

時空間相関を考慮した地先の水害リスクの評価方法に関する研究

京都大学防災研究所
教授 多々納 裕一
特任助教 蔭 新宇

構成

1. はじめに: 地先の水害リスク
2. 小規模流域の場合の評価法 (昨年度の成果)
 - コピュラに基づき流域平均ハイトグラフを構成 (空間分布を無視)
 - 多数の降雨シナリオを生成 (超過確率を含む)
 - 降雨・流出・氾濫・被害: 統合洪水シミュレーションモデルを介してリスクシナリオ (超過確率 × 被害) を生成
 - 地先の洪水リスク (リスクカーブ) の構成
3. 大規模流域の場合の評価法 (本年度の成果)
 - 超過確率情報付の降雨シナリオを生成できれば、同様の方法によって評価可能
 - d4PDFの利用: 空間的に不均一な多数の降雨シナリオ
 - d4PDFの水文統計解析: 24時間雨量を対象: 降雨シナリオに超過確率を付与
 - 統合洪水シミュレーションモデルを介してリスクシナリオ (超過確率 × 被害) を生成
 - 地先の洪水リスク (リスクカーブ) の構成
4. おわりに: 本研究の成果と今後の課題

はじめに: 地先の水害リスクとは

• 統一指標

- 複数ハザード (外水、内水 (支川氾濫、下水道)、高潮、津波、土石流、...)
 - 現状: それぞれの施設ごとに設計外力が想定され、流域内の各地点における安全度は不明



人命損傷のリスク、資産損傷のリスク等、少なくとも流域内各地点におけるリスクを複数のハザードを考慮して推計することが必要

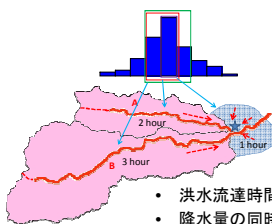
小規模流域の場合の評価法 (昨年度の成果)

コピュラを用いた流域平均ハイトグラフの構成法

小規模流域 → 流域平均降雨シナリオを利用

• 個々のハザードを規定する要因を考慮

- 河川 (本川) からの氾濫 (流域面積 A_1 、洪水流達時間 t_1)
- 支川からの氾濫 (流域面積 A_2 、洪水流達時間 t_2)
- 内水氾濫 (下水道) (集水面積 A_3 、流達時間 t_3)

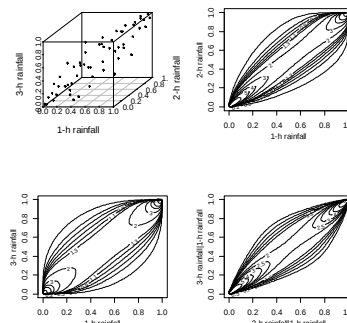


- 洪水流達時間内の降水量 (総量) $R_{t_1}, R_{t_2}, R_{t_3}$ を利用
- 降水量の同時生起確率の算定 (コピュラの利用)

$$F(p, q, r) = \Pr(R_{t_1} = p, R_{t_2} = q, R_{t_3} = r)$$

→ モンテカルロシミュレーションを用いて降雨シナリオを生成

1~3時間の降雨量の同時生起分布の推定 (1) コピュラの同定

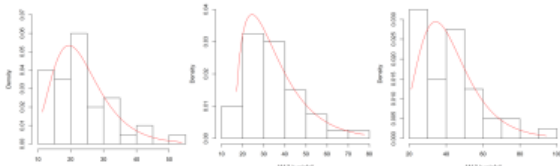


水文学の研究によく使う20種類コピュラ (Archimedean copulas, extreme value copulas, meta-elliptical copulas, and other miscellaneous families of copulas 雑多な家族を含め) を候補として、赤池情報量基準 (AIC) で、一番観測データにあうコピュラを採択する。1-2時間の降雨量 3.357 の Gumbel survival copula 1-3時間の降雨量 0.804 の Gumbel survival copula 2-3時間の降雨量パラメータ 2.923 と 3.451 の BB7 copula

(2) 周辺分布の推定

Generalized Pareto分布 (GP), Generalized Extreme Value分布 (GEV), Exponential分布 (EXP), Gamma分布 (GM), lognormal分布とWeibull分布を候補として、KSテストとAICで選択する。

