

論文の内容の要旨

論文題目 マイクロジオデータを利用した大規模地震・津波被害リスクの推定と
リスク分布から見た災害想定シナリオの重要度評価に関する研究

(A Study on the Evaluation of Risk Scenario in
Large-scale Earthquake and Tsunami: the Application of Micro Geodata)

氏 名 小川 芳樹

1. 背景と目的

将来予測されている首都直下地震や南海トラフ地震をいかに乗り越えていくかは、国から企業・個人までに及ぶ重要な国家的・社会的な課題である。地震の被害想定は、地域属性(建物構造や築年数など)の集計データを用いた評価が行われ自治体ごとに評価方法も異なるため、南海トラフ地震のような複数の自治体にまたがる広域の防災計画、企業・個人を対象とした地域防災計画、津波・火災・倒壊が同時に発災する複合型災害には十分に対応出来ないといえる。また実際の被災人口には発災日時により幅があることが想定されるため、平均的な単一のシナリオではなく、多様なシナリオでシミュレーションすることで今までの被害想定では把握できなかったことが定量的に示せる可能性がある。一方で、そうした多様なシナリオの被害推定を行うための携帯電話GPSデータなどのビックデータの活用により、爆発的にシナリオ数が増えるため、推定結果からどのシナリオが重要であるのかを解釈するための被害評価の処理が必要になる。そのような処理が可能になれば、地域ごとの重要な被害(最大被害など)を描き出し、重要なシナリオを多様シナリオの中から科学的な根拠を持ったシナリオ選択が可能になる。加えて、地域ごとに分析をすることで地域特性を考慮した被害推定・評価になり、地域ごとの被害様相および課題が明らかになる。このような背景から、本研究では目的は大きく別けて次の3点である。

1) データの整備。

建物構造、耐火性能、築年代を建物単位で推定する手法の開発。GPS付帯の携帯電話プローブデータを用いて、時空間内挿し、拡大係数を推定することで被害想定に適用可能な時

間別(365日15分間隔)の人流データ(人口分布)を開発すること。

2) 倒壊・火災・津波による被害推定.

建物や人単位で倒壊・火災・津波の各事象を統合して物的・人的なリスクを15分単位で推定する. 緯度経度付きの企業間取引データを結合して, 地震による直接的・間接的な企業への被害影響を推定する.

3) リスク分布に基づく評価

多様シナリオに基づく被害推定結果からリスク分布を明らかにする. さらに各シナリオの尤度を計算することで地域(メッシュ)ごとに被害尤度分布を求め, 重要被害量を推定し, それらを説明するシナリオを選択する. さらに重要被害と建物属性, 人の流動などの高次元の地域属性の関係を市区町村別で分析・評価する.

2. マイクロジオデータの整備

地震の建物被害予測を行う際に必要となる, 建物構造, 耐火性能, 築年代の推定を2つのアプローチにより建物ごとに全国で推定した(図1). 1つは統計データ(住宅土地統計調査)と住宅地図を用いて, 建築基準法を基に建物面積・階数・用途に応じて統計値に合うように確率的に建物構造・耐火性能・築年代の各属性を配分する手法を提案した. もう1つは機械学習を用いて不動産データを教師データとして建物構造・耐火性能・築年代の各属性を推定する手法を提案した. 検証の結果, 機械学習による手法が有効であることがわかった.

次に携帯電話から得られるGPSデータから, 時間別の地震の被害想定に適用可能な人流データを開発した. 擬似的に人単位で滞留人口と流動人口も把握出来るデータを時空間内挿することで開発した. 四国を対象に2012年1年分の人流データを整備した. 建物単位で全国を対象に建物構造・耐火性能・築年代把握できるデータや人単位で365日15分間隔の人口分布を把握できる人流データは本研究が初めてである.

