情報の少ない水道事業体における水道管の破損予測手法

環境計画研究室　廣戸樹里

背景

高度成長期に布設された上水道の管路が
今後10~20年で法定耐用年数を迎える

⇩

施設の健全性・安全性を簡便かつ定量的に診断する技術の
研究開発が喫緊の課題

配水管破損事故率
(管路延長あたり年間破損件数　件/km 年)

$\lambda = C_1 C_2 C_3 a t^b$

既存の破損率予測式

管種	管径	仕様	埋設年数	埋設環境

多数の埋設環境データを管理できていない
中小規模事業体では既存の予測式を使うのが困難

目的

既存の破損率予測式をもとに
中小規模事業体が活用できる予測式を提案，検証

1. ・情報量に応じて場合分け
・場合分けしたケースごとに予測式を提案

2. 提案した予測式の検証
・作成した破損データ
・実データ(広島市の破損データ)
→推定値と観測値の比較

予測式の提案ー情報量に応じて場合分け

他事業体の情報を参考にできるか
[事前情報]

⇨ [できる]ベイズ推定
[できない]GLM推定

GLM推定

埋設年数の情報があるか

⇨ [ある] $\ln\lambda = \ln\lambda' + \ln L = \ln a t^b + \ln L = \gamma_1 + \gamma_2 x + \ln L$

[なし] $\ln\lambda = \ln\lambda' + \ln L = \gamma + \ln L$

ベイズ推定

管路延長の情報に加え埋設年数の情報があるか

[埋設年数の情報なし]

管路延長情報	観測情報
管路延長L0	1年間にn0件の破損発生

$$\pi_1(\lambda) \propto \frac{(\lambda L_0)^{n_0}\exp(-\lambda L_0)}{n_0!} \times \frac{\beta^\alpha \lambda^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)}\exp(-\beta\lambda)$$

$$\int_0^\infty \pi_1(\lambda)d\lambda = 1$$

↓

$\pi_1(\lambda) = G(\lambda \mid \alpha + n_0, \beta + L_0)$ 自然な共役分布

[埋設年数の情報あり]

$[\text{事後分布}] \propto [\text{尤度関数}] \times [\text{事前分布}]$

管路情報	観測情報
埋設年数tiの管路延長Li	埋設年数tiの管路には1年間にni件の破損が発生

$$\pi_1(\lambda) = \prod_i \frac{(\lambda_i L_i)^{n_i}\exp(-\lambda_i L_i)}{n_i!} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a}\exp\left\{-\frac{(a-\mu_a)^2}{2\sigma_a^2}\right\} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_b}\exp\left\{-\frac{(b-\mu_b)^2}{2\sigma_b^2}\right\}$$

MCMC法

推定した予測式の検証(一例)

・作成した破損データ(10年)
・管路延長と埋設年数の情報あり
・事前情報あり

埋設年数	管路延長	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
20年	120km	9	39	25	40	43	51	37	37	43	42
40年	200km	61	105	107	116	101	125	129	123	97	111
60年	180km	220	144	124	134	115	135	149	125	132	107

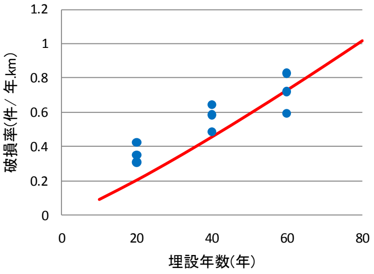

図.1　推定値と観測値の比較

1～5年→推定

6～10年→観測値

予測式は活用可能

実データ(広島市の破損データ)
埋設年数の情報がある場合
事前情報なし

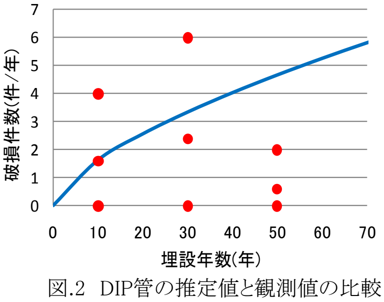

図.2　DIP管の推定値と観測値の比較

破損数にばらつき

⇩

事前情報を利用しない
予測式は活用が難しい

結論

管路情報の少ない中小規模事業体でも
管路の破損予測が可能になった

しかし

破損数にばらつきがある場合には
GLM推定よりも
ベイズ推定が適切であることを確認した