

避難速度のばらつきを考慮した津波被災人口の評価

Evaluation of Tsunami Disaster Population Taking Account of Variance of Walking Velocity in Evacuation

○藤田 謙一¹, 矢代 晴実²
Ken-ichi FUJITA¹ and Harumi YASHIRO²

¹千代田化工建設(株)

Chiyoda Corporation

²防衛大学校システム工学群建設環境工学科

Department of Civil and Environmental Engineering, National Defense Academy.

An evaluation method of tsunami disaster population in tsunami evacuation is presented. In evaluating the disaster population, probability function proposed by the author's method considered differences between tsunami reaching time from an earthquake occurrence to refuge area and completed tsunami evacuation time is used. Variances of flood flow velocity of tsunami and walking velocity in evacuation are considered in the probability function. Area-wide mesh is used estimation of the tsunami damaged populations. Variations in the tsunami disaster population by difference in evacuation consciousness to tsunami attacking are shown under several conditions of time from an earthquake occurrence to tsunami arriving at refuge area and tsunami height.

Keywords: Tsunami evacuation, Tsunami evacuation influence function, Probability of tsunami disaster population, Variance of walking velocity, Area-wide mesh, Tsunami damaged population

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災での津波による甚大な人的被害を受け、中央防災会議では今後の発生が予想される南海トラフ巨大地震による被害想定を公表した¹⁾。自治体においても中央防災会議の被害想定に基づいて見直しを実施している。被害想定では、建物被害および人的被害の定量的評価が行われている。津波による人的被害の推定では、建物被害と同様の考え方に基づき、浸水深と人的被害の関係のフランジリティを用いているが、津波遡上流速および避難速度のばらつきを考慮した評価は少ない。

本研究では、津波避難において津波に巻き込まれる人口割合を津波被災人口とし、津波遡上流速および避難速度のばらつきを考慮して評価する方法を用いる²⁾。また、津波到達時間および津波高さをパラメータに、避難意識の違いによる津波被災人口の割合を推定する。

2. 津波被災人口確率

津波避難行動における津波被災人口割合は、著者らが提案している津波被災人口確率²⁾を用いて評価する。津波被災人口確率は、津波遡上流速および避難速度が正規分布に従うと仮定した津波到達時間と避難行動時間の関係を考慮した関数である。なお、津波遡上流速のばらつきは沖合の潮位差を用いて設定し、避難行動時間のばらつきは歩行速度のばらつきを考慮する。

津波被災人口確率を図-1に示す。横軸は津波到達時間と避難行動時間の時間差の無次元量、縦軸は津波被災人口の発生確率である。津波被災人口確率は津波到達時間と避難行動時間の各々の確率密度関数 $f_t(t)$ および $f_e(t)$ が重なる部分の面積で表される。

津波被災人口確率 P_R は次式で表される。

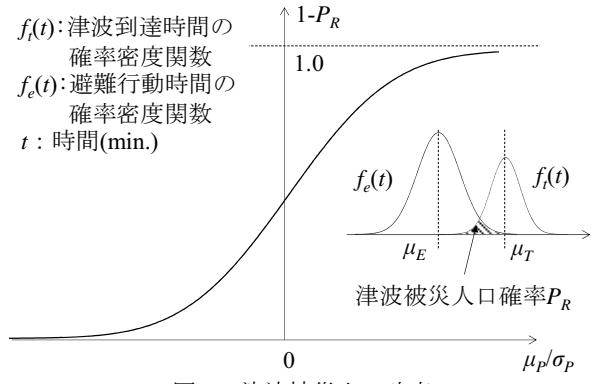


図-1 津波被災人口確率

$$P_R = 1 - \Phi\left(\frac{\mu_P}{\sigma_P}\right) \quad (1)$$

ここに、 Φ は平均値 0、標準偏差 1 の標準正規分布関数である。 μ_P および σ_P はそれぞれ次式で表される。

$$\mu_P = \mu_T - \mu_E \quad (2)$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_E^2} \quad (3)$$

