

復旧時間に基づくレジリエンス評価：タンナ島における風災害後の住宅復旧を事例として  
 Resilience Assessment on the Basis of Recovery Time: A Case Study of Non-engineered Houses on  
 Tanna Island, the Republic of Vanuatu, Subjected to Wind Hazard

○岸田夏葵・西嶋一欽

○Natsuki KISHIDA, Kazuyoshi NISHIJIMA

Reports on the damages to buildings in Vanuatu and their recovery after Cyclone Pam in 2015 reveal that the recovery was relatively quick, compared to the magnitude of the damages and also compared to other major disasters of the similar scale in other countries. This poses a hypothesis that the affected communities in Vanuatu have been equipped with a strategy to put more emphasis on the quickness of the recovery rather than to strengthening the structural capacity of buildings to achieve more resilient communities - although this might be not necessarily intended. The present study aims at developing a methodology to quantify the resilience of community against natural disasters, which is capable of comparing communities different in their system elements such as building stocks, strategy against natural disaster, and social, cultural, and economic background. As the first step and also as an example, the case study focuses on three types of buildings common in communities in Tanna Island, Vanuatu. The study shows that the traditional construction is most resilient according to the proposed measure of the resilience.

## 1. はじめに

2015年3月12から14日にかけて Saffir-Simpson Hurricane Scale でカテゴリー5 に属するサイクロンパムがバヌアツ共和国を直撃した[1]。サイクロン襲来直後には甚大な被害が報告された一方、被害を受けた建物のうち72%の建物は7週間以内に仮復旧作業を完了したとの報告がある[2]。

都市やコミュニティなどのシステムの対災害性能評価は、レジリエンスの視点から、直接的な損傷程度だけではなく回復に要する時間も考慮して評価される[3]ことが多い。この視点に立つとサイクロンパムに対するバヌアツ共和国の事例は「(建物の損傷可能性を下げるより) 早期復旧に重点を置くことでレジリエントなシステムを構成する防災戦略」を体現したコミュニティと見ることもできる。本研究ではシステムの構成要素や防災戦略が異なるコミュニティ間でレジリエンスを比較できるように復旧労力に着目し、バヌアツ共和国タンナ島の建物を例にレジリエンス評価を行う。

## 2. レジリエンス評価

レジリエンス評価の概念図を図1に示す。本研究では個別の建物に対してレジリエンス評価を行うこととし、(1) 機能低下を建物の破壊モードで表現し、(2) 各破壊モードの復旧にかかる労力(人・時間)を評価する。評価は、強風の発生頻度および建物構成要素の耐力のばらつきを考慮して確率論的に行う。復旧に要する労力は、実際の建設作業のモニタリング結果から推定する。

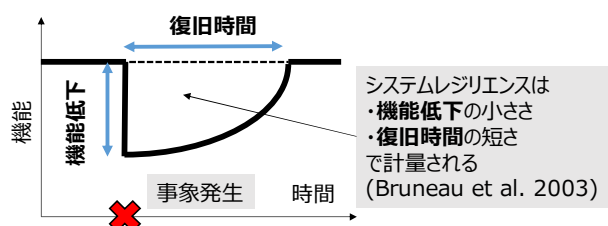


図1 レジリエンス評価の概念図

## 3. レジリエンス評価手順

レジリエンス評価の手順を示したフローチャートを図2に示す。①検討対象の建物モデル $i$ は図3に示した3種類(NT、NO、NI)である。②各建物モデルにつき破壊モード $j$ を仮定する。仮定した破壊モードは図3のグラフ Fragility Assessment の凡例に示した通りである。③風洞実験で得た風力係数から各破壊モードについて風速 $u$ における荷重効果 $S_{ij}(u)$ の確率分布を算出する。④材料実験で得られた結果をもとに各破壊モードの耐力 $R_{ij}$ の確率分布を算出する。⑤荷重効果 $S_{ij}(u)$ と耐力 $R_{ij}$ を用いてフラジリティ評価を行う。風速 $u$ のとき建物 $i$ の破壊モード $j$ が発生する確率は限界状態関数 $M_{ij}(u)=R_{ij}-S_{ij}(u)$ が負になる確率である。⑥ $2^j$ 通りの破壊モード $j$ の組み合わせを考慮してヴァルナラビリティ評価を行う。複数の破壊モードが同時に発生した場合、最も大きな被害を受ける破壊モードに対応する復旧時間 $L_i$ が必要となるとする。この仮定に基づき各建物 $i$ で風速 $u$ のときに期待される復旧時間 $E_i[L_i|U=u]$ を求める。

⑦1970年以降タンナ島周辺 500 km以内を通過したサイクロンを抽出し（図 3 左上）、これらのサイクロンのパラメータの値を用いてサイクロンモデルを作成する。さらにモンテカルロシミュレーションを用いて年最大風速の確率分布を推定する。

⑧サイクロンシミュレーションから得たタンナ島における年最大風速の確率密度関数  $f_U(u)$  を用いて1年あたりの復旧時間の期待値を算定する。

$$RE_i = \int_0^{\infty} E_i[L_i|U=u] \cdot f_U(u) du \quad (1)$$

#### 4. 結果

結果を図 3 に示す。右側の表は定義した建物モデルごとのフラジリティ評価、ヴァルナラビリティ評価、レジリエンス評価の結果を示す。1年あたりの復旧時間の期待値を比較すると、レジリエンスが高い建物は順にNT, NO, NIとなる。

#### 5. まとめ

本研究ではシステムの構成要素や防災戦略が異なるコミュニティ間でレジリエンスの比較を可能とする評価手法を提案した。さらにその手法をバヌアツ共和国タンナ島の建物に適用して復旧時間の期待値を算出できることを示した。

#### 参考文献

- [1] Government of Vanuatu, "Post-Disaster Needs Assessment: Tropical Cyclone Pam," 2015.
- [2] S. Cluster, "SHELTER RESPONSE EVALUATION Cyclone Pam Response Vanuatu," no. September, 2015.
- [3] M. Bruneau *et al.*, "A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities," *Earthq. Spectra*, vol. 19, no. 4, pp. 733–752, 2003.

