

洪水ハザードマップを活用した確率論的リスク評価手法の開発

Development of the Probabilistic Risk Assessment Method using Flood Hazard Map

○中西 翔¹, 久松 力人^{1,2}, 堀江 啓¹
 Sho NAKANISHI¹, Rikito HISAMATSU^{1,2}, Kei HORIE¹

¹株式会社インターリスク総研 総合企画部
 Corporate Planning Department, InterRisk Research Institute & Consulting, Inc.

²東京大学大学院 新領域創成科学研究科
 Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

In 2011, the huge flood in Thailand effected the insurance industries heavily. So as to continue the business, improving the assessment methodology for the flood risk is the essential part for insurance companies. This study shows a technique to evaluate the flood risk using probabilistic simulation and compares its result with that evaluated by common other method. First, we estimate the inundation depth for each return period from flood hazard maps. Second, we create a flood event set by Monte Carlo simulation in consideration of area flood correlation. Finally, we estimate average flood damage ratio for each return period using created flood events and find the difference between the developed probabilistic method and the common method.

Keywords : Thailand Flood, Hazard Map, Probabilistic Risk Assessment, Generalized Extreme Value Distribution, Vine Copula

1. はじめに

2011年にタイで発生した大規模な洪水では、950万人が影響を被り、うち813名が死亡した。また経済被害は400億ドルにも及んだ¹⁾。この洪水の影響はタイ国内に留まらず、日本国の社会経済にも多大な影響を与えた。その代表的な例が損害保険業界であり、大手損害保険会社三社で約9,000億円の保険金支払いが発生²⁾、保険引受損失は過去最大の3,391億円を記録した³⁾。これらの経緯からも、損害保険会社では更なる健全な経営が求められ、より精緻な洪水リスク評価手法を考案する必要があると考える。

保険ポートフォリオに対して従来用いられている洪水リスク評価手法の一つとして、ハザードマップを保険エクスポージャーに重ね合わせる手法が挙げられる。しかしハザードマップは、各想定破堤点がそれぞれ破堤した場合の浸水深分布を重ね合わせた結果であることが一般的である。そのため、ハザードマップから推定した建物等の合計損害額の再現期間は、ハザードマップの再現期間と必ずしも一致せず、一般に過大評価となる。

そこで本研究では、タイを対象に洪水ハザードマップを活用した確率論的リスク評価手法を開発し、被害率推定に適用することで、従来の手法と比較する。

2. 研究方法

本研究で適用する確率論的な洪水リスク評価手法の概要を説明する。第一に、再現期間毎の洪水による浸水深を表すハザードマップを準備する。第二に、ハザードマップから再現期間毎の浸水深を地点毎に抽出する。第三に、抽出した浸水深を用いて、再現期間と浸水深を示す回帰曲線を地点毎に構築する。最後に、地域的な相関関係を考慮したモンテカルロシミュレーションを実施して回帰曲線から浸水深情報を取得することで、仮想洪水イベントを作成する。本研究では、シミュレーションの実施により、仮想洪水イベントを10,000年分作成する。一つの仮想洪水イベント

トが年最大浸水深を表すと仮定し、年毎の推定洪水被害額を降順に並べ替えることで、再現期間毎の洪水被害額を推定する。

(1) ハザードマップの準備

今回の研究では国連国際防災戦略事務局 (UNISDR) が公開している Global Risk Data Platform⁴⁾ より再現期間毎のタイ洪水ハザードマップを入手した。再現期間は25年、50年、100年、200年、500年、1000年の6種類である。

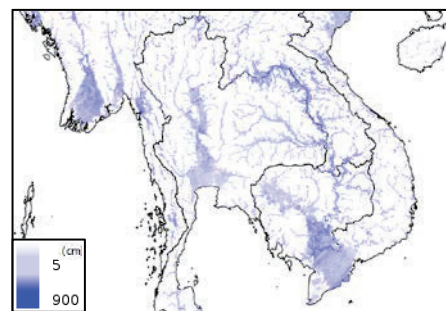


図1 タイ(北部)の再現期間200年洪水ハザードマップ

(2) 確率浸水深の抽出および回帰曲線の構築

ハザードマップに基づく再現期間毎の浸水深情報を用意された再現期間以外に拡張するため、一般化極値分布を用いて確率浸水深分布を作成した(図2)。

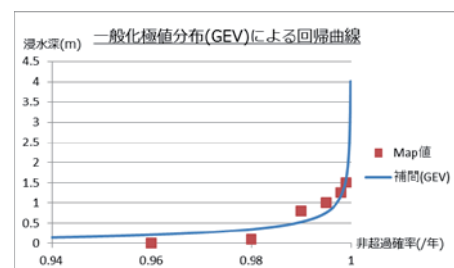


図2 一般化極値分布による非超過確率-浸水深の回帰曲線

浸水深分布は、タイ全土を 1km×1km のメッシュに分割し、全メッシュで作成した。浸水深の値は、色の濃さから推定している。長い再現期間の事象を表すのに適した一般化極値分布の適用により、大規模洪水災害の適切な表現が期待される。

