

BIM/CIMを活用した地すべり災害対応の迅速化・効率化

杉本宏之・奥山悠木・今江健太・北村和輝

1. はじめに

地すべり災害が発生した場合、緊急的な調査によって発生要因や今後のリスクの分析が行われ、その結果に基づいて警戒避難体制整備や応急対策が実施される。その際には、地すべりの発生状況を3次的に把握・分析しながら対策の検討を行い、関係機関で情報を共有しつつ、連携して対応することが重要である。そのため、土木研究所地すべりチームでは、第5期中長期目標の「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」の研究の一環として、災害時にBIM/CIMをコア（核）にして状況把握や調査分析、情報共有をすることで災害対応の迅速化・効率化を図る研究に取り組んでいる。本稿では、「地すべり災害対応のBIM/CIMモデル」の開発経緯や令和2～3年の災害対応での活用状況を紹介した上で、さらなる普及に向けた課題分析と今後の研究開発の方向性について紹介する。

2. 地すべり災害対応のBIM/CIMモデル概要

地すべり災害対応のBIM/CIMモデル（図-1）は、①UAVで撮影した現地の写真から作成したカラー点群データと②地図等のオープンデータを組み合わせたモデルである。「バーチャル現場」として、図-2の手順によって1日程度で作成可能であり、コンピュータ上で地すべり災害の全体像を3次的に把握・共有することができる。

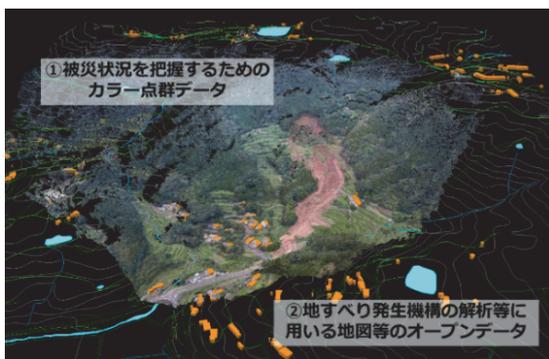


図-1 地すべり災害対応のBIM/CIMモデル

Introduction of BIM/CIM to Improve the Speed and Efficiency of Landslide Disaster Response

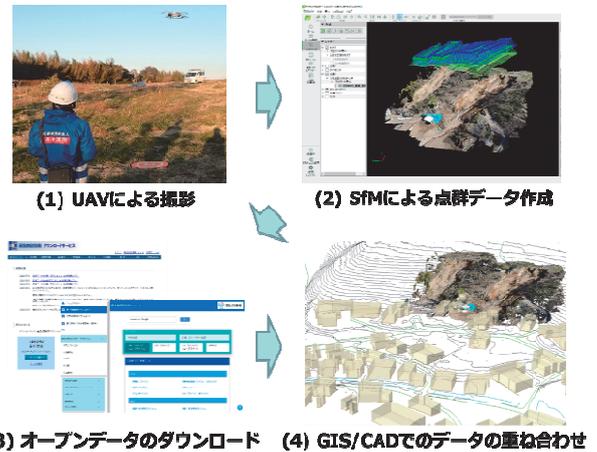


図-2 BIM/CIMモデルの作成手順

3. 開発の経緯と災害対応での活用状況

3.1 BIM/CIMモデルの開発（令和元年度）

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）第9編 地すべり編」¹⁾が公表され、通常の地すべり対策事業での本格的な導入が始まった。地すべり災害への対応においてもBIM/CIMの活用が効果的と考えられたが、迅速性が強く求められる災害時に詳細なBIM/CIMモデルを作成・活用することは難しく、災害対応に特化したBIM/CIMモデルが必要であった。地すべりチームでは、第4期中長期計画の研究開発プログラム「突発的な自然現象による土砂災害の防災・減災に関する研究」の一環として、災害対応に活用可能なBIM/CIMモデルの開発に着手した。令和元年8月に佐賀県杵島郡大町町で発生した土砂災害に対する技術支援では、現地調査中に県発注のUAV搭載型レーザスキャナによる測量が行われていたことから、取得されたばかりの3次元



