

クラウドGISを活用した災害時の推定被災建物情報の 早期作成と提供手法の開発

—平成29年九州北部豪雨災害，平成30年7月豪雨災害を事例として—

Development of Cloud based GIS to Provide Information of Estimated Damaged Buildings at Early Stage in Disaster Response Process

濱本 両太¹，浦川 豪²

Ryota HAMAMOTO¹, Go URAKAWA²

¹ ESRIジャパン株式会社

ESRI Japan Corporation

²兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科

Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo

In the response phase of the disaster management cycle, collecting information of disaster damage to establish shared situation awareness among organisations and make actionable decisions often take time. We have developed a new methodology to immediately make the information of estimated damaged buildings by photointerpreting aerial photos or satellite images and share it as web maps on the cloud based GIS platform and in downloadable csv format. The methodology has been verified in the casestudy of the Northern Kyushu heavy rain disaster in 2017 and applied to the West Japan heavy rain disaster in 2018.

Keywords: cloud based GIS, Northern Kyushu heavy rain, West Japan heavy rain, situation awareness, estimated datamage, photointerpretation

1. はじめに

被災自治体が効果的な災害対応を実施するために、ハザードや被害に関する災害関連情報を迅速に収集することが必要不可欠である。自治体だけでなく、被災地を支援する様々な活動主体にとっても、最新の情報を迅速に収集することは最重要課題の一つとなっている。

災害関連情報のニーズと可用性は、災害マネジメントサイクル¹⁾の4つのフェーズ、予防期 (Mitigation)、準備期 (Preparedness)、応急対応期 (Response)、復旧・復興期 (Recovery) によって異なる。予防期は、ハザードマップや被害想定情報等の平常時の予防対策に使える情報が必要とされ、様々な研究機関や公共機関から比較的豊富な情報が入手可能である²⁾。

災害発生直前の準備期になると、リアルタイム気象情報や河川水位情報、緊急地震速報やLアラート等、様々な意思決定に必要なリアルタイムリスク情報が求められるが、近年の情報システムの進化によりこれらの情報の可用性は急速に高まっている⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

復旧・復興期には、被災者一人一人の被災状況や生活再建状況等、より詳細な情報が求められる。住家被害認定調査や罹災証明書発行等の結果から作成される被災者台帳の整備が災害対策基本法においても位置づけられ、情報技術を活用した精度の高い情報を基に被災者支援の方策の意思決定が可能になってきている⁷⁾⁸⁾。

一方で、意思決定に必要な情報が最も不足するのが、応急対応期である。応急対応期では、人命救助が優先される72時間を中心とした救急救命関連情報、避難者の支

援のための指定避難場所や緊急物資等の情報、その後の被災者生活再建支援への計画・準備のための時々刻々変化する被害情報、対応状況の情報等が必要とされる。しかしながらこうした情報は、報道やソーシャルメディア等により断片的には伝達されるが、状況認識の統一を図り具体的なアクションに繋げるための面的で包括的な情報としては不十分である⁹⁾¹⁰⁾。

過去の災害において、応急対応期の状況認識の統一を目的とした面的で包括的な情報の収集、集約手法に関する実践的な研究が報告されている¹¹⁾¹²⁾。新潟県中越沖地震の際に新潟県庁にて行われた地図作成班や東日本大震災の際に内閣府防災担当にて行われた緊急地図作成チームの活動は、災害対策本部における状況認識の統一を実現した点は高く評価できるが、専門家による長期滞在型支援が必要である点、現地災害対策本部に一定量の資機材と人的資源を必要とする点、運用フローの標準化が確立されていない点等から、日本全国の被災現場で実行することは困難である。

リアルタイム地震被害推定システム (J-RISQ) は、地震発生後に震度別の暴露人口や建物被害量、人的被害量等をWeb上で推定し結果を公開する画期的な仕組みである¹³⁾¹⁴⁾。しかしながら、地震のみの対応であり、水害や土砂災害等のマルチハザード対応ではない点と、メッシュ単位での推定であり建物単位や世帯単位の推定結果を必要とする災害対応業務等への展開は限定的である。

筆者らは、狭域防災情報サービス協議会として、平成26年8月広島土砂災害以降の主な災害において被災状況マップを提供している¹⁵⁾¹⁶⁾。被災状況マップは、マルチハ

ザードを対象とし、Web上で作成され、運用フローの標準化も進んでいるが、被災前後画像を比較するスワイプと呼ばれるアプリケーションによる目視判断に依存する情報提供にとどまっており、利用者が、情報をダウンロードし、2次加工し、活用できる仕組みには至っていない。

本研究は、様々な災害対応機関が応急対応期に、被災の全体像を把握し、救急救命や避難者に関する支援、被災者生活再建支援の準備段階等に幅広く活用可能な情報を迅速に作成・提供する方法を手順化しシステム化することにより、日本の災害レジリエンス¹⁷⁾向上に資することを目的とする。

2. 研究の概要

本研究では、これまでに狭域防災情報サービス協議会が作成・公開してきた目視判断により被災状況を把握できる被災状況マップを発展させることとする。

被災状況マップは、図1の例のように被災前後画像のスワイプアプリにより、被災前後の地形や地物の変化箇所を目視判断により把握ができる仕組みとしている。



図1 平成29年九州北部豪雨の被災前後画像スワイプアプリ

目視判断だけではなく、判読結果を推定被災エリアとして入力する機能を追加することにより、被災前後画像スワイプアプリを発展させ、推定被災エリア判読アプリとすることが可能であると考えた。推定被災エリアとは、マルチハザードを対象とした被害が発生したと推定したエリアとする。水害時の洪水流到達範囲や、土砂災害時の斜面崩壊エリア、大規模火災時の焼失範囲、地震時の全壊範囲、津波時の流失範囲、火山噴火時の火砕流到達範囲、竜巻発生時の被害範囲等が対象となる。

推定被災エリア判読アプリは、クラウドGIS基盤上に設定することにより、インターネットに接続された汎用的なWebブラウザを利用し、誰でも、いつでも、どこからでも判読作業が可能となる。被災地外の遠隔地でも多人数による判読、判読結果入力を実施することで迅速かつ効率化的に推定被災エリアを作成することが可能となる。