ここに、 μ_T は地震発生から海岸線に津波が到達するまでの時間と陸上に遡上した津波が避難先に到達するまでの時間との和の平均値、 μ_E は地震発生から避難を開始するまでの時間と避難先に向かうまで時間の和の平均値である。 σ_T と σ_E はそれぞれ μ_T および μ_E のばらつきである。

3. 津波被災人口評価の考え方

本研究における津波被災人口の評価フローを図-2に示す。評価では地域をメッシュ分割し、メッシュごとに人口構成、津波到達時間、津波浸水深および標高を設定す

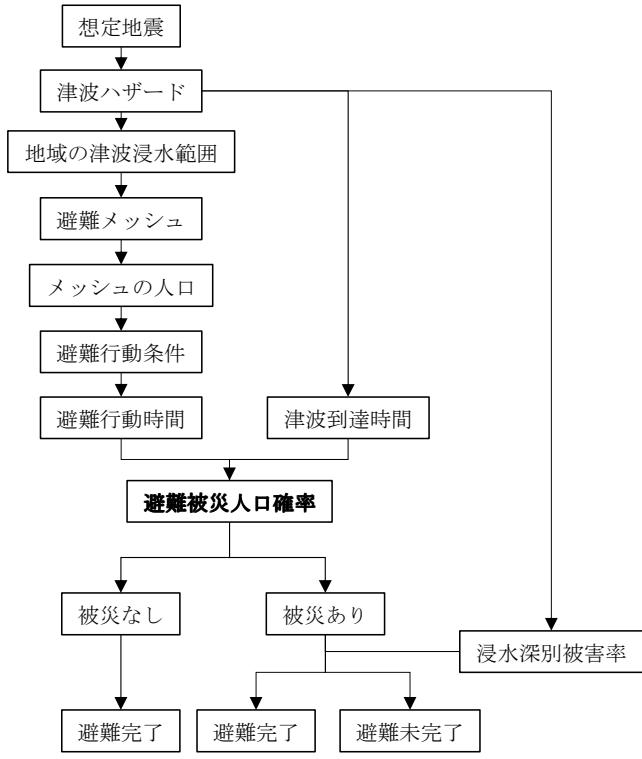


図-2 津波被災人口の評価フロー

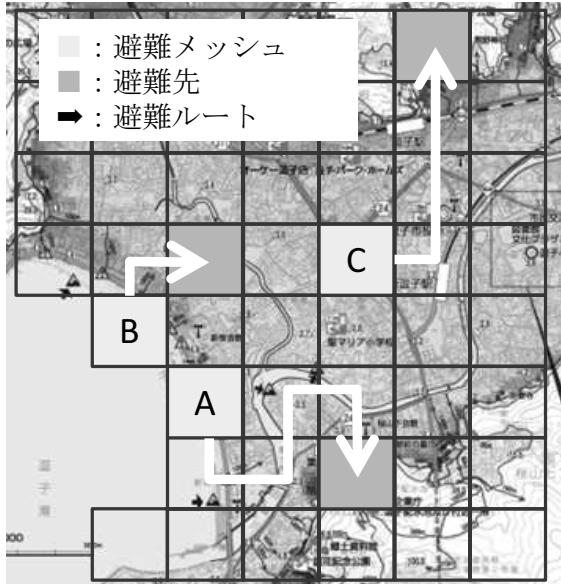


図-3 地域メッシュと避難経路

る。避難場所までの距離は、避難メッシュ（避難元メッシュ）から避難先まで標高差を含めた距離の1.5倍¹⁾とした。避難行動の違いを考慮して(1)式により P_R を算出する。これに浸水深ごとの人的被害関数³⁾を乗じ、メッシュの浸水深ごとの津波被災人口の発生確率を算出する。

4. 津波被災人口の評価

津波の地震発生から海岸線までの到達時間および津波高さをパラメータとして、避難行動中における津波被災人口の発生確率を避難意識の違いを設定して評価する。評価は3つメッシュを対象とし、地域は逗子市のデータを参考に設定した。メッシュの大きさは200m×200mの正方形とした。