3. 倒壊・火災・津波の統合的被害推定

整備した各種のマイクロジオデータを用いて全国の各建物の被害推定を行う. 揺れと火災による被害に関しては, 既存の推定モデルにより推定した. 津波による被害については, 2011年東北地方太平洋沖地震をもとに構築した被害モデルを用いた. 最後に, それぞれの事象を確率として扱い統合的な被害推定を試みた(図2). 人的被害に関しては倒壊・火災を想定した場合に約10,000シナリオ, 津波・倒壊・火災を想定した場合に約40,000シナリオを想定して計算をした. 高知県における地震動別の各日時(15分単位)における死者数を図3に示す. 迅速に避難行動を取った場合でも地震動が大きい場合は被害量が大きくなり, 「よさこい祭り」が開催される8月のお盆期間において一番死者数が多くなる. こうしたイベントを考慮した被害推定もマイクロジオデータを使うことで可能になることを本研究では示している.

4. 被害評価

4.1 地域毎の重要被害量抽出

推定した多数のシナリオの被害推定結果を統計的分析することでリスクの尤度分布を把握し, 重要な被害量抽出を行う(図4). 被害推定結果から起こり得るリスクとその尤度の分布を明らかにし, 膨大なシナリオから起こりやすい被害量や極值的な最大被害量などの重

要な被害量を形成することが重要である。ここでは、地域ごとに見た場合の各地域 (250m メッシュ) でのリスクの尤度分布を見ることにする。地域ごとに最大被害量などの重要被害量をもたらすシナリオは地域特性により異なると考え、多様なシナリオから求められるリスク分布に着目しながらその重要被害量を導き出せる点において、従来の被害推定では不可能であったものを本研究は可能とする。その結果、地域により最尤被害量、平均値以上で尤度の高い被害量被害量、最大被害量の比較を通じて、地域的に被害が大きくなりやすい場所とあまり被害が大きくなりやすい場所とがあることが確認できた(図5, 図6, 図7)。それらの違いの要因としては、観光地として日常的に人が集まりやすい場所など人の移動に由来するものや、津波到達時間や浸水深の違いによるもの、木造率などの都市構造の違いが挙げられる。

4.2 重要シナリオ選択

地域ごとの重要被害量という目的変数が少数シナリオで説明できるとすれば、残りの多くのシナリオはスパースであると考えスパースモデリングから、誤差最小化のもとで説明しうるシナリオを科学的に推定する。本研究では、地域ごとの最尤被害量、平均値以上の最尤被害量、最大被害量から、それらを説明するシナリオの推定をLasso回帰により行う。その結果、最大被害量の場合選択されたシナリオは9984シナリオの中から27シナリオである。最大被害量の場合、選択された地震動は全て50年2%シナリオ1(南海トラフ地震などの巨大地震を想定した地震動)であり、1月と10月の深夜時間帯以外の火気利用時間帯が多く選択された。これは、火気利用時間かつ食事時間帯と重なる滞留者が多い時間に被害が大きくなることを示している。また、選択された重要と考えられるシナリオに対して効率的に高度被害予測モデルを適用することで効率的に高精度な被害予測結果を推定することが可能になる。

4.3 重要被害に基づく地域属性評価

地震被害と高次元変数空間(都市構造変数)との関係を分析することで、潜在的な構造を把握して地震被害に影響を与える重要変数の選択を試みる。地震に強いまちづくりを目指す状況を推進するためには、地域ごとの倒壊・火災・津波による被害を統合的に勘案しつつ、改良すべき地域属性要因と災害要因を客観的かつ定量的な分析評価し、個人や自治体といった主体におけるコンセンサスを醸成することが重要である。本研究では、多様なシナリオに基づく被害推定基に選択した重要シナリオを基に各市区町村における減災に向けた防災計画を支援する材料として、地域属性変数と災害変数をLasso回帰によって評価(寄与率: SM-value) し、レーダーチャートを作成した。高知市、土佐市、安芸市、南国市、室戸市、四万十町における評価結果の一例を図8に示す。各市区町村により防災計画を考える際に、どの地域属性に力を入れていく必要があるのか把握することが可能になる。高知市においては、倒壊と火災によりリスクの両方が同程度に高いため、耐震化と不燃化の両方を進める必要があることを示している。四万十町においては、倒壊のリスク軽減よりも火災リスク軽減に向けた不燃化、火災からの避難計画、消防運用を進める必要があると考察される。ま

