# 2016年熊本地震における航空写真による建物被害の分析

Building Damage Analysis utilizing Aerial Photograph on the 2016 Kumamoto Earthquake

# ○上岡 洋平<sup>1</sup>, 原 良栄<sup>2</sup>, 田中 聡<sup>1</sup> Yohei UEOKA<sup>1</sup>, Yoshie HARA<sup>2</sup> and Satoshi TANAKA<sup>1</sup>

#### 1常葉大学大学院環境防災研究科

Graduate School of Environment and Disaster Research, Tokoha University

2 常葉大学 社会環境学部

Department of Social Environment, Tokoha University

This paper presents a building damage analysis on the 2016 Kumamoto earthquake utilizing aerial photos. Since two main shocks occurred within 28 hours, most of the building damage data were obtained after the second shock. To evaluate the damage situation by the first shock, the authors analyzed the aerial photos, which was taken within 28 hours after the first one, and identified damage status of buildings by the rapid damage assessment index. The result shows that some buildings were no damage by the first shock, but they were heavily damaged by the second shock. In addition, the relationship of building damage between first and second shocks are estimated. Although the analysis is still tentative, it would be useful for planning the rapid damage assessment.

Keywords : the 2016 Kumamoto earthquake, aerial photograph, building damage, rapid damage, assessment

# 1. はじめに

2016年4月14日午後9時26分、熊本県熊本地方を震源とする M6.5 の地震が発生した。さらに28時間後の4月16日午前1時25分には、同じく熊本県熊本地方を震源とする M7.3 の地震が発生した。さらに引き続いて、M6クラスの地震が複数回発生し、それらの余震は5ヵ月後の9月14日現在で2000回を超える。気象庁はこれら一連の地震を平成28年(2016年)熊本地震と命名し、4月14日午後9時25分に発生した地震を前震、4月16日午前1時26分に発生した M7.3 の地震を本震と位置づけた。

この震災の特徴の一つとして、同じ地域で短期間に震度7を2回観測したことである。その結果、これら震度7 を2回観測した熊本県上益城郡益城町(以下、益城町) では多数の建物が崩壊し、建物崩壊による死者は、19名 にのぼる(2016年5月13日現在)。

この震災では、前震において比較的軽微な損傷であった と考えられていた建物が、本震によって倒壊したという 事例が多くあると言われている。実際著者らの現地調査 においても、多くの住民から前震ではまだ住居可能であ ると思われていた住宅が本震で倒壊したとの証言も得た。 また、前震の後、いったんは建物外に避難した住民が夜 になって自宅に戻り、本震で建物が倒壊し死傷者が発生 した事例も報告されている。そこで、本震前の建物の損 傷状況を明らかにすることは、きわめて重要な課題であ ると考えられる。しかし、熊本地震では、前震と本震と の間が28時間と短時間であったため、応急危険度判定調 査や建物被害認定調査などのさまざまな建物被害調査は すべて本震後の実施となってしまった。そのため、本震 前の建物被害に関する情報は少なく、その全体像は明ら かになっていない。そこで本研究では、本震前に撮影さ れた航空写真を用いて建物被害の目視判読を行い、本震 前の被災状況を明らかにすることを目的とする。さらに、 本震後の建物被害と比較分析し、本震後の損傷との関連性について考察する。

# 2. 判読基準の検討とデータの作成

# (1) 本研究の位置付け

熊本地震では、前震と本震との間が 28 時間と短時間だったため、本震前の建物被害調査は一部の研究者の調査 を除き、広範囲にわたる調査は実施されていない。その ため、本震前の現地調査における建物被害に関する情報 は、ごくわずかしか残っていない。しかし、国土地理院 やアジア航測(株)、(株)パスコなどが本震前の 4 月 15 日に航空写真を撮影している。この航空写真を利用し て、被害状況の再生を試みる。

これまで、航空写真による建物判読には多くの研究実 績がある。たとえば、長谷川らは阪神淡路大震災による 建物被害について、航空写真による目視判読と現地調査 と比較し、判読精度を検討した。その結果、全壊・大破、 中程度の損傷については判読することが可能だが、軽微 な損傷については判読が困難であると報告されている 1)。 また、矢野らは、木造建物の被害パターンを用いて、福 岡県西方沖地震における玄界島の家屋被害把握を行なっ た。この研究においてもその判読精度は、おおむね同様 な傾向が見られると報告されている<sup>2)</sup>。これら先行研究 から、航空写真からの建物被害の判読は、中程度の被害 までなら把握は可能であると判断した。本研究では、本 震前の被害状況の再生にあたり、判読の基準として参考 文献 2) と同様に木造建物の被害パターンを援用し、こ の結果を応急危険度判定調査の基準に変換し、評価した。 さらに、本震後の応急危険度判定結果と比較し、本震前 後の建物の損傷状態の変化について検討した。判読エリ アは、甚大な被害が発生した益城町とし、木造建物の被 害を対象とした。



