

KDD法による地中管路の 地震被害予測法と精度検証

鍬田泰子¹·原山絵巳子²·高田至郎³

1神戸大学工学部 助手 (〒657-0851 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)
E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp
2神戸大学大学院 自然科学研究科(〒657-0851 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)
E-mail:037t135n@y03.kobe-u.ac.jp
3神戸大学工学部 教授 (〒657-0851 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)
E-mail:takada@kobe-u.ac.jp

震後のライフラインの機能停止は,市民生活・緊急対応・救助活動に多大の影響を及ぼす.ライフラインの被災の主要な原因は地中管路の被害である.事前に精度良い管路の被害予測を行い,耐震化対策を実施することは重要な研究課題である.本論文では,データマイニング手法を用いて2003年十勝沖地震をモデルケースに決定木による被害要因分析を行い,被害予測手法の提案を行った.本手法を新潟県中越地震に適用し,その精度を検証した.提案手法は,従来の被害率(件/km)による被害予測とは異なり,被害が発生しやすい場所を特定することができる特徴を有している.

Key Words : Damage estimation, water distribution pipeline, KDD method, Data mining, 2003 Tokachi-oki earthquake, 2004 Niigata Chuetsu earthquake

1.はじめに

兵庫県南部地震においては橋脚倒壊や家屋倒壊な どの被害だけでなく,水道,電気,ガス,通信など のライフラインの機能にも大きな障害が発生し,長 期間にわたり供給が停止し,社会的にも大きく影響 を与えた。

地震に強いライフラインシステム構築の基本は, 個々の施設を耐震化すること,および破壊された場 合の代替機能やバックアップ機能によりシステムと しての機能維持を図ることにある.しかし,防災投 資コストの課題もあり,ライフラインシステムの地 震対策は容易ではない.

ライフラインシステムの耐震性を向上させる目的 で,事前に精度の高い被害予測を行うことにより対 策目標水準を定め,応急対策および復旧対策に連結 し効率のよい戦略実施が可能となる.本研究では, データマイニング手法を用いた高精度配水管被害予 測手法を提案する.

地中管路の被害予測に関しては,磯山,片山ら¹⁾ は兵庫県南部地震等過去の被害に基づいて管種,管 径,地盤条件,液状化等の補正係数を用いて配水管 路の地震被害推定式を算定している.本方法は適用 が簡便かつ実務的であるので多くの被害推定で用い られているが,管路ネットワークの中での被害箇所

の特定はできない.高田ら²⁾は,標準被害率と各種 補正係数を用いて水道配水管の矩形メッシュごとの 管路の被害件数を算定している.地震動の強さ(加 速度,速度)によって決定される標準被害率に,管 種,口径,液状化の程度による補正係数とメッシュ 内の管路延長を乗じれば被害件数となる.地盤の増 幅特性や震源特性を考慮しながら、簡便に被害予測 を行うことができるが、地形などの特殊条件により 被害が多くなる地域や配水管路が疎な地域への適用 は難しい.また,数量化理論を適用した地中管路被 害予測法も研究されている³⁾.この他に,著者らは 被害確率マトリックス法を用いて、モンテカルロ法 により被害位置を特定する手法を提案しているが4), 確率の決定に多くの不確定要因が存在する.本研究 では2003年十勝沖地震の際の北海道浦河町における 配水管被害をモデルケースに,詳細なメッシュごと にデータマイニング手法を用いた分析に基づいて, 配水管被害予測手法を提案する.

2.KDD法による地中管路の被害予測法

(1) KDD法^{5),6)}

KDD法(Knowledge Discovery in Database)はデー タベースなどに蓄積された生データを,マイニング (採掘)し,大量のデータの中に埋もれた法則やパ ターンなど意味のある情報・仮説・知見・課題等を 見つけ出す手法である.その分析結果を基に,法則 性の発見,効果測定,予測などのファクターを導き 出すことが可能であり,戦略的な対策を取るのに有 用である.

KDD法のひとつにディシジョンツリー(決定 木)がある.ディシジョンツリーはデータベースの 中の,ある注目する属性に関する重要な知識を,樹 形構造によるルールの組み合わせで表現したもので ある.注目する属性値に関して,データを分類,モ デリング,および予測する手法として広く利用され ている.ディシジョンツリーは目的変数が存在する 場合に用いられ,視覚的に理解しやすいので説得力 があり,質的・量的データが混在していても対応で きるという利点がある.

