

# AIによる災害状況（浸水・土砂）自動判読システムの開発（第3年次）

実施期間 平成30年度～令和3年度  
地理地殻活動研究センター 大野 裕幸 白石 喬久  
地理情報解析研究室 田中 宏明 中埜 貴元

## 1. はじめに

本研究は、自然災害のうち浸水と土砂崩壊を対象として、従来は熟練した判読技術者が実施している大規模災害発生時の災害被害判読を、近年発展が著しいニューラルネットワーク（NN）と深層学習を用いた画像認識技術（以下総称して「AI」という。）の導入によって自動的に実施可能とし、その判読結果を国土交通省の統合災害情報システム（DiMAPS）上で共有可能とすることで、特に災害発生初期期における状況把握を迅速化することを目的として実施している研究である。使用する AI に関しては平成30年度から実施中の「AIを活用した地物自動抽出に関する研究」（以下「AI特研」という。）で得た知見を導入しつつ、研究を推進している。

## 2. 研究内容

### 2.1 研究開発の概要

研究内容は、国土交通省各地方整備局が運用する災害対策用ヘリコプター（以下「防災ヘリ」という。）の撮影映像を静止衛星経由で伝送するヘリサットシステムで伝送された映像等を対象とし、①映像から1秒おきに切り出された静止画像内に映った浸水及び土砂崩壊部の範囲をAIによって自動的に抽出する技術開発、及び②①によって抽出された範囲を、映像と同時にヘリサットシステムで伝送される映像撮影時のカメラの位置と姿勢の情報であるカメラパラメータと、既存の数値標高モデル（DEM）データを用いて正射変換した際に生じる位置ズレを低減させる技術開発、の2つのテーマで構成されている。本年度は、①のAIの改良を図りつつ、②に関して、防災ヘリが搭載する防振装置内に装備されたカメラのpan角（機体に対して水平方向の回転角）及びtilt角（機体に対して垂直方向の回転角）に関する誤差要因を調査するとともに、これまでの研究で明らかとなった防災ヘリの機体のpitch角、roll角、yaw角の誤差要因及びタイムラグの解消策、並びにカメラの焦点距離の補正を平成30年度に構築したプロトタイプシステムに実装し、理論上解消可能なすべての位置ズレの低減を図った。また、大きな位置ズレが生じる要因としてヘリサットシステムの伝送時に生じるフリーズの影響が特定されたことから、フリーズの検知方法を開発し（大野，2021a）、プロトタイプシステムに実装した。さらに、映像からAIが抽出する濁水範囲には堤外地が含まれることから、抽出処理終了後に堤外地を除外する際に用いる情報として、すべての一級水系と一部の二級水系の主要河川を対象として堤外地ポリゴンの整備を実施した。

### 2.2 AIの抽出性能の改良

AIの抽出性能の改良を図るため、令和2年度の本稿執筆時点までにヘリサットシステムで伝送された336フライトのうち、地上における試験映像と見られるものを除く307フライトで捉えられた濁水及び土砂崩壊部に関して、抽出すべき濁水及び土砂崩壊部の範囲を示す教師画像の作成を実施した。

さらに、AIの抽出性能として、検証用のデータに令和元年度に作成中であった教師画像のうち浸水476枚、土砂崩壊部905枚を用いて算出した、濁水のF値=0.744、土砂崩壊部のF値=0.580を得ていた（大野ほか，2020）。しかし、令和元年度に作成したすべての教師画像（令和元年東日本台風で撮

影された画像を追加したもの)である濁水 1518 枚, 土砂崩壊部 1285 枚を用いて抽出性能を再評価したところ, 濁水の F 値=0.684, 土砂崩壊部の F 値=0.350 への低下が見られたことから, さらなる抽出性能の向上を図った。