最大1時間の降雨はパラメータ (3.098, 0.359) のlognormal分布である、年間最大2時間の降雨はパラメータ (1.76, 16.259, 10.725) のPearson分布である、年間最大3時間の降雨はパラメータ (3.672, 0.369) のlognormal分布である。

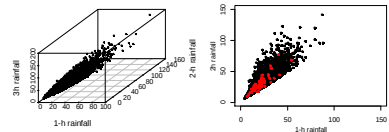


(3) 同時分布の構成と降雨シナリオの生成

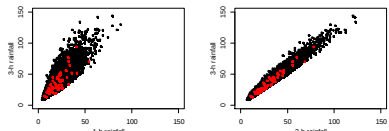
- 同時分布の構成

$$H(r_1, r_2, r_3) = C(F_1(r_1), G(r_2, r_3))$$

$$G(r_2, r_3) = C(F_2(r_2), F_3(r_3))$$



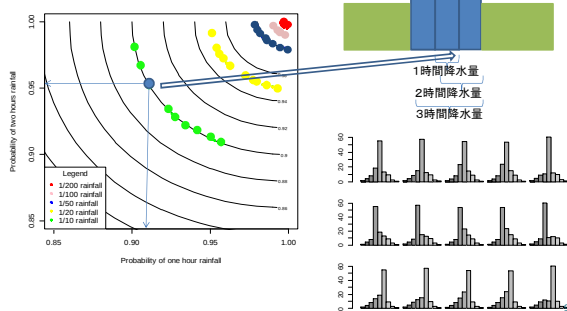
- 同時分布に基づく降雨シナリオの生成



- バリデーション

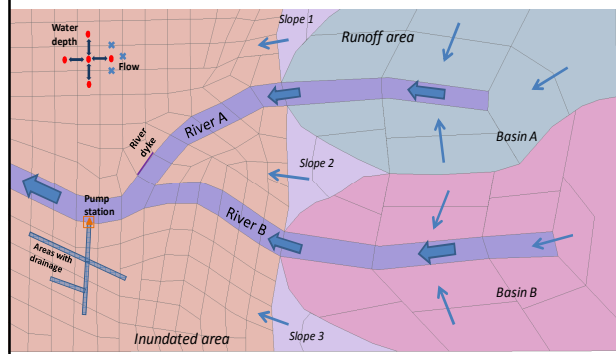
8

降雨イベント(シナリオ)の生成



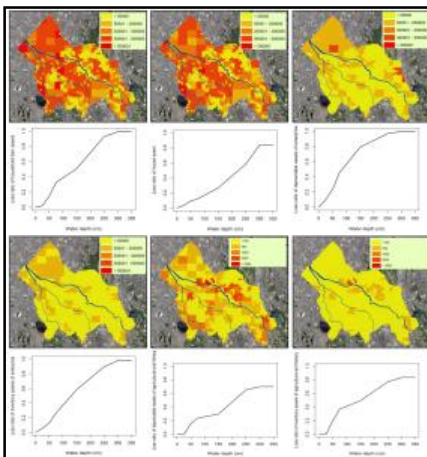
降雨一流出一氾濫総合型シミュレーションモデル

How to simulate: Model schema

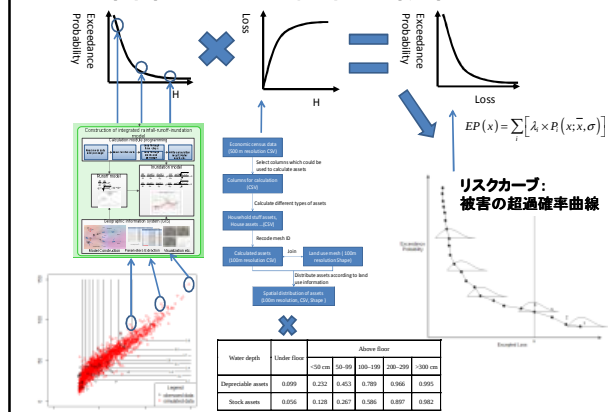


Exposure and vulnerability

- 左上から、家屋価値、家庭用品価値、事務所償却価値、事務所在庫価値、農家償却価値、農家在庫価値

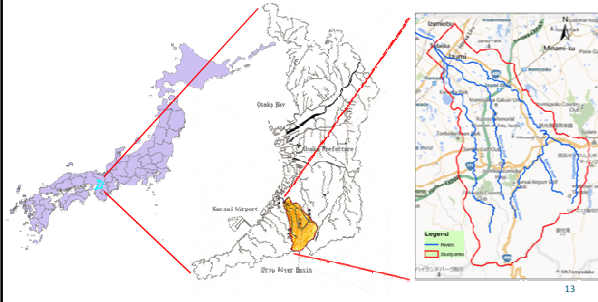


リスク評価(超過確率×被害)



