

## 平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害の緊急撮影活動 Aerial photography of Northern Kyushu Heavy Rainfall Disaster in July 2017

### 基本図情報部 災害対策班 National Mapping Department Countermeasures Group

#### 要 旨

平成29年7月九州北部豪雨では、堤防の決壊や河道閉塞のほか、土石流や地すべりなど土砂災害が発生し、橋梁流失や路肩崩壊等の甚大な被害が生じた。

国土地理院は、災害対策基本法（昭和36年法律第223号）における指定行政機関であり、責務として「災害に関する情報の収集及び伝達に努めなければならない」とされている。また、中央防災会議によって作成された防災基本計画（平成28年5月）において、国土地理院の役割は「航空機等による目視、撮影等による情報収集を行うもの」、「画像情報の利用による被害規模の把握を行うもの」とされている。

このように国土地理院は、災害時における被災情報の収集の役割を担っている。九州北部豪雨による被害に関して基本図情報部では、従前の災害対応と同様に測量用航空機を用いて緊急撮影を行うとともに、新たな試みとして地方整備局の災害対策用ヘリコプターが撮影した画像による正射画像や3Dモデルの作成を実施した。本稿ではその取組について報告する。

このほか、国土地理院が現地に派遣したUAV撮影チームに基本図情報部からも職員が参加し、緊急撮影を実施したため、併せて報告する。

#### 1. はじめに

基本図情報部では、九州北部豪雨に対する災害対応として、災害対策における必要な事項を定めた「基本図情報部災害対策実施要領」に基づき、基本図情報部災害対策班（以下「部災対班」という。）を設置した。部災対班は、国土地理院災害対策本部（以下「災対本部」という。）と同時に設置され、企画部防災担当をはじめとする国土地理院内の関連部署と連絡・調整をしつつ、被災情報の収集や緊急撮影の要否に関わる情報の収集及び連絡・調整等、初期対応を行った。

また、部災対班の下に測量調査チームを編成し、緊急撮影による空中写真、オルソ画像の作成等、各チームの作業を直ちに開始した（表-1）。

#### 2. 測量用航空機による緊急撮影

今回の測量用航空機による緊急撮影においては、撮影地区を選定するにあたり、被害報告等を基に被

表-1 災害時に編成する測量調査チーム

チーム名	対応業務
撮影チーム (直営)	くにかぜⅢによる空中写真撮影を実施する。
撮影チーム (外注)	外注による空中写真撮影が実施される場合に設計・積算及び監督・検査を実施する。
撮影データ 運搬チーム	くにかぜⅢにより撮影した空中写真データの伝送が不可能な場合などに、データ格納媒体の運搬に当たる。
閲覧用データ 作成チーム	緊急撮影で得られた空中写真等を基に、公開閲覧に必要な標定図及び画像データ等の作成に当たる。
リモセン・ オルソチーム	緊急撮影で得られた空中写真から正射画像等の作成に当たる。
ホームページ チーム	ホームページに空中写真等を掲載するためのデータ作成に当たる。

害の著しい地域を選定するとともに、企画部防災担当を通じ、関係機関に対し、空中写真撮影に係る要望調査を実施した。調査の結果、国土交通省砂防部及び九州地方整備局から回答があり、その要望を踏まえ被災地域を網羅するよう撮影範囲を決定した。

垂直写真の撮影範囲は、被害の全容を把握するため広範囲の面を設定し、その中で山腹崩壊や河川の氾濫等の特に被害の著しい箇所については、速報性を重視した斜め写真のコースを設定した。

国土地理院は、測量用航空機として「くにかぜⅢ」を保有し災害発生時には緊急撮影を実施しているが、「くにかぜⅢ」では対応が困難な場合や何らかの理由により「くにかぜⅢ」が緊急撮影に使用できない状況に備え、（公財）日本測量調査技術協会（以下「測技協」という。）との間に「災害時における緊急撮影に関する協定」（以下「協定」という。）を平成17年3月31日に締結している。

発災当時は「くにかぜⅢ」が定期点検中であったため、協定に基づき、斜め写真撮影1地区（福岡・大分地区）、垂直写真撮影2地区（朝倉地区、東峰地区）の緊急撮影対応可能会社の調査を測技協へ要請した。調査要請に対し、3地区とも対応可能な航測会社があり、7月6日に緊急撮影を依頼した。

## 2.1 斜め写真撮影

緊急撮影における斜め写真撮影は、航空機の窓から飛行方向に対してほぼ直角にデジタル一眼レフカメラを向けて行うこととし、撮影する写真については、被災箇所の見逃しを考慮し、各写真をある程度重複させた連続写真を撮影するものとした。撮影コースについては、山腹崩壊や流木が堆積した箇所が網羅されるよう多くは谷沿いに被災箇所を挟むかたちで両側から撮影を行うように設定した。

