航空写真目視判読にもとづく 2016年熊本地震による建物被害調査

内藤 昌平1・門馬 直一2・中村 洋光3・藤原 広行4・ 下村博之⁵・山田哲也⁶

1学生会員 防災科学技術研究所 社会防災システム研究部門 研究員

(〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1)

筑波大学大学院システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻 博士後期課程

(〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1) E-mail:naito@bosai.go.jp

²非会員 株式会社パスコ (〒153-0043 東京都目黒区東山 2-8-10) E-mail: naamon8759@pasco.co.jp
³非会員 防災科学技術研究所 社会防災システム研究部門 主任研究員 (同上) E-mail:manta@bosai.go.jp
⁴正会員 防災科学技術研究所 社会防災システム研究部門 部門長 (同上) E-mail:fujiwara@bosai.go.jp
⁵正会員 株式会社パスコ (同上)
E-mail: hairru1717@pasco.co.jp
⁶非会員 株式会社パスコ (同上)
E-mail: taedta8234@pasco.co.jp

2016年熊本地震の本震発生後3日間に取得された航空機オルソ画像を用いて目視判読により建物被害を4段階に区分するとともに、国土画像情報との対比により建物の建築年代を2段階に、さらに建物の形状から木造、非木造の区分を実施し、これらのデータを基盤地図情報と突合することにより、約30万棟分のGISデータを作成した.また、別途実施した地表からの目視による建物被害調査結果との比較を行い、航空写真を用いた建物被害判読の精度について検証した.さらに、本震により生じた建物被害と計測震度との関係について考察した.

Key Words: aerial photographs, photo-interpretation, building damage, Kumamoto earthquake, GIS

1. はじめに

地震・津波・噴火・風水害・土砂災害等の災害発生直 後に被害状況を迅速に把握する手段として航空機を用い た上空からの被災画像取得は、広域にわたる被害状況を 俯瞰し、刻々と変化する被害状況を確実に記録する、さ らに道路閉塞等により現地調査が困難な場所の被害調査 を可能にするという観点から極めて重要であり、過去の 災害においても国土地理院や民間航空測量会社が保有す る航空機により発災後約数時間~数日間以内で被害画像 を用いた災害調査が実施されてきた.

地震災害を例にすると 1995 年兵庫県南部地震をはじ

め様々な被害地震において航空機やヘリコプターによる 画像取得がなされており、これらの画像を用いて目視判 読により建物の被害を把握する研究^{例えば 0,23459}が実施さ れてきた.

2016 年熊本地震においては消防庁公表資料 %によると 住家被害全壊 8,671 棟,死者 239 名に達する甚大な被害 が発生した.防災科学技術研究所では戦略的イノベーシ ョン創造プログラム(SIP)の課題の一つである「レジリエ ントな防災・減災機能の強化」の中で,災害発生直後に 被害状況を迅速に把握し,各機関の意思決定を支援する ことを目的として開発中である「リアルタイム被害推 定・状況把握システム」[®]の高度化を目的として,熊本 地震による建物等の被害に関するデータ収集を行っている.一例として,特に被害が甚大であった益城町において門馬ら[®]は,4月14日に発生したM6.5の前震発生直後および4月16日に発生したM7.3の本震発生直後にそれぞれ取得された航空機オルソ画像を用いて,計3,617棟の建物を目視判読により被害レベル毎に区分している. 益城町においては前震,本震それぞれで震度7を観測しており,このように連続して発生した地震それぞれによる被害記録を残すことができる意味でも航空写真画像およびそれを用いた被害判読は極めて重要である.

2. 目視判読に使用した航空写真画像

本研究においては熊本地震本震による建物被害状況の 把握を目的とし、4月16日から20日にかけて国土地理 院により撮影された航空機オルソ画像1,228枚、および 4月19日に株式会社パスコにより撮影された航空機オ ルソ画像645枚を取得した.取得した画像は熊本県熊本 市北区・東区・中央区・西区・南区、宇土市、宇城市、 御船町、甲佐町、嘉島町、益城町、西原村、大津町、阿 蘇市、南阿蘇村の各市区町村を覆っている(図-1).こ れら垂直撮影画像に加え、一部地域では航空機(4月19 日撮影)、ヘリコプター(4月16日撮影)からの斜め 撮影画像を用いて建物被害の目視判読を実施した.なお、 各航空写真画像の解像度は 20cm, ヘリコプター撮影画像の解像度は 5cm である.

