

マルコフ連鎖モデルを用いた舗装劣化予測手法の検討

独) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 清野 昌貴
 同上 正会員 田高 淳
 同上 正会員 丸山 記美雄

1. はじめに

近年の厳しい財政事情により、これまで以上に限られた予算の効率的運用が必要となる。舗装の維持管理においても、更なるコスト縮減努力が求められる。単にコストを縮減するだけでは、サービスレベルの低下が懸念されるため、施策目標（あるサービスレベル）を達成するための適切な予算を求めることが重要となる。しかし、将来の社会資本の状態を的確に予測出来なければ、適切な予算の把握も不可能である。

舗装の状態推移予測は、様々な取組がなされている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。個々の箇所の劣化推移は、地域条件、材料条件、施工条件、交通量、気象条件、支持力（CBR）等の違いからか、大きなバラツキを有しており³⁾、このような不確実性を考慮し、合理的に将来予測を行うことが、的確な将来判断には重要である。

本検討では、上記課題を解決するための手法として、マルコフ連鎖モデル⁴⁾に着目し、北海道の国道における路面性状調査値を用いた、複数の遷移確率モデルを算出したので、ここに報告する。

2. マルコフ連鎖モデル

マルコフ連鎖モデルの概略を図-1に示す。時間軸 t から $t + \Delta t$ 時点へ移行したときに、状態Aからそのまま状態Aにとどまる確率、状態Bに移行する確率、状態Cに移行する確率を求めていくことになる。状態の階級が増えても、確率は算出することが出来る。また、その総和は、必ず1になる。舗装の状態も、良好

なものから、劣化しているものまであり、それらを状態別階級に分別することになる。また、階級が複数になるため、ある時点での階級数分の確率を計算する。これを表すと、表-1のようになる。

3. 確率計算手法

使用したデータは、「舗装管理支援システム」より北海道の国道における路面性状調査値（ひび割れ率・わだち掘れ量・平坦性）とMCIについて、最新の過去2回分のデータとした。前々回調査データを階級分けし、前回調査にてどの階級に移行しているかを追跡し、前々回調査の全データ母体からの移行割合により確率を算出した。その際、求める確率は、補修箇所を含む 補修箇所は含まず、前々回調査値 - 前回調査値が誤差範囲と見なされるデータを含む 補修箇所は含まず、前々回調査値 - 前回調査値 > 0 のデータを棄却 の3種類とした。 の算出は、過去の補修量の検証材料とする目的で算出したものである。また、
 ・ は、補修が行われなかった場合の将来推移を予測し、補修戦略を加えた場合にも将来推移を算出可能にしようとしたものである。わだち掘れ量の確率計算に使用するデータの条件を表-2に示す。

また、階級分けするデータ種類の分別は、データ数・延長・車道面積の3種類とした。これは、施策評価（例えば構造物保全率の算出）や、適切な補修量（面積が考えられる）の算出等、その用途により使い分けを可能とするためである。

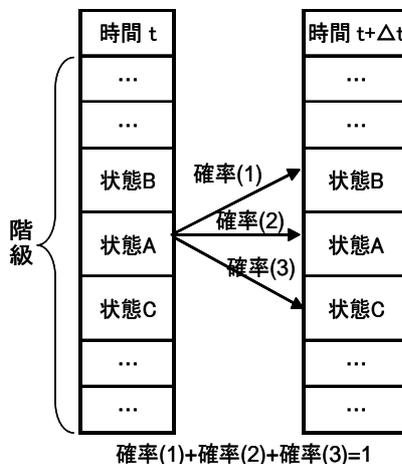


図-1 マルコフ連鎖モデル

表-1 確率表

t+Δt時点での状態

	状態1	状態2	状態3	状態4	合計値
状態1	確率1→1	確率1→2	確率1→3	確率1→4	1
状態2	確率2→1	確率2→2	確率2→3	確率2→4	1
状態3	確率3→1	確率3→2	確率3→3	確率3→4	1
状態4	確率4→1	確率4→2	確率4→3	確率4→4	1

※網掛け部(黄)は、時間軸 $t \rightarrow t + \Delta t$ に移行しても状態が変わらない確率となる
 例えば、この確率値は、t時点で状態2だったものが、t+Δt時点では状態3に移行する確率を示す

キーワード：PMS、路面性状、劣化、ネットワーク、プロジェクト、マルコフ、確率

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目 TEL 011-841-1747 FAX 011-841-9747

4. 計算結果

表-3は、全道の国道における延長ベースを用いた、MCI についての算出確率、表-4は、 についての確率算出結果である。なお、表-3は3年確率分布を、表-4は1年確率分布を示している。表-3では、補修箇所も含まれることから、状態の良好な階級（MCI 値の大きな方）への移行があり、表全体に確率が分布していることがわかる。他方、表-4は補修箇所が含まれないため、状態が良好な方へ移行する確率は含まれていない。このため、この確率を用いて補修しない場合

の将来の状態予測を行うと、年々悪化していくことになる。

5. おわりに

本検討では、マルコフ連鎖モデルを用いた複数の状態確率を算出した。まだ検討初期段階であるが、合理的な舗装の状態推移を示すものとして様々な活用ができると考えている。今後は、算出したモデルを利用して、将来の状態推移を算出し、適切な補修量についての検討を試みる予定である。