なお、GISと空中写真や衛星画像を用いて災害被害を判読する業務は、長年多くの研究者や技術者により行われてきた。横山らは噴火被害の判読について論じており、杉戸らは東日本大震災の津波被害を判読し、秋山らは雪崩被害の判読について検証した²²⁾²³⁾²⁴⁾。こうした既往研究の多くは、専門家がスタンドアロン環境の専用ソフトや図化機と呼ばれる専門的な機材を用いて行う高度な技術を検証したものであり、専門家ではない多人数が遠隔地からクラウドコンピューティング基盤上で一般のWebブラウザを使って判読作業を行うことで作業の迅速化を

図る本研究とは目的が異なる。また、2005年から2008年にかけて渡辺や五関らは、遠隔地のボランティアがWebGIS上で空中写真から災害被害判読を行うプロジェクトを実施している²⁵⁾²⁶⁾。しかし当時は、システム構築作業が不要で、簡単な設定のみで素早く利用を開始できるクラウドGISは一般に普及しておらず、オンプレミス環境にサーバーを構築する事から始めなければならなかったため、作業の迅速化には限界があった。また、地理院タイルのような、標準化された手続によりWeb上で自由にマッシュアップ可能な空中写真が災害発生から数日で利用可能になるサービス等もなく、本研究とは前提条件が異なる。

推定被災エリア判読アプリをととして作成された推定被災エリアは、建物データとクラウドGIS上で重ね、空間検索処理を実行することにより、推定被災エリアと重なる建物のみを推定被災建物データとして抽出することが可能である。空間検索処理とは、複数のレイヤの包含関係、隣接関係等により意図するデータを検索、抽出する機能である。デジタル住宅地図に含まれる建物データには属性情報として住所情報が格納されているため、抽出された推定被災建物データは、間接位置情報である住所情報リストとしても利用可能である。

推定被災住所リストは、WebからCSVファイル形式でダウンロード可能にすることで、災害対応機関の担当者が自身の表計算ソフト等に取り込んで様々な応用が可能になる。例えば、被災自治体の担当者が避難行動要支援者情報と突合して安否確認等に活用することも想定される。また、住民基本台帳に格納されている住民情報と突合することで推定被災世帯リストを作成し中長期的な避難所や仮設住宅の量や期間を推定することも可能である。

推定被災建物情報は、大規模災害発生後に必ず実施される主要災害対応業務である住家被害認定調査の調査班や必要な応援職員や資機材の数を推定したり、罹災証明発行に必要な会場や体制、資機材の量の推定に利用できる。また、応急修理や公費解体等の被災者支援施策の計画にも応用可能である。

このように、狭域防災情報サービス協議会の被災状況マップを発展させ、クラウドGISを活用した災害時の推定被災建物情報の早期作成と提供を手順化しシステム化することにより、応急対応期に活動する様々な災害関連機関に対して付加価値の高い新しい情報を提供できると考えている。

本研究は、推定被災エリアの判読業務、推定被災建物の抽出業務、推定被災建物・住所情報の提供業務の3つの業務を手順化しシステム化する。平成29年九州北部豪雨災害を事例とし、3章で推定被災エリアの被災前後画像からの判読業務の手順化とシステム化を行う。4章では、被災建物および住所リストの推定業務の手順化とシステム化を行う。5章にて、推定手法の検証と推定被災情報の共有業務の手順化とシステム化を行う。6章では、5章までに確立した手順とシステムを平成30年7月豪雨災害で実践した結果を述べる。

3. 推定被災エリア画像判読業務の手順化とシステム化

(1) 災害発生後の画像の収集

推定被災建物・住所情報を作成するには、まず被災後の被災地の状況を把握できる情報の収集が必要不可欠となる。こうした情報は、応急対応期特有の内容的ニーズと時間的ニーズを適切なバランスで満たさなければなら

ない。災害発生後数日の間に応急危険度判定調査が行われるが、これは2次被害を防ぐための建物の危険度を判定する調査である。また、応急危険度判定調査結果がデータベース化され、迅速に公開されたことはない。建物被災程度が把握できる調査として基礎自治体により住家被害認定調査が実施されるが、発災後数週間から1ヶ月程度の時間を要するため、応急対応期における推定被災情報の時間的ニーズを満たさない。

情報の時間的ニーズと内容的ニーズを満たす技術として、リモートセンシング技術の進化が注目されている。特に最近の災害では、国土院が航空機やドローンを使って撮影した画像を比較的安定的かつ早期に撮影している。これは、国土院自ら撮影するだけでなく、「災害時における緊急撮影に関する協定」により民間企業と協力体制を築くことで迅速性、安定性を強化している。撮影された画像は、オルソ処理、モザイク処理、タイル処理と呼ばれる処理が施されGIS等で利用しやすいデータに整備された後、様々な情報システムでオープンに相互運用可能なXYZ方式と呼ばれる標準形式により地理院タイルとして公開されている¹⁸⁾。これにより、その後の様々な分析作業や他組織との連携が著しく迅速化されている。本研究では、例外的に他の情報源を利用する場合を除いては、基本的な情報源として地理院タイルを利用することとした。例外の事例としては、狭域防災情報サービス協議会がこれまで公開してきた被災状況マップにおける平成27年5月口永良部島噴火、平成28年糸川大火がある。平成27年5月口永良部島噴火では、最も早期に汎用的なクラウドGIS基盤であるESRI社ArcGIS Onlineに取り込める形式で公開されたLandsat衛星画像を利用し、平成28年糸川大火では、地理院タイルが撮影されなかったため測量民間会社撮影の空中写真群(斜め)をESRI社Drone2Map for ArcGISでオルソ処理を行い、利用した。

