点から撮影された写真から3次元形状を復元するためのライブラリでBundlerとの親和性が高い	GNU General Public License (ソース公開)	×	○	C++	Win, Mac, Linux

表5 入出力の整理 (3次元モデリングライブラリ)

入出力	OpenCV	OpenSfM	OpenMVG	OpenMVS	Theia	Bundler	PMVS2
入力ファイル形式	JPEG, TIFF, BMP, PNG他多数	OpenCVに依存	png/ ppm/ png, png, JPEG, TIFF	JPEG, TIFF, BMP, PNG他多数	JPEG, TIFF, BMP, PNG他多数	JPEG	JPEG
出力プロジェクト	*以下のプロジェクトファイルが利用可能 *Bundler *Visual SFM *OpenSfM *OpenMVG *TheiaSfM	opensfm types Poseといくつかの、x, y, z, r, g, kを設定可能	Exif, XYZ, オブジェクトの情報も利用可能	*OpenMVGのプロジェクタをOpenMVSに交換して利用 *OpenSfMのプロジェクタファイル(VNM) *MVS形式(ネイティブ) *VisualSF形式も変換可能	VisualSfMファイル (num)定義して利用可能	-	-
出力ファイル形式	*Stanford PLY *Wavefront OBJ *XYZ point Cloud	*OpenMVSの形式にエクスポート	*BIN(カメラ位置と点群など情報のついたOpenMVG独自形式)	*Stanford PLY *Wavefront OBJ	*magi PairMatchツールに登録	*Bundle outカメラの内部・外部パラメータ、特徴点の位置情報などが入ったテキストデータ *Stanford PLY	-

イントなどの情報は、プロジェクトファイルで管

理しているが、ライブラリ間でこれらのプロジェクトの互換性がないために他のプロジェクトへのコンバート機能が提供されている。

4. 実際の画像データによる試行的処理

前章で整理した結果から処理に最適な3次元モデリングライブラリを選定し、実際の空中写真を使って、入力から点群出力までの一連の処理を行い、その結果を一般的な3次元モデリングソフトで生成した点群データや航空レーザ(LP)データと比較を行った。

今回は、SfMはOpenMVG、MVSはOpenMVSを用いて(表6)一連の処理の流れ実行できるようにPythonでプログラムを作成した(図2)。使用した空中写真は表7に示すものである。モデリングした結果を図3に示す。また、比較対象としてMetaShapeで同じ空中写真を用いて処理を行った。

結果の一例として、OpenMVS・OpenMVGやMetaShapeで生成した点群の高さを50mメッシュ単位に平均化したものを、50mメッシュ単位の航空レーザ(表8)の平均高さから、OpenMVS・OpenMVGやMetaShapeの点群の高さを引いた値を図4・図5に示す。凡例は、黄色を中心に暖色系が航空レーザの高さより高くなっていることを示し、寒色系が航空レーザの高さより低くなっていることを示す。航空レーザとOpenMVG・OpenMVSで生成した点群との比較(図4)では、OpenMVG・OpenMVSで生成した点群の高さは航空レーザと同じ程度を示す黄色の範囲が多いが、若干低く生成されている寒色系の箇所が点在していることが確認できる。一方、航空レーザとMetaShapeで生成した点群との比較(図5)では、黄色から暖色系が全領域で多いため、MetaShapeで生成した点群は航空レーザよりも若干ではあるが高くと生成されていることが確認できる。

5. おわりに

3次元モデリングを活用した地震後の市街地で

表6 試行的処理で用いたライブラリ

	SfM/MVS	OS	バージョン
OpenMVG	SfM	Windows	Ver. 1.4 (Chinook Salmon)
OpenMVS	MVS	Windows	Ver. 0.9

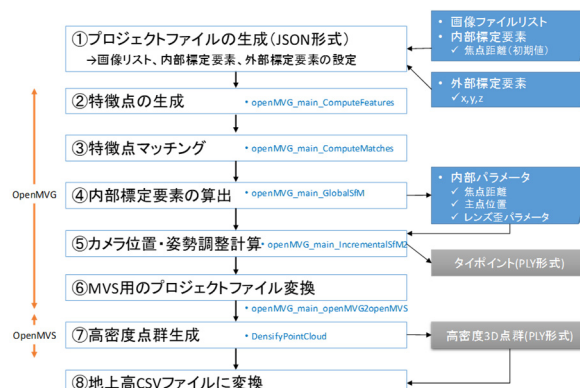


図2 処理フロー

表7 使用した空中写真

場所	熊本県 上益城郡 益城町
撮影日	2016年4月
写真枚数	34枚
コース数	5コース(南北方向)
対地高度	約1670m
基線長	約530m
地上解像度	約10cm
カメラ	Z/I DMC II 230
ピクセル数	横: 14,144, 縦: 15,552
CCDサイズ	5.6 μm
深度	24bit
ファイル形式	JPEG(非圧縮)

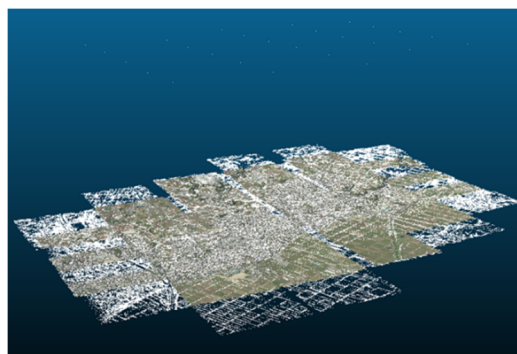


図3 モデリング結果

表8 検証で用いたLPデータ

計測日	2016年6月
点群数(オリジナルデータ)	337,755,431点
点群数(グラウンドデータ)	105,444,183点

の建物被害検出手法の自動化を目指した、モデリング部分の既存技術の利用可能性を探るために必要な基礎情報の蓄積として、3次元モデリングソフトやライブラリに関する技術的諸元の整理と実データでの試行的処理の一部を報告した。

