

土木研究所資料

地すべり災害対応の BIM/CIM モデル に関する技術資料

令和3年4月

国立研究開発法人土木研究所
土砂管理研究グループ
地すべりチーム

Copyright © (2021) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

地すべり災害対応の BIM/CIM モデル に関する技術資料

地すべりチーム	上席研究員	杉本 宏之
	主任研究員	竹下 航
	交流研究員	和田 佳記
土砂管理研究グループ	グループ長	富田 陽子

要旨：

本資料では、発災直後から地すべり災害の全体像を 3 次元的に把握し、効果的かつ効率的な応急対策の検討に活用する、「地すべり災害対応の BIM/CIM モデル」について、作成目的や適用範囲、作成方法、活用例についてまとめたほか、実際の災害対応に地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを活用した事例の概要を参考資料として添付した。

キーワード：地すべり、災害対応、CIM モデル、カラー点群データ、SfM 解析

口絵



長崎県佐世保市小川内町牧の地地区

3D サーフェスモデル

目次

まえがき	1
1. はじめに	2
1.1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデル作成の目的	2
1.2 適用範囲	3
1.3 事前準備	4
2. 地すべり災害対応の BIM/CIM モデル	5
2.1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成方針	5
2.2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの構成	6
3. 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成方法	7
3.1 作成手順	7
3.2 地すべり全体の概略地形データ	8
3.3 オープンデータ等のデータ	9
3.4 変状発生域の部分的な詳細地形データ	10
3.5 緊急時の調査結果等のデータ	12
3.6 応急対策の検討結果等のデータ	13
3.7 GIS/CAD ソフトによるデータの重ね合わせ	14
4. 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用	15
参考資料 1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルのパンフレット	参 1-1
参考資料 2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用事例	参 2-1
参考資料 3 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成例	参 3-1

まえがき

地すべり対策事業へのBIM/CIM (Building/ Construction Information Modeling, Management : ビムシム) の活用は、令和元年5月に公表された「CIM導入ガイドライン (案) 地すべり編」によって本格化した。災害時には詳細なBIM/CIMモデルを迅速に作成することは難しく、活用は難しいと考えられた。そこで、地すべりチームでは、災害対応におけるBIM/CIMの活用について「地すべり災害対応のCIMモデルに関する技術資料 (案)」¹⁾ (以下、技術資料 (案) とする) にまとめ、令和2年5月にホームページで公表した。

その後、令和2年7月豪雨等により発生した地すべり災害における地方自治体への技術支援等に活用し^{2,3)}、モデルの有効性を確認するとともに改善点の抽出・整理を行い、その結果を踏まえて改訂し、土木研究所資料として公表することとした。主な改訂点は以下の通りである。

- モデルの基本構成を概略地形データとオープンデータ等のデータの組合せとした。
- モデルの作成方法等について内容を一部見直した。
- モデルの作成や活用の参考となる情報を参考資料として添付した。

地すべり災害対応のBIM/CIMモデルは、地すべり災害の状況をカラー点群データで再現したモデルであるため、「バーチャル現場」として活用することが出来る (口絵参照)。地すべり全体を俯瞰する「鳥の目」の視点からは、全体の状況がひと目で把握でき、地すべりの細部に注目する「虫の目」の視点からは、各部分の詳細な状況がよく分かる。現地調査では、全体を俯瞰できる場所がない場合や、危険なために確認したい場所に近づけない場合もあるが、「バーチャル現場」であればそのようなこともなく、「鳥の目、虫の目」で全体から細部まで確認することができる。地すべり災害対応のBIM/CIMモデルを災害対応の効率化・迅速化に役立てて頂ければ幸いである。

最後になりましたが、検討にご協力いただきました関係各位に、この場を借りて感謝申し上げます。

1. はじめに

1.1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデル作成の目的

発災直後から地すべり災害の全体像を 3 次元的に把握し、効果的かつ効率的な応急対策の検討に活用するために、「地すべり災害対応の BIM/CIM モデル」を作成する。

【解説】

斜面等に地すべりによる変状が確認された場合、変状範囲の調査や移動量の計測が行われ、地すべり発生機構の推定、地すべりの運動予測、拡大の可能性の検討、影響範囲の推定が行われる。これらの調査・検討を踏まえて警戒避難体制の整備や応急工事等が実施されるが、その際に重要なのは、斜面地形、変状の発生状況、保全対象の分布等の 3 次元的な位置関係を含めた「地すべり災害の全体像」を正確に把握した上で検討を行うことである。

そこで、発災直後から迅速に「地すべり災害の全体像」を把握し、効果的かつ効率的な応急対策の検討に資するため、発災直後の UAV 空中写真等から作成したカラー点群データからなる地すべり全体の概略地形データと地図情報のオープンデータ等を組み合わせた「地すべり災害対応の BIM/CIM モデル」を作成する。

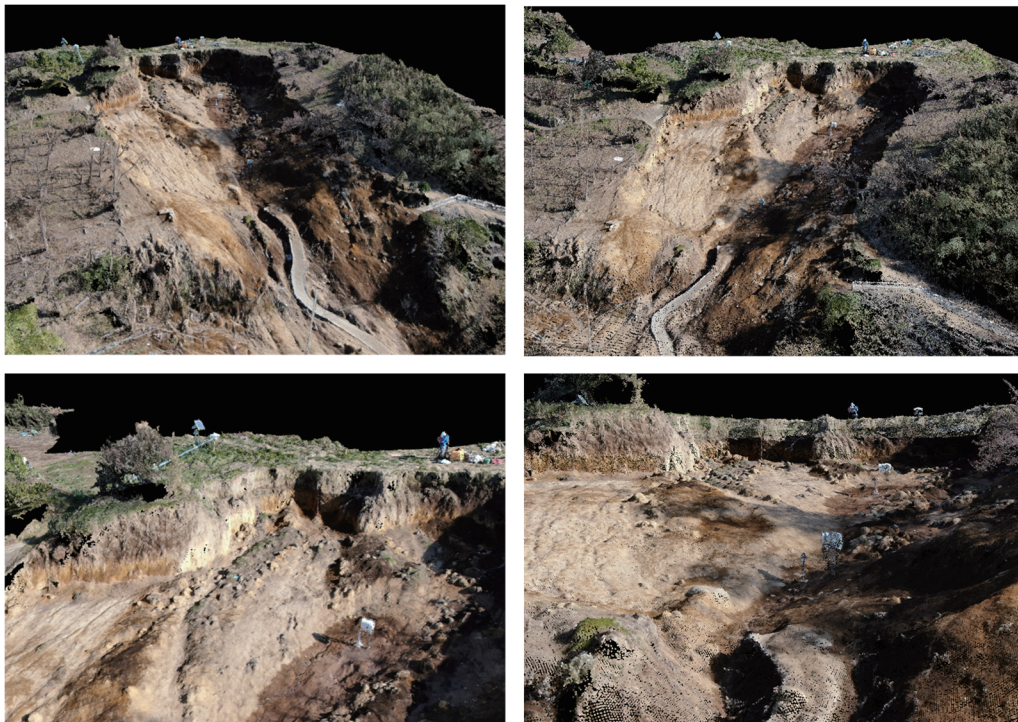


図1 地すべり災害におけるカラー点群データのイメージ

1.2 適用範囲

本資料で示す「地すべり災害対応の BIM/CIM モデル」は、地すべり災害発生直後に 1 日程度の作業で作成し、応急対策の検討に活用することを想定している。

【解説】

地すべり災害の発生後、応急対策段階において警戒避難対策や応急対策工事等の検討が行われる。その後、復旧・復興段階に移行し、災害復旧事業、災害関連緊急事業等が本格実施される^{4,5)}。

特に地すべりによる地形変化が大きい場合は、既往の地図等では現地状況の把握が難しいため、地すべり発生後の地形データ等に基づく対策の検討が必要である。

発災直後の応急対策段階から BIM/CIM の活用が可能であれば、効果的かつ効率的な応急対策の実施に資すると期待されることから、本資料においては、1 日程度の作業によって、迅速かつ簡便に実施できる「地すべり災害対応の BIM/CIM モデル」の作成方法を示す。復旧・復興段階における BIM/CIM の活用については、BIM/CIM 活用ガイドライン（案）⁶⁾に基づく地すべり機構解析の BIM/CIM モデルや地すべり防止施設の BIM/CIM モデルによる対応が可能と考えられる。もちろん、応急対策段階においても地すべり機構解析の BIM/CIM モデルによる対応が可能であれば、より望ましいと考えられる。

表 1 地すべり災害対応における BIM/CIM 活用

段階	応急対策	復旧・復興
対応の例	警戒避難対策 応急対策工事	災害復旧事業 災害関連緊急事業
BIM/CIM モデル	地すべり災害対応の BIM/CIM モデル	地すべり機構解析の BIM/CIM モデル 地すべり防止施設の BIM/CIM モデル
参考資料	CIM 活用ガイドライン（案）	CIM 活用ガイドライン（案）

