

# 応答曲面法によるため池破堤時の被害額の簡易推定 Simplified Estimation of Damage Costs from Floods due to Earth-Dam Breaches using Response Surface Methods

○水間啓慈\*, 西村伸一\*\*, 柴田俊文\*\*, 珠玖隆行\*\*

MIZUMA Keiji , NISHIMURA Shin-ichi , SHIBATA Toshifumi and SHUKU Takayuki

## 1. はじめに

地震や集中豪雨による農業用ため池の破堤は、下流域に大きな洪水を発生させ、農業水利施設の中で最も甚大な被害を生じさせる事象の一つである。とりわけ、東日本大震災における決壊被害の発生等を背景として、現実的な費用や労力の限度を勘案しながら、リスクの大きなため池を効率的に抽出し、優先して対策を講ずる手法の確立は喫緊の課題の一つとなっている。

ため池の破堤リスクを評価するためには、決壊した場合の被害額を事前に想定することが非常に重要となる。しかしながら、国が定める被害額算定手法<sup>1)</sup>は複雑であり、様々な資産データの収集・整理に多大な労力や時間を要する。

そこで、これらの課題への対応に資するため、本報告では被害額に対する感度が高いとの結果が得られている因子をもとに、被害額を簡易に算出する応答曲面の作成を試みたので、その手法について紹介する。

## 2. 応答曲面の作成方法と結果

### 2.1 作成方法

筆者らの既往の研究<sup>2)</sup>において被害額への寄与度が大きいとの感度解析結果が得られた a) 貯水量, b) 主たる氾濫流路勾配の中央値, 森林を除く氾濫解析エリア内の c) 世帯密度, d) 従業者密度の 4 つの因子に加え、住居や事業所等の建物用地が洪水被害を受けにくい台地上に位置する度合いを表現する補正因子 e を用いて被害額の近似値を求める応答曲面を作成する。補正因子 e の定義を Fig.1 に示す。

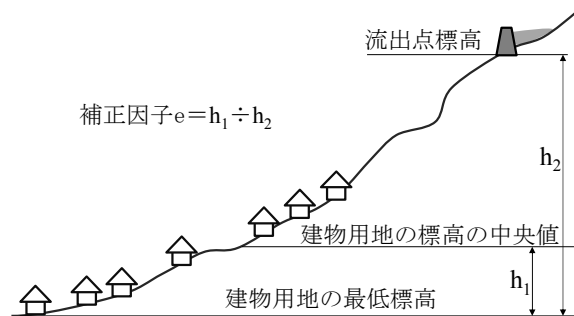
ここでは実験計画法を用いて超一様分布列による 21 パターンの数値を a~d の因子に与えて重回帰分析を行う。なお、与えた数値に適合させるため、Table 1 の 3 地区の実際の貯水量や標高、世帯数、従業者数の数値に一定の倍率を乗じて補正を行う。

### 2.2 結果

重回帰分析により得られた応答曲面は次式のとおりとなる。

$$\text{被害額} = 16830 \times a - 1.052 \times 10^8 \times b + 9879 \times c + 1916 \times d + 6.646 \times 10^6 \times e - 4.122 \times 10^6 \quad (1)$$

この応答曲面による被害額 B と規定の方法に準じて算出した被害額 A と関係を Table 2 及



**Fig.1** 補正因子 e の定義  
Definition of factor e

**Table 1** モデル地区の概要  
Outline of earth-fill dams treated in this study

		A 地区		B 地区		C 地区	
形態	有効貯水量 (千 m <sup>3</sup> )	上池	216	上池	84	10	10
		下池	212	下池	96		
ため池	堤高 (m)	上池	11.8	上池	9.0	6.7	6.7
		下池	11.6	下池	9.0		
	堤長 (m)	上池	99	上池	129	5.6	5.6
		下池	111	下池	202		
	受益面積 (ha)	上池	12	上池	12	5	5
		下池	12	下池	18		
下流域	世帯数 (世帯/km <sup>2</sup> )		334		324		121
	従業者数 (人/km <sup>2</sup> )		862		124		186
	農地面積 (ha/km <sup>2</sup> )		31.2		56.3		57.0

\*農研機構農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

\*\*岡山大学大学院環境生命科学研究科 Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

キーワード：ため池 リスク 応答曲面 被害額 感度解析

び Fig.2 示す. ここでの決定係数は  $R^2=0.84$  となり, 規定の手法による被害額との相関が良好な応答曲面が得られた.

