

マイクロジオデータを用いた2016年熊本地震における 建物単位の避難者人数の推定

佐藤大誓，秋山祐樹，柴崎亮介

Estimation of the Number of Evacuees from Each Building Using Micro Geodata in 2016 Kumamoto Earthquakes

Taisei SATO, Yuki AKIYAMA and Ryosuke SHIBASAKI

Abstract: In Kumamoto earthquake, occurred in April 2016, many buildings were collapsed and many people had to be evacuated. However, it was difficult to grasp the damage in detail and the disaster management was delayed. Therefore, at the time of a large earthquake, it is important to grasp the damage quickly for the quick disaster management. In this study, we focused grasping the damage in detail and quickly. For that reason, we used micro geodata of buildings of Kumamoto and 1km mesh measurement seismic intensity that can be estimated immediately after disaster. First, we gave a measurement seismic intensity for each building. Second, referring to the seismic intensity, age and structure, we estimated collapse ratio and evacuees for each building. In result, we obtained some extent correlation between the actual damage and the estimated value. Therefore, our study can be effective to estimate a disaster damage in detail and quickly.

Keywords: 熊本地震(Kumamoto earthquake), マイクロジオデータ(micro geodata), 建物被害(building damage) 避難者(evacuees)

1. はじめに

2016年4月、熊本地震が発生し、各地に大きな被害をもたらした。熊本地震は4月14日21時26分に発生したM6.5の前震に加え、4月16日1時25分に発生したM7.3の本震の2回の地震によって複合的な被害をもたらした地震で、建物の倒壊被害や、多くの避難者が発生した。しかし、それらの被害を詳細に把握するのは難しく、各地で対応が遅れた。現状として、一般に行われる実地調査では、広域および詳細な被害調査に時間がかかる。災害対応の遅れによる二次災害などの危険を防ぐためにも、発災直後の詳細な被害情報の把握は重要である。

東日本大震災など過去の地震における既往の研究では、広域の被害把握について、越村ほか(2012)では、衛星画像を用いた手法が有効であることを述べている一方、災害発生の場所や時間によってデータの入手に数日以上かかってしまうことや、建物被害を個別に知ることは難しいという課題について述べている。

これらの現状から、今後予想される首都直下地震や南海トラフ沖地震といった大地震が発生した際にも、発災直後の迅速で詳細な被害の把握は大きな課題であるといえる。

そこで本研究では、熊本地震を対象に、建物単位のデータであるマイクロジオデータおよび、発災直後に発表される気象庁の推計計測震度データを用いて、建物被害や避難者数について、詳細なスケールでの推定を試みるとともに、同手法による発災直後の迅速な被害の把握への有効性を検討した。

佐藤大誓 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学空間情報科学研究センター435号室

Phone: 04-7136-4291

E-mail: tais@csis.u-tokyo.ac.jp

2. 利用データ

2.1 建物マイクロジオデータ

建物マイクロジオデータは、2009年住宅地図に住宅土地統計調査等の統計値を配分することによって作成されたデータである（秋山ほか, 2013）。同データは、建物一棟一棟の分布を表すポイントデータであり、住宅地図が持つ属性情報に加え、建築構造や築年代のデータが格納されている（Ogawa et al., 2013）。

さらに、Akiyama et al., (2013) の手法を用いて、国勢調査の集計値を按分することで、建物単位の居住者数を求めた。本論文においては熊本県全域のデータを用いた。

2.2 計測震度

建物ごとに計測震度を与えて解析を行うために、熊本地震発生時の2016年4月14日（前震時）および4月16日（本震時）の、気象庁提供の推計震度分布図のGPVデータを用いた。同データは、標準地域メッシュ（約1km四方）単位で推定震度が格納されている。この推計震度分布図は、発災後5～10分で結果を出すことができるため、迅速な被害の把握への有効利用が期待できる。