(2)画像判読アプリの開発

前章で述べた被災前後画像スワイプアプリは、被害の概況を理解するには十分な情報であるが、前述のように災害対応業務への応用は限定的である。応急対応期の情報に求められる時間的ニーズとして鮮度があり、内容的ニーズとして粒度、精度がある。鮮度は現実と情報の時差でありリアルタイムに近いほどその鮮度が高いと言える。粒度は情報の細かさであり、広域の被災後画像より被災エリア、被災エリアより被災建物、被災建物より被災者または世帯の情報の方が粒度が高く情報価値も高くなる。精度は、情報の正確性であり、災害被害情報を例にとると、平時の想定情報、発災後の推定情報、現地調査による認定情報などがあり後者ほど精度が高い。この時期(応急対応期)の情報に求められる優先度としては鮮度、粒度、精度の順である。被災前後画像スワイプアプリは、鮮度は十分であるが、業務で有効活用するにはより高い粒度の情報が必要とされる。そこで本研究では、被災エリアの情報作成を目的とし、被災前後画像スワイプアプリを搭載した被災エリアを判読するための被災エリア判読アプリの開発をおこなった。

画像判読アプリを開発するためには、判読結果を保存するデータの定義が必要である。判読データのジオメトリ(幾何)情報はGISのポリゴン(面)・フィーチャクラスを利用し、表1に示す属性項目を設定した。

ハザードの種別に関する判読結果項目は、「洪水流到達範囲」と「土砂崩壊地」の二択とし、データの使いやすさに考慮し「その他」等の曖昧な値は排除した。判読者から利用者への伝えたいメッセージがある場合は「判

読メモ」項目を利用する仕様とした。

表1 被災後画像判読ポリゴンデータの設計

項目No.	項目名	エイリアス	型	入力方法
1	ObjectID	ObjectID	OID	自動入力
2	Shape	Shape	Polygon	始点・頂点: クリック 終点: ダブルクリック
3	Interpreter	判読者	文字列	キーボード
4	Memo	判読メモ	文字列	キーボード
5	Results	判読結果	文字列	ドメイン (選択) ・洪水流到達範囲 ・土砂崩壊地
6	Shape_Area	面積	数値	自動入力
7	Shape_Length	周長	数値	自動入力
8	CreationDate	作成日	日付	自動入力
9	Creator	作成アカウント	文字列	自動入力
10	EditDate	最終更新日	日付	自動入力
11	Editor	最終更新アカウント	文字列	自動入力

ObjectIDは、ポリゴン毎にユニークなIDでシステムから自動発番される。Shape項目はGISに特有の項目でジオメトリと呼ばれる幾何情報(ここではポリゴンの構成点のXY座標群)を保持する。判読者と判読メモはキーボード入力し、判読結果はドロップダウンリストから選択する設定とした。面積、周長、作成日、作成アカウント(ログインしたアカウント)、最終更新日、最終更新アカウントは自動的に情報登録される。

画像判読による推定被災エリアポリゴンの作成は、情報の精度より鮮度を優先する方針に基づいて、遠隔地から作業できるWebシステムを構築し、多くの人が参画できる人海戦術方式を採用した。ここでは、大学機関の協力のもと、GISの技術レベルは限定しない形で大学院生を判読者とした。判読者を専門家に限定したり、判読場所を特定の場所に限定することなく、いつでも、どこでも、インターネット接続可能な人的資源さえ集められれば、簡易なトレーニングのみで画像判読による推定被災エリアポリゴンの作成を開始できる仕組みを目指した。

判読に利用するアプリは、ArcGIS OnlineのWebマップ上に、判読結果ポリゴン、建物ポリゴン、判読範囲ポリゴン、標準地域3次メッシュポリゴン、被災後画像、被災前画像をレイヤとして設定した。

建物ポリゴンは初期画面では非表示とし、判読者が建物データを確認したい場合のみ表示できるように配置した。判読範囲ポリゴンは、判読プロジェクトの範囲をしめすものである。標準地域3次メッシュは、昭和48年7月12日行政管理庁告示第143号による標準地域メッシュのうち一辺の長さが約1kmのメッシュであり、メッシュ番号を各学生への判読範囲の割り当てに利用した。各判読者の判読範囲は、判読範囲ポリゴンの内側で、かつ自分に割り当てられた番号のメッシュの内側ということになる。判読ポリゴンを入力する際は、このメッシュや判読範囲ポリゴンの境界線で分割するルールとした。複数人での同時に判読作業が実施されることを想定し、判読エリアを割り当てることで、効率的な判読作業を実施することができる。

上記のマップを設定した判読アプリは、ESRI社Web AppBuilder for ArcGISにて構築し、図2で示すツール群を設定した。

画像判読アプリを立ち上げた際の初期画面で操作手順を確認できることとし、ツールの一つに操作手順書を配置して、いつでも手順書を参照できるようにした。地図の操作は、拡大、縮小、初期表示範囲へ戻る、で行う。住所検索では入力した住所に地図を移動することができる。表示レイヤ切替ツールにより、不要なレイヤを非表示にしたり再表示したりできる。判読作業は、前後画像スワイプツールで被災前後画像を観察して変化箇所を識

別することから始まる。判読ポリゴン編集ツールは、ポリゴンのジオメトリ（幾何）入力と更新、属性の入力と更新、ポリゴンの削除を可能とし、判読した推定被災エリアはこのツールで入力・修正する。作業進捗確認ツールは、判読者別の判読面積をパイチャートで表示する。プロジェクト管理者には、遠隔による多くの人の参画及び作業状況を管理し、限られた時間でデータを作成する事が求められる。図3には、全体の作業を管理する目的で、判読作業管理アプリを開発した。本アプリは、ESRI社 Operations Dashboard for ArcGISを利用した。左上のパイチャートは、割り当てられた3次メッシュの総数と完了した数の比（進捗率）をしめす。その下のパイチャートは、洪水と土砂の判読結果の比率を判読面積（中段）と判読箇所数（下段）でしめしている。