本研究ではディシジョンツリーを用いて,ある条 件下における被害発生の有無に注目し,被害要因の 分析および被害予測を行う.

(2) C&RTアルゴリズム^{3),4)}

分岐アルゴリズムにはC&RT (Classification and Regression Tree)を用いる.C&RTは,データを二 つのサブセットに分割して,各サブセット内のケー スが前のサブセットよりも等質になるように設定す る.C&RTは帰納的プロセスであり,等質性基準が 満たされるまで,それ自身を繰り返す.同じ説明変 数を,樹木内の異なる段階で何回でも使用すること ができる.C&RTは極めて自由度が高いものであり, 樹木成長プロセスで誤分類率や事前確率分布も考慮 できる.

各々の子ノードが親ノードより純粋なノードにな るように,各ノードで分岐を選択する.不純度を定 義することでノードにおける分岐の不純性を測定す る.不純度の減少は改善度という値で評価され,改 善度が最大になるように分岐が選択される.不純度 減少の指標としてGini係数を用いる(式(1)~(4)). Gini係数は格差の度合いを表す係数で,ある変数の レスポンスへの影響の有無を判断するための指標と して使われるGini係数は0から1の範囲に分布し, Gini係数が大きい程,レスポンスに与える影響は大 きい.

ノードtにおけるGini係数 は以下のように定義される.

$$g(t) = \sum_{j \neq i} p(j | t) p(i | t)$$
(1)

ここで, iおよびjは目的変数のカテゴリである.

$$p(j \mid t) = \frac{p(j,t)}{p(t)} \tag{2}$$

$$p(j,t) = \frac{\pi(j)N_j(t)}{N_j} \tag{3}$$

$$p(t) = \sum_{j} p(j,t)j \tag{4}$$

ただし,

π(*j*):カテゴリの事前の値(事前確率) *j*,*N_j*(*t*):ノード t のカテゴリ *j* 内のケース数 *N_j*:ルートノード内のカテゴリ *j* のケース数

ノード内のケースがカテゴリ間に均等に分布して いる場合 Gini 係数は最大値をとり,ノード内の総 てのケースが同じカテゴリに属している場合には, Gini 係数は0となる.事前確率は各目的カテゴリと 関連付けられているケースの割合を指定する.

費用を指定した場合, Gini 係数は次式で計算される.

$$g(t) = \sum_{j \neq i} C(i \mid j) p(j \mid t) p(i \mid t)$$
 (5)

ただし, *C*(*i* | *j*)はカテゴリ *j* ケースを *i* と誤分類 する費用を指定している.

誤分類率とは,実際にはあるカテゴリに属してい る項目を別のカテゴリに分類した場合の,数値で表 したペナルティのことである.たとえば被害ありを 被害なしと誤分類する場合などに相当する.

カテゴリ *j* をカテゴリ *i* のクラスと誤分類する費 用は,次の式で表される.

$$C(i \mid j) = \begin{cases} c_{ij} & (i \neq j) \\ 0 & (i = j) \end{cases}$$
(6)

総ての j について C(i | j) = 1が成り立つ場合(i j), 費用は関係していないことがわかる. Gini 基準関 数 $\Phi(s,t)$ は, ノード t での分岐を s としたときに, 次のように定義される.

$$\Phi(s,t) = g(t) - p_L g(t_L) - p_R g(t_R)$$
(7)

ただし,

 $p_{L} = \frac{p(t_{L})}{p(t)} :$ 左の子ノードに送られる t 内のケースの $p_{R} = \frac{p(t_{R})}{p(t)} :$ 右の子ノードに送られる t 内のケースの)

分岐 S は, 関数の値が最大になるように選択する. この値が改善度である.

- 2003年十勝沖地震における浦河町水道管路 被害データベースとKDD法
- (1) 2003年十勝沖地震における浦河町の水道管路 被害^{7),8)}

2003年9月26日午前4時50分頃,北海道釧路沖を震 源とするマグニチュードM_j8.0の地震が発生した. 本地震は太平洋プレートと陸のプレートの境界で発 生した逆断層型の地震で,1952年十勝沖地震(M_j 8.2)の震源とほぼ同じ断層位置で発生したもので ある⁷⁾.



