

津波痕跡データに基づく津波ハザードの定量的な評価指標の提案

東北大学災害科学国際研究所・正会員・○福谷陽, Suppasari Anawat, 安倍祥, 今村文彦

1. はじめに

本研究では、津波痕跡データから地域の津波ハザードを定量的に評価するための新しい評価指標を提案する。この指標は、津波痕跡高に焦点を当てたハザード量と津波を発生させる地震のマグニチュードに焦点を当てたハザード量を加算することで算出する。本研究では、提案した評価指標を日本の主要12都道府県（北海道、岩手県、福島県、新潟県、東京都、静岡県、島根県、大阪府、和歌山県、高知県、宮崎県、沖縄県）に適用して、考察を行った。

2. 評価指標の提案

Burroughs and Tebbens (2005) は、津波痕跡高と年超過発生確率との関係は(1)式で精度良く近似出来ることを示した。そこで本研究では、上記の主要12都道府県を対象として、津波痕跡高と痕跡高記録年（津波発生年）を使用して(1)式の回帰係数を求め、得られた式を 0 m から hu （上限打ち切り津波高） m まで積分することで、津波痕跡高に焦点を当てたハザード量を定量的に算出した。

$$P(h) = c(h^{-\alpha} - hu^{-\alpha}) \quad (1)$$

$$\int_0^{hu} P(h)dh = c \int_0^{hu} (h^{-\alpha} - hu^{-\alpha})dh = chu^{1-\alpha} \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \quad (2)$$

ここで、 $P(h)$: ある津波痕跡高に対する年超過発生確率、 h : 津波痕跡高、 hu : 上限打ち切り津波高、 c および α : 回帰係数、である。本研究では Noaa が提供する津波痕跡データベース (NGDC/NOAA(2012)) の内、比較的信頼性のある1900年以降のデータのみを使用していることを考慮して、上限打ち切り津波高は期間中最大津波痕跡高の一律2倍とした。一方、津波痕跡高と周辺で発生する地震のマグニチュードとの関係は(3)式で精度良く近似出来ることが過去の多数の研究から知られている (Iida, 1963; Soloviev and Go, 1974; Abe, 1979 and 1981; Hatori, 1986; Shuto, 1993 など)。

$$M(h) = a \log_{10} h + b \quad (3)$$

ここで、 $M(h)$: ある津波痕跡高に対する地震マグニチュード、 h : 津波痕跡高、 a および b : 回帰係数、である。同様に、主要12都道府県を対象として、地震マグニ

チュードと対応する地震で発生した地域の最大津波痕跡高とを使用して(3)式の見係数を求めた。(1)式と(3)式から津波痕跡高 h を消去して得られる(4)式は、津波を発生させる地震（マグニチュード）と年超過発生確率との関係を近似出来るものと考えられる。同様に、主要12都道府県を対象に(4)式の係数を導き、得られた式を M_1 （津波痕跡高 $0.01m$ に対応する地震マグニチュード）から M_2 （上限打ち切り津波高に対応する地震マグニチュード）まで積分することで、津波を発生させる地震のマグニチュードに焦点を当てたハザード量を定量的に算出した。

$$P(M) = c \exp\left(\frac{ba}{a'}\right) \exp\left(-\frac{\alpha}{a'}M\right) - chu^{-\alpha}, \quad a' = \frac{\alpha}{\ln(10)} \quad (4)$$

$$\int_{M_1}^{M_2} P(M)dM = \frac{ca'}{\alpha} \{ \exp(\alpha \ln(100)) - \exp(-\alpha \ln(hu)) - ahu^{-\alpha} (\ln(100hu)) \} \quad (5)$$

ここで、 $P(M)$: ある地震マグニチュードに対する年超過発生確率である。そして、(2)式最右辺と(5)式最右辺を地域の最大値でそれぞれ規格化して加算した値を地域の津波ハザードの定量的な評価指標とする。

