

航空写真を用いた2016年熊本地震による益城町の建物被害進行状況の分析

小島由記子¹・内田 至²・池田隆明³・対島宏洋⁴

¹正会員 長岡工業高等専門学校 助教（〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地）

E-mail: y_kojima@nagaoka-ct.ac.jp

²長岡技術科学大学 大学院生（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1）

E-mail: s143251@stn.nagaokaut.ac.jp

³正会員 長岡技術科学大学 教授（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1）

E-mail: ikeda@vos.nagaokaut.ac.jp

⁴長岡技術科学大学 大学院生（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1）

E-mail: s143251@stn.nagaokaut.ac.jp

2016年4月14日21時26分頃、熊本県熊本地方を震源とするMj 6.5の地震が発生した。さらに約28時間後の4月16日 01時25分頃、同じく熊本県熊本地方を震源とするMj 7.3の地震が発生した。震源近傍の熊本県益城町では、多くの住宅被害が生じた。住宅被害は調査時点までに発生した前震、本震、余震を含む地震被害の総和であるため、それぞれの地震でどのような被害が出たかは明らかになっていない。屋根の損傷割合から建物被害を評価する客観的指標を作成し、本震の前後に撮影された航空写真より、建物被害の進行状況を判読した。

Key Words : *The 2016 Kumamoto Earthquake, Mashiki-machi, Aerial photograph, Housing damage, Damage index*

1. はじめに

2016年4月14日21時26分頃、熊本県熊本地方（北緯32.7度、東経130.8度）を震源とする地震が発生した。気象庁によると、震源の深さは約10km、マグニチュード（Mj）6.5と発表され、この地震により、熊本県益城町で震度7、玉名市、西原村、宇城市、熊本市で震度6弱を観測した。

さらに約28時間後の4月16日 01時25分頃、同じく熊本県熊本地方（北緯32.8度、東経130.8度）、震源の深さ約12km、Mj 7.3の地震が発生した。この地震により、益城町、西原村で震度7、南阿蘇村、菊池市、宇土市、大津町、嘉島町、宇城市、合志市で震度6強を観測した。

（以降、4月14日21時26分頃に発生した地震を前震、4月16日01時25分頃発生した地震を本震とする）このように一連の地震活動の中で、震度7の地震が立て続けに発生したのは観測史上初めてのことである。また、Mj 3.5以上の余震が269回（8月31日19時50分時点）発生し、その中でも表-1に示すように震度6弱以上を観測した余震が5回発生しているように、余震活動が非常に活発である。

熊本県災害対策本部の発表によると、7月13日13時30分時点での熊本県内の住家被害状況は、全壊8,241棟、半壊25,663棟、一部破損119,853棟である。その中でも、特に益城町は全壊2,626棟、半壊2,715棟、一部破損4,769棟と被害が甚大である。

しかし、これらは調査時点までに発生した前震、本震、余震を含む地震被害の総和であるため、それぞれの地震でどのような被害が出たかは明らかになっていない。現地調査による報告の中には、前震で被害がみられなかった建物が本震によって倒壊したというケースもあった。

このように地震ごとの被害を評価することは、今後の地震被害を考えるうえでも重要である。地震発生直後は、交通網の混乱や、救護活動などが優先となるため、直ちに現地調査を行うことは困難である。

そこで本稿では、前震後に撮影された航空写真と本震後に撮影された航空写真より、建物被害を目視判読することで、地震ごとの建物被害の評価と、本震前後での建物被害の進行状況の分析を行う。

