

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	藤田 翔乃
論文題目	高解像度空撮画像・映像を用いた建物被害検出モデルの開発		
(論文内容の要旨)			
<p>地震災害などの災害対応において、建物被害情報は市町村などの災害対応業務にとって重要な情報である。日本では、過去の地震災害では多くの建物被害が生じており、将来の大規模災害でも深刻な被害が予想されている。しかし、発災時に人員が不足し、乱雑に情報が溢れる対応機関において、広域に存在する建物の被害情報を収集することは容易ではない。本研究では、その取得の容易さから近年多くの機関が利用している空撮画像・映像から、深層学習による画像認識技術を用いて建物被害を検出することを試みている。</p> <p>さらに、災害対応時に利用する機械学習モデル特有の問題点を論じ、その中でもデータの課題に対する学習方法と開発方針をまとめた。本研究での建物被害検出モデルの開発時には、その方針である①学習データを豊富にする、②学習データの作成を迅速に行うことを考慮して、いくつかの工夫が施されている。</p> <p>第3章では、空撮画像を建物データでトリミングした画像を用いて、深層学習により被害の有無とブルーシートの有無を判別した。</p> <p>第4章では、第3章において高い精度で屋根被害の有無を検出できたことから、被害認定調査における屋根調査の迅速化と正確化を目的として、空撮画像を用いて屋根損傷率を自動で算出するモデルを開発し、推測された屋根損傷率の評価と被害認定調査における本モデルの利用方法を提案した。さらに、敵対的生成ネットワーク (Generative Adversarial Networks, GAN) によるデータ合成を用いて、学習データ追加の有効性を評価した。</p> <p>第5章では、第3, 4章のようなオルソ画像では倒壊建物の検出が難しいため、斜め視の空撮映像からMultiple-Object Tracking (MOT)モデルを用いて倒壊建物、被害建物を検出するモデルを開発した。モデルの精度と定性分析や開発過程から課題を抽出し、さらに改良モデルを開発した。現状利用できる被害関数より高い精度で倒壊建物数を推計することができ、より詳細な被害状況を推測することができることを示した。また、撮影シミュレーションにより改良前である倒壊建物検出モデルの精度が向上するような、ドローンの撮影方法を分析した。</p> <p>第6章では、災害対応と機械学習システム特有のデータに関する問題点に対応するために、第3章～5章のモデル開発の際に行った工夫をまとめ、他のモデルでも適用できるようにその理想的なフローを考察した。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究では、災害時の対応業務において災害直後から復旧・復興時期まで必要とされる建物被害状況を、被害認定調査の屋根調査、応急危険度と廃棄物処理の計画作成という具体的な業務を想定し、空撮画像・映像を用いて自動検出するモデルを提案・開発した。この開発過程や分析結果を通して、以下の主要な結論を得ている。

1) ドローンにより取得したオルソ画像を用いて、深層学習の画像認識により被害の有無とブルーシートの有無を判別できるモデルを開発した。既存の建物ポリゴンを活用し空撮画像をトリミングした個別建物の画像を深層学習の入力として用いることで被害判別モデルは、応急危険度判定や廃棄物処理計画での計画作成に有効な精度を確保できることを示し、屋根損傷率の算出可能性を示した。

2) 被害認定調査における屋根調査の迅速化と正確化を目的として、屋根損傷率を自動で算出するモデルを開発した。トリミングされた個別家屋の屋根画像を Instance segmentationモデルにより複数の屋根面に分割、深層学習により損傷程度で分類した後、面積比により統合することで屋根損傷率の算出を行った。従来方法との比較結果から提案モデルの推測では、30%の屋根画像が従来方法の地上から調査した場合より精度が高く、80%の屋根画像が従来方法と同等かそれより高い精度を持ち、20%の屋根画像は従来方法より低いことがわかった。空撮画像単体の利用・損傷の可能性が高いところの提示・推測損傷率との比較を通して、調査を迅速化・正確化できると考えられる。さらに、学習データを豊富にするために、GANを用いたデータ合成による学習データを追加し、損傷程度分類モデルにおいて平均再現率が3.9%向上することを示した。

3) 斜め視の空撮映像からMOTモデルを用いて倒壊建物、被害建物を検出するモデルを開発した。日本の建物被害の特徴に対応するために瓦礫や被害部分の特徴だけでなく、倒壊特徴に着目するために深層学習のMOTモデルを用いており、被害クラスの追加、時系列情報を踏まえた検出、アノテーション作業の効率化を取り入れたか改良により精度の向上に成功している。また、撮影シミュレーションにより倒壊建物検出モデルの精度を向上させるドローン撮影方法についても知見を得ている。

4) 上記のモデル開発時に得た知見をまとめ、これらの理想的な適用フローを示した。これらは、空撮画像から被害建物を検出する画像処理技術だけでなく、他の機械学習モデルにも応用できるものである。さらに、今後、検討すべき工夫をモデルの技術面と運用面の二つの観点から考察した。

このように、本論文を通じて得られた結果は、甚大な建物被害が発生した際の建物被害の自動検知に関して、既存の地理空間情報の活用や運用面を考慮した新しいモデル構築の方法論と実際の災害での活用を想定した有用性について知見を提供しており、当該研究分野の今後の発展に大きく寄与しうる内容を含むものと認められる。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和6年2月14日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。また、本論文のインターネットでの全文公表についても支障がないことを確認した。