

## 震度情報に基づく供給系ライフラインの地震時機能性の二段階評価モデル

岐阜大学大学院 学生員 ○鈴木 康夫  
 岐阜大学 正会員 能島 暢呂 杉戸 真太  
 清水建設和泉研究室 正会員 石川 裕 奥村 俊彦

## 1. はじめに

地震による供給系ライフライン機能の停止の可能性および停止期間を予測することは、地域防災計画や地震リスクマネジメントの重要な課題である。本研究では、1995年兵庫県南部地震の被災事例に基づいて、震度のみをパラメータとして、供給系ライフラインの地震時機能を、(1)機能停止の有無の確率予測、(2)機能停止が発生したという条件下における機能停止期間の確率予測、の二段階で評価するモデルを提案する。

## 2. データベースの構築

## 2.1 分析対象範囲

本研究では、1995年兵庫県南部地震における地震動強度分布と、ライフライン機能の被害と復旧のデータをGIS上で集計した。分析の対象範囲は、兵庫県の被災を受けた本州側の主要8市と大阪府北部の17市2町(能勢町を除く)とした。集計の基本単位は町丁目とした。

## 2.2 震度分布に関するデータベース

1995年兵庫県南部地震では多数の強震記録が得られたが、評価モデルの構築を行うには、広範囲での震度分布を面的に把握する必要がある。本研究の分析領域を網羅的にカバーするため、山口ら<sup>1)</sup>、高田ら<sup>2)</sup>、鶴来ら<sup>3)</sup>、によるデータを統合処理した結果を広域震度分布として利用する。町丁目単位データをまとめて重複を除いた結果、町丁目数は9010となった。震度の頻度分布を図1に、空間分布を図2に示す。

## 2.3 ライフライン機能停止のデータベース

電気・水道・ガスの停止の有無ならびに停止期間についてのデータベースを構築した。神戸市・芦屋市・西宮市における水道・ガスについては、文献4)によるデータを用いた。その他の市区町の水道・ガスと電気については各事業者からの提供資料によるデータを用いた。

## 3. 機能停止の有無と震度の関係とそのモデル化

図2の震度分布と水道・ガス・電力の機能停止の有無の分布をオーバーレイすることにより、機能停止の有無と震度との関係を考察する。図3は0.1刻みの震度に対する機能停止の有無を二群に分類した頻度分布である。本研究では、ライフライン機能停止の有無を、震度  $I$  を説明変数とする二項ロジットモデル<sup>5)</sup>で表し、機能停止確率  $p$  を次式により評価する。

$$p = \frac{\exp[b_0 + b_1 \cdot I]}{1 + \exp[b_0 + b_1 \cdot I]} \quad (1)$$

パラメータ  $b_0, b_1$  は、最尤推定法を適用して算出する。

図4は、二項ロジットモデルによる機能的脆弱性曲線である。図3より求めた被害割合とよく適合している。また各システム機能を比較してみると、停止のしやすさは電気、水道、ガスの順で、ばらつきの大きさ

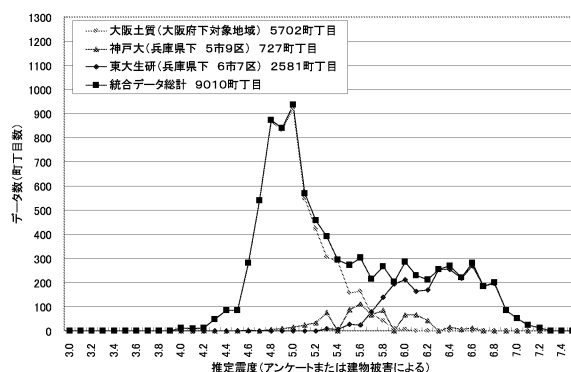


図1 分析対象領域の震度の頻度分布

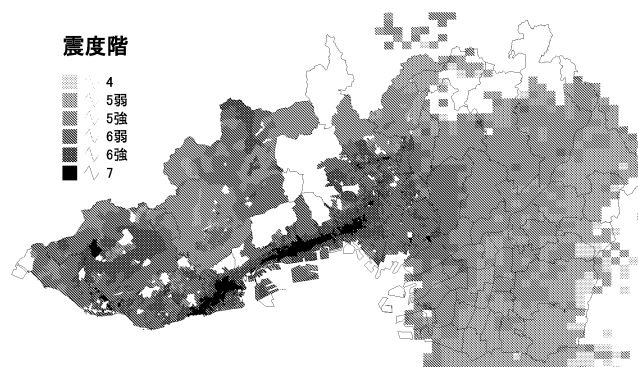


図2 分析対象領域の震度分布

は電気、ガス、水道の順である。評価結果を表1にまとめて示す。各システムとも高い適合度の推定モデルが得られた。

表1 機能的脆弱性の評価結果

	$b_0$	$b_1$	平均	標準偏差	尤度比	的中率
電気	-19.72	3.75	5.259	0.484	0.425	0.818
水道	-26.98	4.72	5.711	0.384	0.618	0.890
ガス	-25.08	4.28	5.861	0.424	0.603	0.878

