

## 劣化・属性情報を用いたマネジメントマップによる舗装選定手法の提案

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○松本 圭史  
株式会社パスコ 正会員 青木 一也  
大阪大学大学院工学研究科 正会員 貝戸 清之

## 1. はじめに

近年、目視点検データに基づく統計的劣化予測モデルの発展に伴い、アセットマネジメントの実践的研究や実務への試行的導入が進んでいる。しかし、社会基盤施設によっては点検自体が困難な場合や、点検が可能な場合においても人的/財政的リソースの制約によって点検データの収集が困難な場合も少なくない。一方で点検が困難な場合であっても劣化に影響を及ぼすと考えられる要因に関する属性情報（降水量や交通量など）が社会基盤施設のネットワーク全体または管轄領域全体で利用可能であることは多い。本研究では、点検データが使用可能な一部の社会基盤施設の劣化予測結果とその施設が有する属性情報を用いてネットワーク全体の劣化予測を示したマネジメントマップを作成する。以上の問題意識のもと、点検データ及び属性情報を用いたマネジメントマップの作成方法を提案し、ミャンマー国における舗装選定への適用を試みる。以下 2. で本研究の基本的な考え方を述べる。3. で混合マルコフ劣化ハザードモデルを説明する。4. でマネジメントマップの作成方法について記述する。最後に 5. で実際の舗装に対する点検データを用いた実証を行う。

## 2. 本研究の基本的な考え方

実証分析で対象とするミャンマーの舗装選定問題に関してまず初めに説明する。ミャンマーでは JICA の貧困削減プロジェクトにより生活基盤インフラ（道路・橋梁/電力/給水）の新設、改修が行われている。プロジェクトで建設される路線（道路）は主に簡易舗装を用いて建設されているが一部路線において重大な損傷が発生している。簡易舗装は費用面での安さや施工の容易さなどの利点がある一方で、耐久性が低いといった問題が存在する。そのため今後新たに路線を建設する際の舗装選定（簡易舗装か耐久性の高い高級舗装かの選定）

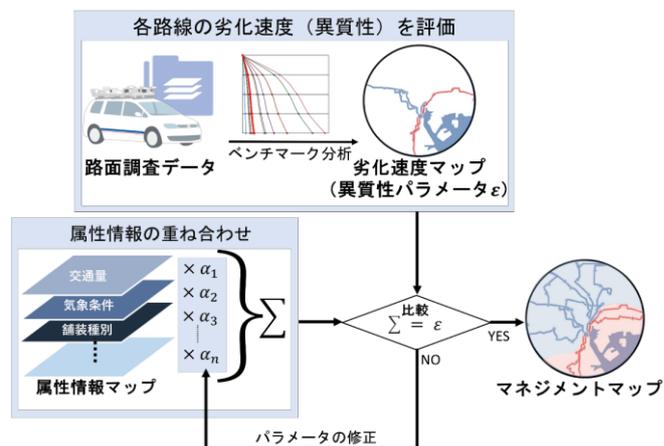


図-1 マネジメントマップの作成フロー

の見直しが必要である。以上の問題意識のもと、本研究ではマネジメントマップの作成により新規建設時における舗装選定問題に取り組むとする。

具体的なマネジメントマップ概要を説明するとともに、作成フローを図-1に示す。混合マルコフ劣化ハザードモデルにより推定された各路線の劣化速度と各路線が持つ位置情報を紐付けて劣化速度マップを作成する。この劣化速度マップは路線が位置する箇所及びその路線と同程度の劣化と想定される地域以外の劣化速度を表示することはできない。一方で、属性情報マップを劣化速度マップを再現できるように重ね合わせることによりマネジメントマップを作成する。これにより劣化速度マップ上において表示されなかった領域の劣化速度の評価を行い、新規建設路線の舗装選定時の判断材料に用いることが可能となる。

## 3. 混合マルコフ劣化ハザードモデル

各路線における劣化速度を評価する際に使用する混合マルコフ劣化ハザードモデル<sup>1)</sup>について説明する。点検において施設の健全度が離散的な*I*段階で判定される場合、期間*z*に健全度が*i*から*j*へ推移する確率 $\pi_{ij}(z)$ は

キーワード マネジメントマップ, 統計的劣化予測, 舗装選定

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL : 06-6879-7622

$$\pi_{ij}(z^{lk}|e^k) = \sum_{s=i}^j \prod_{m=i}^{s-1} \frac{\theta_m}{\theta_m - \theta_k} \prod_{m=s}^{j-1} \frac{\theta_m}{\theta_{m+1} - \theta_m} \exp(-\theta_i \varepsilon^k z^{lk}) \quad (1)$$

と表される。 $\theta_i$ は健全度*i*のハザード率、 $l_k$ は路線グループ*k*におけるある区間、 $e^k$ は各路線における異質性である。また、点検データが $k(k=1, \dots, K)$ 個の時、尤度は

$$\mathcal{L}(\Xi) = \prod_{i=1}^{I-1} \prod_{j=i}^I \prod_{k=1}^K \prod_{l_k=1}^{L_k} \pi_{ij}(z^{lk}) \delta_{ij}^k \quad (2)$$