表-1 メッシュの設定条件

	メッシュA	メッシュB	メッシュC
海岸線からの距離(m)	0	0	565.7
評価用避難距離(m)	1077.0	282.8	632.5
標高(m)	2	0	3
避難先との標高差(m)	53	3	12

表-2 津波避難意識に関する人口割合

避難意識	避難に対する意識率(%)			
	直接避難 (意識高)	用事後避難 (意識低)	切迫避難 (意識低)	避難しない (意識低)
高	80	10	5	5
中間	50	25	15	10
低	15	35	30	20

地域メッシュおよび避難ルートを図-3に示す。メッシュAは海岸に近く、避難場所は高台の公園で高低差が最も大きい。避難経路に橋を横断する箇所があり、避難場所までの距離は遠い。メッシュBは海岸に近く、避難場所に近いエリアである。メッシュCは他のメッシュより海岸から遠く、避難場所は高台であるが、高低差はメッシュAよりも小さい。各メッシュの避難方向は、陸上遡上した津波の進行方向から遠ざかる避難方向になっている。なお、メッシュAは、他のメッシュに比べて海岸に平行する避難ルートが多い。本評価に用いたメッシュの設定条件を表-1に示す。

津波到達時間および津波高さは、逗子市の災害想定における明応型地震のデータ（津波到達時間59分、津波高さ8.94m）⁴⁾を基準につぎのように設定した。津波到達時間は災害想定と同じ時間、約1/2(30分)および1/3(20分)とした。津波高さは災害想定と同高さ、2倍(17.88m)および1/2(4.47m)とした。

津波に対する避難意識の違いは、直接避難（意識高）、用事後避難（意識低）、切迫避難（避難低）、および避難しない（意識低）に分類し、メッシュの人口に対する避難意識の比率を設定する。避難意識は、意識高い、意識低いおよびその中間の3パターンとした。メッシュの人口に対する避難意識の比率を表-2に示す。

メッシュの年齢層は中年層（31~60歳）を仮定し、避難速度は市街地における中年層の歩行実測データ⁵⁾の平均値1.34m/s、標準偏差0.167m/sとした。地震発生の時間帯は昼間とした。

津波到達時間および津波高さの違いによるメッシュA、BおよびCの津波被災人口の発生確率をそれぞれ図-4~6に示す。図の横軸はメッシュの浸水深、縦軸は津波被災人口の発生確率である。

津波被災人口の発生割合は地震発生から津波到達までの時間が大きく影響し、津波高さの違いによる影響は小さい。避難に対する意識が高いほど津波被災人口の発生割合は全体的に低い傾向にある。

海岸に近く避難距離の最も長いメッシュAでは、地震発生から津波到達時間が短いと意識が高くても低くても被災人口の割合は高い。津波到達時間が長くなるにつれ避難意識が高い場合と低い場合の被災人口の発生確率の差が大きくなる。（図-4）。

