

# AIによる災害状況（浸水・土砂）自動判読システムの開発（第1年次）

実施期間 平成30年度～平成33年度  
地理地殻活動研究センター 大野 裕幸 中埜 貴元  
地理情報解析研究室 遠藤 涼

## 1. はじめに

災害が発生した際は、迅速な状況把握が求められる。特に大規模災害ではその全体像の把握が急がれ、空中写真や衛星画像を用いた災害状況判読が実施されてきている（長谷川ほか，2011；応用地理部災害対策班，2015）。災害状況判読の結果は、地理空間情報として他の情報と組み合わせた解析に用いることができることから、極めて重要な情報となる。

しかし、災害状況判読は、技術者による判読に頼らざるを得ない状況にあるため、大規模な災害では全体像の把握に時間を要す点が課題となっている。また、災害対応の初動期においては、国土交通省の防災ヘリコプター（以下「防災ヘリ」という。）による現地撮影映像が判読に用いられることがあるが、斜め撮影映像であることから、判読結果を地図上の座標に落とすことは困難を極める。

そこで、防災ヘリが撮影し、ヘリサットシステムによって配信された映像を対象とし、画像認識に機械学習を用いて浸水及び土砂崩壊部の発生状況の判読を自動化し、かつその結果を地理空間情報化して国土交通省統合災害情報システム（DiMAPS）上で即時共有可能とすることを目指し、総合流域防災対策事業調査費により災害状況自動判読システムの構築に着手した。

## 2. 研究内容

### 2.1 研究開発の概要

研究内容は、①機械学習による防災ヘリの撮影映像に映った浸水及び土砂崩壊部の範囲の抽出、②抽出結果を正射変換した際の位置精度の向上、③災害状況自動判読システムの構築に大別される。本年度取り組んだ内容は、①に関して教師データの作成、②に関してヘリサットシステムで得られるカメラパラメータに含まれる誤差要因の調査、③に関してプロトタイプ版の構築である。

研究の対象とする画像は、防災ヘリが撮影した映像を国土交通省のヘリサットシステムを通じて受信したものから1秒おきにキャプチャした画像とし、正射変換には同時に取得されるカメラパラメータ（宮地・大野，2015）と、地理院地図のZL14の標高タイルを用いた。機械学習には、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）と深層学習を用いた。

### 2.2 機械学習による浸水及び土砂崩壊部の範囲の抽出

空撮画像に写った浸水（濁水）範囲の抽出は、特別研究「浸水状況把握のリアルタイム化に関する研究」において研究中的 CNN を用いて、防災ヘリの撮影映像から判読した濁水及び土砂崩壊部の範囲を示す画像を教師データとして深層学習を行った学習済モデルにより行う。そのためには教師データが必要であるため、主に平成30年7月豪雨時に各地方整備局の防災ヘリが撮影した映像からキャプチャした画像から、濁水部1000枚、土砂崩壊部2000枚を抽出して教師データを作成した。キャプチャ画像は、フルHD規格の1920×1080pixelのサイズであるが、ヘリサットシステムによる通信帯域の制約により画質はHD規格とは比較にならないほど悪く、判読は容易ではない。

### 2.3 正射変換精度の向上

ヘリサットシステムから取得されるカメラパラメータには、外部パラメータとして機体の3次元位

置 (x, y, z) 及び姿勢 (roll, pitch, yaw) に加え、搭載されたカメラの光軸の傾き (pan, tilt), 焦点距離, CCD サイズが含まれている。平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の際に防災ヘリ「きんき号」が直下撮影した画像 (フライト ID : 32427) と、平成 30 年 4 月 9 日に島根県西部で発生した最大震度 5 強の地震の際に防災ヘリ「愛らんど号」が斜め撮影した画像 (フライト ID : 53553) を用いて, SfM によりカメラパラメータを推定し, ヘリサットシステムから取得したカメラパラメータと比較することで, カメラパラメータに含まれる誤差の種類と量を調査するとともに, その要因に関する考察を実施した。

