

# マイクロジオデータを利用した大規模地震時の広域被害評価方法の開発

Development for the Evaluation of Catastrophic Earthquake Damage Using Micro-geo Data

学籍番号 47116808  
氏名 小川 芳樹  
(Yoshiki, Ogawa)  
指導教員 柴崎 亮介教授

## 1. はじめに

近年、例えば加藤ほか (2006) などは、地震の被害想定に関する研究を多く行っている。しかしながら既往研究の問題点として、評価結果の空間解像度が高くなく住民スケールでの評価ができない点などが挙げられる。また、多くの既往研究が一部地域を対象としたケーススタディのみである。

このような背景から本研究では、日本全土の建物 1 棟 1 棟の建物の耐火性能、建物構造、築年数を推定する手法を開発する。これらのデータと確率的地震動地図 (防災科学研究所) を組み合わせることで地震による火災と倒壊のリスクを算出する。さらに消防データ (全国消防庁会) と秋山ら (2013) が開発した建物単位の推定居住者分布データを用いることで、地震直後の初期対応力 (公助・共助) を定量的に評価する。これらのデータは、ほぼ全国をカバーしている。このようなデータを組合せることで、人的被害の算出を行い、地域間の相対的なリスク評価可能なデータベースを作成する。1 棟 1 棟で高精度に推定できることで、任意の集計単位に対応でき、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。

## 2. データの開発

本研究では、図 1 に示すようなデータを利用し、建物 1 棟 1 棟に大規模地震による倒壊・火災の被害推定に必要な情報および初期対応力を評価するために必要な情報を与えていく。



図 1. 本研究のデータ整備の流れ

### 2.1 地震動の付与と出火率

本研究ではこのうち将来的に発生する地震による確率的地震動の情報は、「確率論的地震動予測地図」(地震調査研究推進本部)を用いる。第 5 次メッシュ (250m 四方) 単位で集計されたデータであり、メッシュ

毎に 30 年間超過確率 3%, 6%及び, 50 年間超過確率 2%, 5%, 10%, 39%の地震動が得られる。

出火率は, 東京消防庁が公開している業種別・地震動別の出火確率(東京都第 16 期火災予防審議会答申)を用いる。本研究ではテレポイントデータを建物ポイントデータに空間結合することで, 建物ごとにそこに入居する店舗・事業所の業種を明らかにし, 出火率の推定を行う。

## 2.2 建物の耐火性能と構造の推定

建物単位での耐火性能の推定をする。なお本手法は加藤ほか(2006)を発展したものである。住宅地図, 商業集積統計, 住宅土地統計調査を用いる。商業地域の多くが建築基準法により防火地域や準防火地域に指定されていることから, こうした地域に耐火造および準耐火造の建物が多くなっているという仮定に基づき商業集積統計を用いている。本研究の推定手法を表 1 に示す。2 階建以下の耐火性能の割り当てについては, 地域による耐火造・準耐火造の多寡を考慮するために地域係数  $k$  を定義する。地域係数  $k$  は式(1)で定義される。

$$k = \frac{(\sum n_{ij})Q_i}{\sum (n_{ij}(r_{ij} + s_{ij}))} \quad (1)$$

$n_{ij}$  は面積区分別の建物棟数( $i$  は戸建・非戸建の種別),  $r_{ij}$  は  $j$  での耐火造率( $j$  は面積区分),  $s_{ij}$  は  $j$  での準耐火造率である。地域係数  $k$  は, 商業集積内外か, 戸建・非戸建・不明別に 6 つのパターンで各々において算出される(表 2)。即値の GIS データ(世田谷区)から得られた耐火性能比率に応じてランダムに配置していく。東京都世田谷区の 3 地域(世田谷区豪徳寺・三軒茶屋・北

沢)の 8,419 棟を対象に, 1 棟 1 棟に対して耐火性能が正しく推定されているかどうかの検証を行った結果, 総合信頼性が 76.98%であった。また第 4 次地域メッシュでそれぞれ集計した場合, 決定変数=0.8 以上の強い相関が得られた。