2.3 建物倒壊率

建築構造や計測震度に応じて、建物単位での倒壊率を求めるために、東京都総務局（2013）の建物の全半壊率対応表および全壊率対応表（表1）を用いた。なお、1970年以前の建物データは、詳細な築年代が不明になっているため、1963年～1971年の分類にあたる木造中1に分類をして解析を行い、1962年以前の木造旧は使用しなかった。

表-1 全半壊率対応表（一部）

計測震度	木造旧	木造中1	木造中2	木造新1
6.0	62.3	56.8	43.2	9.8
6.1	73.4	69.4	55.1	14.3
6.2	82.6	80.3	66.5	20.0
計測震度	木造新2	木造新3	非木造旧	非木造中
6.0	3.1	1.4	14.6	11.2
6.1	5.1	2.4	19.1	15.0
6.2	7.9	4.0	24.5	19.6
計測震度	木造新	非木造新	非木造中	非木造新
6.0	3.1	1.4	14.6	11.2
6.1	5.1	2.4	19.1	15.0
6.2	7.9	4.0	24.5	19.6

2.4 熊本県の被害データ

推定値の検証を行うために、熊本地震の実際の被害データ（熊本県災害対策本部, 2016）のうち全壊・半壊棟数および避難者数のデータを用いた。

同データは市区町村単位での集計値であり、全壊・半壊棟数は戸建住宅のみの集計となっている。なお、避難者数のデータは本震後の4月16日14時半のものを使用した。

3. データの作成と検証

3.1 倒壊率の計算

解析の全体の流れを図1に示す。建物ごとに計測震度を与え、建築構造や年代によって、表1に基づいて全壊率、半壊率および全半壊率を求めた。例えば、ある建物の建築構造・築年代の分類が木造中1で計測震度が6.0の場合、表1より、その建物の全半壊率は56.8%となる。

なお、熊本地震においては、2回の地震による複合被害について考える必要があるため、式1～式4を用いて、ある建物*i*の前震と本震の2回の地震による複合被害の全壊、半壊および全半壊率を求め、以降の計算に用いた。

$$CRa_i = R3_i \cdot Ra2_i + RaI_i \quad (1)$$

$$CRs_i = R3_i \cdot Rs2_i + RsI_i \quad (2)$$

$$CRas_i = R3_i(Ra2_i + Rs2_i) + (RaI_i + RsI_i) \quad (3)$$

$$R3_i = 1 - (RaI_i + RsI_i) \quad (4)$$

RaI_i : 前震による建物*i*の全壊率

$Ra2_i$: 本震による*i*の全壊率

RsI_i : 前震による建物*i*の半壊率

$Rs2_i$: 本震による建物*i*の半壊率

$R3_i$: 建物*i*が前震で倒壊しない確率

CRa_i : 前震と本震の複合による建物*i*の全壊率

CRs_i : 前震と本震の複合による建物*i*の半壊率

$CRas_i$: 前震と本震の複合による建物*i*の全半壊率

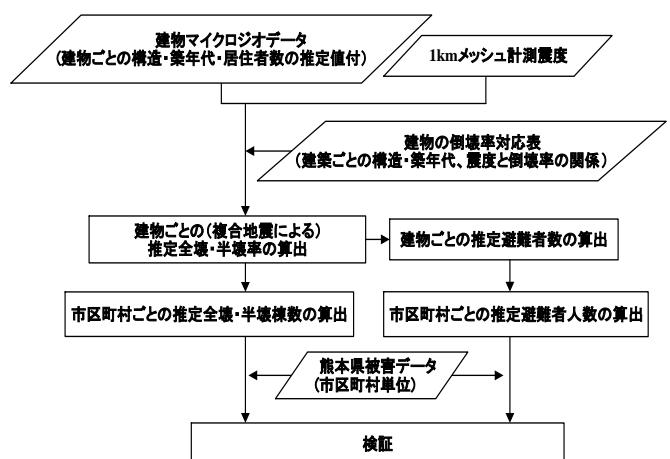


図-1 解析の流れ

3.2 避難者人数の計算

式5(東京都総務局, 2012)を用いてある建物 i が全壊,あるいは半壊した時にその建物から発生する避難者数を推定した.

$$E_i = C_i N_i + 0.503 H_i N_i \quad (5)$$

C_i : 建物 i の全壊率

H_i : 建物 i の半壊率

N_i : 建物 i の居住者数

E_i : 建物 i から発生する避難者数

3.3 推定結果の検証

市区町村ごとに建物の全壊・半壊棟数と避難者数の集計を行った. その集計結果と2.4の熊本県の被害データを比較して推定結果の検証を行った. なお, 建物の全壊・半壊棟数は, 被害データと条件を合わせるため, 戸建住宅のみを集計した.