## 4. 機能停止期間と震度の関係とそのモデル化

図5は、ライフライン機能停止期間と震度との関係をプロットしたものである。ばらつきは大きいものの各システムとも正の相関が認められる。そこで、図5の機能停止期間を予測するモデルを検討する。本研究では、震度幅を  $\Delta I=0.4$  とする移動平均法によって、移動平均  $\mu(I)$  と移動標準偏差  $\sigma(I)$  を各震度  $I$  ごとに算出した。図6に各震度ごとの算出した値を示す。各システムとも復旧所要期間の震度依存性が見て取れる。この算出した値を区分的な二次曲線によるフィッティングでモデル化した。図6にモデル化した曲線を重ねて示すと、データの傾向は二次曲線で比較的良好に表現されている。

$\mu(I)$  と  $\sigma(I)$  を用いて、モーメント法によりガンマ分布に当てはめ、機能停止が発生したという条件下での停止期間を図7に示すようにモデル化した。図5の傾向をよく表した確率予測モデルとなっている。

キーワード：ライフライン、震度、機能停止確率、機能停止期間、兵庫県南部地震

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 TEL：058-293-2427 (Fax 兼用)

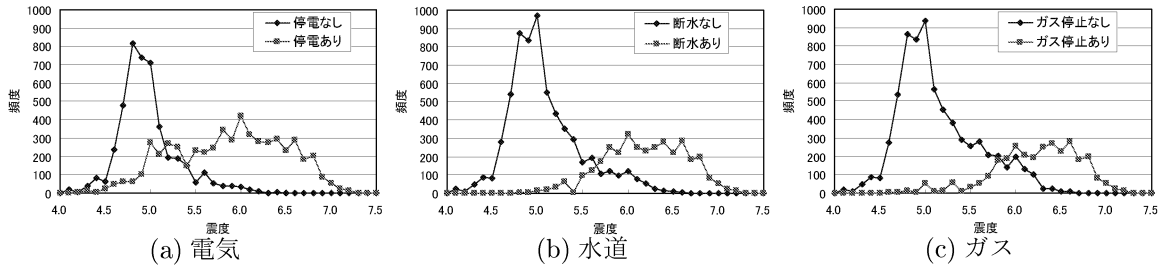


図3 機能停止の有無の震度の頻度分布（単位：町丁目数）

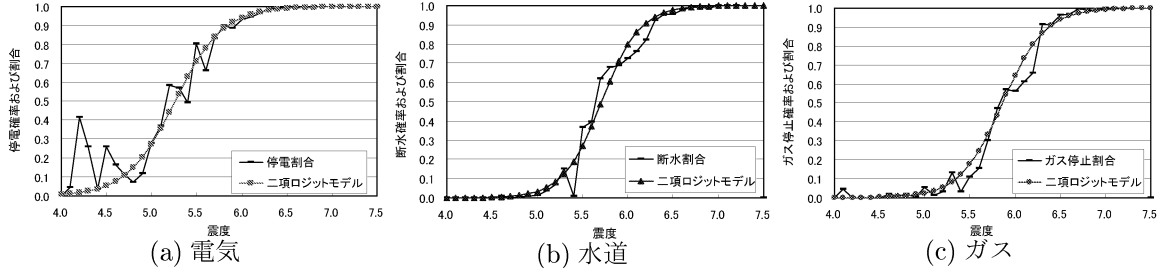


図4 二項ロジットモデルによる機能的フラジリティー曲線

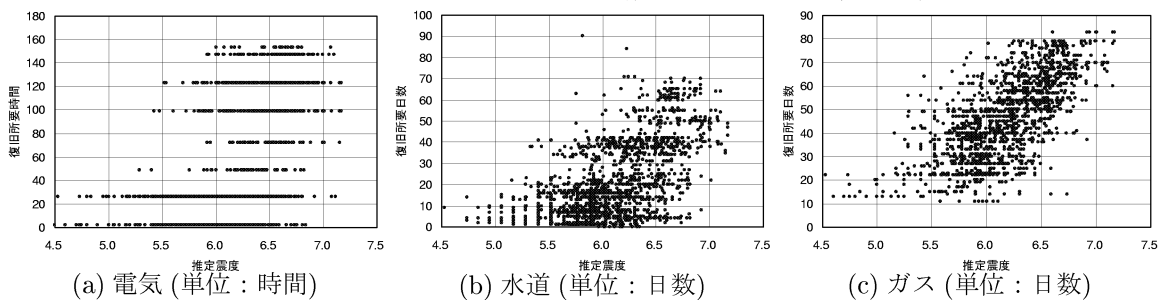


図5 ライフライン機能停止期間と震度の散布図

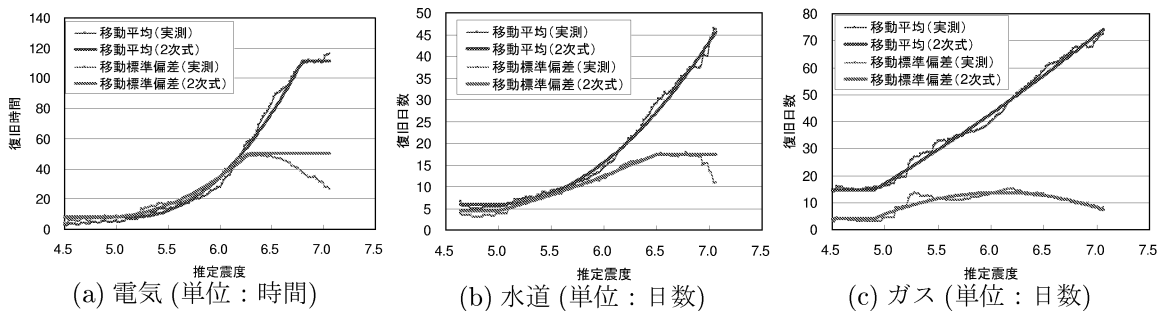