図1 木造建物の詳細破壊パターンと本研究による被害 分類と応急危険度判定の対応表



図 2 益城町辻の城地区を撮影した斜め航空写真の一例 (アジア航測(株)提供)

#### (2) 建物被害の判読方法と基準

先行研究では、航空写真による建物被害の判読は、岡田・高井らが考案した木造建物の詳細破壊パターン<sup>3)</sup>を 参考に判読されていた。しかし、図1の左のパターンは、 地上から被害把握をする視点で作成されており、航空写 真が得意とする屋根の被害パターンが描かれていない。 そこで、応急危険度判定基準<sup>4)</sup>も参考に、屋根の被害も 分かる建物のパースを作成し、これをもとに判読した。 また、建物被害ではない設備やブロック塀などについて も見える範囲で判読した。

#### (3) 基礎データの作成

本研究で使用したデータは、本震前4月15日に国土地 理院、アジア航測(株)が撮影した斜め航空写真を利用 した。図2にアジア航測(株)が撮影した斜め航空写真 の一例を示す。斜め航空写真には、数十棟から数百棟の 建物が写っており、建物一棟ごとに切り取りデータベー スを構築した。これら航空写真は、被災地の上空を旋回 しながら撮影されているため、一つの建物について、複 数の面が記録されている。そこで、建物一棟に対して建 物の状態が様々な方向から確認できるように、可能な限 り四方向の画像を切り取り、建物ごとのデータベースに



図3 四方向から見た建物被害の一例 (アジア航測(株)提供)



図4 益城町の建物被害状況



図5 本震前の地上写真 (九州大学神野らによる現地調査より引用)

格納した。図3にその一例を示す。

本研究では、まず、本震前の益城町の建物被害の全体 像を簡易的に把握するために、屋根だけの被害、屋根と 壁の被害、全壊/倒壊と3段階に被害を分類した。図4に 本震前の建物被害状況を示し、著者らの確認では約1400 棟被害があることが分かった。この全体像を参考に、被 害が密集している地域を対象に詳細に分析した。

航空写真からの判読精度を検討するために、本震前 4 月 15日に撮影された地上写真をインターネットから収集



著者らの現地調査による建物の地上写真 図 6

表1 専門家と著者らの判読精度の比較

	専門家	著者	
赤判定	30/37	33/37	
	(0.81)	(0.89)	
黄判定	1/1	1/1	
緑判定	5/6(0.83)	3/6(0.5)	



した。図5にその一例を示す。

さらに、本震後の被害状況把握のため、2回の現地調 査(2016年4月23日-24日、5月1日-6日)を実施し、 本震後の応急危険度判定の結果を確認した。図 6 に本震 後の建物被害と応急危険度判定の結果を示す。また、現 地調査で応急危険度判定が確認できなかった地域につい ては、本震後に撮影された Google ストリートビューの画 像も利用した。

#### 本震前の建物被害判読

#### (1) 航空写真による建物被害の判読精度

航空写真による判読精度を検討するために、4月15日 に撮影された地上写真が存在する 58 棟について航空写真 と地上写真を用いて応急危険度判定を実施した。判定者 は著者らに加えて、建築構造の専門家3名(内、応急危 険度判定士資格所有者2名)である。

まず、これら専門家3名が、地上写真を用いて応急危 険度判定を実施し、3名全員の判定が一致した建物を"確 定判定"とし、44 棟抽出した。この確定判定と航空写真 からの判読結果を表1に示す。その結果、赤判定につい

表 2	2 本震前	の被害判	読結果	

	緑判定	黄判定	赤判定	合計
棟数	69	28	105	202

表 3 本震後の応急危険度判定結果

	緑判定	黄判定	赤判定	合計
棟数	10	25	167	202







ての判読は概ね妥当であると判断される。緑判定につい て、専門家と著者らでは判読精度が異なった。これは、 屋根瓦の判定基準や機器類の判定基準が異なっているこ とが、判読精度に影響したと考えられる。黄判定、緑判 定についてはデータが少なく、確定的なことは言えない が、緑判定についても判読可能であると考えられる。

