

予算制約を考慮した生活道路の維持管理費用の算出手法に関する研究

公共システム研究室 竹田津 彰太

1. はじめに

市町村が管理する生活道路の延長は膨大である。これらの道路は日々の劣化に曝されており、適切な維持管理を施すことが求められている。また、多くの市町村は少子高齢化に直面しており、人口減少に伴って維持管理に投入可能な予算の減少が見込まれる。このため、将来の予算制約を見据え、計画的な維持管理計画の策定が必要となっている。

そこで本研究では、所与の予算制約のもとでライフサイクルコストを最小化するために、市町村が管理する道路の総面積のうちどの程度の割合をそれぞれの期に更新するかを導出するとともに、長期的な維持管理費用を定量的に評価する手法を開発する。さらに、この手法を鳥取県境港市に適用し、具体的な地域の実態に即してその有効性を確認する。

2. 本研究のアプローチ

従来における維持管理費用の導出手法は、一般には一つの要素を対象とするものである。しかし、市町村が管理する道路については何千もの要素、すなわち、道路の本数があることから、それらの手法をそのまま適用することができない。

そこで本研究では、道路の本数に着目するのではなく、管理する道路の総面積のうち何割を更新するかを決定しつつライフサイクルコストを算出する手法をマルコフ決定モデルにより構築する。その際、将来の予算制約を考慮して定式化する。

3. モデル化

任意の道路は劣化状態 $0 \sim s+1$ のいずれかにあるとする。劣化状態 i にある道路の面積の割合を $x(i)$ で表す。劣化状態のプロファイルを $x = (x(0), x(0), \dots, x(s+1))$ とし、 t 期にそれぞれの状態における道路の面積のうち更新する割合を $a_t(i)$ ($0 \leq a_t(i) \leq x(i)$) で表す。すると、 t 期における市町村の任意の選択は $a_t = (a_t(0), a_t(1), \dots, a_t(s+1))$ で表される。更新した場合に支出する費用 c_i 、しなかった場合のその費用を l で表す。すると、市町村が a_t を選択した場合にその期に生じる費用の合計は式(1)で表される。ここに、 G は管理している道路の総面積、 a_t' は a_t の転置を表している。

任意の t 期における予算は I_t であり、式(2)を満たす a_t を選択しなくてはならない。式(2)を満たす a_t の集合を $A_t(x)$ で表す。すると、 t 期から T 期までに要するライフサイクルコストは式(3)で表される。ここに y は、今期に x であるときの次期のその期待値を示す。予算制約に関するペナルティ関数 θh を導入することで、式(3)を式(4)のように表すこともできる。ただし、 θh は維持管理費用が予算を上回ったときに禁止的に大きな θ 、下回ったときに 0 の値をとる。

$$g(x, a_t) = G[ca_t' + l(x - a_t)] \quad (1)$$

$$G[ca_t' + l(x - a_t)] \leq I_t \quad (2)$$

$$V_t(x) = \min_{a_t \in A_t(x)} [g(x; a_t) + \beta V_{t+1}(y)] \quad (3)$$

$$V_t(x) = \min_{a_t} [g(x; a_t) + \theta h(x; a_t) + \beta V_{t+1}(y)] \quad (4)$$

表1 case1 計算結果

期	劣化分布	更新する分布	予算(万円)	費用(万円)	ライフサイクルコスト(万円)
1	(0.7,0.2,0.05,0.05)	(0.00,0.00,0.005,0.05)	100,000	46,611	101,581
2	(0.8,0.15,0.05,0)	(0.00,0.001,0.05,0.00)	100,000	17,817	54,970
3	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	37,153
4	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	32,425
5	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	27,698
6	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	22,971

表2 case2 計算結果

期	劣化分布	更新する分布	予算(万円)	費用(万円)	ライフサイクルコスト(万円)
1	(0.7,0.2,0.05,0.05)	(0.00,0.00,0.00,0.05)	45,000	41,873	110,015
2	(0.75,0.15,0.10,0.00)	(0.00,0.00,0.1,0.00)	100,000	30,989	68,142
3	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	37,153
4	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	32,425
5	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	27,698
6	(0.85,0.15,0.00,0.00)	(0.00,0.003,0.00,0.00)	100,000	4,727	22,971

4. 事例分析

鳥取県境港市を対象に事例分析を行った。本研究では、1 期間を 5 年、 $T=10$ 期として計算した。境港市の現行の予算（概ね、1 期間に 15,000 万円）では、維持管理費用に不足が生じたため、実行可能な更新が見出せなかった。そこで、どれだけの予算があれば実行可能となるのかを見定めるため、大きな額の予算を与え、実質的に予算制約がない状況を想定した。その結果を表 1 に示す。費用の列が示すように、初期に約 46,000 万円、すなわち、現行の約 3 倍の費用を投入することで、後の期の予算制約を満たしつつライフサイクルコストの最小化が達成できる。

次いで、初期の費用の平滑化を図る目的で、ケース 2 として初期の費用を 45,000 万円以下とする予算制約を与えて計算した。すると、実行可能であるものの初期以降のライフサイクルコストが約 8,500 万円増加することが分かった。その結果を表 2 に示す。

また、予算の増額ではなく、管理の対象とする道路を限定することで、現行の予算に収めるケースも検討した。すると、幅員 4m 未満の道路を対象外とすることで実行可能となり、また、ケース 1, 2 と同様、初期に多くの予算を確保するとライフサイクルコストも小さくなることが確認された。

5. おわりに

今後は、重要度に基づいて道路をいくつかに分類し、それらについてそれぞれ異なる方針のもとで維持管理をすることで予算制約を満たすことが可能かについて検討していきたい。