表 1 耐火性能の推定手法

階数	商業集積内外判定	建物用途	耐火造率(%)	準耐火造率(%)	防火造率(%)
5)	—	—	100	0	0
4)	集積内	—	97	3	0
4)	集積外	—	98	2	0
3)	集積内	戸建	30	60	10
3)	集積内	戸建事業所	50	45	5
3)	集積内	共同ビル	68	30	2
3)	集積内	目建物	0	0	100
3)	集積内	その他	40	20	40
3)	集積外	戸建	15	60	25
3)	集積外	戸建事業所	40	45	15
3)	集積外	共同ビル	67	30	2
3)	集積外	目建物	0	0	100
3)	集積外	その他	60	10	30
1.2)	集積内	戸建	それぞれの場合に対して地域係数 $k$ を算出し構造比率により配分。		
1.2)	集積内	共同ビル			
1.2)	集積内	不明			
1.2)	集積外	戸建			
1.2)	集積外	共同ビル			
1.2)	集積外	不明			

表 2 構造種別面積別の耐火性能比

商業集積	建物用途	建物面積 [m <sup>2</sup> ]	耐火造	準耐火造
商業集積内	戸建	0-75	$r_{11}=2.0$	$s_{11}=8.0$
		75-100	$r_{12}=2.0$	$s_{12}=1.0$
		100-200	$r_{13}=3.0$	$s_{13}=1.0$
		200-	$r_{14}=3.0$	$s_{14}=3.0$
	非戸建	0-75	$r_{21}=4.0$	$s_{21}=3.0$
		75-100	$r_{22}=4.0$	$s_{22}=5.0$
		100-200	$r_{23}=6.0$	$s_{23}=6.0$
		200-	$r_{24}=12.0$	$s_{24}=6.0$
	不明	0-75	$r_{31}=3.0$	$s_{31}=5.5$
		75-100	$r_{32}=3.0$	$s_{32}=3.0$
		100-200	$r_{33}=4.5$	$s_{33}=3.5$
		200-	$r_{34}=7.5$	$s_{34}=4.5$
商業集積外	戸建	0-75	$r_{11}=2.0$	$s_{11}=4.0$
		75-100	$r_{12}=2.0$	$s_{12}=10.0$
		100-200	$r_{13}=3.0$	$s_{13}=1.0$
		200-	$r_{14}=3.0$	$s_{14}=2.0$
	非戸建	0-75	$r_{21}=4.0$	$s_{21}=10.0$
		75-100	$r_{22}=4.0$	$s_{22}=10.0$
		100-200	$r_{23}=6.0$	$s_{23}=13.0$
		200-	$r_{24}=12.0$	$s_{24}=12.0$
	不明	0-75	$r_{31}=3.0$	$s_{31}=10.0$
		75-100	$r_{32}=3.0$	$s_{32}=7.0$
		100-200	$r_{33}=4.5$	$s_{33}=7.0$
		200-	$r_{34}=7.5$	$s_{34}=7.0$

建物構造(木造・非木造)についても耐火性能の推定と同様に構造を割り当てる(図 2)。また静岡県沼津市の 606 棟を対象信頼性の検証を行った結果, 総合信頼性が 86.38%であった。また第 4 次地域メッシュでそれぞれ集計した場合, 決定変数=0.8 以上の強い相関が得られた。

