

## 経済社会データおよび環境データを用いた空間評価指標の大規模計算\*

佐藤彰洋<sup>†</sup> 榎峠弘樹<sup>‡</sup> Jang Tae-Seok<sup>§</sup> 澤井秀文<sup>¶</sup>

<sup>†</sup> 京都大学大学院情報学研究科 <sup>‡</sup> Triton Re <sup>§</sup> Seoul National University <sup>¶</sup> 情報通信研究機構

都市の自然災害に対する複合的なリスクが空間的にどのように分布しているかについて近年注目が集まっている。本研究では、適切な確率密度関数を仮定することによりパラメトリックな方法により過去に観測された被害に至らない規模での津波波高も用い、ハザードを推計する方法を提案し、アメリカ海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA) Tsunami Data and Information [1] が公開している津波被害に関するカタログデータを用いることにより、津波ハザードの3次メッシュ統計データを作成した。そして、この津波ハザードの地域メッシュ統計データに経済社会システムに蓄積されている経済社会的価値として4種類の地域メッシュ統計を掛け合わせるにより、物理的エクスポージャーの地域メッシュ統計を作成し、日本国内の経済社会的活動に対する津波災害の物理的エクスポージャーを推計した結果について報告する。

位置  $c$  における危険にさらされる経済的価値 (暴露値)  $Pop(c)$ , 災害が発生する頻度 (ハザード)  $Haz(c)$ , 災害に対する対応状況 (脆弱性)  $Vul(c)$  とすると、リスク  $R(c)$  は

$$R(c) = Pop(c) \times Haz(c) \times Vul(c) \quad (1)$$

と書くことができる。同様に位置  $c$  における未対応状況 ( $Vul = 1$ ) におけるリスク (物理的エクスポージャーと呼ぶ) は

$$PhExp(c) = Pop(c) \times Haz(c) \quad (2)$$

\*Large-scale computation of geographical evaluation indicators with socioeconomic-environmental-databases

<sup>†</sup>Aki-Hiro Sato, Kyoto University

<sup>‡</sup>Horiki Enokitohe, Triton Re

<sup>§</sup>Tae-Seok Jang, Seoul National University

<sup>¶</sup>Hidefumi Sawai, NICT

と定義される。位置  $c$  の表現方法として、緯度と経度を用いた位置情報を用いることが一般的である。緯度と経度は、地球上の空間を一意に表現する方法として大変便利であり多用されている。しかしながら、位置情報を用いて社会経済システムを表現することは正確性が高まる半面、一般にプライバシーの問題が顕在化する。そのため、社会経済システムに関するデータを位置情報を用いて表現するよりはむしろ、空間上で定義される格子上で集計して統計処理を行うことが一般的に行われる。このような方法をメッシュ統計と呼び、我が国では1976年にJIS X0410という形で日本を正方格子により分割する方法が日本工業規格として標準化され、現在広く利用されるに至っている [2]。

波高  $x$  以上の津波が観測される確率を一般化パレート分布 (generalized Pareto Distribution) [3]

$$\Pr(X \geq x; \xi, \mu, \beta) = \left(1 + \frac{\xi(x - \mu)}{\beta}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \quad (3)$$

を用いてモデル化する。ここで  $\xi$  を形状パラメータ、 $\beta$  をスケールパラメータ、 $\mu$  を位置パラメータと呼ぶ。一般化パレート分布は片側分布であり、 $\xi = 0$  において指数分布と一致する。そして、位置  $c$  における津波被害の発生頻度を

$$Haz(c) = \frac{M(c)}{T} \Pr(X \geq H(c); \hat{\xi}, \hat{\mu}, \hat{\beta}) \quad (4)$$

により近似する [4]。ここで一般化パレート分布のパラメータ  $(\xi, \mu, \beta)$  は対数尤度

$$l(\xi, \mu, \beta) = -m(c) \log \beta - \left(\frac{1}{\xi} + 1\right) \times \sum_{j=1}^{m(c)} \log \left(1 + \frac{\xi(x_j - \mu)}{\beta}\right), \quad (5)$$

とする最尤法または確率重みモーメント法 (PWM) により推定される。ここで  $H(c)$  はメッシュ  $c$  における最低標高, 平均標高, 最高標高のいずれかである。これらの標高値は国土交通省国土政策局国土情報課提供国土数値情報標高・傾斜角細分3次メッシュデータ [5] から得られる。更に, メッシュ  $c$  の近傍  $D_{th}$  [km] における波高  $x_1, \dots, x_{m(c)}$  は NOAA Tsunami Information センターが公開している西暦 1000 以降の過去 1000 年間分の津波カタログデータから抽出した ( $T = 1000$  [year]) [1].

