

外力の不確実性と逸脱者の存在を考慮した津波避難計画の評価方法
 Evaluation of Evacuation Plan:
 Taking Account of the Uncertainty around Tsunamis and the Compliance of Evacuees

○中居楓子・Junko Mochizuki・Sebastian Poledna・畑山満則・熊谷兼太郎

○Fuko Nakai, Junko Mochizuki, Sebastian Poledna, Michinori Hatayama, Kentaro Kumagai

Evacuation rules in community is sometimes collapsed because of the conditions of hazards (exogenous uncertainties) or social factors including decision making by individuals (endogenous uncertainty). This research tries to identify the performance elasticity of exogenous and endogenous uncertainty that each community rule has. The performance (i.e. the number of casualty) was assessed by an agent-based model (ABM). The research domain is Kuroshio, Kochi prefecture in Japan. As the result, the performance of rules has highly depended on whether people follow the rule or not. The result also gave us an insight into the importance of gaining community members' compliance.

1. はじめに

津波からの避難では、同時に多くの人が同じ方向に逃げるため、渋滞などが生じやすい。したがって、事前に起こりうる交通状況を予測し、地域の問題に応じた環境整備や避難ルールの検討をおこなうことが重要である。

しかし、地域で何らかの避難ルールを決めたとしても、そのルールが守られない可能性も十分にあり得る。東日本大震災以前に定められていた「原則徒歩」のルールなどはその代表例であろう。震災後の内閣府による調査の結果[1]によると、実際は避難者の6割が車を利用していたということが明らかになっており、渋滞が見られた地域もある。そのように、誰かがルールを守らないことによって、誰かが被害を受ける、あるいは全体としてルールが機能しない状況もあることを想定し、事前に対処しておくことは、実際に機能するルールを考えるうえで重要である。

本研究では、まず、ある個人がルールから逸脱するかしないかが不確実である状況を考える。これを「避難者の逸脱の不確実性：内的不確実性」と呼ぶ。また、避難の結果(助かった人の数)は外力や避難環境(たとえば、道路の閉塞状況)などによっても異なると考えられる。そこで、「避難環境や外力の不確実性：外的不確実性」についても考慮し、内的不確実性・外的不確実性がそれぞれ避難の結果にどの程度変化をもたらすかを調べることにより、ルールの脆弱性を明らかにする。

2. 研究の手法

三つの手順を踏み、地域住民にとってより実行可能性のあるルールを評価する枠組みを検討する。

2.1. 避難者の逸脱シナリオの検討

はじめに、あるルールに対する避難者の行動選択(i.e. 逸脱するか、しないか)と、その集合体であるコミュニティの逸脱シナリオ(i.e. 何割が逸脱するか、誰が逸脱するか)を検討する。ここでは、逸脱者数は二項分布 $B(n, p)$ (n =標本数, p =逸脱の出現確率)に従うと考え、 p の値を0.1から0.9まで変化させてシナリオを作成した。

2.2. 避難環境と外力シナリオの検討

外的要因としては、(1)地震の強度シナリオとそれに基づく道路の途絶シナリオ、(2)津波の浸水シナリオを考慮する。道路の途絶シナリオは、地震の強度に応じて、道路ネットワークの各リンクが「通行可」「通行不可」のふたつの状態を取るものとして検討した。また、津波シナリオは断層モデルパラメータの値を変えることによって検討する。現段階では、内閣府中央防災会議の南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループによって検討されたケースと同様の設定でおこなっている。数値計算には、国立研究開発法人港湾技術研究所による「確率潮位推算モデル STOC Ver. 225 [2]」の多層海洋モデル(STOC-ML)を用いた。

2.3. ルールの脆弱性の評価

2.1 と 2.2 で検討したシナリオについて、避難シミュレーション[3]を使って生存者数を計算する。これにより、避難者の逸脱の出現確率パラメータ p のとる値と避難環境や外力のシナリオが、生存者数とどのように関係しているかを調べる。