設定した斜め写真の撮影コースは、図-1 のとおりである。被災箇所が多数に上ったことでコース数も多くなっている。

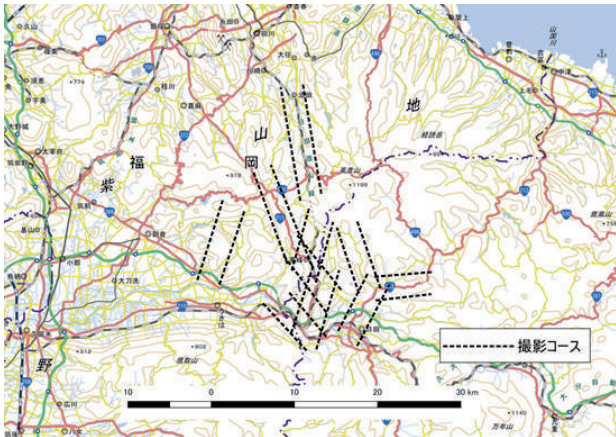


図-1 緊急撮影実施区域図（斜め写真）

今回の斜め写真撮影は、7月6日の契約後直ちに撮影準備に着手させたが、停滞した梅雨前線の影響による天候不良が続き、7月11日に一部を撮影するまで実施に至らなかった。

撮影の実施にあたっては、35mm レンズを用いて撮影高度約1,000～1,400m から80%程度のオーバーラップを持たせて連続的に撮影するとともに、後続の写真判読による被災状況の特定作業を効率化するため、位置情報及び撮影方位の記録も行っている。

7月11日に未撮影のコースについては、12日、13日と連続して撮影を実施させ、計画した全てのコースの撮影を完了した。

斜め写真の撮影日、撮影枚数は表-2 のとおりである。

表-2 緊急撮影（斜め写真）の撮影日、撮影枚数等

地区名及び受注会社	撮影日	撮影枚数
福岡・大分地区 (株) ウェスコ	2017年7月11日	71枚
	2017年7月12日	240枚
	2017年7月13日	843枚
	計	1,154枚

撮影した写真については、測量調査チームにおい

て閲覧用データ作成など後続作業を遅滞なく行い、関係機関に提供するとともに、国土地理院ホームページより公開した。撮影写真の例を図-2 に示す。



図-2 大分県日田市小野 山腹崩壊箇所の斜め写真

## 2.2 垂直写真撮影

垂直写真撮影については、速やかに撮影を完了するため、撮影地域を朝倉地区、東峰地区に分割し、7月6日の契約後両地区とも直ちに撮影準備に着手させた。

垂直写真撮影は、斜め写真撮影より撮影高度を高く設定しているため、天候の影響を受けやすく、撮影を実施できたのは両地区とも7月13日となった。

朝倉地区については、雲や雲影が写り込む写真もあったが、撮影地区全域の被災状況を概ね撮影できたため、13日に撮影した写真を採用し撮影を完了した。

東峰地区については、13日に全域を撮影したが、雲や雲影により被災状況が撮影されていない地域が撮影地区中央部に多かったため、部分的に再撮影を行うこととした。

7月14日以降も連日待機し撮影機会を伺ったが、その後も天候はなかなか回復せず、撮影を実施できたのは7月30日、31日となった。再撮影した写真にも一部に雲や雲影が写り込んでいたが、13日に撮影した写真と併せて撮影地区全域の被災状況を概ね撮影できたため、31日の撮影をもって完了した。

撮影した写真については、撮影の都度測量調査チームにおいて閲覧用データ作成など情報整備を速やかに行い、関係機関に提供するとともに、国土地理院ホームページより公開した。

垂直写真撮影を行った区域及び地区名は図-3、受注会社、撮影日及び撮影高度、撮影面積は表-3 のとおりである。また、いずれの地区も地上画素寸法は20cm となるよう撮影を行った。

