

SDCF 法による解析結果に対するパラメータの影響分析

武蔵工業大学 学生員 近久雄紀
 武蔵工業大学 正会員 丸山 収
 武蔵工業大学総合研究所 正会員 星谷 勝
 攻玉社工科短期大学 正会員 山本欣弥

1. はじめに

確率論的正味現在価値法 (SDCF)¹⁾は、構造物の維持管理戦略を行う際に、現在価値に変換されたすべての収益から損失を差し引いた金額が正になる確率をもって、投資の意思決定に有用な情報を与えるものである。本研究は、上水道システムを例題として SDCF 法による解析結果に与える各パラメータの重要度を分析することを目的としている。

2. SDCF 法の上水道システムへの適用

評価期間 n 年間の正味現在価値 (NPV) を $Y^{(n)}$ とし、式 (1) に基本式を示す。ここで、 C_i は収益、 Q_i は維持管理費、 S_i は地震損失、そして、 B_i は、市民に与える効用を金額に換算した便益である。また、 v 、 v_n は、それぞれ、現状と n 年後の資産価値である。 s は、便益に対する現在価値割引率 (社会的割引率) である。

$$Y^{(n)} = -v + \sum_{i=1}^n B_i (1+s)^{-i} + \sum_{i=1}^n (C_i - Q_i - S_i) (1+r)^{-i} + v_n (1+r)^{-n} \quad (1)$$

また、投資効率指標 P_B は、 s および r による条件付確率として、式 (2) によって定義される。

$$P_B = P(Y^{(n)} \geq 0 | s, r) \quad (2)$$

3. 数値計算例

(1) 解析対象モデル

紙面の都合上、詳細は省略するが図-1に示す上水道システムを例題として、SDCF 法による地震対策の検討を行う。地震による構造被害は、管路のみに発生し、その延長方向にポアソン過程に従って分布するものと仮定する。管路の被害推定には、次式を用いる。

$$Rm(vel) = C_p \times C_d \times C_g \times C_\ell \times R(v) \quad (3)$$

$$R(vel) = 3.11 \times 10^{-3} \times (v - 15)^{1.30} \quad (4)$$

ここで、 $R_m(vel)$: 平均被害率 (箇所/km)、 $R(vel)$: 標準被害率評価式、 C_p : 管種補正係数、 C_d : 管径補正係数、 C_g : 地盤補正係数、 C_ℓ : 液状化補正係数、 vel : 地表面最大速度 (kine) である。

地震損失 S_i は、被害管路の再調達価格とする。地震被

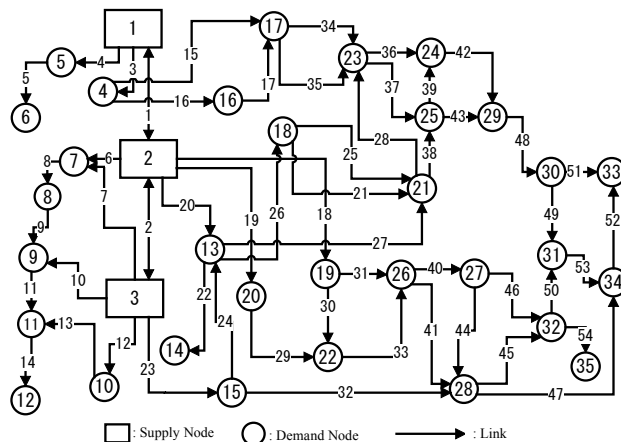


図-1 上水道ネットワーク

害の発生によって断水が発生すると年間の水道料金収入が減少し、さらに、住民が享受する便益が減少する。そのため、収益 C_i および便益 B_i は、地震損失 S_i の関数となるため確率変数である。

上水道システムに影響を与える3つのシナリオ地震をハザードとして用いる。その発生は、評価期間 n 年間に多くても1回とする。

収益 C_i は、平均値 445 億円、変動係数 5% で正規分布に従うものとする。支出 Q_i は確定量で、その内訳は毎年定常にかかる管理運営費 428 億円と、地震対策実施時の費用 93.3 億円である。また、資産価値 v は 1,290 億円、便益 B_i は、市民生活の基本に与える影響、病院医療、火災時の消防用水について検討して 36 億円としたが、これは収益 C_i の約 8% に相当する。簡単のため、社会的割引率 s と割引率 r は区別せず、等しい値と仮定する。

(2) 解析結果

はじめに地震対策は単年度で完了するものとし、割引率を4%と共通に用い、地震対策を行わない、実施時期を1年目、6年目、16年目と4ケースを検討する。地震対策の実施により、管路の耐震性が向上し、地震発生時の損失が減少する。評価期間 $n=30$ 年間として、モンテカルロシミュレーションにより式 (1) より $Y^{(30)}$ のサンプル実現値を 1000 セット作成し、主成分分析を行った。図-2では各成分の寄

