

広域災害時における空撮画像からの道路被害把握システムに関する研究 A Study on Aerial Image-Based Road Damage Estimation System in Wide-Area Disasters

○福元恭平

○Kyohei FUKUMOTO

Road damage due to disaster can cause serious problems to disaster response, especially in a large-scale disaster when resources are limited. To realize efficient road restoration, road damage information must be collected swiftly. However, such tasks are done by manual patrolling in Japan, and automatic method for remotely collecting road information is necessary, considering labor force shortage and safety. We proposed a system that can extract road damage caused by collapsed house debris from aerial images, as well as assess the road's passability. 4 methods were introduced as core technologies of such a system; a GIS-based algorithm that can extract image patches around road from wide-area aerial images, an image classification model that identifies intact and damaged image patches, a semantic segmentation model that predicts damaged region mask within the image patches, and another GIS-based algorithm that assesses road passability from the predicted damage masks. In this study, we built these components and discussed their performance as well as challenges. (160 words).

1. 研究背景

大規模災害時に道路が被災すると、その後災害対応等を行う上で深刻な問題を引き起こす。道路上の被害のうち、特に路上の家屋瓦礫は家主の承諾なしに撤去することができず、家主と連絡が取れないなどの事態も発生しうるため、非常に復旧に手間のかかる被害である。このような被害が幅員の狭い生活道路で起こると、長期間車両通行に支障をきたすと考えられることから、早期に被害把握を行うことが極めて重要である。



図 1：人力巡回による道路被害把握の課題と提案する解決策

現状、道路の災害被害把握は行政職員や工事業者による現場巡回で行われている。しかしながら、これにはリソース不足と安全確保という 2 つの課題が付きまとう。まず、災害対応で主要な役割を果たす市町村において平時から土木系技術職員の人員不足に陥っているところがあり、さらに大規模災害時に行政職員、工事業者も被災するため、不十分なリソース下で巡回作業を行わなけれ

ばならない。また、巡回時に道路の両側が寸断された場合、寸断部より先に人間が行くことはできないため、その先の被害調査が安全上困難になってしまう。このように人力巡回には課題があり、情報システムを用いた解決策が考えられる。具体的には、外部協力者や内勤行政職員が遠隔で被害情報を収集できるようになれば、現場における被害調査の負担および危険の削減につながると思われる。(図 1)。

さらに、このようなシステムは、災害対応におけるリソース管理の改善にも寄与する可能性がある(図 2)。例えば、行政が「外部応援を呼ぶべきか否か」を適切に判断しないと受注者が多すぎて競合あるいは少なすぎて過剰な負担をかけることになる、という問題がある。これについては、工事業者のリソース量の把握はもちろんのこと、行政が啓開・復旧に必要なリソースを把握している必要がある。そこで、当該システムによって収集された道路被害情報と、各道路における復旧所要期間、復旧効果の推定といった、他の分析結果を組み合わせ活用することが考えられる。これにより、外部協力者、とりわけ研究者が県や市に対して助言を行う際の基礎資料として位置づけることができる。このような助言に基づいて、行政職員はどの道路を優先的に啓開・復旧するべきか、必要なリソースがどのくらいか、という情報を研究者の後ろ盾のもと得て、それを証拠に工事業者

とリソース管理の議論を促進できると思われる。そういった協議を行うためにも、当該システムによって「どこに被害があるか」という情報をまず明らかにしなければならない。

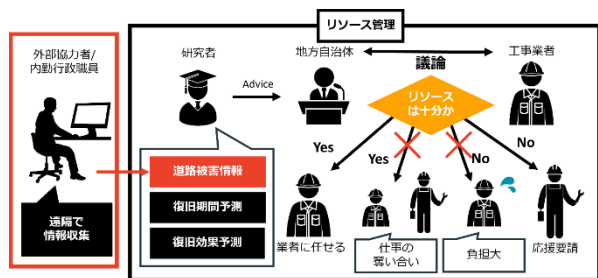


図 2: 道路復旧リソース管理への活用可能性

また、被害があった道路の通行可否は非常に重要であり、迂回路を設置する必要性、すなわち災害対応に要する時間やコストに影響する。したがって、倒壊家屋による道路被害を把握する際には、道路が①被害なし、②被害ありだが通行可、③被害ありで通行不可、の3クラスのどれなのか、という情報を、4m（建築基準法）の基準に基づき明らかにしなければならない（図 3）。