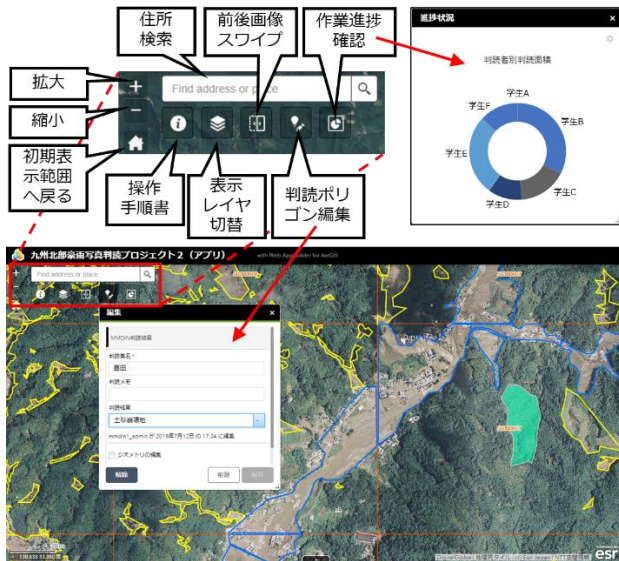


図2 推定被災エリア判読アプリとツール群

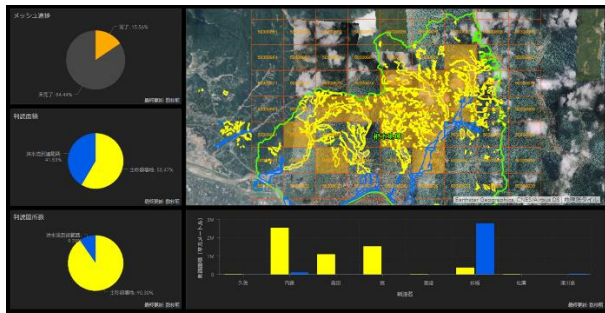


図3 判読作業管理アプリ

また、マップ下のバーチャートは、判読者別、判読結果別の判読面積を示し、判読者別に進捗を管理することができる。マップ上では、判読結果に加え、判読が完了したメッシュは網掛け表示され、進捗状況が面的に把握できる。

本章では、推定被災エリアの画像判読業務を手順化およびシステム化を行った。これにより、従来は専門家がスタンドアロン環境で専用ソフトを使って行っていた画像判読業務を、多数の非専門家が遠隔地からWeb上で仮想チームを結成して迅速に行う事が可能となった。本研究で提案する手法は、クラウド基盤を利用するため専用ソフトのインストールなどのシステム構築作業（前工程）が不要となり、一つのデータに対する共同作業となるためデータ統合作業（後工程）も不要となり迅速性に優れ

る。また、広域災害になるほど多くの判読作業が必要になるが、従来の手法では専門家の数や専門ソフトの環境も限られ作業量の拡大には限界がある。本システムでは、Webブラウザさえあれば作業者を容易に増やす事が可能であり、作業量の拡張性も著しく改善する。表2では、新しい手順と従来の手順を比較した。

表2 新判読手順と従来の手順の比較

	業務フロー			迅速性	拡張性
	1システム構築	2画像判読	3データ統合		
従来手法				×	×
新手法	不要		不要	○ 前工程と後工程が不要	○ ブラウザのみで参加可能

4. 被災建物・住所の推定業務の手順化とシステム化

(1)被災建物の推定

画像判読アプリを利用することで、被災前後画像から推定被災エリアを判読することができる。次のステップとして、その情報粒度を更に高めるため、推定被災エリアに含まれる建物を抽出する手法を検討した。本研究では、日本全国で発生する災害を想定し、建物データの網羅性が比較的高く、住所情報を属性として格納しているGEOSPACEの建物形状データを利用した。ArcGIS Online上のWebフィーチャ・レイヤ形式の推定被災エリアポリゴンから、ローカルディスク上のファイル・ジオデータベース形式の建物ポリゴンを抽出する処理には、汎用的なGISの空間的な包含関係、隣接関係等処理する空間検索機能を利用した。図4に前章で作成した推定被災エリア（青の洪水流到達範囲と黄の斜面崩壊地）を使って抽出した推定被災建物（赤）の例を示す。白線で示されているのは抽出されなかった建物である。空間検索の条件は、一部でも浸水エリアと重なる建物がすべて抽出されるよう「交差する」を使用した。

なお、インターネット上に国土地理院や他機関から推定被災エリア判読データ、またはそれに代用可能なデータが早期に公開された場合は、本研究の判読プロセスを省略し、外部から入手した推定被災エリアのポリゴンデータを使って推定被災建物を抽出することも想定している。



図4 推定被災エリア（青と黄）を使って抽出された推定被災建物（赤）

(2) 推定被災住所リストの作成


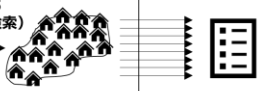
抽出された推定被災建物の属性に含まれる住所リストの例を表3に示す。抽出した建物データに含まれる住所情報は、CSVファイルでダウンロードし表計算ソフトで利用されることを想定している。被災した自治体において応急対応期に推定被災建物住所リストが利用可能になることで、住民基本台帳データ等と突合して被災世帯や避難行動要支援者を推定したり、その世帯構成員を合計して被災人口総数を推計すること等が可能になる。被災した自治体では、住家被害認定調査が実施され、より詳細な被災建物情報が整備される。住家被害認定調査結果が精度を重視した情報であるのに対し、応急対応期の推定被災建物情報・住所リストは鮮度を重視した情報となり、早期に被害の全体像を把握し、その後の被災者支援のための様々な施策立案、計画策定に活用できる情報となる。

表3 推定被災建物の住所リストの例

Kanj_Tod	Kanj_Shi	Kanj_Ooa	Kanj_Aza	Address1	Address2	Address3
福岡県	朝倉市	杷木	池田	748	10	
福岡県	朝倉市	福光		614	1	
福岡県	朝倉市	福光		429		
福岡県	朝倉市	杷木	寒水	107	4	
福岡県	朝倉市	杷木	林田	632	9	
福岡県	朝倉市	杷木	寒水	611		
福岡県	朝倉市	杷木	林田	859	6	
福岡県	朝倉市	杷木	志波	3373		
福岡県	朝倉市	杷木	松末	832		
福岡県	朝倉市	杷木	古賀	1842		
福岡県	朝倉市	杷木	星丸	1168	9	
福岡県	朝倉市	福光	坂井	250	1	
福岡県	朝倉市	福光		643	2	
福岡県	朝倉市	福光		248		

