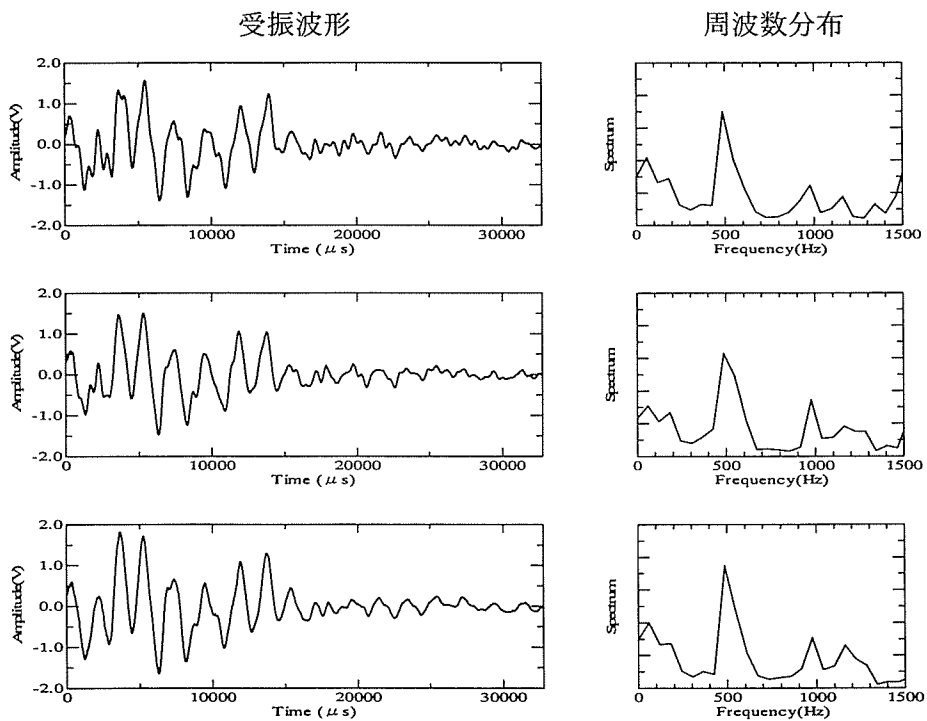
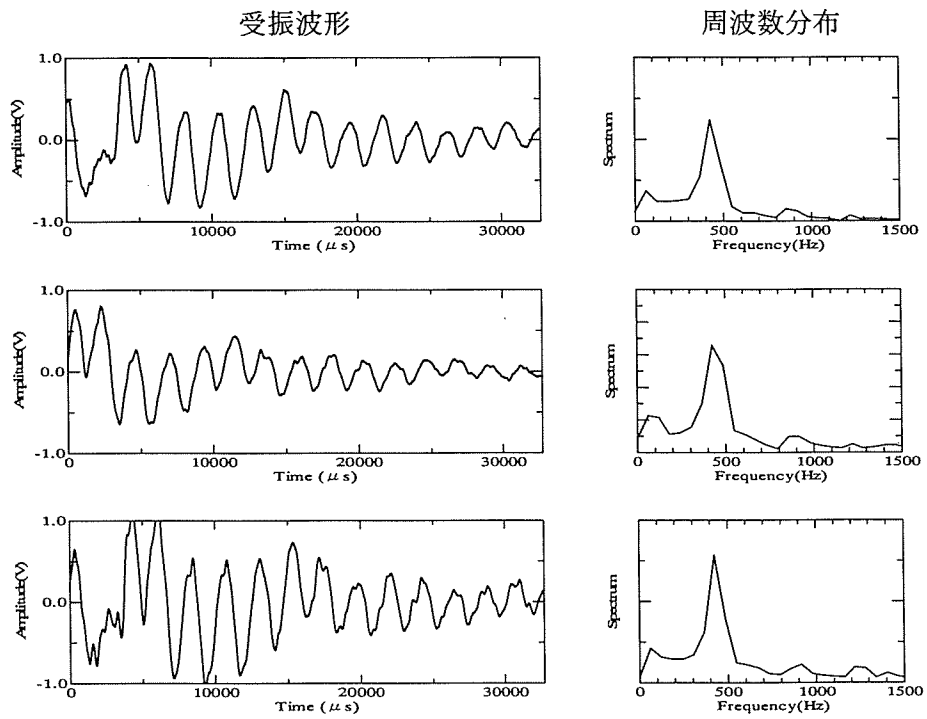


