

リスクを基礎とした洪水被害の経済評価

大阪大学大学院工学研究科 正会員 玉井昌宏
兵庫県 非会員 上野治久

1. はじめに

本研究では、治水計画決定過程におけるリスク要因の中でも、経済評価に最も強く影響を及ぼすと考えられる水文学的リスクについて考察する。単調な河道、流域条件下で、築堤だけの治水事業が実施されるという極めて簡単な状況を想定して経済評価を行う。特に、前線性降雨や集中豪雨など、様々なタイプの降雨現象の影響を包含させるために、洪水継続時間と総降雨量に関する結合確率密度分布を導入したリスク評価を試みる。

2. リスクを基礎とする洪水被害評価法の概要

洪水被害額の期待値 D_p 、つまり、洪水被害リスクは次式のように定義される。

$$D_p = \int_{q_p}^{\infty} D(\bar{x}) f(\bar{x}) dx_1 \dots dx_n \quad (1)$$

ここに、 $\bar{x}=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ：洪水被害を支配する状態ベクトル、 $D(\bar{x})$ ：状態 $\bar{x}$ の時の被害額、 $f(\bar{x})$ ：状態 $\bar{x}$ の生じる年確率密度分布である。洪水被害額が総降雨量 r と降雨継続時間 t の生起確率によって決定されると仮定すると、その期待値 D_p は次式より計算される。

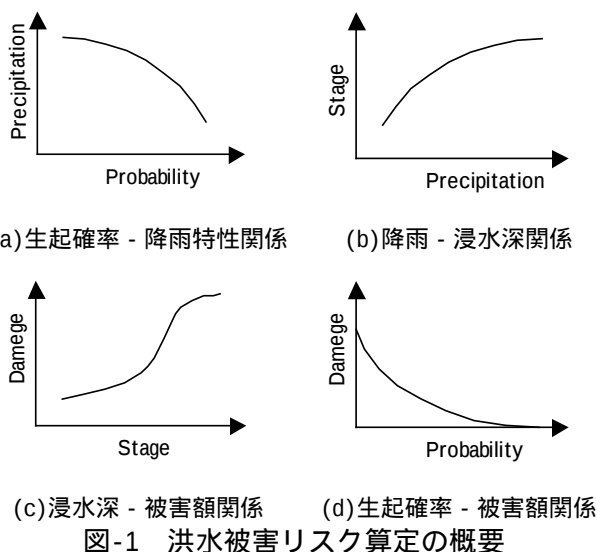
$$D_p = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} D(r, t) f(r, t | \theta) dr dt \quad (2)$$

ここに、 $D(r, t)$ ：総降雨量 r 、降雨継続時間 t の時の被害額、 $f(r, t | \theta)$ ：母数 θ の年確率密度分布である。図-1 は、式(2)の意味を表現したものである。(a)は $f(r, t | \theta)$ である。総降雨量と降雨継続時間から被害額 $D(r, t)$ を算定するためには、(b)降雨特性 - 浸水深関係と(c)水深 - 被害額関係が必要である。(a)～(c)を乗じることによって、(d)の生起確率 - 被害額関係が得られる。(d)を横軸方向に積分することによって期待値が得られる。ここでは、(b)の過程において非定常流解析の数値計算が行うので、解析的に期待値を求めることは困難である。そこで、次式のような積算によって期待値を求める。

$$D_p = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} D(r, t) f(r, t | \theta) dr dt = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N D(r_i, t_j) f(r_i, t_j | \theta) \Delta r_i \Delta t_j \quad (3)$$

ここに、 M, N ：それぞれの降雨継続時間と総降雨量のパターン数である。 $f(r, t | \theta)$ には、次式の Nagao and Kadoya¹⁾の結合確率関数を用いる。

$$f(i, t) = \frac{\beta \delta}{1 - \rho} \exp(-\beta i - \delta t) I_0 \left[\frac{2(\rho \beta \delta i t)^{1/2}}{1 - \rho} \right] \quad (4)$$



キーワード 治水、経済評価、リスク

連絡先 565 - 0871 吹田市山田丘 2 - 1

ここに、 $\beta_1 = \beta / (1 - \rho)$ 、 $\beta_2 = \delta / (1 - \rho)$ 、 I_0 ：0 次の修正ベッセル関数である。(c)の降雨—浸水深関係を求めるために、通常の変常流計算を行う。また、被害は堤防から越流した河川水の浸水によって生じるとする。浸水面積は越流量に関係なく一定であるとして、越流量を浸水面積で除することによって浸水深をもとめる。さらに、治水経済評価のマニュアル²⁾に従って、被害額を求める。なお、堤防 1m 当りの堤防越流量は、 $q_L = 1.4(h - h_L)^{3/2}$ ($h > h_L$) によって計算される。