本章では、3章で判読した推定被災エリアから推定被災建物・住所情報を作成する業務の手順化とシステム化を行った。これにより、従来は画像や被災エリアなどの面的な情報に留まっていた発災直後の被災情報を、建物や住所リストという被災者支援に直結する点の情報として公開する事を可能とした。表4に推定被災建物・住所情報を提供する事の意義を示す。従来の推定被災エリアのみの提供の場合、被災地での活用は地図上で可視化して概況を理解するなどに限られていた。推定被災建物を提供することで、仮設住宅の戸数や住家被害認定調査員の必要人数など、より具体的な業務計画に活用が広がる。更に推定被災住所リストも公開することで、住所情報を含む他の情報と突合してより付加価値を高める事ができる。住民基本情報や避難行動要支援者情報、避難所の避難者リストと突合する事で、安否確認を行ったり、被災者一人一人の状況に配慮した支援などができるようになる。

表4 推定被災建物・住所情報を提供する意義

	従来	本研究
公開情報		
活用範囲	被害の概況を地図上で可視化する等限定的	被災建物の概数を知る事で仮設住宅の戸数や調査員の必要人数などを計画可能

5. 推定手法の検証と推定結果の共有

本章では、3章で述べた推定被災エリアの画像判読手法、4章で述べた被災建物・住所の推定手法を検証した。GISに係わる非専門技術者がWeb上で複数名参加し、遠隔地からインターネット接続を経由して被災前後画像判読をおこない推定被災建物情報・住所リストを作成する手法を、平成29年九州北部豪雨災害を事例として検証した。本検証では、クラウドGISであるArcGIS Online上に判読アプリを設定し、本作業の経験がない大学院生7名が自宅等の遠隔地から各自のパソコンのWebブラウザからサイトにログインし、判読アプリを使って被災エリア判読を行った。本作業に関する特別なトレーニングは実施せず、判読アプリ内の操作手順画面にて操作手順やサンプル判読結果等を掲載し、判読中の質問対応等も受け付けなかった。判読は、朝倉市の杷木地域全域を対象に実施した。杷木地域は朝倉市への合併前の杷木町で、図3の緑線で囲まれた地域である。

図5および図6に本検証で利用した判読アプリに内蔵された操作手順書を示す。判読者は、まず手順1にて担当する3次メッシュに地図をズームインし、手順2で被災前後の画像を判読する。判読結果は手順3にてシステムに入力される。手順4、5にはサンプル判読例が示されている。手順6ではレイヤの表示切替機能、手順7には進捗確認ツールの操作が解説されている。

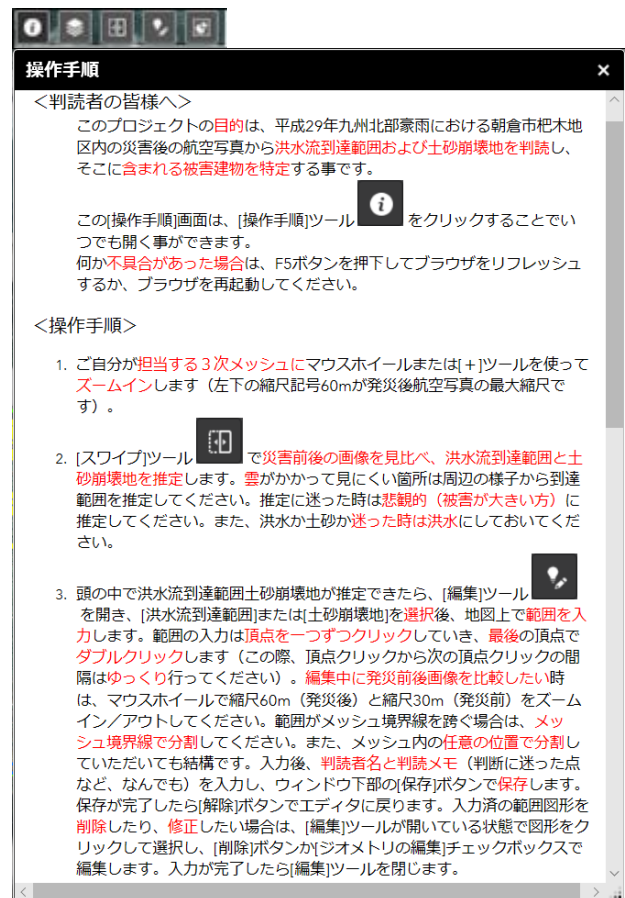


図5 判読アプリの操作手順1-3



図6 判読アプリの操作手順4-7

(1)推定被災建物数と朝倉市公表値との比較

本検証にて推定した杷木地域の被災建物の棟数と、朝倉市が公開している「平成29年7月5日の大雨による災害対応・被害状況（第350報）」¹⁹⁾内の同地域の浸水建物数を比較した。なお、本研究で利用しているGEOSPACE建物データは、車庫や小屋、納屋や蔵等の付属建物ポリゴンも含んでいるため、全建物を使って検証すると市の公開データと誤差が生じる。そこで図7に示すように、検証地域内のサンプルエリアの空中写真で目視にて推定した主要建物と付属建物の面積境界を調査した結果から、100平方メートル以下の建物を付属建物として除外する補正処理を行った。

表5に、被災建物数の比較結果をしめす。朝倉市が公表している杷木地域の被災建物数が950棟、本研究で推定した同地域の被災建物数が1,013棟で、一致率が106.6%となり、情報の精度より鮮度が優先される応急対応期の情報としては、利用価値が高い情報であることが検証できた。なお、本研究では、全壊、半壊等の家屋の被災程度を推定することは目的としていない。

(2)国土地理院判読ポリゴンとの比較

朝倉市が公表している被災建物数との比較に加え、国土地理院が同地域を判読して作成した推定被災エリアポリゴンとの比較検証も実施した。判読結果をマップ上で重ね合わせ比較したものを図8にしめす。表6には、その比較検証の結果を示す。

