

空間的マイクロシミュレーションを用いた地震被害推定

花岡和聖・中谷友樹

A Spatial Microsimulation Approach for Estimating Earthquake Impacts

Kazumasa HANAOKA Tomoki NAKAYA

Abstract: The purpose of this article is to estimate seismic impacts by using a spatial microsimulation. Spatial microsimulation is an individual based modeling method involving in creating a geographically disaggregated microdata set and a series of analysis based on it. The results of our application show that it is able to create a reliable microdata set of households and buildings for modeling earthquake impacts by Hanaore Fault in Kyoto City. It provides information of earthquake impacts both at finer geographical scale and by detailed demographic attributes. This information demanded for allocating rescue resources cannot be derived by using aggregated models.

Keywords: 空間的マイクロシミュレーション (spatial microsimulation), 合成ミクロデータ, (synthetic microdata), 地震 (earthquake), 京都市 (Kyoto City)

1. はじめに

近年, 大規模なミクロデータの整備や計算機の処理能力の向上, オブジェクト指向言語の登場によって, 個人や世帯等の意思決定主体に基づく非集計レベルでのシミュレーションモデルの構築が可能になった (中谷・花岡, 2008). こうしたアプローチの一つである空間的マイクロシミュレーション (以下, 空間的 MS) は, 個人属性と空間属性の両面で詳細な合成ミクロデータ(synthetic microdata) の生成を通して, 個人や世帯を単位に, 政策などの外生的条件がもたらす結果の詳細を地理的に明らかにできる (Hanaoka and Clarke, 2007; 花岡, 2009).

この手法は, 近年, 位置情報や個人情報とともに精緻なモデルが志向される災害予測においても有効と考えられる.

そこで, 本研究では, 空間的 MS の枠組みを採用し, これまで以上に詳細な位置情報および人口属性に基づく被害予測手法を提示する. これによって, 詳細な地震被害想定に基づく防災計画の策定が可能になる.

2. 分析の概要

2.1 分析の流れ

まず①世帯と建物の合成ミクロデータを生成し, ②地震と人的被害のプロセスモデルを合成ミクロデータに適用する. 地震モデルは地震動と建物倒壊, 人的被害モデルは建物倒壊に伴う死亡数を予測するプロセスモデルである. 最後に, ③町丁目別, 人

花岡 和聖 〒603-8341 京都市北区等持院北町 56-1

立命館大学文学部

Phone: 075-465-8801

E-mail: kht27176@fc.ritsumei.ac.jp

口属性別に人的被害を集計する。

2.2 合成ミクロデータの生成

世帯の合成ミクロデータの生成には、焼きなまし法を利用する（図-1）。使用するデータは、『京阪神都市圏パーソントリップ調査』（PT調査）のサンプルをミクロデータとして、『国勢調査・小地域集計』の5つの統計表（世帯規模、65歳以上世帯人員の有無、性別年齢階級、産業、職業）を制約条件として利用する。この方法では、①PT調査サンプルから初期セットを作成し、次に②PT調査のサンプルと合成ミクロデータのサンプルを置換しながら、制約条件である国勢調査小地域集計との整合性（Total Absolute Error : TAE）を計算する。TAEは、国勢調査と推計された統計表のセル毎の度数の差の合計値である（詳細は花岡（2009）を参照）。もしサンプルの置換によって、この整合性が改善するならば、サンプルの交換を確定する。そうでない場合は、温度パラメタに応じて改悪解を受け入れるかどうかを判定し、局所解に陥ることを防ぐ。③このサンプルの置換を繰り返すことで、徐々に国勢調査と整合するミクロデータセットが得られる。

この焼きなまし法を、町丁目別に適用しPT調査の空間単位を町丁目単位に細分化した合成ミクロデータを生成した。表-1をみると、TAEが10度数未満の町丁目が36%，20度数未満が72%であり、制約条件と高い整合性を示した。

建物の合成ミクロデータの生成には、まずゼンリン住宅地図『Zmap-TOWNII』（株式会社ゼンリン作成）の建物データに、三次元都市データ『MAPCUBE』（株式会社キャドセンター作成）の建物の高さ情報を空間結合する。次に、建物構造・建築年代が既知の範囲を対象に、建物面積・高さ別に建物構造・建築年代別確率を算出する。この条件付き確率を用いて、ゼンリン住宅地図の建物データに建築年代・建築構造を推定し、建物の合成ミクロ

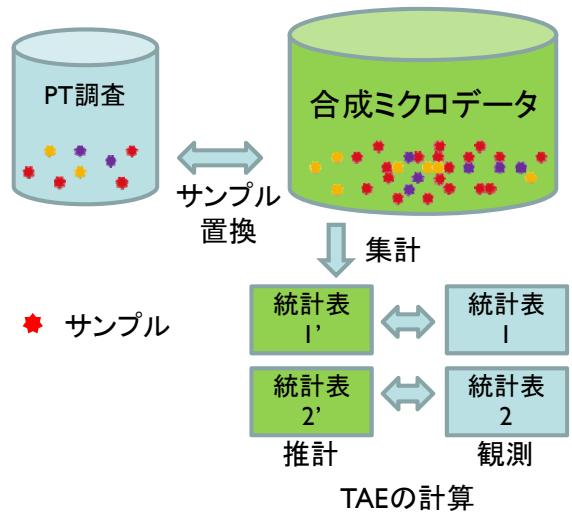


図-1 合成ミクロデータ作成の概念図

表-1 TAEの結果

統計量	
町丁目別平均TAE	20.22
一世帯当たりのTAE	0.25
TAEが10未満の町丁	1,637(36%)
TAEが20未満の町丁	3,256(72%)
括弧内の数値は累積割合を示す。 居住世帯がいる町丁目を対象	