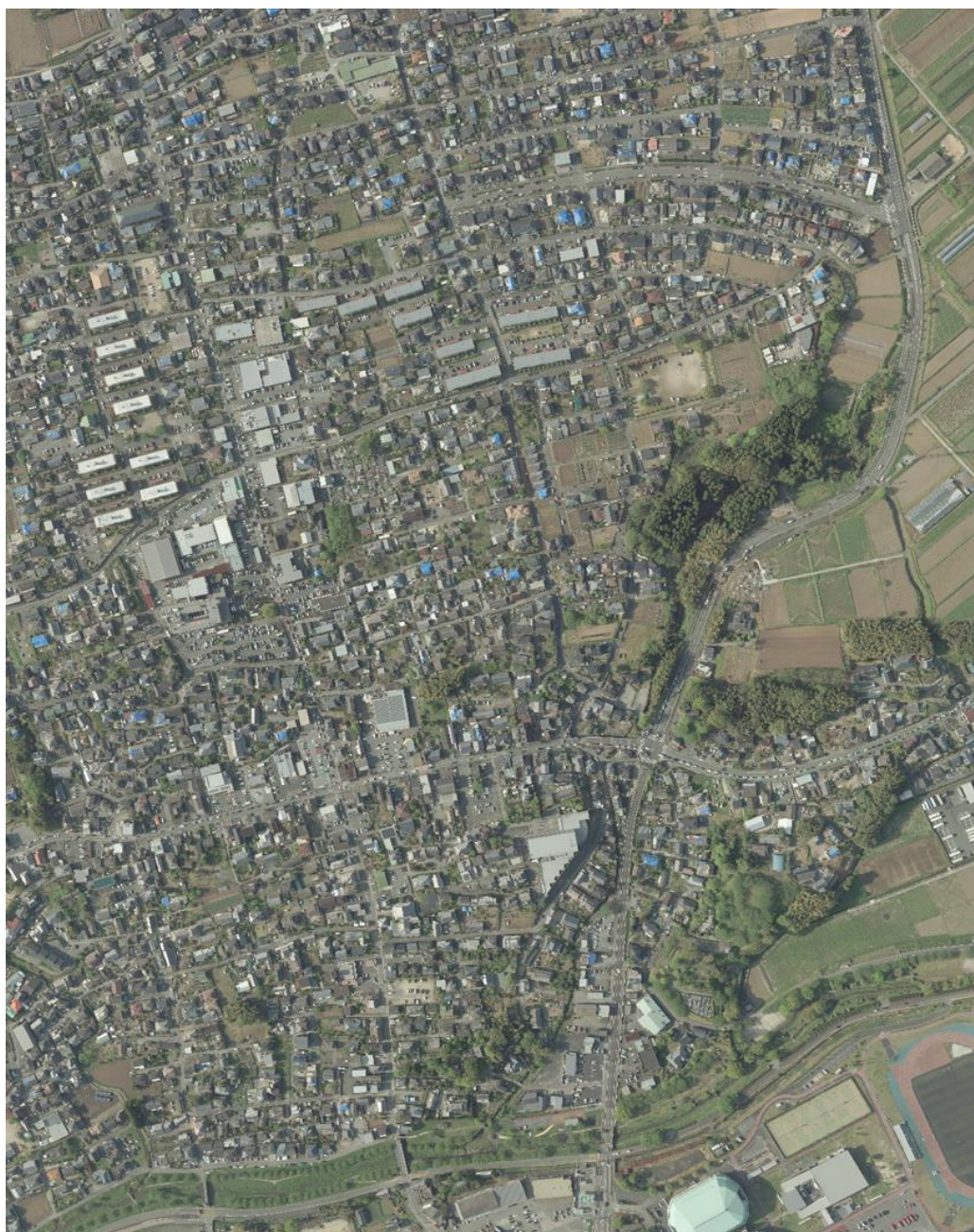


図-1 益城町の航空写真（朝日航洋株式会社撮影）

2. 検討条件

図-1に朝日航洋株式会社撮影の熊本県益城町の航空写真を示す。建物の形状を確認できる精度があり、建物被害判読に十分使用できるものである。しかし、このように垂直航空写真より得られる建物の被害情報は、建物上部に限られるため、本稿では屋根の損傷割合から建物被害を評価する客観的指標を作成した（表-2）。その評価指標に基づき、建物被害の目視判読を行った。原則屋根の損傷割合から、被害判定を行ったが、例外として前震後と比較し、屋根の位置が大きく動いていた、倒れた

壁がみられる場合、建物が倒壊していると判断し、全壊と判定した。

対象地域は、建物被害の大きかったとされる益城町寺迫地区・木山地区と、益城町宮園地区（図-2）より100軒程度とした。

なお、航空写真は、前震後（4月15日7時16分撮影）と本震後（4月16日5時14分撮影）を使用しているため、表-1に示すように、前震後の航空写真には前震のほかに震度6弱以上の余震2回の被害を含むものである。同様に、本震後の航空写真も、本震のほかに震度6弱以上の余震2回の被害を含むものである。