被害有無	被害なし	被害あり	
通行可否	被害なし	通行可	通行不可
	道路	4m	道路
迂回路必要性	No	No	Yes

図 3: 道路上の建物被害の有無と通行可否の分類

2. 研究目的

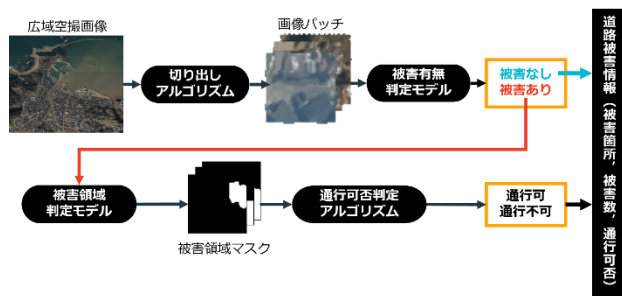


図 4: 本研究で提案するシステム

本研究では、空撮画像から家屋倒壊による道路被害を検出し、被害数、被害位置、通行可否の情報を取得するためのシステム（図 4）について検討した。提案するシステムでは、まず入力として広域空撮画像をシステムに与え、GIS アルゴリズムによって道路周辺の画像パッチのみを抽出する。次に、各画像パッチを画像分類モデルによって「被害あり」「被害なし」のクラスに分類する。その後、「被害あり」に分類された画像をセマンティックセグメンテーションモデルに入力し、画像パッチ中の被害の範囲を特定する。こうして特定した被

害領域を GIS アルゴリズムに入力し、「通行可」「通行不可」クラスにさらに分類する。このようにして各画像パッチを分類した結果を集計し、被害数、被害位置、通行可否をまとめた情報を最終的に出力する。本研究においては、このシステムの要素技術である切り出しアルゴリズム、被害有無判定モデル、被害領域判定モデル、通行可否判定アルゴリズムの4つを構築し、その効果・性能と課題を明らかにすることを目的とする。

3. 結果と考察

第一に切り出しアルゴリズムでは、令和6年能登半島地震の災害画像に適用できることを確認した。一方、データ管理の都合上生じる「見切れ」や、天候、撮影条件の不一致などが課題となった。第二に被害有無判定モデルを訓練しその性能を評価したところ、正解率 0.80 を得た。また、影の多い画像や瓦礫が屋根で隠れて見えない画像については、当該モデルでは分類が難しいということが明らかになった。第三に、「被害あり」の画像パッチについて、被害領域判定モデルを訓練して画像中の被害について領域分割を行った。結果として mIoU 0.55 を得、学習過程でも過学習傾向が見られたため、十分な汎化性能を得るに至らなかった。災害画像特有の特徴が原因というよりは画像の解像度の粗さが疑わしく、今後の空撮画像における解像度向上が期待される場所である。第四に、領域分割で予測された被害マスクから、通行可否判定アルゴリズムによって各道路リンクの通行可否を判定した。正解マスクによる通行可否と予測マスクによる通行可否を比較した結果 mIoU は 0.372 となり、過大評価、過小評価両方が存在することが明らかになった。特に、正解マスクと予測マスクの位置がおおむね合っているにもかかわらず、正解マスクの被害幅が小さい場合には被害が過小評価され、通行可と誤判定される可能性が浮かび上がった。最終的な通行可否判定精度の向上には、入力となる被害領域判定モデルの段階で被害位置および被害領域の形状を正確に認識させることが重要であると示された。以上、被害把握システムにおける4つの中核技術の有効性と課題について議論した。これらの課題および本手法が頼る一定の仮定条件が効かない場合に対応するため、今後技術面でもデータ面でも更なる発展が必要とされる。