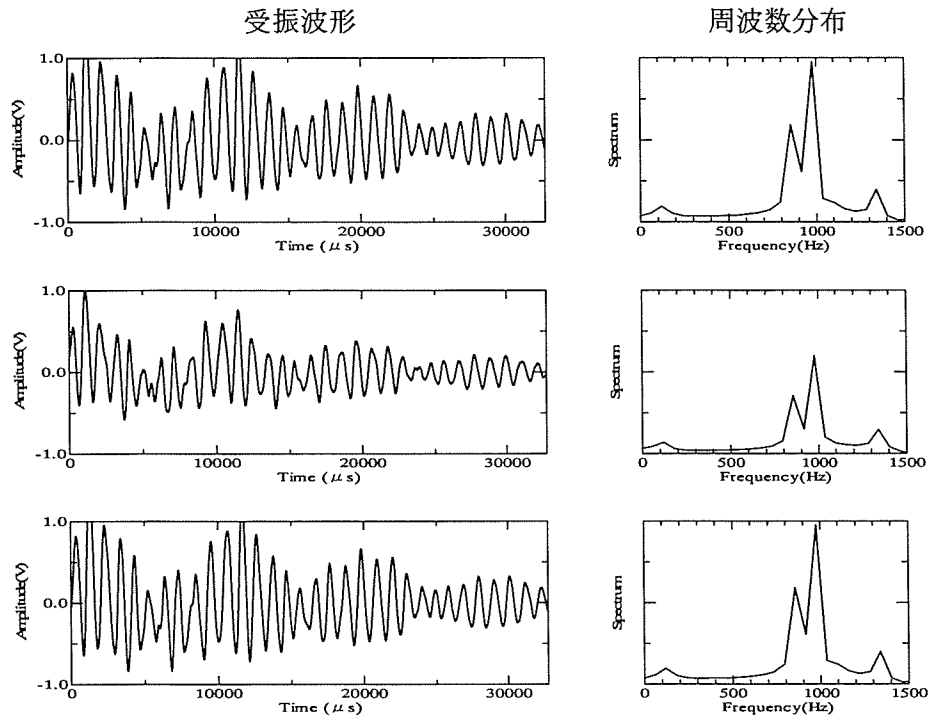
付図-4.3 エポキシ粉体塗装, 2mm 減供試管



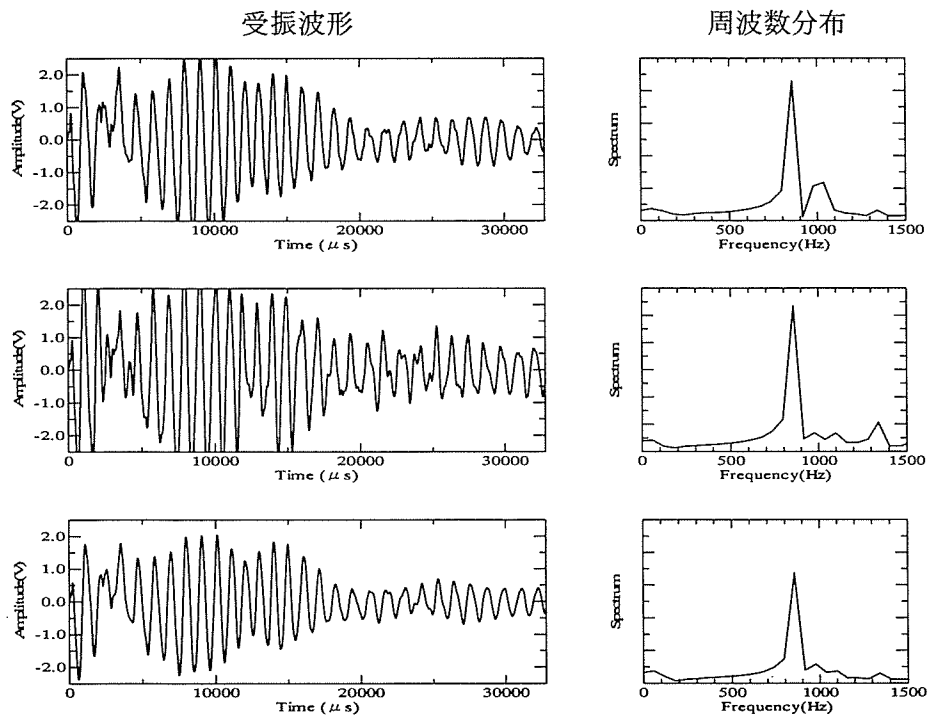
付図-4.4 エポキシ粉体塗装, 3mm 減供試管



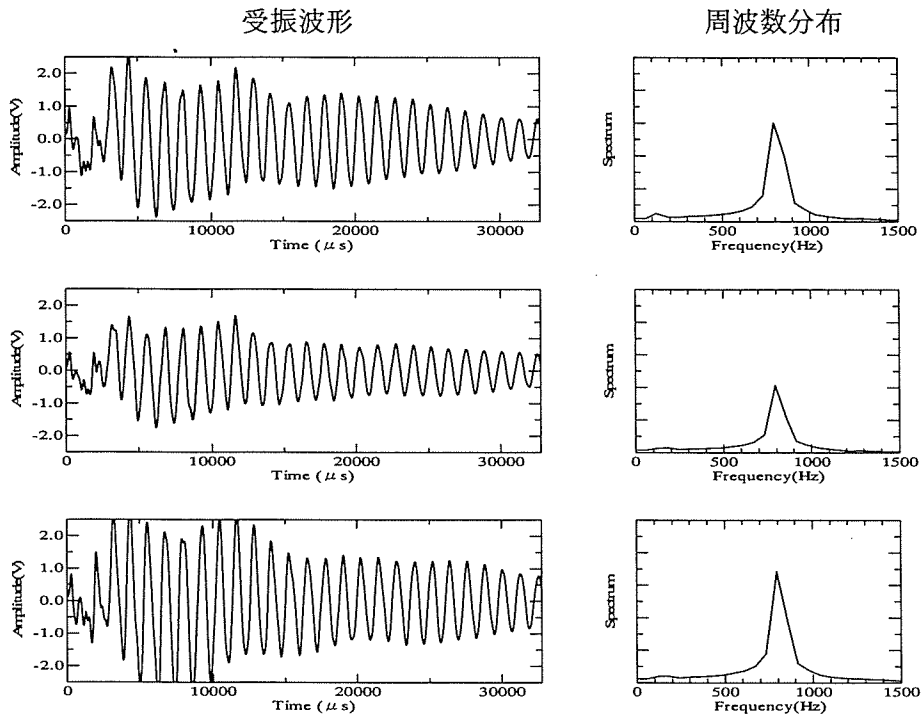
付図-4.5 エポキシ粉体塗装, 4mm 減供試験管



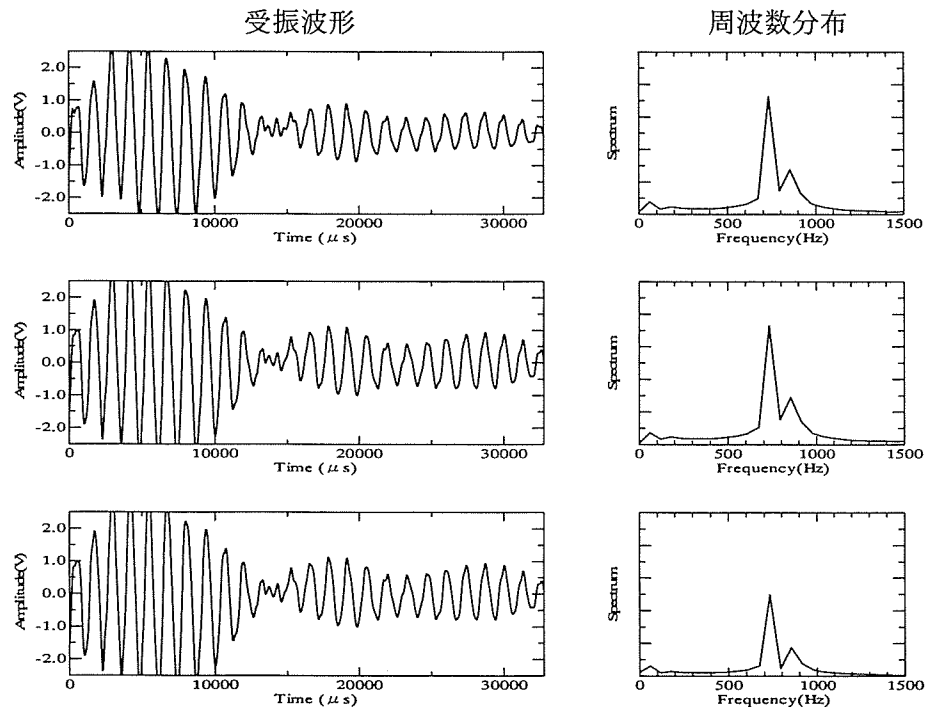
付図-4.7 モルタルライニング，健全供試管



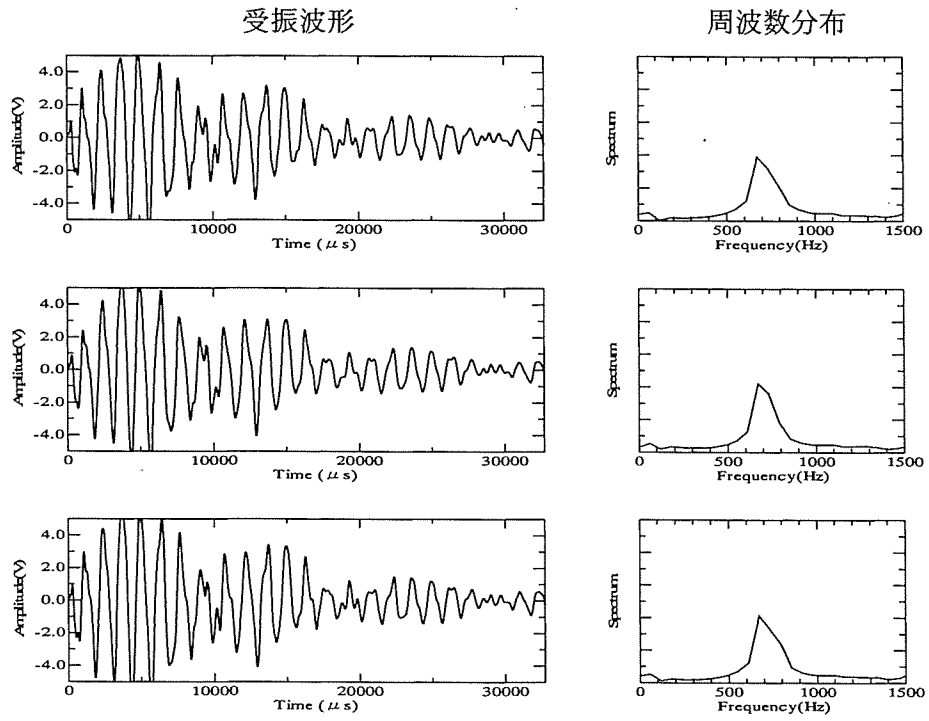
付図-4.8 モルタルライニング，1mm 減供試管



付図-4.9 モルタルライニング，2mm 減供試験



付図-4.10 モルタルライニング，3mm 減供試験



付図-4.11 モルタルライニング, 4mm 減供試験

### 3.7 基礎研究

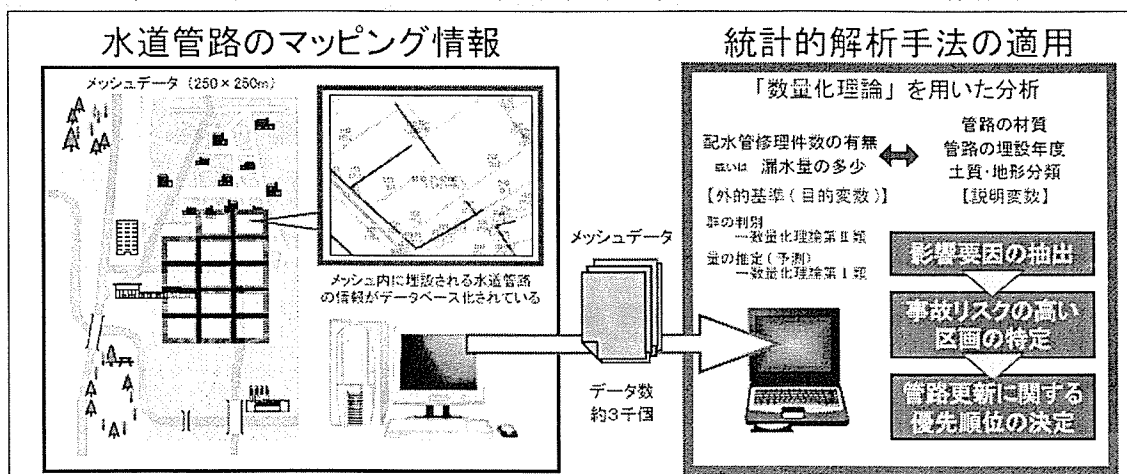
#### 3.7.1 数量化理論による配水管の安全性評価モデルに関する研究 —メッシュデータを用いた評価モデルの作成—