3. 建物被害判読データ作成

本研究で取得した航空写真画像を用いて、岡田・高井 ⁹により提案されている被害パターンチャートを参考に, 自治体が指定する罹災証明の区分と概ね対応できるよう, 建物1棟単位の被害レベルを4つに区分した.具体的に は,航空写真では被害が確認できなかったものを LEVEL1(無被害),屋根瓦の一部の落下が確認できた ものを LEVEL2(被害小,一部損壊相当),建物の外形 の変化はないが壁面が落下、または屋根瓦の大半が落下 しているものを LEVEL3 (被害中、半壊相当), 建物が 傾斜している、層破壊がみられる、あるいは完全に倒壊 しているものを LEVEL4 (被害大,全壊相当) とした (表-1). また, 屋根にブルーシートがかかっている場 合は、ブルーシートの面積が屋根全体の半分未満なら LEVEL2, 半分以上なら LEVEL3 とした. なお、LEVEL4 の基準には建物位置のずれやねじれ等の形状変化が確認 できる場合に加え、株式会社パスコが取得した建物等を 含む標高データである数値表層モデル(DSM)の値が本震 前後で3m以上低下している場合が含まれる.



図-1 航空機オルソ画像の取得範囲(メッシュ内)

表-1 航空写具判読による被害区分および相当する被害指

被害区分	航空写真上の特徴	罹災証明との対応	Damage Grade ⁹⁾
LEVEL1	被害なし	無被害	D0
(無被害)			
LEVEL2	屋根瓦の一部が崩落している	一部損壊	D1,D2
(被害小)	ブルーシート面積が屋根の半分以下		
LEVEL3	屋根瓦の大部分が崩落している	半壊	D3
(被害中)	ブルーシート面積が屋根の半分以上		
LEVEL4	建物が傾斜している、ずれ・ねじれが確認できる	大規模半壊	D4,D5
(被害大)	DSM高さが本震前後で3m以上変化	全壊	
	層破壊もしくは倒壊している		



図-2 航空写真を用いた建物被害判読ポイントデータ

このような基準により熊本県熊本市北区・東区・中央 区・西区・南区、宇土市、宇城市、御船町、甲佐町、嘉 島町、益城町、西原村、大津町、阿蘇市、南阿蘇村の全 域にわたり航空機オルソ画像を用いた被害判読を行い、 ArcGIS を用いて画像上の建物中心部にポイントをプロ

ットし,属性データとして建物の被害区分を入力した (図-2).

さらに、これらのポイントデータを用いて国土地理院 が提供する基盤地図情報に含まれる建物ポリゴンとの突 合処理を行い、建物ポリゴンの属性値として被害区分を 追加した(図-3).ただし、建物ポリゴンの位置に相当す る建物が航空写真内に存在しない場合には不突合として 被害区分を付与しない.また、1つのポリゴン内に母屋、 付属建物(納屋等)など複数の建物が存在する場合は、 その中で被害が最も大きい建物の被害区分を代表させて 入力した.このような突合処理を熊本県熊本市北区・東 区・中央区・西区・南区、宇土市、宇城市、御船町、甲

佐町,嘉島町,益城町,西原村,大津町,阿蘇市,南阿 蘇村の全域にわたって行い,422,482 棟分のポイントデ



図-3 建物ポリゴンへの判読結果突合

ータのうち約 70%にあたる 294,933 棟分のデータを建物 ポリゴンデータに突合した.

表-2に市区町村毎の被害区分別建物棟数および突合数, 突合率を示す.これをみると西原村,南阿蘇村,甲佐町, 宇城市,宇土市では突合率が50%以下である.これらの 地域において突合率が低くなった原因としては,基盤地 図情報の地図精度が都市部(1/2,500)と都市部以外 (1/25,000)で異なり,都市部以外のデータに建物1棟単位 で整備されたポリゴンが存在しない場合が多いことが挙 げられる.

また,被害区分別棟数をみると,LEVEL3 および LEVEL4 の被害建物が全体に占める割合は益城町,西原 村,嘉島町,御船町,熊本市東区,南阿蘇村等で高いこ とが分かる(図-4).