(3) 地域相関関係の考慮

地域的な洪水強度の相関関係を考慮するためにヴァインコピュラ関数を利用した。タイ全土の河川流量データを用いて洪水強度の相関関係を算出しようと試みたが、データの網羅性が十分でなかったため、タイ気象局 (TMD:Thailand Meteorological Department⁵⁾) が一般公開している降雨量データを用いて関数を構築した。なお、本研究ではタイ全土を図 3 内の境界線の通り 13 の地域に区分した上で、それぞれの地域間の洪水強度の相関関係をコピュラ関数によって表現する。コピュラ関数に従う乱数を生成するモンテカルロシミュレーションを実施すれば、仮想洪水イベントを幾つも作成することができる。

以下に、例として 3 変量におけるヴァインコピュラ関数の考え方を示す⁶⁾。[1]式はコピュラ $C_{i,j,k}$ と周辺確率分布関数 F_i を与えることで多変量確率分布関数を表現することができるという基本的な関係式である *Sklar* の定理である。ここで、 x_i は確率変数を表す。全ての変量についての偏微分により [2] 式が多変量確率密度関数 f が得られるが、条件付コピュラ密度関数 $c_{i,j,k}$ を用いることで、[3] 式のように変換することができる。これにより、多変量確率分布関数を一種類のコピュラだけでなく、変量の数に応じた様々な種類のコピュラを用いて表すことが可能となり、独特な多変量相関関係を表現することができる。

$$F(x_1, x_2, x_3) = C_{1,2,3}(F_1(x_1), F_2(x_2), F_3(x_3)) \quad [1]$$

$$f(x_1, x_2, x_3) = c_{1,2,3}(F_1(x_1), F_2(x_2), F_3(x_3))f_1(x_1)f_2(x_2)f_3(x_3) \quad [2]$$

$$f(x_1, x_2, x_3) = c_{1,2|3}(F_1(x_1|x_3), F_2(x_2|x_3))c_{1,3}(F_1(x_1), F_3(x_3))c_{2,3}(F_2(x_2), F_3(x_3))f_1(x_1)f_2(x_2)f_3(x_3) \quad [3]$$

3. 研究結果

本研究で作成した仮想洪水イベントの一例を図 3 に示す。コピュラ関数に従う乱数を生成することで 1 年間の仮想洪水イベントを作成できるモンテカルロシミュレーションを 10,000 回繰り返して、10,000 年分の仮想洪水イベントを作成した。これらのイベントを洪水被害率の降順に並び替えることで、再現期間別の洪水被害率の推定が可能となる。



図 3 作成した仮想洪水イベントの一例

本研究の仮想洪水イベントを用いた確率論的リスク評価手法と、ハザードマップのみを利用したリスク評価手法では、推定被害率にどの程度の差が生じるかを分析した。

タイ全土について、(a)再現期間 200 年ハザードマップによる推定平均被害率 と、(b)本研究で作成した仮想洪水イベントを用いた、確率論的手法に基づく再現期間 200 年の推定平均被害率 をそれぞれ表 1 にまとめた。なお、推定平均被害率は、損害保険会社の火災保険契約に重なる浸水深から各物件の被害率を算出し、それらの平均値とした。被害率の計算には、US Army Corps of Engineers が公表している建物を対象とした洪水被害関数⁷⁾を利用した。

表 1 (a)再現期間 200 年ハザードマップによる平均被害率(左) および (b)確率論的リスク評価手法による平均被害率(右)

非超過確率	再現期間 (年)	地域相関を考慮した確率論的リスク評価手法による平均被害率
0.9999	10000	15.22%
0.999	1000	14.76%
0.998	500	14.54%
0.997	333	14.42%
0.996	250	14.27%
0.995	200	14.11%
0.994	167	14.02%
0.993	143	14.00%
0.992	125	13.91%
0.991	111	13.85%
⋮		⋮

再現期間200年
ハザードマップ
による平均被害率
19.75%

本研究による確率論的洪水リスク評価手法を適用することで、再現期間200年の洪水による推定被害率がハザードマップから直接推定する手法の71.4%となった。すなわち、本手法の適用により長い再現期間における推定被害率が減少することが示唆された。

4. おわりに

保険経営において安全側に立ったリスク評価によって業務健全性を確保することは当然に重要なことである。一方、保険会社の保有資産は、保険金支払いのための準備金でありかつ運用資産としての側面も持つため、リスクを過大評価することは保険引受業務や機関投資家としての業務の阻害要因となる。本研究では、洪水リスク評価手法の高度化を目的として、ハザードマップを活用し、地域相関関係を考慮した確率論的手法を開発した。今後の課題として、保険引受実務への応用を検討したい。

参考文献

- Asian Disaster Reduction Center ADRC : Natural Disaster Data Book 2011
http://www.adrc.asia/publications/databook/ORG/databook_2011/pdf/DataBook2011_e.pdf
- 日本経済新聞(2012年2月14日)
http://www.nikkei.com/article/DGXNASDF1300R_T10C12A2MM8000/
- 一般社団法人日本損害保険協会 Web ページ
http://www.sonpo.or.jp/news/release/2012/1206_04.html
- UNISDR : Global Risk Data Platform
<http://preview.grid.unep.ch/>
- Thailand Meteorological Department
<https://www.tmd.go.th/en/>
- 前田寿満：ヴァイン・コピュラを用いた統合リスク管理 日本銀行金融研究所
<https://www.imes.boj.or.jp/research/papers/japanese/kk35-2-2.pdf>
- US Army Corps of Engineers : “Final Report Depth-Damage Relationships”
<http://www.usace.army.mil/>