写真-1 3次元地形データを用いた現地協議（佐賀県）

地形データを用いて現地で関係者と協議を行い（写真-1）、警戒避難や応急対策について迅速に判断を行うことができた²⁾。

初動時から3次元データを活用し、迅速に判断していくことの有効性を実感した経験から、BIM/CIMモデルの開発においては、迅速性（1日で作成できること）、汎用性（実施できる者が限定されないこと）、再現性（現地状況が良く把握できること）を重視することとした。適用可能性のある技術を比較検討した結果、UAV写真撮影とSfM解析によって作成するカラー点群データの3次元地形モデルと地図等のオープンデータを基本とし、必要に応じてそれ以外のデータを順次追加し、精度を高めていくモデルが実用的と考えられた。これら検討成果を基に、仕様や作成方法を取りまとめ、「地すべり災害対応のCIMモデルに関する技術資料（案）」として令和2年5月に公表した。併せて、国土交通省砂防部から全国の地方整備局等、都道府県の砂防担当部局宛の事務連絡によって積極的な活用が要請された。

3.2 BIM/CIMモデルの活用と改良（令和2年度）

令和2年5月に秩父市で発生した地すべり災害では、埼玉県から要請を受け、埼玉県本庁、秩父県土整備事務所、土木研究所の3カ所を結び、BIM/CIMモデルを「バーチャル現場」としてオンラインで共有し（写真-2）、応急対策や復旧対策について技術支援を行った³⁾。



写真-2 オンライン会議（埼玉県）

新型コロナウイルス対策の特別措置法に基づく初の緊急事態宣言の中、まだweb会議にも不慣れた状況であったが、BIM/CIMモデルを活用したことで、円滑なコミュニケーションが可能であった。

令和2年7月豪雨災害では、長崎県、岐阜県、宮崎県、山形県等の要請を受け、地すべり災害に対する現地調査と対策への助言等の技術支援を行った⁴⁾。これらの災害では、現地調査前に

BIM/CIMモデルで事前分析を行い、現地調査の効率化を図った。また、県をはじめとする関係機関への調査結果の報告や報道向けの記者会見においてもBIM/CIMモデルを活用し、調査結果を分かりやすく説明するように努めた（写真-3）。



写真-3 BIM/CIMモデルを用いた記者会見（山形県）

これらの実績をもとに、データ構成の見直し等の改良と作成事例や活用事例等の参考資料の充実を行い「地すべり災害対応のBIM/CIMモデルに関する技術資料」⁵⁾を令和3年4月に公表した。その内容は、令和3年3月の「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」⁶⁾に反映され、ガイドラインに地すべり災害対応のBIM/CIMモデルが追加された。

3.3 BIM/CIMモデルの活用拡大（令和3年度）

令和3年度は、岩手県（国道107号、湯田ダム周辺）、長野県（国道19号）、島根県（国道9号）の地すべり災害への技術支援においてBIM/CIMモデルを活用した^{7,8)}。事前分析において、災害状況把握に加えて、災害リスク分析や対策方針の検討もできるよう、地形や地質を分析するレイヤーをBIM/CIMモデルに追加し、迅速な対策方針の決定を支援できるように改良した。また、道路、砂防、ダムなど分野の異なる関係機関で連携して対応することが重要となる局面が多かった。更に、web会議の普及により、発災直後の技術支援だけでなく、復旧段階においてもオンラインで



写真-4 オンライン会議（国道19号）

のフォローアップを継続して行うことが多くなった（写真-4）。これらの場合、参加機関が多くなるため、発生した地すべり現象や災害リスク、対策の考え方等について、BIM/CIMモデルを活用してビジュアルに説明し、分野の異なる関係機関が共通した認識を持てるよう努めた。

4. さらなる普及に向けて

4.1 BIM/CIMをコアにしたシームレスな災害対応

第4期中長期計画の研究開発プログラムにおいては、図-3に示すような災害対応の一連の流れの中で、災害状況の把握や災害リスク分析までをカバーできるように改良を行ってきた。