データを生成した。詳細は亀井ほか（2009）を参照されたい。

2.3 住宅系建物への世帯配分

(1) 住居系建物の推定

まず住宅系建物（戸建または共同住宅）を推定し、次に世帯をそれらに配分する。住宅系建物の推定には、『数値地図 5000（土地利用）』とゼンリン住宅地図の建物データを空間結合し、各建物データに土地利用項目を与える。ただし、京都市の左京区は、上記データの対象外にある。そこで、秋山ほか（2006）を参考に、自然言語処理手法であるN-gramを用いたデータマッチングを行う。ゼンリンの住宅地図には建物名称が記録されている。例えば、「△△ハイツ」や「○○産業ビル」のように土地利用と建物名称に関連性があり、建物名称から土地利用項目をある程度推定できると考える。そこで、他の行政区

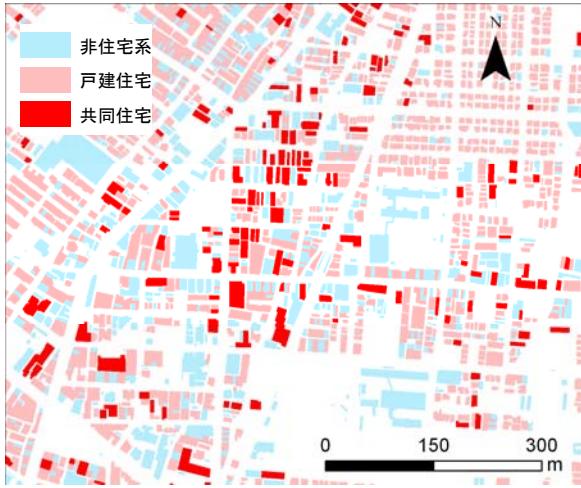


図-2 住宅系建物の推定結果（京都市左京区）

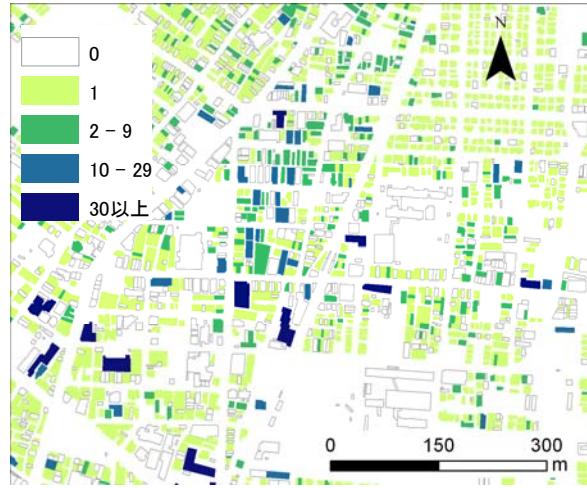


図-3 居住可能世帯数の推定結果（京都市左京区）

の建物名称と左京区の建物名称を比較し、類似度が最も高い建物名称の土地利用を左京区の建物データに与え、住宅系建物を推定した（図-2）。

(2) 住宅系建物への世帯配分

町丁目別に、世帯の合成ミクロデータを住宅系建物に乱数を用いて配分する。その際の前提条件として、第一に、世帯所得と住宅タイプに関連性があると仮定する。したがって『平成15年度住宅土地統計調査』の統計表を用いて、所得別住宅タイプ（住宅の建て方別建物構造）の条件付確率を求める。なお世帯所得については、『賃金構造基本調査』から得られる性別年齢階級別産業別賃金に役職による重み付けを行い推定した。

第二に、住居系建物の居住可能な世帯数を、戸建住宅の場合は1世帯のみ、集合住宅の場合は、建物延床面積を1世帯当たりの平均延床面積で除することで居住可能な世帯数求めた（図-3）。以上の分析結果を基に、乱数を用いて、世帯の住宅タイプを決定し、そのタイプに該当する建物に世帯を配分した。

3. 花折断層による地震被害予測

3.1 死亡数の推定

はじめに、亀井ほか（2009）を参考に、京都市北

東部を縦断する花折断層地震による建物倒壊を予測した。次に死亡数の予測に当たって、発生時刻を早朝とし、ほぼ全世帯が自宅にいると仮定する。次に、内閣府が作成した『地震被害想定支援マニュアル』に従い、建物倒壊による世帯員の死亡率を木造は0.0359、非木造は0.0073と設定した。この建物倒壊に伴う死亡率を基に乱数を使って、世帯員の死亡数を推定する。