1.3 事前準備

「地すべり災害対応の BIM/CIM モデル」を、地すべり災害発生直後に迅速に作成するため、使用可能なデータの把握、協定会社の保有する資機材の把握、BIM/CIM モデル操作環境の整備等、災害発生前から必要な準備をしておくことが重要である。

【解説】

基盤地図情報等のオープンデータや各機関において独自で整備されているデータ等、地すべり災害対応の BIM/CIM モデルに使用可能なデータを予め把握しておくことが重要である。また、災害時に協力を依頼する協定会社等の保有する計測機材やソフトウェアを事前に把握しておくことも重要である。

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを関係機関相互の情報伝達や打合せ協議に活用するためには、BIM/CIM モデルを操作可能な PC やソフトウェア、Web 会議ツール等を事前に整備しておくことが必要である。

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成及び活用に必要な事前準備項目の例を表 2 に示す。また、地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成、操作環境整備に必要な機材の構成や仕様等の例を参考資料 1 に示す。

表 2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成及び活用に必要な事前準備項目の例

事前準備項目	確認事項	概要
使用可能なデータの把握	オープンデータ	インターネットでダウンロード可能なオープンデータの把握
	既往業務の成果等	既往業務の成果や各機関において独自で整備されているデータの把握
協定会社保有の資機材の把握	UAV	空中写真撮影に必要なUAVの把握
	SfMソフト	点群データ作成に必要な写真測量ソフトの把握
	レーザースキャナ	点群データ計測に必要なレーザースキャナの把握
	GIS/CADソフト	点群データ等の重ね合わせ、モデル作成に必要なソフトの把握
BIM/CIMモデルの操作環境整備	PC	BIM/CIMモデルを操作可能なPCの把握、整備
	ビューアソフト	BIM/CIMモデルを表示するソフトの把握、整備
	Web会議ツール	関係機関との情報伝達や打合せ協議に必要なツールの把握、整備

2. 地すべり災害対応の BIM/CIM モデル

2.1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成方針

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルは、時間的余裕がない発災直後に作成することから迅速性を優先することとし、精度は地すべり災害の全体像の把握に必要なレベルとする。

【解説】

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを作成する目的は、発災直後の地すべり災害の全体像の把握及び警戒避難対策、応急対策工事への活用である。本 BIM/CIM モデルに求められる要件はいくつかあるが、まず、短時間で作成が可能であることが挙げられ、1 日程度で作成できることを目標としている。そのため、「UAV を用いた公共測量マニュアル (案)」⁷⁾ や「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案)」⁸⁾ で定められているような精度は求めず、あくまで地すべり災害の全体像の把握に必要なレベルとし、迅速性を優先する。また、実施できる者が限定されないよう、特殊な技術が不要であることも重要と考えた。

表 3 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成方針

目的	<ul style="list-style-type: none">・発災直後の地すべり災害の全体像の 3 次元的把握・発災直後の警戒避難対策、応急対策工事の検討
要件	<ul style="list-style-type: none">・短時間で作成できること 外業+内業：1.0 日程度が目標・一般的な技術で対応できること UAV 写真撮影、SfM 解析、GIS/CAD 処理・全体像が把握できる概略精度で可 迅速性を優先し、精密な精度は求めない

2.2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの構成

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルは、地すべり災害全体の概略地形データとオープンデータ等のデータを基本とし、必要に応じて、変状発生域の部分的な詳細地形データや緊急時の調査結果等のデータ、応急対策の検討結果等のデータ等を組み合わせたものとする。

【解説】

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルは、迅速性を優先するために、地すべり災害全体の概略的な精度の地形データと地すべり地も含めた周辺の基盤地図情報等のオープンデータなどを組み合わせることが実用的と考えられる。必要に応じて、現地踏査において確認された主要な変状発生箇所にて取得した詳細な点群データや緊急時の調査結果等のデータ、警戒避難対策・応急対策工事の検討結果等のデータを組み合わせることも有効と考えられる。

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの詳細度は 100 のみが定義されており、地すべり機構解析の BIM/CIM モデルの詳細度 100 と同等である。

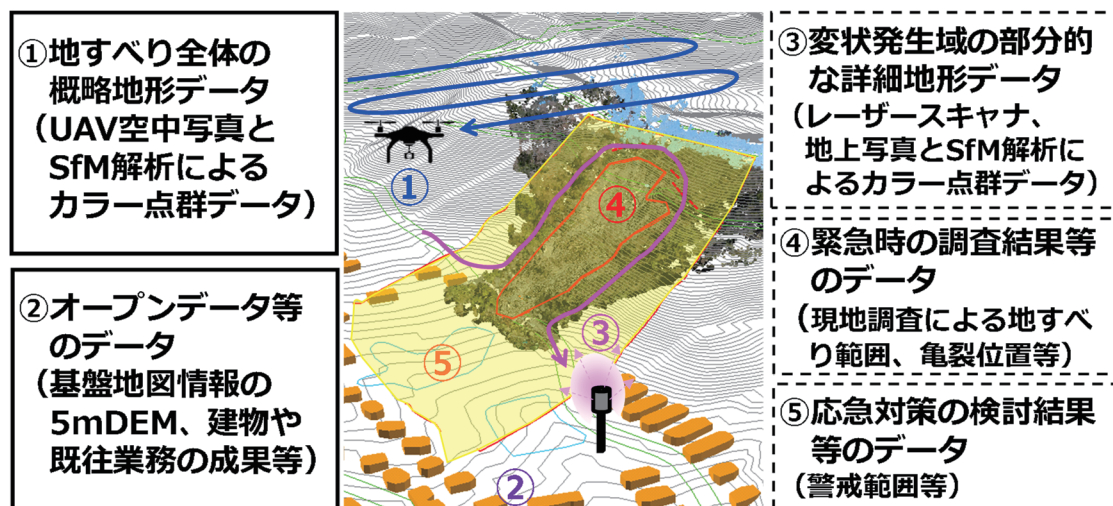


図 2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルのデータ構成

3. 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成方法

3.1 作成手順

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルは、UAV 空中写真から地すべり災害全体の概略地形データを作成し、地図情報等のオープンデータと組み合わせて迅速に作成する。その後、必要に応じて作成したデータを順次追加する。

【解説】

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルは、UAV の空中写真を用いた地すべり全体の概略地形の点群データの作成とオープンデータ等のデータ収集を行い、1 日程度で作成可能なデータの重ね合わせを基本とする。必要に応じて変状発生域の部分的な詳細地形データや緊急時の調査結果等のデータ、応急対策の検討結果等のデータ等を作成し、順次追加する。