海岸に近く避難場所も近いメッシュBでは、避難意識が高いと津波到達時間の長短にかかわらず被災人口の発

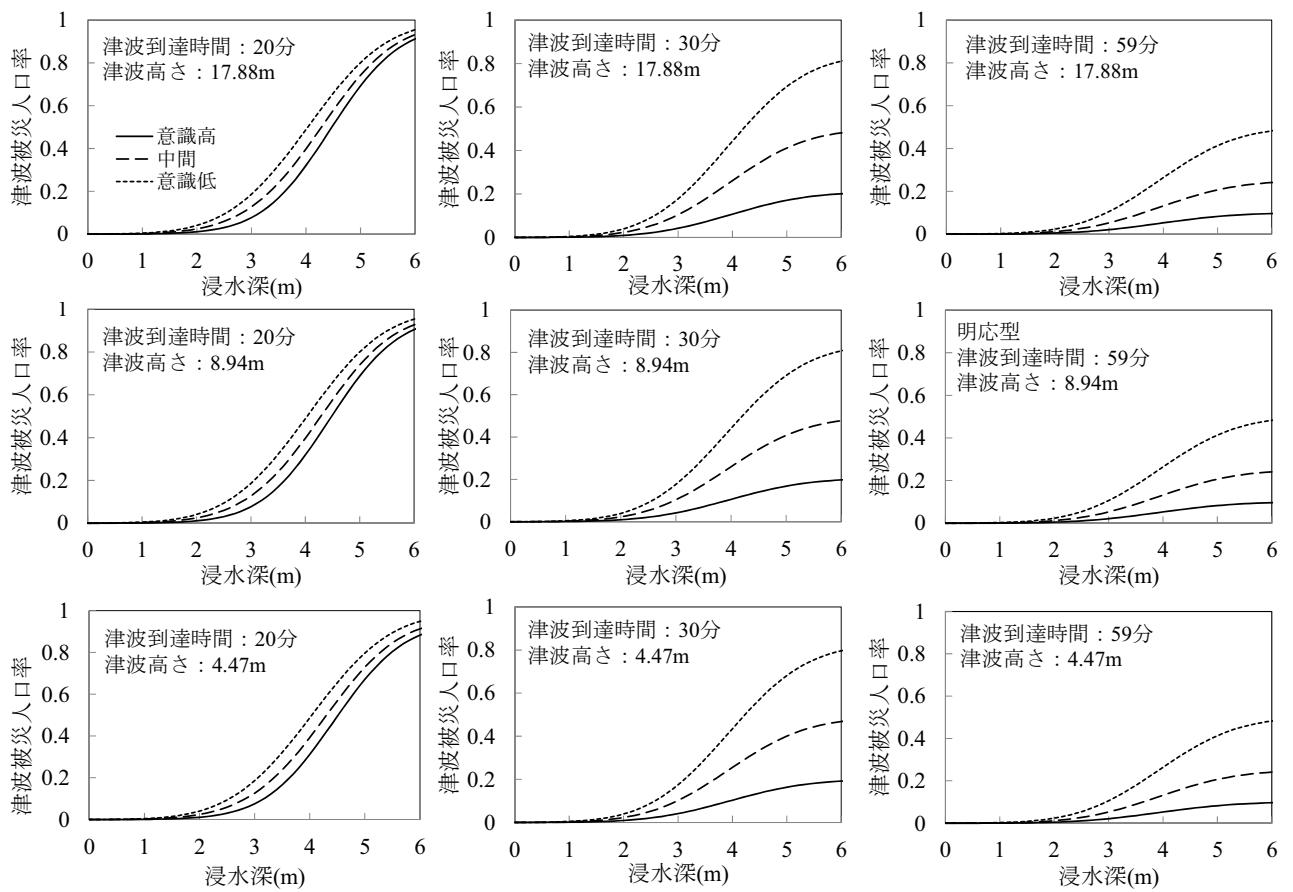


図-4 メッシュ A の津波被災人口の発生確率

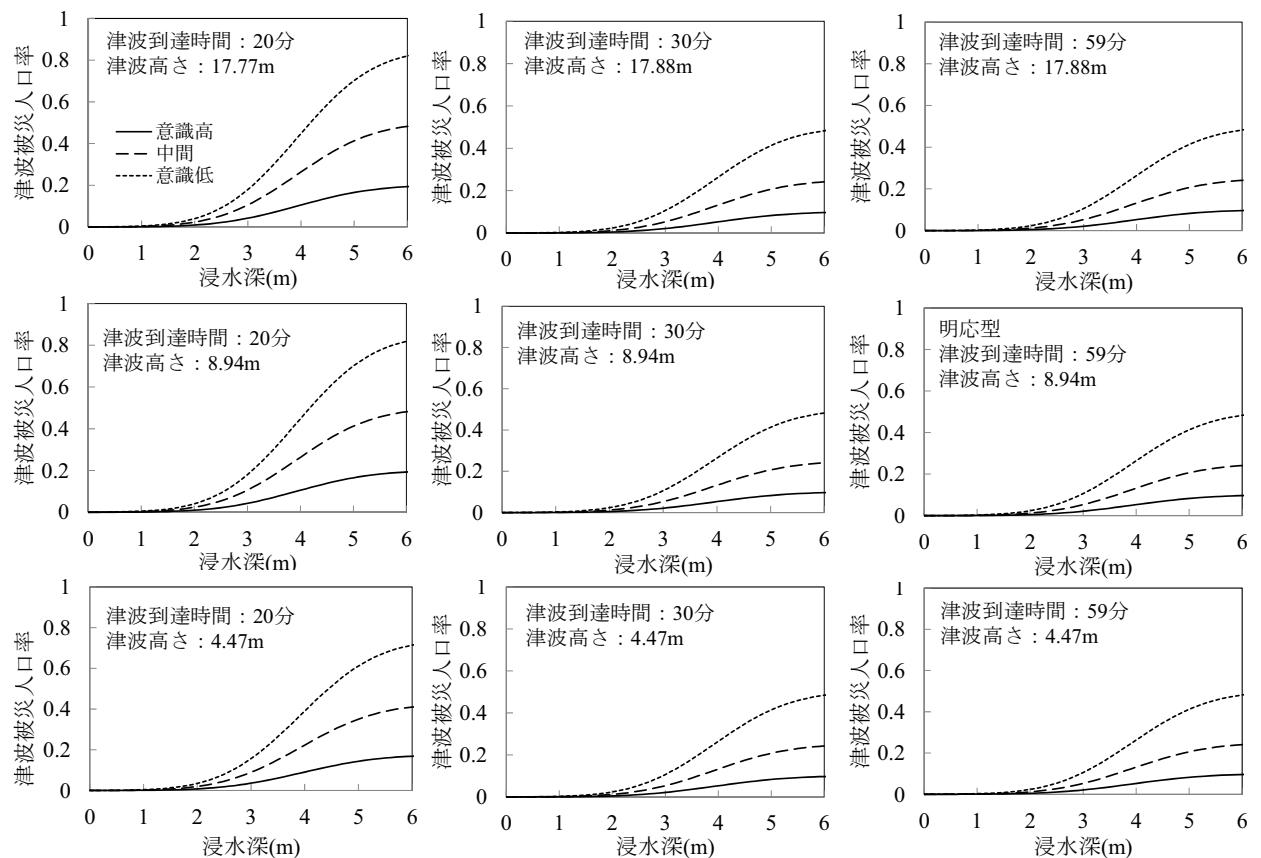


図-5 メッシュ B の津波被災人口の発生確率

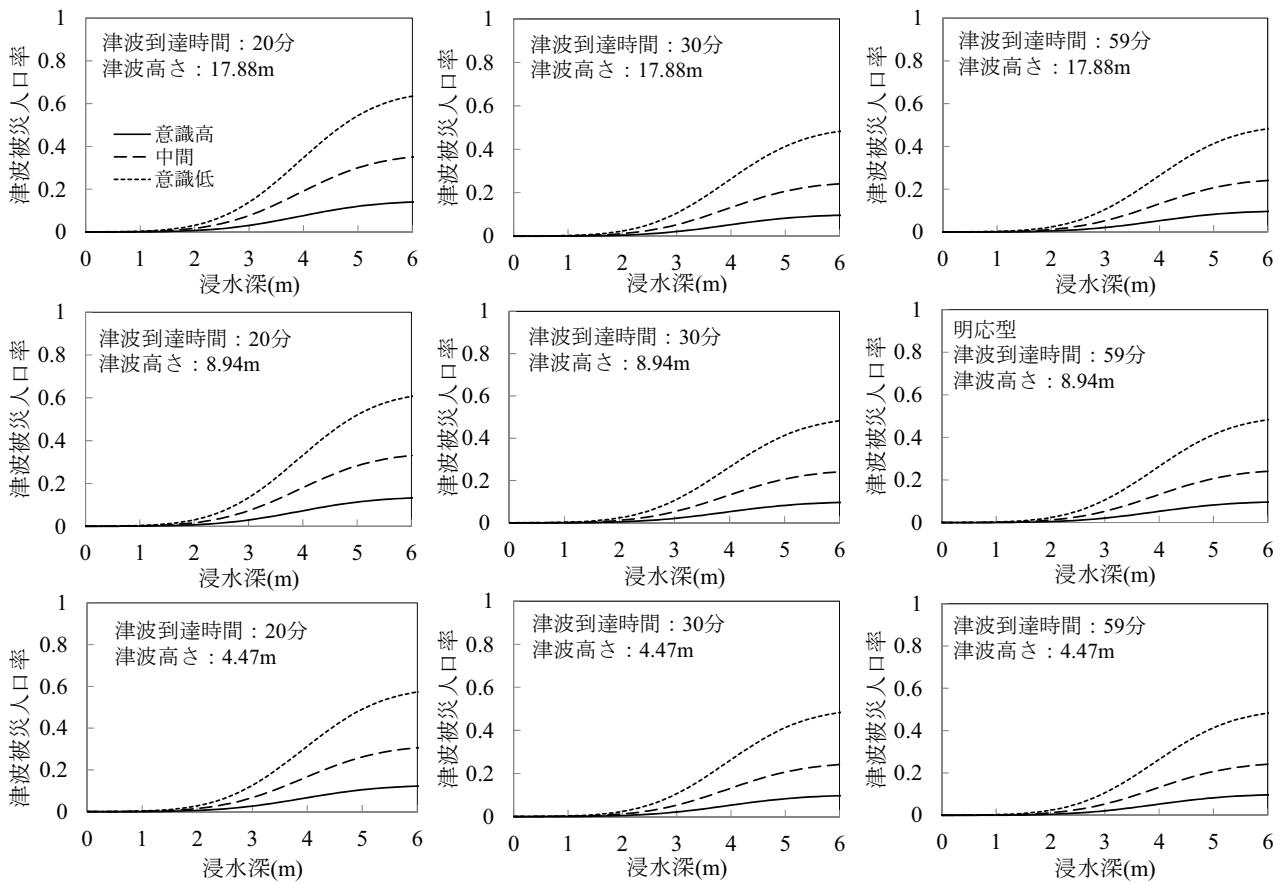


図-6 メッシュ C の津波被災人口の発生確率

生確率は相対的に小さい。避難意識が低いと津波到達時間の長短に関わらず被災人口の発生確率は高く、津波到達時間が短いほど発生確率は高くなる（図-5）。

海岸線より遠いメッシュ C では、メッシュ B と同じ傾向を示すが、津波到達時間の長短に関わらず避難意識の違いによる被災人口の発生確率に大きな違いは見られない（図-6）。