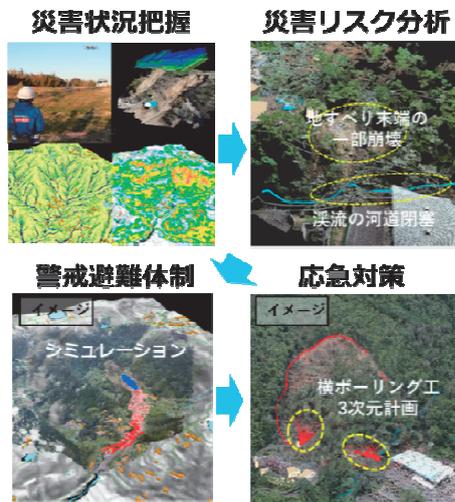


図-3 BIM/CIMをコアにしたシームレスな災害対応

現在は、第5期中長期計画の研究開発プログラム「顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発」の一環として、警戒避難体制や応急対策まで含めた一連の災害対応をBIM/CIMをコアにしてシームレスに検討できるよう開発を進めている。例えば、UAVで取得した最新の地形データをもとにして地すべり土塊の到達範囲をシミュレーションすることや、3次元CADの支援によって応急対策工の最適配置を効率的に計画することなどが考えられる。また、「バーチャル現場」にシミュレーションや対策配置計画を統合し、ネットワークによって関係者間で共有すれば、複数の関係機関が連携する場合などの共通理解や意思決定の迅速化に寄与すると期待される。また、国土交通省等で整備されているDXルーム等を活用し、被災現場の映像とあわせて活用することで（写真-5）、広域的な同時多発災害の場合でも遠隔で技

術支援が可能となるなど、災害対応の迅速性や効率性を一層高めることができると考えられる。



写真-5 現地映像とBIM/CIMモデルの活用

4.2 現場への普及に向けた課題分析と対応

地すべりチームにおいては、地すべり災害対応のBIM/CIMモデルは技術支援に不可欠なツールとなっているが、行政機関で十分に普及が進んでいるとは言えない状況である。そこで、普及に向けた課題を整理するために、技術支援で地すべり災害対応のBIM/CIMモデルを活用した行政機関（地整本局・事務所、県）にアンケート調査への協力を依頼し、8機関（9部局）から回答を得た。アンケートの回答から「メリットと感じたこと」を表-1に、「デメリットと感じたこと」を表-2に整理した。状況把握の迅速化や情報共有の円滑化、調査検討の効率化などにメリットを感じるという回答が多かった。デメリットについては、迅速性が確保できない可能性や状況誤認の可能性についての指摘があった。

表-1 アンケートの回答（メリット）

メリット	回答例
状況把握の迅速化	<ul style="list-style-type: none"> 客観的な現場状況の把握が、安全性を確保しながらスピード感をもって対応できることが第一のメリットであると感じた。 直接立入ができない危険な（立入不可）箇所の状況も把握できる。
情報共有の円滑化	<ul style="list-style-type: none"> 防災翌日にはBIM/CIMモデルが出来上がっており、これを使っでのリスク分析の説明が非常にわかりやすかった。今回の災害対応には他機関との連携が必要であったが、防災直後から複数の関係者が同じ認識を持つことができたことがよかった。 WEB会議においても画面を共有しながらモデルを回転させることで様々な視点から現地状況を理解することができた。
調査検討の効率化	<ul style="list-style-type: none"> ポイントを絞った的確な現地調査が実施することができる。 作成に時間を要する平面図や横断図などが無くても助言が得られ、即応性が高いところ。 各概略寸法がモデルから計測でき、崩壊土量や河道閉塞による湛水規模などが、直ちに具体的に把握できること。 効果的かつ効率的な応急対策を実施することができる。

表-2 アンケートの回答（デメリット）

デメリット	回答例
迅速性が確保できない可能性	<ul style="list-style-type: none"> 写真を撮影のみで見せる場合に比べて時間がかかる。 荒天等により、即時的なドローン撮影が困難な場合、必要なタイミングでモデル作成が出来ないことが懸念される。 モデルの容量が大きいと動作が不安定となるリスクがあると感じている。
状況誤認の可能性	<ul style="list-style-type: none"> 当該技術が先行して、現地踏査が行われないケースが生じた場合に、対応方針等の再検討を要する事態が生じた場合には、デメリットとなりえることも想定される。

