

豪雨災害時の被災状況把握技術と その多様化・多重化

国土管理・コンサル部会

1. はじめに

国土管理・コンサル部会は、国土管理、社会資本の維持管理、環境、防災、産業、地域活性化等の社会の様々な分野における応用解析、機器・ソフトウェア適用、品質管理、複合・統合化等に関する分野を担当し、測位・測量及び地理空間情報に関する国土管理・コンサル分野への利活用技術の研究部会と位置づけ、経済活動や国民生活の様々な場面における利活用の仕組みづくり、活用検証・実証等を行っている。広範なコンサルタント分野を対象とし、先端測量技術を活用した様々な応用技術情報についての交流の場としている。

最近では、インフラ維持管理、防災、ハザードマップ仕様、災害撮影、3次元情報利活用等に関する研究を推進すると共に、大規模災害における測量調査の現状と課題を分析し、対応のあり方を検討している。また、測量調査分野におけるドローン活用の先導役となることを目指し、専門技術と実地経験に基づく知見を集約し、技術開発・検証や運用・指針等の検討に関する活動も実施している。

2. 災害時の被災状況把握に関する取組み

地球温暖化の影響による洪水被害や土砂災害の激甚化、頻発化が進む中、災害時の状況を迅速に収集して適切な初動対応に結び付けていくことが、被害の軽減、二次災害の防止、早期復旧にとって重要となる。

国土管理・コンサル部会では、災害発生後の被災状況把握に関して、平成29年7月九州北部豪雨や、平成30年7月豪雨（西日本豪雨）、

令和元年房総半島台風・東日本台風において各社が実施した緊急撮影の状況や、撮影した画像や取得したデータの利活用と今後の課題などを報告してきた^{1)、2)、3)}。

被災状況を迅速に把握する手法として、航空機による垂直・斜め写真撮影があり、多くの被災現場において、初動対応判断の基礎資料として活用されてきた。一方、天候障害等により航空機が運航できず、迅速な情報収集に支障を来す場面も多い。

平成29年7月九州北部豪雨においては被災範囲が広域にわたる中、災害発生後も天候が回復せず、航空機による被害の全容把握に1週間を要する事態となった。一方、航空機が運航できない中、ドローンによる被災状況把握が実施されて、その有効性が確認されるとともに、災害現場におけるドローン撮影時の事前準備や初動体制、撮影方法・機器操作などの面で解決すべき課題が抽出されたことを報告した¹⁾。

また、平成30年7月豪雨（西日本豪雨）では1府10県で大雨特別警報が発表されるなど、被災範囲が広大で、天候回復も遅れたことから、航空機撮影に加えて、SAR衛星のデータ解析による浸水区域推定なども行われた。雲を透過して地表の状態を観測できるマイクロ波の特性を活かすことで、天候回復が遅れる状況にあっても被災状況を把握することができ、初動対応に効果的であったことを報告した²⁾。

令和元年東日本台風においても、夜間や悪天候時でも観測できるSAR衛星によって、いち早く被災状況の把握や情報提供が可能で、複数のSAR衛星を活用することで観測頻度が向

上し、即時浸水域把握などが実施された事例などを紹介した。また、台風が通過し天候が回復した後に実施された光学衛星による観測で、浸水範囲や斜面崩壊箇所が把握され、緊急・応急対応のための初動情報としての有効性が確認されたことを報告している³⁾。

以上のように、豪雨災害や土砂災害時の情報収集手段として航空機撮影が実施され、その有効性は今後も続くと考えられる。一方、天候障害時の対応、広域被害への対応などを考慮すると、複数の撮影・計測手法を駆使し相互補完的に情報を収集し、まずは被害概要を迅速に把握するための対応が求められる。SAR・光学衛星、航空機、ドローンなど各手法の特性を把握し、災害現場や現地状況を考慮しながら適した手法を選定あるいは組み合わせ、被災状況把握手法の多様化・多重化に対応しなければならない。

国土管理・コンサル部会では、災害特性に応じた最適な被災状況把握技術やその運用方法等について事例収集やそこから引き出される教訓をもとに改善検討などに取り組んでいる。

前述した令和元年東日本台風以降も毎年のように激甚な災害に見舞われてきているが、ここでは令和3年(2021年)、令和4年(2022年)に発生した災害を例に、被災状況把握技術とその多様化・多重化への対応について報告する。

3. 近年の災害時における被災状況把握

3.1 2021年7月梅雨前線に伴う大雨災害

3.1.1 災害概要(主に熱海市土石流災害)

本州の南海上に停滞していた梅雨前線は、7月に入って北上し、西日本から東日本にかけての広い範囲で大雨をもたらした。7月2日からは静岡県・神奈川県をはじめとした地域で記録的な豪雨となり、3日午前には熱海市伊豆山地区を襲う土石流が発生するなど、各地で水害や土砂災害が起り大きな被害を受けた。

この災害で、被災状況調査のため、各社が様々なセンサにより自主的な撮影・計測・解析を実施している。多様なセンサが災害調査にどう適用されるのか、事例を挙げて記述する。

3.1.2 気象概要

6月30日0時から7月3日24時までの期間降水量の分布図を図1に示す⁴⁾。神奈川・静岡県境付近に特に集中しており、箱根町では830.5mmを記録している。熱海市(網代)では432.5mmの降水量となり、伊豆山地区で土石流が発生した7月3日午前には降雨のピークがみられる(図2)。