研究担当委員／首都大学東京大学院 小泉 明

##### (1) はじめに

水道事業における 21 世紀最大の課題は「管路の更新」である。総額 37 兆円とも言われる水道資産の約 7 割を占める管路システム（導水、送水、配水、給水）は、高度経済成長時代に敷設されたものが多く、現在、それらの老朽化が問題となっている。管路の老朽化を放置しておけば、漏水量の増大化を招くほか、突然の出水事故や断水、給水水質の劣化、地震時等の災害時における事故リスクを高める。今後、水道管路システムの維持管理に取り組む上での重要事項として、管路の安全性を可能な限り効率的にかつ簡易に調査・診断することができる新技術の開発が挙げられる。

そこで本研究では、水道管路システムを構成する「配水管路」を取り上げ、その安全性評価に供する統計的な分析を試みる。具体的には、水道管路のマッピング情報（福岡市水道局のメッシュデータ）を活用し、配水管路の修理件数の有無が、管路の材質や埋設年度、土質・地形分類といった要因にどのような影響を受けているのかを明らかにする。そして、将来において優先的に対策を講じるべき地区（メッシュ）の特定を目的に、数量化理論<sup>1)</sup>を用いた配水管路の安全性評価モデルを作成する。



(参考図) 研究内容のイメージ

## (2) マッピング情報の概要と影響要因の抽出

### 1) 使用するデータ

今回使用するデータは、福岡市水道局の提供による水道管路のマッピング情報（メッシュデータ）である。メッシュデータの1つの大きさは250m×250mで、データベース化された内容として、管種別・経年別の配水管延長や配水管修理件数（平成10～15年度）といった基本情報が含まれるほか、水圧（有効水頭）や世帯数、さらには土質や地形に関する情報もメッシュ毎に整理されている。

また、給水管に関する修繕・漏水についても、給水管修理件数（平成8～15年度）、残存鉛管延長、漏水量（より正確には、給水管における漏水防止量）等の情報が同じメッシュデータに蓄積されている。特に、この漏水量に関しては、水道管路システムの機能診断・評価を考える上で留意すべき項目の1つであることから、以降の安全性評価モデルの構築においては、この漏水量を外的基準（目的変数）にした数量化モデルも併せて検討して行くことにする<sup>2)</sup>。

なお、福岡市全域を覆うメッシュデータは5千個以上になるが、配水管が埋設されていない地域も一部存在する。配水管延長が0ないし極端に短いメッシュは、今回の分析対象から除くことが望ましいとの判断から、以降では配水管延長が100[m]未満のメッシュを除く、合計3,033個のデータを対象に扱うことにした。

### 2) 相関分析と要因関連図

メッシュデータに含まれる各項目の関連性を把握するため、相関分析を行い、表3.7.1に示す相関マトリックスを作成した。最上段（No.1）の行は、配水管修理件数と各項目との相関を示し、残りの行は他の項目間の関係の強さを示している。ここで、配水管修理件数と給水管情報との関連性に着目すると、最上段のNo.4～No.8の値の中で最も大きい相関係数になっているのは「漏水量（No.7）」であることがわかる。

なお、いくつかの項目にある「延長比率」とは、全て配水管延長[m]に対する百分率[%]を意味し、「土質分類」及び「地形分類」は、いずれもカテゴリータータを用いている。また、福岡市水道局でのポリエチレンスリーブ採用が昭和54年（1978年）である点を踏まえ、本研究ではこの年度の以前と以降（'78年以前／'79年以降）を区別することで、ポリエチレンスリーブ有無による影響を考慮に入れることにした。

さらに、相関分析に使用した項目の中から、代表的なものをいくつか取り上げ、図3.7.1のような要因関連図<sup>3)</sup>を作成した。この図では、縦軸に配水管修理件数との相関係数の絶対値を取り、図の上部に位置する項目ほど配水管修理件数に対する相関が高いことを表現している。こうした要因関連図を用いることにより、配水管修理件数との関係を考慮しつつ、項目全体の関連構造を的確に捉えることができる。同様に、漏水量（給水管における漏水防止量）を縦軸に取った場合の要因関連図を

作成すると、図 3.7.2 のような結果が得られる。

図 3.7.1 の配水管修理件数に関する要因関連図について考察すると、管種に関する情報である「CIP 管（铸铁管）延長比率」、続いて埋設環境・その他の関連情報である「世帯数」及び「地形分類」が図の上部に見られる。一方、図 3.7.2 の漏水量に関する要因

関連図については、管種に関する情報で「残存鉛管延長比率」が「CIP 管延長比率」と入れ替わるものの、「世帯数」及び「地形分類」が先と同様、図の上部に位置していることが確認できる。各項目間のつながりを踏まえ、数量化理論を用いた安全性評価モデルの構築（次章 3.）では、モデルに用いる説明変数の候補として、①CIP 管延長比率、②'78 年以前 300mm 以下延長比率、③残存鉛管延長比率、④土質分類、⑤地形分類、⑥平均水圧、⑦1ha 当たり世帯数の計 7 項目を取り上げることとする。また、目的変数（外的基準）は「配水管修理件数」及び「漏水量」の 2 種類とし、前者には数量化理論第Ⅱ類を、後者には数量化理論第Ⅰ類をそれぞれ適用する。

### 3) データのカテゴリー化について

数量化理論の適用に先立ち、説明変数の候補となるデータのカテゴリー化を検討する。各項目に関するヒストグラムを図 3.7.3 に示す。

以上のヒストグラムを参考にしながら、カテゴリー化後、各々のデータ数がアイテム内で極端に偏らないよう留意した上で、数量化理論による安全性評価モデルにおけるアイテム・カテゴリーを表 3.7.2 のように定めた。