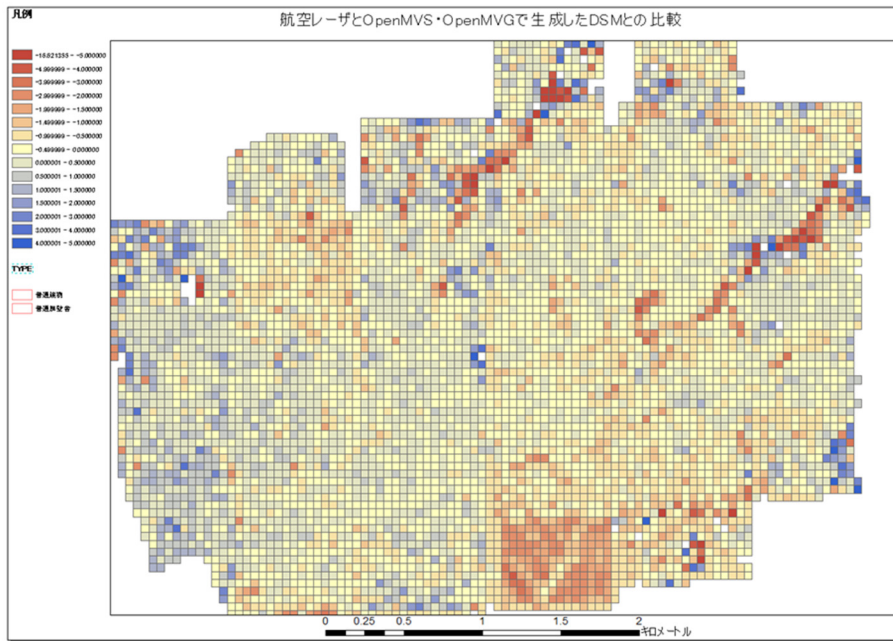


図 4
OpenMVS・OpenMVG と LP データの 50m メッシュ単位での比較

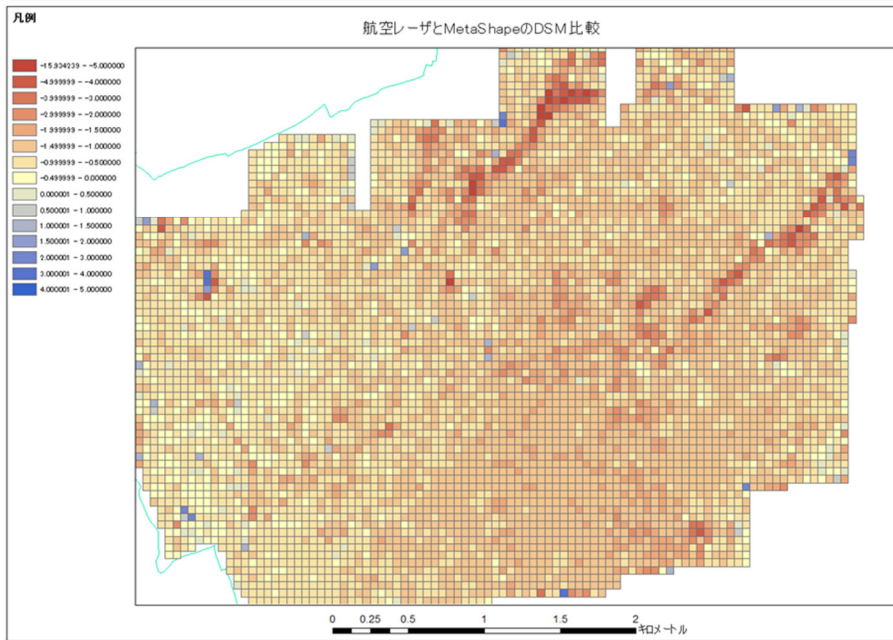


図 5
MetaShape と LP データの 50m メッシュ単位での比較

さらに詳細な比較検証を実施するとともに、こうした傾向が建物被害検出に与える影響の有無や程度についての検討や、これを受けた被害検出処理の自動化に向けた検討を行う予定である。これらについては機会を改めたい。

謝辞

本研究は、SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」のうち「衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」における建築研究所担当分「建築物被害状況解析システム開発」の一環で実施した検討の一部である。検討にあたり、株式会社パスコにご協力いた

いた。使用した LP データは国土地理院より貸与されたものである。記して謝意を表したい。

補注

1. 既往の 3 次元モデラーの比較検討事例には、早坂ら (2015) や中野 (2016) 等があるが、管見では有償のソフトについての比較が多い。

参考文献

早坂寿人・大野裕幸・大塚力・関谷洋史・瀧繁幸 (2015) UAV による空撮写真を用いた三次元モデリングソフトウェアの精度検証, 国土地理院時報, 127, pp107-116.
中野一也 (2016): 解説: Structure from Motion (SfM) 第三回 SfM による三次元形状復元ソフトウェアについて, 写真測量とリモートセンシング, 55, 321-324.