## 2.4 災害状況自動判読システムプロトタイプ版の構築

2.2 によりトレーニングした学習済モデルを「画素解析部」と位置付け, 試験運用用のプロトタイプシステムを構築した。このシステムは, ヘリサットシステムと結合して防災ヘリが撮影を開始/終了した際に自動的にシステムを起動し, 災害の発生範囲を抽出して DiMAPS 上の地図にその結果を展開することができる。

## 3. 得られた成果

### 3.1 機械学習による浸水及び土砂崩壊部の範囲の抽出

図-1 に作成した教師データの例を, 表-1 に原典となる防災ヘリのフライト番号と作成枚数を示す。教師データは, 1920×1080pixel の画像全域を対象に濁水部を赤 (RGB:#FF0000), 土砂崩壊部を黄 (RGB:#FFFF00) で塗分けたもので, Adobe Photoshop 上で原典画像上にそれぞれのレイヤを設定し, 各レイヤ上で塗分けている。ここで「濁水」とは, 画像上で濁った水が確認できる領域と定義し, 水面に他の地物の影が映っている場合や空などが反射して写っている場合も濁水とみなした。河川部分の濁水も塗分け対象とした。また, 「土砂崩壊部」とは, 地すべり, がけ崩れ, その他の要因により, 自然に土砂が崩壊し, 地表面下が露出した部分と推定される範囲と定義し, 流れ下る土砂等によって表層が削られ, 崩壊部と同様の様相を呈している部分を含む。さらに, 土砂崩壊部内に倒木や瓦礫が

