

地すべり災害対応におけるCIMの活用

杉本宏之・竹下 航・和田佳記

1. はじめに

国土交通省ではi-Constructionやインフラ分野におけるDXの推進等の一環としてCIMの活用が進められている。地すべり分野では、令和元年5月に「CIM導入ガイドライン（案）地すべり編」¹⁾が公表され、「地すべりCIM」として導入が進められてきている。ガイドラインの地すべり編では、地すべり対策の技術指針である地すべり防止技術指針に沿って、調査・機構解析～効果評価・維持管理の各段階においてCIMモデルの作成・活用する流れとなっている（図-1）。

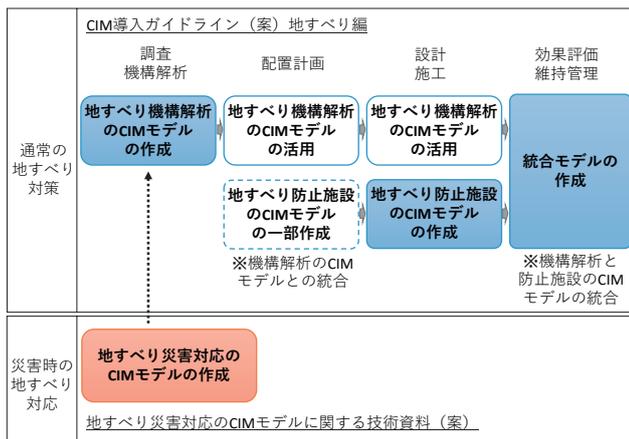


図-1 地すべり対策等とCIMモデルの関係

一方で、迅速性が強く求められる地すべり災害時の対応においては、ガイドラインを適用して詳細なCIMを作成・活用することは難しく、CIMの活用は進んでいない。そのため、土木研究所地すべりチームでは、災害時の対応におけるCIMの活用について検討を行い²⁾、その成果を「地すべり災害対応のCIMモデルに関する技術資料（案）」³⁾として令和2年5月に公表した。その後、地方自治体への災害時の技術支援に地すべり災害対応のCIMモデルを活用し、その有効性を確認する中で、今までの技術支援のやり方の変革につながる可能性も見えてきた。本稿では、それらの取り組みについて報告する。

2. 災害対応へのカラー点群データの活用

2.1 地すべり災害対応における課題

地すべり災害が発生した場合は、緊急時の対応として、現地調査を行った上で、警戒避難対策や応急対策工事等の検討が行われる。その際には、地すべり周辺の斜面地形や地すべりによる変状発生状況、保全対象の位置等の3次元的な関係をふまえ、地すべり災害の全体像を的確に把握した上で検討を行うことが重要である。しかし、大規模な地すべり災害では、現地状況の情報の不足や、逆に情報過多によって整理が追いつかないなどで、地すべり災害の全体像の把握が難しいという課題があった。また、災害時の対応は、国・都道府県・市町村の土木部局や防災部局、民間の調査会社、建設会社等の多数の関係機関が連携する必要があることから、地すべり災害の状況について十分に情報伝達・情報共有することが重要であるが、それらを地形図や写真だけで発災直後に迅速に行うことは難しかった。

2.2 カラー点群データの活用

このような、「全体像把握が難しい」、「情報伝達・情報共有が難しい」という災害対応の現場での課題を解決するため、「地すべり災害対応のCIMモデルに関する技術資料（案）」では、UAVで撮影した災害後の空中写真を基にカラー点群データを作成し、それに地図等のデータを組み合わせた地すべり災害対応のCIMモデルを作成し、「バーチャル現場」として活用することを提案している。

カラー点群データは、地すべり災害の範囲をUAVで撮影した数10枚～数100枚の写真から、SfM解析によって作成できる。カラー点群データは、位置情報と色情報を持ち、コンピュータでは、3次元空間上の色のついた点の集合として表示される。カラー点群データを高密度に取得してコンピュータで表示させることで、図-2に示すように、

