

堤防評価における被災確率モデルと 数量化理論Ⅱ類の対比

岐阜大学工学部 正会員 ○杉井俊夫 宇野尚雄
学生会員 岡田憲治

1. まえがき

堤防の危険度（安全度）を評価するには、破壊メカニズム付帯構造物を含めた総合判断、解析に用いるデータなどにおいて様々な問題点がある。そこで筆者らは被災事例の分析による要因の究明と被災度合の表現を目的とし、ロジットモデルを用いた被災事例による評価手法を試みてきた。この外に統計手法として数量化理論Ⅱ類が用いられることがあるが、本報告ではこの兩者について比較し検討を行った結果を述べる。

2. 要因分析（要因の抽出と影響度）

ロジットモデル、数量化理論Ⅱ類ともに判別事象に被災と非被災を設定し、51年の長良川堤防データを用いて11個の要因（9個のアイテム）によってモデルの構築（要因の抽出）を行った¹⁾。Table 1, 2は要因の抽出結果である。ロジットモデルでは弾性値をもって要因の影響度とした。弾性値は(1)式により表され、その絶対値が大きい要因はどの影響度が高いと判断できる。

$$E_{X_k} = \frac{\Delta P / P}{\Delta X_k / X_k} \quad (1)$$

ただし、Pは被災確率、 X_k は要因、 ΔX_k は要因の変化量、 ΔP は ΔX_k による被災確率の変化量
なお弾性値の符号は（正）のとき外力的要因、（負）のとき抵抗力的要因であることを示す。

カテゴリー区分の方法はサンプル数とカテゴリー数の関係からカテゴリー数を決めて区分を行っておりその外の意味は持たない。カテゴリースコアは、そのアイテムカテゴリーに対する数量であり、正のカテゴリースコアは被災発生を助長する、また負のカテゴリースコアは被災防止に効果を与えることを意味している。レンジはそのアイテムが現象の判別に対する寄与の度合を示しており、レンジが大きいものほど影響度が高いと解釈される。

Table 3はロジットモデルと数量化理論における要因の影響度順を対比したものである。ロジットモデルは先に述べた弾性値により、数量化理論Ⅱ類はレンジによって

Table 1 ロジットモデル構築結果

要因	パラメーター	弾性値
選択数 固有ダミー変数	-3.502 (2.637)	/
天端幅	/	/
築法高	0.742 (2.382)	4.144
堤体断面積	-0.014 (2.425)	-2.503
堤体土質	/	/
浸下能力 被災時浸量	/	/
表法構造 (透水性構造)	/	/
天端舗装 (透水性構造)	/	/
漏水有り	1.443 (2.643)	0.586
河況状況(河)	/	/
データ数:123 尤度比:0.223 的中率:73.2%		

()内はt値 斜線部は検定(95%)により棄却

Table 2 数量化理論Ⅱ類の分析結果

要因(アイテム)	カテゴリー	個体数	カテゴリースコア	レンジ	レンジ	偏相関係数
天端幅 (a)	B<4	7	0.44146		0.758	0.1244
	4≤B<6	52	-0.01453			
	6≤B<8	39	-0.21287			
	8≤B<10	13	-0.00503			
	10≤B	12	0.53521			
築法高 (a)	H<4	3	-1.82965		3.195	0.2861
	4≤H<6	15	-0.08530			
	6≤H<8	49	-0.61084			
	8≤H<10	37	0.29057			
	10≤H	19	1.36571			
堤体断面積 (a ²)	A<100	9	-1.13404		2.064	0.3207
	100≤A<200	34	0.69233			
	200≤A<300	49	0.37623			
	300≤A<400	12	-0.47598			
	400≤A	19	-1.37135			
堤体土質 (c/アH)	C/アH<0.04	38	-0.06850		0.590	0.0906
	0.04≤C/アH<0.06	15	-0.18683			
	0.06≤C/アH<0.08	45	-0.07378			
	0.08≤C/アH<0.10	18	0.40329			
	0.10≤C/アH	7	0.20943			
浸下能力 被災時浸量	R/H<2.00	57	-0.23097		1.078	0.1803
	2.00≤R/H<3.00	48	-0.04334			
	3.00≤R/H	18	0.84672			
表法構造	透水性構造	41	-0.15027		0.225	0.0589
	不透水性構造	82	0.07514			
天端舗装	透水性舗装	113	-0.05477		0.674	0.1013
	不透水性舗装	10	0.61890			
漏水	有	18	1.31552		1.541	0.2808
	無	105	-0.22552			
河況状況	蛇行部(凹岸部)	11	0.84599		1.266	0.1608
	蛇行部(凸岸部)	12	0.15283			
	河川工作物上下流	15	-0.41968			
	その他	85	-0.05670			
データ数:123	カテゴリー数:33	相関比:0.2469	的中率:86.6%	判別点:-0.009		