表-1 前震以降、震度6弱以上を観測した地震¹⁾

発生時刻	Mj	最大震度
4月14日 21時26分 (前震)	6.5	7
4月14日 22時07分	5.8	6弱
4月15日 00時03分	6.4	6強
4月16日 01時25分 (本震)	7.3	7
4月16日 01時45分	5.9	6弱
4月16日 03時55分	5.8	6強
4月16日 09時48分	5.4	6弱

表-2 建物被害判定基準

屋根の損傷割合	被害判定
0%	被害なし
0～30%	一部損壊
30～50%	半壊
50～70%	大規模半壊
70%～	全壊

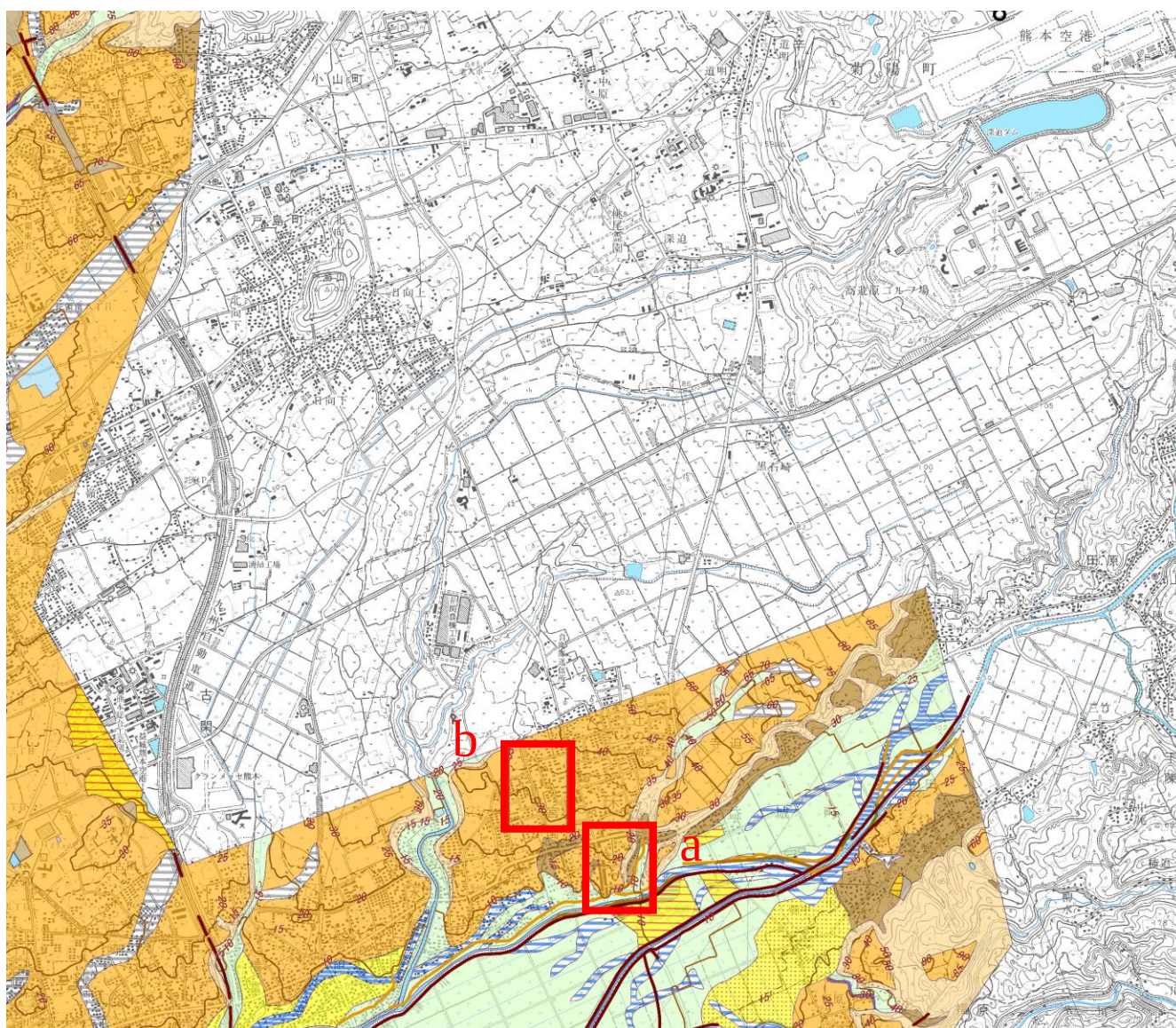
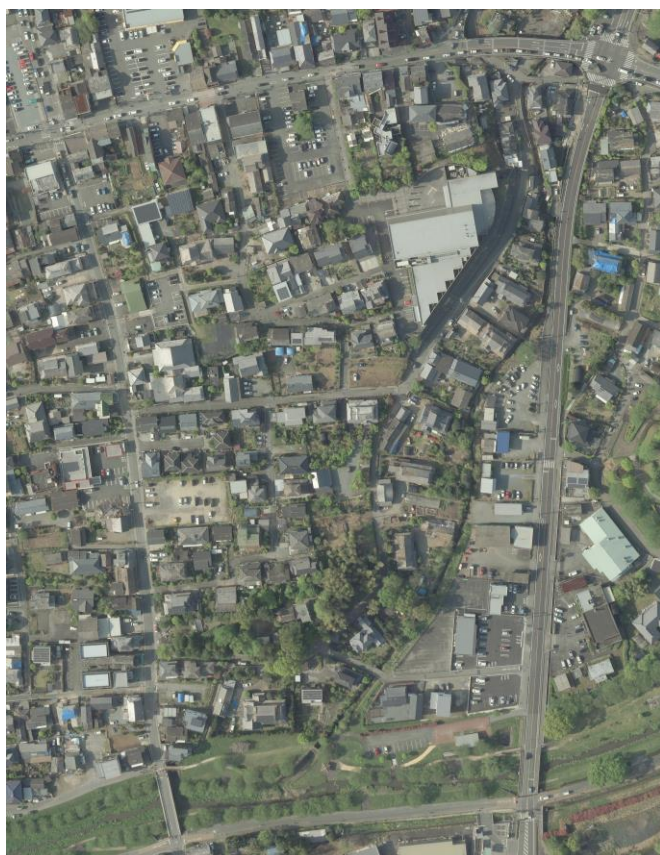


