

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 30 日現在

機関番号：82669

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330056

研究課題名(和文) 中小地震と区分した激甚地震災害リスクの算出

研究課題名(英文) A trial for calculating the seismic risk only from severe earthquake disaster

研究代表者

松浦 律子 (Matsu'ura, Ritsuko S.)

公益財団法人地震予知総合研究振興会・その他部局等・部長

研究者番号：70462934

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：既存地震ハザード図は、2011年巨大地震直後の短期間以外地震ハザードを過剰評価していた。日本では中小地震で被害が殆どない特質を生かして、激甚災害に絞ったリスク検討のため、適正な地震ハザードの算出方法を検討した結果、地震の場所と規模、タイプを指定すれば直接地表の震度を推定できる新たな経験式を用いて震度を推定することと、震度の出現頻度に単純なべき乗分布ではなく、大震度に頭打ちのある上に凸な分布を用いることが有効であった。今回の成果を、従来のシナリオ固定の被害想定に替わり、リスク要因を項目毎にマップ上に配置することで動的に激甚災害の被害想定分布が出せる、リスクマップ作成へ展開させていきたい。

研究成果の概要(英文)：The current Japanese earthquake hazard map overestimated earthquake hazards than it actually was, except for the short period immediately after the 2011 big earthquake. Since Japanese infrastructures are strong enough, we can focus only on the large intensities to estimate seismic risk. We examined a new method to estimate appropriate seismic hazards for Japan. It was effective to estimate the seismic intensities by a new empirical formula that can estimate the seismic intensity on the surface directly from a given distance, size, and the type of an earthquake. The distribution function with the upward convex for the seismic intensity frequency was also useful. Our result on hazard estimation will be expanded toward a risk map tool, which shows the estimated damage on a map from the various risk factors located on the map, instead of a single estimation for only one scenario for a certain source.

研究分野：地震統計

 キーワード：歴史地震 地震活動 地震リスク 地震ハザード 激甚災害 リスクマップツール 近世以降400年間の  
震度統計 ハザードマップ

1. 研究開始当初の背景

東北地方太平洋沖地震が発生するまでは、日本における防災対策等では、再来間隔が数百年以上の地震災害は考慮対象外とされていた。日本は歴史地震の研究が進んでいるので、過去400年間のデータを参照できる利点がある。歴史地震と地震統計、特に分布の裾に着目して中小地震と激甚災害とを区分した地震リスクの検討が有効と予想された。

2. 研究の目的

世界の地震の1割以上が周辺に発生する日本では、地震リスクはどこであってもゼロにはならず、リスクを選び取って生活せざるを得ない。合理的にリスクを取るためには、地球物理学的にも統計学的にも現在の知見を生かした定量的リスク算出が必要である。一方日本では地震リスクが高いので、インフラ等が諸外国とは異なって中小地震に対して非常に強い。従って、激甚災害になりうる、超低頻度の地震ハザードに限った地震リスクの定量的表現を確立するために、新しい試みを行う。

3. 研究の方法

まず現在の全国の地震ハザードの現状を検証するため、2005年版全国地震動予測地図をその後10年間の実データを用いて検証する。検証の結果から、リスク算出の根幹であるハザードの算出方法の改善方法を検討する。また、歴史地震の研究成果を生かして、最近400年間のデータに基づくハザードの頻度分布の関数を検討する。関数系が求まれば、ETASモデルに接合した形で、激甚災害に限った危険度関数を試作して、地域を限ったリスクを分布図として可視化できる道筋を開発する。

4. 研究成果

既存の全国地震動予測地図を2005年版と2005-2014年10年間の実データとして、震度5.5以上の出現回数や出現地域に関して、簡単な検証を実施した。その結果、予測地図のハザードは大震度が同じ場所に複数回あった空間的重複を度外視した検定ですら、2011年以前は圧倒的に過剰確率設定である一方、2011年直後は過小評価という結果が得られた。また、空間的には、2011年前後共に外れ具合が著しい。これは、南海トラフの巨大地震の発生確率を他とは違う手法で高く設定している影響と考えられる。

また、1585年～1884年までの300年間のデータを用いると、北海道の大半を除いた領域ではあるが、激甚地震振動を伴う地震は近世には10年に1回の発生率である。1885年以降では、2010年までは、発生率は近世と大差ない。一方、2011年東北地方太平洋沖地震直後1ヶ月は誘発された地震により4倍の発生率であったが、その後は地震数としてはまだ多いものの、振動が激甚になるレベルでは