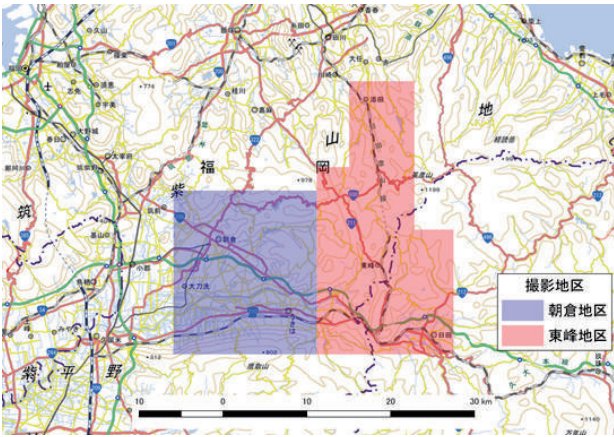


図-3 緊急撮影実施区域図（垂直写真）

表-3 緊急撮影（垂直写真）の撮影日，撮影面積等

地区名及び受注会社	撮影日及び撮影高度	撮影面積
朝倉地区 大成ジオテック（株）	2017年7月13日 2,350m	331 k m <sup>2</sup>
東峰地区 国際航業（株）	2017年7月13日 2017年7月30日 2017年7月31日 2,050m	405 k m <sup>2</sup>

正射画像は、垂直写真撮影開始後早期の13日に撮影された雲が写る画像のうち、地上の様子を視認できる部分を使用して作成し、関係機関に提供するとともに国土地理院ホームページから公開した。

なお、後日撮影された部分についても順次正射画像を作成し、公開等を行った。作成した正射画像の例を図-4に示す。



図-4 垂直写真から作成した正射画像  
（朝倉市赤谷川・乙石川合流部）

### 3. UAVによる被災状況の把握

測量用航空機による撮影は広範囲の被災状況を捉える有効な手段であるが、前述のとおり、豪雨災害では天候条件に恵まれずなかなか撮影が実施できな

いことがある。一方、UAVによる被災状況調査のための撮影は、測量用航空機による撮影が不可能な雨天時であっても降雨の合間を見計らって低空から撮影することが可能である。このため、被害が特に大きい地域などに範囲を絞りこむことにより、飛行時間の短いUAVを用いたとしても短時間で必要となる被災箇所の詳細を把握することが可能である。

今回の九州北部豪雨への災害対応にあたっては、国土地理院内のUAVを活用した横断的組織である「国土地理院ランドバード（以下「GSI-LB」という。）」を被害の著しい福岡県朝倉市、東峰村や大分県日田市に派遣し、UAVによって被災状況調査を行うことにより、発災後の早い段階において被災状況を把握することができた。

UAVによる撮影箇所は図-5及び表-4のとおりである。撮影には国土地理院で保有するマルチコプター型UAV（DJI社Phantom3 Professional）を用いた。



図-5 UAV撮影箇所

表-4 UAV撮影の実施状況

撮影日	撮影箇所
2017年 7月7日	大分県 日田市：花月川 福岡県 朝倉市：赤谷川，北川，奈良ヶ谷川
2017年 7月8日	福岡県 東峰村：大肥川 福岡県 朝倉市：妙見川，佐田川，黒川
2017年 7月13日	大分県 日田市：小野川

GSI-LBの第1回派遣では、7月6日から現地入りしたものの降雨のため撮影ができなかった。翌7日は、まず花月川に掛かるJR久大本線の日田－光岡間の鉄橋流出現場の撮影を実施した。続いて、朝倉市に移動し、杷木地区で発生した赤谷川の河川氾濫など被害の大きかった各河川の河道に沿って被災状況の動画撮影を行った。さらに、翌8日には、東峰村及び

朝倉市の土砂災害箇所動画撮影を行った。

現地では安全を確認しながら、高度15~30m程度の低空から撮影し、次の撮影場所へ移動中に車両から本院に携帯電話回線を用いて動画を伝送した。動画は関係機関に提供するとともに、国土地理院のホームページから公開した。動画は出典を国土地理院と明示することで、転載含め自由に使用できる条件としており、広く利活用が可能な利用形態とすることで各報道機関にも活用された。

撮影した動画の一部を切り出した画像を図-6に示す。



図-6 朝倉市赤谷川・乙石川合流部の UAV 動画の一部

また、翌週の7月13日の第2回の派遣では、関係機関からの調査に対する要請を踏まえ、発災直後は崩落規模が不明で2次災害の可能性を考慮して現地入りを見送っていた大分県日田市小野地区の山腹崩壊箇所の撮影を行った(図-7)。