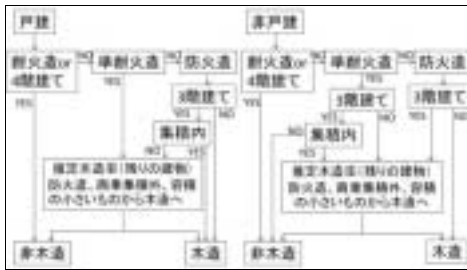


図2 建物構造の推定手法

### 2.3 居住者情報と築年数の推定

居住者情報の推定についての詳細は秋山(2012)を参照されたい。建物倒壊リスクを評価する際には、建物構造に加え、築年代が倒壊リスクに大きな影響を与えることから築年数の推定を行う。そこで本研究では統計データからマイクロシミュレーションを用い、建物ポイントデータに築年代の情報を追加する。手法は、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いる。同手法により～1970年, 1971～1980年, 1981～1990年, 1991～2000年, 2001年～現在までの5区分の築年代を建物1棟1棟に与える。本研究では、住宅土地統計データ(2008)、国土数値情報から得られるDID地区(人口集中地区)ポリゴンデータ、建物世帯年齢及び、住宅地図から得られる建物階数を用いて、築年代の推定を行う。住宅土地統計データの建物用途×建物構造×世帯主年齢×築年代のクロス表と、建物用途×建物構造×建物階数×築年代のクロス表から条件付き確率を算出し、DIDの重み付けをすることでシミュレーションを行う。検証については、不動産情報データ(株式会社アットホーム)を整理し信頼性検証を進める予定である。

### 3. 大規模地震時の倒壊・火災リスク評価

建物の倒壊確率については、多くの被害想定で利用されている村尾・山崎(2000)の被害関数を用いる。これに中央防災会議

(2012)の手法を用いて倒壊による人的リスク評価を行う。火災リスクについても2.2で推定した出火率から延焼性を考慮して中央防災会議(2012)の手法を用いて人的リスク評価を行う。

### 4. 大規模地震時の初期対応力評価

ある周辺住民による救助到達人数はその年齢・性別により決定する。年齢・性別による住民の救助活動状況は阪神大震災時の調査結果から表3のようになることが明らかになっている(東京消防庁(2005))。本研究では建物*i*から100m圏内の建物に分布する居住者が救助に来るものと想定する。建物*i*から*d<sub>j</sub>*[m]離れた建物*j*の居住者に与えられる重み*dw<sub>j</sub>*は式(2)で表現できる。

$$dw_j = \frac{1.502}{\log(1+d_j)+1} \quad (0 \leq d_j \leq 100) \quad (2)$$

表3 住民の救助活動実施状況

年代	男子世帯	女子世帯	未詳世帯	男子世帯	女子世帯	男子世帯	女子世帯
10	1	0.85	0.228	0.78	0.24	0.1733	0.0485
20	1	0.78	0.228	0.78	0.24	0.1733	0.0485
30	0.86	0.78	0.228	0.72	0.28	0.1583	0.0487
40	0.83	0.73	0.288	0.72	0.28	0.1885	0.0608
50	0.8	0.72	0.228	0.63	0.37	0.1283	0.0807
60	0.84	0.7	0.187	0.74	0.28	0.1187	0.0348
70～	0.78	0.65	0.188	0.75	0.28	0.0755	0.0216

消火期待棟数は、その建物が立地する地域の消防施設(消防署・出張所等)から到達する消防ポンプ車台数、消防職員数、および消防団員数により推定できる。全ての建物に消防職員数、およびそれらが配置されている消防施設からのネットワーク距離、また消防団員数も同様に与える。これらの値を利用して、各建物の消火期待棟数を求める。

### 5. 大規模地震時の被害推定結果

建物毎の大規模地震時の倒壊・火災リスクの情報と建物毎の初期対応力の情報を組み合わせることで、死者率を算出し大規模地震時の被害推定を行う。図3に50年超過確率2%の地震動(冬期夕刻発生)による日

本全土，中京地方，札幌それぞれの被害想定の結果を示す。また図 4 に可視化の例を示す。

## 6. 今後の展望

時間帯別のシミュレーションを行うことなど改良の余地はまだある。しかし一番大切なことは、このようなデータを実際に住民との対話を通して、共有方法を模索し活用することであり、その方法をデザインして提案する予定ある。

### 参考文献

中村仁・加藤孝明，2011 年，「地震災害における自治体間の相対的な地域災害対応力評価」，地域安全学会論文集，14，pp.47-55.

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.

