

第IV部門

津波避難者発生モデルを用いた住民の避難開始に必要な危機感の地域差分析

京都大学工学部

学生会員 ○小川 夢斗

京都大学大学院地球環境学堂

正会員 奥村 与志弘

京都大学大学院工学研究科

学生会員 土肥 裕史

京都大学大学院地球環境学堂

正会員 清野 純史

1. 研究の背景と目的

東日本大震災では、津波避難の難しさが改めて認識された。地震発生から津波襲来まで 30 分以上あり、津波警報などの情報提供があったにも関わらず、犠牲者の死因の 9 割以上が津波に起因するものであった。近年、地震発生から津波避難開始までの過程において、専門家（行政など）だけでなく、非専門家（住民など）も避難開始に重要な役割を担っているとの注目がされつつある。

この考え方で開発された津波避難者発生モデルを用いた研究¹⁾では、高台避難場所が近い内陸側の地区は、避難中の住民が集まりやすいため避難開始しやすいということが示されている。一方、宮城県本吉郡南三陸町では、内陸側に位置する、海が見えない地区の犠牲者率が顕著に高い²⁾と報告されている。自宅から高台避難場所までの移動（避難行動）に着目すれば、内陸側の地区は高台避難場所が近く、避難を完了するまで時間がかからないため、犠牲者率は低くなると考えられる。したがって同町では、避難開始における問題で内陸側の犠牲者率が高くなっていると考えられる。前述のモデルでは、各住民の危機感の高まりやすさの違いを考慮できていないため、南三陸町における事例は表現できない。

本研究では、前述の避難者発生モデルを用いて南三陸町での再現計算を行い、必要に応じて改良を行うことで、住民の避難開始に必要な危機感の地域差を分析することを目的とする。

2. 本研究に用いるシミュレーションモデル

本研究で用いるモデルは、避難者発生モデルと、個別要素法による避難行動モデルから構成される。避難開始までの過程を、(1) 様々な外部情報により、住民の危機感が高まる、(2) 住民は危機感が住民個別に設定できる上限（閾値）に達することで避難を

開始し、情報発信源として他の住民の危機感を高める、としてモデル化している。また、各情報が住民の危機感に及ぼす影響度の差として、情報発信源ごとに「重み」を設定できる。

本研究では、地震の揺れ、大津波警報、行政の呼びかけ、他者の避難行動、避難行動者の呼びかけの 5 種類を情報発信源として設定する。重みは、東日本大震災の住民アンケートにおける避難のきっかけの調査結果および、各情報を取得した人数（暴露人口）の調査結果を用いる。求めた情報発信源ごとの避難のきっかけの割合を表-1 に示す。この比に従い、情報発信源の重みを設定する。

3. 地域差を考慮しない津波避難再現計算

南三陸町志津川地区を図-1 のようにモデル化し、津波避難再現計算を行う。計算時間は地震発生から、津波が海岸堤防を越え始めたときとされる 45 分後までとし、それまでに避難を完了しなかった住民を犠牲者として扱う。また、避難行動者の影響を全く受けない場合（Case 1；住民の危機感を最も高めづらい条件）と、全く受けない場合（Case 2；住民の危機感を最も高めやすい条件）に分けて再現計算を行う。

各住民の閾値 θ_i は $\theta_i = 1/r_i$ としてランダムに設定する。ここで、 r_i は $0 < r_i \leq 1$ を満たす一様乱数である。情報発信源の重みは、前述した情報発信源ごとの避難のきっかけの割合と、南三陸町での地震直後の対応として、「何もせずに避難した」人の割合

表-1 情報発信源ごとの避難のきっかけの割合（地震の揺れを 1 とした比）および本計算で用いた重み

	情報発信源				
	地震の揺れ	大津波警報	行政の呼びかけ	避難行動者の呼びかけ	他者の避難行動
割合	1.000	1.002	0.741	0.739	0.423
重み	7.10×10^{-3}	7.12×10^{-3}	5.26×10^{-3}	5.25×10^{-3}	3.01×10^{-3}

表-2 各種諸元

対象エリア	3,200m×2,200m	
避難者数	5,351 人	
解析時間	45 min	
強い揺れの継続時間	160sec	
避難者発生モデルの計算時間間隔	0.1sec	
大津波警報を受ける住民の割合	87.0%	
行政の呼びかけを受ける住民の割合	76.1%	
避難行動者が呼びかけを行う割合	(Case1)	(Case2)
避難行動者を目撃できる範囲内の人が避難行動者を目撃する割合	0%	100%
避難行動者を目撃できる範囲（視野）	110m	
避難行動者の呼びかけが届く範囲	30m	