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作業手順の例を示す。

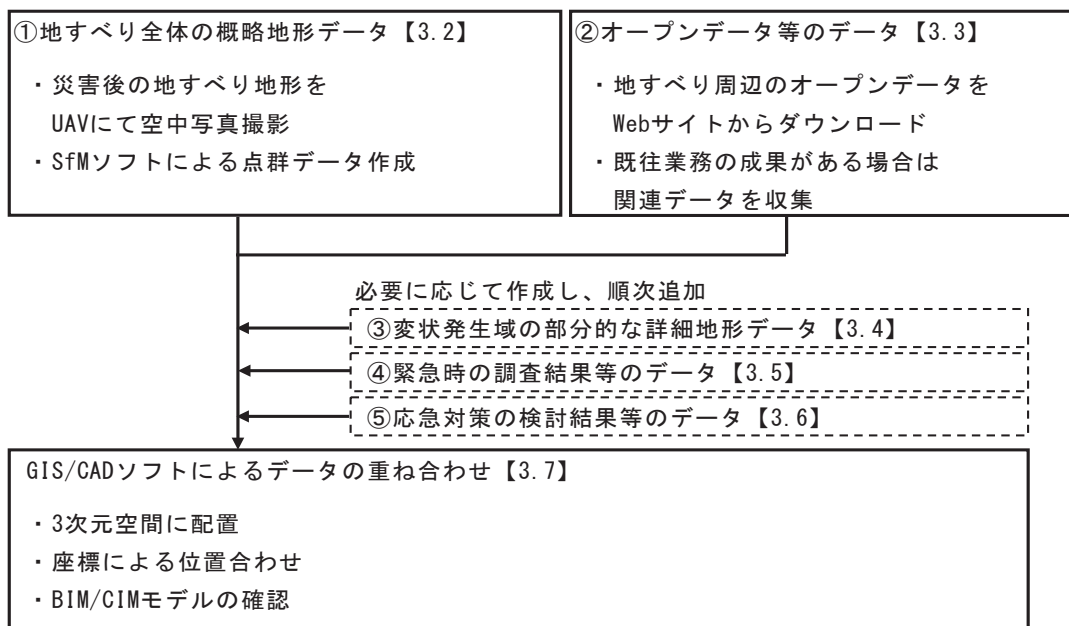


図 3 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成手順の例

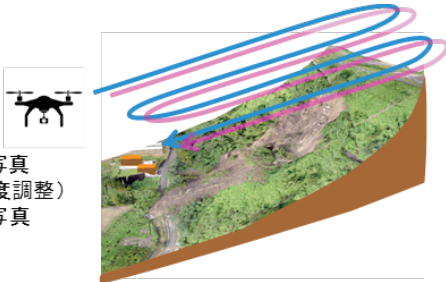
3.2 地すべり全体の概略地形データ

地すべり全体の概略地形データは、UAV を用いて災害後の空中写真撮影を行い、SfM 解析ソフトにより 3 次元点群データの生成を行う。

【解説】

UAV 空中写真を用いた SfM 解析(多視点画像からの 3 次元形状復元計算)による点群データ作成の仕様例を表 4 に示す。

表 4 UAV 空中写真を用いた SfM 解析による点群データ作成の主な仕様例

作成範囲	地すべり全体を含めた地形と保全対象域
撮影形式	静止画 (GPS 位置情報付き)
撮影枚数	SfM 解析が可能な重複 (進行方向ラップ率 80%、隣接ラップ率 60%程度を目安) で連続して複数枚撮影
撮影方法	<p>迅速性優先ため、標定点等の設置は必須しないことを基本とする。ただし、迅速に標定点設置とそれによる補正ができる場合は「垂直写真+標定点による補正」が有効と考えられる。</p> <p>また、急斜面を対象とする場合、写真の死角を少なくするため、「斜め写真+垂直写真」(同ルートで 2 回撮影)が有効と考えられる。</p> <div style="text-align: center;">  <p>→ 1本目ルート:斜め写真 (ジンバル角度調整) → 2本目ルート:垂直写真</p> </div> <p>「斜め写真+垂直写真」による撮影方法イメージ</p>
カメラ設定	ISO 感度 [100~400 程度]、シャッタースピード [1/1000 秒程度]
機体操作	写真がブレないように低速飛行 [1~2m/s 程度]
撮影高度	点密度の低下を防ぐため、対地高度を一定とすることが望ましい。
点群データ作成	SfM ソフトにより、3 次元カラー点群データを作成
データ形式	LAS 形式 (CSV、TXT 形式でも可)
データ内容	座標値 (X、Y、Z) と点の色彩を表す RGB 値 (R、G、B)
座標系	平面直角座標 (JGD2011)
その他	サーフェスモデルや DEM データ等は必要に応じて作成

3.3 オープンデータ等のデータ

基盤地図情報等のオープンデータや既往業務の成果などのデータを必要に応じて収集する。

【解説】

基本となる地すべり全体の概略地形の点群データは、地すべり発生範囲付近までは迅速に作成できると考えられるが、周辺の広い範囲まで作成することは時間的に難しいと想定されるため、基盤地図情報等のオープンデータを用いることで迅速化を図れると考えられる。また、迅速に収集可能であれば、既往業務の成果等を組み合わせることも考えられる。

オープンデータ及び既往業務における成果のデータ例を表 5-1、表 5-2 に示す。

表 5-1 オープンデータの例

	Webサイト	データ	URL
オープンデータ	基盤地図情報	数値標高モデル (5mDEM、10mDEM)	https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php
		基本項目 (等高線、建物、道路、河川等)	https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php
	地理院地図	地理院タイル	https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html
	地図・空中写真 閲覧サービス	空中写真等	https://mapps.gsi.go.jp/
	地すべり地形分布図	地すべり地形	https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html
	シームレス地質図	20万分の1地質図	https://gbank.gsj.jp/seamless/download/downloadIndex.html
	地質図カタログ	5万分の1地質図幅等	https://www.gsj.jp/Map/index.html

表 5-2 既往業務の成果の例

	報告書	データ
既往業務の 成果	測量業務	平面図、LPデータ、オルソ画像
	地質調査業務	踏査平面図、地質平面図、地質断面図
	解析検討業務	地形解析結果
	設計業務	既設対策工の設計図面
	工事	既設対策工の施工図面

3.4 変状発生域の部分的な詳細地形データ

必要に応じて、災害後のレーザスキャナ計測または地上写真を用いた SfM 解析より作成した点群データを基に主要な変状発生箇所における詳細地形データを作成する。

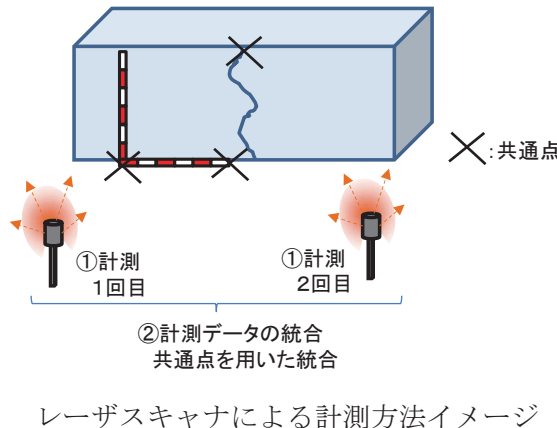
【解説】

現地踏査時の変状発生箇所の計測はレーザスキャナ計測が望ましいが、機材確保が困難な場合や迅速性を優先する場合には地上写真を用いた SfM 解析による点群データ作成手法も、精度は落ちるが有効と考えられる。

(1) レーザスキャナ計測による点群データ作成

可搬型レーザスキャナ計測による点群データ作成の主な仕様の例を表 6 に示す。

表 6 レーザスキャナ計測による点群データ作成の主な仕様の例

計測範囲	地表面の亀裂や構造物の変状発生箇所等の部分的な変状発生域
共通点の設置	点群データを重ね合わせるため、計測のオーバーラップ範囲内で共通点を 3 点程度設置する。迅速性を優先させるため、共通点の位置情報の取得までは求めない。 ※迅速に標定点を設定できる場合、標定点を基準とすることが望ましい
計測方法	可搬型レーザスキャナを用いて、変状発生域の 3 次元計測を行う。計測回数は計測器の性能等に準拠する。 
計測データ統合	結合用の共通点を用いて 3 次元点群データの重ね合わせを行う。
データ形式	LAS 形式 (CSV、TXT 形式でも可)
データ内容	座標値 (X、Y、Z) と点の色彩を表す RGB 値 (R、G、B)
座標系	標定点等により座標設定が可能な場合、平面直角座標 (JGD2011)
その他	サーフェスモデルや DEM データ等は必要に応じて作成

(2) 地上写真を用いた SfM 解析による点群データ作成

地上写真を用いた SfM 解析による点群データ作成の主な仕様の例を表 7 に示す。

表 7 地上写真を用いた SfM 解析による点群データ作成の主な仕様の例

撮影範囲	地表面の亀裂や構造物の変状発生箇所等の部分的な変状発生域
撮影形式	静止画（GNSS 位置情報付き）
撮影枚数	SfM 処理が可能な重複度（ラップ率 80%程度を目安）で連続して複数枚撮影
撮影方法の例	<p>①変状発生箇所に対して平行に移動しながら、撮影写真が重なるように連続撮影する。</p> <p>②対象物に凹凸がある場合、死角がなくなるように斜めの位置からの写真を複数枚撮影する。撮影位置は対象物撮影範囲の両端からの撮影を標準とし、規模に応じて、平行移動の途中の箇所でも複数枚写真撮影を行う。</p> <p>③上記で撮影する写真のうち数枚については、位置や縮尺補正に用いるため、水平及び垂直に設置したスケール（ポールやスタッフ等の）を写真内に入れる。迅速性を優先させるため、共通点の位置情報の取得までは求めない。</p> <p>※迅速に標定点を設定できる場合、標定点を含む写真撮影が望ましい。</p> <p>デジタルカメラによる地上写真撮影方法イメージ</p>
カメラ設定	ISO 感度 [100～400 程度]、シャッタースピード [1/1000 秒程度]
カメラ操作	写真がブレないように注意する
撮影距離	対象物との距離をほぼ一定とすることが望ましい
点群データ作成	SfM ソフトにより、3 次元カラー点群データを作成
データ形式	LAS 形式（CSV、TXT 形式でも可）
データ内容	座標値（X、Y、Z）と点の色彩を表す RGB 値（R、G、B）
座標系	座標設定が可能な場合、平面直角座標（JGD2011）
その他	サーフェスモデルや DEM データ等は必要に応じて作成