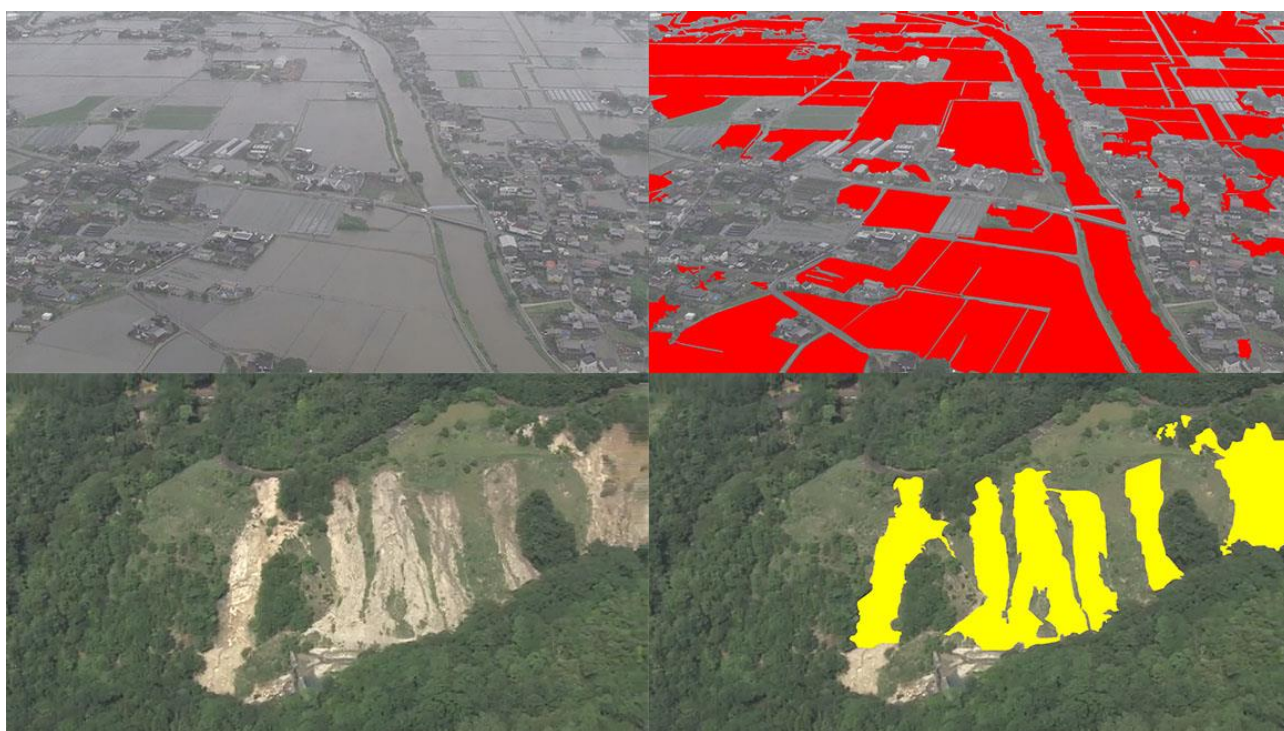


図-1 教師データの例 (上段: 濁水部, 下段: 土砂崩壊部. 左側: 原典画像, 右側: 塗分け画像)

表-1 教師データの原典となる防災ヘリフライト番号と作成枚数

(撮影機の所属は、「みちのく号」東北地整,「あおぞら号」関東地整,「ほくりく号」北陸地整,  
「まんなか号」中部地整,「きんき号」近畿地整,「愛らんど号」四国地整,「はるかぜ号」九州地整)

フライト ID	撮影機	撮影日	濁水	土砂	フライト ID	撮影機	撮影日	濁水	土砂
53693	はるかぜ	2018/7/7	25	25	53728	はるかぜ	2018/7/10	40	24
53694	みちのく	2018/7/7	175	0	53729	ほくりく	2018/7/10	0	19
53695	はるかぜ	2018/7/7	0	1	53730	愛らんど	2018/7/10	0	5
53696	はるかぜ	2018/7/7	66	0	53731	はるかぜ	2018/7/10	0	29
53700	愛らんど	2018/7/8	103	5	53732	愛らんど	2018/7/11	0	30
53701	あおぞら	2018/7/8	0	42	53733	はるかぜ	2018/7/11	0	37
53702	まんなか	2018/7/8	153	0	53734	愛らんど	2018/7/11	0	96
53704	愛らんど	2018/7/8	102	55	53735	あおぞら	2018/7/11	0	15
53705	あおぞら	2018/7/8	1	42	53736	まんなか	2018/7/11	0	91
53706	愛らんど	2018/7/8	0	6	53737	ほくりく	2018/7/11	0	109
53707	愛らんど	2018/7/9	25	64	53739	あおぞら	2018/7/11	0	12
53708	はるかぜ	2018/7/9	250	4	53742	まんなか	2018/7/12	0	47
53709	あおぞら	2018/7/9	0	47	53744	ほくりく	2018/7/12	0	154
53710	ほくりく	2018/7/9	0	2	53745	ほくりく	2018/7/12	0	156
53711	愛らんど	2018/7/9	0	29	53746	あおぞら	2018/7/12	0	47
53712	まんなか	2018/7/9	5	14	53750	まんなか	2018/7/12	0	14
53713	ほくりく	2018/7/9	0	7	53751	ほくりく	2018/7/12	0	2
53715	あおぞら	2018/7/9	0	6	53756	愛らんど	2018/7/13	0	10
53716	愛らんど	2018/7/9	0	42	53757	あおぞら	2018/7/13	0	17
53717	はるかぜ	2018/7/9	0	55	53758	はるかぜ	2018/7/13	0	63
53719	あおぞら	2018/7/9	0	1	53759	ほくりく	2018/7/13	0	85
53720	愛らんど	2018/7/9	0	13	53762	ほくりく	2018/7/13	0	19
53721	愛らんど	2018/7/10	5	26	53764	ほくりく	2018/7/14	0	25
53722	はるかぜ	2018/7/10	26	188	53765	あおぞら	2018/7/14	0	18
53723	あおぞら	2018/7/10	10	12	53770	ほくりく	2018/7/14	0	45
53724	ほくりく	2018/7/10	6	20	53774	あおぞら	2018/7/15	0	13
53725	愛らんど	2018/7/10	8	50	53877	まんなか	2018/9/19	0	5
53726	あおぞら	2018/7/10	0	17	54086	きんき	2018/12/14	0	3
53727	まんなか	2018/7/10	0	37	合計			1000	2000