表 3.7.1 相關マトリックス (計 27 項目)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1 配水管修理件数	1	0.70	0.93	0.14	0.07	0.17	0.22	0.16	0.18	0.29	-0.23	-0.01	-0.01	-0.01	0.09	0.05	-0.01	-0.06	-0.02	0.07	-0.01	-0.12	-0.08	-0.07	0.17	0.17	0.06	
2 配水管修理件数(km当り)	0.70	1	0.69	0.02	0.05	0.04	0.04	0.07	-0.03	0.19	-0.16	0.02	0.00	-0.01	0.02	0.04	-0.01	-0.04	-0.02	0.09	-0.02	-0.08	-0.03	-0.04	0.02	0.02	0.02	0.02
3 配水管修理頻度	0.93	0.69	1	0.15	0.08	0.19	0.22	0.16	0.19	0.29	-0.23	-0.02	-0.01	-0.01	0.09	0.05	-0.01	-0.06	-0.01	0.07	-0.01	-0.12	-0.08	-0.07	0.18	0.18	0.06	
4 給水管修理件数	0.14	0.02	0.15	1	0.67	0.82	0.45	0.28	0.51	0.16	-0.10	-0.04	-0.05	-0.01	0.53	0.21	-0.03	-0.11	-0.05	0.02	0.04	-0.12	-0.13	0.02	0.45	0.45	0.17	
5 給水管修理件数(km当り)	0.07	0.05	0.08	0.67	1	0.56	0.17	0.19	0.14	0.08	-0.05	-0.01	-0.02	-0.01	0.41	0.15	-0.03	-0.06	-0.04	0.03	0.02	-0.09	-0.09	0.04	0.22	0.22	0.24	
6 給水管修理頻度	0.17	0.04	0.19	0.82	0.56	1	0.53	0.35	0.62	0.21	-0.13	-0.04	-0.06	-0.01	0.59	0.24	-0.03	-0.12	-0.04	0.01	0.03	-0.15	-0.19	-0.06	0.53	0.53	0.22	
7 漏水量	0.22	0.04	0.22	0.45	0.17	0.53	1	0.82	0.64	0.29	-0.19	-0.07	-0.07	-0.01	0.35	0.15	-0.02	-0.12	-0.03	0.14	0.00	-0.27	-0.24	-0.20	0.56	0.56	0.19	
8 漏水量(km当り)	0.16	0.07	0.16	0.28	0.19	0.35	0.82	1	0.28	0.25	-0.18	-0.08	-0.03	0.00	0.29	0.21	-0.03	-0.18	-0.02	0.34	-0.04	-0.33	-0.30	-0.23	0.41	0.41	0.29	
9 配水管延長	0.18	-0.03	0.19	0.51	0.14	0.62	0.64	0.28	1	0.17	-0.08	-0.07	-0.10	0.00	0.31	0.08	0.00	-0.04	0.00	-0.02	0.02	-0.11	-0.15	-0.15	0.55	0.55	0.08	
10 CIP比率	0.29	0.19	0.29	0.16	0.08	0.21	0.29	0.25	0.17	1	-0.82	0.00	-0.02	0.01	0.16	0.18	-0.02	-0.20	-0.05	0.15	-0.04	-0.19	-0.13	-0.16	0.26	0.26	0.12	
11 DIP比率	-0.23	-0.16	-0.23	-0.10	-0.05	-0.13	-0.19	-0.18	-0.08	-0.82	1	-0.17	-0.53	-0.06	-0.11	-0.15	-0.07	0.19	0.00	-0.15	0.02	0.15	0.10	0.12	-0.17	-0.17	-0.08	
12 VP比率	-0.01	0.02	-0.02	-0.04	-0.01	-0.04	-0.07	-0.08	-0.07	0.00	-0.17	1	0.02	0.00	-0.05	0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.03	0.05	0.05	0.14	0.03	-0.07	-0.07	-0.05	
13 SP比率	-0.01	0.00	-0.01	-0.05	-0.02	-0.06	-0.07	-0.03	-0.10	-0.02	-0.53	0.02	1	0.00	-0.04	-0.01	0.17	-0.03	0.09	0.05	0.01	0.00	-0.01	0.01	-0.07	-0.07	-0.04	
14 ACP比率	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	1	0.10	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.03	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0.01	
15 納管比率	0.09	0.02	0.09	0.53	0.41	0.59	0.35	0.29	0.31	0.16	-0.11	-0.05	-0.04	0.10	1	0.36	-0.02	-0.21	-0.06	-0.03	0.02	-0.11	-0.11	-0.15	0.38	0.38	0.24	
16 78以前300以下比率	0.05	0.04	0.05	0.21	0.15	0.24	0.15	0.21	0.08	0.18	-0.15	0.02	-0.01	-0.01	0.36	1	0.04	-0.77	-0.07	0.04	-0.02	-0.13	-0.15	-0.02	0.13	0.13	0.08	
17 78以前350以上比率	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	-0.07	-0.01	0.17	0.00	-0.02	0.04	1	-0.07	0.04	0.00	0.05	0.06	0.07	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	
18 79以降300以下比率	-0.06	-0.04	-0.06	-0.11	-0.06	-0.12	-0.12	-0.18	-0.04	-0.20	0.19	-0.02	-0.03	-0.01	-0.21	-0.77	-0.07	1	-0.10	-0.02	0.07	0.09	0.18	-0.05	-0.05	-0.05	0.00	
19 79以降350以上比率	-0.02	-0.02	-0.01	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03	-0.02	0.00	-0.05	0.00	-0.01	0.09	0.00	-0.06	-0.07	0.04	-0.10	1	-0.06	0.00	0.08	0.02	0.01	-0.07	-0.07	-0.06	
20 腐食性評価係数	0.07	0.09	0.07	0.02	0.03	0.01	0.14	0.34	-0.02	0.15	-0.15	-0.03	0.05	-0.01	-0.03	0.04	0.00	-0.02	-0.06	1	-0.11	-0.32	-0.21	-0.11	0.05	0.05	0.09	
21 土質分類	-0.01	-0.02	-0.01	0.04	0.02	0.03	0.00	-0.04	0.02	-0.04	0.02	0.05	0.01	-0.01	0.02	-0.02	0.05	0.07	0.00	-0.11	1	0.14	0.34	0.04	-0.04	-0.04	-0.04	
22 地形分類	-0.12	-0.08	-0.12	-0.12	-0.09	-0.15	-0.27	-0.33	-0.11	-0.19	0.15	0.05	0.00	0.03	-0.11	-0.13	0.06	0.09	0.08	-0.32	0.14	1	0.38	0.07	-0.24	-0.24	-0.16	
23 地盤高	-0.08	-0.03	-0.08	-0.13	-0.09	-0.19	-0.24	-0.30	-0.15	-0.13	0.10	0.14	-0.01	-0.01	-0.11	-0.15	0.07	0.18	0.02	-0.21	0.34	0.38	1	-0.11	-0.25	-0.25	-0.18	
24 平均水圧	-0.07	-0.04	-0.07	0.02	0.04	-0.06	-0.20	-0.23	-0.15	-0.16	0.12	0.03	0.01	-0.01	-0.15	-0.02	-0.02	-0.05	0.01	-0.11	-0.04	0.07	-0.11	1	-0.19	-0.19	-0.12	
25 世帯数	0.17	0.02	0.18	0.45	0.22	0.53	0.56	0.41	0.55	0.26	-0.17	-0.07	-0.07	0.01	0.38	0.13	-0.03	-0.05	-0.07	0.05	-0.04	-0.24	-0.25	-0.19	1	1	0.66	
26 世帯数(ha当り)	0.17	0.02	0.18	0.45	0.22	0.53	0.56	0.41	0.55	0.26	-0.17	-0.07	-0.07	0.01	0.38	0.13	-0.03	-0.05	-0.07	0.05	-0.04	-0.24	-0.25	-0.19	1	1	0.66	
27 世帯数(km当り)	0.06	0.02	0.06	0.17	0.24	0.22	0.19	0.29	0.08	0.12	-0.08	-0.05	-0.04	0.01	0.24	0.08	-0.03	0.00	-0.06	0.09	-0.04	-0.16	-0.18	-0.12	0.66	0.66	0.66	1

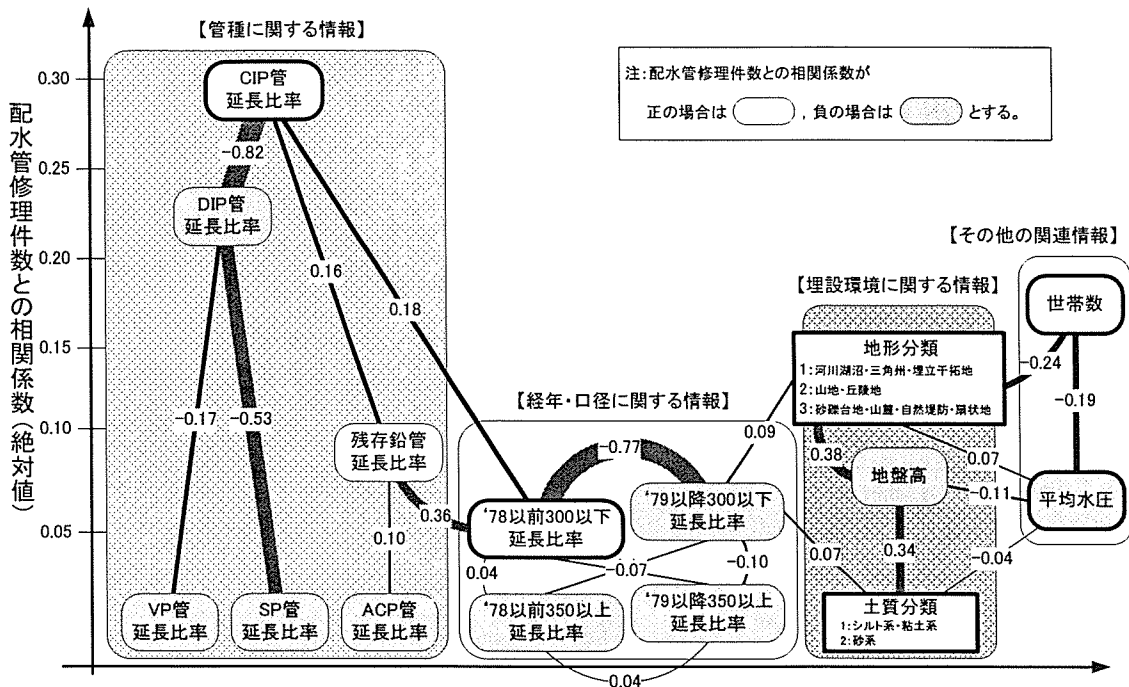


図 3.7.1 要因関連図 (配水管修理件数)