写真と同様の見た目の立体的な地表面モデルとなる。移動・回転、拡大縮小することで自由な視点から地すべり災害の状況を見ることができ、動かすことで立体的な形状を認識することもできる。



図-2 カラー点群データ

図-3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。地すべり全体を俯瞰する「鳥の目」の視点では、全体の状況がひと目で把握できる。また、地すべりの細部に注目する「虫の目」の視点では、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。

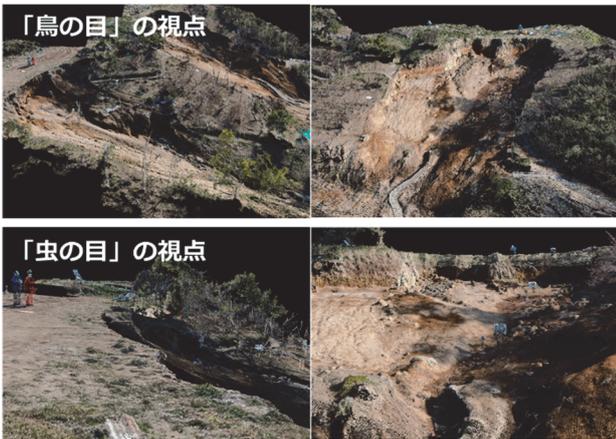


図-3 カラー点群データによるバーチャル現場

3. 地すべり災害対応のCIMモデル

3.1 地すべり災害対応のCIMモデルの概要

地すべり災害対応のCIMモデルは、主な活用目的を、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に活用することとしている（表-1）。

表-1 地すべり災害対応のCIMモデルの概要

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、精緻な精度は求めない

発災直後に短時間で作成できるようにするため、一般的な技術で作成できるモデルとし、また、測量成果のような精度は求めないこととした。

地すべり災害対応のCIMモデルの構成は図-4に示すとおり、①地すべり全体の概略地形モデル（カラー点群データ）に②基盤地図情報等のオープンデータを組み合わせ、必要に応じて、③変状発生域の部分的な詳細地形モデル、④調査結果、⑤警戒避難対策等の検討結果等を組合せたものとしている。

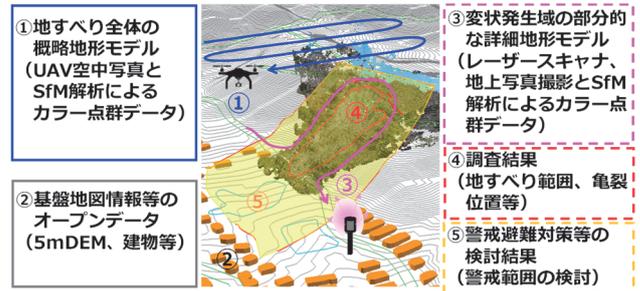


図-4 地すべり災害対応のCIMモデルの構成

3.2 地すべり災害対応のCIMモデルの作成手順

概略地形モデル（カラー点群データ）とオープンデータを組み合わせた基本的な地すべり災害対応のCIMモデルを作成する作業手順は次のとおりである^{3),4)}（図-5）。

- ①地すべり全体を含めた周辺の地形や保全対象を対象範囲としてUAVによる空中写真撮影を行う。
- ②空中写真からSfM解析ソフトによってカラー点群データを作成する。
- ③基盤地図情報等のオープンデータをダウンロードする。
- ④GISソフト等により、カラー点群データとオープンデータ等を重ね合わせる。

