

地域間相互作用を考慮した social preparedness の動学モデリング：
 impact-based warning に資する水害警報システムの探求
 Modeling the Dynamics of Social Preparedness with Regional Interactions:
 To Realize Impact-based Flood Early Warning System

○小川航・小谷仁務・松島格也

○Wataru OGAWA, Hitomu Kotani, Kakuya MATSUSHIMA

Flood early warning system requires considering how people respond to the forecasting and warning. The capacities to anticipate and respond to an imminent or ongoing disaster are called “social preparedness,” and it is crucial to take the warning strategies considering its formation. We aimed to model social preparedness dynamics affected by three key factors—(1) direct and (2) indirect experiences and (3) trust of forecasting—as well as to propose social optimal warning strategies. To include the indirect effects from different regions, we extended the previous model to the network model. Our numerical simulations revealed that regional interactions generated the prominent cry wolf effect and also suggested taking different warning thresholds according to the regions to achieve maximum individual social benefit. The further details will be shown in the poster presentation.

1. はじめに

豪雨や洪水の災害ハザードの予報の精度は過去30年以上に渡り向上し続けている。スーパーコンピューター「富岳」が2021年に本格稼働し、自然科学的な予報の精度はますます高まると期待されている。一方で、その予報に対して人々や社会がどのように反応するのか、ということまで踏まえた警報発令が近年一層重要視されている。例えば、世界気象機関は“what the weather will be”から“what the weather will do”を目指した impact-based forecasting and warning に資する水害警報システムへの移行を各国に求めている。

このような要請の中で、社会の災害被害軽減力（social preparedness）が、災害経験や予測への信頼によって形成されるダイナミクスを扱うモデルの開発が緒に就き、その形成過程を踏まえた警報発令戦略が検討され始めている。例えば、Girons et al. (2017) [1]は、警報発出の有無によって左右される人々の洪水「直接的経験」によって、social preparedness が動学的に変化することを踏まえ、社会的損害を最小にする警報発令基準を探求してきた。さらに、このモデルを拡張した系譜として、Sawada et al. (2021) [2]は、警報の的中、見逃し、空振りによって形成される警報への「信頼」を導入し、オオカミ少年効果の存在を考慮した警報発

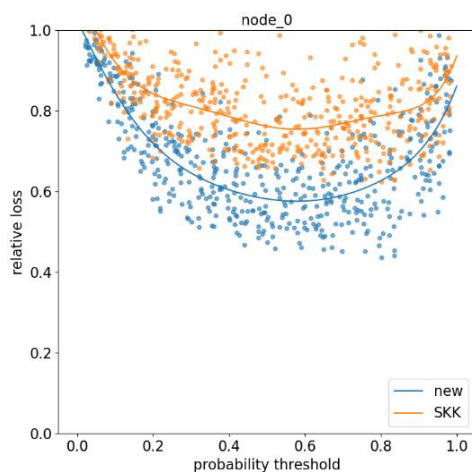


図 1：警報発令閾値と相対損失

令戦略を検討してきた。しかし、social preparedness に寄与する要素を広範にレビューした Wachinger et al. (2013) [3]は、上記の 1. 「直接的経験」と 2. 「信頼」に加え、教育やメディア、災害の目撃による 3. 「間接的経験」を含めた 3 つの要素の重要性を指摘する。

よって、本研究の目的は、流域の異なる各地域の social preparedness が「直接的経験」と「間接的経験」と警報への「信頼」により動的に形成されるモデルを構築し、地域間の相互作用下で社会的に望ましい警報発令戦略を探求することである。

2. モデル

地域間相互作用を明示的に考慮するため、各地域の **social preparedness** が直接的経験と信頼によって形成される過程を記述するモデル[1], [2]を拡張した。すなわち、各地域をノード、地域間の隣接状況をリンクで表すネットワークモデルへと拡張した。他ノードの被害経験やそこでの警報の結果（空振りや見逃し）の影響を受けることを考慮した。影響の大きさは、ノード間の距離に応じて、指数的に減衰する仮定を置いた。以下の分析ではノード数 5、円環状に各ノードが配置されたサークルネットワークとし、全てのノードで同一の警報発令基準を設定するケースを考えた。