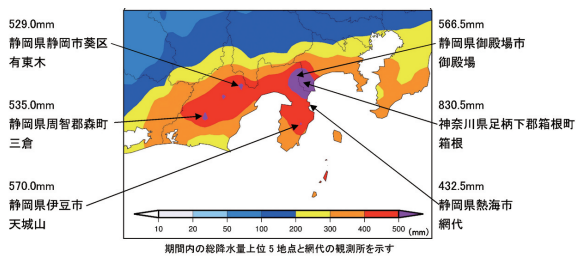


図1 期間降水量分布図(6/30~7/3)⁴⁾

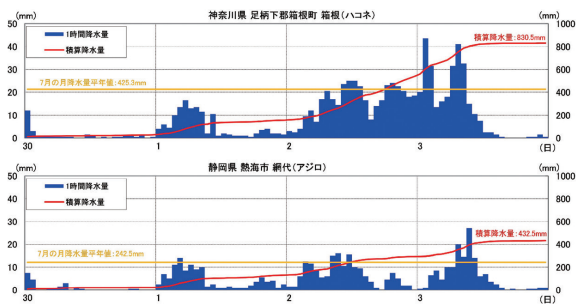


図2 降水量時系列図⁴⁾

3.1.3 航空機による斜め写真撮影

災害時に航空機による斜め写真撮影は機動性が高く、航測会社が多くの実績を有する手法である。この災害においても各社が航空機により被災状況の斜め撮影を実施した。

図3は7月5日・6日に撮影した斜め写真の事例である⁵⁾。特に注目を集めていた熱海市伊豆山地区は、市街地における氾濫域と上流の崩壊地の撮影が実施された他、各地で発生した橋梁被害、河川被害、土砂災害などが撮影されている。有人航空機はその機動性の高さから

複数・多種類の被災状況の撮影が可能で、県を跨ぐ災害にも適用される。航空機からの撮影は、地上からの観察では得にくい情報も得られることが多く、俯瞰的な画像となる斜め写真は直観的な被災状況把握に役立つものといえる。



図3 航空機による被災状況の斜め写真例⁵⁾

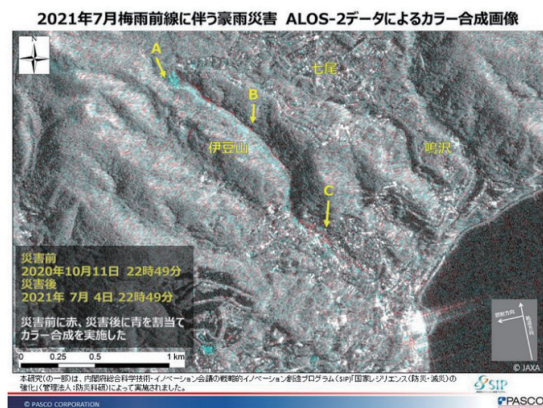
3.1.4 衛星による画像観測

近年、人工衛星撮影の地上分解能が向上し、災害時に適用される機会も増えている。人工衛星撮影の最大の特徴は、宇宙空間からの広域把握といえるであろう。増加傾向にあると言われる広域災害には、最適の情報収集手段となる。

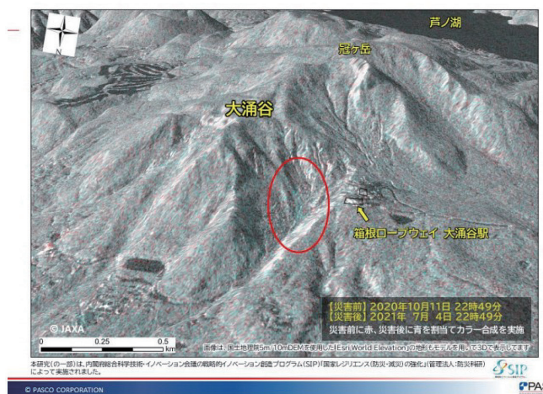
衛星に搭載されるセンサは、光学センサと合成開口レーダ (SAR) センサがあり、後者は太陽光を不要とし雲を透過するマイクロ波を用いるため、夜間や悪天候にも適用可能である。

この災害では、7月4日23時にSAR衛星ALOS-2により広域撮影が実施された。災害前のデータ (2020年10月11日) と併せてそれぞれの後方散乱強度をカラー合成することにより、地表の変化状況を知ることができる。

図4 (a) は、熱海市伊豆山周辺を拡大した画像であり、災害前の後方散乱強度を赤、災害後を青に割当ててカラー合成している⁵⁾。変化範囲が赤色あるいは青色で強調されており、崩壊源頭部 (図中A) から土石流流送区間 (図中B)、市街地での氾濫範囲 (図中C) がどの程度かを認識することができる。図4 (b) は、同時撮影された神奈川県箱根町大涌谷周辺の画像である。地形が理解しやすいように既存DEMデータを用いて鳥瞰図表現にしている。大涌谷右岸斜面で発生した崩壊は、土砂が谷底部の流路工や温泉施設まで達し、堰堤堆砂域で停止しており、SAR画像でその様子を認識することができる。



(a) 熱海市伊豆山付近の SAR カラー合成画像



(b) 箱根町大涌谷付近の SAR カラー合成画像

図4 被災状況の合成開口レーダ画像例⁵⁾

3.1.5 航空レーザ計測

航空レーザ計測は、航空機から発出されるレーザ光により、地表および地物の位置を多数の点群として3次元的に捉える技術である。土

砂災害などでは、山地域での崩壊、溪流部の侵食・土砂流下、下流部での土砂堆積・氾濫などの現象が起こる。航空レーザ計測は、空中写真測量に比べて機動性でやや課題があるが、土砂移動状況の正確な把握に優れた技術である。

本災害において、熱海市伊豆山土石流発生地での航空レーザ計測実施の例を紹介する。計測は当該地の雲の影響が少なくなった7月6日に実施された。計測点密度は16点/m²として最下流から源頭部を含む流域2.78km²を計測範囲とした(上流側の一部エリアは曇天のため計測を断念した)。計測結果のオリジナル点群データから手動フィルタリングを実施し、グラウンドデータ点群を生成した。本地域には、静岡県が2019年に実施した災害前のデータが存在し、G空間情報センターで公開されている。これら災害前後のレーザデータから50cmメッシュの地盤高を生成し、2時期差分量を求めた。