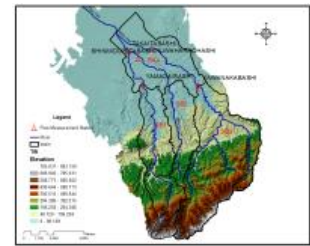
大津川水系を対象としたケーススタディ

- 流域面積102.2 km².
- 支流として、横尾川、松尾川、牛滝川などを有する。
- 泉北ニュータウンなどがある。



洪水リスクの同定

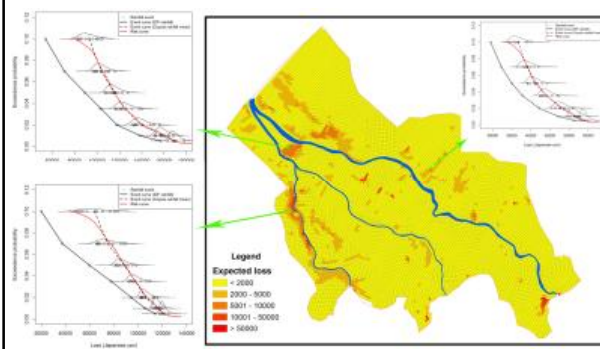
- 氾濫原においては、3つの支川、横尾川、松尾川、牛滝川からの氾濫、内水氾濫という複数のハザードを考える必要。



Basin	A (km ²)	T' (h)	T1 (h)	L (m)	W (m/s)	T2 (h)	Tp (h)
Ushitaki Basin	3.6	0.5	0.7	16800	3.5	1.3	2.0
Matsuo Basin	0.4	0.5	0.5	13800	3.5	1.1	1.6
Makio Basin	7.3	0.5	1	21871	3.5	1.7	2.7

洪水流達時間を牛滝川、松尾川:2時間、横尾川:3時間、内水氾濫:1時間として設定

洪水リスクの空間分布



昨年度の成果のまとめ

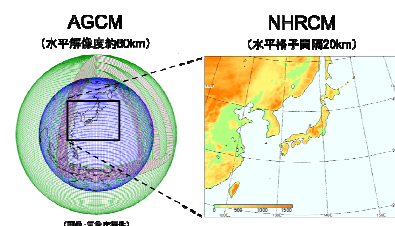
- コピュラを用いた複数のハザード(異なる継続時間を有する降雨)の同時生起確率の算定方法
- 同時生起確率分布に基づく災害シナリオ(頻度、規模)の生成方法
- 統合型シミュレーションを用いた災害シナリオに対応する被害の算定方法(災害カタログの作成(頻度、被害の分布))
- 地先の洪水リスクの生成法

大規模流域の場合の評価法 (本年度の成果)

- ✓ 超過確率情報付の降雨シナリオを生成できれば、同様の方法によって評価可能
- ✓ d4PDFの利用:空間的に不均一な多数の降雨シナリオ
 1. d4PDFの水文統計解析:24時間雨量を対象:降雨シナリオに超過確率を付与
 2. 統合洪水シミュレーションモデルを介してリスクシナリオ(超過確率×被害)を生成
 3. 地先の洪水リスク(リスクカーブ)の構成

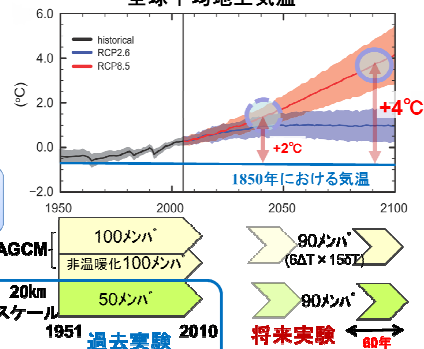
d4PDF (Database for Policy Decision-Making for Future Climate Change)

