

避難開始モデルを用いた津波に対する住民の危機意識の地域差分析

京都大学大学院工学研究科 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

東日本大震災において、地震発生から津波襲来までの30分以上の間に、津波警報などの情報提供があったにもかかわらず、多くの人が津波に襲われている。犠牲者の死因の9割が津波に起因するものである。本研究では、地震発生から津波避難開始までの過程に注目する。近年、この過程で、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ている。

同様の考え方に基づき開発された避難開始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、避難してきた住民が集まり、その影響を大きく受けることで避難開始しやすいと示されている。一方、宮城県南三陸町では、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。このような地区は高台避難場所が近く、避難完了まで時間がかからない。そのため、避難行動中に犠牲になる人は少なく、避難開始がしづらいために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、津波に対する住民の危機意識の地域差を考慮できていないことから、南三陸町における事例は表現できないと考えられる。そこで、本研究では、前述の避難開始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、住民の津波に対する危機意識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、避難開始モデルと、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する、(3) 避難を開始した住民は情報発信源と

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。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」および、「各情報を取得した人数」の調査結果を用いる。各情報を得た人のうち、その情報を避難のきっかけとした人の割合を求め(表-1 中段)、この割合の情報発信源ごとの比を用いて重みを設定する。

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、十分に受ける場合（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、各情報を得た人のうち、その情報を避難のきっかけにした人の割合と、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」人の割合が13.0%であったこと

表-1 各情報を得た人のうち、その情報を避難のきっかけにした人の割合、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	45.6	45.7	33.8	33.7	19.3
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	

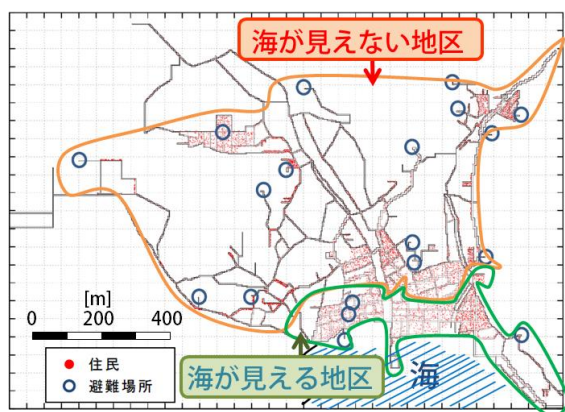


図-1 南三陸町志津川地区のモデル化

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%

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、それぞれの情報発信源をきっかけにした割合の、揺れをきっかけにした割合に対する比を用いて、その他の重みを設定する(表-1 下段)。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。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(表-3)。

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、地域差を考慮せずに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た。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では、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-I_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-I_70, 2014.