3.5 緊急時の調査結果等のデータ

必要に応じて、災害後の地すべり範囲や亀裂位置等の現地調査結果や地形解析結果等について、BIM/CIMモデルに組み込める形式でデータを作成する。

【解説】

災害後の現地踏査によって調査した地すべり範囲や亀裂位置等について、GISやCADソフト上に重ねられるような形式でデータを作成する。また、地すべり地形判読については等高線図と斜面勾配図の重ね合わせ図が適していると考えられる⁹⁾。2次元図面を3次元にすることで、より把握しやすい表現となるため、災害後の数値標高データ等を用いた地形解析結果やシミュレーション結果などをBIM/CIMモデルと組み合わせることも考えられる。

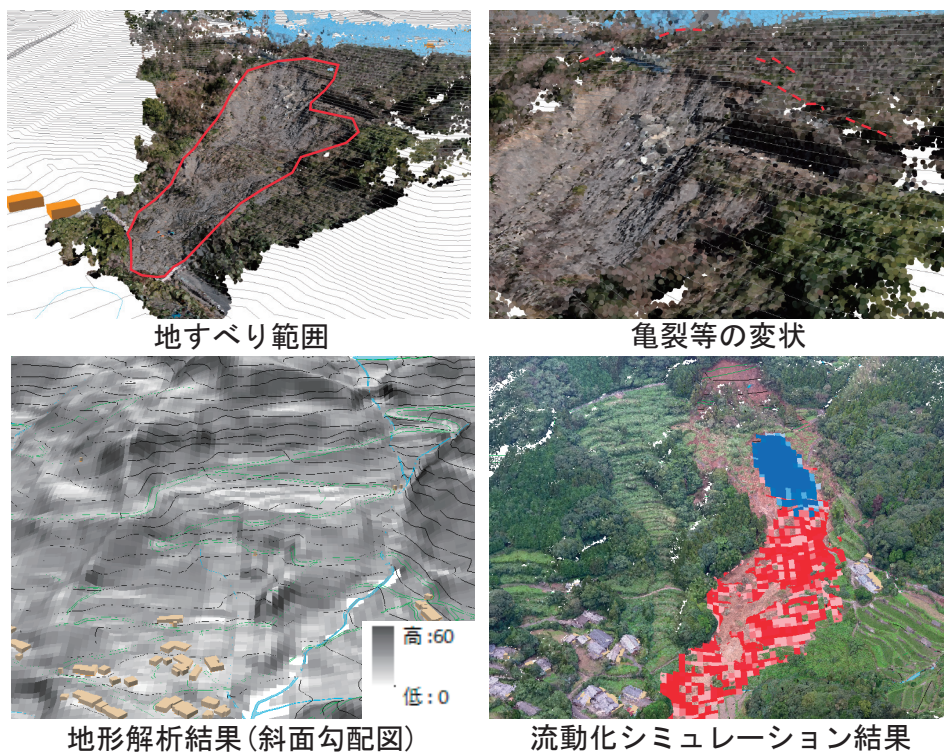


図4 緊急時の調査結果等のデータの例

3.6 応急対策の検討結果等のデータ

必要に応じて、地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを活用しながら検討した警戒避難対策や応急対策工事に関する情報等のデータについて、BIM/CIM モデルに組み込める形式で作成する。

【解説】

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを活用しながら検討した警戒避難範囲等を GIS や CAD ソフト上に重ねられるよう形式でデータを作成する。また、搬入路の検討や応急対策の配置検討などの応急対策工事の検討結果を BIM/CIM モデルに組み合わせることも考えられる。

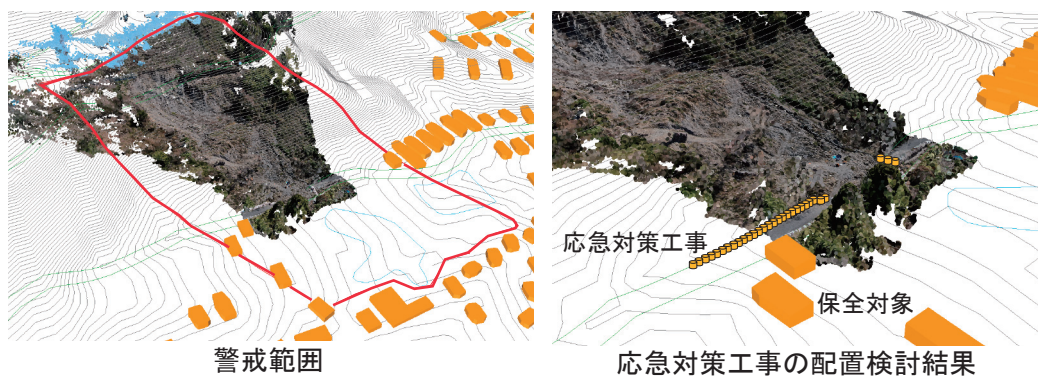


図5 応急対策の検討結果等のデータの例

3.7 GIS/CAD ソフトによるデータの重ね合わせ

GIS や CAD ソフトにより、地すべり全体の概略地形データとオープンデータ等のデータ、その他必要なデータを組み合わせる。

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの 3 次元的な概略の精度把握を目的として、重ね合わせた各データの任意点でのずれの確認を行う。

【解説】

(1) データの重ね合わせ

GIS や CAD ソフトにより、地すべり全体の概略地形データと 3 次元表示させた各種データを重ね合わせる。

データの重ね合わせの実用的な手法の例としては、まず、各種データを平面直角座標に設定し、座標によって位置合わせを行う。座標を持っていないデータについては、各データ間で同一点とみなすことができる任意点を参考にして、ソフト上で相対的な位置合わせを行う。このとき、位置の基準とするデータはオープンデータ等のデータなどの位置の座標が入力されているものとする。

(2) BIM/CIM モデルの確認

データを重ね合わせた BIM/CIM モデルの 3 次元的な概略の精度把握を目的として、重ね合わせた各データの任意点におけるずれ（データの位置関係や回転・歪みの程度、縮尺等）を比較して確認を行う。また、現地踏査時に現地で確認した状況とも比較して目視での確認を行う。

本作業は、災害対応の検討・判断を行う上で、BIM/CIM モデルのずれ等を考慮する際の参考にするものであり、成果品の品質チェックを行う目的ではない。そのため、地すべり災害対応の BIM/CIM モデルにはずれや誤差があることを把握した上で使用する必要がある。

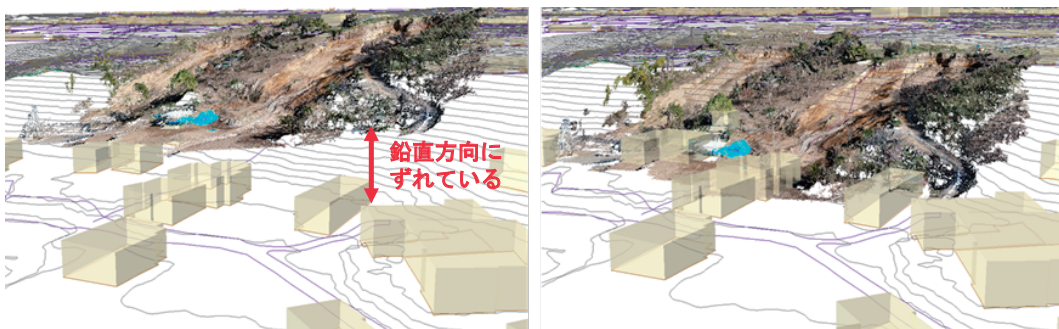


図 6 各データの重ね合わせ後における位置のずれ確認イメージ

左図：点群データが鉛直方向にずれる、斜面末端の地表面が住宅よりも高い

右図：位置合わせで点群データの高さを基盤地図情報の地表面の高さに揃えたもの

4. 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用

「地すべり災害対応」において、災害全体像の概要が把握できるよう、BIM/CIM モデルを活用する。

【解説】

「地すべり災害対応」における確認内容と、BIM/CIM モデルを活用する場合の作成のポイント、活用イメージ等の目安について次表に示す。

表 8-1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの確認内容、作成のポイント、活用イメージ

No	確認内容	BIM/CIM モデル作成のポイント	活用イメージ
1	地すべりを含む周辺の災害全体の概要を把握	<ul style="list-style-type: none"> ・発災直後の地すべり地形を点群データで表現する ・地すべり周辺の地形、保全対象等のオープンデータ等を点群データと重ね合わせる ・必要に応じて、調査結果等や検討結果等を追加する 	<p>①地すべり全体の概略地形データ (UAV空中写真と SfM解析によるカラー点群データ)</p> <p>②オープンデータ等のデータ (基盤地図情報の 5mDEM、建物や既往業務の成果等)</p> <p>③変状発生域の部分的な詳細地形データ (レーザーキャナ、地上写真と SfM解析によるカラー点群データ)</p> <p>④緊急時の調査結果等のデータ (現地調査による地すべり範囲、亀裂位置等)</p> <p>⑤応急対策の検討結果等のデータ (警戒範囲等)</p> <p>地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの例</p>
2	発生機構の推定	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり全体を点群データで、周辺をオープンデータ等のデータで表現する ・必要に応じて変状位置等を重ね合わせて地形や変状の現地状況が 3 次元的に確認できるように表現する ・BIM/CIM モデル上で機構解析結果を把握できるように表現する 	<p>発生機構の推定への活用イメージ</p> <p>BIM/CIMモデルを用いた分析・検討</p>
3	警戒避難体制の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべりの範囲と方向、拡大の可能性のある範囲、地すべり下方斜面の形状、保全対象との位置関係、標高差等を 3 次元的に確認する ・検討の際には、BIN/CIM モデルを動かして多数の方向からの視点で地すべりの影響範囲を予測する ・警戒範囲等は線等で表現する 	<p>BIM/CIMモデルを用いた警戒範囲等の検討</p>