- d4PDFは、水平解像度約60kmの気象研究所全球大気モデルMRI-AGCM3.2を用いた全球実験と、水平解像度約20kmで日本域をカバーする気象研究所領域気候モデルNHRCMを用いた領域実験によって構成。
- 気象庁気象研究所、東京大学大気海洋研究所、京都大学防災研究所、国立環境研究所、海洋研究開発機構、筑波大学により作成。文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム(平成24~28年度)。



d4PDF に収録されているデータ

全球平均地上気温



本研究で利用
(概ね3000年分)

80km AGCM

日本域 20km

ダウンスケール

1951 過去実験 2010

100メンバ

非温暖化100メンバ

50メンバ

80メンバ

80メンバ

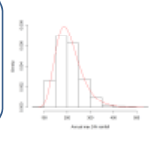
(6ΔT × 150T)

80メンバ

将来実験 60年

Step 1. 降雨シナリオの生成

- d4PDFから得られる降雨パターンに超過確率を付与
- 降雨の時空間分布パターンの抽出
- 各パターン毎の流域平均24時間降水量の算定
- 統計解析: 流域平均24時間降水量の確率分布の同定
- 各パターンに超過確率を付与



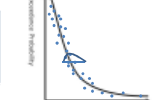
Step 2. 水害シナリオへの変換

- 統合シミュレーションを用いて各降雨シナリオに対応する被害を算定
- 流域・氾濫域モデル、被害モデルの設定
- モデルパラメータの同定(統合水害シミュレーション)
- 各降雨シナリオに対応する洪水被害の算定



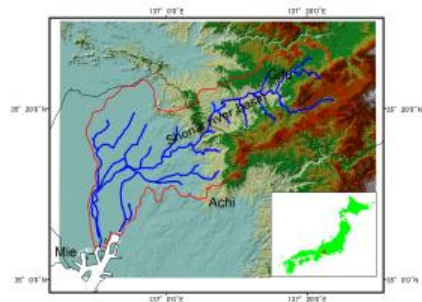
Step 3. 地先の安全度の推定

- 地点別の被害超過確率分布(水害リスクカーブ)の算定
- 水害シナリオに基づき、各地先の被害分布をプロット
- 2次確率を考慮して被害の超過確率分布(水害リスクカーブ)を算定



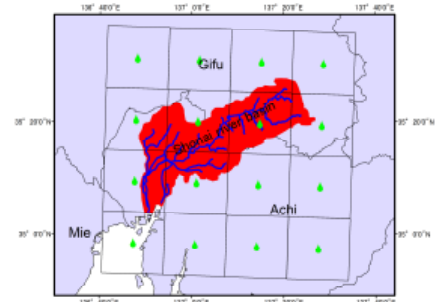
ケーススタディ

- 庄内川流域(流域面積: 1010km²)