3.2 被害予測の集計結果

空間的MSを利用するメリットは、分析結果から死亡数を把握できるばかりでなく、詳細な空間単位や人口属性別に死亡数を集計できる点にある。

たとえば、町丁目別死亡率（図-4）をみると、花折断層に近接し木造住宅が密集するエリアで死亡率が多い。こうした詳細な被害の地理的分布は、世帯や建物の合成ミクロデータなしでは作成できない。また性別年齢階級別死亡数（図-5）をみると、男性の15-24歳階級で死亡数が相対的に多い。京都市東北部には数多くの大学が立地し特に男性で倒壊が生じやすい築年数が古い木造アパートに居住する学生が多いことが、その背景に考えられる。これは阪神淡路大震災の被害状況とも共通する点であった。

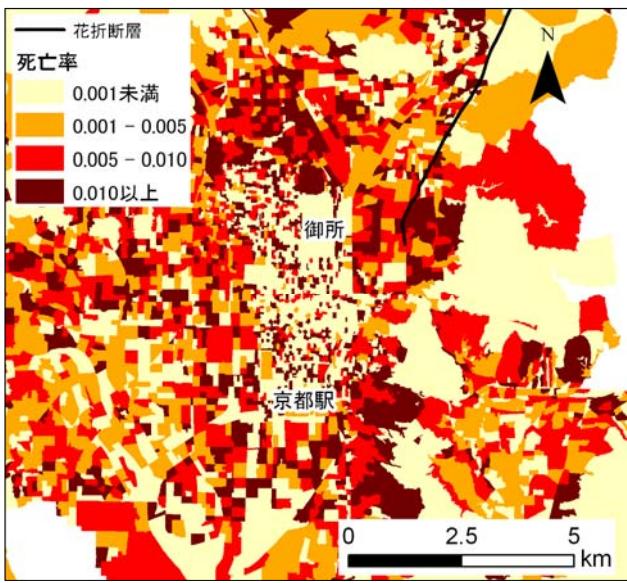


図-4 町丁目別死亡率（推定値）

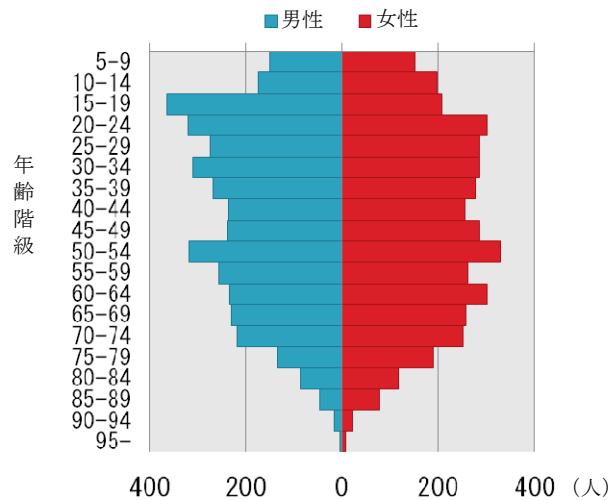


図-5 性別年齢階級別死亡数（推定値）

4. おわりに

本研究では、個人単位でのシミュレーション手法である空間的MSを用いて地震被害予測の精緻化を試みた。本研究からは、地震被害予測における、空間的MSを用いるメリットとして、国勢調査や住宅地図などの全国的に整備され信頼性の高いデータと整合する合成ミクロデータを擬似的に生成でき、世帯や建物の詳細なミクロデータが得られない地

域でも個人単位での地震被害予測が可能になる点が指摘できる。具体的には、詳細な位置情報に基づく被害予測やその地図化、個人属性の多面的かつ詳細なクロス集計が可能となる。今後は、PT調査から得られる一日の行動履歴を踏まえることで、時間帯による被害状況の地理的分布や被害者属性の差異を分析し、時空間的要素の両面でより精緻な地震被害予測を行う必要がある。

参考文献

- 秋山祐樹・大西量明・柴崎亮介（2006）：既存情報の空間的結合による詳細都市データセットの作成と都市分析への応用に関する研究、全国測量技術大会 2006 学生フォーラム研究発表論文集 [http://gi-studentjp.co.cc/s_forum/pdf/2006/02/06_akiyama.pdf].
- 亀井千尋・花岡和聖・中谷友樹（2009）：震災時の道路閉塞状況からみた文化財の危険度評価—建物の建築年代・建築構造に着目した シミュレーション—、GIS—理論と応用、17, 73-82.
- 中谷友樹・花岡和聖（2008）：ジオシミュレーションと空間的マイクロシミュレーション（村山祐司・柴崎亮介編「GIS の理論」），142-160，朝倉書店。
- 花岡和聖（2009）：動態的な空間的マイクロシミュレーションモデルを用いた社会シミュレーション—京町家の取壊し分析を事例に—、地学雑誌、118, 646-664.

Hanaoka, K. and Clarke, G., 2007. Spatial microsimulation modelling for retail market analysis at the small-area level, *Computers, Environment and Urban Systems*, 31, 162-187.