図-1 浦河町の送配水管ネットワークと被害位置

表-1 日旳受致と詋明受数			
		1:硬地盤	
A∶地盤	説明変数	2:普通地盤	
		3:軟弱地盤	
		1:傾斜地盤	
日・井井王公	当中亦为	2:切盛境界	
D.1872	 而 明 友 奴	3:河道·水田	
		4:その他	
		1:ACP、ねじ鋼管	
C·答话	説明変数	2:PVC	
し.官悝		3:ダクタイルA、K	
		4ダクタイルS,S ,NS	
D. ** / 7	수상 미디 - 슈는 왕님	30,40,50,75,100,125,	
D.官住	詋明发数	150,200,300,400(mm)	
		1:4以下	
口一声中叱	説明変数	2:5弱	
口. 莀皮陷		3:5強	
		4:6弱以上	
神宇の右無	日的亦为	0:被害なし	
阪古の白無	日时复数	1:被害あり	

浦河町の水道施設は,上水道の他に,町東部の東 部簡易水道および2つの専用水道から構成されてい るが,簡易水道,専用水道には被害はなかった.断 水戸数は最大時6,368世帯(全世帯の87%, 14,091 人)に達し,9月30日午前11時に解消した⁸⁾.

送配水管の被害件数は22件である.PVC管(塩化 ビニル管)に関連する被害は9箇所で,継手の抜け 出し被害が多かった.給水管の被害は89箇所(宅内 含む)で,口径は13~40mmで,昭和30年~40年に 敷設されたものが多い.すべてねじ接合が使われて いる.PE管(ポリエチレン管)は50mm以下の配水 支管に使用されている.配水本管にもPE管(75,

100)が使われている地域があるが,配水管にお いてはPE管の被害は全くなかった.浦河町におけ る送配水管ネットワークと被害箇所を図-1に示す. 断水に大きな影響を与えた送水管 400mm, 300mmの被害は,軟弱な泥炭地や道路の盛土部で発 生した.1982年浦河沖地震(浦河町の震度6)⁷⁾では 69件の被害が発生したのに対して,今回は22件と被 害が少なく,とくに市街地での被害が減少している. 耐震性向上に向けた管路更新の効果も被害件数が少 なくなった理由の1つと考えられる⁸⁾.



図-2 地盤条件



図-3 地形条件



図-4 管種条件

(2) 決定樹木を用いた被害要因分析

データマイニングの前段階として浦河町を50m× 50mのメッシュに分割したところ,対象地域の管路 を含むメッシュは全部で1,193個抽出された.

さらに,各メッシュごとに,表-1に示す,地盤, 地形,管種,管径,震度階のカテゴリを入力した. メッシュごとの表-1の属性を図-2~図-6に示す.地 盤,地形データには国土地理院発行の地図⁹および 浦河沖地震の報告書¹⁰⁾のデータを用い,管路データ は浦河町水道局提供のデータ,震度階データには著 者らが、地震後に現地で行った144枚の震度アンケ



図-5 管径条件



図-6 震度階条件

ノード 0 における応答 ノード0 説

	ノードロ		
カテゴリ	ヒットの割合	ヒット数	l
0	98.83%	1179	l
1	1.17%	14	[
	計	1193	(

表-2

表-3 ノード0に

のりる以普反			
説明変数	改善度		
B:地形	0.0607		
E:震度階	0.0309		
D:管径	0.0085		
C:管種	0.0081		
A:地盤	0.006		

ート調査の結果を用いた.本アンケートは兵庫県南 部地震後に,著者らによって開発された高震度階対 応型アンケートである¹¹⁾.地盤カテゴリ中の軟弱 地盤には,泥炭地盤や液状化地盤などが含まれ,そ の要因によって被害の起こりやすさは異なる.しか し,詳細な地盤データは一般に入手しにくいこと, また手法適用の汎用性を配慮して,地盤カテゴリは 3種類とすることを決定した.