与率を比較した。図-2により、第一、第二の主成分が卓越していることが分かる。図-3は第一主成分の因子付加量を示している。第一主成分は、地震損失の影響が少なく、地震が発生しない状態における因子付加量を示しているものと考えられる。図-4は、第二主成分の因子付加量を示している。この場合には、地震損失の影響は顕著である。式(1)による正味現在価値の値は、地震発生により大きな変動を示し、地震被害以外の因子の変動よりも影響度が高いと考えられる。地震損失は非常に稀に起こるものと考えられるが、図-2より、地震損失の影響は全体の2割程度に影響しているものと考えられる。

図-5は割引率のみを変化させた場合の成分の寄与率を示している。ここでは、一様乱数を用いて割引率を4-5%、6-7%、9-10%の範囲で変動するように仮定した。その際地震対策は共通に16年目に一度行うこととした。図-6および図-7は、第一主成分、第二主成分に対する各因子付加量を示している。共通に4%の割引率を用いた図-2と図-5を比較すると第二主成分の影響が増加していることが分かる。地震がどの時点で発生するかということ是不確定であるが、その損失を現在価値に割引く因子の変動が大きいことを示唆しているものと考えられる。

4. まとめ

本研究は、SDCF 法による解析結果に対するパラメータの影響分析を行い、解析結果に与える各パラメータの重要度を分析した。ここでは、地震損失が発生しない場合も含めて解析を行ったが、非常に稀に発生するがその影響が多である地震損失の影響を考慮できる分析が必要であると考えている。将来発生する現象に対して重要因子の予測精度向上がリスク評価の際に最も重要である。

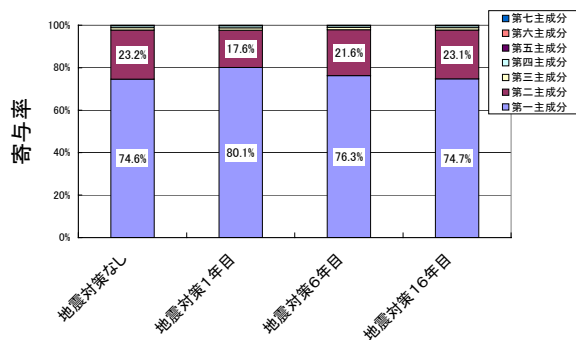


図-2 地震対策を行う場合の寄与率

参考文献:1) 中村孝明, 星谷勝, 望月智也:地震リスクを考慮した確率論的 DCF 法による資産価格とマネジメント, 土木学会論文集 No.752/ I-66, 169-178, 2004年1月。

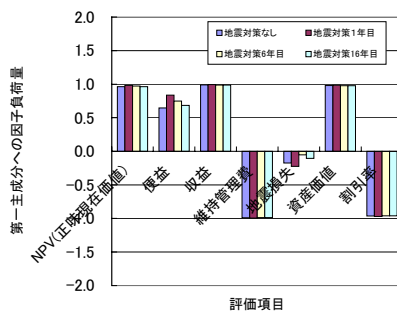


図-3 第一主成分への因子負荷量

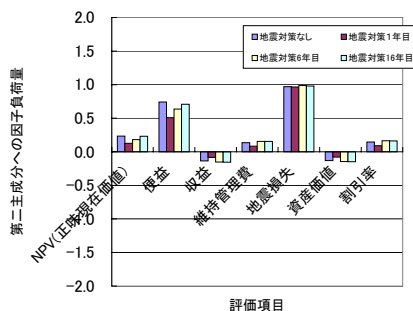


図-4 第二主成分への因子負荷量

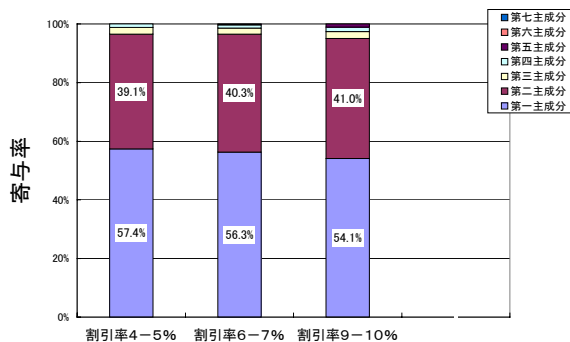


図-5 割引率を変化させた場合の寄与率

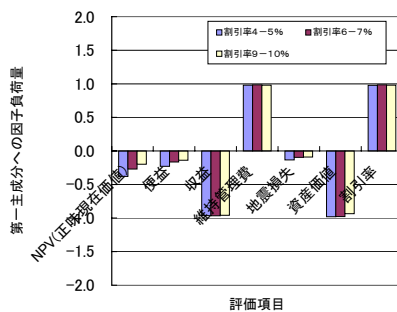


図-6 第一主成分への因子負荷量

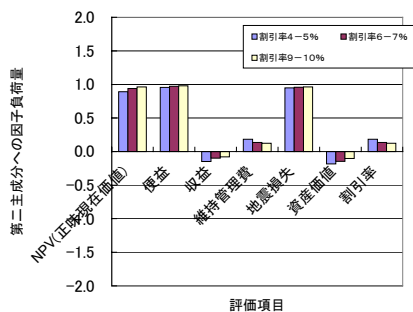


図-7 第二主成分への因子負荷量