差分データを用いて崩壊源頭部から流送部、市街地氾濫・堆積部に区分し、土砂移動状況进行分析し、土砂収支図(図5)を作成した⁵⁾。崩壊源頭部では約58,000m³の土砂流出発生、途中砂防堰堤での土砂捕捉があり、谷出口(市街地直上)からは約55,000m³の流出となり、市街地には約37,000m³の土砂が堆積していることが推察されている。

3.1.6 ドローンレーザ計測

ドローンは、ここ10年で最も社会に進出し今も開発の著しい技術の一つとして注目される。

測量分野でも、カメラを搭載したマルチコプターによる撮影・地図作成から、レーザ機器を搭載して点群測量を行うドローンレーザ計測に展開しており、さらに固定翼タイプによる長距離・長時間作業の実現も見え始めている。

本災害では、被災地の地元会社である(株)ウインディーネットワークがドローンによるレー

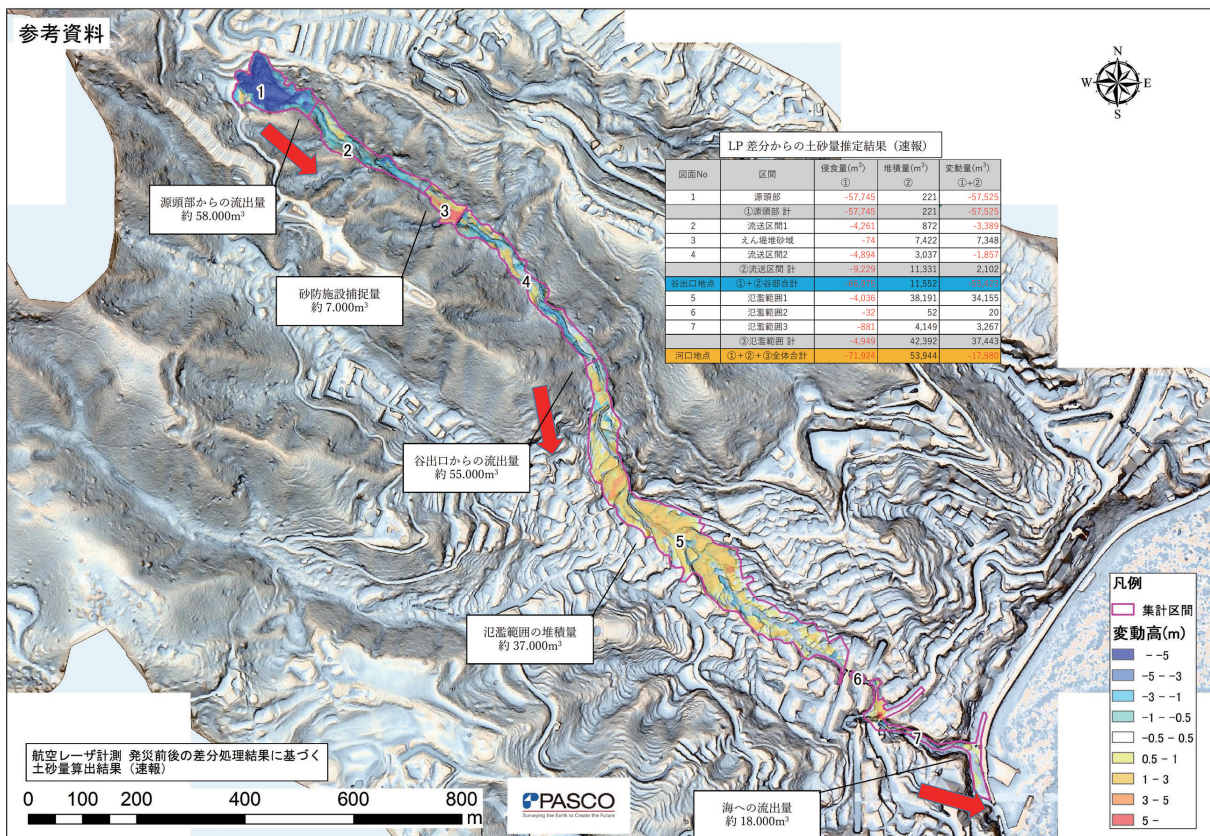


図5 熱海市伊豆山地区における航空レーザ計測による土砂収支図⁵⁾

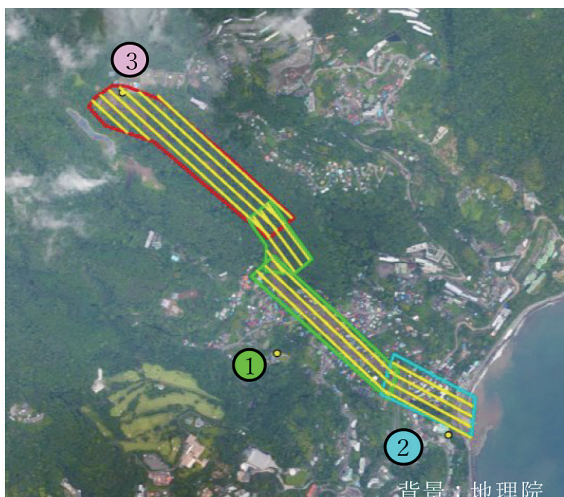


図6 ドローンレーザ計測の飛行コース

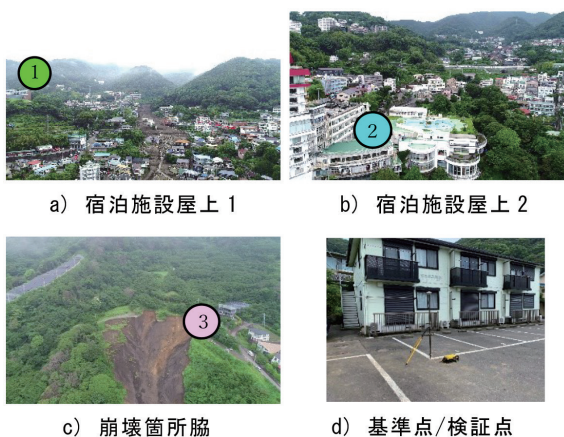


図7 計測作業地点および基準点

ザ計測を自主的に実施している。使用機材は、LiDARはアミューズワンセルフ社製TDOT Green、ドローンはDJI社製Matrice 600 Proである。フライトは、斜面傾斜に沿って対地高度75m、操作上の関係で上流・中流・下流の3地区に分けて飛行計画を立案している(図6)。それぞれ有視界操縦が可能な宿泊施設屋上などを抽出して使用許可をもらい、計測作業地点(ドローン離発着所)を設けて実施した。基準点/検証点は、対空標識+路面上の白線とした(図7)。なお、飛行経路の安全性確保のため、事前に小型ドローン機でテストフライトを実施している。

ドローンレーザ計測は7月5～6日の2日間で実施され、計測が終了し帰社した後、直ちに計



図8 ドローン撮影のオルソ画像例



図9 ドローン計測による3次元表示例

算処理を実施して、オルソ画像、3次元データ、既存レーザデータとの差分データ等を生成した。これらのデータは、応急対応実施中の静岡県に提供されている(図8、図9)。

撮影された画像、3次元点群データは非常に精細で、災害発生初期において踏査困難なエリアの状況をも把握することができ、緊急・応急対応時に大変に有用な情報となった。

一方で、ドローン撮影・計測における機体・作業員および周辺への安全確保や、災害対応への即応を可能とする作業組織・体制を要するなどの課題も挙げられる。

3.1.7 各種撮影・計測のタイムライン比較

本災害で、様々な撮影・計測手段が用いられており、これらの作業実施に関する時系列的な流れを対応機関ごとに整理した(表1)。なお、災害時の撮影等は、特に風水害の場合、気象・天候条件の影響を大きく受けることから、すべ

表1 2021年7月梅雨前線豪雨災害における撮影・計測機関のタイムライン(例)