図-2 建物被害判読対象地域

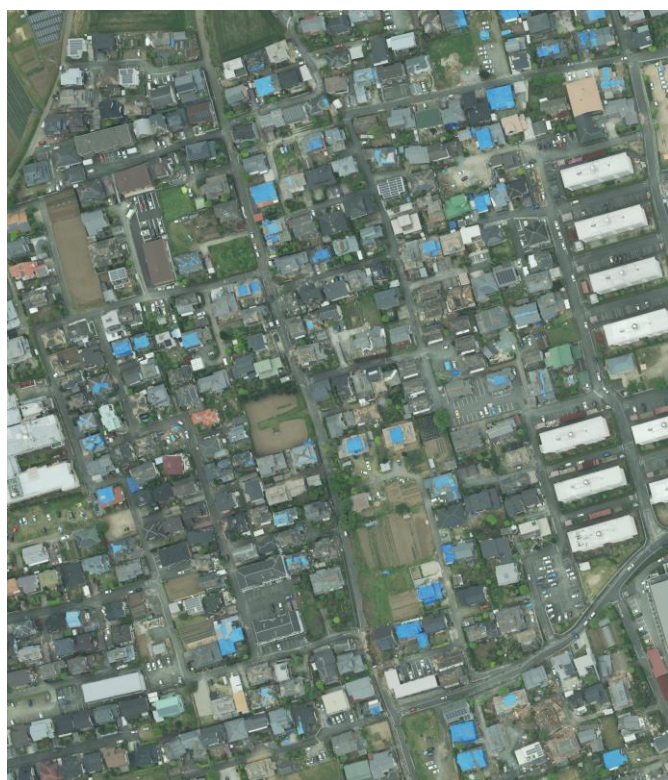
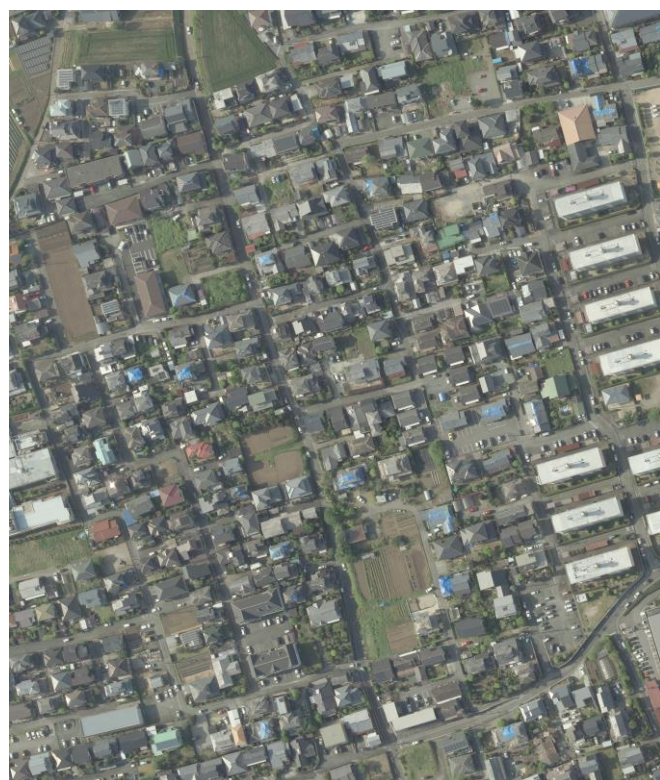
a. 益城町寺迫地区・木山地区 b. 益城町宮園地区



(a) 益城町寺迫地区・木山地区

(左) 前震後 (4月15日7時16分撮影)

(右) 本震後 (4月16日5時14分撮影)



(b) 益城町宮園地区

(左) 前震後 (4月15日7時16分撮影)

(右) 本震後 (4月16日5時14分撮影)

図-3 益城町の航空写真 (朝日航洋株式会社撮影)

3. 検討内容と結果

建物被害判定の結果を表-3,4に示す。益城町寺迫地区・木山地区は前震後の時点で、大規模半壊以上の大きな被害を受けている建物が見られた。それに対し、宮園地区では被害のない建物や、軽微な被害の建物が9割以上を占めていた。

また、寺迫地区・木山地区では、本震後全壊判定となった建物が55%と半数以上となった。特に屋根がずれていたり、つぶれた壁や瓦礫などがみられ、倒壊していると判断したものが多くあった。宮園地区では、本震後も全壊判定となった建物が7%と少なかった。

このように、表2に示した指標を用いることで、本震前後の航空写真から、建物被害が前震によるものか、本震によるものかを分離することができた。

本震前後の建物被害状況推移を表-5,6に示す。寺迫地区・木山地区では、被害なし、一部損壊など、前震で大きな被害を受けなかった建物が全壊判定となっている特徴がみられた。宮園地区では前震で無被害であった建物が全壊となるケースはなかった。地区による建物被害進行の差がみられた。

表-3 建物被害判定結果（益城町寺迫地区・木山地区）

被害状況	前震後		本震後	
	棟数	割合	棟数	割合
被害なし	43	40.2%	27	25.2%
一部損壊	40	37.4%	14	13.1%
半壊	10	9.3%	3	2.8%
大規模半壊	7	6.5%	4	3.7%
全壊	7	6.5%	59	55.1%
合計	107		107	

表-4 建物被害判定結果（益城町宮園地区）

被害状況	前震後		本震後	
	棟数	割合	棟数	割合
被害なし	62	54.9%	43	38.1%
一部損壊	42	37.2%	24	21.2%
半壊	8	7.1%	20	17.7%
大規模半壊	1	0.9%	18	15.9%
全壊	0	0.0%	8	7.1%
合計	113		113	