3. 結果

まず全てのノードが同質な場合を検討した。図 1 は、シミュレーションで得られた、あるノードの相対損失（縦軸）と警報発令閾値（横軸）の関係である。相対損失とは警報システムが存在しなかった時に対する警報システムが存在した場合の社会的損失の比であり、小さい方が望ましい。警報発令閾値は、例えば 0.2 であるとき、確率予測で河川水位が堤防を越える確率が 20%以上存在する場合には警報を発令するということを意味する。オレンジ線は相互作用を考慮した本ケース、青線は相互作用を考慮しないケースである。他地域の警報の結果（空振り、見逃し）の影響により、相互作用を考慮しない場合と比べ、下に凸であることが顕著に確認できる。相互作用により、オオカミ少年効果が顕著に発現することが示唆される。そして、このケースでは、最適な警報発令閾値が 0.6~0.7 付近であることが顕著に確認できる。ノード間に異質性がないため、同じ発令閾値で全ノードにとって最小の相対損失を達成する。

次に、ノード毎に異質性があるケースを検討した。具体的にはインフラ水準（e.g., 堤防の高さ）が異なるケースである。図 2 はノード毎の相対損失と警報発令閾値との関係を示す。青線が各ノードの相対損失である。図から分かる通り、ノード 0 にとって、最適閾値は 0.2~0.3 付近である。だが、その閾値ではノードによって相対損失が最小化されない。地域に異質性が存在する場合、個別に発令閾値を設定することの妥当性が示唆される。

その他、個別に発令閾値を設定したケースや、洪水予報の精度が高いケース、ネットワーク構造が異なるケース等については発表時に詳細を示す。

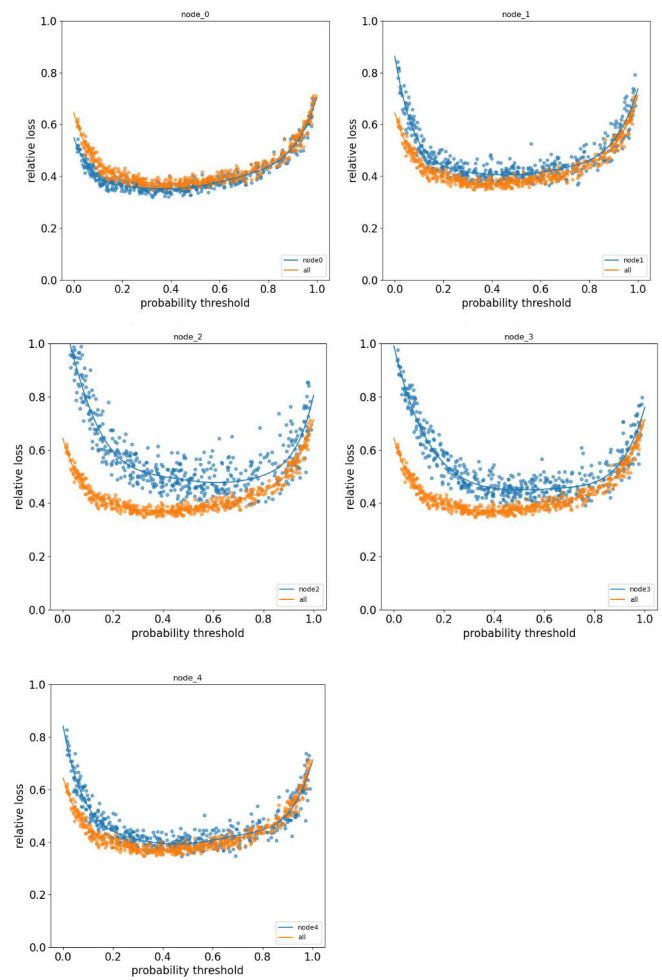


図 2: 各ノードの警報発令閾値と相対損失; 各インフラ水準はノード 0 (1 行 1 列目) が 0.20、ノード 1 (1 行 2 列目) が 0.45、ノード 2 (2 行 1 列目) が 0.60、ノード 3 (2 行 2 列目) が 0.45、ノード 4 (3 行 1 列目) が 0.45

4. 参考文献

- [1] Giron Lopez, M., Di Baldassarre, G., & Seibert, J. (2017). Impact of social preparedness on flood early warning systems. *Water Resources Research*, 53(1), 522-534.
- [2] Sawada, Y., Kanai, R., & Kotani, H. (2021). Socio-meteorology: flood prediction, social preparedness, and cry wolf effects. *arXiv preprint arXiv:2104.11422*.
- [3] Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., & Kuhlicke, C. (2013). The risk perception paradox—implications for governance and communication of natural hazards. *Risk Analysis*, 33(6), 1049-1065.