AIによる災害状況（浸水・土砂）自動判読システムの開発（第4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
地理情報解析研究室　大野　裕幸　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部を対象として，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，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.）を用いて自動的に実施し，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災害状況自動判読システム（以下「DAES」という.）を構築することを目的としている．DAESの中核となる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，本年度は，研究の最終年度としてDAESの起動からAIによる解析，DiMAPS上での解析結果の共有まで，一切の人手を介さず，かつ，事実上リアルタイムに判読可能な完全自動システムとして実装することを目指した.

2. 研究内容

2.1 研究開発の概要

本研究は，国土交通省各地方整備局が運用する防災ヘリコプター（以下「防災ヘリ」という.）から静止衛星を用いたヘリサットシステムで伝送された映像等を対象として，①映像に映った濁水及び土砂崩壊部の範囲をAIによって抽出し，②その範囲を可能な限り位置ズレを低減させた地理空間情報として地図上に表示させる（後処理部分），という2つの技術開発要素について研究を実施してきた．本年度は，まず，これらの研究成果をシステムとして一体化させ，ヘリサットシステムから通知される撮影開始のトリガーを受けてDAESを起動し，判読処理を行い，DiMAPSに判読開始を通知し，DiMAPS上に解析結果を出力する，という一連の流れを実装した．さらに，浸水判読に関してはAIが抽出した濁水の範囲から堤外地部分を削除して浸水範囲とするための堤外地削除機能を実装した．そのうえで，浸水，土砂崩壊部ともできるだけ多くのフライトデータの解析を行い，誤抽出や抽出漏れが生じたデータを順次追加して深層学習を繰り返すことでAI部の性能向上を図った. DAESの性能目標は，浸水，土砂崩壊部とも防災ヘリが8機同時に撮影を実施したとしても，事実上リアルタイムに解析が可能な動作速度とした．ここで，「事実上」とは，撮影時点から解析結果出力までに約30秒の処理時間が必要となることから，実質的には撮影から30秒遅れで追っかけ解析をすることになるが，解析そのものは遅延分の30秒を除き撮影に追随して解析可能であることを示している.

2.2 使用したAI

DAESが使用するAIは, AI特研で開発したもので, 令和2年度まで使用していた入力サイズ256×256ピクセルのネットワークとは異なり，入力範囲を4倍の512×512ピクセルの範囲に拡大した新しいネットワークに変更して，特に誤抽出の低減を図った．入力した画像内の濁水部を赤く色づけする濁水抽出用AIと，土砂崩壊部を黄色く色づけする土砂崩壊部用AIの2種類のモデルを構築した.

教師データは, 2018年度から2020年度までに作成済のデータ及び2021年度に実施された防災ヘリ

のフライトのうち,正常に伝送された全フライトから浸水及び土砂崩壊が発生している画像を選定し，外注により作成したものを主に用いた．いずれも，当該年度に防災ヘリが撮影した浸水及び土砂崩壊は全て網羅するよう画像を選定しているが，特に土砂崩壊部は，雨季に，主に降雨を原因として発生したと思われる崩壊に偏っており，冬季に積雪のある地域で地震を原因として発生したと思われる崩壊は撮影頻度が少なく，一部の崩壊パターンに関しては学習データが十分とは言えない．

ネットワークの入力サイズが 4 倍となったため，学習データの数は減少したが，表-1 のように従来のネットワークより性能向上を果たすことができた．濁水，土砂崩壊部とも，学習データには 2018，2020，2021 年度に作成した教師データを用い，検証データには 2019 年度に作成した教師データ（濁水 1518 枚，土砂崩壊部 1285 枚．全て HD サイズの画像）を用いた．通常は，作成した学習データを 90 度ずつ 4 方向に回転させる処理を加えて学習枚数を増加させる Data Augmentation という処理を行うが，防災ヘリの撮影映像は斜め撮影が大部分を占め，画像を回転させることが好ましくないため，回転による Data Augmentation は行っていない．濁水には，一部，早朝の撮影映像に擬するために色合いに加工を加える Data Augmentation を行った画像を含む．なお，土砂崩壊部は，F-Score ベースでは最も高いスコアのモデルとして，学習枚数 32,856 枚時点で Precision=0.760885，Recall=0.496187，F-Score=0.600667 を得ていたが，同じ崩壊部が 360 度円を描くように撮影されることが多い土砂崩壊部の判読には，より誤抽出が少ないモデルが適していることから，F-Score ではなく Precision が最高値のモデルを採用した．