表-2 わだち掘れ遷移確率算出使用データ条件

算出確率	①補修箇所を含む遷移確率	②補修箇所を含まず前々回調査値-前回調査値が誤差範囲と見なされるデータを含む	③補修箇所を含まず前々回調査値-前回調査値>0のデータを棄却
使用データ条件	横並びデータ(前回調査と前々回調査の区間が同じ箇所データ)のうち調査値が空欄の箇所を除いたもの	わだち掘れの調査測定誤差範囲とみなされる±3mmを考慮し、横並びデータ①から、前々回調査値-前回調査値>3のデータを除外したもの	横並びデータ①から、前々回調査値-前回調査値>0のデータを除外したもの

表-3 MCI 遷移確率 (補修箇所含む)

(H14, H15, H16)最新調査 MCI→

	10.0~8.1	8.0~7.6	7.5~7.1	7.0~6.6	6.5~6.1	6.0~5.6	5.5~5.1	5.0~4.6	4.5~4.1	4.0~3.6	3.5~3.1	3.0~0	計
10.0~8.1	0.213	0.160	0.227	0.168	0.121	0.065	0.029	0.009	0.004	0.002	0.001	0.000	1.000 (8.0%)
8.0~7.6	0.081	0.116	0.266	0.246	0.151	0.077	0.037	0.016	0.007	0.002	0.002		1.000 (6.2%)
7.5~7.1	0.063	0.048	0.189	0.313	0.206	0.099	0.052	0.021	0.007	0.002	0.001	0.000	1.000 (11.6%)
7.0~6.6	0.062	0.037	0.084	0.228	0.301	0.157	0.083	0.033	0.010	0.003	0.001	0.001	1.000 (15.1%)
6.5~6.1	0.070	0.041	0.072	0.102	0.217	0.270	0.139	0.059	0.020	0.007	0.001	0.001	1.000 (16.4%)
6.0~5.6	0.074	0.048	0.074	0.096	0.101	0.194	0.228	0.116	0.046	0.017	0.005	0.002	1.000 (14.6%)
5.5~5.1	0.080	0.059	0.080	0.091	0.089	0.097	0.180	0.192	0.083	0.036	0.009	0.004	1.000 (11.0%)
5.0~4.6	0.092	0.053	0.083	0.104	0.085	0.073	0.076	0.179	0.146	0.075	0.023	0.010	1.000 (8.0%)
4.5~4.1	0.108	0.053	0.090	0.092	0.080	0.066	0.073	0.087	0.142	0.137	0.050	0.022	1.000 (4.2%)
4.0~3.6	0.103	0.065	0.102	0.102	0.099	0.068	0.063	0.058	0.090	0.116	0.091	0.043	1.000 (2.6%)
3.5~3.1	0.113	0.081	0.088	0.086	0.093	0.061	0.056	0.064	0.052	0.093	0.092	0.121	1.000 (1.2%)
3.0~0	0.096	0.067	0.101	0.093	0.080	0.058	0.053	0.046	0.058	0.075	0.075	0.198	1.000 (0.9%)

表-4 MCI 遷移確率 (補修箇所含まない)

(H14, H15, H16)1年変化 MCI→

	10.0~8.1	8.0~7.6	7.5~7.1	7.0~6.6	6.5~6.1	6.0~5.6	5.5~5.1	5.0~4.6	4.5~4.1	4.0~3.6	3.5~3.1	3.0~0	計
10.0~8.1	0.451	0.442	0.100	0.008	0.001								1.000 (11.1%)
8.0~7.6		0.366	0.553	0.075	0.007								1.000 (8.5%)
7.5~7.1			0.483	0.472	0.043	0.002							1.000 (15.3%)
7.0~6.6				0.520	0.447	0.032	0.001	0.000	0.000				1.000 (18.3%)
6.5~6.1					0.575	0.405	0.019	0.001	0.000				1.000 (17.2%)
6.0~5.6						0.626	0.359	0.015	0.000				1.000 (13.1%)
5.5~5.1							0.674	0.315	0.011				1.000 (8.0%)
5.0~4.6								0.675	0.315	0.010	0.001		1.000 (5.0%)
4.5~4.1									0.728	0.269	0.003		1.000 (2.1%)
4.0~3.6										0.751	0.242	0.007	1.000 (0.9%)
3.5~3.1											0.742	0.258	1.000 (0.4%)
3.0~0												1.000	1.000 (0.2%)

参考文献

- 1) 谷口・伊藤・野村・阿部：舗装データベースを用いた供用性曲線作成手法に関する研究(2003.12 舗装工学論文集第8巻)
- 2) 森・岳本・丸山：積雪寒冷地における舗装マネジメントに向けた路面性状予測について(2003.3 北海道開発土木研究所月報)
- 3) 清野・岳本・丸山・遠藤：プロジェクトレベルにおける舗装の供用性曲線適用手法について(2005.12 舗装工学論文集第10巻)
- 4) 武山・嶋田・福田：マルコフ連鎖モデルによるアスファルト舗装の破損評価システム(1990.8 土木学会論文集 第420号)
- 5) 國分・黒川・福原：PMS(舗装マネジメント)における舗装劣化予測手法の一考察(2005.10 第26回 日本道路会議)