判読結果のマップ上で黄色い実線は本検証での判読結果をしめし、白い破線は国土地理院の判読結果をしめす。両者には多少の誤差はあるものの、建物に被害が発生しているであろう箇所はおおよそ一致していることが確認できる。推定被災エリア面積の総計と推定被災エリアに重なる建物数を比較した結果を表6にしめす。朝倉市杷木地域においての一致率は、推定被災エリア面積が95.0%、推定被災エリアに重なる建物数が121.4%であった。国土地理院の判読者、判読手法は公開されていないが、その結果は、非専門家による本手法の結果と概ね合致しており、応急対応期に必要とされる情報を迅速に作成する本手法は有効であると考えられる。

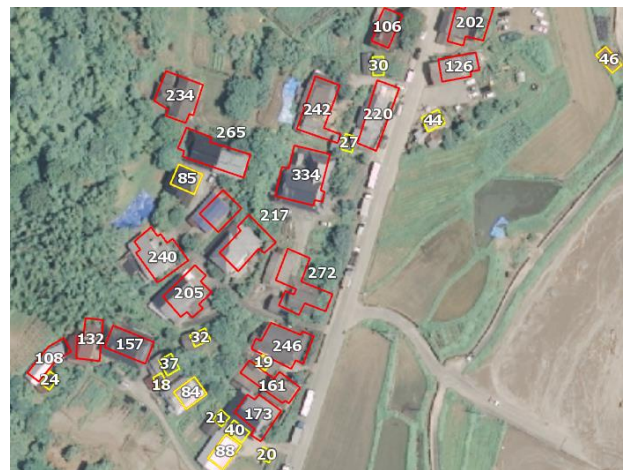


図7 付属建物除外のため目視推定した主要建物（赤）、付属建物（黄）、およびその面積（白文字）

表5 推定被災建物数と市公表値の比較

		朝倉市公表 (第350報)の 杷木地域の 被災建物数	本研究による 杷木地域の 推定被災建物数	一致率 (推定値/公表値)
住家	全壊	194	本研究の推定では 住家/非住家の区分、および 被災程度の区分は含まれません。	
	半壊	269		
	床下浸水	113		
非住家	全壊	123		
	半壊	178		
	床下浸水	73		
合計		950	1,013	106.6%



図8 本研究の判読結果（黄色実線）と国土地理院の判読結果（白色破線）

表6 推定被災エリアと国土地理院推定の比較

	国土地理院 正射画像判読図 (朝倉・東峰地区)	本研究の判読手法 による 推定被災エリア	一致率 (本研究/地理院)
推定被災エリア面積 (km ²)	8.74	8.30	95.0%
推定被災エリアに重なる建物数	834	1,013	121.4%

(2) 推定被災建物・住所リストの共有

ここまで、クラウドGISを活用し、被災後の画像を迅速に取込み、非専門家がWebブラウザを使って遠隔地から判読することで推定被災建物情報を迅速に作成する手法を手順化し、システム化した。この情報を必要としている被災自治体や災害対応、被災地支援に係わる関連機関に迅速に提供するには、ハードウェアや基盤ソフトを準備する時間とコストを省略できるクラウドGISを活用するのが最適であると考えている。ここでは、インターネット接続があるWebブラウザさえあれば、いつでも、誰でも、どこからでも利用できるクラウドGISプラットフォームに抽出した推定被災建物・住所リストを共有する仕組みを構築した。

情報を分かりやすく伝えるための可視化、かつ活用の幅を広くするためのデータ共有を目指し、推定被災建物はWebマップ上に表示し、その住所リストはCSVファイルとしてダウンロードできる仕様とした。図9に推定被災建物・住所情報共有アプリをしめす。本アプリのマップ部で赤く示されているのが推定被災建物である。ズームイン・アウトすることで推定被災建物と洪水到達範囲（青）や土砂崩壊地（黄）の位置関係を明確に理解でき、建物をクリックすることで住所属性を確認することも可能となっている。

図9の提供アプリの下部にしめされているように、アプリ最下部の矢印ボタンをクリックすることで属性テーブルを開くことができる。図10に示すように推定被災建物の属性テーブル内の「オプション」メニューに「すべてをCSVにエクスポート」する機能を実装した。これにより、推定被災住所リストをダウンロードし表計算ソフト等に取り込むことで、住民基本データや様々なデータと突合して新たな情報を得る等、災害発生後の幅広い活用にご貢献できると考えている。

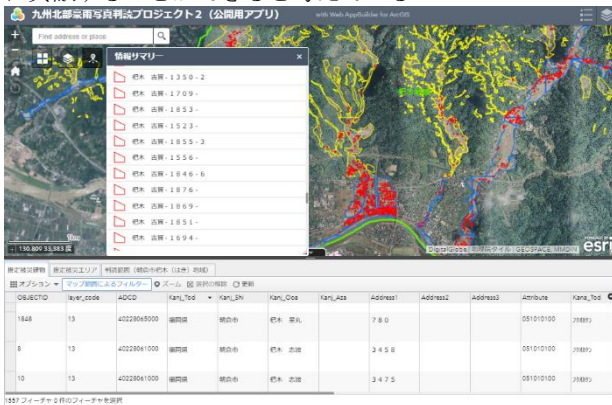


図9 推定被災建物情報共有アプリ

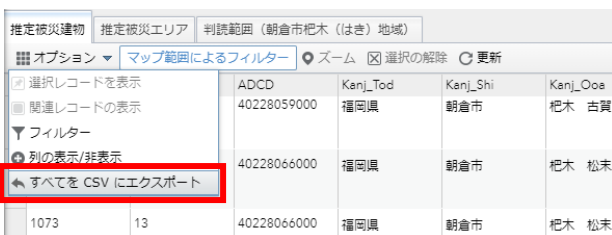


図10 推定被災住所リストのCSVエクスポート機能

6. 平成30年7月豪雨災害における実践と実装

筆者らは、狭域防災情報サービス協議会をとおして、本研究で開発した手法を平成30年7月豪雨災害において実装、実践し、発災3日後の7月11日から情報提供を開始した。図11のように、倉敷市真備地区、愛媛県大洲市、広島県坂町周辺、呉市西部地区、三原市木原地区、三原市本郷町の一部、の6つの被災地について推定を実施し、被災前後画像スワイプアプリと推定被災建物情報・住所リスト共有アプリを作成して公開した²⁰⁾。