た、その他の市での被害は倒壊により特徴付けられるため、耐震化の促進を行うことが重要であると考えられる。また、耐震化や不燃化を進めた場合のシミュレーションも何度も行うことで、最も効果的な防災計画が立案する材料になると考える。

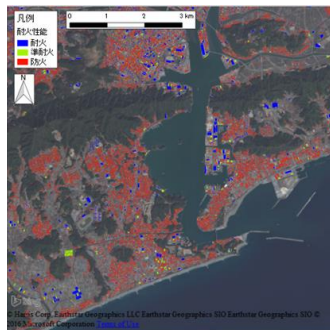


図1 各建物の推定耐火性能の例
(高知市北部)

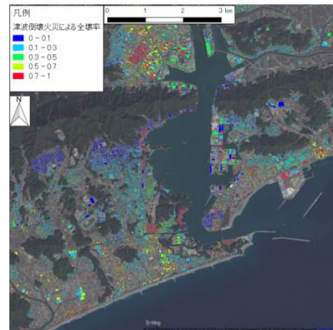


図2 統合的建物被害の例
(高知市北部)



図3 地震動別の各日時における統合的人的被害の推移(日時別: 15分単位)

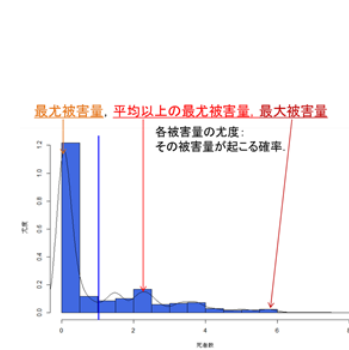


図4 各メッシュにおける
重要被害抽出

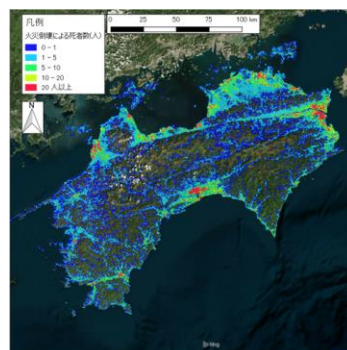


図5 人的被害が最大となる
被害量

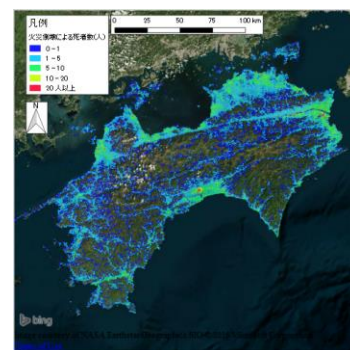


図6 人的被害が平均値以上で
尤度の高い被害量

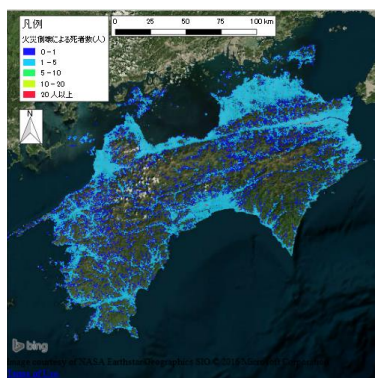


図7 人的被害の最尤推定被害量

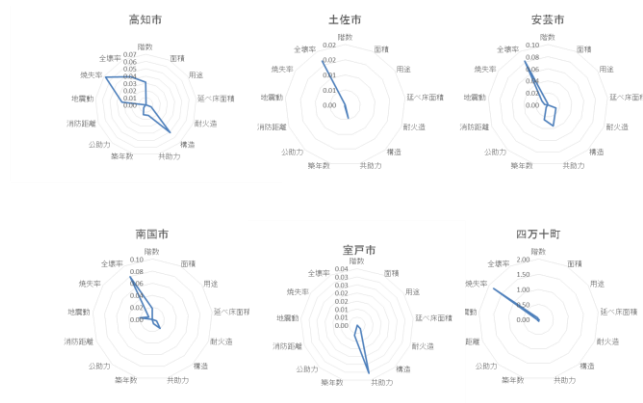


図8 市区町村別に分析した場合のSM-value推定結果