表 8-2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの確認内容、作成のポイント、活用イメージ

No	確認内容	BIM/CIM モデル作成の ポイント	活用イメージ
4	<p>応急対策の検討</p>	<ul style="list-style-type: none"> 点群データ等により土砂の堆積状況や現地の段差や勾配の状況、構造物・道路・河川・樹木の配置等を 3 次元的に確認する 土砂流出が発生した場合の 3 次元的な流出経路を予測する 地形形状や地物の配置の現地状況等を考慮した 3 次元的な応急対策の配置計画等を表現する 	 <p>BIM/CIMモデルを用いた応急対策の検討</p>
5	<p>BIM/CIM モデルの共有</p>	<ul style="list-style-type: none"> 災害後の現地状況や発生機構を視覚的に把握できるよう表現することが望まれる Web 会議システムや Web-GIS を活用する 汎用性の高いファイル形式で BIM/CIM モデルを関係者に送信して共有することも考えられる 	 <p>Web-GISによる BIM/CIMモデル共有イメージ</p> <p>汎用性の高いファイルでの BIM/CIMモデル共有イメージ</p>
6	<p>会議や説明会への活用</p>	<ul style="list-style-type: none"> 関係者の会議や住民説明会・マスコミ記者会見への説明では視覚的に把握できるように表現することが望まれる 	 <p>BIM/CIMモデルを用いた関係者協議</p> <p>BIM/CIMモデルを用いたマスコミ記者会見</p>

参考文献

- 1) 土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム (2020) : 地すべり災害対応の CIM モデルに関する技術資料 (案)、
https://www.pwri.go.jp/team/landslide/kanrisya/cim/cim_model.pdf
- 2) 和田佳記・竹下航・杉本宏之 (2021) : 地すべり災害の初動時における CIM モデルの活用-令和 2 年 7 月豪雨での災害対応の事例-、日本地すべり学会誌、Vol. 58、No. 2、pp23-29
- 3) 杉本宏之・竹下航・和田佳記 (2021) : 地すべり災害対応における CIM の活用、土木技術資料、Vol. 63-3、pp36-41
- 4) 杉本宏之 : 地すべり対策における CIM の活用 (2020) : 第 60 回砂防および地すべり防止講義集、一般社団法人全国治水砂防協会、pp. 55-65
- 5) 竹下航・杉本宏之・和田佳記 (2019) : 地すべり CIM の活用による調査・対策の迅速化・効率化に向けた取組、土木技術資料、Vol. 61-12、pp20-23
- 6) 国土交通省 (2021) : BIM/CIM 活用ガイドライン (案) 第 3 編砂防及び地すべり対策編、
<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001395763.pdf>
- 7) 国土交通省国土地理院 (2017) : UAV を用いた公共測量マニュアル (案)、
<https://www.gsi.go.jp/common/000186712.pdf>
- 8) 国土交通省国土地理院 (2017) : 地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案)、
<https://www.gsi.go.jp/common/000186713.pdf>
- 9) 土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム (2016) : 航空レーザー測量データを用いた地すべり地形判読用地図の作成と判読に関する手引き (案)、土木研究所資料第 4344 号、
https://www.pwri.go.jp/jpn/results/db/doken_kankoubutu/doken_shiryu/files/doken_shiryu_4344_00.pdf

参考資料 1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルのパンフレット

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成や操作環境整備に必要な機材の選定の参考のために、地すべり災害対応の BIM/CIM モデルのパンフレットを示す。

地すべり災害対応のBIM/CIMモデル

カラー点群データによる「バーチャル現場」

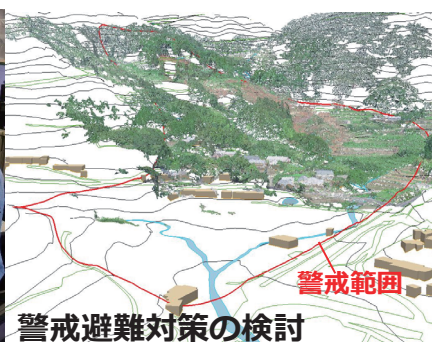
地すべり災害対応のBIM/CIMモデルは、地すべり災害の状況をカラー点群データで表現したモデルであるため、「バーチャル現場」として活用することができます。

地すべり災害全体を俯瞰する「鳥の目」の視点からは全体の状況がひと目で把握でき、地すべり細部に注目する「虫の目」の視点からは各部分の詳細な状況がよくわかります。



BIM/CIMモデルによる「見える化」

地すべり災害の全体像の把握、緊急対策の検討、オンラインを含めた会議に活用できます。



作成手順は4ステップ～1日で作成可能～

発災直後に用いる地すべり災害対応のBIM/CIMモデルは、UAV空中写真から災害後の地すべり全体の点群データを作成して地図情報等のオープンデータと組み合わせるモデルで、作成手順は4ステップで1日程度で作成できます。

作成手順	作業イメージ	必要な機材	機材の構成、ソフトの例※
ステップ① UAVによる 空中写真撮影		点検等で用いる 一般的なUAV	静止画サイズ：4000×3000 静止画モード：シングルショット インターバル GPSモード：有 スタビライズ機構：3軸
ステップ② SfMによる 点群データ作成		点群作成に用いる SfMソフト	Pix4Dmapper Metashapeなど (最低1種類のソフトで作成可能)
ステップ③ オープンデータの ダウンロード		解析やモデル作成等 に用いるPC	CPU：intel Core i7-9750H, 2.6GHz メモリ：64GB PC4-21300 DDR4 HDD：SSD 512GB GPU：NVIDIA GEFORCE RTX 2060
ステップ④ GIS/CADによる データ重ね合わせ		モデルの作成 表示に用いる GIS/CAD等ソフト	GISソフト ・ArcMapかつArcScene ・解析には3D Analystや Spatial Analystの拡張機能が必要 CADソフト ・Civil3DかつReCap (GISまたはCADソフトで作業可能)

※令和3年3月時点での土木研究所地すべりチームの使用機材の例

「地すべり災害対応のBIM/CIMモデルに関する技術資料」

技術資料はBIM/CIMモデルの作成方法と災害対応に活用した事例等について解説しています。土木研究所地すべりチームHPで公表しています。

https://www.pwri.go.jp/team/landslide/kanrijsya/cim/cim_model.pdf

地すべり災害対応のBIM/CIMモデルに関する技術資料

令和3年3月

国立研究開発法人土木研究所
土砂管理研究グループ
地すべりチーム

1. はじめに

1.1 地すべり災害対応のBIM/CIMモデル作成の目的

【目的】

【効果】

図1 地すべり災害対応におけるUAVによる空中写真撮影イメージ

3.2 地すべり全体の点群データ作成

【目的】

【効果】

【機材】

【ソフト】

【手順】

4. 地すべり災害対応のBIM/CIMモデルの活用

【目的】

【効果】

【機材】

【ソフト】

【手順】

図3 点群データを用いた地形情報解析結果の例

(白紙)

参考資料 2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用事例

令和元年及び令和 2 年の地すべり災害において、地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを作成・活用した事例を示す。

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用事例

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを作成・活用した事例を示す。これらは、自治体から技術支援の要請を受け、土木研究所地すべりチームにおいて災害調査、警戒避難体制及び応急対策工事等に関する技術的助言を行った事例²⁾や災害調査後の現地調査事例である。