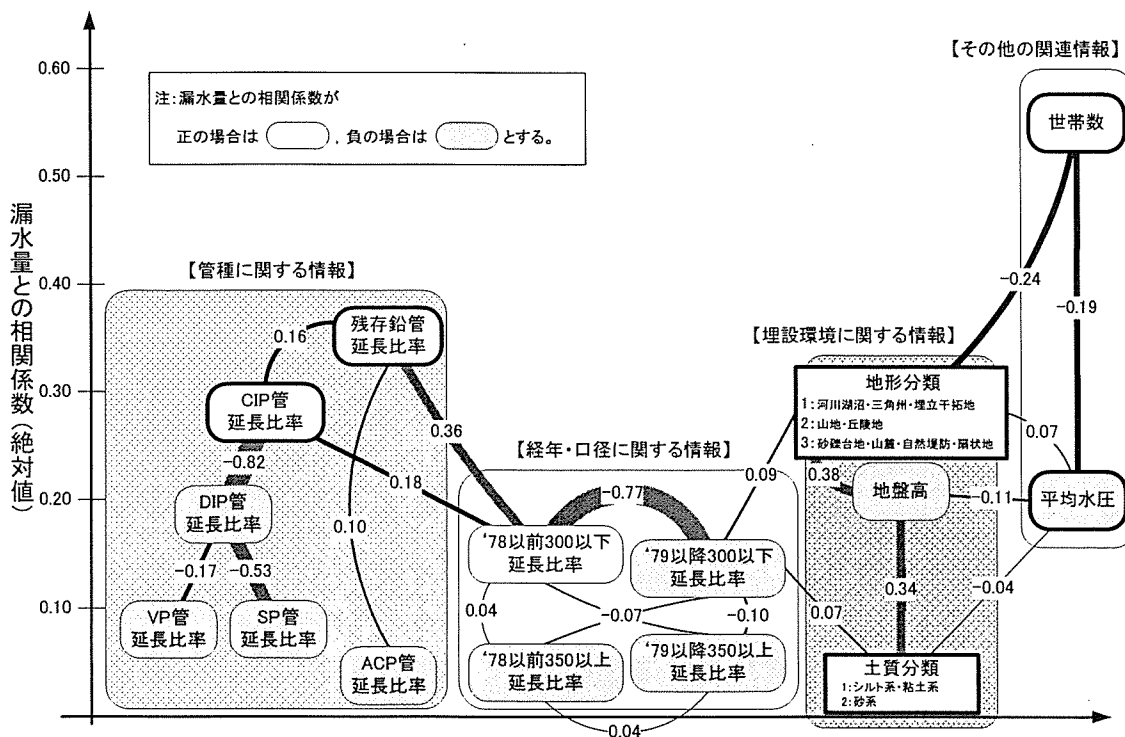


図 3.7.2 要因関連図 (漏水量 [給水管における漏水防止量])

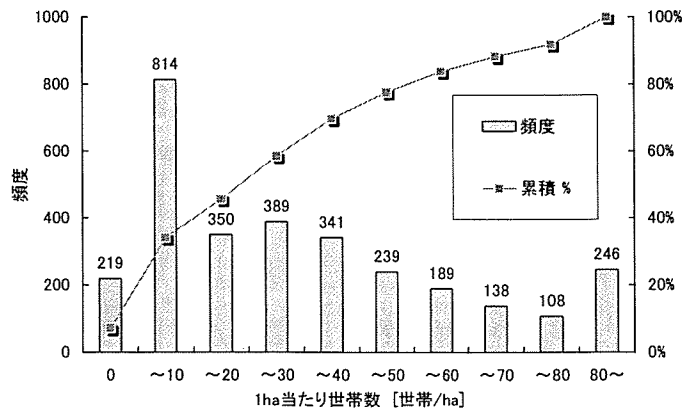
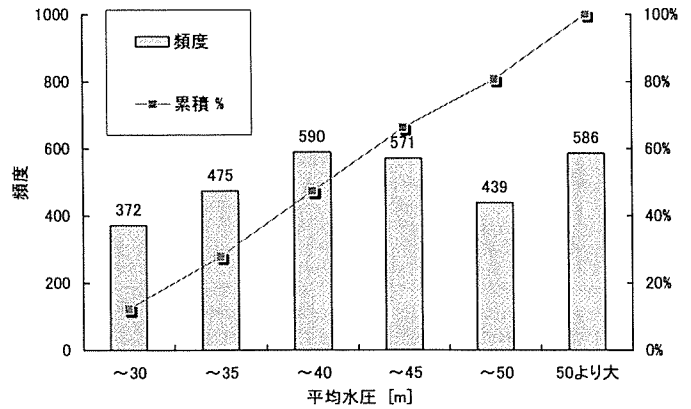
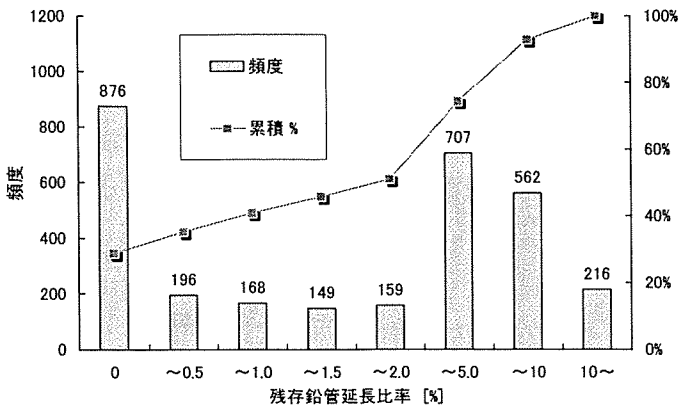
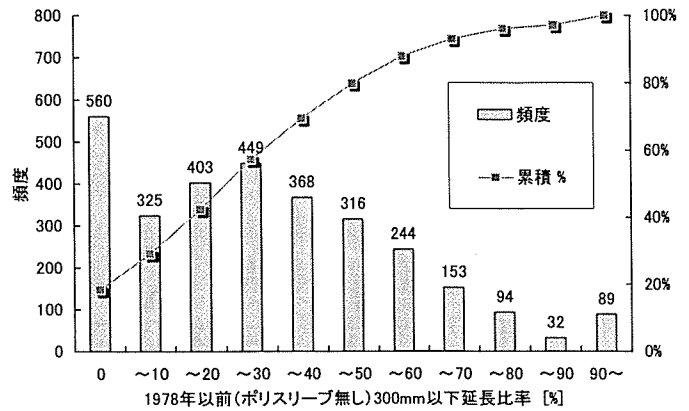
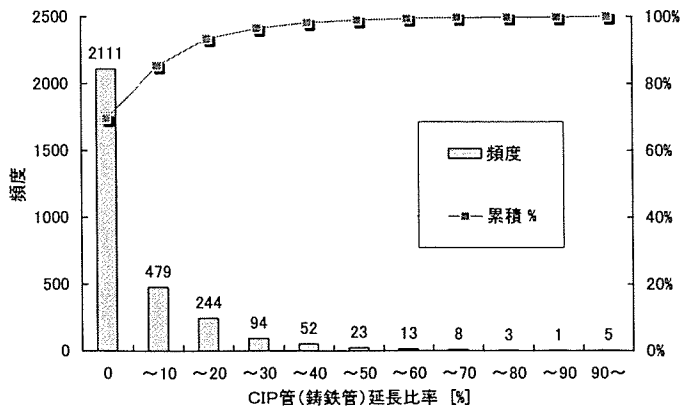


図 3.7.3 説明変数の候補となるデータのヒストグラム

表 3.7.2 モデルのアイテム・カテゴリー

アイテム	カテゴリー	データ数	配水管 修理件数	漏水量
CIP管(鋳鉄管) 延長比率	0%	2111	○	○
	～10%	479		
	～20%	244		
	～30%	94		
	30%より大	105		
1978年以前 300mm以下 延長比率	0%	560	○	○
	～30%	1177		
	30%より大	1296		
1ha当り世帯数	～10[世帯/ha]	1033	○	○
	～30[世帯/ha]	739		
	～60[世帯/ha]	769		
	60[世帯/ha]より大	492		
平均水圧	～50m	2447	○	○
	50mより大	586		
残存鉛管 延長比率	0%	876	使用せず	○
	～5%	1379		
	～10%	562		
	10%より大	216		
土質分類	シルト系・粘土系	1703	○	○
	砂系	1326		
地形分類	河川湖沼・三角洲・埋立干拓地	1682	○	○
	山地・丘陵地	486		
	砂礫台地・山麓・自然堤防・扇状地	865		
			6 アイテム	7 アイテム

