

## 数量化 2 類による管水路の事故発生リスク評価 Risk evaluation of the water pipe by quantification 2

○上脇田太<sup>\*</sup>・渡邊博<sup>\*</sup>・山内祐一郎<sup>\*</sup>・松本真樹<sup>\*</sup>

Futoshi KAMIWAKITA Hiroshi WATANABE Yuichiro YAMAUCHI Masaki MATSUMOTO

### 1. はじめに

健全度評価において、事故が発生した施設群と事故が発生していない施設群のそれぞれの施設状態を統計的に分析し、施設の状態から事故発生リスクを評価する手法が考えられる。事故有り、事故無しという目的変数を群として判別する手法としては、線形関数を用いる判別分析と非線形関数を用いる数量化 2 類が代表的であるが、状態評価は質的データが多く非線形的であることに着目し、数量化 2 類による事故発生リスク評価を試みた。

### 2. 数量化 2 類の基本

#### (1) 数量化 2 類による判別式

管水路の事故発生が管路諸元等（説明変数）から決まるとすれば、説明変数から事故発生の有無（目的変数）を判別するモデル式を作成できる。数量化 2 類は、モデル式の各係数（カテゴリースコア）の値により事故発生に与える影響の度合いを解明し、算定結果（サンプルスコア）から事故発生の有無を判別する手法である。例えば、管種が RC、PC、SP、DCIP、FRPM、PVC、ACP となっている場合、それぞれに変数名、1、2、3、4、5、6、7 を与える（アイテム変数と呼ぶ）。本検討の場合の目的変数は、管水路の“事故有り”、“事故無し”なので、事故有りに 1、事故無しに 2 と与える（逆も可）。これより以下のよう判別式が得られる。

$$S = a_{11}C_{11} + a_{12}C_{12} + a_{13}C_{13} + a_{21}C_{21} + a_{22}C_{22} + a_{23}C_{23} + a_{24}C_{24} \cdot \cdot \cdot + a_{mi}C_{mi}$$

ここで  $S$  ; サンプルスコア

$a_{mi}$ ; 回帰係数（アイテムスコア）

$C_{mi}$  ; 該当するアイテム変数 = 1、該当しないアイテム変数 = 0

判別は、サンプルスコアが判別的中点（カットオフ）より大きいか小さいかで行う。

$S \leq$  判別的中点 のとき、事故有り、 $S >$  判別的中点 のとき、事故無し、となる。

#### (2) 判別的中点の設定

判別的中点は、判別グラフ（サンプルスコア度数分布）の交差、あるいは累積グラフ（サンプルスコア度数の累積グラフ）の交差、もしくはサンプルスコア度数分布の重心位置の中間点で表される。サンプルスコア分布が正規分布している場合は判別グラフの交差点が判別の中点と一致するが、分布が極端に偏るような場合は誤差が大きくなる。累積グラフの交差点の方が誤差は小さいとされているが、本検討ではサンプルスコアの重心位置の中間点（マハラノビス距離）を数学的に求める方法とする。

### 3. 数量化 2 類の実施例

管水路の事故に関係ある項目を選定し、各項目のカテゴリー区分を行う (Table1)。項目選定やカテゴリー区分はモデルの精度に影響することに留意し実施することが重要である。

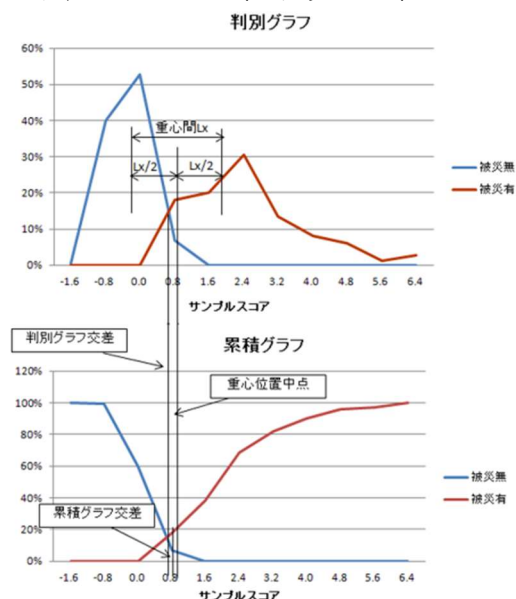


Fig1.判別中点判定図  
Distinction middle point judgment figure

<sup>\*</sup> NTC コンサルタンツ株式会社 NTC-Consultants Co.,Ltd 【キーワード】材料施工、管理

### (1) 判別スコアの評価

数量化 2 類による判別方法を簡単に Table2 で説明する。説明変数とする各因子 (アイテム変数) のカテゴリーに割り付けられた変数 1.2.3・・・と目的変数である事故の有無、1、2 について回帰分析を行い、カテゴリースコアを得る。これによって得られた判別表を用い、管水路ごとに、該当するアイテムのカテゴリーを選択する。該当するカテゴリースコアを各アイテムのスコアとし、その合計サンプルスコアを得る。合計サンプルスコアが判別の中点より大きいか小さいかで、当該管水路の事故発生予測を判別する。

