

空港滑走路舗装における最適調査時期の評価に関する基礎的検討

東京都市大学 学生会員 ○田崎 陽介
東京都市大学 正会員 吉田 郁政

1. はじめに

日本において、空港舗装を対象とした維持管理計画に関する既往研究の多くは舗装補修指数 PRI (Pavement Rehabilitation Index) ¹⁾ に基づく検討がなされている。しかし、劣化特性の空間的な特性や不確定性を考慮した研究はまだ多くない。

著者ら ²⁾ は空港滑走路舗装を対象とし PRI を用いて空間的な特性を考慮した劣化予測の検討を行い、その特性パラメタを最尤法から決める場合の問題点について検討を行った。本研究ではその劣化予測に基づき、実在する空港の滑走路を対象とし、情報の価値 (Value of Information, VoI) ³⁾ を用いた最適調査時期に関する基礎的な検討を行い、その適用可能性を確認した。

2. 検討対象の滑走路と調査データ

本研究では熊本空港の調査データをもとに検討をおこなった。熊本空港の滑走路は縦 30m, 横 21m を 1 ユニットとし、全 100 ユニットからなる。ユニットごとに CR ひび割れ率 (%), RD わだち掘れ (mm), SV 平坦性 (mm) の調査が行われている。空港舗装を対象とした舗装補修指数 PRI は次式より定義される ¹⁾。

$$PRI = 10 - 0.45CR - 0.0511RD - 0.655SV \quad (1)$$

PRI の値から補修の必要性が A 評価, B 評価, C 評価の 3 段階で評価される。

著者ら ²⁾ ははじめに、ユニットごとに最小二乗法を用いて、PRI と補修からの経過年の関係から、簡単な劣化予測式を求めた。次に、劣化予測式の傾きの分布に対し、階層ベイズの考え方に基づき空間的な関係性を考慮することで、空間的特性を考慮した劣化予測式の傾きの分布を図-1 に示すように推定した。ここで、 σ_{M0} は滑らかさの程度を表すパラメタであり、 σ_{M0} の値が小さければ小さいほど滑らかとなり、直線に近づく。

3. 情報の価値に基づく最適調査の評価方法

VoI とは、不確定性を考慮した意思決定のための指標であり、環境リスク、医学、情報工学などの多くの分野で利用されている。しかし、土木分野での利用は多くはない。

特定のユニットに対し、第 2 章で述べた手法により得られた、空間的特性を考慮した劣化予測式の傾きに基づき、ある補修からの経過年での PRI の平均値と分散を推定する。今回は経験的に $\sigma_{M0}=0.01$ とした場合の劣化予測式の傾きを用いて検討を行った。本研究では、推定値が基準値を下回る場合は補修が必要、上回る場合に補修不要と判断すべきと仮定する。PRI による評価において、3.8 以下で C 評価となり、できるだけ早急の補修が必要と判断されるため、基準値は 3.8 とした。また、補修必要性の判断と実際の調査結果に対しペナルティ C_{11} , C_{12} , C_{21} , C_{22} を設定する。例えば、補修が不要であると判断したが、実際は必要であった場合、空港の運行を停止し補修を行う等の対策が必要と考えられ、その経済損失をペナルティ C_{12} として考慮する。各ペナルティとその発生確率を掛け合わせることで判断のリスク、つまり判断による経済損失の期待値を算定する。リスクの小さい意思決定をすることが合理的であり、補修が不要である確率を P_1 とすると、あるユニットの判断リスク J は、次式より求められる。

$$J = \min(C_{11}P_1 + C_{12}(1-P_1), C_{21}P_1 + C_{22}(1-P_1)) \quad (2)$$

追加調査前後の判断リスクの差分が VoI である。あ

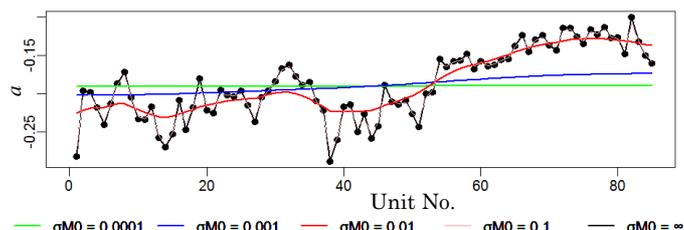


図-1 異なる σ_{M0} での劣化予測式の傾き a の分布

キーワード 情報の価値, 維持管理, PRI, 階層ベイズ, 劣化予測

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL 03-5707-0104

る補修からの経過年における PRI の評価値ベクトル x が観測量ベクトル z によって更新されたとする。観測量ベクトルに関する確率密度分布を $p(z)$ とすると、VoI は次式で表される。

$$VoI = \int J(x|z)p(z)dz - J(x) \quad (3)$$

本研究において VoI は情報を得ることによるリスク削減量の期待値と捉えることが出来る。VoI が最大となる時点での調査は、判断リスクを最も削減できるということを意味する。