月日	ドローン計測： (株) ウインディーネットワーク	斜め写真撮影 航空レーザ計測：(株) パスコ	合成開口レーダ： JAXA	斜め写真撮影他： 国土地理院 (HP調べ)
7/1 (木)	6:50 避難指示 (下田市)			
7/3 (土)	発災 (熱海市伊豆山土石流災害、平塚市河川氾濫、三島市・沼津市黄瀬川被害 等)			
7/4 (日)	計測計画	10時頃 光学衛星撮影 (雲多)	22:49 ALOS-2撮影	-
7/5 (月)	離発着地点調査 ドローン計測	斜め写真撮影	-	斜め写真撮影
7/6 (火)	ドローン計測 データ処理	斜め写真撮影 航空レーザ計測	-	UAV調査 垂直写真撮影
7/7 (水)	データ提供	データ処理	-	-
7/8 (木)	-	差分解析図提供	-	-

での災害対応において常に同様の作業順となるものではないことに留意する必要がある。

本災害では、梅雨前線の活発化は7月1日から始まり、(株) ウインディーネットワーク本拠地の静岡県下田市もこの時点で土砂災害警戒情報・避難指示が発出され、その後、熱海市伊豆山土石流災害は3日の10時30分頃に発生している。翌4日は雲に覆われ悪天候が続いており、各機関とも航空機による撮影は見送られた。一方、衛星撮影は4日に実施され、光学衛星は雲が多くデータ活用が困難であったが、合成開口レーダは悪天候下でも地表観測が可能であり、災害概観を捉えるのに効果をあげている。

7月5日は、天候が回復し航空機撮影が可能となり、各社で斜め写真撮影が行われ、撮影した斜め写真は当日のうちに関係機関に提供されるとともに、各社ホームページで公開している。

ドローン計測も5日に着手されたが、離発着地点調査など現地作業が必要なこと、被災範囲がドローンにとっては広いこともあり(海岸から源頭部まで約2km、標高差390m)、計測作業は2日間に及んだ。一方、航空レーザ計測は6日に着手し、同日に計測完了(計測時間は1時間弱)となった。データ処理は、ドローン計測が計測完了翌日の7日に完了し、関係機関への情報提供を実現したのに対して、航空レーザ計

測はプラス1日の作業時間を要し、8日に関係機関への情報提供を行っている。

複数の撮影・計測手法による情報収集は、それぞれの特徴(即時性、詳細性など)を活かした情報取得・提供がなされることが理想である。実際には災害時の天候条件や他の要件で複数の手法による撮影・計測の輻輳、あるいは未実施による情報空白の発生が起こりうる。一方で時間を追って変化する事象に複数の撮影・計測手法でうまく対応することができ、奏功することもある。撮影・計測手法の多様化は今後も進展させ、それぞれの特性を活かしながら柔軟に対応していくことが望ましいと考えられる。

上空からの撮影・計測手法が多様化・多重化する中で、円滑に作業するためには関係機関での情報共有や安全確保の課題も発生する。このような課題解決に当たるとともに、災害時に求められる情報解析・データ提供の迅速化への取り組みも望まれる。

3.1.8 被災後の現地確認

国土管理・コンサル部会では、2022年11月28日に熱海市伊豆山土石流災害現場を視察し、災害から1年以上経過した現地の状況を確認した。現地視察に当たっては、株式会社フジヤマ様に関係機関との事前調整や当日の現地案内