順位を決めている。これによればロジットモデルで有意とする裏法高、堤体断面積、漏水有り、の3つの要因は数量化理論Ⅱ類においてもレンジからの影響度も高く被災の判別に有意であることが分かる。また弾性値の絶対値の大きさからの影響度順位も等しいことが認められる。しかし、天端幅、堤体土質、流下能力/被災時流量、河道状況の6つの要因についてロジットモデルでは被災の判別に有意でないとして棄却されているが、数量化理論Ⅱ類の場合、レンジは他に比べ小さいが棄却の規程がなく、有為な要因であるかどうかの判断が困難である。すなわち、その要因が被災の判別に有意であるか信頼度を測ることが難しいといえよう。

Table 3 ロジットモデルと数量化理論Ⅱ類の要因影響度比較

モデル 要因	非統計ロジットモデル		数量化理論Ⅱ類	
	弾性値	影響順位	レンジ	影響順位
天端幅	/	/	0.758	③
裏法高	4.144	①	3.195	①
堤体断面積	-2.503	②	2.064	②
堤体土質	/	/	0.590	④
流下能力 被災時流量	/	/	1.078	⑤
表法精度	/	/	0.325	⑥
天端傾斜	/	/	0.673	④
漏水有り	0.586	③	1.541	③
河道状況	/	/	1.266	⑤

・斜線部はも検定により棄却

3. 予測モデルとしての適応性

ロジットモデル、数量化理論Ⅱ類の両者について実堤防への適用性を検討した。両者の要因は先のロジットモデルで長良川堤防データを用いて構築した要因(3個)を使用した。適用先の河川堤防は予測結果と比較するため、長良川と同一流域内にあり同じ出水時の伊自良川堤防データを用いた。

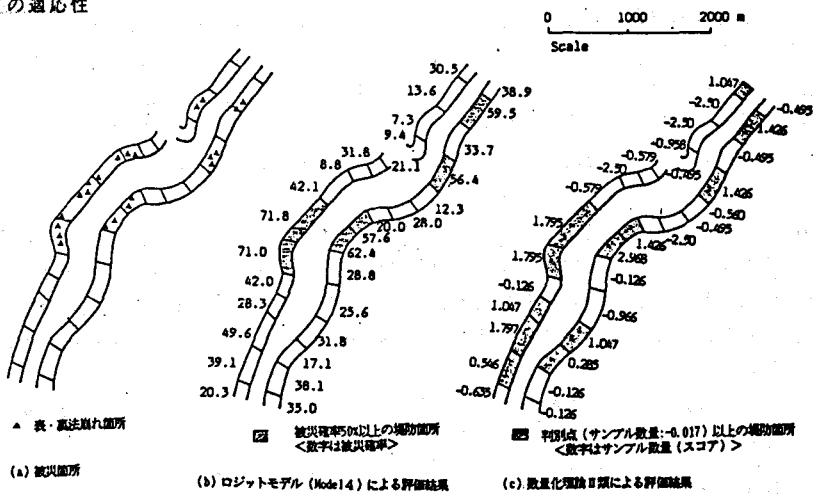


Fig. 1 ロジットモデルと数量化理論Ⅱ類による堤防評価結果と被災箇所(伊自良川堤防)

Fig. 3の(a)は実際の被災箇所を示しており、(b)はロジットモデルで評価、(c)は数量化理論Ⅱ類による評価を示す。数量化理論Ⅱ類で判別区分点(-0.017)を基準とした場合に的中率は70%であるが、被災が生じた地点では、サンプル数量が高いことが分かる。ロジットモデルの場合、被災確率50%以上の堤防箇所に表裏法崩れが生じていることが分かり、的中率も90%と高い値となっている。多少の判別点の移動を考慮する必要もあるが、両者のモデルとも災害の危険がある地点ほど高い危険度を表している。

4. あとがき

ロジットモデルと数量化理論Ⅱ類との比較の結果をまとめると次のようである。

(1)要因の抽出……ロジットモデルの場合も検定により信頼度が測れ統計的に処理されるが、数量化理論の場合は明確な要因抽出の方法が難しく主観的な処理となりやすいと考えられる。(2)要因の影響度……両者の傾向の一致が認められた。(3)実堤防への適応……的中率としてはロジットモデル90%、数量化理論Ⅱ類70%となったが、両者とも危険箇所ほど高い危険度の指標を示した。(4)被災確率を指標とするロジットモデルでは被災度合を表現し、被害想定額から被害期待値も算出可能であると考えられる。

【参考文献】1)被災事例に基づく河川堤防の安定性評価:宇野尚雄・森杉壽芳・杉井俊夫・中野雄治, 土木学会論文集, 第400号/Ⅲ-10, pp. 104-113, 1988