5. まとめ

津波避難における被災人口を本研究の津波被災確率を用いて評価する方法を示した。地震発生からの津波到達時間および津波高さをパラメータとして、津波避難意識の違いによる津波被災人口の発生確率を評価した。

本研究のまとめを以下に示す。

- 1) 津波避難における被災人口の発生確率は、地震発生から津波到達までの時間の長短に大きく影響し、津波の波高による影響は小さい。
- 2) 津波避難に関する意識が高いほど、津波避難における被災人口の発生確率は低くなる。
- 3) 避難場所までの平面距離は近いが、避難ルートの関係

上、メッシュ A のように避難場所に到達するまでの時間を要するルートの選択は避けるべきである。

津波による被災人口を低減させるためには、避難訓練・教育などによる避難意識の向上、避難場所の新規指定、および避難経路の確認・短縮化などの対策が必要となろう。

参考文献

- 1) 中央防災会議：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第2次報告），2013.3.
- 2) 藤田謙一、矢代晴実：津波避難リスク評価における津波避難人の影響関数の構築、地域安全学会 東日本大震災特別論文集, No.3, pp.5-8, 2014.
- 3) 越村俊一 他：津波被害関数の構築、土木学会論文集 B, Vol.65, No.4, pp.320-331, 2009.
- 4) 神奈川県土整備局：新たな津波浸水予測図解説書, http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/life/901723_2800225_misc.pdf, 2012.3.
- 5) 松本直司 他：街路空間特性と歩行速度の関係、日本建築学会計画系論文集, 第74巻, 第640号, pp.1371-1377, 2009.