ない。これは、震度の頻度分布が小震度では欠落があり、中震度ではべき乗であるが、高震度になるとべき乗から外れて上に凸になる(図1)現実を反映せず、べき乗分布を前

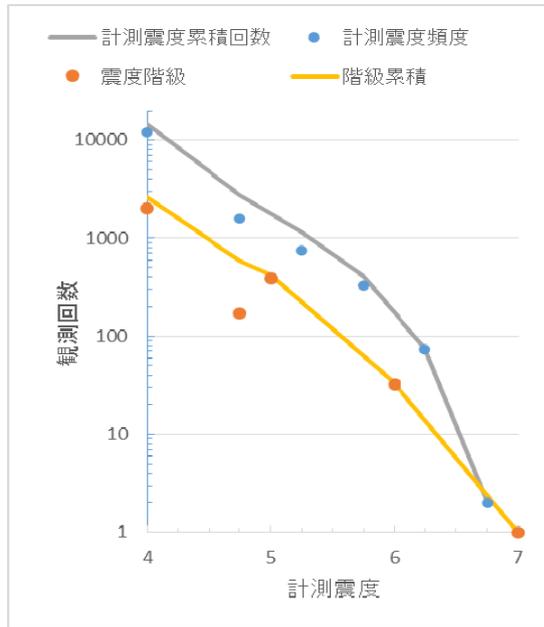


図1. 1885-1997/3の震度階級観測頻度と1997/3-2017/5の計測震度観測頻度およびその累積(どちらも震度4以上)

提として、震度推定を行っている影響が無視できない。中小地震と区分して高震度だけの出現頻度を例えば

$$\log n(I) = a - 0.2I + 3 \log(7.25 - I) \quad (1)$$

I: 計測震度

の様な頭打ちのある分布としてハザードを計算すれば、この点を改善できることが判った。

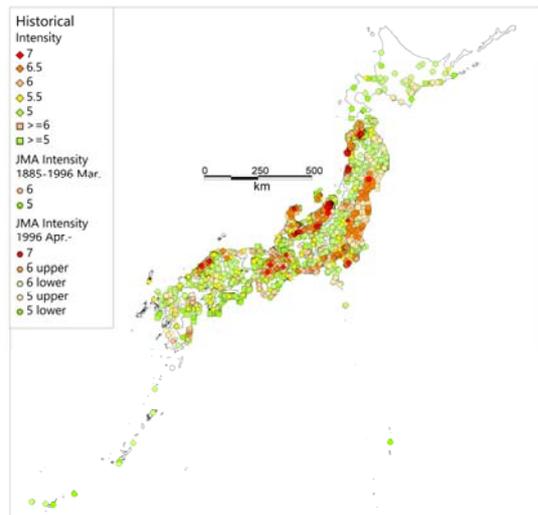


図2. 1585年以降2016年3月までに震度5以上の被害や観測値がある地点の分布図

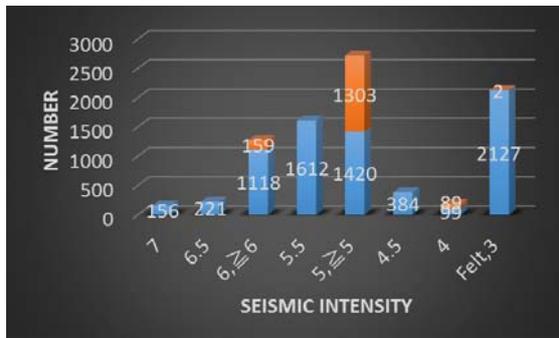


図3. 図2の地点の内、1585年～1884年までの震度の頻度分布

図2には、歴史地震でまだ解析未了であるが確実に大震度地点情報があると予想される3地震、および震度階級による報告地点がまばらであるため、出現した大震度地点情報が統計から漏れている1996年3月までの少なくとも十数以上の領域が欠落している。しかし、現時点で1585年以降震度5以上があったことが判明している最善の地点分布である。1884年以前に関しては、図3に示した通り、震度5未満は記録に限られており、殆ど情報が不足していることが判る。一方、震度7は限られた地震に対してのみ推定された狭い領域内の同じ地震に関する多数の地点が含まれているが、それを越えて出現頻度が中震度と大きく異なることが判る。式(1)のような分布を用いることが妥当であることがこれによって担保された。