なお、これらの航空写真判読結果を熊本県が公表して いる熊本地震による被害状況報告¹⁰と比較すると、ポリ ゴンデータ突合率が特に低い西原村、南阿蘇村を除くと 航空写真判読による LEVEL3 と LEVEL4 の和が罹災証明 上の全壊に近い値になる(表3).

市町村名	LEVEL1	LEVEL2	LEVEL3	LEVEL4	突合数	不突合数	合計	突合率
熊本市	156,983	43,251	5,163	245	205,642	49,409	255,051	80.6%
北区	34,629	11,145	325	4	46,103	13,225	59,328	77.7%
東区	34,230	9,224	2,933	139	46,526	9,760	56,286	82.7%
中央区	32,608	4,359	639	30	37,636	6,950	44,586	84.4%
西区	22,622	7,476	268	8	30,374	6,869	37,243	81.6%
南区	32,894	11,047	998	64	45,003	12,605	57,608	78.1%
宇土市	6,879	3,723	250	0	10,852	11,169	22,021	49.3%
宇城市	12,194	5,290	266	56	17,806	22,901	40,707	43.7%
御船町	4,740	2,336	590	27	7,693	5,349	13,042	59.0%
甲佐町	875	698	87	3	1,663	7,482	9,145	18.2%
嘉島町	3097	878	379	161	4,515	968	5,483	82.3%
益城町	9,414	2,518	1,581	1,357	14,870	2,626	17,496	85.0%
西原村	641	226	106	28	1,001	4,711	5,712	17.5%
大津町	9,557	2,839	311	20	12,727	4,296	17,023	74.8%
阿蘇市	13,959	2,476	77	28	16,540	8,493	25,033	66.1%
南阿蘇村	1,203	317	69	35	1,624	10,145	11,769	13.8%
合計	219,542	64,552	8,879	1,960	294,933	127,549	422,482	69.8%

表-2 市区町村毎の被害区分別棟数,建物ポリゴンデータ突合数および突合率



表-3 熊本地震による被害状況報告(県公表値)¹⁰の 全壊と航空写真判読 LEVEL3+LEVEL4 との比較

市町村名	全壊	航空写真判読
	(県公表値)	LEVEL3+LEVEL4
熊本市	2,454	5,408
宇土市	132	250
宇城市	539	322
御船町	443	617
甲佐町	105	90
嘉島町	235	540
益城町	3,026	2,938
西原村	513	134
大津町	150	331
阿蘇市	118	105
南阿蘇村	692	104
合計	8,407	10,839

図-4 市区町村毎の各被害区分の割合(%)

4. 建築年代および構造種別データ作成

本研究では建物の被害区分と建築年代および構造種別 との関係を調べるため、作成時期の異なる2つの航空写 真画像の比較により建物年代を、また建物の形状により 構造種別をそれぞれ区分し、建物被害判読ポイントデー タの属性情報として追加した.データ作成範囲は建物被 害区分を作成した地域のうち、LEVEL3以上の被害建物 の割合が比較的多い熊本市東区,中央区,嘉島町,益城 町,西原村,南阿蘇村の全域である.

建築年代の区分には国土地理院が公開している「国土 画像情報(第一期:1974~1978年撮影)」(図-5),お よび株式会社パスコが2016年4月19日に撮影した航空 機オルソ画像(図-6)を使用した.これらを比較し,国 土画像情報と本震後の画像の両方に建物が存在する場合 は「1978年以前」の建物とし,国土画像情報になく本 震後の画像に新しく建物が存在する場合(新築),ある いは建物の形状や屋根の色に地震被害以外の変化が見ら れる場合(建て替え)は「1979 年以降」の建物とした. これらの区分により 1981 年に建築基準法に基づく現行 耐震基準が導入された以降に建設された建物かどうか概 ね判定可能と考えられる.

また、構造種別の区分には株式会社パスコが2016年4月19日に撮影した航空機オルソ画像を使用し、屋根 形状が切妻、寄棟、入母屋、越屋根など木造住宅の特徴 を表すものを木造とし、屋根がフラットな建物や面積が 大きい建物、あるいは基盤地図情報ポリゴンに「種別=



図-5 国土画像情報(1974~1978年撮影)と建築年代区分

表-4 構造種別・建築年代ごとの建物棟数

	木造	木造	非木造	非木造	
	1978年		1978年	1979年	
	以前	以降	以前	以降	
熊本市	5,990	67,094	1,303	26,485	
東区	3,254	39,956	567	12,509	
中央区	2,736	27,138	736	13,976	
嘉島町	993	3,133	52	1,305	
益城町	2,734	10,413	194	3,385	
西原村	1,091	3,223	66	1,332	
南阿蘇村	2,392	7,326	147	1,904	
合計	13,200	91,189	1,762	34,411	

堅ろう建物,堅ろう無壁」と記載されている建物を非木 造とした.