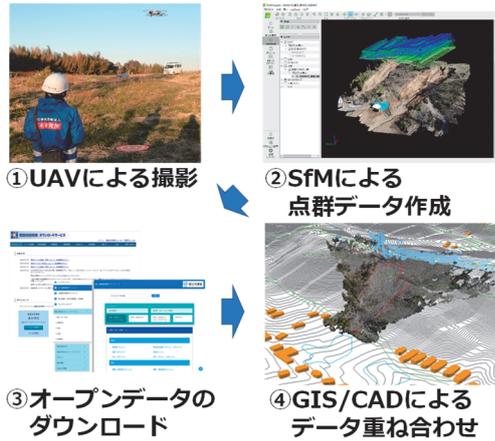


図-5 地すべり災害対応のCIMモデルの作成手順

3.3 地すべり災害対応のCIMモデルの活用ケース

地すべり災害対応のCIMモデルの主な活用ケースを以下に例示する。

(1) 警戒避難体制の検討

警戒避難範囲を検討する際には、地すべり範囲、動きの方向、拡大の可能性のある範囲、保全対象の位置等の3次元的位置関係を確認することが重要である。現地調査で地すべりによって生じた亀裂等の変状を確認する際に、タブレット等でCIMモデルを表示させながら、位置等を確認することが有効である。また、警戒避難体制の検討においては、CIMモデルを動かして様々な視点から確認しながら、地すべりの影響範囲を検討することが有効である（図-6）。

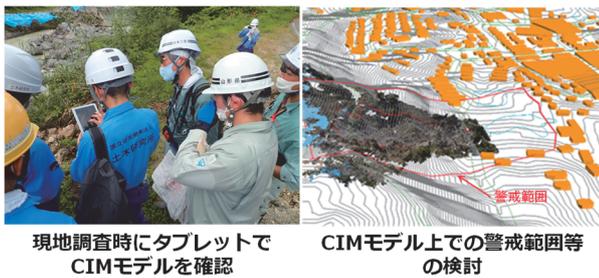


図-6 警戒避難体制の検討への活用イメージ

(2) 応急対策工事の検討

応急対策工事の検討では、地すべりや周辺地形、保全対象等の状況等を考慮し、応急対策工の配置計画や施工計画の検討を行う。最新の空中写真から作成したカラー点群データを「バーチャル現場」とし、土砂の堆積や現地の地形、構造物・道路・河川・樹木の配置等の現地状況を詳しく確認した上で計画を立案することが有効である（図-7）。

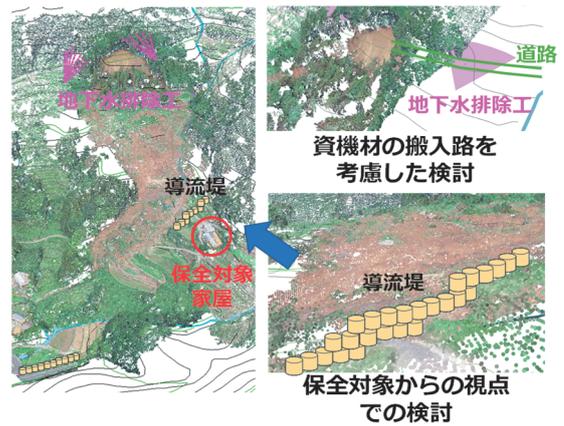


図-7 応急対策工事の検討への活用イメージ

(3) 「バーチャル現場」の共有

国・自治体等の関係機関相互の情報伝達、打合せ協議、専門家による技術支援において、Web-GISやWeb会議システムを活用してオンラインで現場のCIMモデルを共有する。または、汎用性の高いファイル形式で送信することで共有する。CIMモデルによる「バーチャル現場」を活用することで、状況認識の共通化、判断の迅速化、誤解による間違い防止等の効果が期待される（図-8）。

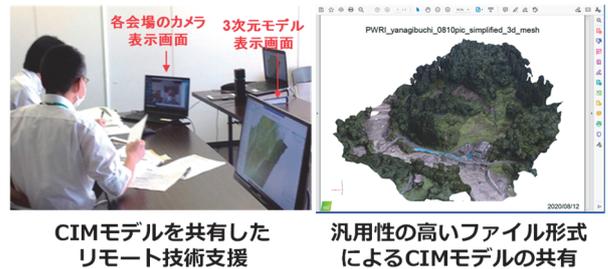


図-8 「バーチャル現場」の共有イメージ

(4) 会議・説明会への活用

カラー点群データによって「バーチャル現場」を表示しながらの説明は、地図等を用いた説明よりも直感的で分かりやすい。関係者の会議や住民説明会やマスコミ記者会見で活用することで、地すべり災害の状況等についての理解の向上、コミュニケーションの迅速化等が期待される（図-9）。