事例① 長崎県佐世保市小川内町牧の地地区

(1) 地すべり災害の概要

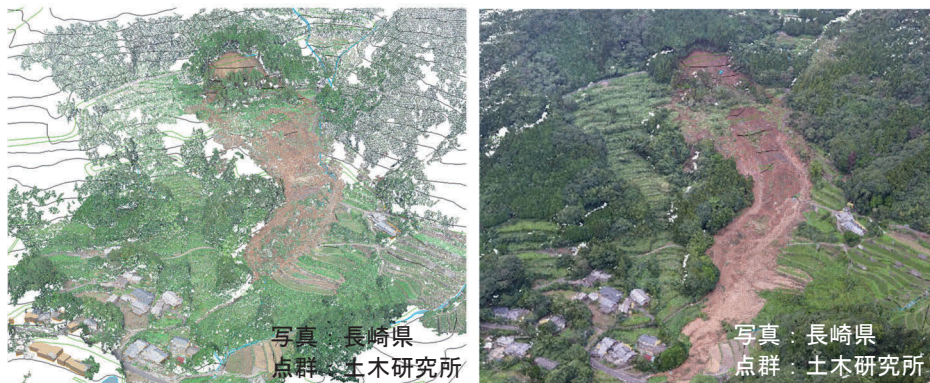
令和 2 年 7 月豪雨により、令和 2 年 7 月 8 日に市道舗装面の亀裂発生等が確認され、7 月 10 日には幅約 110m、長さ約 210m の範囲で斜面が崩れて市道が一部崩落した。7 月 11 日には土塊の流出範囲が拡大し、幅約 180m、長さ約 380m となった。その後の降雨により 7 月 24 日に地すべりが拡大して幅約 180m、長さ約 500m となった。



参図 1 地すべり発生後の空中写真（左：令和 2 年 7 月 11 日、右：令和 2 年 7 月 24 日）

(2) 地すべり災害対応の BIM/CIM モデル作成

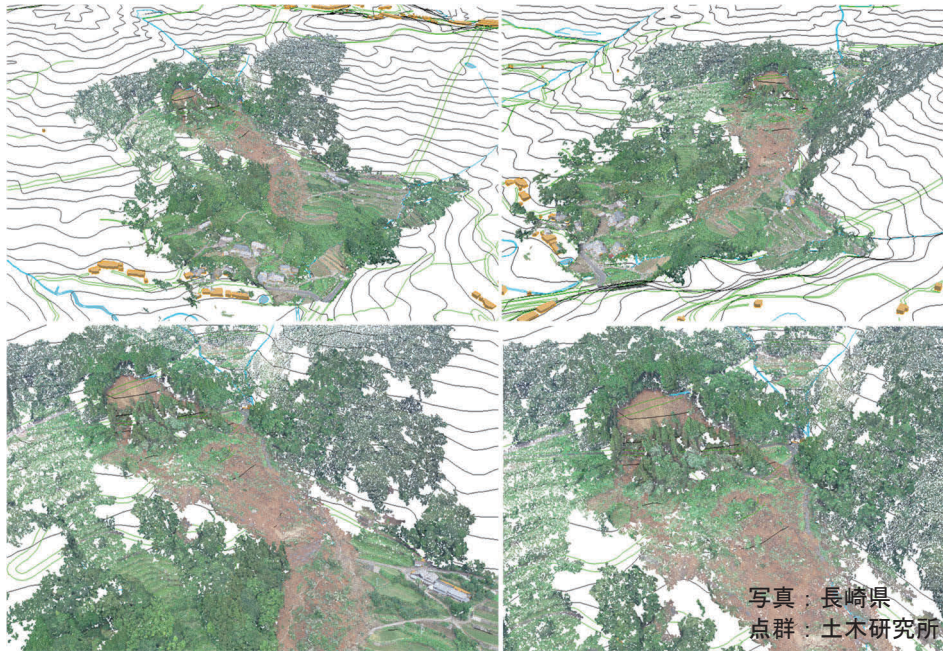
災害に対して長崎県から技術支援の要請があり、県が事前(7 月 11 日)に撮影した UAV 空中写真約 20 枚を用いた SfM 解析により地すべり全体の概略地形の点群データを作成し、オープンデータ(基盤地図情報の 5mDEM、建物、道路、河川)と重ね合わせて地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを作成した。また、降雨に伴う地すべり拡大後(7 月 24 日)に再度撮影した UAV 空中写真 35 枚を用いて拡大後の地すべり災害対応の BIM/CIM モデルも作成した。



参図 2 地すべり災害対応の BIM/CIM モデル(左：令和 2 年 7 月 11 日、右：令和 2 年 7 月 24 日)

(3) 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを「バーチャル現場」として活用し、土木研究所内で分析を行い、発生機構の推定や現地調査箇所の選定により現地調査の効率化を図った。また、関係機関への調査結果説明や報道向けの記者会見においても、地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを活用し、調査結果を視覚的にわかりやすく説明するように努めた。



参図3 地すべり災害対応の BIM/CIM モデル



参図4 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用状況

事例② 埼玉県秩父市定峰地区

(1) 地すべり災害の概要

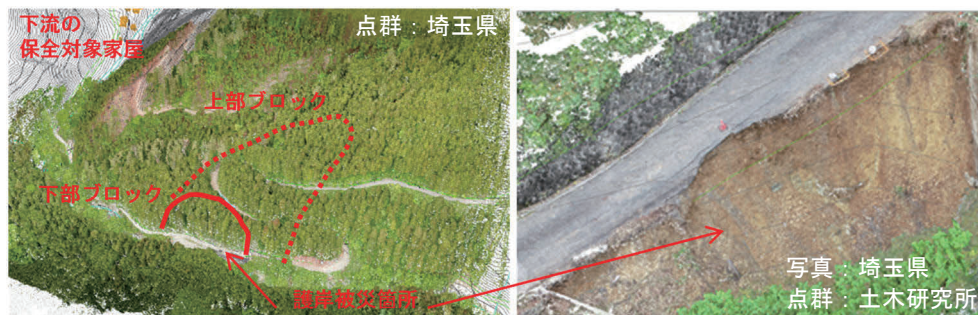
令和2年4月12～13日の降雨で、災害復旧護岸施工部付近において林道路面や林道擁壁のクラック拡大や隣接する林道路面の沈下が4月16日に確認された。その後、4月21日に現地調査が実施され、林道路面等の変状は地すべりが要因と推定された。



参図5 現地調査概要図（令和2年4月21日）

(2) 地すべり災害対応のBIM/CIMモデル作成

災害に対して埼玉県から技術支援の要請があり、県が事前(令和元年10月21日)に災害復旧護岸施工部を撮影したUAV空中写真を用いたSfM解析より護岸被災箇所の点群データを作成した。その後、県に地すべりを含む周辺地形の点群取得を依頼し、令和2年5月15日にUAV-LPで計測した地すべり全体の概略地形の点群データとオープンデータ等のデータ(基盤地図情報の建物、道路、河川)を重ね合わせて、地すべり災害対応のBIM/CIMモデルを作成した。

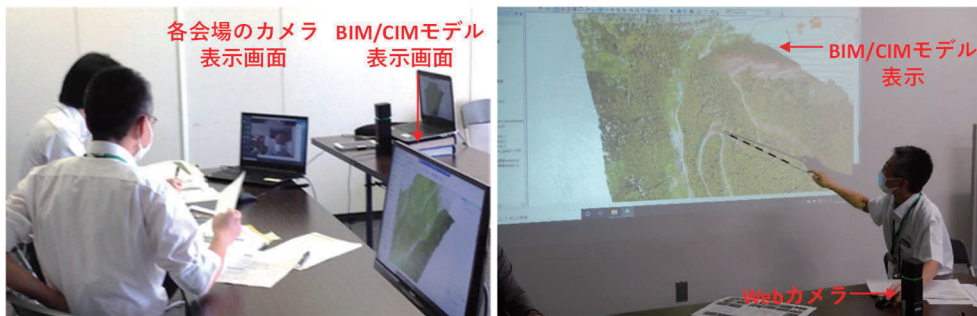


参図6 地すべり災害対応のBIM/CIMモデル

(左: 令和2年5月15日の地すべり周辺、右: 令和元年10月21日の護岸被災箇所)

(3) 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用

地すべり災害対応の BIM/CIM モデルを活用して、令和 2 年 5 月と 7 月にリモートによる技術指導を実施した。リモートによる技術指導は、BIM/CIM モデルをお互いに確認しながら行い、植生繁茂箇所や微小な変状箇所については調査会社に変状位置等を確認しながら現地状況の的確な把握に努めた。また、8 月には対策配置計画の技術指導のため、現地調査を行い、現地確認及び BIM/CIM モデルとの比較を行った。