### 3. 考察

**3.1 応答曲面の適合度** 以上の結果は, 数少ない因子をもとにため池の破堤被害額の概略値を簡易に算定できる可能性を示唆するものである. しかしながら, Table 2 と Fig.2 の個々の点に着目すると, 被害額 A が最大と最小の 2 点で被害額 B との差が大きいことがわかる. 本報告はリスクが大きいため池の選定に役立つ応答曲面の作成を目的としており, これら 2 点は応答曲面を用いずとも貯水量や世帯や従業者の密度等からリスクの大小の判定が容易である. 一方, 適合度が良好な他の 19 点は被害規模が中程度でリスクの大小の判定が難しく, このようなケースの意思決定への適用が期待できる.

**3.2 応答曲面の適用範囲** ここで作成した応答曲面は下流の地形や世帯密度等の条件が Table 1 の 3 地区に一定程度類似するため池が適用対象となる. 今後は, その類似性について Table 2 の数値を参考に適用範囲として明らかにすることが課題となる.

### 4. まとめ

近年, 記録的な集中豪雨が頻発するなかにあつて, 全国に数多く存在するため池の保全管理に万全を期すためには, 氾濫時の想定被害額に応じて計画的に対策を講ずる必要がある. 本研究で作成した応答局面の適用範囲を明確にし, 簡易にリスクを評価できる手法へと発展させることが今後の課題である.

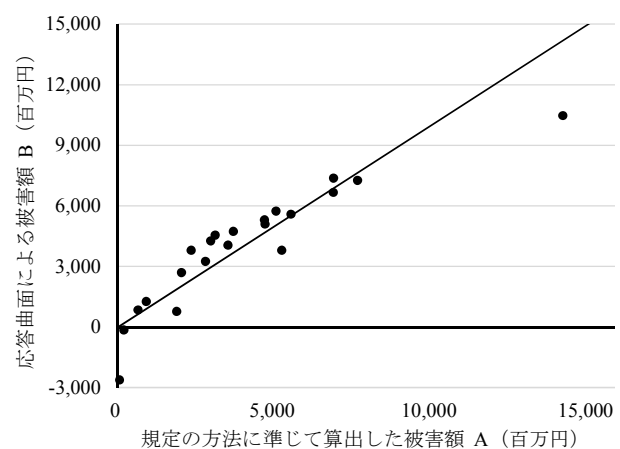
**謝辞:** 本研究の一部は科学研究費助成事業基盤研究(B)(課題番号 25292143)の助成を受けています. ここに記して謝意を表します.

### 引用・参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課(2007): 新たな土地改良の効果算定マニュアル, 大成出版社
- 2) 水間啓慈ほか(2014): ため池決壊時の被害額の算定に影響する貯水池及び氾濫域の特性因子, 第 69 回農業農村工学会中国四国支部講演会講演要旨集, 55-57

**Table 2** 応答曲面作成に用いた因子と被害額  
Factors and damage costs for making a response surface

No	a (千 m <sup>3</sup> )	b (%)	c (世帯/km <sup>2</sup> )	d (人/km <sup>2</sup> )	e	被害額	
						A	B
1	10.000	0.607	73.000	62.000	0.17	49	-2,622
2	219.000	0.820	158.800	237.861	0.50	3,507	4,048
3	114.500	1.032	244.600	413.709	0.50	2,793	3,251
4	323.500	0.678	330.400	589.570	0.25	6,873	6,664
5	62.250	0.891	416.200	765.430	0.17	2,026	2,696
6	271.250	1.103	90.160	941.291	0.50	4,673	5,299
7	166.750	0.749	175.960	1,117.139	0.50	4,688	5,098
8	375.750	0.961	261.760	87.125	0.50	7,641	7,266
9	36.125	1.174	347.560	262.985	0.25	643	850
10	245.125	0.631	433.360	438.834	0.17	5,517	5,591
11	140.625	0.843	107.320	614.694	0.25	898	1,257
12	349.625	1.056	193.120	790.555	0.25	5,045	5,735
13	88.375	0.702	278.920	966.403	0.50	3,104	4,557
14	297.375	0.914	364.720	1,142.264	0.25	6,880	7,374
15	192.875	1.127	450.520	112.249	0.25	2,960	4,265
16	401.875	0.772	124.480	288.098	0.17	3,680	4,740
17	23.063	0.985	210.280	463.958	0.25	180	-142
18	232.063	1.198	296.080	639.819	0.17	5,224	3,803
19	127.563	0.654	381.880	815.667	0.17	2,332	3,802
20	336.563	0.867	467.680	991.528	0.50	14,199	10,473
21	75.313	1.080	141.640	1,167.389	0.17	1,869	775



**Fig.2** 応答曲面の適合度  
Fitness of the proposed response surface