### (3) 数量化理論を用いた安全性評価モデルの構築

#### 1) 配水管修理件数の有無を外的基準とした数量化理論第Ⅱ類による判別モデル

まず、「配水管修理件数：1件以上」のメッシュをBAD群（群1，n=522）、「修理件数：無し」のメッシュをGOOD群（群2，n=2,511）とし、両群に関する判別モデルを検討する。前掲表3.7.2のアイテムの6アイテムから、段階的にレンジの小さいアイテムを除き、3アイテムまで減少させた場合、表3.7.3に示すようなレンジ順位、判別の中率及び相関比が得られた。ここでのレンジとは、各アイテムにおけるカテゴリースコアの最大値と最小値の差（絶対値）であり、この値が大きいアイテムほど、外的基準に与える影響が大きいと考えるものである。なお、モデルに用いる説明変数の候補として挙げたアイテムの内、「残存鉛管延長比率」については、前掲図3.7.1及び図3.7.2の要因関連図による判断から、漏水量を外的基準としたモデルに使用することにした。

同様に、BAD群（群1）を「修理件数：2件以上」（n=157）、「修理件数：3件以上」（n=60）とした場合の計算についても各々行い、表3.7.4及び表3.7.5に示す結果を得た。

表 3.7.3 「修理件数：1件以上」の判別モデル（数量化理論第Ⅱ類）

項目名	6 items		5 items		4 items		3 items	
	CIP比率	2.45	1位	2.45	1位	2.46	1位	2.54
世帯数	0.75	2位	0.74	2位	0.74	2位	0.77	2位
78以前300以下比率	0.37	3位	0.37	3位	0.38	3位	0.39	3位
地形分類	0.27	4位	0.27	4位	0.28	4位	—	—
平均水圧	0.02	5位	0.02	5位	—	—	—	—
土質分類	0.01	6位	—	—	—	—	—	—
判別の中率	64%		64%		64%		62%	
相関比	0.077		0.077		0.077		0.075	

表 3.7.4 「修理件数：2件以上」の判別モデル（数量化理論第Ⅱ類）

項目名	6 items		5 items		4 items		3 items	
	CIP比率	6.67	1位	6.68	1位	6.84	1位	7.17
世帯数	0.88	2位	0.88	2位	0.89	2位	0.91	2位
地形分類	0.25	3位	0.26	3位	0.26	3位	0.27	3位
78以前300以下比率	0.11	4位	0.10	4位	0.10	4位	—	—
平均水圧	0.09	5位	0.09	5位	—	—	—	—
土質分類	0.04	6位	—	—	—	—	—	—
判別の中率	70%		70%		71%		71%	
相関比	0.099		0.099		0.099		0.099	

表 3.7.5 「修理件数：3 件以上」の判別モデル（数量化理論第Ⅱ類）

項目名	6 items		5 items		4 items		3 items	
CIP比率	7.66	1位	7.76	1位	7.75	1位	8.42	1位
世帯数	0.66	2位	0.67	2位	0.68	2位	0.73	2位
地形分類	0.57	3位	0.57	3位	0.58	3位	0.59	3位
土質分類	0.22	4位	0.22	4位	0.22	4位	—	—
78以前300以下比率	0.12	5位	0.12	5位	—	—	—	—
平均水圧	0.07	6位	—	—	—	—	—	—
判別の中率	72%		72%		75%		73%	
相関比	0.082		0.082		0.082		0.081	

## 2) 数量化理論第Ⅰ類による漏水量の推定モデル

外的基準を「漏水量」とした数量化理論第Ⅰ類の適用を試みた結果、表 3.7.6 に示すレンジ順位及び自由度調整済み重相関係数が得られた。なお、レンジの大きさに従ってモデルに使用するアイテム数を減少させる方法は、配水管修理件数を外的基準とした時と同様に、前掲表 3.7.2 の 7 アイテム（残存鉛管延長比率を含む）を用いて行った。

表 3.7.6 「漏水量」の推定モデル（数量化理論第Ⅰ類）

項目名	7 items		6 items		5 items		4 items		3 items	
世帯数	0.60	1位	0.60	1位	0.60	1位	0.61	1位	0.62	1位
CIP比率	0.39	2位	0.39	2位	0.40	2位	0.40	2位	0.43	2位
鉛管比率	0.19	3位	0.19	3位	0.21	3位	0.22	3位	0.22	3位
地形分類	0.12	4位	0.12	4位	0.12	4位	0.12	4位	—	—
平均水圧	0.07	5位	0.07	5位	0.07	5位	—	—	—	—
78以前300以下比率	0.05	6位	0.05	6位	—	—	—	—	—	—
土質分類	0.03	7位	—	—	—	—	—	—	—	—
重相関係数	0.651		0.651		0.651		0.649		0.643	
自由度修正済み重相関係数	0.650		0.650		0.650		0.649		0.643	

## 3) 各モデルに対する考察

本研究で提案する安全性評価モデルは、実用性の観点から、できる限りシンプルの方が望ましい。そこで、最終的なモデルに使用すべきアイテム数は、表 3.7.4 から表 3.7.6 の判別の中率、並びに前章 2. で示した要因関連図の結果を踏まえ、表 3.7.7 に示す 4 アイテムが妥当であると判断した。なお、図 3.7.4 から図 3.7.7 に、各モデルのカテゴリースコアグラフを示す。

各モデルに共通するアイテムとして、「CIP管延長比率」、「世帯数」、「地形分類」が採用され、修理件数を外的基準としたモデルでは「'78年以前300mm以下延長比率」、漏水量を外的基準にしたモデルでは「残存鉛管延長比率」がそれぞれ追加されている。外的基準の異なるモデルを作成したものの、結果的には似通ったモデル構造となっている点から、配水管・給水管双方への共通した影響傾向が読み取れる。これは、配水管・給水管の対策を一体的に行うこと、例えば、配水管の改良工事に併せて実施する給水管の取替えといった取り組みが、水道管路システムの更新を進めて行く上で1つの有効策となり得ることを示唆している。

表 3.7.7 モデルに使用する4アイテム

レンジ順位	配水管修理件数			漏水量
	1件以上	2件以上	3件以上	
1位	CIP管比率	CIP管比率	CIP管比率	世帯数
2位	世帯数	世帯数	世帯数	CIP管比率
3位	'78年前300mm	地形分類	地形分類	鉛管比率
4位	地形分類	'78年前300mm	土質分類	地形分類

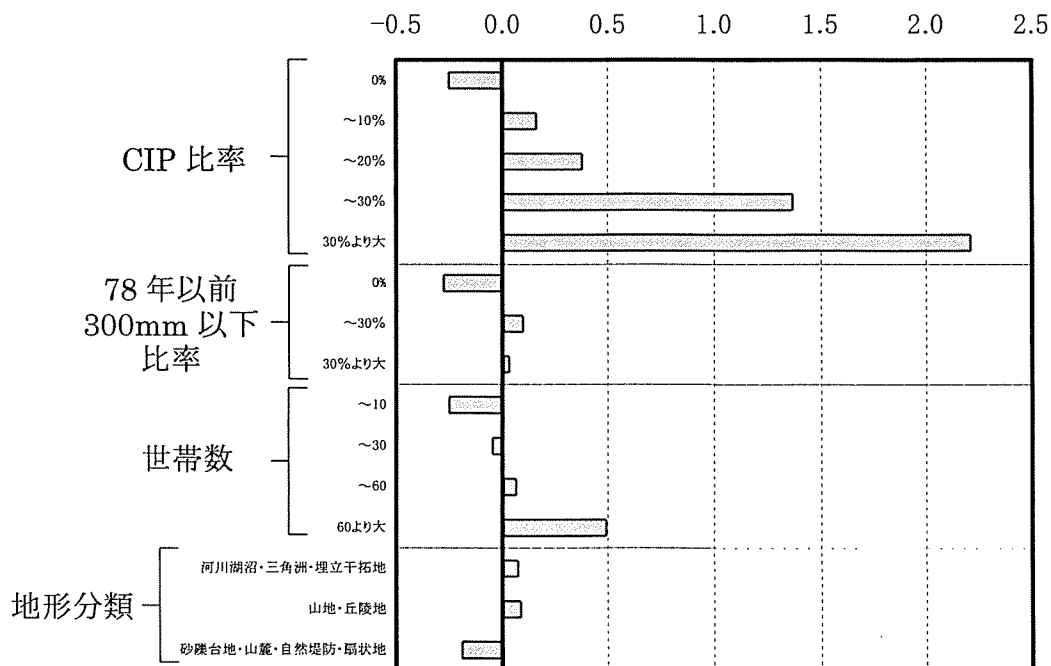


図 3.7.4 「1件以上」のカテゴリースコアグラフ (数量化理論第II類による判別モデル)