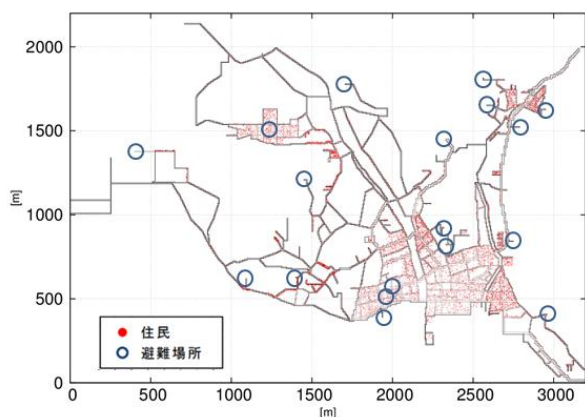


図-1 南三陸町志津川地区のモデル化

表-3 計算結果と妥当性の評価指標

	Case 1	Case 2	評価指標
避難未完了率 (犠牲者率)	2.23%	0.86%	3.49%～5.29%

が 13.0%であったことを用いて設定する。まず、160秒間の地震による揺れを受け、全体の 13.0%が避難を開始するときの揺れの重みを、試行錯誤的に決定する。次に、算出した揺れの重みと、表-1 の避難のきっかけの割合を用いることで、その他の重みを設定する。各種諸元を表-2 に示す。妥当性の評価指標として、宮城県警察の犠牲者データと電話帳をもとに推定した犠牲者率を用いる。計算結果と妥当性の評価指標を表-3 に示す。再現計算の結果、両ケースともに評価指標を満たす結果を得られなかった。

4. 地域差を考慮した津波避難再現計算

妥当性のある計算結果を得られなかった原因の一つとして、南三陸町の地域差を考慮せず、住民の閾値を設定したことが挙げられる。そこで、海が見える地域と見えない地域で住民の閾値に違いを設け、妥当性のある計算結果が得られるか再検討する。

エリアの設定および要素の配置は前章に従う。本

表-4 妥当性のある結果を得られる閾値の係数

	a	b	b/a
Case 1	0.61	1.80～3.05	2.95～5.00
Case 2	0.61	4.70～7.11	7.71～11.66

章でも前章と同じく、Case 1 と Case 2 の 2 ケースで再現計算を行う。情報発信源の重みは表-1 の値を用いる。また、グーグルマップを用いて、視界を邪魔されずに海が見えるかどうかを目視で判別し、海が見える地域の閾値の平均は、見えない地域より小さいとする。海が見える地域の住民の閾値を $\theta_i^a = a \times 1/r_i$ 、見えない地域の閾値を $\theta_i^b = b \times 1/r_i$ とし、住民ごとに設定する ($0 < a < 1.0 < b$)。160秒間の地震の揺れの直後に 13.0%の人が避難を開始するような a 、 b の値を試行錯誤的に求める。妥当性のある結果が得られるときの閾値の係数を表-4 に示す。このうち、 b/a の最大値および最小値に注目する。この値は、海が見えない地域の閾値の平均が、見える地域の何倍であったかを示している。すなわち、海が見えない地域では、避難を開始するために Case 1 で 3.0 倍～5.0 倍、Case 2 で 7.7 倍～11.7 倍ほどの危機感が必要であった。また、 b/a の最小値 2.95 と最大値 11.66 を比較すると、避難行動者の影響を受けない場合と十分に受ける場合を比較すると、避難開始に必要な危機感が最大で 4 倍ほど異なることが分かった。避難開始に避難行動者が与える影響が大きいことが改めて確認できた。

5. まとめ

- 1) 南三陸町において、海が見えない地域と見える地域で住民の危機感の上限値（閾値）に違いを設けることで、妥当な計算結果を得た。
- 2) 海が見えない地域と見える地域の閾値の平均は最大で 11.66 倍、最小でも 2.95 倍の違いがあることがわかった。
- 3) 避難行動者の影響を受けない場合と十分に受ける場合では、避難開始に必要な危機感が最大で 4 倍ほど異なるということがわかった。

参考文献

- 1) 土肥裕史・奥村与志弘・小山真紀・清野純史：2011 年東北地方太平洋沖地震津波における避難者発生シミュレーション～石巻市門脇地区を対象として～，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.71, No.4, pp.1_823-1_831, 2015.
- 2) 谷下雅義・浅田拓海：東北地方太平洋沖地震津波による南三陸町行政区別犠牲者率の影響要因，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.70, No.4(地震工学論文集第 33 巻)，pp.1_66-1_70, 2014.