

4. 3D-GIS・AI・InSARを利活用したインフラ構造物DX管理システムの構築・試行

愛知工業大学 中村吉男、太田翔、小林航輝、木村有佑
神谷匠、森崎洸稀、中田就仁
UGS 宇津木慎司、秋田大学 吉永龍生、高橋太初

1. はじめに

急峻な地形・複雑な地質構造を呈し活断層が多く分布する日本においては、近年、異常気象や地震活動などによる大規模な土砂災害が散見されるようになった。これらの事象は、地質年代を考慮した時間軸で幾度となく発生していることではあるが、それが今、生活の営みのある場所で起こると災害になる。

土砂災害は、がけ崩れ・土石流・地すべりに区分されており（図－1¹⁾）、2024年（令和6年）1月に発生した令和6年能登半島地震においては、図－2²⁾に示すような震源断層に近い北部の海岸沿いの道路沿いで地すべりが多く発生した。この能登半島は、山地と海とが近く平地が狭いこともあり、幹線道路や居住地などインフラ施設が多く被災したことから、1年経った現在においても復興が想定通り進行していない。

また、2025年（令和7年）1月に発生した埼玉県八潮市における道路陥没（図－3³⁾）においては、都市部の川沿いに分布するゆるい砂地盤の上に盛土造成した箇所が発生し、40年以上前に設置された下水管の経年劣化が原因とされた。このような高度経済成長期に施工された、広範囲にわたる古く様々な地表および地中インフラ構造物について、それらの現状把握がコスト面などの課題により困難であることが課題とされている。

これに対して、昨年度までの本研究では、豊田市の山間部における土砂災害調査について、3DのGIS、AIの画像認識技術を利活用した地すべり地形判読の自動化、InSARと呼ばれる人工衛星を利活用した高精度広範地盤変位計測技術を適用し、土砂災害想定箇所における地盤の状況を見える化し、動きを見守る仕組みを構築した。今年度は、上記した埼玉県八潮市の道路陥没などを受け、都市部のインフラ構造物の状況を見える化、見守る化することを目的として、昨年度までに検討したDX管理システムを愛知工業大学八草キャンパス周辺（図－4）にて試行した内容について述べる。



図－1 土砂災害の区分¹⁾



図－2 能登半島地震に伴う地すべり²⁾



図－3 埼玉県八潮市の道路陥没状況³⁾



図－4 愛知工業大学八草キャンパス

2. インフラ構造物管理に関する課題

2.1 土砂災害発生懸念箇所の特定方法

図－1¹⁾に示す土砂災害のうち、ゆるい勾配のすべり面に沿って広範にわたり土地が動くものと定義される地すべり（land-slide）を例にとると、専門技術者が机上で地形図や航空写真などを確認し、図－5に示すような等高線の特徴を読み取り評価している。その後、現地踏査結果などの確認作業を経てハザードマップなどに設定してきたが、日本全体の山の評価を実施することが困難であるとともに、地域によっては長期間、評価が更新されていない事例も多く、地震や豪雨後などにおける最新の状況を示すものではない。

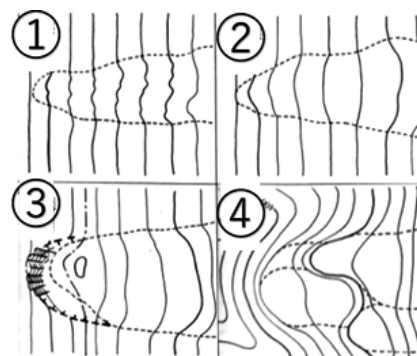
2.2 インフラ点検簿の取りまとめ方法

図－2、3に示すようなインフラ構造物においては、数年に一度、専門技術者による現地調査が実施されており、検討箇所ごと図－6⁴⁾に示すような点検簿に、構造物やのり面の状況が整理されている。これについては、定性的な評価にとどまっていることとともに、これらの書面が書庫やパソコンのサーバーに保存されていることから、実際の構造物供用時に管理する、点検を実施した当事者ではない行政の技術者が、俯瞰的な視点からの総合的な評価や災害発生時に速やかな対応がとりにくいなどの課題が指摘されている。

2.3 インフラ構造物の挙動確認

上述したインフラ管理における机上検討および現地調査などの評価結果をもとに、その安定性が懸念される箇所においては、図－7⁵⁾に示すような様々な計測機器が設置され、地山やのり面、構造物の挙動をリアルタイムで把握できるシステムが構築される。

これに対しては、この写真に示すような重要度の高いインフラ周辺の斜面計測監視を例にとると、多種の計器により地表面、地中ともバランスよく変位、地下水位などを測る必要がある。ただし、これらの機器はあくまでも点の情報をつ捉えるものであるため、広範の状況を詳細に把握するためには多くの機器を設置する必要がある。また、これらの個々の機器が高価であることから、地方都市や山間部などで安定性が懸念される箇所が確認できても、このような計測監視システムが構築されない状況が散見される。



