

要因分析と損傷予測手法の研究開発と マンホール保全データによる評価

長谷川 隆[†] 石川 雄章[‡] 門間 正挙[‡] 川端 一嘉^{*} 森 治郎^{*} 勝木 康博^{*}

(株)日立製作所 中央研究所[†] 東京大学大学院 情報学環[‡]
日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所^{*}

1. はじめに

日本における社会資本の現状は、今後 20 年間で、老朽化した橋梁(50 年以上)の割合は約 6 倍に増え、技術者は約 2 割減少し、維持管理コストは約 6 割増加すると予測されている。このような状況の下、情報システムによるインフラ事業者の設備保全業務支援手法の研究開発を目的とし、東京大学の社会連携講座「情報技術によるインフラ高度化」^[1]に参画し、運用・保全データを用いた設備の損傷要因分析と損傷予測を行った。

2. 要因分析

本分析の目的は、道路、橋梁、電柱、マンホール等の保全対象設備損傷と運用・保全情報との関連可視化による、保全担当者の損傷要因抽出支援である。結果としての設備損傷情報(以下「結果」と記す)と強い相関がある運用・保全情報(以下「関連情報」と記す)が要因候補となる。また、ある関連情報が結果と強い相関があっても、それが他の関連情報とも相関がある場合、一方の関連情報のみが要因である可能性がある。以上から下記の 2 種類の相関を求める。

(1) 関連情報と結果との相関

(2) 関連情報同士の相関

相関は必ずしも因果関係を表すとは限らないが、相関を可視化し、保全担当者に示すことにより、要因を求める支援を行うことができる。関連情報には、保全対象設備の材質、形状等、の質的データ項目が多く、結果も損傷の有無のような質的値である。そこで、質的データ項目間の相関有無を求める手法として一般的な χ^2 検定^[2]を用いる。同手法では、2 種類の質的値の分布が無相関である確率を p 値として求め、その値が危険率より低い場合には相関有と結論付ける。一方、データ数が少ない値組合せの相関有無は不明なので、データ数期待値が 5 以下の組合せを 25%以上含むデータ項目組合せに関しては、検定対象から外す^[3]。また、危険率 α は 5% / 1%とするのが

一般的である^[2]が、多重相関分析の場合、複数のデータ項目組合せに関して同時に検定を行うので多重比較となる^[4]。そこで、Bonferroni の方法に従い、データ項目 i, j に対する個々の検定の危険率を $\alpha_{ij} = \frac{\alpha}{N \cdot C_2}$ とする(N : データ項目数)。

3. 損傷予測

損傷有と予測された設備の優先点検による保全作業効率化等を目的とし、保全関連情報から損傷を予測するのが損傷予測である。

2 で述べたように、保全関連情報は質的データ項目が多いので、分析手法としては数量化理論 II 類^[5]を用い、学習によって正解率最適化を行い、与えられた説明変数(保全関連情報)の値に対応する目的変数の各値(損傷有/無)の事後確率が大きい方を予測結果とする。

しかし、損傷は稀のため損傷経験有のデータは極端に少なく、学習の結果、損傷無に偏った予測器が構築される。そこで、損傷無の事後確率に bias 値を加えることにより偏りを補正する。 bias 値によって損傷が予測される設備数が変わるが、損傷の見逃しを少なくするか見誤ることによる無駄を減らすのかのトレードオフである予測本来の性質にも合致し、作業リソースにより絞り込みたい保全対象数が変わる実際の保全現場の要求にも対応できる。トレードオフの指標を以下に示す。

(1) 損傷発見率 = (損傷有予測 \wedge 損傷経験有) / 損傷経験有 (見逃しを防ぐ度合いを示す。)

(2) 点検回避率 = 損傷無予測 / 全数 (無駄を防ぐ度合いを示す。)

(3) 点検効率 = (損傷有予測 \wedge 損傷経験有) / 損傷有予測 (効率の良く点検できる度合いを示す。)
但し、全数点検の効率に対する比率で求める。

更に、データ項目全てを用いると、過適合が生じて予測精度の低下を招く場合があるので、予測に用いるデータ項目の取捨選択最適化も行う。

4. 実データによる評価

以上でのべた分析手法に関し、NTT の通信用マンホールの保全関連データを用いて評価を行った。データ仕様は以下の通りである。

・保全対象数: 約 9,000

・保全関連データ項目: 設備仕様、設置環境等に関

Study on Factor Analysis and Damage Prediction, and Their Evaluation using Maintenance Data of Manholes

[†]Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory

[‡]The University of Tokyo, Graduate School of

Interdisciplinary Information Studies

^{*}Nippon Telegraph and Telephone Corp., Access Network Service Systems Laboratories

する 19 項目で、結果データに相当する項目が点検結果である。

4.1. 要因分析

分析結果を表 1 に示す。なお、左表がデータ項目と点検結果の、右表がデータ項目同士の関連を表す。また、記載が無い組合せは、相関があるとは言えないことを表す。また、同表から可視化した要因関連図を図 1 に示す。