結果,建築年代および構造種別毎の建物棟数の集計 値は表4のようになり,嘉島町,益城町,西原村,南阿 蘇村では熊本市内に比べて全建物に占める1978年以前 に建設された木造建物の割合が高いことが分かる.また, 建築年代・構造種別データを作成した全地域における被 害区分の割合は図-7のようになり,非木造に比べ木造で, また新しい建物に比べて1978年以前に建築された建物 でそれぞれLEVEL2以上の被害の割合が高くなっている ことが確認できる.



図-6 航空機オルソ画像(2016年4月19日撮影)と建築年代区分



図-7 建築年代および構造種別毎の各被害区分の割合(%)

5. 航空写真判読と現地目視調査の比較

ここで、本研究において取得した航空写真判読の精度 について検証する.著者らは 2016 年熊本地震において 最も甚大な被害をうけた益城町周辺の建物被害について、 2016 年 5 月 16 日以降、複数回の現地調査を実施してい る¹¹⁾. 調査方法については建築の専門家を含む 2~3 名 の調査員による 250m メッシュ内建物全棟の外観目視調 査であり、岡田・高井⁹のパターンチャートを参考に建 物の被害(Damage Grade)を D0~D5 の6段階に区分し ている. なお木造建物の場合、パターンチャート上で D1 は「壁面の亀裂および外装材の若干の剥落」, D2 は 「屋根瓦,壁面のモルタル等の大幅な剥落」,D3 は 「柱・梁・壁の一部が構造的に破壊されているが内部空 間を欠損するような被害は生じていない」あるいは「屋 根瓦が大部分崩落する(特に内部に)」,D4 は「柱・ 梁の破壊により内部空間が欠損する」,D5 は「居住空 間が著しく損なわれる,1 階の屋根が接地している」等 の説明がされており,柱・梁・壁等の構造部材のほか屋 根瓦の損傷が判断基準になっている.

このような基準を元に、益城町役場周辺の 250m メッ

シュ 12 個分(図-8)に相当する地域内において,現地 目視調査による建物被害区分と航空写真判読による被害 区分を,同一の建物ポリゴンデータにそれぞれ入力し, メッシュ毎の被害区分別集計値を比較した.

結果,現地調査に基づく各メッシュの建物被害区分 (図-9)および航空写真判読結果に基づく各メッシュの 建物被害区分(図-10)は,本震により出現した地表地 震断層付近のメッシュ(⑧, ⑨, ⑩, ⑪)で全壊棟数が 多い等,同様の傾向を示している.



図-8 判読結果の比較に使用した 250m メッシュ

\bigcirc	34	17	30	3-1
2	49		48	22 3 0
3	31	40	16	<u>24</u> 6-0
4	47	26	17	750
5	16	14 11	14	10 8
6	15 11	11	5/// 14	16
\bigcirc	21 21	17	20	17
8	16 9	9 /8	16	28
9	14 12 7 1	29	6	5
10	13 15	10 13	14	23
(11)	17 12	2 4	1	18
12	1	3	7	0 3
(0% 20%	40%	60% 8	0% 100%
	$\Box D0 \Box D$	1 □D2 ⊠	D3 ■D4	■ D5

図-9 現地調査に基づく各メッシュの被害区分別棟数



図-10 航空写真判読に基づく各メッシュの被害区分別棟数

さらに被害区分毎にみると、現地調査の D0 を航空写真 判読の LEVEL1 に、D1 を LEVEL2 に、D2 と D3 の和を LEVEL3 に、D4 と D5 の和を LEVEL4 とみなした場合に 最も対応がよい.ここで、各被害区分を最小二乗法によ り 1 次関数に近似すると D4 と D5 の和と LEVEL4 との 関係において決定係数 R² が最も 1 に近く、相関が高い (図-11).