決定木分析の結果として, ノード 0(最初の分 岐)における応答と改善度を表-2,表-3に示す.最 初の分岐は改善度の最も高い説明変数である「地 形」となっているので,「地形」が重要な決定要因 であることを示している.地形区分の急斜面および 造成地に被害が現れやすい.次に震度階を説明変数 として分岐することから,次に震度が被害要因であ ることが知られる.

(3) 精度検証と被害予測

決定樹木の精度を考慮することは常に重要であり,

表-4 誤分類行列					
≐⊑∠∖米	经二万山	実際のカテゴリ			
沃汀 類1丁列		被害なし	被害あり	合計	
予測された	被害なし	976	0	976	
カテゴリ	被害あり	203	14	217	
	合計	1179	14	1193	

表-5 誤差統計量			
誤差統計量			
推定誤差	0.082		
標準推定誤差	0.010		
誤分類率	0.170		



図-7 被害予測モデル

樹木は精度が高くなるように構成する必要がある. 精度は,樹木による結果の予測の正確さ,または樹 木による個別要素の分類の正確さを意味する.逆に, 樹木の不確かさのことを誤差と呼ぶ.樹木の検証に はクロスバリデーション法を用いた.データセット を二つに分割し,一方を決定木を作成するための学 習用データ,もう一方を作成された決定木の精度を 測る検証用データとして互いに作成と検証を行う方 法である.

また,学習データのノイズ(例外的な値)や誤り に対して過度に学習してしまうことを過学習(オー バーフィッティング)と呼んでいるが,必要以上の データ分割に起因する過学習は一般化されにくくな るため,剪定(枝刈り)を行う必要がある.考え得 る最大の樹木の誤分類誤差よりも大きくない誤差を 持つような最小の樹木となるまで,樹木の枝葉を剪 定する(事後枝刈り).

手法は「被害あり」を「被害なし」と予測しない ように費用を課し、交差検証と剪定を行った.結果 を表-4、表-5に示し、最終の決定木を図-7に示す. 表-4は実際には被害なしである地域を「被害なし」 と判定したのが、976で、「被害あり」と判定した



図-8 被害予測結果

のが203で,実際に被害があった地域はすべて「被害あり」と判定されたことを示している.

誤分類率は203/1193で0.170となる.推定誤差は事前 確率を考慮した誤分類率である.推定標準誤差は交 差検証を行った際の推定誤差の平均である.

本モデルに基づき被害予測を行った結果を図-8 に 示している.2003年十勝沖地震においては,地形 が被害の有無に大きく影響を及ぼしていることが知 られた.傾斜地盤や切り盛り境界には被害が発生し やすい.次に震度階がおもな要因となり,震度が5 以上になると被害の発生する確率が高くなる.次い で,管径・管種・地盤の順に影響を及ぼしているこ とが知られた.

本手法は2003年十勝沖地震のデータベースに基づ いて構築しているので,十勝沖地震の特異な状況を 反映していたり,オーバーフィッティングをしてい る可能性もある.次章で2004年新潟県中越地震にお ける長岡市の被害に適用し,その精度と有用性につ いて検証を行う.

4.精度の検証

(1) 2004年新潟県中越地震における長岡市の上水 道被害¹²⁾

2004年10月23日午後17時56分に発生した新潟県中越 地震において,新潟県長岡市では妙見浄水場で地盤 沈下や配管類の損傷,水質検査機器等の破損が発生 した.しかし浄水施設など主要設備・構造物に大き な損傷はなく,非常用電源の稼動により23日中に は運転を再開した.また3個所の配水池には阪神・ 淡路大震災以降に緊急遮断弁が設置されており,有 効に作動し配水池に水を確保できた.配水池からは 配水し続けたが,消火用水確保のため,市の約 10.4%である70,000世帯が断水となった.主要配水 池の水量が回復すると高台地区を除きほぼ復旧した が,管路損傷の大きい川東高台地区は断水が続き, 完全復旧には約1ヶ月を要した.図-9に長岡市の送 配水管ネットワークと管路被害位置を示す.





(2) 長岡市における適用と検証

前章で構築した管路被害位置推定の決定樹木を長岡市水道被害に適用した.対象とした地域は信濃川東の被害の著しい地域で,口径150mm以上の管路を対象として100m×100mのメッシュに分割し,管路を含むメッシュを抽出した.配水管のデータは長岡市水道局提供のデータを用いた.管路の破損は小口径のPVC管に集中している.破損形態は継手の抜け出しがほとんどで次いで管体破損が多い.