#### (2) 判読結果

本研究では、益城町の辻の城・寺迫・木山地区の木造 住宅 202 棟について分析を行なった。応急危険度判定を 援用した航空写真判読をその結果を図7と表2に示す。 緑判定の建物が 69 棟、黄判定の建物が 28 棟、赤判定の 建物が105棟あった。

# 4. 本震前と本震後の建物被害判読の比較

# (1)本震後の応急危険度判定結果

本震後の応急危険度判定は、現地調査と Goolge ストリ ートビューの写真から判定を確認した。また、倒壊して いる建物については、判定ステッカーが貼られていなく ても、赤判定とした。表3に本震後の応急危険度判定の 結果を示す。

# (2) 本震前と本震後の建物被害の比較

本震前の航空写真による判読結果と本震後の応急危険 度判定と比較した。結果を図8に示す。本研究による本 震前の被害判読では緑判定であったが、本震後の実際の



図9 本震後赤判定になった建物が倒壊した推移

応急危険度判定調査では、約6割が赤判定、約2割が黄 判定に変化したことが明らかになった。また、本震前に は赤判定だったが、本震後には黄判定に変化し、被害の 程度が小さくなったケースも一部あることが分かった。 これは、航空写真から見える屋根の被害が、地上からで は確認できなかったことが要因ではないかと考えられる。

また、図 9 に示すように、本震前には倒壊していなか ったが、本震後に倒壊した建物も多く存在することも明 らかになった。なかには、本震前の判定が緑判定だった 建物が、本震後には倒壊した建物もある。本震後に被害 が拡大している傾向が読み取れる。

#### 5. まとめ

本研究では、本震前の建物損傷の被害状況を明らかに するために、応急危険度判定を援用した航空写真判読を 試行した。さらに、本震前の建物損傷と本震後の建物損 傷の関係性について考察した。

その結果、赤判定については概ね判読が可能であるこ とが明らかとなった。黄判定、緑判定についてはデータ 数が少なく、確定的なことは言えないが、緑判定も判読 可能であると考えられる。

本震前の建物被害と本震後の建物被害を比較分析した 結果、本震前に緑判定であった建物の多くが赤判定に変 化していることが明らかになった。さらに、本震前に緑 判定であった建物であっても、本震後に倒壊した事例も 一定数存在することが明らかになった。これらの中には、 本震前に無被害と判断されていたと考えられる建物が多 く含まれると推察される。工学的には、前震と本震は別 の地震であり、前震で無被害、本震で倒壊という事例は、 当然発生する可能性がある。しかし、もし熊本地震のよ うに連続する地震で、前震と本震の間に時間的猶予(た とえば数日)があった場合、本震前に応急危険度判定調 査が実施され、緑判定とされた建物が、本震で倒壊する 可能性がある。これは、人命に関わる二次的災害を防止 することを目的とした応急危険度判定調査にとって大き な問題となる可能性がある。今後、特に緑判定->倒壊の ケースについて、前震後に建物内部も含めて、何らかの 被害が発生していなかったのか、あるいは本当に無被害

であったのかどうかについて、詳細に検討する必要がある。

## 謝辞

本研究の一部は、文部科学省「都市の脆弱性が引き起 こす激甚災害の軽減化プロジェクト 都市災害における 災害対応能力向上方策に関する調査・研究」の支援によ るものである。また本研究で使用した航空写真の一部は、 アジア航測(株)から提供いただいた。さらに専門家と して、ミズコシ・アンド・アソシエイツの水越薫氏、 ERSの中嶋洋介氏、工学大学の宮村正光氏に写真判読の ご協力いただいた。航空写真からのデータ作成には、常 葉大学社会環境学部生にご協力いただいた。記して謝意 を表します。

### 参考文献

1)長谷川弘忠,山崎文雄,松岡昌志: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

 2) 矢野嘉久,山崎文雄,松岡昌志,丸山喜久,胡内健一:航空写真 による福岡県西方沖地震での玄界島の家屋被害把握,日本地震工 学会,2005

 3) 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254号.65-72,1999

4) 被災建築物応急危険度判定研究会, 被災建築物応急危険度判 定マニュアル, 日本建築防災協会, 1998

5) 日本建築学会災害委員会 HP

http://wiki.arch.ues.tmu.ac.jp/saigai/index.php?plugin=attach&refer=% CA%BF%C0%AE28%C7%AF%A1%CA2016%C7%AF%A1%CB% B7%A7%CB%DC%C3%CF%BF%CC&openfile=20160425%C4%B4 %BA%BA%B7%EB%B2%CC\_%CB%DC%BF%CC%C1%B0%B8% E5%A4%CE%C8%E6%B3%D3%A3%B2.pdf(2016年9月30日現 在)