検証結果は図2のようになった. ただし, 熊本市のみ極端に値が大きいため, 相関や誤差に影響を与える可能性を考慮し, 熊本市を除いた場合についても検証を行った(図3). 結果として, いずれの場合も有意な相関関係が得られた. ただし推定値は, 熊本市を含めた場合は過大評価, 熊本市を除いた場合は過小評価となった.

これらの誤差は, 使用した建物マイクロジオデータ, 推計計測震度分布図および建物倒壊率対応表のデータの精度が影響している可能性がある. まず建物マイクロジオデータが2009年のものであるため, 2009年以降に更新された建物による影響が推定値に反映されていると考えられる. 特に都市部の熊本市では多くの建築物が更新され, 相対的に古い建物が少なくなり過大評価となった可能性が考えられる. また, 本解析では表1のうち, 築年代1970年以前の建物は, 全て木造中1を適用し, 倒壊率が最も高い木造旧を適用しなかった. そのため過小評価の市区町村については, 実際には木造中1よりも木造旧の建物が多かった可能性が考えられる. これらのことから今後は建物マイクロジオデータの更新や, 建築構造の分類方法の改善が必要であるといえる.

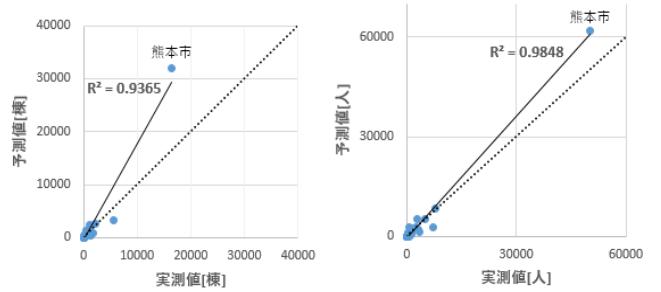


図-2 推定全半壊棟数(左)および推定避難者数(右)の検証結果

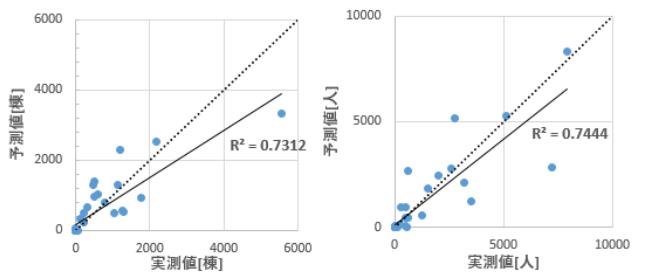


図-3 推定全半壊棟数(左)および推定避難者数(右)の検証結果(熊本市以外)

4. 結果

熊本県における建物単位の推定全半壊率を図4, 推定避難者人数を図5に示す. 建物マイクロジオデータは, 全国的に整備がされているため(秋山ほか, 2013), これらの結果は熊本県だけでなく, 全国的に適用することができる. また, 建物単位で被害を推定できるため, 3.3のように市区町村単位で集計ができるほか, 町丁目単位での集計など, 様々なスケールでの活用が期待できる.