図-9 会議・説明会への活用イメージ

4. 活用事例

4.1 長崎県佐世保市小川内町牧の地地区

長崎県佐世保市小川内町牧の地地区で発生した地すべり災害に対して、長崎県からの要請によって令和2年7月に災害調査を行い、警戒避難体制及び対策工事についての技術指導を行った。発災直後のUAV写真等から作成した地すべり災害対応のCIMモデル（図-10）を「バーチャル現場」として土木研究所において事前分析を行い、現地調査の効率化を図った⁴⁾。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CIMモデルを活用し、調査結果を視覚的に分かりやすく説明するように努めた（図-11）。

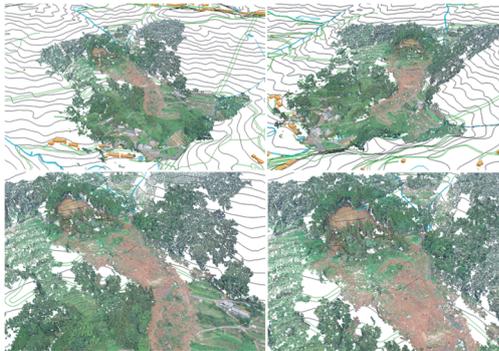


図-10 CIMモデル



図-11 災害支援の状況

今回、地すべり災害対応のCIMモデルを災害支援に活用したが、それによって災害支援活動のやり方を従来と大きく変えることができた。従来と今回の災害支援活動の流れを比較すると図-12のようになる。昨年までは、事前にできることは地図や文献の収集程度に限られていたため、現地に着いてから、依頼元の県等から提供される調査結果の確認、現地調査、所見レポート作成・説明、記者会見等の対応を1日程度で行っており、当日

の作業量が極めて多かった。また、当日は時間的にも、所見レポートの速報版しか作れないため、後日正式版を作成・送付する必要があったが、複数の災害支援を連続して対応する場合には、速やかに対応できないこともあった。しかし、地すべり災害対応のCIMモデルを「バーチャル現場」として活用できるようになったことで事前分析が可能になり、「バーチャル現場」から読み取れる情報を基に、当日の調査で確認すべきポイントを絞ることができ、効率的な調査が可能となった。また、CIMによる「見える化」で、所見説明や記者会見での説明が円滑になるという効果もあった。さらに、当日に所見レポートの正式版が作成できるようになり、速やかな警戒避難体制の整備や応急対策の実施に資することができた。

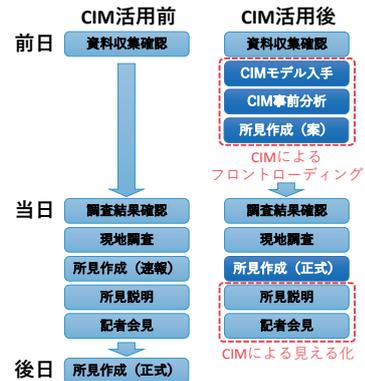


図-12 CIM活用による災害支援の変化

フロントローディングの考え方に基づいて、作業負荷の変化をイメージとして示すと図-13のようになる。「バーチャル現場」での事前検討が可能となったことで、当日の作業負荷の抑制ができ、かつ、後日の作業も無くすることが出来た。