表-1　DAES が用いる AI の性能比較．R2 年度までの値は，大野ほか（2021）による．

対象種別	学習枚数（枚）	Precision	Recall	F-Score
濁水（本年度）	17,912	0.950342	0.655053	0.775540
濁水（R2 年度まで）	32,000	0.929771	0.593430	0.724467
土砂崩壊部（本年度）	49,716	0.855691	0.308199	0.453175
土砂崩壊部（R2 年度まで）	63,840	0.631355	0.515472	0.567559

2.3 後処理部

後処理部は，AI により特定の色に色付けされた対象災害の範囲を抽出し，ラスタベクタ変換によってポリゴンデータとする．この時点では画像座標上でのポリゴンデータであるため，撮影時のカメラパラメータを適切に補正した値と，既存の DEM データを用いて正射変換することにより，映像内に映った対象災害の範囲を判読した地図データとして地図と重ねて表示することが可能となる．カメラパラメータの補正には，ヘリサットシステム内で生じているとみられる撮影時点とカメラパラメータ計測時点のタイムラグ，機体ごとにカメラが設置されているジンバルの設置角度（機体固有値）を事前に計測しておく必要があり，令和 3 年度までに新機体が導入された「（新）はるかぜ号」「（新）きんき号」及び昨年度までに機体固有値が求まっていなかった「ほくりく号」の 3 機について新たにタイムラグと機体固有値を調査し，防災ヘリ 8 機分のカメラパラメータ補正用テーブルを更新した．

また，AI が抽出した結果には一定量の誤判読が含まれることから，面積に閾値を設定してそれより面積の小さいポリゴンは削除する処理を加えることによって誤抽出を低減させており，多数のフライトを処理して調整した結果，浸水は 10 万 m^2，土砂崩壊部は 5000 m^2 を閾値とした．

3. 得られた成果

AI，後処理部分及びヘリサットシステムとの通信部を DAES として実装し，浸水，土砂崩壊部ともにリアルタイム解析が実行可能となるようアルゴリズムに工夫を加えた．解析の実施タイミングは 6 コマに 1 回とし，処理時間の最大のボトルネックとなっていたコマごとの解析結果のマージ処理を，10 回ごとにマージし，それを全体へマージする 2 段階としたことでマージ処理時間を大幅に減少させ，マージ自体も非同期処理とすることで実飛行時間以内に解析を終了させることが可能となった．

