

地震時における広域火災被害評価のための推定建物構造データの開発

小川芳樹・秋山佑樹・仙石裕明・柴崎亮介

Development of Estimated Building Structure Data for Evaluating of Fire Risk by Earthquake

Yoshiki OGAWA, Yuki AKIYAMA, Hiroaki SENGOKU
and Ryosuke SHIBASAKI

Abstract: It is quite important to develop the data to evaluate the risk of fire by an earthquake in broad region in order to determine disaster prevention policies. This paper, therefore, proposes a method of estimating each building's structural types, which is one of influential factors on building fire. Both data on each building and Grid-cell Statics data were used in this paper. The former is derived from residential map and telephone directory database with latitudes-longitude coordinates while the latter is aggregated data of the age and structural types investigated with Housing and Land Survey. We verified reliability of our estimated data by comparing the data and real information of building structural types in Setagay-ku, where validation data is available.

Keywords: 建物構造 (building structure type), 火災 (fire), 耐火 (fireproof), リスク評価 (risk evaluation)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、広い範囲にわたる地域に甚大な被害をもたらした。また、内閣府によると今後予測される南海トラフ巨大地震の被害想定では、最大32万人の死者数に達すると推測されている。そのため、日本全土を対象にした地震の広域災害発生時における地域ごとの災害リスクと災害への対応力を、定量的かつ高精度に評価・比較する環境を整備することは、重要な課題であるといえる。しかし、このような環境を整備するには、建物構造(耐火・準耐火・防火及び、木造・非木造)を建物1棟1棟単位でのデータが必要となるが整備されてい

ないため、それらを推定する手法を本研究では開発する。その結果を用いることで、地震による倒壊と火災でのリスク評価を簡易的な評価指標を用いて行うことが可能となる。このように建物構造が1棟1棟の高精度で推定できることで、任意の集計単位に対応でき、都道府県や自治体単位のみならず、市民が主体の地域コミュニティ単位でのリスク評価が可能となるものと考えられる。

1.1 既往研究

本研究に関連する既往研究として、加藤ほか(2006)は地震による火災リスクを把握するために、全国を対象として建物構造を建物面積、階数に応じて推定し、延焼限界距離を計算することで、延焼のクラスターを作成し火災に対するリスク評価を行なっている。

ただし既往研究では、課題として建物用途や用途地域を考慮していない点、非木造率の与え方が都道府県単位である点があげられる。

小川芳樹 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

東京大学生産技術研究所 Cw-503 号室

Phone: 03-5452-6417

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

1.2 目的

そこで本研究では、住宅土地統計、緯度経度座標付き電話帳データベース、デジタル住宅地図を用いて、建物1棟1棟の建物構造を推定する手法を開発する。このデータは、ほぼ全国をカバーしているため、広域を対象にその推定を可能にする。その結果の利用例として、静岡県を対象として地域間の相対的なリスク評価を行う。

2. 研究方法

本研究では建物1棟1棟の①耐火造・準耐火造・防火造、②木造・非木造の2種類を推定する。

①については裸木造もあるが、本研究では防火造に含めるものとする。②については、RC造・S造・SRC造による地震被害の差が木造と比べ小さいと予測されるため、これらを非木造とする。

また、対象とする地域は、東京都及び静岡県、検証については検証データの得られる世田谷区を対象とする。

3. 耐火・準耐火・防火構造の推定

3.1 推定方法

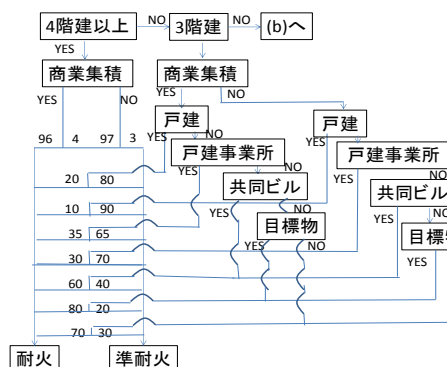
本研究では、デジタル住宅地図(2008年)と緯度経度付きデジタル電話帳データ(2008年)を用いることで建物1棟1棟の建物階数と面積、建物用途を把握し、それに秋山ら(2011)が開発した商業集積統計(2008年)を組み合わせることで、その建物が商業集積内か外かを判定し、図-2の示す手法を用いて建物構造の推定をする。商業集積統計は商業集積の分布・形状をポリゴンデータで把握できるデータである。建物構造の分布には、用途地域が大きく作用するため、その地域が防火地域か否かにより分布の偏りがある。しかしながらそうした用途地域のポリゴンデータは、全国で整備されていないが、多くの商業地域は、防火地域に指定されているため、本研究では、商業集積統計を用いることとした。地域係数 k は、地域による耐火造率、準耐火造率の多寡を市区町村別の非木造比率 Q を用いて補正するための係数である。また、