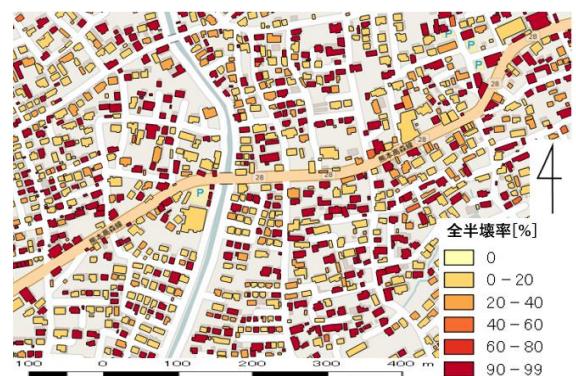


図-4 建物の推定全半壊率(一部地域)

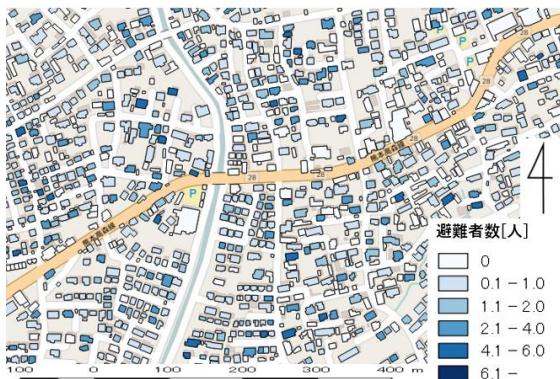


図-5 建物からの推定避難者人数（一部地域）

5. おわりに

熊本県全域において、建物単位で計測震度を与え、建物ごとに倒壊率および避難者人数の推定を行った。また、推定値と実際のデータの間に有意な相関関係が得られた。そのため、1km メッシュの計測震度が発災直後に得られることから、本研究の手法は発災直後に迅速かつ詳細な被害の推定が期待できるといえる。また、今後の地震についても、建物マイクロジオデータに想定震度を与えることで、全国的に建物単位での事前の被害予測ができるといえる。同成果は各自治体などで、避難所の最適配置などの防災政策に活用が期待できる。また、各建物の倒壊率を用いて、負傷者の数を推定するといった、避難者数の推定以外にも応用が期待できる。

今後の課題は、推定精度の向上である。そのためには、より細かいスケールでの推定結果の検証や、過去の地震でも同様の解析と検証を行うといったことが必要である。また、今後はより実情に即した推定のために、ライフラインの不通などの建物被害以外による避難者を考慮した上での避難者数の推定を行う必要があるだろう。

謝辞

本論文の解析は、気象庁保有の推計震度分布図の提供をうけて実現したものである。また、本研究は、東京大学 CSIS 共同研究 (No. #122) による成果である。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 越村俊一・郷右近英臣・福岡巧巳・林里美, 2012 年, 「リモートセンシングによる 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の広域被害把握」, 日本地震工学会論文集, 12(6), 6_50-6_62.
- 秋山祐樹・小川芳樹・仙石裕明・柴崎亮介・加藤孝明, 2013 年, 「大規模地震時における国土スケールの災害リスク・地域災害対応力評価のためのミクロな空間データの基盤整備」, 第 47 回土木計画学研究・講演集 CD-ROM, 392
- Ogawa, Y., Akiyama, Y. and Shibasaki, R., 2013. Evaluation of Catastrophic Earthquake Damage throughout Japan using Estimated Micro Data, CUPUM2013 conference papers, 103.
- Akiyama, Y., Takada, T. and Shibasaki, R., 2013. Development of Micropopulation Census through Disaggregation of National Population Census, CUPUM2013 conference papers, 110.
- 東京都総務局総合防災部防災管理課 (2013) 南海トラフ巨大地震等による東京の被害推定, <http://www.bousai.metro.tokyo.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/000/402/part3-4-2.pdf>
- 東京都総務局総合防災部防災管理課 (2012) 首都直下地震等による東京の被害想定, <http://www.bousai.metro.tokyo.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/000/401/assumption.part3-4-2.pdf>
- 熊本県災害対策本部 (2016) 熊本地震に係る被害状況等について (第 144 報), <https://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=15459&sub_id=145&flid=76523>
- 熊本県災害対策本部 (2016) 第 4 回政府現地対策本部会議・第 7 回災害対策本部会議資料, <https://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=15459&sub_id=1&flid=66700>