

熊本地震による被害家屋検出のための空撮画像処理手法

An Aerial Image Processing Method to Detect The Damaged Buildings by The Kumamoto-earthquake.

國武 千人 † 溝田 平 † 岩切 宗利 †
 Yukihiro KUNITAKE Taira MIZOTA Munetoshi IWAKIRI
 榊原 庸貴 ‡ 望月 貫一郎 ‡
 Tsuneki SAKAKIBARA Kan-ichiro MOCHIZUKI

1 まえがき

平成 28 年に発生した熊本地震（以下、「熊本地震」）に代表されるように、近年大規模な地震被害が多発している。大規模震災が発生した場合、初期の救援活動での的確・迅速な意思決定は被災者救出の命運を分ける。

しかしながら現在、被害情報は主に航空機等の空撮画像の目視判読や隊員の現地での偵察に依存しているため、被災地域全体の把握には膨大な時間と労力を要する。そのため、より正確かつ短時間に被災状況を自動分析する手法が求められる。本研究では、平成 28 年 4 月 15 日（前震後）及び 20 日（本震後）に有人飛行機から撮影された益城町一帯の空撮画像（パスコ社提供）を用いて各情報分析手法の性能を比較した。

本報告では、発災当初に情報収集を行う可能性の高い有人航空機を用いた広域空撮画像に着目し、迅速かつ正確に被災家屋を自動検出する処理手法を提案し、その性能を評価した結果について示す。

2 DSM 差分法

2.1 提案手法

倒壊家屋の特徴として、まず倒壊に伴う家屋の表面標高の変化が挙げられる。家屋の表面標高の差分を取ることによって倒壊家屋の判定が可能なのは、田代らの研究 [1] にも述べられている。本研究では、まず 15 日（前震後）及び 20 日（本震後）の 2 時点の空撮画像から得た数値表層モデル (DSM) を用いて、建物区画 [2] ごとに DSM 差分の平均値を求め、倒壊家屋の検出を行うことにした（以下、DSM 差分法）。

2.2 実験結果と考察

DSM 差分法の検出結果と目視判読で行った倒壊家屋の比較を行った。DSM 差分法で用いる閾値は、建築基準法施行令で家屋居室高が 2.1m 以上と定められていることから、その半分の値である 1.05m 以上とした。図 1 に示した 541 軒の範囲に関して、目視判読での倒壊判定は 130 軒、DSM 差分法での倒壊判定は 135 軒であった。その内 67 軒がどちらの手法でも倒壊と判定された。

目視判読では健全、DSM 差分法では倒壊とされた家屋は、屋根の形状を保ったまま倒壊した目視では判断の難しい家屋であった。目視判読では倒壊、DSM 差分法

では健全とされた家屋は、15 日の段階ですでに倒壊した家屋であった。

これらの結果から、DSM 差分法は倒壊家屋の検出に有効な手段であることを確認できた。ただし、DSM 差分法には、発災前後の 2 時点に関する DSM 情報が不可欠である。

3 局所複雑度評価 (LCE) 法

3.1 提案手法

発災後の斜め空撮写真を用いて被災家屋を検出する手法 [3] も検討されているが、本報告では発災後の正射空撮画像のみから、より広域の被災家屋を検出するために、被災による局所画像の複雑化に着目した。本提案の局所複雑度評価 (LCE: Local Complexity Evaluation) 法は、画像の局所複雑度を特徴とし、建物区画 [2] 内に関して集計評価する被災家屋検出法である。

3.2 実験結果と考察

LCE 法の複雑度算出には、局所フラクタル次元 [4]、ラプラシアンフィルタ [5]、DoG (Difference of Gaussian) フィルタ [5] 及び LoG (Laplacian of Gaussian) フィルタ [5] を用いた。本実験に用いた各フィルタサイズは、 $1 \times 1m$ (5×5 [pixel]) とした。LoG フィルタは $\sigma = 1$ [pixel]、DoG フィルタは $\sigma = 1, 3$ [pixel] の差分を求めた。図 2 は、各手法の画像処理結果の一例である。これらにより得た建物区画内の特徴値は、平均値、標準偏差値、エントロピー値 [5] として集計評価した。

各手法の性能を比較するために、DSM 差分法による検出結果との比較を実施した。図 3 は、各建物区画ごとに DSM 差分値と、ラプラシアン値の標準偏差値を用いた LCE 値の関係をプロットした一例である。この図から、相関の有るもの (図 3 (a)) と無いもの (図 3 (b)) に分類できることがわかる。前震で倒壊した家屋や建物区画のずれ、屋上部分が複雑な家屋を含む領域の相関性