## 2.3 誤差要因の調査とその解消策の実装

### 2.3.1 カメラパラメータの pan 及び tilt に含まれる誤差要因の調査

これまでの調査により, ヘリサットシステムにより伝送されるカメラパラメータのうち, ヘリコプターの機体に関する pitch 角, yaw 角に関する誤差要因及びカメラの zoom 値が補正式で補正可能であることを明らかにし (大野ほか, 2019), zoom 値の補正式を導出するとともに, roll 角及び yaw 角にタイムラグが生じていることを明らかにしてきた (大野ほか, 2020)。これに加え, 本年度は, カメラパラメータのうち未調査として残る防災ヘリの防振装置 (ジンバル) 内に装備されたカメラの pan 角及び tilt 角が持つ誤差要因及びタイムラグを調査した。調査方法は, pitch 角等の誤差要因の調査で用いた SfM によるカメラパラメータの推定値とヘリサットシステムによる計測値を比較する手法 (大野ほか, 2019) とした。また, 調査は防災ヘリの機体ごとに実施して機体固有のバイアス値も求めた。

### 2.3.2 誤差解消策のプロトタイプシステムへの実装

2.3.1 も含めたこれまでの調査により明らかとなったすべての誤差要因の解消策をプロトタイプシステムに実装し, 過去の大規模氾濫を撮影したフライトの映像を入力して AI による濁水抽出を実施し, 誤差解消の効果を確認した。なお, 土砂崩壊部を用いた検証は, AI による土砂崩壊部の抽出性能が高くないことから, 実施していない。

## 2.4 堤外地ポリゴンの整備

AI により抽出された濁水範囲から堤外地を除外するためのデータとして, 堤外地ポリゴンの整備を実施した。東北地方太平洋側, 関東地方の一部及び中国地方の一級水系は直営で整備し, その他の一級水系は外注により整備した。

## 3. 得られた成果

### 3.1 抽出用 AI

本研究における AI は, AI 特研における論理和型の AI (大野, 2021b) に適した抽出性向, すなわち Recall よりも Precision 優位に誘導するよう学習データの選定をしている。濁水, 土砂崩壊部とも, 平成 30 年度に作成した教師データをベースに, 令和 2 年度までのすべての防災ヘリのフライト映像 (1046 フライト) から FALSE 画像を中心に選択して一部の TRUE 画像を置き換えて学習データを構成し, 検証データには令和元年度に作成したすべての教師データを用いて AI の抽出性能を F 値で算出した (表-1)。なお, 検証データに含まれる画像は, 学習データには含まれていない。濁水の Precision は約 0.93 と極めて高く, F 値も年度当初から約 0.04 向上し, 早朝・夕刻を除く日中の外水系の氾濫抽出用 AI として実用レベルに到達した。一方, 土砂崩壊部の Precision は約 0.63 と低く, 平成 30 年度に作成した教師データを用いずに構成した学習データ (5775 枚) でも Precision は約 0.71 と, 誤抽出

表-1 抽出 AI の性能 (F 値)

対象種別	学習枚数 (枚)	Precision	Recall	F-Score
濁水	32000	0.929771	0.593430	0.724467
土砂崩壊部	63840	0.631355	0.515472	0.567559
土砂崩壊部	5775	0.706671	0.118180	0.202496

が多発するため、引き続き改良が必要である。

### 3.2 誤差要因の調査と解消策の実装による効果

カメラパラメータの pan 角及び tilt 角誤差要因の調査は、予備調査の結果から pan 角に起因するとみられる誤差分布が見られたことから、防災ヘリの機体毎、かつ pan 角が 0 度、30 度、60 度、90 度といった一定の角度周辺で撮影された画像を用いて実施した。数百万枚に及ぶ防災ヘリの撮影画像の中から目的の条件を満たす画像を探索するため、すべてのヘリシャットフライトのカメラパラメータをデータベース化して指定する条件の画像を検索可能として画像探索の効率化を図った。探索した画像とその前後 5 秒程度の範囲（合計 10 秒程度）の画像を SfM にかける、カメラパラメータを推定した（以下「推定値」という。）。推定したカメラパラメータの検証は、当該カメラパラメータを用いて画像を正射変換したものの位置ズレ量を確認することによって行い、得られたカメラパラメータの推定値と実際の計測値（以下「計測値」という。）との比較から、機体毎の pan 角及び tilt 角の補正量、並びにタイムラグの値を求めた。それらの補正量を元に補正したカメラパラメータを用いて作成した正射画像と、計測値、推定値を用いて作成した正射画像とを比較したものが図-1 である。カメラパラメータ