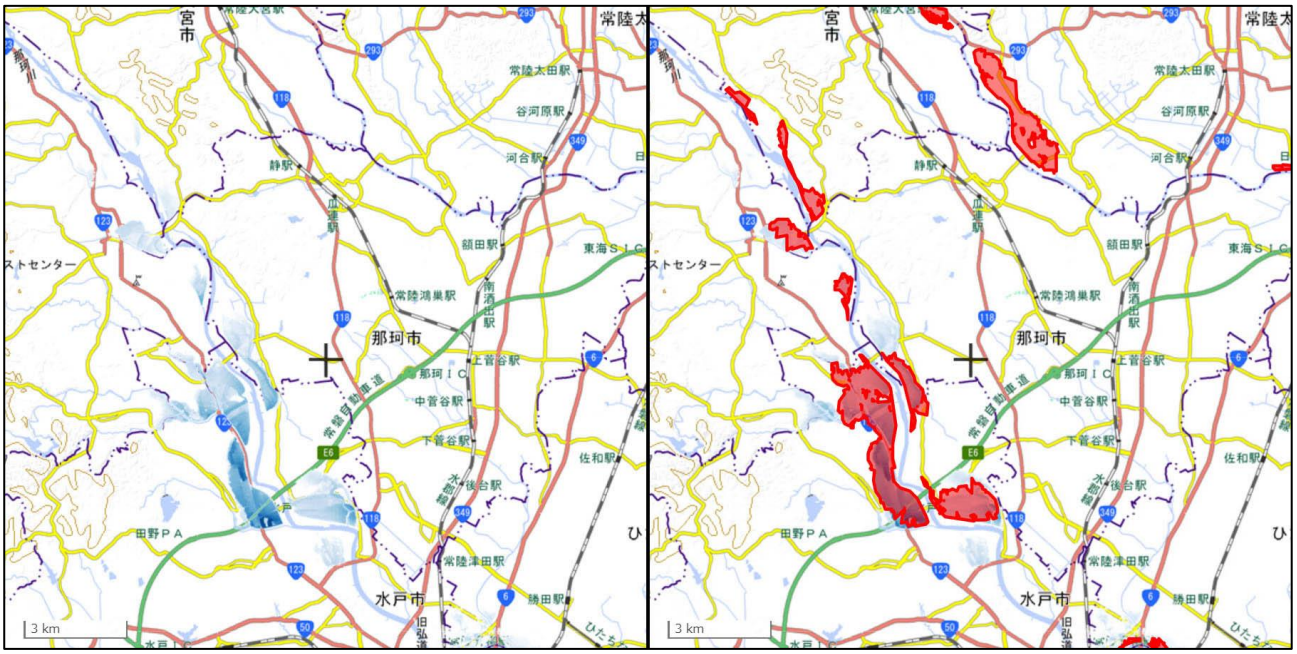

図-1　那珂川の浸水推定図（左）と DAES による浸水解析結果（右）（あおぞら号．2019 年 10 月 13 日）．右図の赤色の部分が AI によって浸水部と判読された範囲．北部には久慈川の浸水も検出されている．

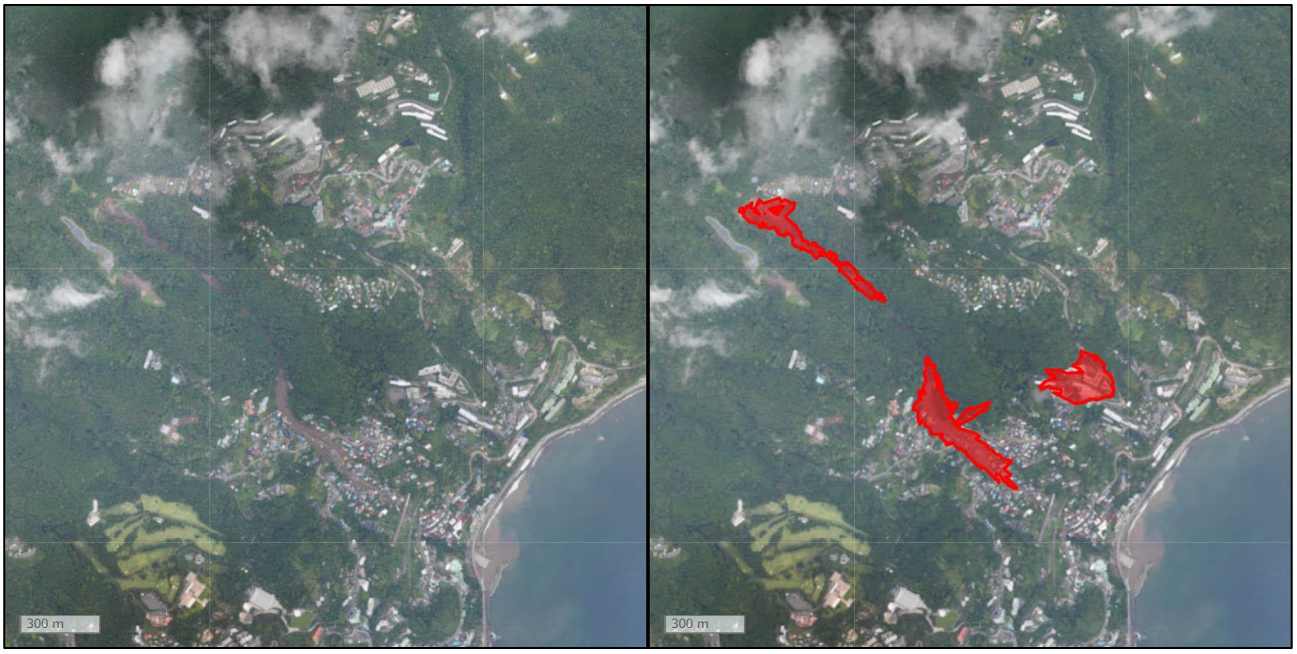

図-2　DAES による土砂崩壊部の正射画像（左）と解析結果（右）（あおぞら号．2021 年 7 月 6 日）．右側画像の赤色の部分が AI によって土砂崩壊部と判読された範囲．最も東側の 1 箇所は誤抽出である．

DAES による解析事例として，令和元年東日本台風における那珂川及び久慈川の浸水判読結果の一部を図-1 に，令和 3 年 7 月 1 日からの大雨で発生した熱海市の土砂崩壊判読結果を図-2 に示す．これらは，いずれも DAES による完全自動解析結果である．

また，この解析結果は，自動的に DiMAPS のレイヤとしても表示される．図-1 の解析結果を DiMAPS 上で表示した例を図-3 に示す．また，DiMAPS 上では，解析終了後浸水範囲の合計面積も表示される．