3. 対象地域について

対象とする高知県黒潮町万行地区の地域の人口は約 600 人で、65 歳以上の高齢者は全体の 17.8% である。健常者の場合、高台までは徒歩約 20 分、地区内の避難タワーまでは約 5 分で到達できる。

4. 避難シミュレーションへの入力データ

エージェントの行動を規定するための(1)住民の避難行動基礎データと、行動の制約となる(2)避難環境データを用いた。それぞれ基礎データを用意したうえで、2.1 と 2.2 のシナリオ設定にしたがって適宜値を変えたデータセットを作成した。①については、当該地区で過去に実施したヒアリング調査で得たもの(家の場所、希望している避難場所、移動手段、誰と避難するかなどのデータ)[4]を基礎として用いる。また、②には国土地理院で提供されている基盤地図情報を用いた。

5. 検討するルール

今回は、テストケースとして「地域の車利用率(エージェント総数に対する車エージェントの数)」に着目し、事前の検討の結果、平均で最も生存者数が高かった車利用率=0.6 になるように移動手段を設定した。なお、「逸脱」は必ずしも「徒歩で逃げるべき人が車を使った」ということだけではなく、「車を使うべき人が徒歩で逃げた」ということも含むこととした。そのため、同じ逸脱数でもルールとして設定された車利用率が上がった場合と下がった場合を考慮している。

6. 結果と考察

図 1 では、横軸に逸脱者パラメータ p (ルール実行レベル) をとり、縦軸が避難完了者数(生存者数)を示している。赤と青の線はそれぞれ車利用率が下がった場合と上がった場合である。また、線の種類は外力レベル(今回は震度のみ)をあらわしており、点線は比較的強度の大きいもの、実線は小さいものである。結果を見ると、逸脱者の少ないシナリオであっても外力レベルが高ければ、あ

まり効果が上がらないようである。また、車利用率が上がる方向よりも、下がる方向に逸脱者が増えた場合の方が、結果が悪くなっている。

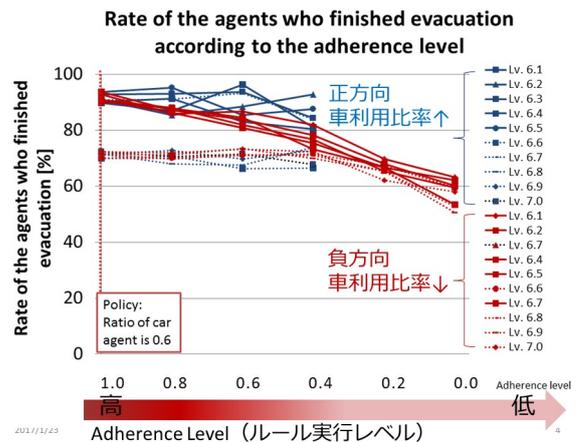


図 1 外力・避難者の逸脱シナリオと生存者数

7. まとめ

現段階では、各不確実性や検討するルールにおける体系的な整理が不十分である。しかし、分析結果から、各ルールを適用した場合の生存者数は様々な条件によって変わり得るということを示した。これにより、ルールは作るだけではなく、逸脱者の存在がもたらす脆弱性などを考慮しながら、実際に機能するような努力—たとえば、コミュニケーションなどが必要であることが示唆できる。

8. 参考文献

- [1] 内閣府:平成 23 年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査(住民)分析結果, pp.13, 2011.
- [2] 柿沼太郎, 富田孝史, 秋山実:海水流動の 3 次元性を考慮した高潮・津波の数値計算, 海岸工学論文集, 土木学会, Vol. 50, pp. 286-290, 2003.
- [3] F. Nakai, M. Hatayama, and K. Yamori. Integrating Computer Simulation and the Fieldwork to Discover Possible Alternatives for Tsunami Evacuation. In Proceedings of 2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, pp.200-207, 2015.
- [4] 中居楓子, 畑山満則:住民の避難行動の分析および地域住民との連携による避難計画の検討と評価:高知県黒潮町における災害リスクコミュニケーションの事例研究, 土木計画学研究・講演集, vol.47, CD-ROM(54), 2013.