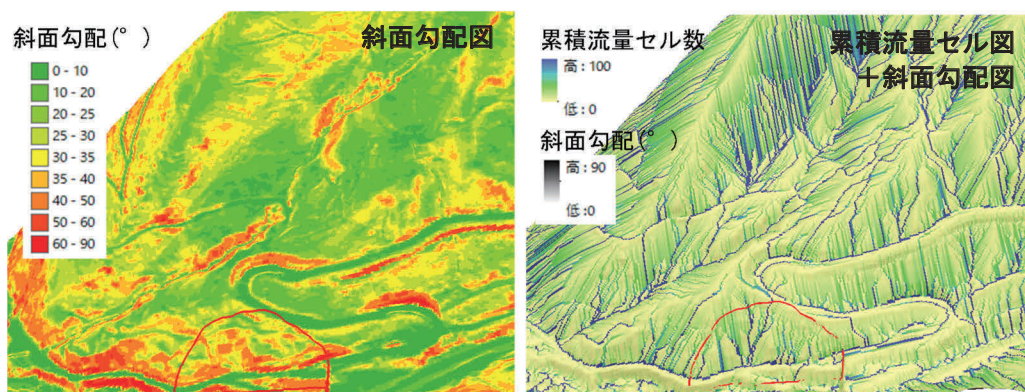


参図 7 リモート技術指導状況（左：令和 2 年 5 月 25 日、右：令和 2 年 7 月 29 日）



参図 8 現地調査状況（令和 2 年 8 月 20 日）

定峰地区は UAV-LP 計測により点群データが取得されたため、発災後のグラウンドデータ (1mDEM) より地形解析を行い、発生機構の推定等に活用した。

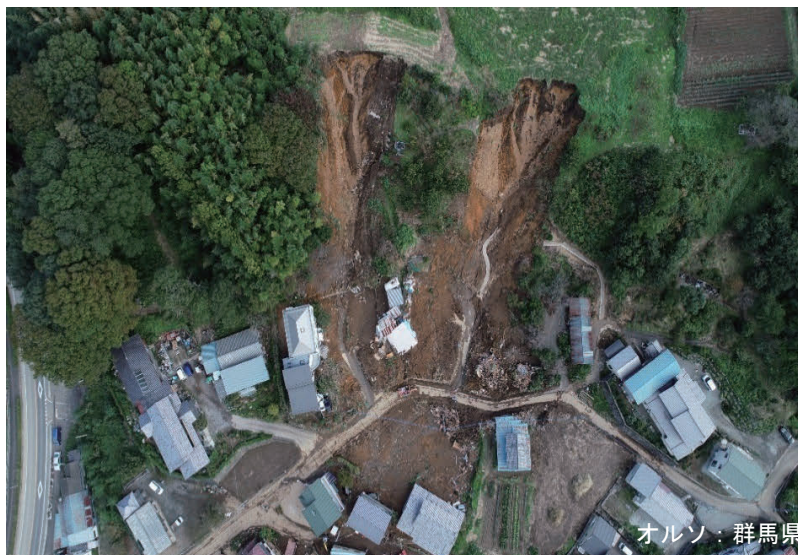


参図 9 詳細 DEM を用い地形解析結果の例

事例③ 群馬県富岡市内匠地区

(1) 地すべり災害の概要

令和元年東日本台風(台風19号)の豪雨により、令和元年10月12日に段丘面において幅約20~30m、長さ約30~35m、最大深さ約3mで崩壊性地すべりが発生した。



参図10 発災直後の空中写真から作成したオルソ画像(令和元年10月)

(2) 地すべり災害対応のBIM/CIMモデル作成

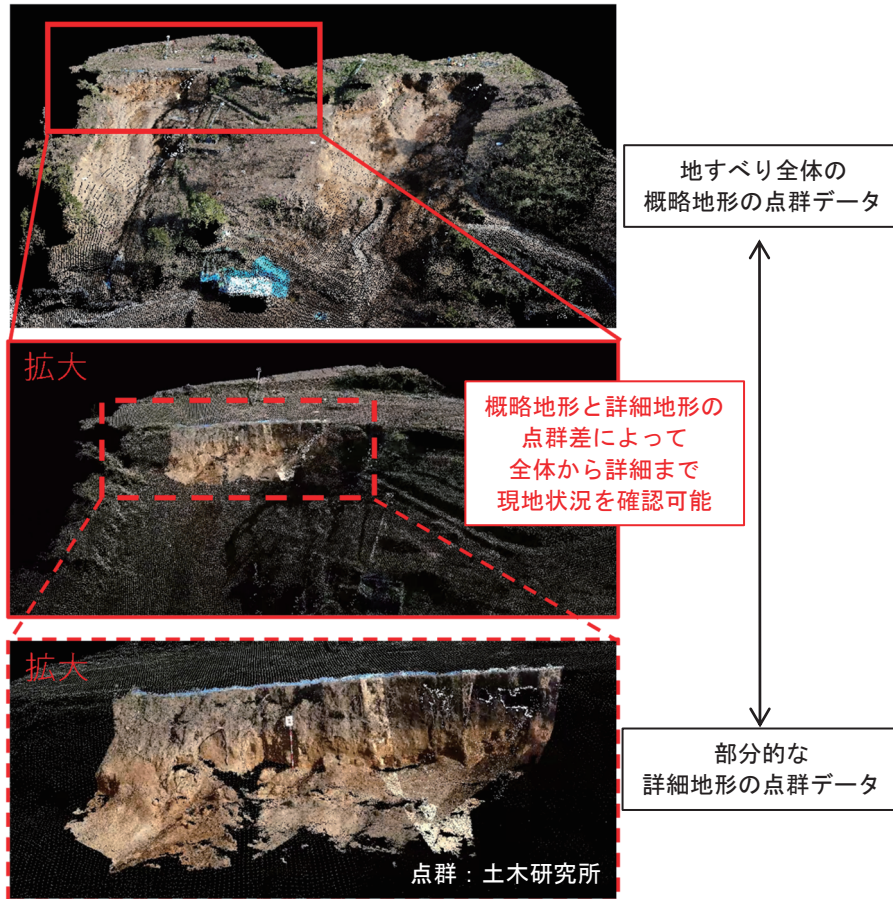
災害後の令和2年2月4日に撮影したUAV空中写真約200枚を用いたSfM解析で取得した地すべり全体の概略地形の点群データとオープンデータ等のデータ(災害直後のLPデータから作成したコンター図、オルソ、基盤地図情報の建物、道路)を重ね合わせて、地すべり災害対応のBIM/CIMモデルを作成した。



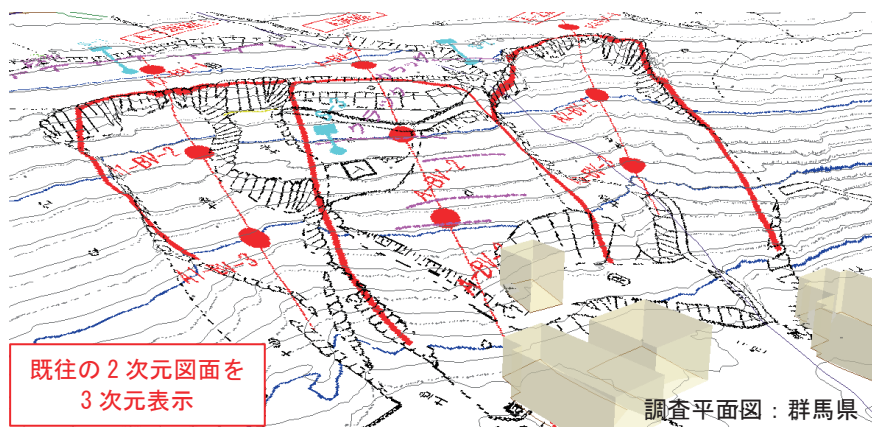
参図11 地すべり災害対応のBIM/CIMモデル(令和2年2月4日)

(3) 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの活用

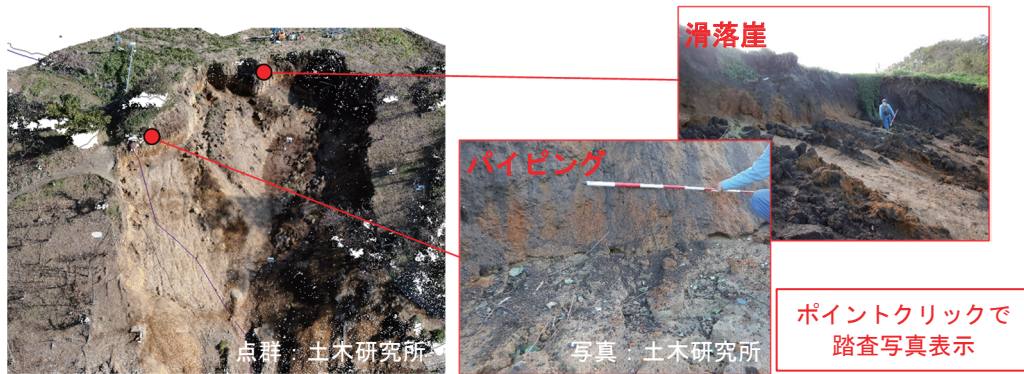
現地調査結果等を BIM/CIM モデルに重ね合わせて 3 次元的な位置関係を確認し、地すべり発生機構の推定を行った。