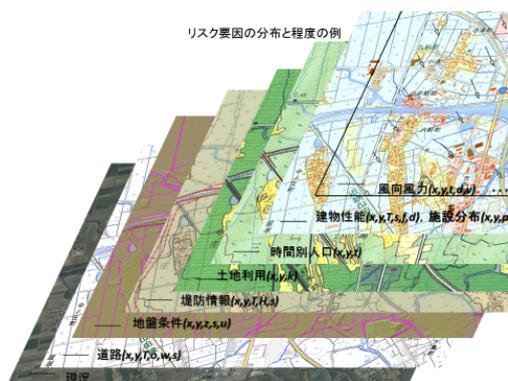


図4. 各種リスク要因の分布レイヤー例

また、従来のハザードマップでは地表の震度推定に、工学的基盤における最大速度振幅という、設計工学等に通常用いられる値に対する既存の経験式をまず用いて、これに地盤の影響等を加えて地表の震度に換算する手順が用いられている。これは複数回推定誤差が混じり込む手法である。特に最大速度振幅と震度との関係式はそもそも誤差が大きい。さらに、本来、震度は7以下と上限がある量であるにも関わらず、推定された震度の誤差として、震度値によらず一律に同分散の正規分布を仮定して超過確率計算を行うため、ハザードに変換された時点で、大震度ほどさらに誤差幅を拡大していることになる。

我々はこの問題を解決するため、まず別の研究プログラムの機会を捉えて、地震の場所と規模を決めれば、日本各地の地表の震度を直接推定できる経験式を日本全国の最近20年間の観測データから開発した (Tanaka et al., 2017)。この経験式を用いて、まずハザードである震度を想定地震の規模、場所、タイプから直接推定することにした。これに、事業所データなど既存の地域の統計的な情報を用いて、適宜場所毎の出火率等のリスク要因を設定して(図4)、これに各地点の予測震度を重ね合わせれば、地図上である条件下の地震リスクの分布図が作成できる仕組みになる。また、ある程度の幅を持たせた震源設定や、リスク要因設定の分布の平均をとれば、従来のシナリオ固定で1サンプルだけが示される地震被害想定とは異なった、リスクを取る判断に参考となるリスク情報を、本来の確率的価値を持つマップとして提供可能となる。

本研究の期間内には、ハザード分布図の新しい作成方式を開発する道筋まで到達できた。また、それをリスクに変換する際に、試行に使える実際の統計データの整備を行った。今後は本課題で構築された研究資材と成果を生かして、新しい方式のリスクマップツールの実装実験へと進みたい。

参考文献: TANAKA, H., MATSUURA, R. S., FURUMURA, M., and TAKAHAMA, T., A new multidimensional attenuation relationship for instrumental seismic intensity, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS15-P09, 2017, Makuhari, Chiba, Japan.

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

岩田 貴樹、地球潮汐と地震活動との相関を用いた地震活動予測、統計数理、査読あり、63、2015、129-144.

MATSUURA, R. S., A short history of Japanese historical seismology: past and the present, Geo Science Letters, 査読あり、4, 3:1-15, 2016, doi:10.1186/s40562-017-0069-4

〔学会発表〕(計 5件)

① MATSUURA, R. S., Significant quiescence along the western end part of Kuril subduction zone more than 5 years, 9<sup>th</sup> International Workshop on Statistical Seismology, 2015, Potsdam, Germany

② IWATA, T., Improved estimation of temporal variation in earthquake detectability with time-dependent

smoothness constraint, Seismological Soc. America Annual Meeting, 2016, Rino, U.S.A.

③松浦 律子、関東地方の近世以降 400 年間の被害地震について、日本地球惑星科学連合大会、2015、幕張、千葉

④ MATSU'URA, R. S., The past and the present state of Japanese historical seismology, Asia Oceania Geoscience Society, 2016, 招待講演、北京、中国

⑤ MATSU'URA, R. S., Significant decrease of seismicity in the northeastern margin of the Japan Sea after the mega thrust event on Mar. 11, 2011, Japan Geoscience Union-American Geophysical Union Joint meeting 2017, SSS05-10, 2017, Makuhari, Chiba, Japan.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕 無し

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

準備中。

<http://www.adep.or.jp/risk/>配下での公開を予定している。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松浦 律子 (MATSU'URA, Ritsuko S.)  
公益財団法人地震予知同号研究振興会・解析部長  
研究者番号：70462934

### (2) 研究分担者

岩田 貴樹 (IWATA, Takaki)

常磐大学コミュニテイ振興学部・准教授  
研究者番号：30418991

### (3) 連携研究者

椿 広計 (TSUBAKI, Hiroe)  
統計数理研究所・名誉教授  
研究者番号：30155436