

河道閉塞発生時の初動対応を支援する3次元データプラットフォームのプロトタイプ開発

国際航業(株) ○小林 実和, 島田 徹, 河野 孝俊, 廣木 雪乃, 鈴野 愛斗, 山田 大介
筑波大学 システム情報系 永谷 圭司, 東京大学大学院 工学系研究科 全 邦釘

1. はじめに

大規模な河道閉塞は、斜面崩壊時の被害だけでなく、上流域の湛水による浸水被害や、決壊時の洪水・土石流による下流域の氾濫被害を引き起こす可能性がある。近年でも、岩手・宮城内陸地震(2008年)、紀伊半島大水害(2011年)、北海道胆振東部地震(2018年)、能登半島地震(2024年)など、地震や豪雨を契機として数年に一度の頻度で発生している。

河道閉塞は、発生から決壊までの時間がケースごとに大きく異なるため、発災直後の初動対応やその後の応急対策では、刻々と変化する状況を正確に把握し、適切な意思決定を行うための迅速な情報集約・共有が重要となる。これまで、河道閉塞発生後の地形把握手法や、3次元データを活用した応急・恒久対策の検討事例は多数報告されている。一方、発災直後の限られた時間の中で実施される緊急調査において、多様なデータを効率的に集約し、関係者間でリアルタイムに共有するシステムやその運用事例は、まだ十分とは言えない。

このような背景から、筆者らは内閣府ムーショット型研究開発事業の目標3「自ら学習・行動し人と共生するAIロボット」に参画し、山間部の厳しい条件下(アクセス、通信)で多発する河道閉塞災害への対応技術を開発している¹⁾。本研究では、UAVによる遠隔調査技術、各種センサデバイスの遠隔配備によるデータ取得・解析技術、それらの情報を統合・可視化・共有するデータ連携基盤を融合し、河道閉塞発生後の初動対応を支援する「緊急調査システム」のプロトタイプ開発と実用化を目指している。本稿では、開発を進めている「緊急調査システム」の概要と、その中核となる「3次元データプラットフォーム」の機能、開発状況、今後の課題について報告する。

2. 緊急調査システムの概要

本研究で開発を目指す緊急調査システムは、河道閉塞発生現場へのアクセスが困難な状況を想定し、遠隔地からの操作を基本としている。対象とする災害対応シナリオを図1に、システムの全体構成イメージを図2に示す。

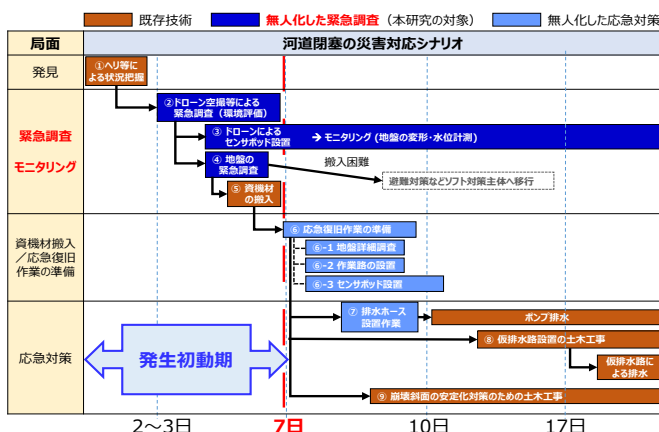


図1 想定する災害対応シナリオ

本研究は、主に以下の要素技術から構成され、システム全体の統合(SI: System Integration)に取り組んでいる。

(1) UAVによる遠隔情報収集

ヘリコプターや衛星等で把握された概略位置情報を基に、UAVを遠隔操作し、閉塞箇所周辺の詳細な地形データ(SiM処理による3次元点群等)や高解像度画像を取得する。取得した地形・画像データは、3次元データプラットフォーム上で共有され、現況把握や後続作業の計画策定に活用される。

(2) UAVによるセンサ運搬・設置と計測

UAVを用いて湛水位・水深、地形変位、地盤強度等を計測する各種センサデバイスを遠隔配備し、センサデータの無線伝送により、遠隔地からの継続的なモニタリングを行う。まずは、安全かつ計測効果の高い設置計画を支援するため、(1)で取得した詳細な地形モデルから傾斜、凹凸、植生等を解析し、各種センサデバイスの設置に適した候補地を抽出する「調査デバイス設置の適地選定ツール」を開発している。

次に、センサの遠隔設置手法として、地面から一定の高さを確保するため三脚付きセンサをUAVで懸架・設置する手法を検討している。三脚設置技術に関する事例報告は、本研究発表会の「立入困難区域におけるUAV自律飛行を用いた緊急調査デバイス遠隔配置手法の検討」(鈴野ら)を参照されたい。

(3) 3次元データプラットフォーム(情報連携基盤)の構築

UAVや各種センサから収集された多様なデータ(地形、画像、センサ計測値、設置位置等)を、3次元地理空間情報基盤(本研究ではオープンソースとして提供されるCesiumを採用)上に統合・可視化する。これらのデータはクラウドサーバに蓄積され、Webブラウザを通じて、災害対応に関わる関係者間で迅速かつ効率的な情報共有を可能にする。(詳細は3章)

