

V-22

路面状態の制約を設けた舗装管理システム

東北大学 大学院 情報科学研究科 学生会員 柴崎 由記¹東北大学 大学院 情報科学研究科 フェロー員 福田 正²

1. はじめに

本研究では、多数の道路区間を交通区分と路面状態によってグループ分けを行い、各グループ間のマルコフ連鎖遷移を考慮した状態ネットワーク型のPMS（舗装管理システム）¹⁾を構築し、解析期間最終年度の路面状態を制約条件として考慮に入れた。

2. 路面状態ネットワーク型PMS

(1) 路面状態のネットワーク化

多数の道路区間を交通量、路面状態によってグループに分けた舗装群として取扱った（表1）。

表1. 各ランクの路面状態

ランク値	PSI	備考
1	2.5～	良好
2	1.5～2.5	劣化進む
3	～1.5	要修繕

(2) パフォーマンスモデル

舗装のパフォーマンスモデルとして、マルコフ遷移確率を適用した。このモデルは舗装状態を、良好な状態ランク1から終局的状態のランクnまでのn段階のランクで評価する。マルコフ確率は以下のように表される。

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}$$

ここで、 p_{ij} ：状態iの舗装が次の年に状態jに移る確率、 $0 \leq p_{ij} \leq 1$

この遷移状態は、互いに排反であり、かつすべての状態を表すので、以下ようになる。

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$$

(3) 最適化のアルゴリズム

整数計画法に基づき、解析期間における総ライフサイクルコストZを最小にすることで最適化を行う。本研究ではライフサイクルコストの項目として、修繕費用、利用者費用、管理費用を考慮し、現在価値法に基づき解析を行った。目的関数は以下の通りである。

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^M \left\{ [MC_{ij}(m) + UC_{ij}(m)] X_{ij}(m) + RC(m) y_{ij}(m) \right\}$$

ここで、i：交通区分、j：路面状態、m：解析年度

$MC_{ij}(m)$ ：m年度のクラスi、ランクjの管理費用

$UC_{ij}(m)$ ：m年度のクラスi、ランクjの利用者費用

$RC(m)$ ：m年度の修繕費用、M：解析期間

$X_{ij}(m)$ ：m年度のクラスi、ランクjに分類される道路延長

$y_{ij}(m)$ ：m年度のクラスi、ランクjに修繕される道路延長

また修繕費用の年度ごとの配分は一定ではなく可変とし、年度ごとの予算配分を行った。

(4) 制約条件

制約条件として、修繕予算の制限、予算配分の順序・制限を考慮した。

$$\sum_{m=1}^M RC \cdot y_{mn} \leq RB_n$$

ここで、 RB_n ：n年度に交付される修繕予算の総和

予算配分は、路面状態のランクの高い方から交通区分クラス3→1の順序に配分した。ランク1の道路区間は状態良好のため、修繕は行わないものとする。

(5) 解析条件

解析事例とした道路条件および交通条件は表2に示す。修繕工法はアスファルト混合物による厚さ5cmのオーバーレイのみとし、修繕費用は4000円/m²とする。またマルコフ遷移確率は、以下のように設定した。

$$P = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0.0 \\ 0.0 & 0.8 & 0.2 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Key Word：PMS，pavement surface condition，Markov probability

¹ 〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉 Tel 022-217-7507

² 〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉 Tel 022-217-7507

表2. 対象とした道路内訳および全交通量

交通区分	全交通量	路面状態			
		ランク1	ランク2	ランク3	合計
クラス1	3636	164km	44km	11km	129km
クラス2	7239	160km	57km	11km	228km
クラス3	9155	84km	35km	10km	129km

(6) 解析結果

図1に示すように、ライフサイクルコスト全体的に大きな差はみられないが、総修繕距離が210kmのときに最も小さくなった。しかし問題点として、図2に示すように、解析最終年度の路面状態が初年度よりも非常に悪くなる。これは実際の道路管理において、好ましい状態とは言えない。

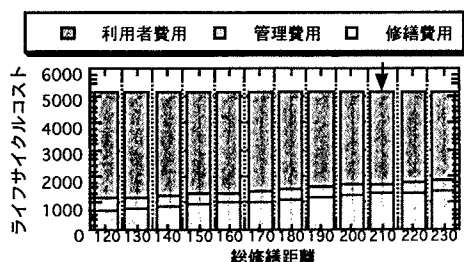


図1 修繕距離によるLCCの遷移

3. 最終年度の路面状態に制約を設けた場合

前述の問題点に関して、制約条件として、解析初年度と解析最終年度の路面状態の差を考慮した。ここで、路面評価尺度として平均ランク値を導入している。

$$R_m = \left(\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 X_{ij}(m) \cdot r \right) / TX$$

ここで、R:平均ランク値、r:ランク値、TX:総道路延長
今回は平均ランクの差 $\Delta R = R_0 - R_1 = -0.2, 0.0, 0.2$ の3種類を考慮して解析を行った。解析結果を図2～5に示した。制約条件を導入することにより、路面状態の改善がみられることが確認できた。

4. まとめ

本研究では、解析最終年度の路面状態に関して、制約条件を導入することにより、解析最終年での路面状態を管理者が望む状態に管理できることを示した。

参考文献

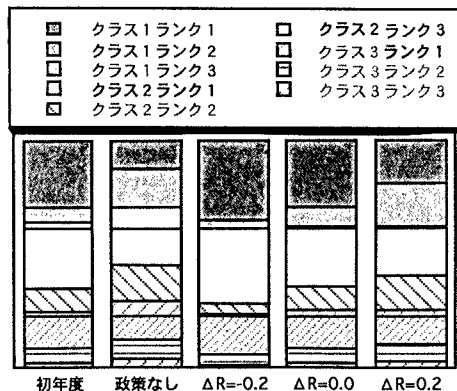


図2 初年度と最終年度の路面状態の比較

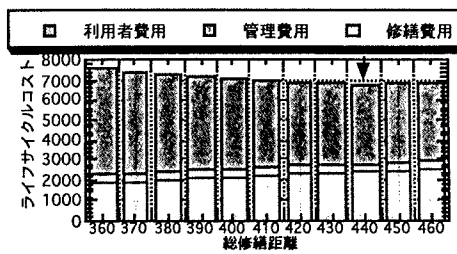


図3 $\Delta Rank = -0.2$ のとき

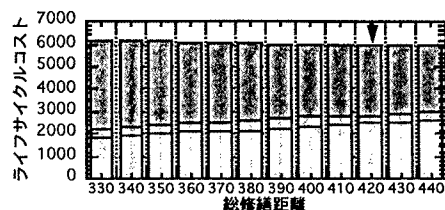


図4 $\Delta Rank = 0.0$ のとき

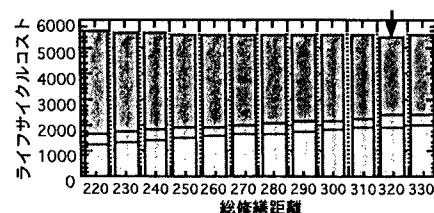


図5 $\Delta Rank = 0.2$ のとき

1)大塚勝, 武山泰, 福田正: 街路舗装群を対象とした舗装修繕計画の最適化システム. 第4回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集, pp121~126, 1995.12