(a) 目視判読結果

(b) DSM 差分法

図 1 検出結果の比較

† 防衛大学校 情報工学科, Department of Computer Science, National Defense Academy of Japan

‡ 株式会社 パスコ, PASCO CORPORATION

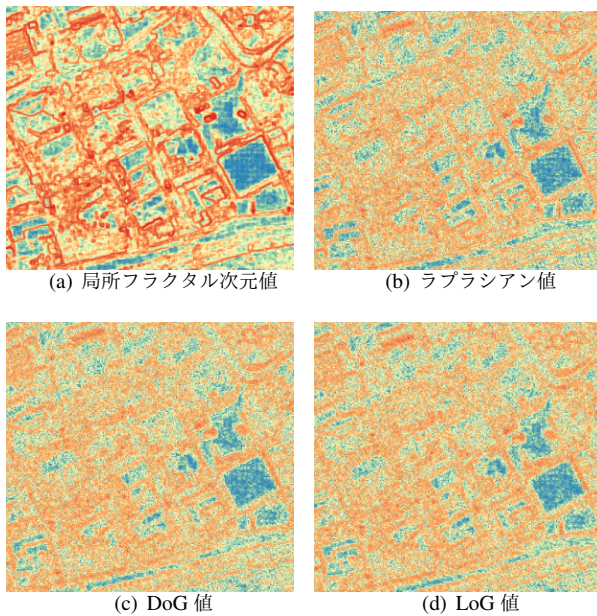


図 2 画像処理結果の一例

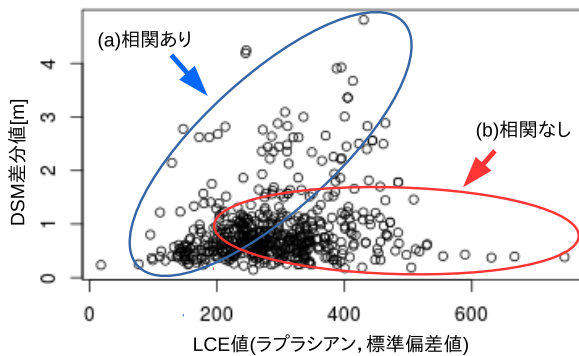


図 3 DSM 差分値と LCE 値の相関性 (一例)

は低いことがわかった (図 3 (b)). 一方, 本震により倒壊した家屋に関しては高い相関性を確認できた (図 3 (a)).

次に, 相関性低下の一因である前震での倒壊家屋を取り除くため, 目視判読結果との比較を行った. 本実験では, 各 LCE 値から 1 シグマ区間内を抽出し, その分布の中央を閾値としてクラス分けした. 表 1 は, LCE 値による分析結果と目視判読結果を比較し, 相関のあったものである. 本実験の結果, ラプラシアン値の標準偏差値を用いた分析が最も目視判読と相関性が高いことがわかった.

最後に, 実用性の観点から各手法による被災家屋自動検出の処理時間を調べた. 処理時間は, QGIS (ver2.18.7) と Python (ver2.7) を用いた実験環境 (Intel Corei7-3770, メモリ 32GB, GeForceGTX690, ubuntu16.04) により計測した. 本実験では, 局所フラクタル次元の算出に約 1.2×10^5 秒を要したのに対し, それ以外は数十秒程度の処理時間であった. これらの結果から, LCE 法の特徴抽出法として局所フラクタル次元を除く各手法は有用であることがわかった.

表 1 各 LCE 値と目視判読結果の比較

LCE 法 特徴抽出法 (集計法)		目視判読	
		健全	倒壊
局所フラクタル次元値 (平均値)	小	186	105
	大	225	25
局所フラクタル次元値 (エントロピー値)	小	92	79
	大	319	51
ラプラシアン値 (平均値)	小	235	56
	大	176	74
ラプラシアン値 (標準偏差値)	小	280	46
	大	123	84
DoG 値 (平均値)	小	235	56
	大	176	74
DoG 値 (標準偏差値)	小	276	46
	大	135	84
DoG 値 (エントロピー値)	小	230	47
	大	181	83
LoG 値 (平均値)	小	228	62
	大	183	68
LoG 値 (標準偏差値)	小	277	55
	大	134	75
LoG 値 (エントロピー値)	小	221	42
	大	190	88

4 むすび

本報告では, 倒壊家屋を自動検出するため広域空撮画像を用いた情報処理手法を検討し, 目視判読との比較および処理時間の計測を行った. 本研究の結果, DSM 差分法及びラプラシアン値の標準偏差値を用いた LCE 法が倒壊家屋の自動検出に有用であることがわかった.

謝辞

本研究では, 株式会社パスコより空撮画像及び数値表層モデルの提供を受けました. また, 防衛大学校第 4 学年の佐藤 大輔氏には, 目視判読での被災家屋検出にご協力を戴きました. 心より感謝申し上げます.

参考文献

- [1] 田代 啓, 丸山 喜久, 山崎 文雄, “デジタル空中写真測量に基づく新潟県中越地震における建物倒壊の把握”, 地域安全学会論文集, Vol.12, pp.379-386 (2010).
- [2] 国土地理院, “基盤地図情報”, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php> (最終確認: 2017.6.27).
- [3] 三富 創, 松岡 昌志, 山崎 文雄, “空撮画像を用いた汎用的な建物被害抽出方法に関する考察”, 土木学会論文集, Vol.710, pp.413-425 (2002).
- [4] 中山 寛, 曾根 光男, 高木 幹雄, “フラクタル次元と低次統計量とを用いた気象衛星 NOAA 画像の解析とその評価”, 情報処理学会論文誌, Vol.30 (1), pp.91-100 (1989).
- [5] 江尻 正員ほか, “デジタル画像処理”, CG-ARTS 協会 (2004).