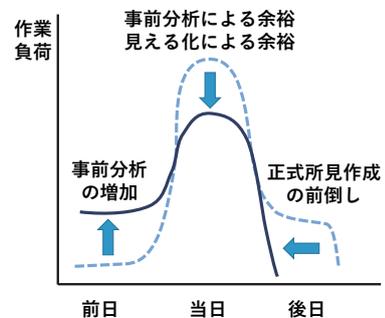


図-13 フロントローディングのイメージ

4.2 埼玉県秩父市定峰地区

埼玉県秩父市定峰地区で発生した地すべり災害に対して、埼玉県からの要請によって、令和2年5月および7月にリモートで技術指導を実施した⁵⁾

(図-14)。令和2年5月は、新型コロナウイルス感染症拡大防止のために緊急事態宣言が行われている状況であり、県境をまたぐ移動について自粛が求められていたため、オンライン会議によるリモートで技術指導を実施することとし、現地状況の把握のために埼玉県にCIMモデルの作成を依頼し、それを確認しながら応急対策等についての技術指導を行った。植生に覆われている箇所や細かな亀裂等の変状はCIMモデルだけでは確認できないため、現地を調査した調査会社に現地状況を聞きながら、CIMモデル上で位置を確認するなどして現地状況の的確な把握に努めた。

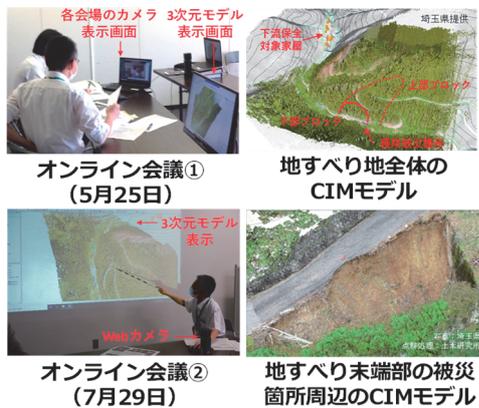


図-14 リモートでの災害支援の状況

その後、復旧対策の配置計画等についての技術指導のため、8月に現地調査を実施して現場を確認した(図-15)。



図-15 現地調査の状況

それまでに何度もこの現場のCIMモデルによって検討を行っているため、初めて訪れた現場とは思えないほど、現地の地すべりの状況が把握できていると感じられた。また、地すべりの規模感や斜面勾配等の感覚についても、CIMモデルによって想像していたものと現地での状況に大き

な乖離はなかった。本事例の経験から、CIMモデルを活用したリモートによる技術支援でも一定程度の対応が可能であると考えているが、リモートによる対応のみでどこまで技術支援が可能かということについては、引き続き事例を積み重ねながら慎重に確認していく必要があると考えている。

5. CIM活用における留意点と今後の展開

今年度、前項の事例を含めて5件の技術支援で地すべり災害対応のCIMモデルを活用し、その有効性について確認することができた。これらの取り組みを通じて、CIM活用における留意点や技術支援のやり方の変革につながる可能性が見えてきたので、以下の項目に整理して述べる。

(1) フロントローディング

通常事業においては、フロントローディングを実現する有効な手段としてCIMが活用されており、事前検討によって実施時の手戻り防止などの効果が得られている。災害対応においても、CIMモデルを「バーチャル現場」として様々な検討を行うことができる。現地調査の前に「バーチャル現場」を基にして、地すべりの発生機構の考察や対策工法の検討をしておくことで、確認が必要な情報が整理され、効率的に現地調査を進められると考えられる。また、現地で作業を行う際には、位置の検討、仮設の検討等を「バーチャル現場」で行うことで効率的にできる。これらは、災害対応に関わる様々な関係機関にとって有効だと考えられる。

ただし、これらの検討を「バーチャル現場」で行うには、実体験に裏付けられた技術的判断能力が必要であると考えられる。具体的に言うと、「バーチャル現場」を見て、実際の現場がどのような状況であるかを推定できる必要がある。そのため、一定の現場経験を有していないと、「バーチャル現場」を使いこなすことは難しいと思われる。そうだとすると、CIMを活用することで効果が高いのは、一定の現場経験を有するベテラン技術者が活用することであると考えられる。一方で、CIM等のITを得意とするのは一般には若手であると考えられるため、ベテランと若手が連携して「バーチャル現場」を活用した検討を行い、業務の効率化を図るのが良いのではないだろうか。そして、その検討を通じてベテランから若手へと