存在する場合は土砂崩壊部とみなし、土砂崩壊部内に崩壊後に出現したと推定される重機や覆工板等の人工地物が写っている場合は当該地物を避けて塗りつぶすこと及び崩壊から1年以上が経過していると推定される部分は塗りつぶさないこととした。なお、土砂堆積部は塗分け対象に含まない。

### 3.2 正射変換精度の向上のための誤差要因の調査

SfMにより作成したオルソ画像に対し、フライト ID 32427, 53553 各地区とも100点の検証点を配

置し、それぞれ RMSE が 1.75m, 2.87m と水平誤差の量が十分少ないことを確認し、当該オルソ画像作成に用いたカメラパラメータを推定値とした。これと、ヘリサットシステムにより取得されたカメラパラメータ（以下「取得値」という。）との比較、及び画像の画角とカメラパラメータから算出される理論値との比較等を実施した結果、誤差量の確認及び補正方法を検討した。主なものを次に示す。

① 焦点距離

取得値と理論値は大きく乖離しており、4次式で補正が可能である。

② CCD サイズ

取得値には 9.6mm と 11mm が混在するが、11mm が正しい。

③ pitch 角

方位角又は衛星方向と相関すると見られる誤差及びカメラ架台の傾きが原因とみられる pan 角と相関する誤差を確認した。三角関数を用いた補正式が導出できる可能性が高い。

④ yaw 角

直線飛行しているにもかかわらずある時点から値が徐々に変化する現象が確認された。原因が不明であり、解明のためにはさらなる調査が必要である。

今後、これらの補正方法の効果を検証したうえでプロトタイプシステムに修正を加える予定である。

### 3.3 災害状況自動判読システムプロトタイプ版の構築

構築したプロトタイプ版を防災 LAN に接続し、ヘリサットシステムとの接続試験及び動作試験を実施した。リアルタイムに撮影が実施されている防災ヘリのフライトに追従し、自動的な処理の開始及び終了が行えることを確認した。今後は、3.1 の成果を用いて画素解析部のトレーニングを実施し、学習済モデルを作成したうえで、平成 31 年度出水期から試験運用に着手する予定である。

## 4. 結論

本研究では、画像認識による対象地物の抽出と、抽出した領域の正射変換精度の向上という 2 つの研究テーマに挑んでいる。本年度、機械学習に必須となる教師データの初期整備が完了したことで、深層学習による画素解析部の能力向上に取り組む土台が構築できた。また、カメラパラメータに含まれる誤差要因を考察したことによって、通信経路に介在するヘリサットシステムの影響が大きいことが確認された。ヘリサットシステムは、すでに国土交通省のすべての防災ヘリに搭載されており、機体固有とみられる誤差要因も複数確認されていることから、今回誤差調査を実施したきんき号、愛らんど号以外の機体による撮影画像の分析も実施する必要がある。

今後は、実災害における試験運用を通じて画素解析部の能力の逐次向上を図るとともに、カメラパラメータの補正式を災害状況自動判読システムプロトタイプ版に実装して有効性の評価を実施する予定である。

### 参考文献

- 長谷川裕之，齋藤勘一，高橋広典，首藤隆夫，甲斐 納，廣田三成，柴原 充，畠山裕司，根本正美，大野裕幸，石関隆幸（2011）：東日本大震災に対する基本図情報部の取り組み，国土地理院時報，122，79-89。
- 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。
- 応用地理部災害対策班（2016）：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨災害に関する常総地区推定浸水範囲図の作成，国土地理院時報，128，43-44。