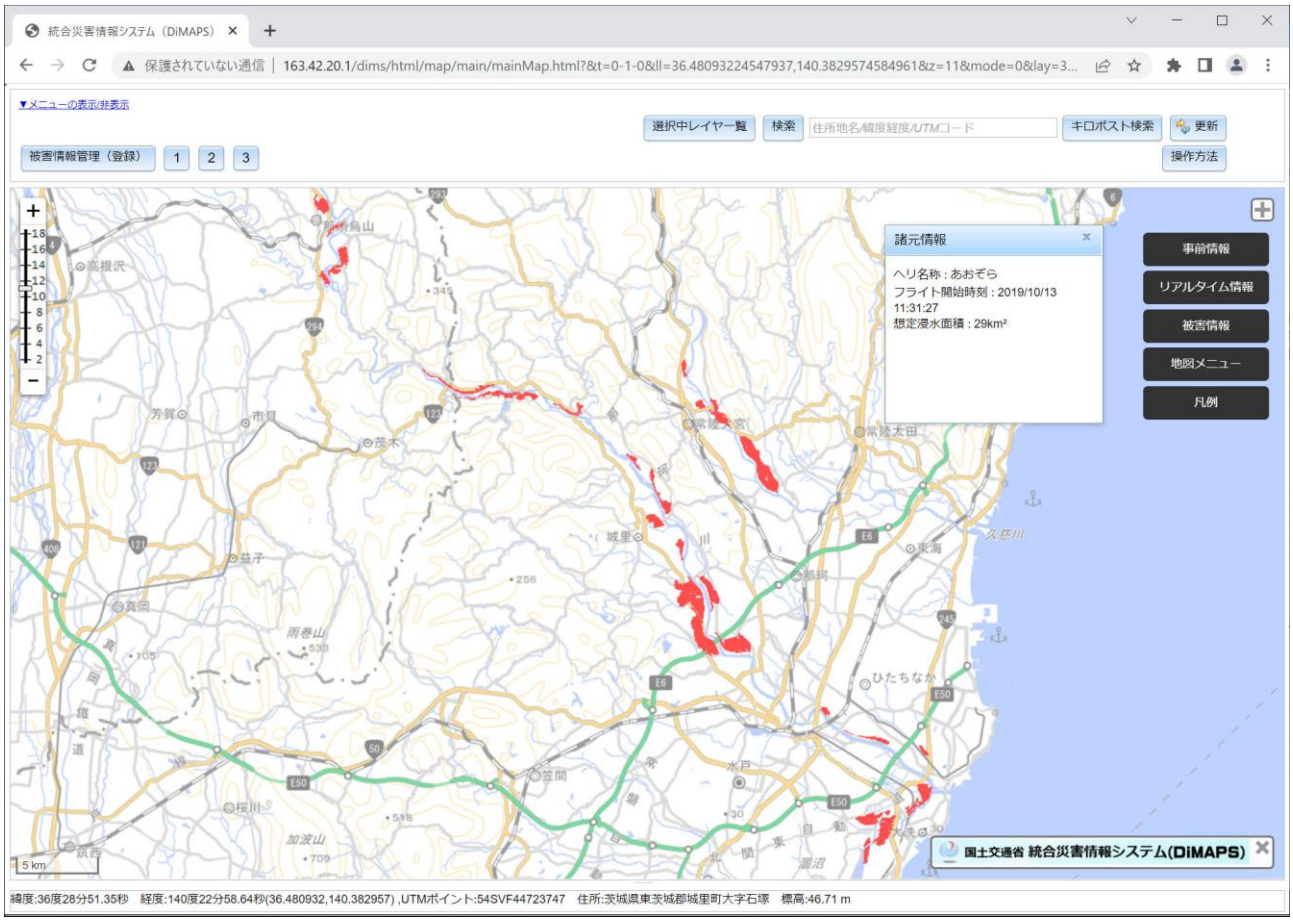

図-3　DiMAPS における DAES の解析結果表示（あおぞら号．2019 年 10 月 13 日）．赤色部分が浸水と判読された範囲．これ以外に渡良瀬川の浸水も判読されており，想定浸水面積 29km^2 と算出されている．また，浸水推定図に含まれない那須烏山市における浸水も判読されている．

4. まとめ

人が一切介在することなく，AI によって災害判読を自動的に実施するシステムを構築することができた．令和 4 年度から正式運用開始の予定であり，ヘリコプターの撮影映像から事実上リアルタイムに災害を判読して地図上に表示する完全自動システムの実用化は恐らく世界初と思われる．

参考文献

大野裕幸，白石喬久，田中宏明，中埜貴元（2021）：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），国土地理院令和 2 年度調査研究年報，206-209.