をしていただいた。

視察では、逢初川（アイゾメガワ）の源頭部における崩壊箇所を目の当たりにしたが、すでに植生が繁茂し、土石流発生後に報道された崩落斜面がむき出しになった姿とは異なる様相を呈していた。源頭部では盛土部分がすべて崩壊したわけではなく、残っている部分も含めて今後の工事で撤去していくとのことであった。

その後、逢初川沿川の被害状況を視察した。被害の中心部は工事中のため立入禁止になっていたが、沿川斜面から遠巻きに観察することができ、また道路沿線の一部については建物や構造物の被災状況を直に確認することができた。3階部分の壁にまで土石流の跡が残っている建物や、土石流の力によって変形した排水溝のグレーチングなどを見学し、改めて被害の甚大さ、土石流の威力の凄まじさを実感することができた。現地では土砂を運ぶ大型トラックと頻繁にすれ違うなど復旧工事真っ只中という感じであり、被害の大きさに加え、復旧にかかる時間・労力の大きさにも思いを巡らせることとなった。

災害発生後の情報を迅速に把握し、関係機関に提供して防災・減災につなげていくことに加えて、災害現場での復旧過程やモニタリングにおける空間情報技術の活用、平常時から3次元空間情報を活用することで危険箇所の抽出や災害の予兆を把握したり、避難計画や防災教育つなげていくことなど、国土管理・コンサル部会としての役割やその重要性を再認識する機会となった。

3.2 2022年7月豪雨災害（主に宮城県北部）

3.2.1 災害概要

2022年は6月末に気象庁より一旦梅雨明け（速報値）が発表されたが、7月15日には梅雨前線に類似した日本を縦断する前線・低気圧の影響で大気の状態が不安定となり、15～16日にかけて

特に宮城県北部で記録的な大雨となった。この大雨により、一級河川鳴瀬川水系名蓋川（ナブタガワ）、一級河川北上川水系出来川（デキガワ）の2河川4箇所で堤防が決壊し、また二級河川高城川水系鶴田川（ツルタガワ）が氾濫するなど広域的に浸水被害や土砂災害が発生した。

3.2.2 気象概要

7月15日0時から16日24時までのアメダス降水量（48時間積算）の分布図を図10に示す⁶⁾。降雨は宮城県北部に集中しており、大崎市古川 259.5mm、栗原市築館 226.0mmとなり、いずれも観測史上1位を更新するなど記録的な降雨量となった。

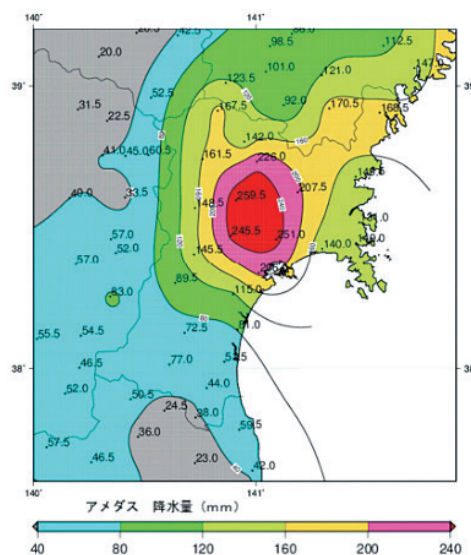


図10 アメダス降水量（48時間積算）
7月15日00時～7月16日24時⁶⁾

3.2.3 航空機による斜め写真撮影

本災害において、各航空測量会社が被災状況の斜め写真撮影を実施している。

図11は二級河川高城川水系鶴田川沿川（大崎市鹿島台大迫付近）で7月18日10時40分頃に撮影した斜め写真画像である⁷⁾。鶴田川の出水状況及び左岸側で広範囲に浸水被害が発生していることがわかる。なお、天候等の影響で浸水被害発生時に直ちに航空機を飛ばすことができず、近傍の水位観測所データ（鹿島台）



図11 斜め写真による浸水状況把握
(二級河川高城川水系鶴田川沿川)⁷⁾

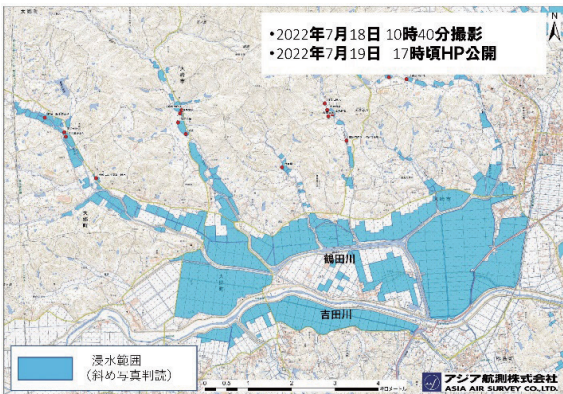


図12 斜め写真からの浸水範囲判読結果
(二級河川高城川水系鶴田川沿川)⁷⁾

によると、洪水ピークは16日の8時頃であったことから、斜め写真撮影は洪水ピークから約50時間後に実施されたことになる。

さらに、撮影した斜め写真画像から浸水範囲を判読し、その結果を「浸水範囲判読図」として整理した。図12に作成した「浸水範囲判読図」を示す⁷⁾。斜め写真の撮影が7月18日10時40分頃で、一連区間の撮影が終了し、航空機が着陸して撮影画像データを受け取った後、当日中にホームページに掲載するとともに、目視による判読作業を並行して実施し、翌19日17時頃に「浸水範囲判読図」としてホームページに掲載している。