本メッシュに前章と同様に,地盤・地形・管路・ 震度の条件を入力した.図-10 に地盤条件分布,図-11 に地形条件分布を示す.対象とした管路は口径 150mm 以上の管路,震度分布は,著者らによって 開発された形状補間法により,最大加速度観測記録





に基づいて地震動補間推定¹³⁾を行った.

形状補間法は,有限要素法などで用いられる手法 で,分散して設置されている地震計位置を節点とし てネットワークを形成し,形成された面において地 震動強度指標(最大加速度および速度)を推定する 手法である.観測点が一般に同種の地盤条件ではな いために,地表面での観測記録を工学的基盤面に戻 し,基盤面において補間した地震動を,各地点の表 層地盤の増幅率を考慮して任意地点における地表面 での地震動を推定する手法である.

	表-6 誤分類行列					
	実際のカテゴリ					
			被害なし	被害あり	合計	
予測された	被害なし	1252	25	1277		
	被害あり	76	22	98		
	カチコリ	合計	1328	47	1375	

表-7 誤差統計量			
誤差統計量			
推定誤差	0.1813		
標準推定誤差	0.0066		
誤分類率	0.0735		

表-8 ノード0における応答 表-9 ノード0における改

善度	
----	--

ノードの	説明変数	改善度
96581328	B:地形	0.0935
1 3.42 47	A:地盤	0.0752
	D:管径	0.0058

推定した最大加速度から,著者ら¹⁴⁾によって得られている計測震度と最大加速度の関係(式(8))から計測 震度を推計し,メッシュごとに推計震度を入力した (図-12).

 $I = 0.8544 \ln(PGA) + 0.7281$ (R = 0.977)(8)

ここで, I:計測震度, PGA:最大加速度

前章で提案したモデル(caseA)に適用した結果の 誤分類行列と誤差統計量を表-6,表-7に示す (caseB).誤差統計量は,適用の際には事前確率 を考慮していないため十勝沖地震のケースと比較し てやや大きめの値となっているものもある.実際に は被害があったのに,被害なしと推定したメッシュ が25存在しているが,全体としての誤分類率は小 さい.表-8,表-9にノード0(最初の分岐)におけ る応答と改善度を示す.十勝沖のケースと比較して も地形条件による影響が最も大きい点が共通してい る.改善度の値は十勝のケースよりやや大きい.震 度階・管種は,選択したノードに対して一定値を持 つ場合が多く,改善度に及ぼす影響は少ない.

被害がないであろうと予測されたのに実際には被 害があった 25 メッシュについて分析を行う.予測 された被害と実際の被害を比較し,表-10,図-13 に 示す.段丘堆積部近辺にも正誤分類 B に属する点 が何点か見られるが,平野部の沖積層に見られる正 誤分類 B に属する点は 150~200mm と対象ケース の中では口径の小さい配水管ネットワーク上に見ら れる.そのうちの何点かは河川の周辺に被害が見ら れ,十勝沖では見られなかったが河川も地形条件に 影響していることがわかる.その地域に特徴的な条 件を除いてはある程度被害の発生する割合の高いメ ッシュを抽出することが出来た.



(3) 長岡市における被害要因分析

長岡市の被害要因分析を行う.新潟県中越地震に おける長岡市の震度は十勝沖地震の浦河町より大き く,震度のカテゴリに,6強および7を追加した (表-11).長岡の対象ケースでは「管種」はほぼ 均一であるため説明変数として分岐できず,改善度 への影響は少ない.樹木を成長させ交差検証と剪定 を行った結果の決定樹木を図-14に示す.改善度は 表-12に示されている通りである.「地形」が初め の分岐となることは同様であるが,十勝沖地震のケ ースと異なるのは河道地形が大きく関与している点 である.そのために被害ありを被害なしと誤分類す るケースが生じている.