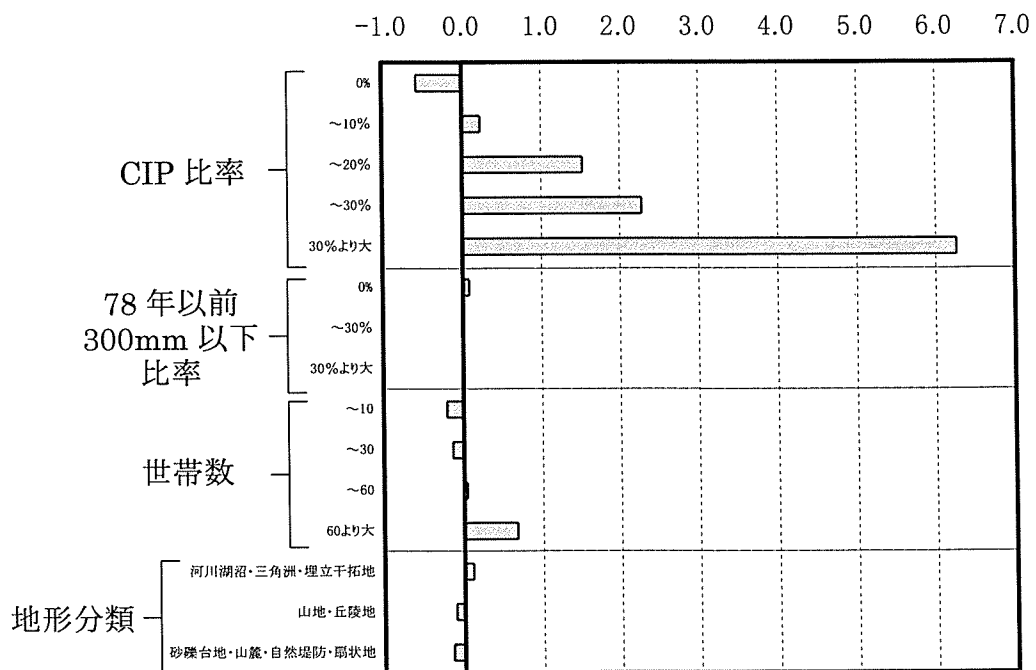


図 3.7.5「2 件以上」のカテゴリースコアグラフ (数量化理論第 II 類による判別モデル)

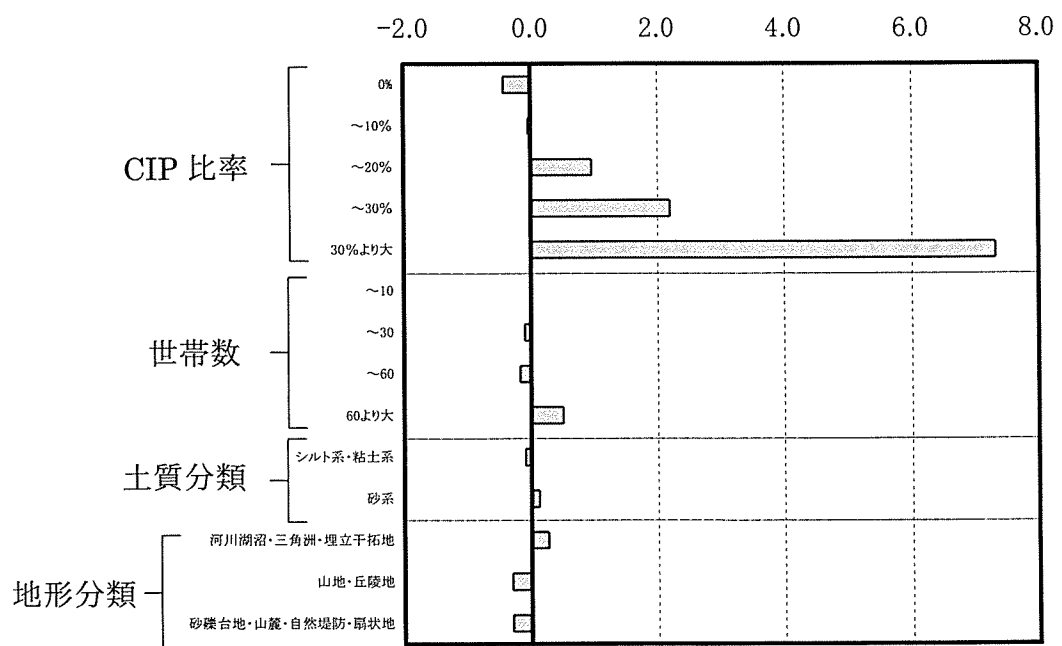


図 3.7.6「3 件以上」のカテゴリースコアグラフ (数量化理論第 II 類による判別モデル)



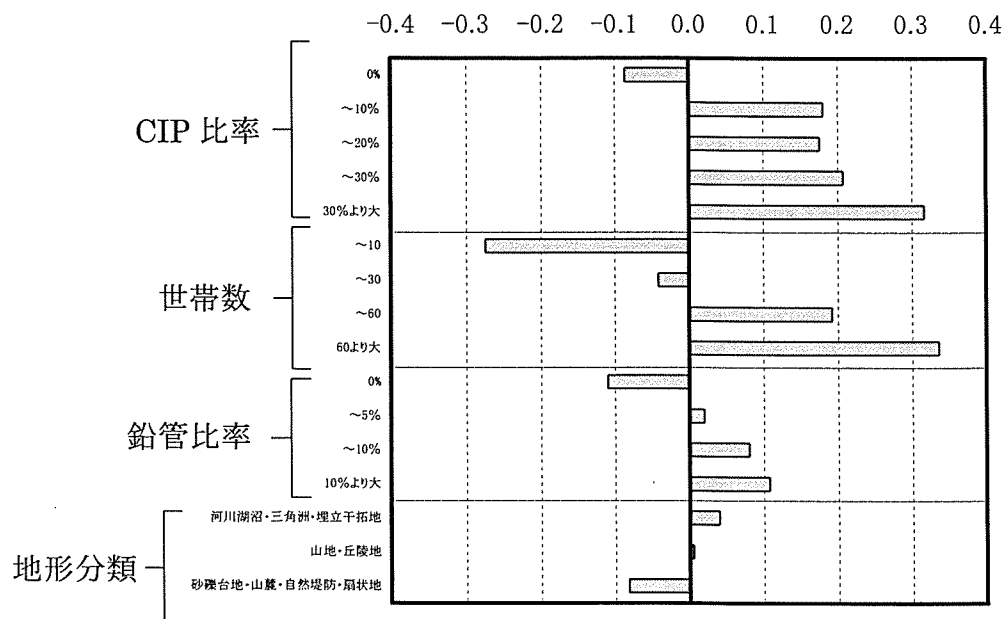


図 3.7.7 「漏水量」のカテゴリースコアグラフ（数量化理論第1類による推定モデル）

ここで、BAD 群の修理件数の基準を変更した場合の 3 つのモデルを比較する。表 3.7.7 におけるレンジ順位の 3 位及び 4 位に着目すると、「'78 年以前 300mm 以下延長比率」のアイテムは、修理件数：2 件以上の時に 3 位から 4 位に下がり、代わって「地形分類」が 3 位に、さらには修理件数：3 件以上の時に「'78 年以前 300mm 以下延長比率」に代わって「土質分類」が 4 位に採用されている。修理件数の基準を引き上げることで、判別的中率での改善が認められる反面、相関分析の結果では必ずしも大きな影響度を有していなかった「土質分類」が、モデルのアイテムとして採用される現象を生じている。こうした原因は、外的基準である BAD 群のデータ数が、修理件数：2 件以上及び 3 件以上のモデルにおいて減少したことに関係していると考えられる。また、同じアイテムを採用する修理件数：1 件以上及び 2 件以上のモデルを比較すると、図 3.7.4 及び図 3.7.5 で示されたように、2 件以上のモデルでは「'78 年以前 300mm 以下延長比率」のカテゴリースコアの大小関係に矛盾（ポリスリーブ無しの配水管が存在しない[0%]にも関わらず、存在するメッシュよりも修理件数：有[カテゴリースコアが正]に寄与する結果）が生じている。