撮影に際しては、崩壊の状況を詳細に記録した動画のほか、特徴的な箇所はより解像度の高い静止画も同時に撮影し、撮影後速やかに現地において関係機関に提供を行った。



図-7 日田市小野、崩壊上端部の UAV 動画の一部

#### 4. 災害対策用ヘリコプター撮影画像を用いた垂直写真・正射画像・3Dモデルの作成

##### 4.1 災害対策用ヘリコプターの活用

今回の災害対応では、2.2に記載のとおり天候不良のため垂直写真の撮影までに時間が掛かった。1日でも早く現地の被災状況を把握するため、雲より低

高度で飛行し現地の状況を迅速に把握できる地方整備局の災害対策用ヘリコプター(以下「災対ヘリ」という。)の撮影画像の活用を検討することとした。

##### 4.2 正射画像・3D動画の作成

従来、ヘリコプターから撮影された写真を使って正射画像や3次元モデルを作成する場合は、ヘリコプターが空港に着陸し搭乗者が事務所へ移動した後写真データを解析していたため、解析開始までに早くも数時間から半日程度の時間を要していた。宮地・大野(2015)は、災害後の現地状況をリアルタイムに把握する手法としてヘリ画像処理システムを開発した。このシステムは、災対ヘリより直接衛星通信で伝送された映像から静止画を切り出し、ヘリの撮影位置情報、既存のオルソ画像及びDEMを活用してリアルタイムにオルソ画像に変換し、統合災害情報システム(DiMAPS)上で地図と重ね合わせて表示することができる。また、このシステムでは、切り出された静止画がリアルタイムにシステムへ保管されるため、災対ヘリ着陸前から解析を開始できるメリットがある。一方、山林、水部(河川、湖沼、海岸、洪水時の湛水箇所等)などでは地物の輪郭抽出が困難なため、位置補正が困難となり、誤った位置に災対ヘリ画像が表示される場合がある(図-8黄色枠内)。また、災対ヘリに備え付けのアンテナが静止衛星からみて機体の影となって災対ヘリと静止衛星の間の通信が遮蔽される場合には、映像の解像度低下、映像の乱れや遮断等が発生する。特に映像のみ遮断されカメラ情報の伝送が遮断されていない場合、遮断される直前の停止した映像の静止画がそのまま続けて作成されるため、同じ静止画が連続してDiMAPS上に表示されてしまう場合がある。

そこで今回、ヘリ画像処理システムで取得された災対ヘリ映像から1秒間隔で切り出された静止画を用いてSfM-MVS(Structure from Motion- Multi View Stereo)技術(同一の対象物が写っている複数の視点からの画像を用い、カメラの位置・向きと撮影対象の3次元形状を同時に復元する技術)による解析を行い、より精度の高い正射画像の作成を行った。また、現地状況をわかりやすく情報提供するために、オルソ画像作成の過程で生成される3Dモデルを用いて3D動画の作成を行った。解析の手順を図-11に示す。今回は試験的に広範囲の飛行軌跡を収集するため、災対ヘリが福岡空港に着陸後、災対ヘリの飛行軌跡データ(図-9)を収集し、このデータから1秒毎の静止画の撮影位置のX, Y, Zの座標値を抽出し、SfM-MVS解析を行った。



図-8 ヘリ画像処理システムでリアルタイムに地図に重ねて表示される画像（大分県日田市小野地区）



図-10 1秒毎の静止画を用いて SfM-MVS 解析で作成した正射画像（大分県日田市小野地区）



図-9 1秒毎の静止画の撮影位置

ヘリ画像処理システムからデータを収集  
(飛行軌跡, 1秒間隔の静止画)

飛行軌跡データ → 1秒間隔の静止画  
(X,Y,Z座標を付与)

SfM-MVS解析

正射画像の出力  
3D動画の作成

図-11 作業の手順

図-10 に大分県日田市小野地区を対象に正射画像の作成を行った事例を示す. 解析には7月7日16:00~16:15間に防災ヘリが撮影した映像から切り出した1秒毎の静止画850枚の画像を使用し, SfM-MVS解析にはソフトウェアContextCapture Centerを用い, オルソ画像出力までの時間はトータルで約8時間だった(表-5). 図-10のSfM-MVS解析で作成した正射画像の方が, リアルタイムに地図に重ねて表示された画像(図-8)のように誤った位置に写真が反映されることなく, 斜面の状況が正しく表現できていることがわかる.

表-5 大分県日田市小野地区 SfM-MVS 解析概要

画像取得日時	7月7日16:00~16:15		
撮影ヘリコプター	はるかぜ号(九州地方整備局)		
画像枚数(形式)	850枚(jpg)		
画像サイズ(1画像)	1920×1080ピクセル, 0.93MB		
SfM-MVS 解析	使用ソフトウェア	ContextCapture Center (Acute3D)	
	解析準備	50分	約8時間
	空中三角測量	34分	
	3Dメッシュ作成	5時間17分	
	動画作成	30分	
	オルソ出力 (出力画像範囲)	38分 (約280万m <sup>2</sup> )	