3.2.4 衛星による画像観測

本災害では、JAXA(宇宙航空研究開発機構)により、7月16日11時35分及び7月17日22時50分

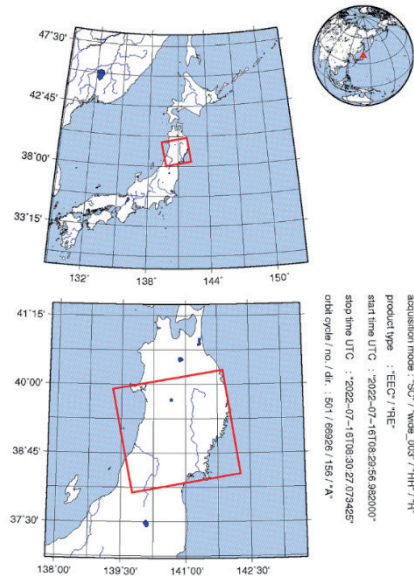


図13 SAR衛星TerraSAR-Xの観測範囲⁵⁾

SAR衛星画像観測 (TerraSAR-Xシリーズ 2時期差分画像)

2022年7月16日17時29分観測(アーカイブは2020年11月29日)

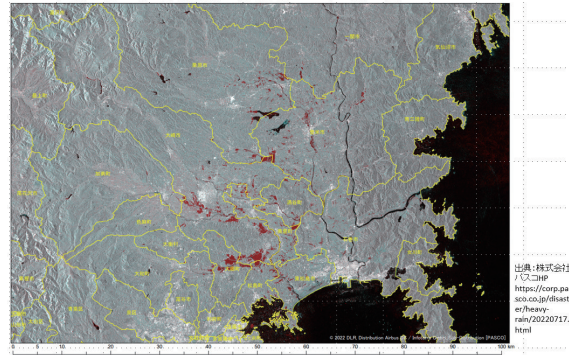


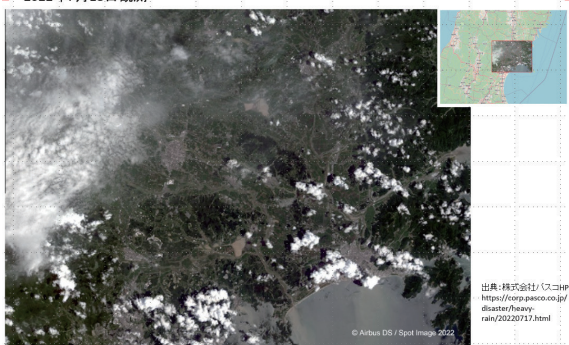
図14 宮城県大崎市付近のSAR衛星カラー合成画像
(災害前後の2時期差分)⁵⁾

にSAR衛星ALOS-2の観測が実施されている。また民間によるSAR衛星TerraSAR-Xの観測(7月16日 17時29分)も実施された。本災害前の観測データ(2020年11月29日)と併せてそれぞれの後方散乱強度をカラー合成することにより、地表の変化状況を知ることができる。図13はTerraSAR-Xの観測範囲、図14は浸水被害が発生した宮城県大崎市周辺を拡大した合成画像であり、赤い範囲が浸水等の範囲を示している⁵⁾。

なお、民間の光学衛星による観測も実施されているが天候等の影響から、航空機による斜め写真撮影と同じく浸水被害発生2日後の7月18日に観測が実施されている。分解能1.5mの

光学衛星画像観測 (SPOT 1.5m)

2022年7月18日観測

図15 光学衛星SPOTによる観測画像⁵⁾

SPOT (図15) のほか、分解能30cmの高分解能衛星Pléiades Neoによる観測⁵⁾も実施されている。

3.2.5 SNS投稿画像からの解析

近年、災害時において、SNSを通じて一般住民から投稿される膨大な災害情報がリアルタイムに集約され、AI技術を活用し、災害が発生している場所の特定や、画像解析技術によりその影響範囲を推定する技術が確立され、災害時の迅速な状況確認や適切な初動対応に活用されている。

本災害においても、複数地点のSNS投稿画像をもとに、その周辺の浸水範囲が推定され、(株) Specteeにより「浸水範囲推定図」が作成されている⁸⁾。

図16は実際にSNSで投稿された画像例であ

図16 SNS投稿画像例⁹⁾

り⁹⁾、図17は投稿画像から作成した二級河川高城川水系鶴田川沿川の「浸水範囲推定図」である⁸⁾。なお、当該範囲において、SNS画像の投稿地点は2箇所で、その画像から撮影位置をAI技術により特定するとともに、画像に写っている浸水状況から浸水位を推定し、国土地理院から公開されている数値地図5mメッシュ(標高)をベースとした地形情報から浸水範囲を設定して「浸水範囲推定図」を作成している。なお、本稿では、国土地理院が大規模水害時に公表している、浸水深を色の濃淡で示した「浸水推定図」と区別するために、「浸水範囲推定図」と表現している。国土地理院が公表する「浸水推定図」は、航空機から撮影された画像等に加え、SNS画像、標高データなどの情報を組み合わせて作成しているが、本稿における(株) Specteeによる「浸水範囲推定図」は、SNS画像、標高データのみから作成したものである。航空機からの撮影画像は使用していないが、SNS画像および標高データから浸水範囲を作成する部分は基本的に同じ技術である。

宮城北部豪雨では前述の通り鶴田川の洪水ピークは7月16日の8時頃であったが、最初にSNS画像が投稿されたのが4時44分と洪水ピーク前から情報が発信されており、その後、462回にわたって時々刻々と変化する大雨状況に関する投稿が続いた。洪水ピーク時含め時系列的な投稿や複数地点での投稿があれば、実際の浸水範囲をより正確に捉えることが可能と考えられる。SNS投稿画像から浸水範囲を推定するのに要する時間は、撮影位置特定後、10数分程度であり、画像がタイムリーに提供されれば、リアルタイム性に非常に優れた情報となり、迅速な被災状況把握に威力を発揮すると考えられる。