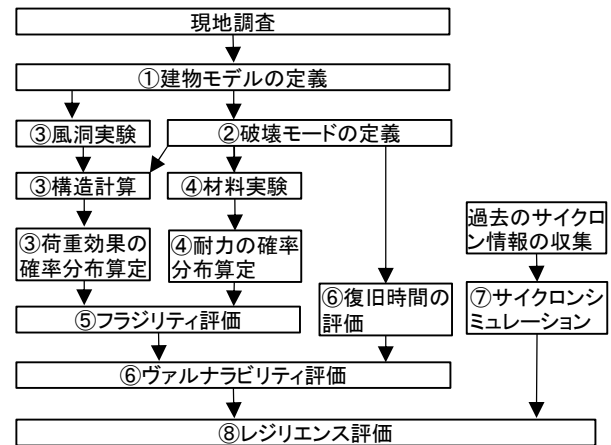


図 2 レジリエンス評価の流れ

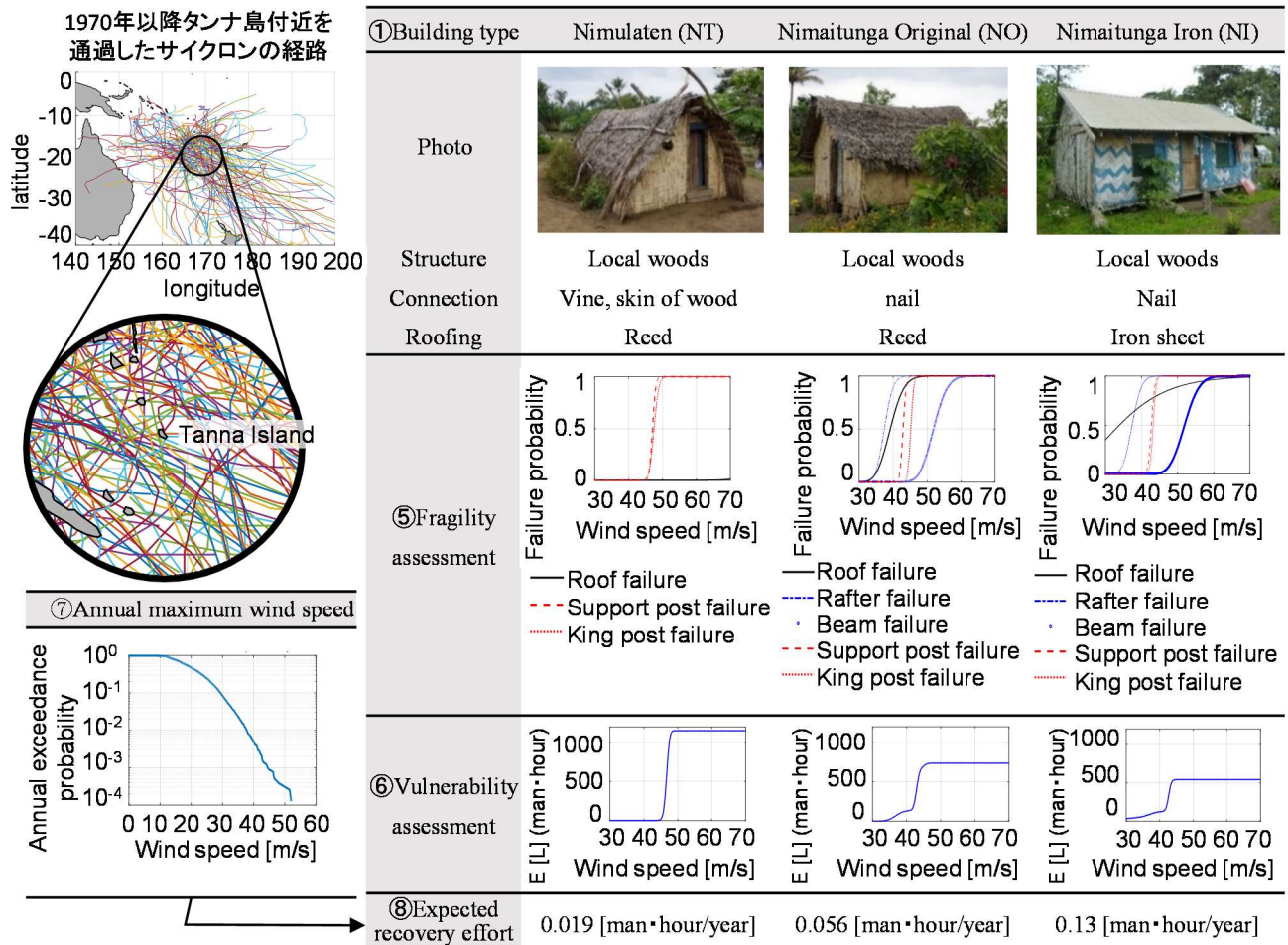


図 3 想定した建物モデル毎のレジリエンス評価の結果