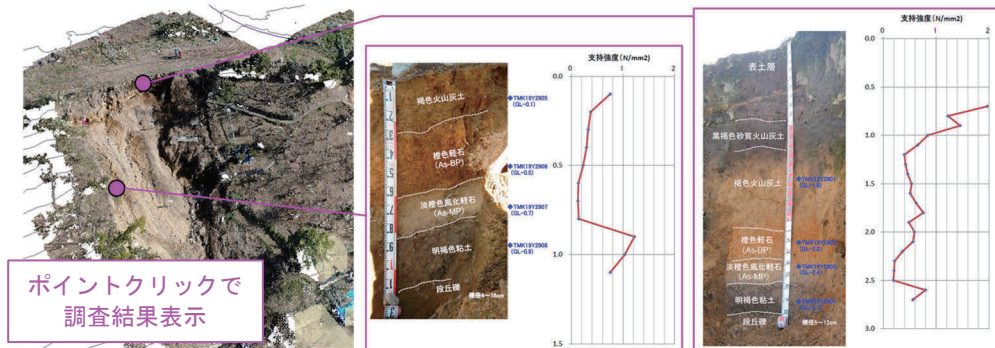
参図 12 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの例
(概略地形の点群データと詳細地形の点群データの組み合わせ)



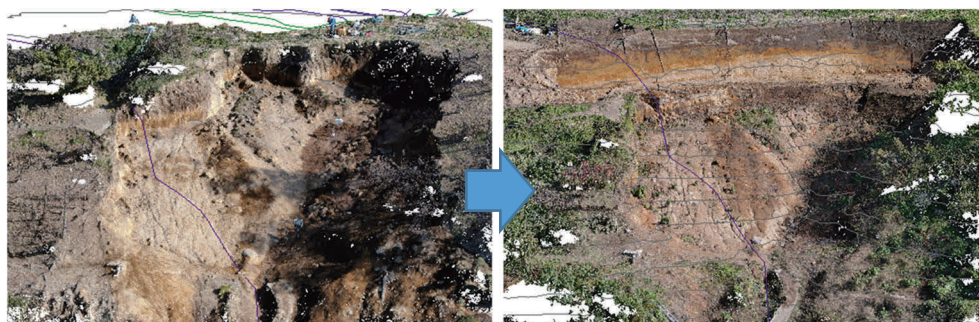
参図 13 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの例
(3 次元サーフェスに 2 次元の調査平面図を貼り付け)



参图 14 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの例
 (概略地形の点群データと踏査写真位置との組み合わせ)



参图 15 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの例
 (概略地形の点群データと調査結果位置との組み合わせ)



参图 16 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの例
 (2 時期の概略地形の点群データ、左：崩壊後、右：頭部切土後の点群データ)

参考資料 3 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成例

BIM/CIM モデル作成の参考のため、地すべり全体の概略地形データとオープンデータ等のデータを基本とした地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの諸元等²⁾を示す。

参表 1 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成例(1)

地区名		群馬県富岡市内匠地区		長崎県佐世保市小川内町牧の地地区	
地すべり災害対応のBIM/CIMモデル					
地すべり地の状況	地すべりの推定規模	幅30m×長さ35m、幅25m×長さ30m		幅180m×長さ380m	
	地すべり地の標高(m)	180~200		120~250	
	地すべり状況	変位大、流動化		変位大、流動化	
	地すべり内の植生状態	裸地、樹林		裸地、樹林(倒木)	
UAVによる 空中写真撮影	写真撮影日	2020/2/4		2020/7/11	2020/7/24
	天気	晴れ		曇り	雨
	カメラ	DJI FC2204		DJI FC6310	DJI FC330
	画素数(pixel)	4000×3000		5472×3078	4000×3000
	撮影方法	重複を考慮したルートからの インターバル撮影(自動)		地すべり周辺の多方向から のシングル撮影(手動)	地すべり周辺の多方向から のシングル撮影(手動)
	カメラ方向	垂直		斜め	斜め
	撮影間隔	2秒間隔			
	撮影枚数	199		20	35
	撮影時間	10分		15分	15分
	撮影標高(m) (平均撮影標高(m))	215~220 (217)		300~460 (380)	360~470 (415)
対地高度(m)※ (平均対地高度(m))	20~35 (27)		180~210 (195)	150~270 (210)	
SfMソフト による点群作成	SfMソフト	Pix4D Mapper		Pix4D Mapper	
	使用した写真枚数 (県作成：推定枚数)	199		20	35
	処理オプション	標準-3Dモデル (品質：高い、処理：遅い)		標準-3Dモデル (品質：高い、処理：遅い)	標準-3Dモデル (品質：高い、処理：遅い)
	地すべり地内の点群数	約994万点		約16万点	約22万点
	点群範囲	約0.1km×約0.1km		約0.4km×約0.5km	約0.6km×約0.8km
	SfM解析時間 (県作成：推定時間)	40分		10分	20分
既存資料データ	オープンデータ	DEM、等高線、建物、道路、河川		DEM、等高線、建物、道路、河川	
	その他のデータ	災害後のコンター図(群馬県提供)			
GIS/CADソフトでの データ重ね合わせ	使用ソフト	ArcGIS Desktop (ArcMap、ArcScene)		ArcGIS Desktop (ArcMap、ArcScene)	
	モデル作成作業時間	3.0時間		2.5時間	2.5時間
	地すべり付近の ずれの程度	最大0.7m程度		最大3m程度	最大3m程度
BIM/CIMモデルの活用	<ul style="list-style-type: none"> ・災害前の地形確認 ・発生、流動化機構の推定 		<ul style="list-style-type: none"> ・災害前の地形確認 ・地すべりと保全対象との位置関係の確認 ・発生、流動化機構の推定 ・地すべり拡大状況の把握 		

※撮影標高から地すべり地の標高を引いた概略値

参表2 地すべり災害対応のBIM/CIMモデルの作成例(2)

地区名		宮崎県串間市本牧地区		山形県大蔵村柳淵地区		
地すべり災害対応のBIM/CIMモデル						
地すべり地の状況	地すべりの推定規模	最大幅100m×最大長さ200m		幅200m×長さ150m		
	地すべり地の標高(m)	50~140		150~220		
	地すべり状況	変状小		変状大		
	地すべり内の植生状態	樹林		樹林、草地		
UAVによる 空中写真撮影	写真撮影日	2020/7/14	2020/7/22	2020/8/10	2020/8/12	
	天気	曇り	晴れ	曇り	曇り	
	カメラ	DJI FC330	DJI FC6520	DJI FC6520		
	画素数(pixel)	4000×3000	5280×3956	5280×3956		
	撮影方法	地すべり周辺の多方向からのシングル撮影(手動)	重複を考慮したルートからのインターバル撮影(自動)	地すべり周辺の多方向からのシングル撮影(手動)	重複を考慮したルートからのインターバル撮影(自動)	
	カメラ方向	斜め	垂直	斜め	垂直、斜め	
	撮影間隔		約3秒間隔	約3秒間隔	4秒間隔	3秒間隔
	撮影枚数	57	516	204	949	
	撮影時間	20分	45分	60分	75分	
	撮影標高(m) (平均撮影標高(m))	70~270 (170)	135、170、270 (190)	160~340 (250)	160~480 (320)	
対地高度(m)※ (平均対地高度(m))	20~130 (75)	85~130 (107)	10~120 (65)	10~260 (135)		
SfMソフト による点群作成	SfMソフト	Pix4D Mapper		不明		
	使用した写真枚数 (県作成：推定枚数)	40	509	(200程度)	(900程度)	
	処理オプション	標準-3Dモデル (品質：高い、処理：遅い)	標準-3Dモデル (品質：高い、処理：遅い)	不明	不明	
	地すべり地内の点群数	約79万点	約358万点	約246万点	約132万点	
	点群範囲	約0.1km×約0.2km	約0.3km×約0.4km	約0.3km×約0.3km	約0.5km×約1.2km	
	SfM解析時間 (県作成：推定時間)	15分	3時間30分	(0.5日程度)	(0.5日程度)	
既存資料データ	オープンデータ	DEM、等高線、建物、道路、河川		DEM、等高線、建物、道路、河川		
	その他のデータ			災害前LPデータ(東北地方整備局提供)		
GIS/CADソフトでの データ重ね合わせ	使用ソフト	ArcGIS Desktop (ArcMap、ArcScene)		ArcGIS Desktop (ArcMap、ArcScene)		
	モデル作成作業時間	2.5時間	3時間	4時間	4時間	
	地すべり付近の ずれの程度	最大5m程度	最大3m程度	最大2m程度	最大4m程度	
BIM/CIMモデルの活用		<ul style="list-style-type: none"> ・周辺の地すべり地形確認 ・ブロック範囲の推定 		<ul style="list-style-type: none"> ・周辺の地すべり地形確認 ・地すべり変状の確認 ・発生機構の推定 		

※撮影標高から地すべり地の標高を引いた概略値

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4412 April 2021

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 電話 029-879-6754