そこで、本研究で提案する配水管の安全性評価モデルは、「修理件数の有無」を外的基準にしたモデルの内、次式に示す「修理件数：1 件以上」のモデルに決定する。

以下、このモデルを「事故リスク評価モデル」と呼ぶこととする。

$$Y_i = -0.2515 \times A_1 + 0.1617 \times A_2 + 0.3797 \times A_3 + 1.3695 \times A_4 + 2.2112 \times A_5 \\ - 0.2771 \times B_1 + 0.0982 \times B_2 + 0.0306 \times B_3 \\ - 0.2508 \times C_1 - 0.0445 \times C_2 + 0.0653 \times C_3 + 0.4914 \times C_4 \\ + 0.0738 \times D_1 + 0.0875 \times D_2 - 0.1926 \times D_3$$

ただし、

$Y_i$ : サンプルスコア (合成変量)

$A_i$ : CIP管 (鑄鉄管) 延長比率 (0%, ~10%, ~20%, ~30%, 30%より大)

$B_i$ : '78年以前 300mm以下延長比率 (0%, ~30%, 30%より大)

$C_i$ : 1ha 当たり世帯数 (~10[世帯/ha], ~30[世帯/ha], ~60[世帯/ha], 60[世帯/ha]より大)

$D_i$ : 地形分類 (河川湖沼・三角州・埋立干拓地, 山地・丘陵地, 砂礫大地・山麓・自然堤防・扇状地)

一方、「漏水量」を外的基準にした安全性評価モデルは、次のとおりである。以下、このモデルを「漏水リスク評価モデル」と呼ぶこととする。

$$Y_i = -0.0863 \times A_1 + 0.1805 \times A_2 + 0.1758 \times A_3 + 0.2077 \times A_4 + 0.3165 \times A_5 \\ - 0.2742 \times B_1 - 0.0409 \times B_2 + 0.1924 \times B_3 + 0.3363 \times B_4 \\ - 0.1097 \times C_1 + 0.0200 \times C_2 + 0.0804 \times C_3 + 0.1079 \times C_4 \\ + 0.0406 \times D_1 + 0.0054 \times D_2 - 0.0821 \times D_3 \\ + 0.5384 \text{ (定数項)}$$

ただし、

$Y_i$ : サンプルスコア (合成変量)

$A_i$ : CIP管 (鑄鉄管) 延長比率 (0%, ~10%, ~20%, ~30%, 30%より大)

$B_i$ : 1ha 当たり世帯数 (~10[世帯/ha], ~30[世帯/ha], ~60[世帯/ha], 60[世帯/ha]より大)

$C_i$ : 残存鉛管延長比率 (0%, ~5%, ~10%, 10%より大)

$D_i$ : 地形分類 (河川湖沼・三角州・埋立干拓地, 山地・丘陵地, 砂礫大地・山麓・自然堤防・扇状地)

#### (4) モデルによる診断方法の実際

##### 1) サンプルスコアを基準にした診断方法

###### ①事故リスク評価モデルの場合

事故リスク評価モデルにメッシュのデータ属性（各カテゴリースコア）を代入することで、当該メッシュのサンプルスコア  $Y_i$  が計算できる。このサンプルスコアが、判別的中点 ( $Y_i = -0.0432$ ) より大きい場合には群 1 (BAD 群)、判別的中点より小さい場合には群 2 (GOOD 群) として判別される。サンプルスコアの大小と判別結果の対応関係について考えると、絶対値の小さい（判別的中点に近い）サンプルスコアよりも、絶対値の大きい（判別的中点から正及び負の方向に離れた）サンプルスコアの時の方が判別精度は良好となる。すなわち、サンプルスコアが大きいほど群 1 (BAD 群) である傾向が強くなり、逆に、サンプルスコアが小さいほど群 2 (GOOD 群) である傾向が強くなる。こうした傾向を確率論的に表現するため、本研究では図 3.7.8 に示す累積度数グラフに基づいて検討することにする。なお、図中の「群 1 の累積度数[%]」はサンプルスコア昇順（サンプルスコアの小さい方から順番）に BAD 群の累積度数を、「群 2 の累積度数[%]」はサンプルスコア降順（サンプルスコアの大きい方から順番）に GOOD 群の累積度数を取り、各々の全体数に対する百分率[%]で示したものである。サンプルスコアが大きくなるに従い、群 1 の累積度数[%]が徐々に高まる関係が読み取れる。本研究では、この群 1 の累積度数[%]を、各サンプルスコアに対応する事故リスクの大きさと捉え、表 3.7.8 の事故リスク対応表を用いたメッシュの診断方法を提案する。

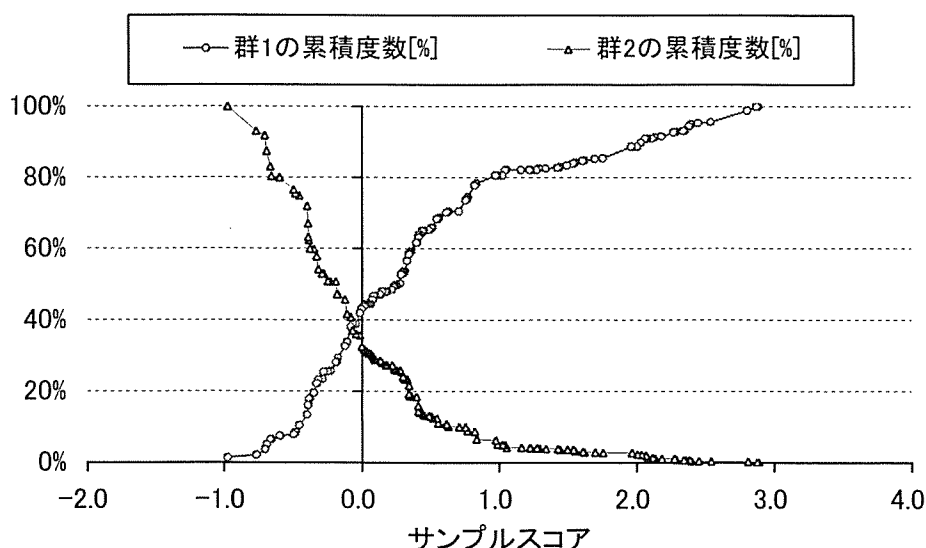


図 3.7.8 事故リスク評価モデルの累積度数グラフ

表 3.7.8 事故リスク対応表 (10 段階)

事故リスク	対応する サンプルスコア	データ数	事故リスク	対応する サンプルスコア	データ数
90% 以上	2.8882 } 2.0647	n=103	40% 以上	0.2554 } -0.0143	n=302
80% 以上	2.0329 } 0.9754	n=169	30% 以上	-0.0448 } -0.1241	n=302
70% 以上	0.8387 } 0.6169	n=162	20% 以上	-0.1780 } -0.3304	n=355
60% 以上	0.5631 } 0.3989	n=244	10% 以上	-0.3482 } -0.4580	n=484
50% 以上	0.3579 } 0.2830	n=236	10% 未満	-0.4857 } -0.9720	n=676

## ②漏水リスク評価モデルの場合

漏水リスク評価モデルに関しても、事故リスク評価モデルと同様に、メッシュのデータ属性を代入することでサンプルスコア  $Y_i$  を計算することが可能である。ただし、この計算では定数項(サンプルの平均値)を加算する点で異なっており、漏水リスク評価モデルのサンプルスコアは漏水量の推定値に相当する。

ここで、漏水リスク評価モデルのサンプルスコアに関するヒストグラムを図 3.7.9 に示す。なお、図中の折れ線は、サンプルスコア昇順(サンプルスコアの小さい方から順番)に累積度数を取った場合の百分率[%]を表わす。先の事故リスク評価モデルで検討した内容を踏まえ、漏水リスク評価モデルに関しても同様の診断方法の提案を行う。すなわち、サンプルスコアが大きいほど、漏水リスクの高いメッシュであるとの解釈に基づき、表 3.7.9 に示した 4 段階によるメッシュの診断を試みる。