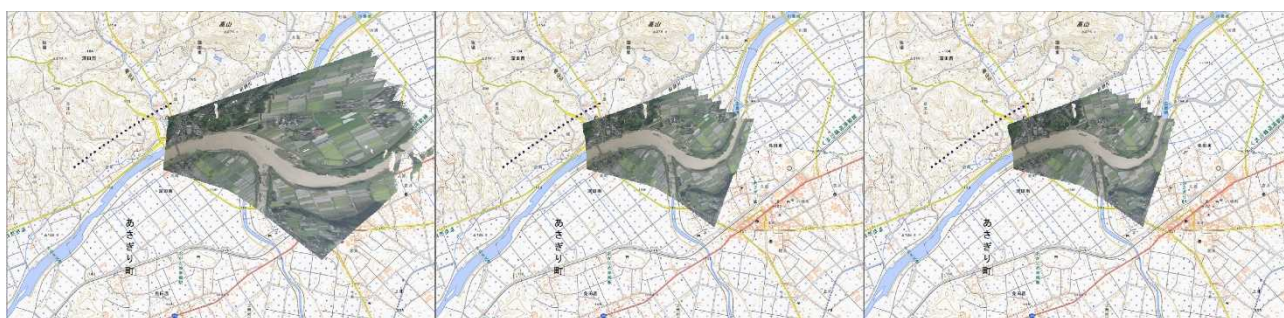


図-1 カメラパラメータ補正の効果（左から順に、計測値、補正値、推定値を用いて作成した正射画像）

の補正の効果が見て取れる。図-1 は、防災ヘリ「はるかぜ号」に関する例であるが、これを「ほくりく号」を除く 6 機に対して同様に実施した。ただし、「ほくりく号」に関しては、適切な条件の撮影映像が不足したため、補正量を求めることができなかった。これにより、カメラパラメータの補正による効果が確認できたことから、プロトタイプシステムに補正機能の実装を行い、撮影した機体毎に補正量を自動的に切り替えられるようにしたことで、AI による災害状況（濁水）自動判読システム（以下「濁水判読システム」という。）がほぼ完成に至った。この濁水判読システムにより、令和元年東日本台風等で大規模な浸水を撮影した防災ヘリの映像を用いて補正効果を確認しているが、少なくとも防災ヘリ「みちのく号」「あおぞら号」「はるかぜ号」に関して妥当な補正効果が確認された。このうち、「みちのく号」が令和元年 10 月 13 日に阿武隈川の氾濫状況を撮影した画像から、丸森町付近の抽出状況の補正効果を表す実例を図-2 に示す。特に tilt 角は、機体の roll 角やタイムラグの影響を受けやすく、計測値が実際よりも水平に近い値となって遠方に抽出範囲がマッピングされる傾向が見られたが、補正されている。

また、カメラパラメータの誤差による位置ズレの他に、フリーズ検知を行う機能（大野，2021a）を実装したことで 95～96% の確率でフリーズによる影響を回避することが可能となった。