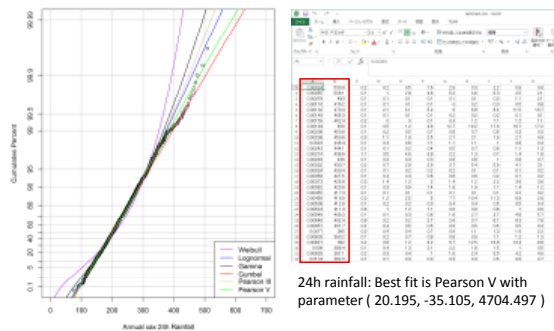


d4PDFにおける降雨空間解像度

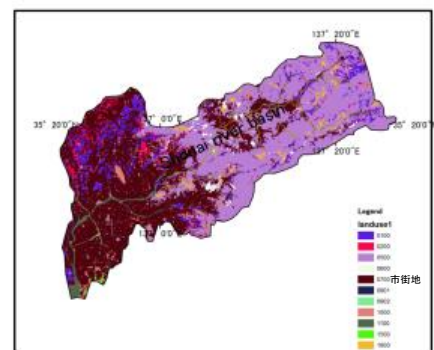
20kmダウンスケールの結果を利用



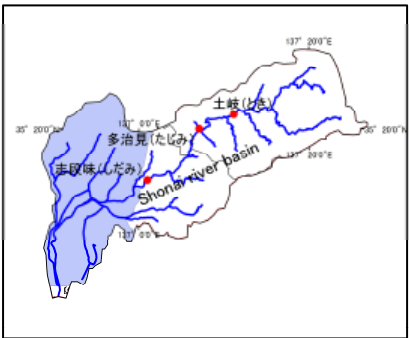
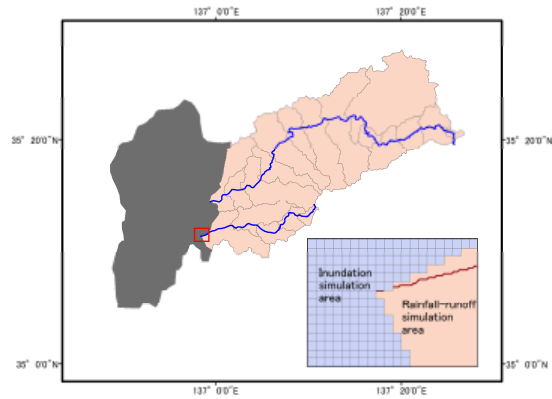
水文統計解析 (年最大24時間降水量の超過確率分布の算定) Distribution of annual max 24h rainfall event