正射画像の作成は、先に報告した大分県日田市小野地区の他にも 10 地区を対象に行い、九州地方整備局（はるかぜ号）及び四国地方整備局（愛らんど号）で7月7日から10日にかけて取得された3日分の飛行データを用いた（表-6、図-12）。

表-6 災対ヘリ撮影日時及び正射画像、3D 動画作成地区

撮影日	災対ヘリ	正射画像	3D動画	対象地区
7月7日	九州地方整備局 (はるかぜ号)	○	○	大分県日田市小野地区
		○	-	大分県日田市鶴河内鶴城地区
		○	-	福岡県朝倉市桂川地区
7月8日	九州地方整備局 (はるかぜ号)	○	○	福岡県朝倉市杷木志波平塚地区
		○	○	福岡県朝倉市黒川馬場地区
		○	○	福岡県朝倉市佐田疋目地区
		○	-	福岡県朝倉市黒川西原地区
		○	-	福岡県朝倉市高木地区
		○	-	福岡県朝倉市妙見川地区
		○	-	福岡県朝倉市赤谷川地区
7月10日	四国地方整備局 (愛らんど号)	○	-	福岡県東峰村・大分県日田市大肥川地区
		○	○	大分県日田市小野川地区

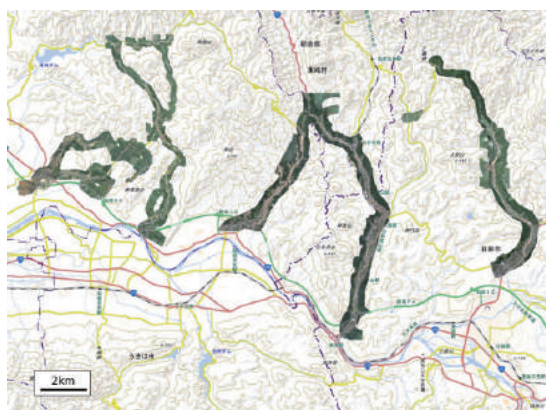


図-12 正射画像の作成範囲（災対ヘリ撮影）

正射画像の作成にあたっては、①空中三角測量に失敗する場合がある、②ソフトウェアから出力した正射画像が地図と重ならない場合がある等の問題があった。問題①については、対象とする範囲を複数のブロックに分けて解析することやタイポイントを

手動で追加設置する。または、異なる設定で空中三角測量を繰り返す等の対策を行った。また、問題②に対しては、出力した画像を地図と重なるよう別のソフトウェアで位置合わせを行う等の対応を行った。



図-13 3D 動画の作成に用いた 1 秒毎の静止画の 1 枚画像（大分県日田市小野地区）

現地状況の把握が容易になるよう 3D 動画の作成を行った。動画は ContextCapture Center で作成した 3D モデルをもとに Acute3D Viewer を活用して周囲の被害状況や斜面の形状等がわかるよう複数の視点に配慮して動画を作成した。動画は 4 地区で 5 つ作成した（図-13）。

### 4.3 今後の課題

今回の災害初動時のように、天候不良が続き測量用航空機を使った面的な状況把握が困難な場合、災対ヘリによる撮影映像を利用した正射画像の作成が現地の状況把握に大変有効であることがわかった。一方で、先に紹介した大分県日田市小野地区の事例のように、解析の準備から正射画像の出力まで約280万m<sup>2</sup>の範囲を作成するのに約8時間を要していることから、時間の短縮化は今後も継続して取り組むべき課題である。今後は、災対ヘリが飛行中に取得したデータの解析を着陸する前から始められるようにすること、また、3Dメッシュ作成作業を既存のDEMで代用することや分散処理を進めることなどが改善策として考えられる。

### 5. おわりに

本稿は、平成29年7月の九州北部豪雨災害にともなう測量用航空機及びGSI-LBによる緊急撮影についてまとめたものである。

九州北部豪雨災害への対応では、発災直後から、過去の災害対応における経験を踏まえた情報整備の迅速化と関係機関との連携の一層の強化に努め、被災地の状況把握のために必要な空中写真等を可能な限り早く提供すべく総力を挙げて取り組んだ。

特に、天候不良で測量用航空機が飛行できなかった期間についても、GSI-LBによるUAVの動画撮影や地方整備局の災害ヘリが撮影した画像による新たな情報整備に取り組み、状況把握のために必要な情報を迅速に提供することができた。

部災害対応としては、今回の災害対応における課

題・問題点の抽出と改善点の検討を通して今後の災害対応のさらなる迅速化ならびに態勢の強化を図っていきたい。

(公開日：平成29年11月22日)

#### 参 考 文 献

宮地邦英，大野裕幸（2015）：ヘリ画像処理システムの開発，国土地理院時報，127，171-180.