地形カテゴリ 1(傾斜地盤),2(切盛境界)お よび 3(河道・水田)のとき,被害が生じる割合が 高い.とくに切盛境界地形のとき,3割程度の割合 で被害が現れている.地形カテゴリが 1,2,3 かつ震 度が6強になると被害が発生する割合が高くなるこ とが知られる.また,地形カテゴリが 4(その他) で地盤が硬地盤のとき,被害が生じる割合が高い. これは地盤が軟弱なほうが被害が現れやすいという 一般的な傾向とは逆であるが,地形カテゴリ 4かつ 地盤カテゴリ 1(硬地盤)で被害が現れている 4 被 害地点は段丘堆積物および造成地の境界付近に相当 しているからである.対象地域では切盛境界地形は



図-14 交差検証と剪定を行ったモデル

ほとんどが南東の段丘堆積物地盤に属し,地盤の影響より地形の影響を大きく受けているためこのような傾向が現れている.

長岡市のケースに関しては震度を説明変数に分岐 すると震度6以上で被害が大きくなり,管径を説明 変数に分岐すると,口径300mm以上の大口径管路に は被害は少ないことが知られた.地形カテゴリ2か つ震度6以上になると被害発生割合は3割以上とかな り高い.十勝沖地震のケースは河道地形に被害が見 られなかったが,長岡のケースでは地形カテゴリ3 も被害の発生割合の高い地形であるといえる.

(4) モデルの修正

+勝沖地震の対象地域 1,193 点と新潟県中越地震 の対象地域 1,375 点をデータベースに,予測モデル の再構築を行った.

ノード 0 における改善度を表-13 に,検証および 剪定を行ったモデルを図-15 に示す(caseC).ノー ド 0 における改善度に注目すると,震度 6 弱以上で 被害が発生する確率が高くなり,管種に注目すると ACP 石綿管 や DCIP 管(A,K型)(ダクタイ ル管,A,K型継ぎ手)で被害発生確率が高くなる ことがわかった.また,十勝沖地震のケースや長岡 のケースのみの場合と比較して全体的に条件が複雑 になっている.改善度の値はさほど大きく ないも のの地形条件が大きく影響を与えている点は共通で ある.地形カテゴリ 1,2 および 3 の場合,やはり 被害割合は高い.長岡市のケースの場合,十勝沖地 震と比べると対象としたメッシュが均一な条件を持 つところが多かったため,複雑な分岐は十勝沖地震

B:地形	0.0752
E:震度	0.0309
C:管種	0.0203
A:地盤	0.0168
D:管径	0.0157





図-16 被害発生割合分布(浦河町)

のケースの影響を受けている.しかし河道地形が被 害に及ぼす影響を考慮した分岐を新たに生成できた.

上記のように修正したモデルを十勝沖地震の浦河 市および新潟県中越地震の長岡市の水道システムに 適用した.どちらも誤分類は 0.2 前後となり,修正 モデルのある程度の妥当性が知られた.この予測結 果をもとに浦河町および長岡市の被害発生割合を示 したものが図-16(caseD)および図-17(caseE)で ある.管路被害場所が大きく外れることはない.こ れにより被害発生割合の高い地域をある程度把握す ることができる.

十勝沖地震に適用を行った結果の誤分類行列および統計量と新潟県中越地震に適用を行った結果の誤分類行列と統計量との比較を表-14 に示す.新潟県中越地震における長岡市の被害に前章の手法



図-17 被害発生割合分布(長岡市)

表-14 各モデルの誤分類の比較

case	caseの内容	誤分類率	実際1を予測:0 としたケースの 割合	実際:0を予 測:1としたケー スの割合
caseA	浦河を基にしたモデル	0.170	0	0.170
caseB	長岡にを適用	0.038	0.018	0.055
caseC	浦河と長岡を基にした 修正モデル	0.204	0.005	0.199
caseD	caseCを浦河に適用	0.223	0.002	0.221
caseE	caseCを長岡に適用	0.188	0.009	0.179

(caseA)の適用を行った結果(caseB),誤分類率 0.038の精度で被害が発生しやすい地域を特定する ことができた.誤分類率はcaseAよりもcaseBのほう が小さい結果となったが,被害がないであろうと予 測されたのに実際には被害があったケースの誤分類 の割合が多かった.これは十勝沖地震のケースでは 見られなかった河道地形での被害の誤分類が目立っ たからである.震度がある程度大きくなれば,地形 が被害要因に著しい影響を及ぼすことが確かめられ た.