表 1 点検結果並びにデータ項目間の関連

データ項目	p値	データ項目 1	データ項目 2	p値
地域	4.4636E-102	道路種別	車両通行位置	1.05E-274
設置年数	2.13477E-18	地域	設置年数	3.44E-274
大きさ	3.95864E-09	地域	車両通行位置	1.395E-79
規格	1.42938E-06	車両通行位置	設置年数	2.09E-59
部品サイズ②	0.000502184	道路種別	設置年数	2.43E-45
部品サイズ①	0.002151021	規格	車両通行位置	4.56E-39
部品種別	0.002653554			

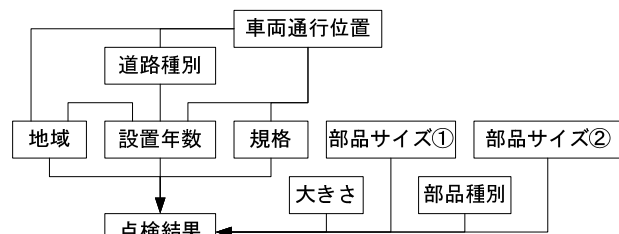


図 1 マンホール保全データの関連図

ここで、矢印が結果と関連情報との関連性を、折線が関連情報同士の関連性を表す。

以上から、大きさや部品種別のような設備仕様に関わるデータは結果に独立に影響していて、場所や時間、設置環境に関わるデータは互いに関連しながら影響を与えていることが分かる。

4.2. 損傷予測

損傷発生率をX軸、点検回避率をY軸としたグラフを図 2 に、点検回避率をX軸、点検効率をY軸としたグラフを図 3 に示す。

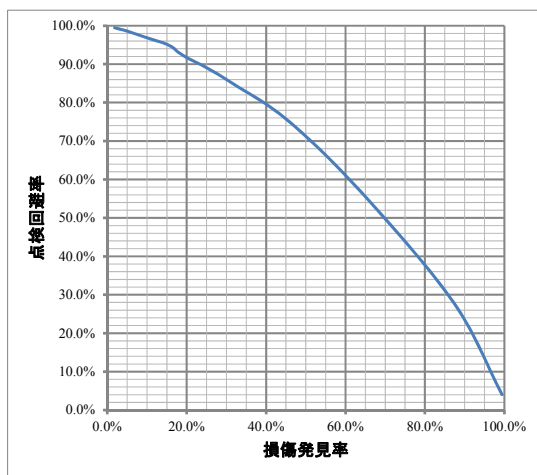


図 2 損傷発生率と点検回避率の関係

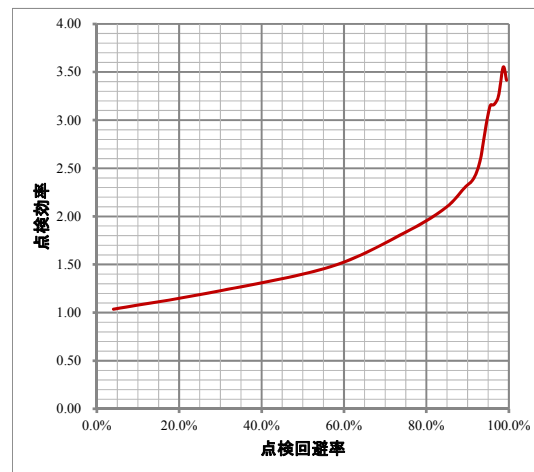


図 3 点検回避率と点検効率の関係

まず、図 2 のグラフから、発見率の低下をどの程度まで許すかを定めると、点検をどの程度回避できるかが分かる。例えば、損傷発生率が 80%程度であることを許すならば、保全対象の点検を約 40%回避でき、損傷発生率を 70%まで許す場合では、保全対象の点検を約半数回避できる。

次に、図 3 から、点検回避率を定めると、点検効率が何倍になるかが分かる。例えば点検回避率を 80% (保全対象の 1/5 を点検) とすれば、約 2 倍の点検効率が得られる。

5. まとめ

情報システムによるインフラ事業者の設備保全業務支援手法の研究開発を目的とし、東京大学の社会連携講座に参画し、設備損傷情報と運用・保全情報との関連性を求める要因分析と、同データから設備損傷を予測する損傷予測の手法を考案し、実データで評価した。要因分析としてはそのコアとなる χ^2 検定を基礎とする多重相関分析を、損傷予測としては bias 値で補正した数量化理論 II 類に基づく手法を考案した。マンホール保全実データにて評価を行い、要因分析に関しては点検結果と他データとの関連可視化を実現し、損傷予測に関しては点検回避率 80%において点検効率約 2 倍の結果が得られた。

今後は、損傷予測結果に基づく点検計画最適化技術の研究を行う。

参考文献

- [1] 「情報技術によるインフラ高度化」社会連携講座 (オンライン), 入手先 <<http://advanced-infra.org/index.html>> (参照 2013/5/28)
- [2] 林周二: 統計学講義, 丸善, (1981)
- [3] 金明哲: R によるカテゴリカルデータの操作と統計量, ESTRELA, No.157, (2007)
- [4] 永田 靖, 吉田 道弘: 統計的多重比較法の基礎, サイエンス社, (2012)
- [5] 内田 治: 数量化理論とテキストマイニング