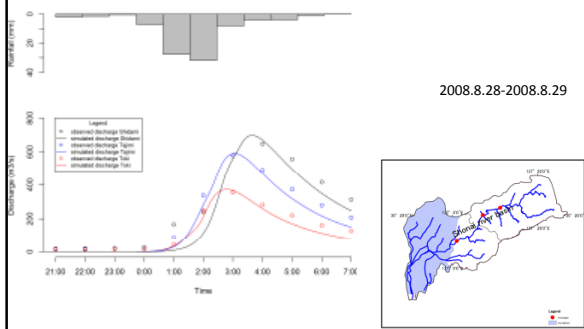
土地利用図



Model setting 流出、氾濫領域の分割



モデルの同定(キャリブレーション)
Calibration of rainfall runoff model

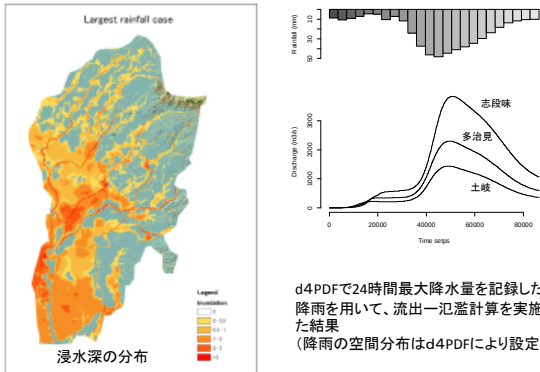


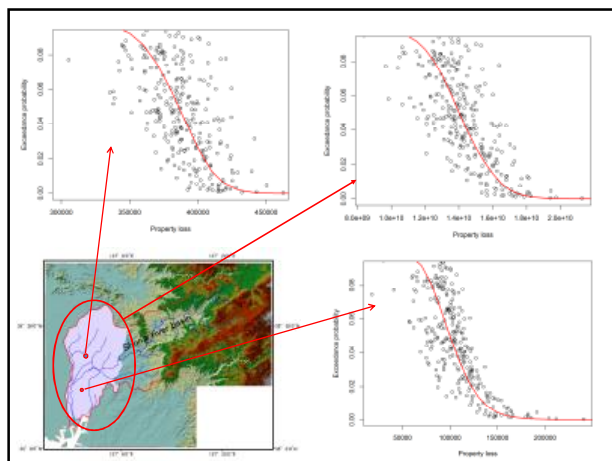
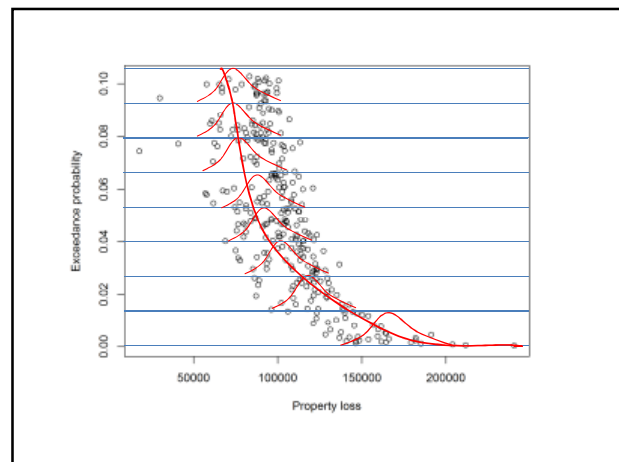
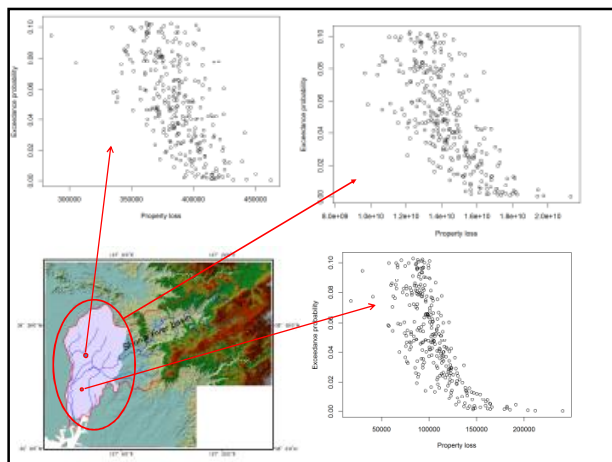
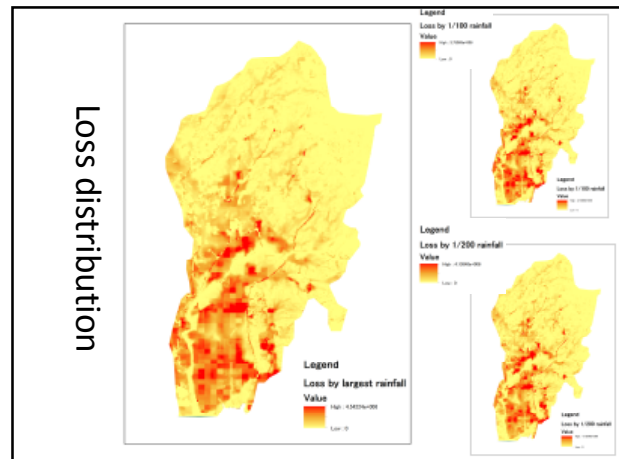
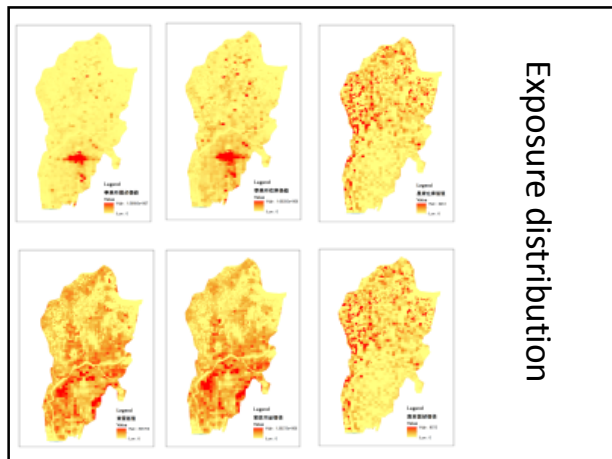
d4PDFに基づく流出量と
計画降雨に基づく流出量との比較

- 計画降雨(H12.9引き伸ばし1.07倍)との比較(3地点での): 1/200相当
- 最大流量を記録したもの(d4PDF)
- 1/100、1/200、1/300

		枇杷島	志段味	多治見	土岐
計画降雨	1/200	4200m³/s			
	1/100			2400m³/s	
d4PDF	1/200		4305m³/s	2607m³/s	1608m³/s
	1/100		3976m³/s	2430m³/s	1530m³/s
	Max		4413m³/s	2680m³/s	1700m³/s

降雨一流出—氾濫解析の一例





本年度の成果のまとめ

- 超過確率情報付の降雨シナリオを生成できれば評価可能
- d4PDFの利用: 空間的に不均一な多数の降雨シナリオ
 - d4PDFの水文統計解析: 24時間雨量を対象: 降雨シナリオに超過確率を付与
 - 統合洪水シミュレーションモデルを介してリスクシナリオ(超過確率×被害)を生成
 - 地先の洪水リスク(リスクカーブ)の構成
- 24時間雨量により超過確率を評価→必ずしも被害の分布に対応しない。→不確実性が残留
- 2次確率を用いて、不確実性をも考慮したリスクカーブの作成方法を提示した。

今後の課題

- 多次元変量による超過確率の付与
- 気候変動に伴う地先の安全度の変化
- モデルの精緻化