地域係数 k を算出するにあたり、非木造比率を用いる。非木造比率の算出には住宅土地統計調査(2008)の市区町村ごとの構造別・住宅の種類別の住宅総数を用いた。しかしながら、住宅土地統計調査は、世帯数を単位としたデータであり、建物棟数を単位としたものではないため、棟数ベースのデータに図-1のように変換し、棟数ベースの非木造率 Q を求める。また、非木造非率 Q に合うように地域係数 k を定めることで、戸建・非戸建の面積別、耐火・準耐火構造の棟数が推定される。

住宅土地統計			住宅地図		
	戸建	非戸建		戸建	非戸建
木造戸数(戸)	103116	62380	棟数(棟)	103116	62380
非木造戸数(戸)	11360	242970			
合計	114476	305350			

拡大係数(戸数/棟数)					
	戸建	非戸建		戸建	非戸建
木造棟数(棟)	95478	6780			
非木造棟数(棟)	10519	26410			
合計	114476	305350			

図-1 世帯数ベースから棟数ベースへの変換(世田谷区)



(a)3階建て以上の構造割り当て

(a)から

*1~3:面積、商業集積内外、
建物用途に応じた構造の割当

```

    graph TD
      A["(a)から"] --> B["戸建"]
      A --> C["非戸建"]
      A --> D["不明"]
      B -- "YES *1" --> E["耐火"]
      B -- "NO" --> F["準耐火"]
      C -- "YES *2" --> F
      C -- "NO" --> G["防火"]
      D -- "YES *3" --> G
  
```

2階建て戸建

建築面積	耐火造	準耐火造
-75m ²	q ₁₁ = 2.0	q ₂₁ = 10.0
75-100m ²	q ₁₂ = 2.0	q ₂₂ = 15.0
100-200m ²	q ₁₃ = 3.0	q ₂₃ = 20.0
200m ² -	q ₁₄ = 3.0	q ₂₄ = 20.0

2階建て非戸建

建築面積	耐火造	準耐火造
-75m ²	q ₁₁ = 4.0	q ₂₁ = 20.0
75-100m ²	q ₁₂ = 4.0	q ₂₂ = 30.0
100-200m ²	q ₁₃ = 6.0	q ₂₃ = 40.0
200m ² -	q ₁₄ = 12.0	q ₂₄ = 50.0

$$\text{地域係数} k = \frac{(\sum n_i)Q}{\sum (n_i(q_{1i} + q_{2i}))}$$

(b)2階建て以下の構造割り当て

図-2 防火・準耐火・耐火構造の割り当て方法

3.2 耐火・準耐火・防火構造の推定結果

図-3に下北沢駅周辺の推定結果を示す。駅周辺

や大通り周辺に耐火構造（青色）の建物が集中している。このような地域は、防火地域として指定されている場合が多いためであり、本研究で用いた商業集積統計、建物用途が反映されている為と考えられる。