### (2) 判別の中率と相関比

数量化 2 類は判別の中点を基準点として、計算されたサンプルスコアがどちらに属するかで判定を行うものである。サンプルスコアは実数で求まるのに対し、群の推定は 1 と 2 というように非線形の整数で求まる。そのため、サンプルスコアと群の判定値のバラつきが小さいほどモデルの信頼性が高いと判断できる。一般的には 75%以上の判別の中率、0.5 以上の相関比があれば実用性、精度が高いと評価できる。

### (3) モデル式の有用性

t 検定における p 値は、帰無仮説が正しいという前提において、それ以上偏った検定統計量が得られる確率と定義される。例えば、有意水準 5%とした場合、p 値が 5%以下であれば、両者の関係に有意差があると評価できる。有意水準は、慣習的に 5%以下を取る場合が多いが、特に数学的な根拠があるわけではない。実験科学のように非常に厳密さが要求されるケースでは 1%あるいはそれ以下の値が設定されるが、経済や社会学、心理学の分野では有意水準 10%とするケースが少なくない。

健全度評価のように、様々な要因が複雑に影響し合っして生じ、かつデータの観測誤差が生じやすいような場合は、有意水準はある程度緩和すべきと考えられる。モデルの有用性としては有意水準 10%とし、それ以上の場合は、p 値を参考としつつ、判別の中率や工学的矛盾の有無などから総合的に判断するのが良いと考えられる。

## 4. さいごに

数量化 2 類 (判別分析も同じ) は目的変数を 3 群以上取ることも可能なので、事故有り、事故無しに加え、事故直前の状態も加えることで、リスク評価の精度を向上させることが考えられる。また質的データに親和性があるものの、スコアのカテゴリー区分が難しいため、より簡便な判別分析を、非線形データを線形的に扱う工夫し適用することも今後の課題としたい。

Table1.カテゴリー分類表  
Category classification table

項目	カテゴリー区分					
	1	2	3	4	5	6
供用年数	0-4年	5-9年	10-14年	15-19年	20-24年	25-29年
管種	RC	PC	SP	DCIP	FRPM	PVC
管径	-200mm	250-450mm	500-700mm	800-1200mm	1350-2000mm	2000mm-
埋戻土	粘土・シルト	砂質土	礫質土	その他		
基礎構造	砂置換	土砂置換	砕石置換	コンクリート (半巻き)	コンクリート (全巻き)	その他
路線上の土地利用状況	田	畑	道路A (大型車の通過有)	道路B (大型車の通過無)	その他	
地下水 (管位置)	なし	あり	地下水位内変動の範囲内			
継手の種類	フランジ	溶接	接着	ゴム輪 (可換性)	その他	

Table2.事故発生予測  
Accident occurrence prediction

アイテム変数	カテゴリー	カテゴリースコア	該当	スコア
供用年数	1 0-4年	-0.4367		
	2 5-10年	-0.9593		
	3 10-14年	-0.7472		
	4 15-19年	-0.2429	○	-0.2429
	5 20-24年	0.1368		
	6 25-29年	-0.1324		
	7 30-34年	0.6135		
	8 35-39年	0.2739		
	9 40-44年	0.7504		
	10 45-49年	-1.1777		
	11 50年-	0.4832		
管種	1 RC	-0.3954		
	2 PC	-0.5211		
	3 SP	0.3758		
	4 DCIP	0.8392		
	5 FRPM	0.0298	○	0.0298
	6 PVC	-0.2283		
	7 ACP	-0.2357		
	8 その他	-0.9551		
管径	1 -200mm	-0.0192		
	2 250-450mm	0.0943		
	3 500-700mm	-0.2565		
	4 800-1200mm	-0.0062	○	-0.0062
	5 1350-2000mm	0.2153		
	6 2000mm-	0.9423		
埋戻土	1 粘土・シルト	-0.5242		
	2 砂質土	0.0585	○	0.0585
	3 礫質土	0.7196		
	4 その他	-0.6994		
基礎構造	1 砂置換	0.2553	○	0.2553
	2 土砂置換	0.0138		
	3 砕石置換	-0.6154		
	4 コンクリート (半巻き)	0.9925		
	5 コンクリート (全巻き)	0.4540		
	6 その他	0.3841		
土地利用状況	1 田	-1.2527		
	2 畑	-0.6952	○	-0.6952
	3 道路A (大型車両が通過する)	0.4336		
	4 道路B (大型車両が通過しない)	-0.6027		
	5 その他	-0.8028		
地下水	1 なし	-0.3657	○	-0.3657
	2 あり (完全に水没)	0.4467		
	3 地下水位内変動の範囲内	-0.8435		
継手	1 フランジ	0.5121		
	2 溶接	-0.6293		
	3 接着	1.1659		
	4 ゴム輪 (可換性)	0.0087	○	0.0087
	5 その他	0.5041		
サンプルスコア	スコアの合計点			-0.9577
判別の中点	0.2968			0.2968
判定	カテゴリースコア<0.9577<判別の中点0.2968			事故有り