図－5 典型的な地すべり地形

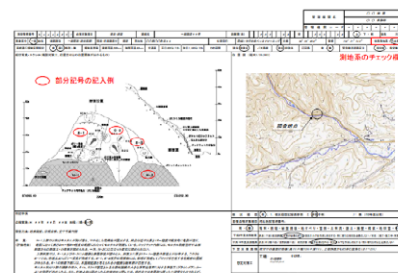
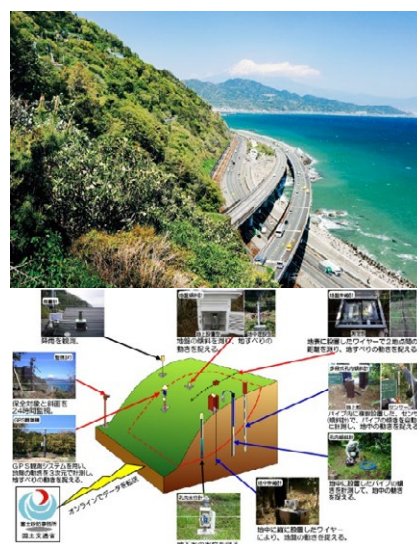


図-7.7 箇所別記録表の記入例及び部分記号の表示例



図-7.8 安定度調査表（落石・崩壊）の記入例及び部分記号記入欄の例

図－6 インフラ点検簿の事例⁴⁾



図－7 インフラ近傍斜面計測監視事例⁵⁾

3. インフラ構造物DX管理システムの概要および構成要素技術の詳細

3.1 インフラ構造物DX管理システムの概要

上述した都市部から山間部まで広く分布するインフラに関する状況把握の課題に対して、過去の点検結果や、

現在集積されている人工衛星やドローン、各種センシングデータをクラウド上の3Dの地図情報システムGIS上に集積し、リアルタイムに広範囲の様子を見える化し見守る仕組みを構築した(図-8)。これにより、検討箇所の位置情報と調査設計・施工・維持管理段階のあらゆる情報が一元管理できるとともに、DX技術を駆使した将来予測なども実行できる。ここで、構成要素技術の詳細について述べる。

インフラDX管理 4D-ICTプラットフォーム



図-8 インフラ構造物DX管理システム

3.2 構成要素技術の詳細

(1) 地すべり地形AI自動評価システム

AIの画像認識技術は、図-9⁶⁾に示す顔認証システムなどに広く実用化されている技術であり、画像の特徴をAIが学習し種々の自動評価を実施する仕組みである。昨年度、この技術を活用して、図-1、2、5に示した地すべり地形を学習したAIを用いて地形図を分析したところ、図-10に示すように、国の専門技術者が目視で認定した地すべり地形をAIも評価できることを確認した。

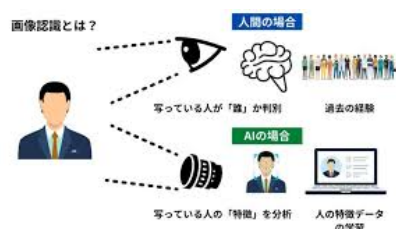


図-9 AI画像認識技術の一例⁶⁾

(2) スマートフォンAI打音評価システム(図-11⁷⁾)

AIのデータ分析技術を活用し、スマートフォンで岩盤やコンクリートをハンマー打撃した際の音を収録し、過去の実績より分析したアルゴリズムに照らすと、定量的な評価を実施できる手法を開発した。これにより従来、熟練技術者のみが実施し定性的評価にとどまっていた構造物打音検査などについて、誰でも高度な点検を実施できる。

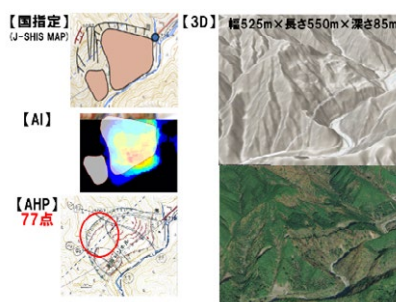


図-10 地すべり地形AI判定結果

(3) 人工衛星InSAR計測技術

SARは、人工衛星や航空機などに搭載したアンテナから電波を地表に向けて照射し、地表からの反射波を捉えることで、地表の形状や性質についての画像情報を取得する手法である。SARの観測データには衛星と地表間の距離を知るための電波の位相情報が含まれているが、InSARは図-12⁸⁾に示すように、同じ地域を2回観測しそれらの受信データを干渉させて位相差を算出することで、この期間に生じた地表の動きを衛星-地表間の距離の変化として捉える。これにより、図-7に示した高価かつ点でのみ測定値を捉える既往の計測に対し、広範に分布するインフラ構造物や斜面など変位状況を比較的簡便に把握できる。