なお,現地調査においては主に建物の側面側から見た 特徴から判断するため,壁面の剥落や建物の傾き等を重 視して被害区分を判定している.一方,航空写真では上空からの画像になるため壁面の状態よりも屋根瓦を重視として被害区分を行うことが適切である.このように視点が異なることにより現地調査で D2(一部損壊相当)の建物を航空写真判読では LEVEL3(半壊相当)にカウントしたケースが多く出たものの,全壊相当の被害に関しては航空写真判読により現地調査に近い精度で建物被害を区分可能であることが確認できた.



図-11 現地調査と航空写真判読における各被害区分毎のメッシュ内棟数の比較

6. 建物被害率についての検討

本研究では比較的建物被害が大きい熊本市東区,中央 区,嘉島町,益城町,西原村,南阿蘇村の全域において, 被害区分を追加した建物ポリゴンデータを用いて, LEVEL3 または LEVEL4 と区分された棟数,および LEVEL4 と区分された棟数がそれぞれ全棟数に占める割 合を 250m メッシュ毎に計算し、それぞれ LEVEL3+4 被 害率(図-12), LEVEL4 被害率(図-13) とした. なお、 メッシュ内に建物ポリゴンが存在しない場合は被害率を プロットしていない. 各被害率の分布に、白濱ら¹⁰によ る地表地震断層の分布を重ねると被害率が 30%以上の領 域が地表地震断層の北側 1km 程度の地域に特に集中し ていることが分かる.



図-12 LEVEL3+4 被害率および地表地震断層の分布



図-13 LEVELA 被害率および地表地震断層の分布

また、上記と同一メッシュ毎に「リアルタイム被害推 定システム(J-RISQ 地震速報)」で用いられている地震 動推定手法¹³により熊本地震本震における推定震度分布 を計算すると図-14 のようになる.なお、この震度推定 手法の概要は、観測点の計測震度を地表最大速度に変換 ¹⁴後、全国版地形・地盤分類 250m メッシュマップ¹⁵か ら算出した地盤増幅率¹⁰を除することで工学的基盤最大 速度を求めた後、逆距離加重法(IDW)を用いて空間補間 を行い、さらに地盤増幅率を乗じて地表最大速度を算出 後、変換式¹⁴を用いて計測震度に変換するというもので ある.

本研究においては、この 250m メッシュ毎の推定計測

震度を用いて計測震度と建物被害率との関係について検 討した.また,対象とする建物種別は,木造(1978年 以前),木造(1979年以降)の2種類とした.なお,非 木造建物については本調査範囲においては被害建物棟数 が少ないため除外した.また,建物被害率について検討 する場合,分母となる各区分での総建物数が少ないとデ ータの信頼性が低くなるため,各種別の建物が10棟以 上含まれるメッシュのみを使用した.なお,各種別で使 用したメッシュにおける計測震度の頻度分布は図-15の ようになり,いずれの場合においても震度6強程度のメ ッシュ数が多い.



図-14 震度観測点および熊本地震本震による 250m メッシュ毎の推定震度の分布



図-15 被害率算出に使用した各メッシュにおける推定計測震度の頻度分布

メッシュ毎の計測震度と建物被害率の関係の算出に関 しては、既往の研究^{例えば17)18/1920}に倣い、被害率 P と地震 動強さ I との関係を平均μ、標準偏差σを用いて以下の 累積正規分布曲線Φに近似する式(1)を用いてそれぞれ の建物種別における被害率曲線の構築を試行した.

$$P = \Phi\left[\left(\frac{I-\mu}{\sigma}\right)\right] \tag{1}$$

各建物種別における LEVEL3+4 被害率, LEVEL4 被害 率と計測震度との関係をそれぞれプロットすると図-16 から図-19 のようになる.また,各被害率曲線のμ,σ を表5に示す.



図-16 木造建物(1978年以前)における LEVEL3+4 被害率の分布および被害率曲線



図-18 木造建物(1979年以降)における LEVEL3+4 被害率の分布および被害率曲線 1978年以前と1979年以降の各木造建物における被害率曲線を比較すると,前者の方が同じ計測震度でもより高い被害率を示すことがわかる.