と表される。尤度が最大となるパラメータを推定することにより、各路線の劣化速度の評価を行うとする。

#### 4. マネジメントマップの作成方法

本研究では、属性情報が利用可能な地点の情報を使用しボロノイ分割を用いて、属性情報マップの作成を行った。作成された属性情報マップを劣化速度マップを正解値となるよう重ね合わせることによりマネジメントマップを作成することとする。以下で具体的なマネジメントマップの作成方法について説明する。

ボロノイ分割により $k(k=1, \dots, K)$ 個の領域に分割されたとする。また、施設数が $i(i=1, \dots, I)$ 、施設が持つ属性情報が $n(n=1, \dots, N)$ 個存在するとする。このとき混合マルコフ劣化ハザードモデルにより推定された $\varepsilon_i(i=1, \dots, I)$ を被説明変数、施設が持つ属性情報 $X_{i,n}$ を説明変数として回帰分析を行う。回帰分析により推定されたパラメータと領域ごとの属性情報 $X_{k,n}$ を用いて $\xi_i(i=1, \dots, K)$ を推定することにより領域別の劣化速度を評価し、マネジメントマップの作成を行うとする。

#### 5. 実証分析

プロジェクトで建設された路線の目視点検データおよび Myanmar Climate Report (属性情報) のデータを用いて実証分析を行う。混合マルコフ劣化ハザードモデルにより各路線の劣化速度を評価し、その劣化速度をカラーバー表示したものを図-2(a)に示す。また各路線が存在する領域を同色で表示したものを図-2(b)に示す。作成された劣化速度マップを正解値として属性情報マップの重ね合わせによりマネジメントマップを作成した。回帰分析に際して、交通量と降水量は最大値が1、CBR値は2.0%~5.9%を0、10%以上を1とすることにより説明変数の基準化を行っている。推計結果は、

$$\xi_i = 1.36 \cdot \text{交通量} + 0.451 \cdot \text{降水量} - 0.675 \cdot \text{CBR値} + 0.137 \quad (3)$$

となった。推計結果を用いて作成した、交通量が4パターン、CBR値が2パターンの計8パターンの条件別マ

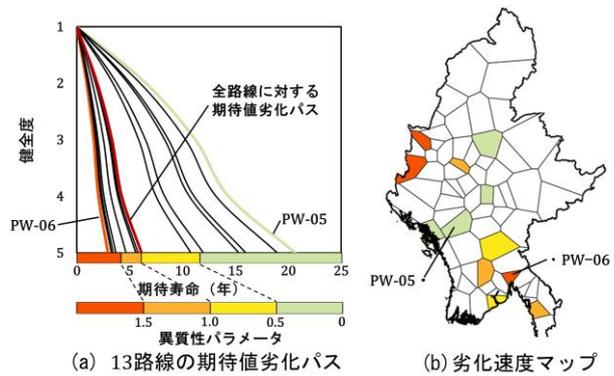


図-2 路線別期待値劣化パスおよび劣化速度マップ

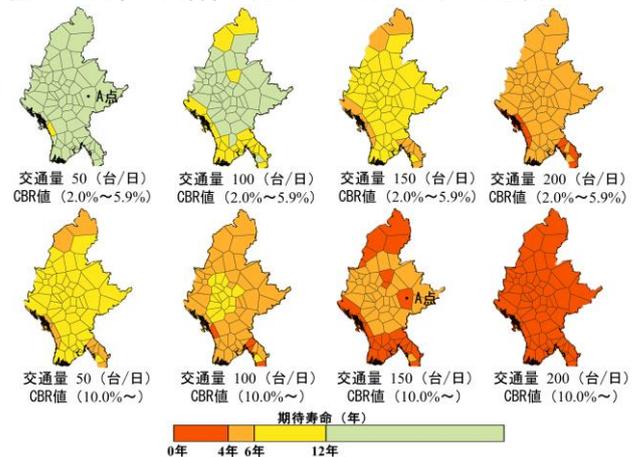


図-3 条件別マネジメントマップ

ネジメントマップを図-3に示す。ここで具体的なマネジメントマップの活用方法について説明する。図中のA点に路線を建設するとき交通量が150(台/日)、CBR値10.0%以上の場合、期待寿命が4年以下であるため高級舗装を用いた建設が望ましい。一方で、交通量が50(台/日)、CBR値2.0%~5.9%の場合、期待寿命が12年以上となり簡易舗装を用いた建設が望ましい。このような建設予定地域の条件に合ったマネジメントマップを使用することで舗装選定に活用することが可能である。  
おわりに

本研究では、舗装点検データ及び属性情報を用いたマネジメントマップの作成を提案した。具体的には、混合マルコフ劣化ハザードモデルにより推定された路線ごとの異質性パラメータとその路線が有する属性情報を用いてマネジメントマップを作成した。また、条件別のマネジメントマップの作成による具体的な舗装選定に対する活用法を提案した。

#### 【参考文献】

- 1) 貝戸清之, 小林潔司, 青木一也, 松岡弘大: 混合マルコフ劣化ハザードモデルの階層ベイズ推計, 土木学会論文集D3, Vol.68, No.4, pp.255-271, 2012.