(4) リスク評価AIとの連携

UAV画像等から閉塞箇所の崩壊リスクを評価するAIと連携し、評価結果をプラットフォーム上で共有する。

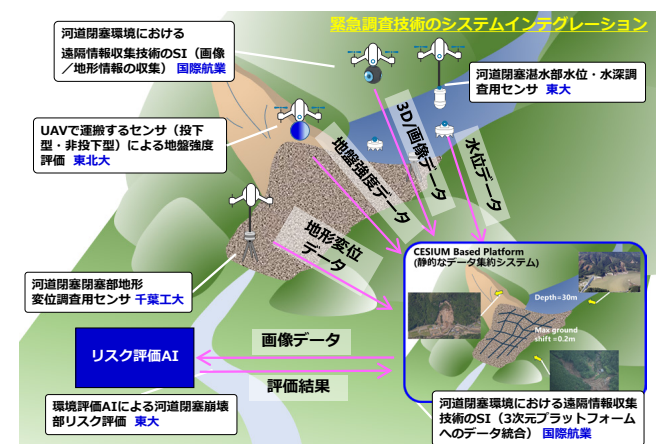


図2 緊急調査システムのイメージ

3. 3次元データプラットフォームの構築

3.1 期待される役割

河道閉塞災害の初動対応においては、発生位置や規模、湛水状況、地形変化、降雨予測、周辺インフラなど、多様な情報が刻々と変化する状況下で生成・収集される。これらの散在する情報を効率的に集約・整理し、関係者間で迅速かつ正確に共有することを通じて意思決定を支援することが、本3次元データプラットフォームの主要な役割である。

本プラットフォームは、従来の災害対応で災害対策室が担っていた情報収集・共有機能の一部をリモート環境で代替することを可能とし、関係者間の情報共有の効率化、省力化、迅速化に寄与することが期待される(図3)。これにより、初動期から継続監視期にかけて二次災害発生の監視体制を高度化し、土砂災害緊急情報の発令支援等にも資すると考えている。



図3 災害対策室のイメージ(国土交通省HPより引用)

3.2 求められる機能

本プラットフォームはWeb GIS技術を基盤とし、以下の機能要件を満たすことを目指している。

(1) 多様なデータの統合と可視化

発災前後の地形モデル、UAVの飛行軌跡や撮影画像、各種センサ(水位、水深、変位等)の設置位置と時系列計測値、リスク評価結果、気象情報、周辺インフラ情報など、形式の異なる多様なデータを3次元空間上に重畳表示する。

(2) 直感的な情報アクセス

3次元ビューワ上で地図や地形モデルを操作し、表示されたアイコン(センサ位置、UAV位置など)を選択することで、外部リンク先を含む関連情報(状況写真、計測値グラフ、属性情報など)をポップアップ表示等で容易に確認できる。

(3) 時系列変化の表示

湛水位の変化や地形変位の計測結果など、時間と共に変化する情報をタイムスライダーやアニメーション、グラフにより視覚的に表示・再生する。

(4) 情報共有機能

Webブラウザを通じて、権限を持つ関係者がどこからでもアクセスでき、最新の状況をリアルタイムで共有する。

(5) 簡易分析・評価支援

3次元上で距離・面積・標高計測や簡易断面の作成、湛水範囲や影響範囲の推定支援を行う。さらに、AIと連携し、UAV画像等から閉塞箇所の崩壊リスクを評価する機能も備える。

3.3 フィールド試験に基づく有効性検証

開発中のプロトタイププラットフォームに対し、実際のフィールド試験(新潟県長岡市芋川寺野地区の河道閉塞箇所など)で得られた各種データを適用し、有効性の検証を行った。具体的には、UAVの飛行軌跡、撮影写真の位置・姿勢情報、水深センサやLiDAR/リフレクタの設置位置、それらの時系列計測値、発災前後の地形モデルなどをプラットフォーム上に統合表示した。これにより、従来は個別に管理されていた多様な情報を、3次元空間上で統合的に俯瞰し、それらの位置関係や時間的な変化を直感的に把握できることを確認した。

例えば、特定の時刻におけるUAVの位置と撮影画像、その時点での水位センサの値を同時に確認するといった、複合的な状況把握が可能となった(図4)。



図4 情報共有プラットフォームのイメージ(芋川寺野地区)

3.4 今後の課題

フィールド試験を踏まえ、改良方針を以下に整理する。

- ✧ **データの標準化**：各種センサやシステムから得られるデータ形式を標準化し、円滑なデータ統合を実現する。
- ✧ **パフォーマンス**：詳細点群などの大容量データを高速表示できるよう処理性能と操作レスポンスを向上する。
- ✧ **リアルタイム性**：準リアルタイムでのデータ更新・表示機能を強化し、より迅速な状況把握を支援する。
- ✧ **分析機能の拡充**：湛水容量計算や簡易的な浸水シミュレーション結果の可視化、リスク評価AIとの連携強化により意思決定支援機能を充実させる。
- ✧ **UI/UX改善**：レイアウトや表示設定を最適化し、緊急時にも直感的で誤操作の少ない操作環境を構築する。

4. おわりに

本稿は、JST【ムーンショット型研究開発事業】 Grant番号【JPMJMS2032】の支援を受けたものである。フィールド試験の実施においては、国土交通省湯沢砂防事務所にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

今後は、抽出された課題の解決に取り組み、プラットフォームの機能拡充と安定性の向上を図る。さらに、より実践的なシナリオに基づいた統合的なフィールド実証実験を通じて、システムの有効性を検証し、社会実装を目指す。

【参考文献】 1) 金崎ほか(2023): 不確実性が高い環境における革新的インフラ構築の実現に向けた取組の紹介と砂防DXへの活用, 2023年度砂防学会研究発表会概要集, 139-140