表-5 被害率曲線のパラメータ

	被害率	μ	σ
木造(1978年以前)	LEVEL3+4	6.725	0.400
	LEVEL4	6.883	0.341
木造(1979年以降)	LEVEL3+4	7.150	0.651
	LEVEL4	7.329	0.514



図-17 木造建物(1978年以前)における LEVEL4 被害率の分布および被害率曲線



図-19 木造建物(1979年以降)における LEVEL4 被害率 の分布および被害率曲線

また、今回構築した木造建物における LEVEL3+4 被 害率曲線を罹災証明における全壊と仮定し、計測震度に 対する木造建物の全壊率の被害曲線に関する既往の研究 ¹⁹²⁰と比較すると、旧耐震基準に相当する建物において は図-20、新耐震基準に相当する建物においては図-21 の ようになる.ただし山口・山崎¹⁹は兵庫県南部地震にお ける西宮市による固定資産台帳に基づく被災度調査結果 を使用しており、翠川ら²⁰は 2003 年から 2008 年に発生 した 7 つの被害地震で計測震度 5 強以上を観測した震度 計半径 200m(一部 500m)圏内における市町村による罹 災調査結果を用いており、いずれも本研究とはデータの



図-20木造旧耐震基準における全壊率の被害曲線の比較

作成手順が大きく異なるため単純な比較はできないが, 旧基準・新基準いずれにおいても既往の研究よりも被害 曲線の立ち上がりがゆるやかで,被害率が低めに出る傾 向がみられた.これは本研究においては震度7のメッシ ュ数が少ないことに加え,熊本地震においては益城町等 で震度観測点の近傍地域における建物被害率や周期特性 に局所的な差がみられる^{例えば21)203)}等の要因が影響してい ると考えられる.今後はデータを精査するとともに,地 震動強さや周期特性のばらつきを考慮し,より精度の高 い被害率曲線作成について検討したい.



図-21 木造新耐震基準における全壊率の被害曲線の比較

7 まとめ

2016 年熊本地震本震発生直後に取得された航空写真 を用いて広域にわたる建物被害を目視判読により建物被 害を4段階に区分した GIS データを作成した.被害が大 きい地域においてはさらに建築年代の新旧と木造・非木 造の区分を行った.

また航空写真判読による建物被害区分を現地外観目視 による被害区分と比較した結果,特に被害が大きい建物 の区分に関して高い精度で一致することが分かった.

さらに木造建物の新旧や被害程度別の被害率曲線を作 成し、既往の研究との比較を行った.

謝辞:本研究は総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエ ントな防災・減災機能の強化」(管理法人:JST)によ って実施された.記して御礼申し上げる.

参考文献

- 小川直樹、山崎文雄:航空写真を用いた兵庫県南部 地震における建物被害の目視判読、地域安全学会論 文集、Vol.2, pp.119-128, 2000.
- 長谷川弘忠、山崎文雄:空撮ハイビジョン映像を用 いた兵庫県南部地震による建物被害の目視判読、土 木学会論文集, No.682, I-56, pp.257-265, 2001.
- 3) 長谷川弘忠,小川直樹,青木久,松岡昌志,山崎文 雄:空撮ハイビジョン映像および航空写真を用いた 地震による被害建物の目視および自動判読,EDM テクニカルレポート,No.5,2000.
- 4) 三冨創,松岡昌志、山崎文雄:最近の地震災害の空 撮画像を用いた建物被害地域の自動抽出の試み、土 木学会論文集,No.703, I-59, pp.267-278, 2002.
- 5) 三冨創,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,No.710,I-60,pp.413-425,2002.
- 消防庁ホームページ:熊本県熊本地方を震源とする 地震(第 104 報,平成 29 年 7 月 14 日更新) http://www.fdma.go.jp/bn/2016/detail/960.html
- 7) 中村洋光,功刀卓,高橋郁夫,藤原広行,青井真, 青柳京一,橋本光史,日下彰宏,本間芳則:リアル タイム被害推定・状況把握システムの開発状況,日

本地震工学会・大会―2015 梗概集, 2015.