3. 河川・流域・降雨条件

計算に用いた河川と流域条件を表 3-1 に示す。降雨波形は、降雨継続時間内で降雨強度一定のパルス状である。河道流出には合理式を用いた。

4. 評価結果の例

総雨量については、 $M = 10$ として $r_i = 20 \sim 200\text{mm}$ の範囲を 10 段階に変化させた。また、降雨継続時間についても、 $t_j = 2 \sim 24$ 時間の範囲を 10 段階に変化させ、1

つのリスク評価値を得るために、 $10 \times 12 = 120$ の変常流計算を行った。また、ここでは、堤防高さは、総降雨量 100mm、降雨継続時間 24hr のパルス状波形降雨による洪水の最高水位により決定されている。

図-2(a)は、式(2)のパラメータを $\beta = 6.06$ 、 $\delta = 0.109$ 、 $\rho = 0.136$ と設定した場合の確率密度分布である。(b)は各計算パターンで得られた被害額期待値のコンター図である。同図右下の空白領域は、時間降雨約 4mm 以下であり、被害が生じない領域である。同図左上の空白は、降雨生起確率が小さい。(c)、(d)は時間に関するパラメータ δ が 10%大きくなった場合、すなわち相対的に短時間降雨の生起確率が増えた場合の確率密度分布と被害額期待値の変化を示している。

表-1 河川・流域条件

流域条件	
流域面積	300km ²
河道長 1km 当りの流域面積	30km ²
河道長 1km 当りの浸水面積	0.1km ²
流域 1km ² 当りの資産	2000 億円
流出係数	0.6
河道条件	
河道長	30km
河床勾配	1/5000
上流端流量	50m ³ /s

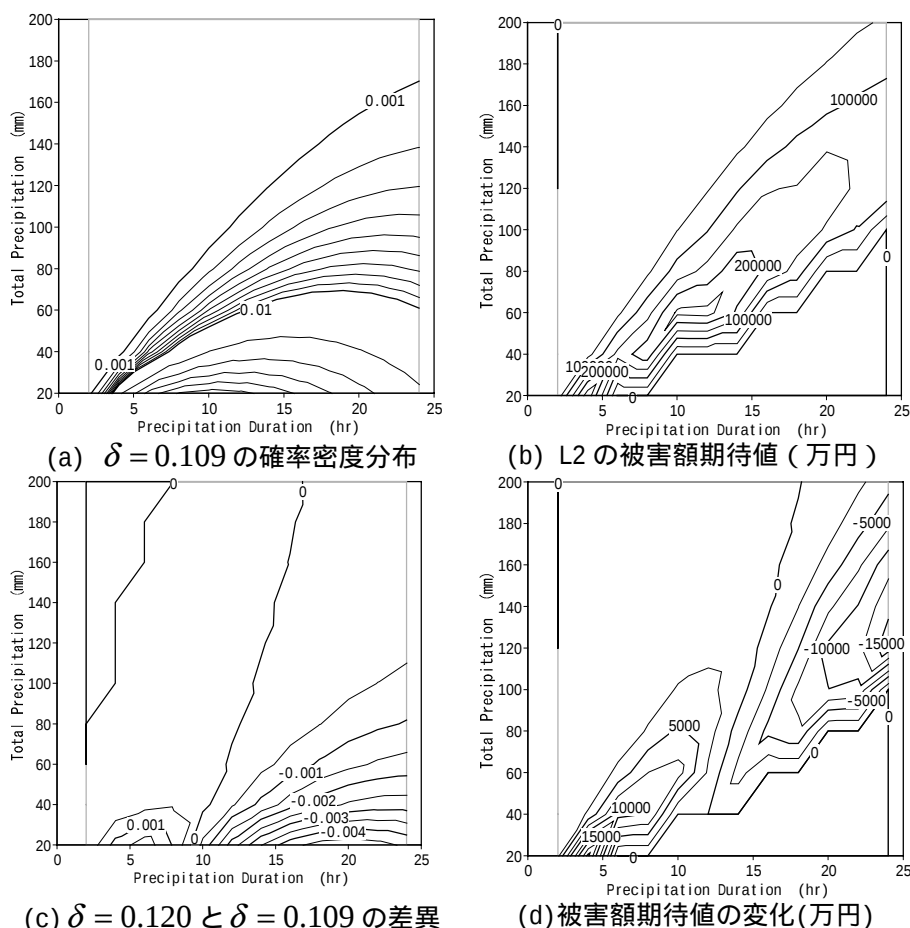


図-2 評価結果の一例

参考文献 1) N.K. Goel, R.S. Kurothe, B.S. Mathur and R.M. Vogel : A derived flood frequency distribution for correlated rainfall intensity and duration, J. of Hydrology, 228, pp.56-67, 2000. 2) 建設省河川局監修：建設省河川砂防技術基準(案)，調査編，山海堂，1997。