このSNS投稿画像からの「浸水範囲推定図」と、前述の航空機による斜め写真からの「浸水範囲判読図」について、両者の重ね合わせを

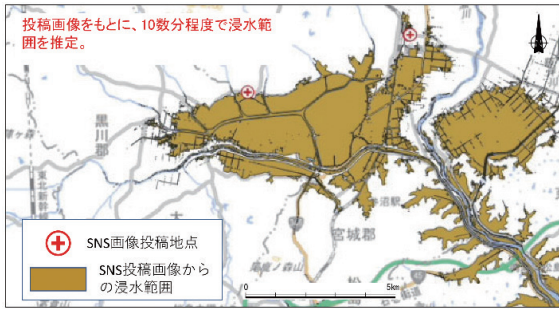


図17 SNS投稿画像から作成した浸水範囲推定図
(二級河川高城川水系鶴田川沿川)⁸⁾

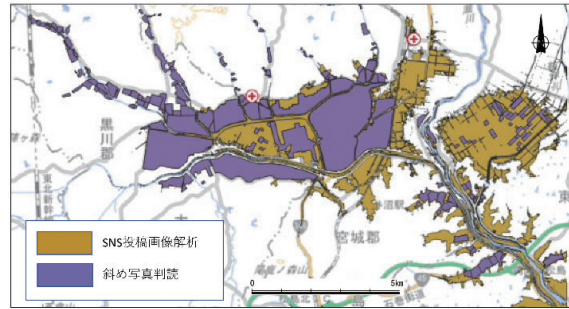


図18 「SNS 投稿画像からの浸水範囲推定図」と「航空機による斜め写真からの浸水範囲判読図」の重ね合わせ図

行い、比較検証を行った(図18)。両者とも深さ情報は持っていないが、浸水範囲についてかなりの部分で合致していることがわかる。

比較する際の前提条件として、SNS画像については投稿された時点の画像情報から浸水範囲を解析し、浸水範囲を推定している。それに対し、航空機による斜め写真は、洪水ピークの2日後に撮影された情報をもとに作成しており、氾濫水がある程度引いた状況における画像情報から判読したものである。ただし、写真画像から、実際に浸水が確認できる範囲に加え、目視判読作業の中で、洪水痕跡や、この範囲までは浸水していたであろうと推定される範囲も浸水範囲として含めている。

また、SNS投稿画像からの浸水範囲は、撮影地点の情報をもとに、5mメッシュ(標高)の地形モデルからある一定のロジックで推定したものであり、例えば細かい起伏や、道路盛土や田んぼの畦道などの人工構造物が浸水範囲に及ぼす影響が反映しきれないなど、留意しなければならない点がある。

このように留意すべき事項はあるものの、両者はおおむね一致しており、SNS投稿画像の有効性が確認できる。

災害直後に航空機を飛ばすことができれば、広範囲の情報を効率よく取得することができる一方、天候などの影響でタイミングよく航空機を飛ばすことが難しい場面もあることを考えると、一般住民からのSNS投稿画像は、そのリアルタ

イム性の高さから、災害時における迅速な状況確認手法として効果的であり、投稿のタイミングにもよるが、被害発生時や洪水ピーク時、そして水が引いた後の被災後の状況まで時系列的に情報の把握が可能で、被災現場での時々刻々と変化する状況を確認できるメリットがある。また、航空機の運航が困難な夜間の情報収集手段としても効果的である。それらの特徴を活かして、従来の航空機による情報収集と相互補完的に活用していくことが有効と考えられる。

また、災害時に航空写真撮影を実施する際、どの場所で何が起きているのかを事前に把握し、撮影範囲・手法を決めることになるが、現地情報はテレビやインターネットなどの報道から得ることがほとんどであり、情報収集に時間を要したり、必要な情報が得られない場合などがある。SNS投稿画像は、現地の被災状況をいち早く確認でき、航空写真撮影範囲を設定する際の基礎資料として活用するなど、迅速かつ的確な飛行計画立案にも有効と考えられる。

3.2.6 各種撮影・計測のタイムライン比較

本災害における各機関における時系列的な対応の流れを整理した(表2)。浸水発生は7月16日早朝で、4時44分にSNS画像が投稿され、その情報から「浸水範囲推定図」が作成されている。天候の影響で航空機や光学衛星が活用できない中、同日の17時29分にSAR衛星による観測が実施され、翌日には2時期差分によ

表2 2022年7月前線に伴う大雨災害における撮影・計測機関のタイムライン(例)

月日	斜め写真撮影: アジア航測(株)	SNS情報: (株) Spectee	合成開口レーダ: (株) パスコ	光学衛星: (株) パスコ
7/16(土)	4:15 避難指示、5:57頃 名蓋川決壊との情報、6:30 緊急安全確保			
同日	天候待機	4:44 SNS投稿画像 浸水範囲推定図作成	17:29 TerraSAR-X シリーズ撮影	-
7/17(日)	天候待機	-	データ提供	-
7/18(月)	10:40 斜め写真撮影 当日中にデータ提供、ホームページに掲載	-	-	10:16 SPOT撮影 データ提供
7/19(火)	17時頃 浸水範囲判読図をホームページに掲載	-	-	-

り浸水範囲の解析結果が公開されている。航空機及び光学衛星による観測は天候等の影響から発災2日後の7月18日となり、観測及び解析結果については観測当日に提供され、斜め写真からの「浸水範囲判読図」は翌19日に公開されている。河川水位(鹿島台観測所)と各種撮影・計測タイミングの関係を図19に示す。