- 問馬直一,藤原広行,中村洋光,佐伯琢磨,下村博 之,山田哲也,藤澤誠二:平成28年熊本地震にお ける益城町の震度分布と建物被害の関係,日本地震 工学会・大会-2016 梗概集,2016.
- 岡田成幸,高井伸雄:地震被害調査のための建物分類と破壊パターン,日本建築学会構造系論文集,第 524号,pp.65-72,1999.
- 10) 熊本県:平成 28 年熊本地震に関する災害対策本部 会議資料,平成 28 年熊本地震等に係る被害状況に ついて【第 238 報】(平成 29 年 5 月 12 日発表) http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_15459.html
- 11) Naito, S., Hao, K.X., Senna, S., Saeki, T., Nakamura, H., Fujiwara, H., and Azuma, T.: Investigation of damages in immediate vicinity of co-seismic faults during the 2016 Kumamoto earthquake, *Journal of Disaster Research*, Vol.12, No.5, 2017.
- 12) Shirahama, Y., Yoshimi, M., Awata, Y., Maruyama, T., Azuma, T., Miyashita, Y., Mori, H., Imanishi, K., Takeda, N., Ochi, T., Otsubo, M., Asahina, D., and Miyakawa, A.: Characteristics of the surface ruptures associated with the 2016 Kumamoto earthquake sequence, central Kyushu, Japan, *Earth Planets and Space*, 68:191, 2016.
- 13) 藤原広行,中村洋光,高橋郁夫:2016 年熊本地震に おけるリアルタイム被害推定,日本地震工学会・大 会-2016 梗概集,2016.
- 14) 藤本一雄,翠川三郎:近年の強震記録に基づく地震 動強さ指標による計測震度推定法,地域安全学会論 文集, No.7, pp.241-246, 2005.
- 15) 松岡昌志, 若松加寿江: 地形・地盤分類 250m メッ シュマップ全国版に基づく地盤のゆれやすさデータ,

産業技術総合研究所, 2008.

- 16) 藤本一雄,翠川三郎:近接観測点ペアの強震記録に 基づく地盤増幅度と地盤の平均 S 波速度との関係, 日本地震工学会論文集, Vol.6, pp.11-22, 2006.
- 17) 岡田成幸, 鏡味洋史: 震度による地震被害系統評価のためのバルナラビリティ関数群の構成, 地震, 第2輯, 第44巻, pp.93-108, 1991.
- 18) 村尾修,山崎文雄:自治体の被害調査結果に基づく 兵庫県南部地震の建物被害関数,日本建築学会構造 系論文集,第527号,pp.189-196、2000.
- 山口直也、山崎文雄:西宮市の被災度調査結果に基 づく建物被害関数の構築、地域安全学会論文集, No.2, pp.129-138, 2000.
- 20) 翠川三郎,伊東佑記,三浦弘之:兵庫県南部地震以降の被害地震データに基づく建物被害関数の検討, 日本地震工学会論文集,第11巻,第4号,pp.34-47, 2011.
- (1) 菊池健児,田中圭:益城町の悉皆調査,2016 年度日本建築学会(九州) 災害部門 緊急報告会資料,2016年熊本地震 災害調査報告会,pp.83-93,2016.
- 22) 杉野未奈,山室涼平,小林素直,村瀬詩織,大村早 紀,林康裕:2016 年熊本地震における益城町の建物 被害の分析,日本地震工学会論文集,第 16 巻,第 10 号, pp.69-85, 2016.
- 23) 汐満将史,境有紀,神野達夫,松尾真太朗,中尾隆, 白井周,中澤駿佑,太田圭祐:2016 年熊本地震で発 生した地震動の性質と建物被害に及ぼした影響,日 本地震工学会・大会-2016 梗概集,2016.

(YYYY.M.D 受付)

THE INVESTIGATION OF BUILDING DAMAGES CAUSED BY THE 2016 KUMAMOTO EARTHQUAKE UTILIZING AERIAL PHOTOGRAPHIC INTERPRETATION

Shohei NAITO, Naoichi MONMA, Hiromitsu NAKAMURA, Hiroyuki FUJIWARA, Hiroyuki SHIMOMURA and Tetsuya YAMADA

By utilizing ortho images of aerial photographs taken within 3 days after the mainshock of the 2016 Kumamoto earthquake, we have classified the damage of buildings into 4 damage levels. Then we have separated the age of buildings by comparing with the National Land Image Information, and divided into wooden and non-wooden buildings with each shapes of buildings. And that, we have developed approximately 300,000 GIS data by checking up with the Fundamental Geospatial Data. In addition, we have verified accuracy of these aerial photographic interpretation data with visual judgment data by field investigations. Furthemore, we have developed the vulnerability functions regarding the relationship between Seismic intensity and building damage ratio with aerial photographic interpretation of the 2016 Kumamoto earthquake.