秋山祐樹，2012 年，「住宅地図を用いた国勢調査の非集

計化データの開発と活用」，研究集会「官庁統計データの公開における諸問題の研究と他分野への応用」講演資料（<http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/member/akiyama/paper/2012/okei20121026.pdf>）

Ogawa, Y., Akiyama, Y., Sengoku, H., Hiroyuki, T., and Shibasaki, R., 2013, "Development for the Evaluation of Catastrophic Earthquake Damage Throughout Japan Using Estimated Micro Data", CUPUM2013

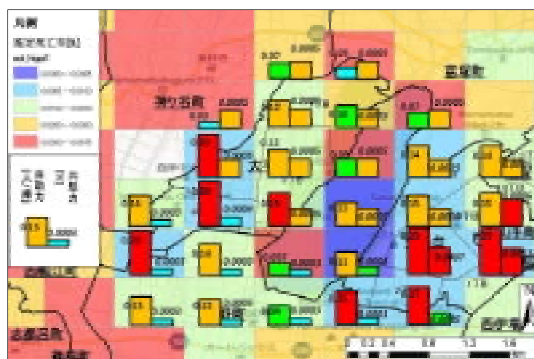


図 4 浜松市における可視化の例

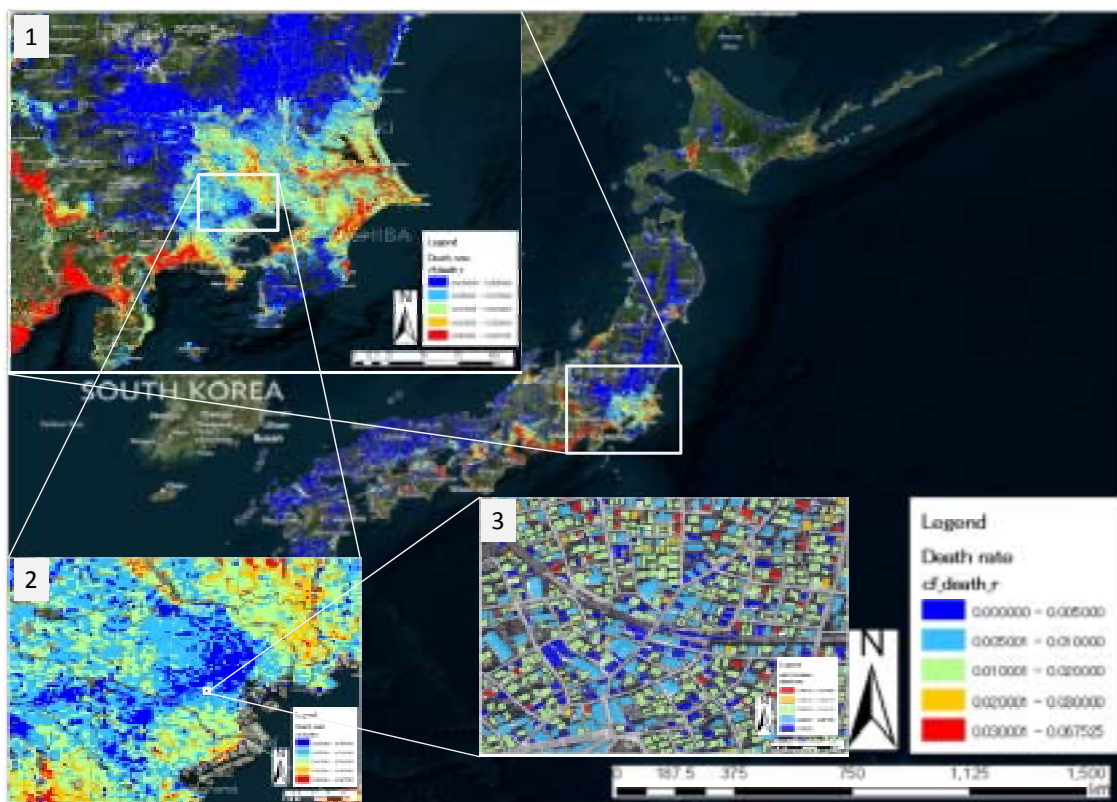


図 5 日本全土における地震時の初期対応力を考慮した人的リスク（50%超過確率 2%の地震動を入力した場合（冬の夕方））