3. 評価指標を用いた評価結果

図1に(1)式の見係結果を示した。北海道、岩手県、福島県や高知県、和歌山県、静岡県では、ある津波痕跡高に対する年超過発生確率が全体的に高く（回帰係数 c の値が比較的大きい）、日本海溝沿いや南海トラフ沿いの地震による津波ハザードが適切に反映されていると考えられる。大阪府や東京都は湾内に位置するため、また、沖縄県、島根県、新潟県は、これまでの津波発生歴が少なく（回帰係数 c の値が比較的小さい）、かつ、観測されていたとしても津波高が低い（ hu の値が比較的小さい）ため、ハザードが比較的低くなっている。

図2に(3)式の見係結果、図3に(4)式の結果を示した。福島県、高知県、和歌山県、静岡県は、周辺における津波を発生させる地震の発生頻度が全体的に比較的高いこと、特に高知県は、回帰係数 α の値が大きく、比較的低い津波痕跡高に対応する地震（通常地震のマグニチュードとしては比較的大きい）の発生頻度が

大きくなる傾向があることが分かる。また、宮崎県は(3)式における傾き a が最大で(図2)、津波を発生させる地震のマグニチュードの取り得る範囲 ($M_1(=5.7)$ から $M_2(=8.6)$) が比較的大きくなること(図3)等が理解できる。このように、各地域のハザード曲線の形状を特徴付ける回帰係数を考察することで、各地域の津波ハザードの特徴を具体的に理解することができる。また、(2)式と(5)式の各々のハザード量を算出することで、それぞれ、津波痕跡高と地震のマグニチュードと言う相違する観点から捉えた場合の地域の津波ハザードの特徴を評価することが可能と考えられる。

図4に各地域における(2)式最右辺と(5)式最右辺とを規格化して加算した津波ハザードの定量的な評価指標の値を示した。この値は津波痕跡高に焦点を当てたハザード量と津波を発生させる地震のマグニチュードに焦点を当てたハザード量とを同時に考慮した定量的な評価指標である。この評価指標を算出することで、津波痕跡データに基づく地域の津波ハザード量を定量的に評価することが可能であり、地域間の津波ハザードを相対評価することや防災に関わる様々な施策の意志決定の際の一つの指標として利用されること等が期待できる。

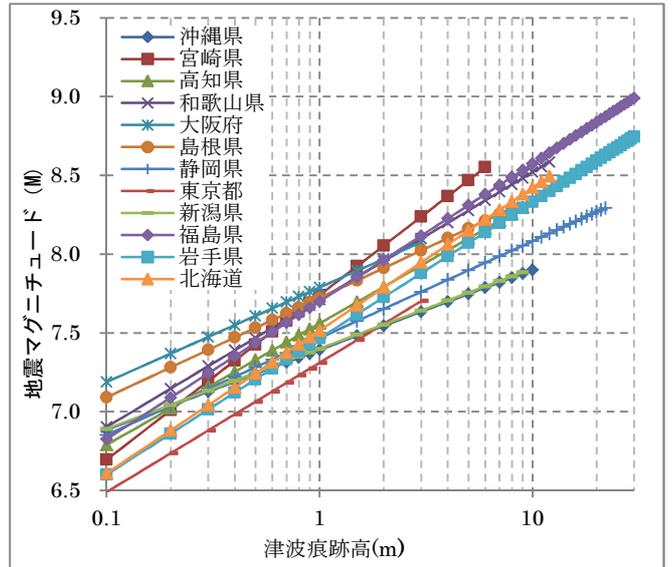


図2 津波痕跡高と地震マグニチュードとの関係((3)式)

