

データ精度向上を踏まえたアセットマネジメント開始時期決定に関するモデル分析

名古屋工業大学大学院 学生員 杉原 有彦
 名古屋工業大学大学院 正会員 秀島 栄三

1. はじめに

中長期的な視点をもって効率的な維持管理を行うアセットマネジメントにおいては点検、補修等を通じて構造物の維持管理に関する更新データを取得・蓄積することは一つの基本的業務となる。蓄積されたデータにより構造物の劣化過程を予測し、ライフサイクルコストを最小化する最適補修政策を策定する。取得データが少ない段階では劣化予測の精度が低いため、これにより導出される補修政策は必ずしも最適とは言い切れない可能性がある。しかしながら精度向上を待ち続けてはアセットマネジメントを開始することが出来ない。そこで本研究では、アセットマネジメント開始時期の決定方法を提案する。具体的にはデータの精度に基づいて最適なアセットマネジメント開始時期を決定するためのモデル式を構築し、仮想データに基づくシミュレーション分析を行う。モデル式にはリアルオプション理論を用い、シナリオ別の投資効果に基づく判定プロセスを定式化する。

2. データ精度向上の価値

点検・補修を通じてデータを取得するには相応のコストを要する一方、それにより劣化予測の精度が向上する。すなわちデータを取得するにつれ費用対効果(価値)は上昇していくものと捉える。

構造物の劣化過程として、機能が時刻と共に低下するという疲労の特徴を式(1)のワイブル分布 $F(t)$ で示す。

$$F(t) = \exp \left\{ - \left(\frac{t}{\beta} \right)^\alpha \right\} \quad (1)$$

$F(t)$ は、は構造物供用後の経化時間 t で、機能が正常に働いている確率を示している。式(1)の形

状母数 α 、尺度関数 β は点検・補修により得られたデータより推定する。ここでは、式(2)のベイズ推定により二母数 α, β を更新して情報の精度を高めていくこととする。

$$P(\theta | A) = \frac{P(A | \theta)P(\theta)}{\int_{\theta} P(A | \theta)P(\theta)d\theta} \quad (2)$$

推定対象の母数 $\theta (\alpha, \beta)$ は確率密度関数に従うばらつきを持つものとし、事前分布 $P(\theta)$ を得られた事象 A の情報を取り入れ、母数の事後分布 $P(\theta | A)$ に更新することで推定を行う。このようにデータベースから予測される分布を初期の事前分布としてベイズ推定を開始し、以後は点検し情報を取得するたびに更新し、母数の推定精度を高めていく。表1にその一例を示す。

表1 ベイズ推定による母数の更新結果

更新回数	0	1	2	3	4	5
α	0.870	1.086	1.134	1.151	1.157	1.162
β	371.00	380.42	383.14	386.24	389.10	389.51

ライフサイクルコスト(以下 LCC) は推定された劣化過程をもとに算出されるので、式(1)を更新するたびに精度が高くなり、ライフサイクルコストの最小値(以下 $\min LCC$)の算定値も更新される。これより、ベイズ推定を用いて更新したデータの精度向上を事業価値として捉え、更新される前の $\min LCC_0$ と、 i 回繰り返してデータを取得した時の $\min LCC_i$ の差とする。データ取得にかかるコスト C を考慮し、 i 回目の事業価値 S_i は、以下のように表す。

$$S_i = | \min LCC_i - \min LCC_0 | - C \quad (3)$$

3. オプションを考慮した事業価値の算出

リアルオプションとは、不確実性を持つ事業へ

の投資の際に意思決定者が持っている選択権のことで、事業投資のリスクを緩和する手段として用いられる。不確実な状況で意思決定をする際、事業を「実施する」、「実施しない」という判断に加え「延期する」という延期オプションを持っていれば、状況がより確実になるまで選択を待つことができ、投資のリスクを緩和できる。

図1のように2項モデルを用い、以下の上昇シナリオと下限シナリオの間で起こる事業価値の変動を順に意思決定を延長できる期間すなわち計画年次 T まで計算を行う。 T は、土木構造物の事業評価期間を考慮して決める。

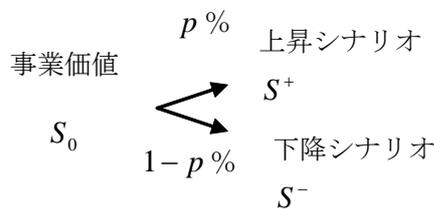


図1 2項モデル

上昇シナリオの事業価値 S_i^+ は、データ取得・蓄積をし、劣化曲線・ $\min LCC$ が更新されていく場合と考えるため、以下式(4)で示す。

$$S_i^+ = |\min LCC_i - \min LCC_0| - C \quad (4)$$

下落シナリオの事業価値 S_i^- は、作業しデータを蓄積するにもかかわらず、劣化曲線・ $\min LCC$ が更新されない場合、情報収集コスト C だけ毎時かかっていくため、以下の式(5)で示す。

$$S_i^- = -iC \quad (5)$$

上昇シナリオが実現するような確率、リスク中立確率 p は式(6)で表わされる。

$$p = \frac{(1+r)S_0 - S^-}{S^+ - S^-} \quad (6)$$

2項モデルにおいて、第2期以降に上昇シナリオと下落シナリオの間に発生するシナリオの事業価値は、上限値と下限値を等分するような値とする。各期の事業価値については安全利子率 $r (=0.04)$ を用いて各期開始時点の価値に割り引く。

次に、 T 期のオプション価値から2項モデルの

枝を現在までさかのぼる後退計算を行うことで式(6)によって延期オプション価値 $E(t)$ 、実現価値 $H(t) (=S_i - K)$ を比較し、オプション価値 $V(t)$ を求めていく。ここで K はアセットマネジメント開始にかかる費用である。

$$E = \frac{pV^+ - (1-p)V^-}{1+r} \quad (6)$$

4. 意思決定モデル

アセットマネジメントを「実施する」「実施しない」「延期する」場合の価値、それぞれ $H(t_i), 0, E(t_i)$ を比較し、「実施する」場合の価値 $H(t_i)$ が最も大きい場合、その時期に事業を開始できる。すなわちアセットマネジメントを実施出来る時期であると判断する。その時期を事業実施開始時期 $t = t_i^*$ とすると t_i^* は以下のモデルで決定される。

<最適実施時期 t_i^* の決定モデル>

$$V(t_i) = \max\{H(t_i), 0\} \quad (t_i = T)$$

$$V(t_i) = \max\{E(t_i), H(t_i), 0\} \quad (0 \leq t_i < T)$$

*決定条件

① $V^*(t_i) = H(t_i)$ の場合、 $t = t_i^*$ となりオプションを行使する(事業を開始する)。

② $V^*(t_i) = E(t_i)$ の場合、オプションを保持する(事業を延期する)。

③ $V^*(t_i) = 0$ の場合、計画年次ではオプションを行使しない(事業を実施しない)。

以上のように構築したモデルに対する分析の結果は発表時に述べることとする。

5. おわりに

現状において、劣化過程を説明するに足る構造物データを有する土木施設管理者は極めて少ないと予想される。

本研究では、アセットマネジメント実施を検討する管理者を想定し、しばしば開始の阻害要因となる点検・補修データの未整備を考慮して開始時期の適切性を判断するための方法を提案した。