本研究では HPCI システム利用研究課題 (統計数理研究所提供) の並列計算資源を用いて, 3 次メッシュ上でのハザードの推計を国土交通省国土地理院 2010 年国土数値データの標高傾斜角 3 次メッシュデータに収録されている 388,254 メッシュに対しておこなった (このうち実際にパラメータ推定の計算を行ったのは最低標高 100m 以下の 134,065 メッシュである)。図 1 に推計した津波ハザードの空間分布を示す。

(2) 式で定義した物理的エクスポージャーの定義に基づき, 津波に対する物理的エクスポージャーをハザードと地域メッシュ統計とメッシュごとに掛け合わせるにより, 物理的エクスポージャーの 3 次メッシュ統計を 4 種類の社会的価値 (1) 2010 年国勢調査 3 次メッシュデータ (総務省統計局) [7], (2) 2012 年経済センサス事業所数 3 次メッシュデータ (総務省統計局) [7], (3) 2012 年経済センサス労働者数 3 次メッシュデータ (総務省統計局) [7], (4) 2013 年宿泊旅行統計調査 3 次メッシュデータ (国土交通省観光庁 [8]; 著者の一人佐藤彰洋が統計法 33 条に基づき個票情報から独自に集計を行い作成 [6]) からそれぞれ推計をおこなった。

本研究は, 日本学術振興会科研費基盤研究 (C)(#25390152) の財政的支援を受けて行われています。また, 本研究は HPCI システム利用研究課題 (統計数理研究所提供) の成果によるものです (課題番号:hp140076)。

## 参考文献

[1] National Geophysical Data Center / World Data Service (NGDC/WDS): Global Histori-

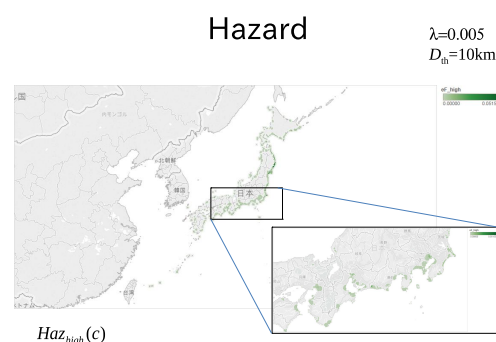


図 1: 津波ハザードの空間分布。

cal Tsunami Database. National Geophysical Data Center, NOAA. doi:10.7289/V5PN93H7 [18 August 2015]; NOAA Tsunami Data and Information <https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml>

- [2] 総務省統計局 地域メッシュ統計の概要 [10 August 2015] <http://www.stat.go.jp/data/mesh/gaiyou.htm>
- [3] Embrechts, P, Klüppelberg, C, Mikosch, T. Modelling Extremal Events for insurance and finance. Springer, Berlin (1997)
- [4] Aki-Hiro Sato, Hidefumi Sawai, " Geographical Risk Assessment from Tsunami Run-up Events based on Socioeconomic-environmental Data and its Application to Japanese Air Transportation, " Procedia CIRP, Vol. 19 (2014) pp. 27-32.
- [5] 国土交通省国土政策局国土情報課 <http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudojoho.html>
- [6] 佐藤彰洋, "政府統計を用いた国内観光状況の網羅的分析", 2015 年度統計関連学会連合大会, 岡山大学, 2015 年 9 月 7 日. <http://www.jfssa.jp/taikai/2015/table/pdf/07pm/10011-02.pdf> Accessed on 8 October 2015; <http://www.jfssa.jp/taikai/2015/table/pdf/07pm/10011-01.pdf> Accessed on 8 October 2015.
- [7] 地図で見る統計 (統計 GIS) <https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/toukeiChiri.do?method=init>
- [8] 国土交通省観光庁 <http://www.mlit.go.jp/kankocho/>
- [9] 宿泊旅行統計調査 <http://www.mlit.go.jp/kankocho/siryou/toukei/shukuhakutoukei.html>