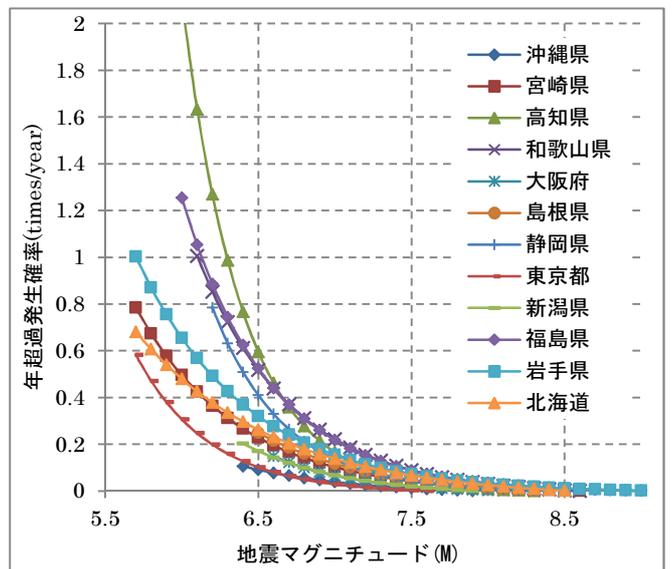


図3 地震マグニチュードに焦点を当てたハザード曲線((4)式)

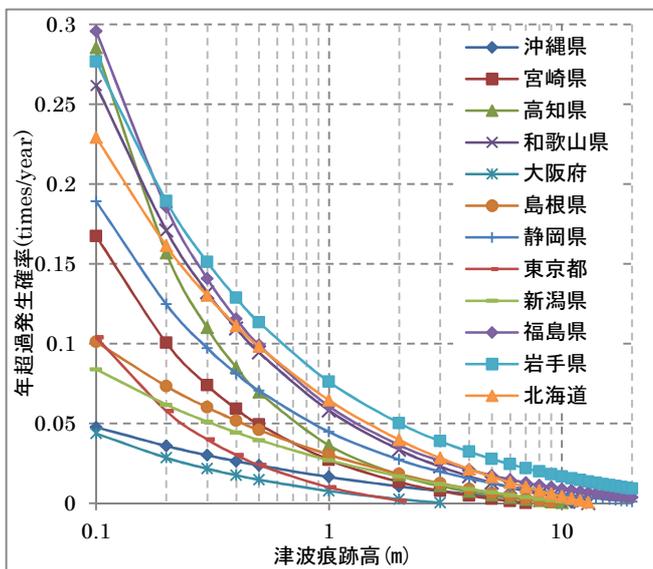


図1 津波痕跡高に焦点を当てたハザード曲線((1)式)

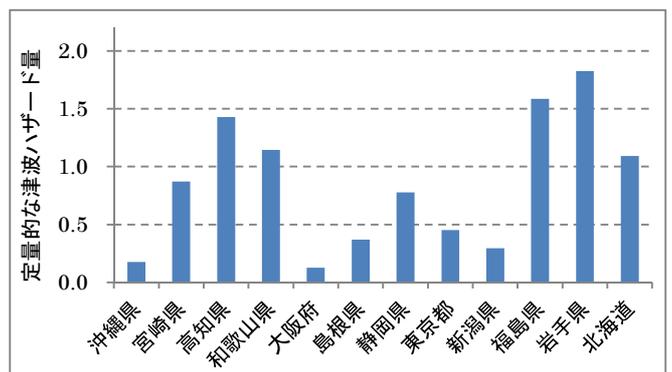


図4 定量的に算出した津波ハザード量

4. 参考文献

- (1)Burroughs and Tebbens : Power Law Scaling and Probabilistic Forecasting of Tsunami runup heights, Pure and Applied Geophysics, 162, 331-342, 2005.
- (2)National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Geophysical Data Center (NGDC), NOAA/WDC Historical Tsunami Database at NGDC : www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml. NGDC, Washington DC, USA, 2012.
- (3)Iida, K.: Magnitude, energy and generation of tsunamis, and catalogue of earthquakes associated with tsunamis, International Union of Geodesy and Geophysics Monograph, 24, 7-18, 1963.