早朝の災害発生であったが、SNS投稿による情報のリアルタイム性、雲の影響を受けないSAR衛星の強みなど、それぞれの手法の特性を活かした被災状況の把握が行われた。

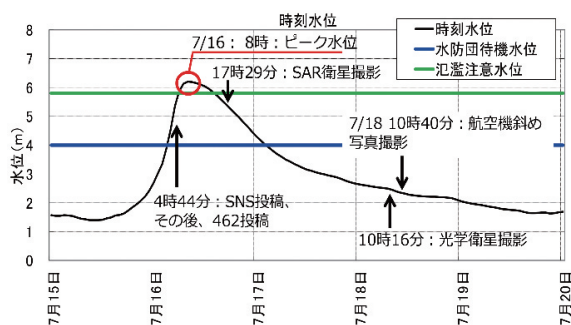


図19 河川水位と災害情報取得タイミング

4. おわりに

災害時の迅速な情報収集は、状況把握や、的確な初動を行う上で不可欠である。情報収集技術は、近年のセンシング技術の向上や、データ伝送技術・処理技術の高速化などと相まって、飛躍的な向上を見せている。

航空写真による斜め撮影や航空レーザ計測は、災害時の迅速な情報収集手段として有効で、多くの実績を有する一方、天候の影響を受

けやすく、適切なタイミングで撮影・計測できないなど運用面での課題があった。

本稿では2021年熱海市土石流災害において、ドローンにより河口部から源頭部までレーザ計測を実施し、比較的広範囲の被災状況を把握した事例を紹介し、天候回復が思わしくなく、航空レーザ計測が実施できない状況でも、ドローンレーザ計測の活用が実用レベルにあることを示した。また、本稿では紹介できなかったが、地震などの広域災害において、回転翼タイプのドローンでは全域の状況把握に相当の時間を要する範囲において、固定翼ドローンを活用することで被災状況を迅速に収集・解析した事例も出てきている。災害時におけるドローンの有効活用事例が増えてきている一方、改正航空法への対応や作業員の安全確保など運用面で留意しなければならない問題も多々あるが、国土管理・コンサル部会のサブワーキンググループである「ドローンワーキンググループ」の中で、災害時におけるドローン活用の課題や対応策などを検討するとともに、マニュアル化も進めており、今後も現場実装に向けた取り組みを継続していきたいと考えている。

また、近年、計測技術やデータ処理・解析技術の向上とその社会実装の動きが加速化し、例えば内閣府のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)では、被災状況解析・共有システム開発の中で、衛星コンステレーションを活用し、被災状況の解析を大幅に短縮し、災害時の迅

速な初動実現に向けた技術開発を行っている。

さらに取得データを、G空間情報センターなどに登録・蓄積することで、過去データを容易に入手可能となり、データのオープン化やデータ流通が促進される環境も整備されている。

このような状況を踏まえ、現地で何が起きているのか、災害の種類や規模、当日の天候状況などを考慮して、SNS投稿画像を含めて様々な手法・技術を駆使していち早く情報を収集・解析する仕組みや運用方法の確立が求められている。国土管理・コンサル部会においても、災害時の初動に役立つ情報を収集し、国土強靱化に資する技術を体系的に整理するとともに、現場に実装すべく今後も積極的に取り組んでいきたい。

なお、本報告については、日本測量調査技術協会ホームページにも掲載しているので、合わせて参照いただきたい。

■参考文献

- 1) 北野智也・甲斐健司・平川泰之・園田晋平・那須裕司・葛島明人・伊藤友和・嶋田茂樹・森力・阿部正雄・田中憲治・柴田俊彦・下村博之・小林浩：平成29年7月九州北部豪雨における緊急撮影対応，先端測量技術111号，pp.110-120，2018.
- 2) 小林浩・北市将平・伴野弘幸・今井靖晃・佐藤潤・下村博之・木村了三・平松多光男・大山容一・安田岩夫：頻発した2018年災害における空間情報取得と活用，先端測量技術113号，web詳細版，https://sokugikyo.or.jp/pdf/apa113_2020_01/113-13w.pdf，2020.
- 3) 鈴田裕三・平松多光男・本多正人・大山容一・猿谷享子・永井麻由佳・伴野弘幸・安田岩夫・下村博之：令和元年房総半島台風・東日本台風における空間情報技術の適用，先端測量技術114号，web詳細版，https://sokugikyo.or.jp/pdf/apa114_2021_01/114-07-3.pdf，2021.
- 4) 気象庁（2021）：7月1日から3日の東海地方・関東地方南部を中心とした大雨。https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2021/20210708/jyun_sokuji20210701-0703.pdf.
- 5) 株式会社パスコ（2021）：ホームページ，<https://corp.pasco.co.jp/disaster/heavy-rain/20210704.html>
<https://corp.pasco.co.jp/disaster/heavy-rain/20220717.html>
- 6) 気象庁仙台管区气象台（2022）：宮城県災害時気象資料（令和4年7月15日～17日），<https://www.jma-net.go.jp/sendai/data/saigai/siryou/20220722miyagi.pdf>
- 7) アジア航測株式会社（2022）：ホームページ，https://www.ajiko.co.jp/news_detail/1292
- 8) 株式会社Spectee（2022）：ホームページ，<https://spectee.co.jp/>
- 9) Twitter（現X）：<https://twitter.com/ypfmiyagi/status/1548030834363420673>

■執筆者

国土管理・コンサル部会

中村 明彦（なかむら あきひこ）

アジア航測株式会社

小林 雅弘（こばやし まさひろ）

アジア航測株式会社

下村 博之（しもむら ひろゆき）

株式会社パスコ

吉川 和男（よしかわ かずお）

株式会社パスコ

有賀 夏希（ありが なつき）

株式会社東京地図研究社

岩井 清彦（いわい きよひこ）

株式会社Spectee

阪本 真吾（さかもと しんご）

株式会社ウインディーネットワーク