5.まとめ

本研究では,データマイニング手法を用いて2003 年十勝沖地震をモデルケースに被害要因分析を行い, 配水管被害予測手法を提案した.2003年十勝沖地震 においては,地形が被害の有無に大きく影響を及ぼ していることが知られた.傾斜地盤や切り盛り境界 には被害が発生しやすい.次に震度階がおもな要因 となり,震度が5以上になると被害が発生する確率

が高くなることが知られた.

提案した手法の妥当性に関して検証およびモデル の修正を行った.新潟県中越地震における長岡市の 被害に手法の適用を行った結果,誤分類率4%以下 の精度で被害が発生しやすい地域を特定することが できた.十勝沖地震のケースでは見られなかったか 河道地形での被害の誤分類が目立ったが,地形が被 害要因に影響を及ぼすことを確かめることができた. また,新潟県中越地震の長岡市の被害について分析 を行った.浦河町のケースと長岡市のケースのデー タベースを用いて被害予測モデルの修正を行った. 河道地形による影響を考慮することができ,浦河町 および長岡市に適用してその妥当性を確認した.本 手法により,被害率(件/km)を用いた被害件数の 予測とは異なり,被害位置を特定する手法を提案す ることが可能である.

しかし,地域毎に関与する独自の要因があるので, その地域における過去の地震における管路被害場所 や地域の地形・地盤特性を配慮して,地域毎の地中 管路被害予測のための決定樹木を求める必要がある.

謝辞:浦河町水道局および長岡市水道局には,お忙しい業務の中,本研究に対して,貴重なデータを御 提供いただきました.ここに記して厚く御礼申し上 げます.

参考文献

- 高田至郎,宮島昌克:水道配水管の被害予測手法に ついて,(財)災害科学研究所,1997.

- 3) 名古屋市地震防災会議地震対策専門委員会:地震時 における名古屋市の水道管の被害予測調査,1980.7.
- 4) S. Takada, M. Miwa, M. Nakano and K. Fujiwara: Eathquake damage and damage predicition method of underground telecommunication conducts, Proceedings of 3rd International Conference of Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 1987.6
- 5) 福田剛志,森本康彦,徳山豪:データサイエンスシリ ーズ第3巻 データマイニング,共立出版,2001.9.
- SPSS Inc. :Answer Tree 3.0J User's Guide , SPSS Inc. , 2001.
- 7) 土木学会:2003年十勝沖地震被害調查報告書,2003.
- 8) ライフライン工学研究所:2003年十勝沖地震による 浦河町・豊頃町・池田町における埋設管路被害に関 する調査報告書,2003.
- 9) 浦河地域の地質:地質調査総合センター,2002.
- 10) 1982年浦河沖地震・1983年日本海中部地震災害調査 報告書:日本建築学会,1984.
- 11) 高田至郎,上田直樹:計測震度に対応した新しいア ンケート震度の算定手法,第10回日本地震工学シン ポジウム論文集,pp.631-636,1998.
- 12) 土木学会HP:土木学会・平成16年新潟県中越地震災 害緊急調査団http://www.jsce.or.jp/report/32/
- 13) 高田至郎,李騰雁,西川啓二:観測記録に基づく地 震動補間推定,平成10年度関西支部年次学術講演会, 土木学会関西支部,ppI-2-1,1998.
- 14) 新谷正樹,鍬田泰子,高田至郎:加速度係数とテレ ビ挙動解析を用いた最大加速度推定法の提案,土木 学会地震工学論文集,2005(印刷中).

(2004.3.14受付)

Estimation of Pipeline Damage due to Earthquakes by KDD

Yasuko Kuwata, Emiko Harayama, and Shiro Takada

It is an important issue to estimate pipeline damage with high accuarracy and to implement earthquake countermeasures based on it. We analyzed damage factors in a model case of the 2003 Tokachi-Oki Earthquake, and proposed estimation method of water pipe damage by Knowledge discovery in database (KDD) method. Furthermore, the proposed method was applied to the suffered area in the 2004 Niigata Chuetsu earthquake and it was examined its accuracy. Based on the estimation method, damage location can be specified in terms of small mesh of the area.