4. 空港滑走路舗装における最適調査時期の検討

調査誤差 $\sigma_{obs}=0.01$, ペナルティがそれぞれ $C_{11}=0.0$, $C_{12}=10.0$, $C_{21}=1.0$, $C_{22}=1.0$ と仮定し、ユニットごとに最適調査時期の検討を行った。式(1)より、はじめどのユニットにおいても、PRI の値が 10 であると、経年によりその値が低下し、劣化する場合を仮定した。

ユニットごとの最適調査時期についてまとめたものを図-2 に示す。最適調査時期の分布は、推定した劣化予測式の傾きの分布に比例し劣化の進行が早いユニットほど早めの調査が必要という結果となった。滑走路全体で見た場合、ユニット 1 から 50 近辺で、健全な状態から 25 年程度での調査が最適な時期となり、早めの時期に調査したほうが良い、ユニット 70 からユニット 85 近辺では、38 年程度が最適調査時期となり、ある程度遅い時期の調査でもよいという結果となった。

また、ユニット 40, 60, 80 における、VoI の経過年による変化を図-3 に示す。図には点検を行う場合と行わない場合のリスクも合わせて示しており、そ

の差分が VoI となっている。最適調査時期における VoI の値そのものは、どのユニットも同程度であった。

5. おわりに

今回、熊本空港の滑走路を対象とし、VoI に基づく最適調査期間の検討を行った。これにより、今回検討した手法が、実在する空港滑走路に対して適用できる可能性を確認することができた。

本検討では劣化を時間の一次式で表現しているがより柔軟性の高い関数を使うことが好ましい。今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 福手勤, 佐藤勝久, 八谷好高, 山崎英男: 路面性状による航空舗装の供用性評価, 港湾技研資料, No.414, 1982.
- 2) 田崎陽介, 吉田郁政: 空間的特性を考慮した空港滑走路舗装の劣化予測とハイパーパラメタの決定に関する検討, 第 44 回土木学会関東支部技術研究発表会, 第I部門, 2017.
- 3) 吉田郁政, 大竹雄, 本城勇介: 情報の価値 Value of Information に基づく最適な観測点位置および箇所の評価方法, 土木学会論文集 A2, Vol. 71, No. 1, pp. 1-13, 2015.

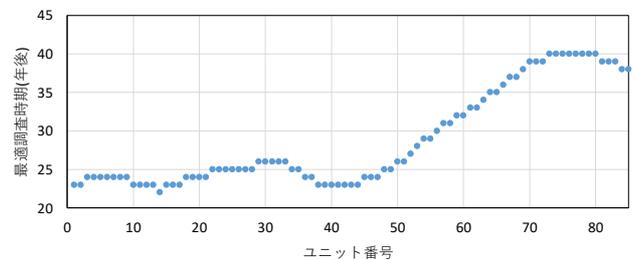


図-2 ユニットごとの最適調査時期

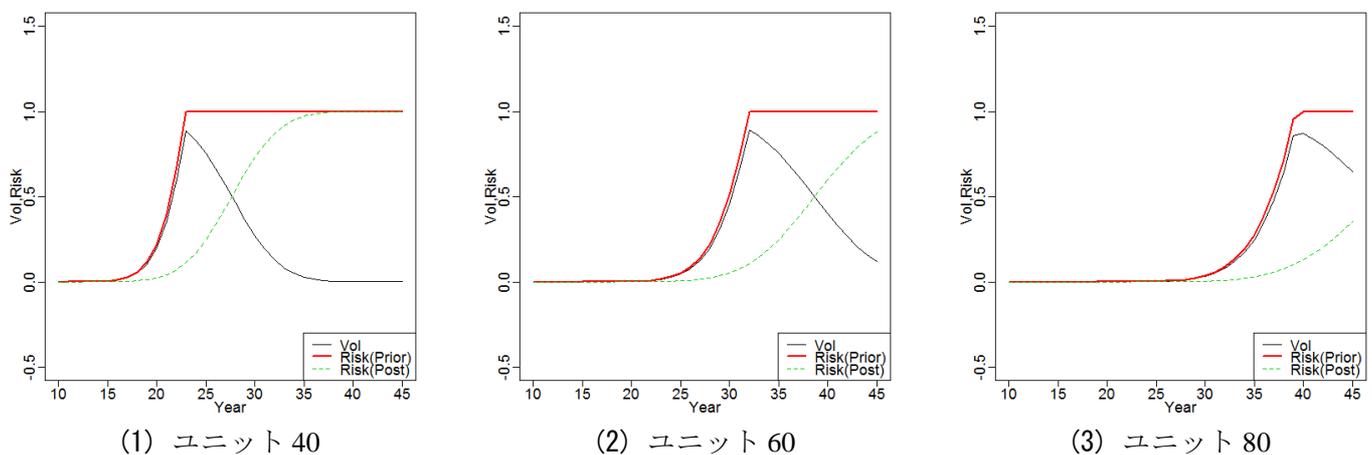


図-3 各ユニットにおける VoI の経過年による変化