図11 平成30年7月豪雨災害における共有アプリ群

平成30年7月豪雨災害は、西日本を中心に、同時多発的に様々なハザード（洪水による湛水、土石流、斜面崩壊

等)被害が発生した。33都道府県において、人的被害、建物被害が発生し、広域災害となった²¹⁾。被害の全体像をつかむことが困難な中、国土地理院では、2018年7月10日に「平成30年7月豪雨 浸水推定段彩図(速報版) 岡山県倉敷市(2018年7月7日時点)」,2018年7月11日に「平成30年7月豪雨 浸水推定段彩図(速報版) 愛媛県大洲市(2018年7月7日時点)」を速報版として公開し、その後随時正射画像を公開した。本研究では、前述の平成29年7月九州北部豪雨を対象とした実証と同様のクラウドGISを基盤とした遠隔作業が可能な環境のもと、大学機関の複数の大学院生による画像判読、推定被災エリアの作成、そして被災建物・住所の推定を実施した。表7のように国土地理院の画像が公開された後、それぞれの地域において発災前後を比較し、被害の状況を把握できる被災前後画像スワイプアプリと推定被災建物情報・住所リスト提供アプリを公開することができた。

表7 情報公開日

被災地	本研究(公開日)	国土地理院(公開日)
倉敷市真備地区	2018年7月12日	2018年7月10日 平成30年7月豪雨 浸水推定段彩図(速報版) 岡山県倉敷市(2018年7月7日時点)
愛媛県大洲市	2018年7月12日	2018年7月10日 平成30年7月豪雨 浸水推定段彩図(速報版) 愛媛県大洲市(2018年7月7日時点)
広島県坂町周辺	2018年7月25日	2018年7月15日 平成30年7月豪雨 正射画像 広島坂町地区(広島県広島市・坂町など)(2018年7月9,11日撮影)
呉市西部地区	2018年7月25日	2018年7月15日 平成30年7月豪雨 正射画像 広島坂町地区(広島県広島市・坂町など)(2018年7月9,11日撮影)
三原市本原地区	2018年8月1日	2018年7月15日 平成30年7月豪雨 正射画像 竹原三原地区(広島県竹原市・三原市など)(2018年7月10,11,12日撮影)
三原市本郷町の一部	2018年8月1日	2018年7月15日 平成30年7月豪雨 正射画像 竹原三原地区(広島県竹原市・三原市など)(2018年7月10,11,12日撮影)

7. まとめと今後の課題

(1)まとめ

本研究では、様々な災害対応機関がより効果的な災害対応を行う上で必要としている情報が、応急対応期の被害の全体像を把握する情報、その後の災害対応の効率的な実施を支援する推定被災建物情報・住所リストとし、クラウドGISを利用して、これらの情報を早期に作成・共有する手法を開発した。

図12に本研究で得られた成果である情報処理の全体像をしめす。発災後数日で国土地理院の地理院タイル等の

相互運用可能な形式でインターネット上に公開される被災後のオルソ画像をクラウドGIS基盤に取り込み、被災前の画像と共に被災前後画像スワイプアプリを構築する。スワイプ機能と推定被災エリア判読の機能を備えた判読アプリを構築し、クラウドGIS上で遠隔地から非専門家による判読プロジェクトを実施する。この際、プロジェクト管理者は判読作業管理アプリで進捗などを管理する。次に、判読された推定被災エリアを使って建物データを空間検索することで、推定被災建物情報を作成する。推定被災建物情報とその属性に含まれる住所情報を共有アプリで公開し、マップ形式での閲覧およびCSV形式でのダウンロードを可能にする。

本手法は、平成29年九州北部豪雨災害を例に検証し、推定被災建物数は、基礎自治体の公表値や、国土地理院による推定被災エリアを利用した推定結果と比較し、5%から25%の誤差内で情報作成が可能であることがわかった。専門家と非専門家の判読スキルの違いによる誤差はあるものの、情報不足が課題となる応急対応期における情報誤差としては十分に許容できる範囲である。

また、本手法は平成30年7月豪雨災害発生後、検証結果にもとづき得られた成果をもちいて実践し、発災から3日後の7月11日から随時情報公開を開始し、計6地区の被災地について推定結果を公開することができた。

(2)今後の課題

本研究では、判読プロセスに参加した大学生に対して情報作成に関する決め事を記述した操作マニュアルのみで判読プロジェクトを実施したが、トレーニング内容の改良は推定データの品質向上に直結すると考えられる。e-ラーニングや動画を使ってWeb上で短時間により効果的なトレーニングを実施する方法について更なる研究が必要である。

また、九州北部豪雨を例にした検証では、朝倉市の杷木地域を対象に7名の判読者で実施した。災害規模が大きくなった場合や水害以外の災害での検証も実施する必要がある。

本研究は、推定被災建物情報に含まれる住所情報の共有を実装した実践的研究である。被災自治体を含む災害対応機関の中での情報活用についても調査、研究を進め、更に幅広い活用を目指してアプリケーション、共有データ等について研究を進める。