表-5 本震前後の建物被害状況推移

（益城町寺迫地区・木山地区）

前震後	本震後	棟数	割合
被害なし →	被害なし	27	62.8%
	一部損壊	6	14.0%
	半壊	0	0.0%
	大規模半壊	1	2.3%
	全壊	9	20.9%
	計	43	
一部損壊 →	一部損壊	8	20.0%
	半壊	2	5.0%
	大規模半壊	1	2.5%
	全壊	29	72.5%
	計	40	
半壊 →	半壊	1	10.0%
	大規模半壊	2	20.0%
	全壊	7	70.0%
	計	10	
大規模半壊 →	大規模半壊	0	0.0%
	全壊	7	100.0%
	計	7	
全壊 →	全壊	7	100.0%
	計	7	

表-6 本震前後の建物被害状況推移（益城町宮園地区）

前震後	本震後	棟数	割合
被害なし →	被害なし	43	69.4%
	一部損壊	15	24.2%
	半壊	0	0.0%
	大規模半壊	4	6.5%
	全壊	0	0.0%
	計	62	
一部損壊 →	一部損壊	9	21.4%
	半壊	20	47.6%
	大規模半壊	6	14.3%
	全壊	7	16.7%
	計	42	
半壊 →	半壊	0	0.0%
	大規模半壊	7	87.5%
	全壊	1	12.5%
	計	8	

前震後	本震後	棟数	割合
大規模半壊 →	大規模半壊	1	100.0%
	全壊	0	0.0%
	計	1	
全壊 →	全壊	0	0.0%
	計	0	

4. まとめ

本稿では、屋根の損傷割合から建物被害を評価する客観的指標を作成し、2016年4月に発生した熊本地震に適用し、航空写真による建物被害判定を行った。熊本県益城町の本震前後に撮影された航空写真を用いて、建物被害が前震によるものか、本震によるものかを判断した。その結果、本震前後の航空写真から、地震ごとに建物被害を分離をすることが可能であった。

また、同じ益城町の中でも地区により建物被害進行に大きな差がみられた。今回は、対象とする地域を無作為に抽出したが、今後は地形や地盤特性を考慮することで建物被害進行について検討していきたい。

謝辞：朝日航洋株式会社から貴重な航空写真を提供いただきました（横浜国立大学都市イノベーション研究院・小長井研究室、東京大学生産技術研究所・清田研究室との共同研究として）。また、本研究の一部は科研費基盤研究(C)15K06204（研究代表者：池田隆明）の助成を受けて実施しました。最後に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：平成 28 年（2016 年）熊本地震の関連情報,
http://www.jma.go.jp/jma/menu/h28_kumamoto_jishin_menu.html
(2016.09.01 閲覧)
- 2) 総務省消防庁：熊本県熊本地方を震源とする地震（第 74 報）
<http://www.fdma.go.jp/bn/2016/detail/960.html>
(2016.09.01 閲覧)
- 3) 熊本県災害対策本部：熊本地震に係る被害状況等について（第 169 報）,
https://www.pref.kumamoto.jp/kiji_15459.html
(2016.09.01 閲覧)
- 4) 国立研究開発法人建築研究所：建築物等被害調査（第一次調査）
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/01kumamoto_1.pdf
(2016.09.01 閲覧)
- 5) 土木学会西部支部「2016 年熊本地震」地震被害調査報告会 建築物の被害
<http://committees.jsce.or.jp/report/node/117>
(2016.09.01 閲覧)

EVALUATION OF THE HOUSING DAMAGE AT MASHIKI TOWN USING THE AERIAL PHOTOGRAPH

Yukiko KOJIMA, Itaru UCHIDA, Takaaki IKEDA and Koyo TSUSHIMA

On 14th April 2016, an inland crustal earthquake of Mw6.2 struck Kumamoto region of Kyushu Island, Japan. The earthquake generated strong ground motions near its source area. Seismic intensity 7 of the JMA was recorded in Mashiki town. Approximately 1 day later of this Mw6.2 earthquake, an intense earthquake with Mw7.0 hit the affected areas again. Many houses were damaged at Mashiki town by a series of the earthquakes. We attempt damage assessment of house by the aerial photographs before and after the earthquake of mainshock.