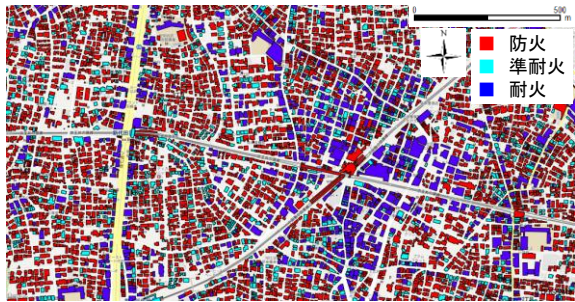


図-3 下北沢駅周辺における建物構造の推定結果

3.3 推定結果の信頼性検証

世田谷区の 8314 棟を対象として 1 棟 1 棟に対して建物構造が正しく推定されているかの検証を行い、エラーマトリックスにより評価する。検証データは東京都世田谷区のホームページで公開されている「せたがや i map」内の建物現況調査(2008 年)を用いる。検証結果を表-1 に示す。防火・耐火構造については、ユーザー精度が高く本手法の精度が高いということが分かる。一方で総合精度は 65.3%であるため、精度の点でまだ課題が残っており、リスク評価する際の火災延焼の被害想定に精度に影響するものとする。これは、それぞれの構造の割り振りを調整することで精度向上が期待できるが、それは今後の課題とする。

表-1 世田谷区における構造の検証結果

検証データ	防火	準耐火	耐火	合計	ユーザー精度 [%]
本手法					
防火	3865	571	252	4688	82.4
準耐火	1176	647	464	2287	28.3
耐火	246	177	916	1339	68.4
合計	5287	1395	1632	8314	
プロデューサー精度 [%]	73.1	46.4	56.1	総合精度 [%]	65.3

4. 木造・非木造の推定

建築基準法第 22 条により、用途地域の指定がある地域には、建物面積・階数に応じて建てられる建物の延床面積と階数が定められている。よっ

て本研究では、建築基準法に基づいて木造・非木造の推定を図-4 の示す方法で実施する。ただし、建築基準法で定められていない地域については、地域係数をもとに容積率・建物構造(耐火・準耐火・防火構造)を考慮して木造・非木造をランダムに割り当てていく。また、用途地域(防火地域・準防火地域)のポリゴンデータの代わりに本研究では、商業地域の多くが防火地域に指定されていることから商業集積統計を利用することとする。下北沢駅周辺の木造・非木造の推定結果を図-5 に示す。本来であれば推定結果の精度検証をしなければならないが、現状では検証データが不十分のため、それは今後の課題としたい。

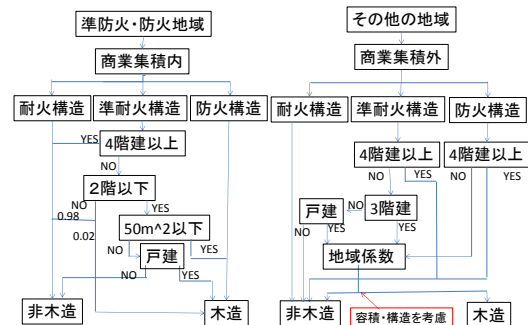


図-4 木造・非木造の割り当て方法

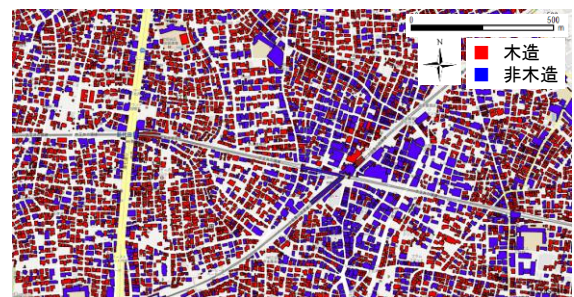


図-5 下北沢駅周辺の木造・非木造の推定結果

5. 地震災害リスクの評価

「地震災害リスクの評価」指標として以下の指標を提案する。火災発生確率は、火災予防審議会・東京消防庁(2007)の方法を用いて冬の夜の建物用途の値の平均値を用いる。死者率については、日本火災学会が阪神淡路大震災時に調査したものを、延焼率については、総務省消防庁発行の平成