技術伝承を図るといったことも考えられる。

(2)「見える化」

地すべり災害対応のCIMモデルの活用において重要な「見える化」は、カラー点群データによって写真同様の見方で「鳥の目、虫の目」の自由な視点で見ることができると、現場の3次元的な状況を実際にコンピュータ上で再現して確認できることが重要であると考えられる。従来難しかったこれらのことが、CIMによって容易となったことで、状況認識の迅速化・効率化、現地状況の誤認によるミスや手戻りの防止につながると期待される。

「鳥の目、虫の目」を活かすには、CIMモデルを移動・回転、拡大縮小して視点を変えて地すべり災害の状況を見ることが重要であるが、3次元的な状況を確認するには、CIMモデルを動かしながら確認することが重要である。CIMモデルを動かしながら確認することで、3次元的な形状・位置関係を認識することができる。そのため、CIMモデルを検討や説明に用いる際は、なるべく動かしつづけて見せることがコツの一つである。

(3)リモート化

現在、i-Constructionやインフラ分野におけるDXの推進等において会議、協議、監督、検査など様々なリモート化が進められている。移動時間や日程調整・準備等の付帯作業の削減による効率化が期待される一方で、コミュニケーションの質の低下による誤認・誤解なども懸念される。コミュニケーションの質の低下を防ぐには様々な手段があるが、「バーチャル現場」を共有し、状況を確認しながら作業をすすめることも有効と考えられる。また、現地の立体映像や360度映像などとあわせて活用することも効果的だと考えられる。

6. おわりに

本稿では、「地すべり災害対応のCIMモデルに

関する技術資料（案）」で提案した地すべり災害対応のCIMモデルの概要と、地すべりチームが行った技術支援での活用事例について報告した。全く同じように活用できる読者は少ないかもしれないが、業務の参考にしていただける部分は少ないのではないかと考えている。CIMを使うこと自体は目的ではないため、「仕事を楽にする、良くする」ために手段として活用して頂ければと思う。目指すべき方向性は、i-Constructionのようにプロセスの全体最適化やインフラ分野におけるDXのように様々な変革を実現することだと思うが、まずは、部分的でも可能などころから実践し、取り組みを拡大させていくことが重要と思う。

地すべり災害対応のCIMモデルは、地すべり分野での活用を想定しているが、他分野でも活用できると考えられる。活用を検討いただき、業務の効率化・迅速化に役立てて頂ければ幸いです。

謝 辞

CIM作成・活用にご協力いただきました山形県、群馬県、埼玉県、岐阜県、佐賀県、長崎県、宮崎県、東北地方整備局、関東地方整備局をはじめとする関係各位に、この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

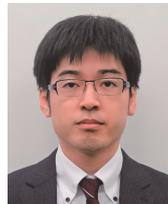
- 1) 国土交通省：CIM導入ガイドライン（案）第9編地すべり編、
<http://www.mlit.go.jp/common/001289037.pdf>、2019
- 2) 竹下航、杉本宏之、和田佳記：地すべりCIMの活用による調査・対策の迅速化・効率化に向けた取組、土木技術資料、第61巻、第12号、pp.20～23、2019
- 3) 土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム：地すべり災害対応のCIMモデルに関する技術資料（案）、
https://www.pwri.go.jp/team/landslide/kanrisya/cim/cim_model.pdf、2020
- 4) 和田佳記、竹下航、杉本宏之：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、印刷中
- 5) 竹下航：地すべり災害対応のCIMモデルを活用したリモートによる技術支援、砂防と治水、Vol.53、No.4、pp.29～31、2020

杉本宏之



土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 上席研究員
SUGIMOTO Hiroyuki

竹下 航



土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 主任研究員
TAKESHITA Wataru

和田佳記



土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 交流研究員
WADA Yoshiki