図-11 スマートフォンAI打音評価システム⁷⁾

4. 愛知工業大学八草キャンパス周辺におけるインフラ構造物DX管理システムの試行結果

4.1 八草キャンパス周辺の土砂災害想定箇所における検討結果

八草キャンパスの地盤においては、山地部の凸部である尾根を掘削して凹んだ沢を埋め立てる、谷埋め盛土が施工されており、図-13に示すようにキャンパスの広範に盛土が分布している。また、キャンパス南側の道路沿いのがけやのり面が土砂災害特別警戒区域に指定され

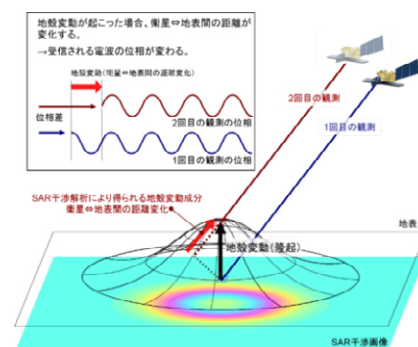


図-12 InSARの概要⁸⁾

ており、図-14③と示した位置で実際に盛土の崩落が発生している（図-15）。これに対して、3.2項で示した人工衛星InSAR地盤変位計測を実施した結果を図-16に示す。これを見ると、キャンパス南側の盛土部で年間数cmのやや変位の大きな地盤沈下傾向が確認できることから、定期的に盛土の現地調査を実施する必要があると考える。

4.2 インフラ構造物DX管理システムの適用

4.1項に示した地盤や土砂災害に関する情報や、図-17に示すようなキャンパス内の劣化した擁壁で実施した図-11に示したスマートフォンAI打音評価システムの実施結果などを、図-8に示したインフラ構造物DX管理システムの3Dの地図情報システムGIS上に集積した。これにより、個々のインフラ構造物検討箇所における現在・過去の情報を地図上に一元管理できるとともに、様々な事例を学習したAIを用いて将来状況予測を実施することにより、維持更新管理の高度化・省人化を図ることができた。

5. おわりに

本研究では、愛知工業大学八草キャンパスで実施したインフラ構造物DX管理システムの適用事例について示した。今後、このような検討事例を増やしていくとともに、特にAIを活用した維持更新管理について、即時性のある高度な評価システムを検討していく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省 富士砂防事務所：土砂災害ってなに
https://twitter.com/mlit_fujisabo/status/1267604849220136960
- 2) 東京新聞：日本海側の活断層は今後「迅速に公表」
<https://www.tokyo-np.co.jp/article/310452>
- 3) 埼玉県：復旧工法検討委員会について
<https://www.pref.saitama.lg.jp/c1502/news/nakagawa0203.html>
- 4) 全国地質調査業協会連合会：道路防災点検技術者の専用サイト
<https://www.zenchiren.or.jp/geocenter/lec-road/index.html>
- 5) 国土交通省 富士砂防事務所：オンライン観測
<https://www.cbr.mlitt.go.jp/fujisabo/yui/yuikatudou/yuikatudou-online.html>
- 6) AIsmiley：画像認識とは
https://aismiley.co.jp/ai_news/what-is-image-recognition/
- 7) 日本工営：AIによる材質判定と打撃音記録アプリでDXを推進
<https://www.id-and-e-hd.co.jp/performance/app-daooon/>
- 8) 国土地理院：干渉SAR
https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/gsi_sar.html

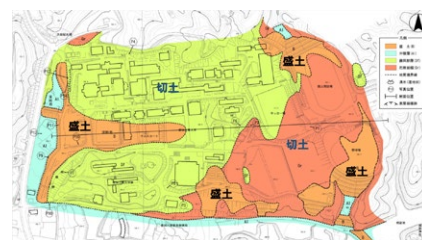


図-13 八草キャンパス盛土分布図



図-14 八草キャンパスハザードマップ

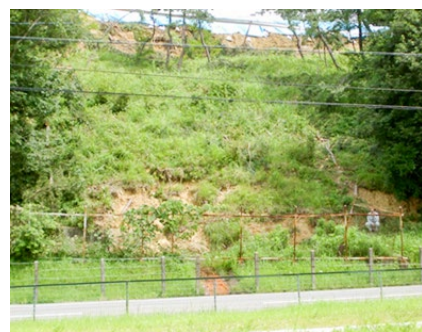


図-15 図-14③盛土崩落状況

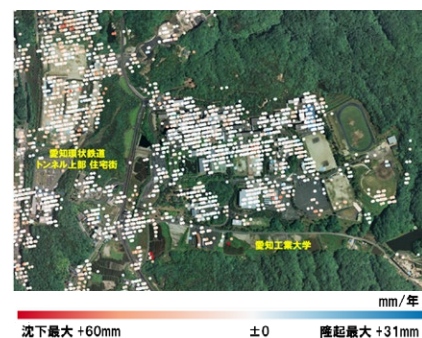


図-16 八草キャンパス地盤変位分布図



図-17 八草キャンパスの擁壁