19 年度版消防白書の値を用いる。倒壊確率については、阪神淡路大震災時に調査されたもの(村尾・山崎, 2000)を用いるとする。火災による死亡確率と倒壊による死亡確率を組み合わせることで地震の死亡確率を示すことができる。更に建物ごとの築年数の情報を加えることで倒壊リスクの評価精度は更に向上するものと考えられるが、築年数情報の導入は今後の課題である。

$$\begin{aligned}
 &\text{火災による死亡確率} \\
 (\text{死亡率}) &= \begin{pmatrix} \text{防火} \\ \text{準耐火} \\ \text{耐火} \end{pmatrix} = (\text{火災発生確率}) \times (\text{延焼率}) \times (\text{死者率}) \\
 &= 0.00308 \times \begin{pmatrix} 1.2175 \\ 1.1295 \\ 1.0370 \end{pmatrix} \times 0.14 = \begin{pmatrix} 0.00053 \\ 0.00049 \\ 0.00045 \end{pmatrix} \\
 &\text{倒壊による死亡確率} \\
 (\text{死亡率}) &= \begin{pmatrix} \text{木造} \\ \text{非木造} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{木造の倒壊確率} \\ \text{非木造の倒壊確率} \end{pmatrix} \times (\text{死者率}) \\
 &= \begin{pmatrix} 0.2618 \\ 0.2031 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.0676 \\ 0.2031 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.0177 \\ 0.0033 \end{pmatrix} \\
 &\text{火災と倒壊による死亡確率} \\
 (\text{倒壊による死亡確率}) &= x \\
 (\text{火災による死亡確率}) &= y \\
 (\text{地震による死亡確率}) &= x \times (1-y) + (1-x) \times y
 \end{aligned}$$

静岡駅南口における推定結果を図-6 に、静岡県南西部における 5 次メッシュでの集計結果を図 7 に示す。

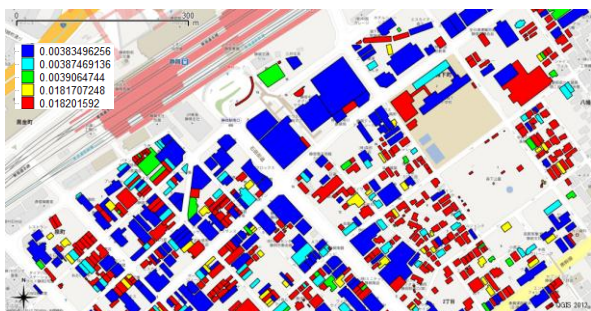


図-6 静岡駅前南口における地震リスク推定結果

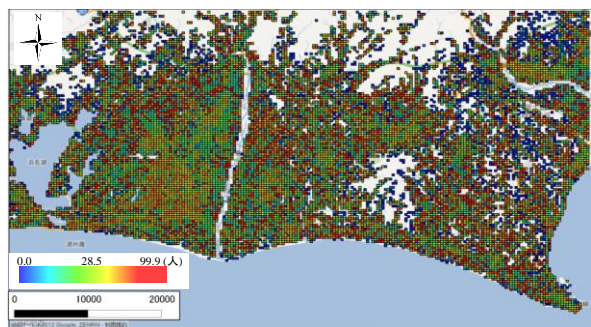


図-7 静岡県南西部における地震リスク推定結果

6. おわりに

デジタル住宅地図、デジタル電話帳データ、商業集積統計を組み合わせることで、建物 1 棟 1 棟の建物構造の推定を広域スケールで適用可能なモデルとして提案した。一方、課題として構造の精度を向上させるためには、推定するに当たり利用した構造の配分のパラメータを最適なものに修正する必要がある。加えて、本来であれば商業集積統計ではなく、用途地域を建物構造の推定に利用すべきであり、それについては今後の研究課題としたい。推定結果の信頼性検証に際して木造・非木造については、今回実施していないが、今後検証する予定である。

参考文献

- 秋山祐樹・仙石裕明・田村賢哉・柴崎亮介, 2011 年, 「日本全土の商業統計ポリゴンデータの開発と商業集積地域ポリゴンデータの信頼性検証」, 第 20 回地理情報システム学会講演論文集 (CD-ROM, F-2-3)
- 加藤孝明・程洪・亜力坤玉素甫・山口亮・名取晶子, 2006 年, 「建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築」, 地域安全学会論文集, 8, pp.279-288.
- 村尾修・山崎文雄, 2000 年, 「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, 527, pp.189-196.
- 火災予防審議会・東京消防庁, 2007, (火災予防審議会答申) 地震時における地域の防災力に関する課題と対策について
- 総務省消防庁, 2007, 消防白書
- 日本火災学会, 1996, 1995 年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書, 690