図6 各震度におけるライフライン停止期間の移動平均と移動標準偏差

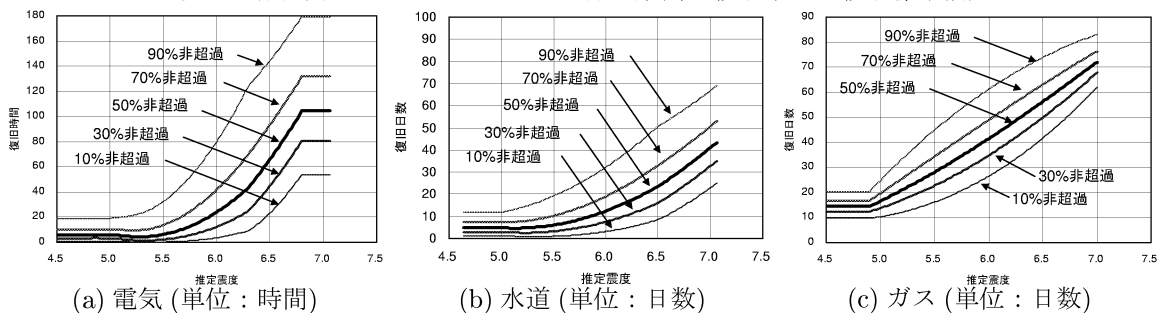


図7 各震度におけるライフライン機能の推定復旧所要期間

5. おわりに

本研究で提案した2つのモデルを組み合わせることにより、着目地点での推定震度に基づいて、ライフラインの機能停止確率と、停止した場合の機能停止期間の分布を予測することが可能となる。地震動強度と直結した機能的被害予測は、その簡便さの反面、推定精度の限界もある。それでも必要データ・時間・労力のトレードオフを考慮した場合、広域的な簡易推定などの目的には有効性を発揮するといえる。

謝辞:本研究で利用したデータをご提供いただいた多くの方々に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 山口直也, 山崎文雄: 1995年兵庫県南部地震の建物被害率による地震動分布の推定, 土木学会論文集, No.612/I-46, pp.325-336, 1999年1月.
- 2) 高田至郎, 嘉嶋崇志: 兵庫県南部地震に関するアンケート調査 - 集計結果報告書 -, 1996年11月.
- 3) 鶴来雅人, 澤田純男, 入倉孝次郎, 土岐憲三: アンケート調査による兵庫県南部地震の大阪府域の震度分布, 土木学会論文集, No.612/I-46, pp.165-179, 1999年1月.
- 4) 亀田弘行, 岩井哲, 碓井照子, 能島暢良, 坪井健次, 古藤智子, 小川安雄, 松下真, 藤田裕介, 橋上重弘: 総合防災研究報告第六号 阪神淡路大震災におけるライフラインの復旧過程と生活支障のGIS分析, 京都大学防災研究所総合防災研究部門, 1998年3月.
- 5) 東京大学教養学部統計学教室編: 基礎統計学3 自然科学の統計学, 東京大学出版会, 366p, 1992年8月.