「普及に必要と考えること」(表-3)で特に多かった回答は、行政機関においても自ら閲覧や加工ができることや、調査・設計や発注業務で活用できるようになることであった。ただし、行政機関のPCのスペック不足や対応するソフトウェアが無いこと、BIM/CIMを扱える職員の育成なども課題として挙げられている。また、作成・活用に関するマニュアルや事例集等の充実を期待する回答も少なくなかった。

表-3 アンケートの回答(普及に必要なこと)

普及に必要なこと	回答例
行政機関内での閲覧・加工	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルを閲覧、加工、更新する技術が県に備わっていることが必要と思う。(モデルの閲覧や更新を行う準備が県で出来ていないため、提供されたモデルが一過性のものとなり、その後の監視・調査・設計等に活かされないことが想定される。) ・県や市の発注者職員でも比較的容易にモデルを見たり、工事や業務の発注図面として加工し利用することが出来れば普及していくのではないかと考えます。 ・発注者や設計者、工事業者で同じデータを利用しそれぞれ修正していくことができれば、施工時だけでなく今後の維持管理にも役立つのではないかと考えます。
PC・ソフトの整備	<ul style="list-style-type: none"> ・施設管理者において、モデルの表示に用いる高スペックPCやソフトの普及。 ・事務所PCへのソフトウェアの導入(インストール不可)、PCスペックの不足などがあるのでは。
人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルを作成する技量のある人材の更なる育成。 ・作成されたモデルを操作、説明できる人材の更なる育成。
マニュアル・活用事例集等の整備	<ul style="list-style-type: none"> ・現在は土研HPでも技術資料が掲載されており、土木コンサルタントも活用可能になれば、専門家に指導を受ける時でも、これまでより迅速に対応できるようになると思う。 ・機構解析や施設設計への活用方針・活用方法のマニュアル化。 ・「なるほど」といった実感が得られることから、報道機関や一般住民等に対する説明会等での効果的活用事例の周知。 ・効果的な事例の収集。
低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> ・費用対効果の実現。 ・安価であること。

これらの回答をふまえると、行政機関の担当者向けにBIM/CIMモデルの閲覧と簡単な加工編集に絞り込み、誰のPCでも扱えるようにBIM/CIMの軽量化を図ることも一つの方向性ではないかと考えている。DXルームで活用するような重厚なBIM/CIMだけでなく、それぞれの職員のPCでも扱える軽量のBIM/CIMがあれば、災害対応の迅速性や効率性が一層高まると期待されるため、取り組みを進めていきたい。

5. おわりに

本稿では、「地すべり災害対応のBIM/CIMモデル」の開発経緯、今後の研究開発の方向性としてBIM/CIMをコアにしたシームレスな災害対応とBIM/CIMの軽量化について紹介した。引き続き、災害対応の迅速性や効率性をより一層高めることができるよう研究開発を進めて参りたい。また、地すべりチームのwebページ「地すべり災害対応へのCIMの活用」で関連技術資料や活用事例を紹介しており、充実を図っていく予定なので参照頂ければと思う。最後になったが、BIM/CIM開発・活用にご協力いただいた関係各位に、この場を借りて感謝申し上げる。

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、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2号、pp20~23、2019
- 3) 杉本宏之、竹下航、和田佳記：地すべり災害対応におけるCIMの活用、Vol.63 No.3 2021
- 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、Vol.58、No.2、pp23~29、2021。
- 5) 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：地すべり災害対応のBIM/CIMモデルに関する技術資料、土木研究所資料 第4412号、2021。
- 6) 国土交通省：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、2021。
- 7) 国立研究開発法人土木研究所：令和3年度土木研究所講演会講演集、土木研究所資料 第4417号、2021。
- 8) 杉本宏之、竹下航、今江健太、北村和輝：地すべり対策におけるBIM/CIMの活用、ダム技術、No.425 2022。

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

奥山悠木



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
OKUYAMA Yuki

今江健太



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
IMAE Kenta

北村和輝



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
KITAMURA Kazuki