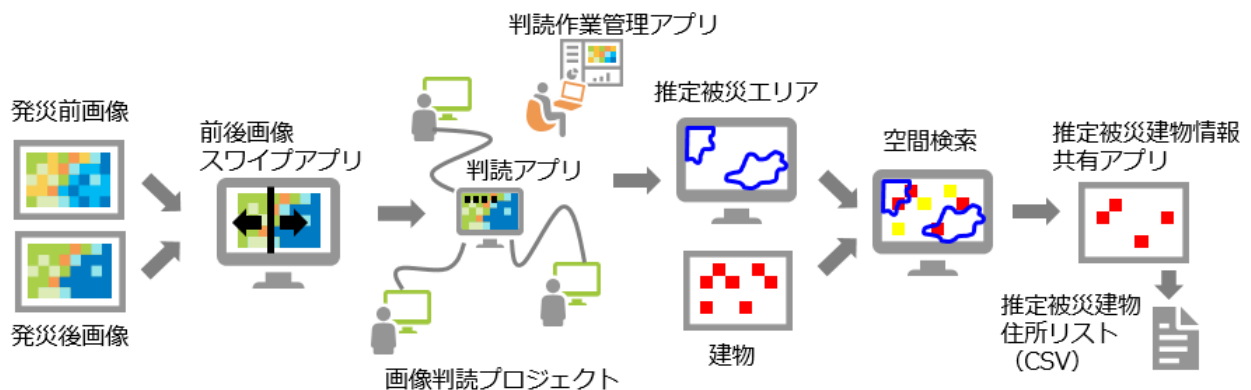


図12 推定被災建物情報・住所リストの早期作成・提供手法の概要図

参考文献

- 1) Alexander David, Principles of emergency planning and management, Harpended, Terra Publishing, 2002
- 2) 国土交通省ハザードマップポータルサイト(2018/8/15), <https://disaportal.gsi.go.jp/>
- 3) 中央防災会議, 首都直下地震モデル検討会議ホームページ(2018/8/15), <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/shutochokkajishinmodel/index.html>
- 4) 一般財団法人 気象業務支援センター ホームページ(2018/8/15), <http://www.jmbc.or.jp/jp/>
- 5) 一般財団法人 河川情報センター ホームページ(2018/8/15), <http://www.river.or.jp/>
- 6) マルチメディア振興センター, Lアラート ホームページ(2018/8/15), <https://www.fmmc.or.jp/commons/>
- 7) 井ノ口宗成, 田村圭子, 林春男, 被災者台帳に基づく包括的な被災者生活再建支援業務の実態分析—2007年新潟県中越沖地震における柏崎市を事例として—, 地域安全学会論文集, No. 13, pp. 453-462, 2010
- 8) 田村圭子, 井ノ口宗成, 濱本両太, 菊地真司, 林春男, 被災者生活再建支援業務の要件同定を目指した「岩手県被災者台帳」における7市町村の業務データ実態解析, 地域安全学会論文集, No.22, pp.67-77, 2014
- 9) 近藤民代, 越山健治, 林春男, 福留邦洋, 河田恵昭, 新潟県中越地震における県災害対策本部のマネジメントと状況認識の統一に関する研究—「目標による管理」の視点からの分析—, 地域安全学会論文集, No. 8, pp. 183-190, 2006
- 10) 浦川豪, 林春男, 大村径, 災害対策本部における状況認識統一のための主題図作成支援ツールの開発, 地域安全学会論文集・CNo. 14, pp. 99-109, 2011
- 11) 浦川豪, 林春男, 藤春兼久, 田村圭子, 坂井宏子, 2007年新潟県中越沖地震発生後の新潟県災害対策本部における状況認識の統一, 地域安全学会論文集, No.10, pp.531-532, 2008
- 12) 井ノ口宗成, 田村圭子, 古屋貴司, 木村玲欧, 林春男, 緊急地図作成チームにおける効果的な現場型空間情報マッシュアップの実現に向けた提案—平成23年東北地方太平洋沖地震を事例として—, 地域安全学会論文集, No. 15, pp. 219-229, 2011
- 13) 中村 洋光, リアルタイム地震被害推定システム (J-RISQ) の開発, 表面科学 Vol. 37, No. 9, pp. 457-458, 2016
- 14) リアルタイム地震被害推定システム (J-RISQ) ホームページ (2018/8/15), <http://www.j-risq.bosai.go.jp>
- 15) 須藤 三十三, 濱本 両太, 浦川 豪, 発災後の状況認識統一のための「被災状況マップ」公開と対象ハザード拡張の取組について, 地域安全学会梗概集 (CD-ROM), Issue40 ROMBUNNO.A - 140, 2017
- 16) 狭域防災情報サービス協議会ホームページ(2018/8/15), <http://www.mmdin.org/>
- 17) 林春男, 災害レジリエンスと防災科学技術, 京都大学防災研究所年報, 第59号 A, pp.34-45, 2016
- 18) 国土地理院, 地理院タイル ホームページ(2018/8/15), <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>
- 19) 朝倉市, 平成29年7月5日の大雨による災害対応・被害状況 (第350報), 朝倉市ホームページ, 2018 <http://www.city.asakura.lg.jp/www/contents/1474980325813/index.html>
- 20) 狭域防災情報サービス協議会・平成30年7月豪雨公開ページ(2018/8/22), <http://mmdin1.maps.arcgis.com/home/group.html?id=024a779adea447268bcd98c73601a5f&start=1&view=list#content>
- 21) 内閣府防災情報のページ 平成30年7月豪雨による被害状況等について(2018/8/22), <http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/index.html>
- 22) 横山雄介, 吉野邦彦, 空中写真判読とGISによる三宅島農地復興のための噴火被害状況把握, 農業土木学会論文集No. 233, pp.67-73, 2004
- 23) 杉戸信彦, 松多信尚, 後藤秀昭, 熊原康博, 堀和明, 廣内大助, 石黒聡士, 中田高, 海津正倫, 渡辺満久, 鈴木康弘, 空中写真の実体視判読に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の津波浸水域認定の根拠, 自然災害科学JJSNDS 31-2, pp.113-125, 2012
- 24) 秋山一弥, 関口辰夫, 空中写真判読による雪崩の特徴と発生規模・発生数の関係, 雪氷 (日本雪氷学会) No.75, pp.3-17, 2013
- 25) 渡辺隆, ボランティア組織による災害GIS情報作成活動, 地域安全学会梗概集No.16, pp.65-68, 2005
- 26) 五関利幸, 加藤千賀子, ボランティア組織による災害GIS情報作成活動～航空写真判読によるブルーシートマップの作成～, 地域安全学会梗概集No.22, 2008

(原稿受付 2018.8.24)

(登載決定 2019.1.12)