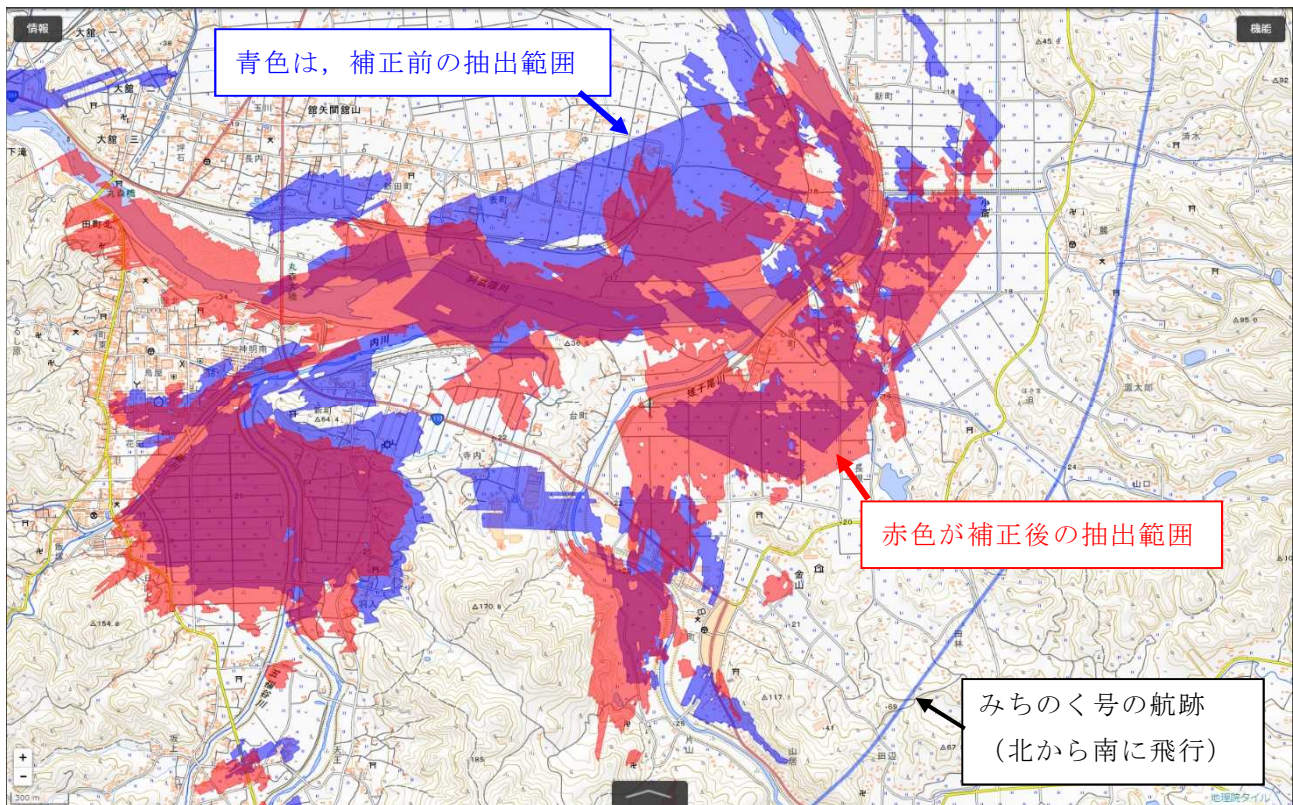


図-2 誤差解消策の実装による効果（令和元年東日本台風における阿武隈川，丸森町付近の解析結果）

#### 4. 結論

カメラパラメータの補正機能を導入したことにより，早朝・夕刻を除く日中の外水系の氾濫状況において，撮影から約 30 秒というほぼリアルタイムの解析速度で氾濫状況を自動的に捉えるシステムとして，所要の能力を有することを実証できたと考える．なお，濁水判読システムは，ヘリサットシステムによる撮影映像の伝送開始をトリガーとして自動的に濁水部の抽出を開始しマッピングまで行う完全自動の処理システムとして設計，構築しており，通常の運用では一切の人手を必要としないことも特徴の一つである．また，研究内容のうち，位置ズレの解消に関して理論的に解消可能な範囲については本年度の研究で目処を付けたと考える．

今後は，堤外地ポリゴンを用いて抽出結果から堤外地を削除する機能を追加するとともに，早朝，夕刻，内水系の氾濫等の特異な状況にも対応するべく AI の改良を行う．また，土砂崩壊部についても実用化に耐え得る性能の獲得を目指して AI の改良を実施する予定である．

#### 参考文献

- 大野裕幸（2021a）：新技術の活用による基盤情報整備力向上のための研究（第2年次），令和2年度調査研究年報，192-195.
- 大野裕幸（2021b）：令和2年度第2回研究評価委員会資料 1-3，  
<https://www.gsi.go.jp/common/000231623.pdf>，（accessed 31 March. 2021）.
- 大野裕幸，白石喬久，中埜貴元，岸本紀子（2020）：AIによる災害状況（浸水・土砂）自動判読システムの開発（第2年次），令和元年度調査研究年報，194-197.
- 大野裕幸，中埜貴元，遠藤涼（2019）：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），平成30年度調査研究年報，204-207.