

投稿論文(和文ノート)

**TECHNICAL
NOTE**

年度予算の制約がある場合のネット ワークレベル舗装修繕計画

孔 永健¹・福田 正²

¹学生員 工修 東北大学大学院情報科学研究科博士課程 (〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉)

²フェロー会員 工博 東北大学大学院情報科学研究科教授 (〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉)

著者らは先の論文で、動的計画法を用いた解析期間の総予算に制約がある場合のネットワークレベル舗装管理システムについて報告した。本論文では、このシステムをさらに年度予算の制約がある場合に適用できるように拡張した。

Key Words : *dynamic programming, annual budget constraint, life-cycle cost analysis, optimal pavement repair program*

1. はじめに

一般に、ネットワークレベル舗装管理システムにおける最適化には線形計画法、整数計画法などが用いられているが、著者らの先の論文¹⁾では、動的計画法を適用したネットワークレベル舗装管理システムを示した。このシステムによって、解析期間における総予算に制約がある場合の最適な修繕計画を作成することができる。しかしながら、この最適修繕計画に基づいて予算要求をした場合でも、実際に決定される年度予算は要求額以下である場合が一般的である。そこで本論文では、このように年度予算に制約があった場合に、既にある舗装修繕計画の修正方法を示す。

2. システムの拡張

(1) システムの概要

本研究に適用したシステム¹⁾の概要は、次のとおりである。

n 年度におけるプロジェクト (道路区間) m の修繕費用、利用者費用および管理費用の和を、式(1)のように年度費用関数 $g_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn})$ で定義する。

$$g_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn}) = x_{mn} + uC_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn}) + mC_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn}) \quad (1)$$

ここで、

T_{Amn} : n 年度におけるプロジェクト m の等値換算厚

t_{mn} : n 年度におけるプロジェクト m の供用年数

x_{mn} : n 年度におけるプロジェクト m の修繕費用

$uC_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn})$: プロジェクト m の舗装 T_{Amn} の供用年数が t_{mn} の場合に、 x_{mn} で修繕を行った時の利

用者費用

$mC_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn})$: プロジェクト m の舗装 T_{Amn} の供用年数が t_{mn} の場合に、 x_{mn} で修繕を行った時の管理費用

x_{mn} の値は式(2)のようになる。

$$x_{mn} = \begin{cases} 0 & (\text{修繕しない場合}) \\ rc & (\text{修繕する場合}) \end{cases} \quad (2)$$

ここで、

rc : 修繕を行った場合の費用 (オーバーレイ費用)

プロジェクト m の n 年度と $n+1$ 年度における等値換算厚と舗装の供用年数は、式(2)の修繕条件によって、次のように変換される。

修繕しない場合

$$x_{mn} = 0, T_{Am, n+1} = T_{Amn}, t_{m, n+1} = t_{mn} + 1$$

修繕する場合

$$x_{mn} = rc, T_{Am, n+1} = T_{Arm, n+1}, t_{mn} = 0$$

$$T_{Arm, n+1} = d + \alpha \cdot T_{Amn} \quad (3)$$

ここで、

d : アスファルト混合物によるオーバーレイの厚さ

α : 舗装の残存寿命を表す指標で、ここでは $\alpha = 0.8$ とした²⁾。

状態 (T_{Amn}, t_{mn}) にある舗装を最適に修繕した場合の n 年度以降の累積費用関数を $f_{mn}(T_{Amn}, t_{mn})$ とすると、動的計画法の最適性原理³⁾を適用することにより、式(3)を利用して次のように定式化できる。

$$f_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}) = \min \begin{cases} g_{mn}(T_{Arm, n+1}, 0, rc) + f_{m, n+1}(T_{Arm, n+1}, 1) \\ g_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, 0) + f_{m, n+1}(T_{Am, n+1}, t_{m, n+1}) \end{cases} \quad (4)$$

式(4)と式(1)を連動することにより、ネットワーク

(道路区間群)の最適修繕計画を決定できる。

(2) 最適修繕計画

式(4)より求められた最適修繕計画におけるプロジェクト m の n 年度における修繕費用を x_{mn}^* とする。最適修繕計画の結果をマトリックス形式で表すと、表-1のようになる。

表-1 最適修繕計画の表現

$$\begin{bmatrix} X_{11}^* & X_{12}^* & \cdots & X_{1n}^* & \cdots & X_{1n_{\max}}^* \\ X_{21}^* & X_{22}^* & \cdots & X_{2n}^* & \cdots & X_{2n_{\max}}^* \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{m1}^* & X_{m2}^* & \cdots & X_{mn}^* & \cdots & X_{mn_{\max}}^* \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{M1}^* & X_{M2}^* & \cdots & X_{Mn}^* & \cdots & X_{Mn_{\max}}^* \end{bmatrix}$$

また、 n 年度の予算要求額を b_n^* で表せば、最適修繕計画マトリックスの n 列目の総和として式(5)のようになる。

$$b_n^* = \sum_{m=1}^{m=M} x_{mn}^*, n=1, 2, \dots, n_{\max} \quad (5)$$

この b_n^* を各年度ごとにベクトル形式で表すと、表-2のようになる。

表-2 年度予算要求計画の表現

$$\begin{bmatrix} b_1^* & b_2^* & \cdots & b_n^* & \cdots & b_{n_{\max}}^* \end{bmatrix}$$

すなわち、解析期間の各年度において、表-2の年度予算を投入していけば、これらの舗装はライフサイクルコストを最小にする条件で管理されることになる。

(3) 最適修繕計画の修正

式(1)を用いて、解析期間におけるプロジェクト m のライフサイクルコスト $L_m(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}, \dots, x_{mn_{\max}})$ を式(6)で定義する。

$$\begin{aligned} L_m(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}, \dots, x_{mn_{\max}}) \\ = \sum_{n=1}^{n=n_{\max}} g_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn}), m=1, 2, \dots, M \quad (6) \end{aligned}$$

これによって、ネットワーク全体のライフサイクルコスト、すなわちトータルライフサイクルコスト TL は各プロジェクトのライフサイクルコストの和として式(7)のようになる。

$$TL = \sum_{m=1}^{m=M} L_m(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}, \dots, x_{mn_{\max}}) \quad (7)$$

いま s 年度において、年度予算の示達額 y_s が表-2の予算額より少なく、すなわち $y_s < b_s^*$ の場合には、この示達額 y_s を各プロジェクトに配分しなければならない。

このような場合の最適化問題は、式(9)の制約のもとに式(8)のトータルライフサイクルコストを最小にすることにより得られる。

$$\begin{aligned} \min TL = \\ \min \sum_{m=1}^{m=M} L_m(x_{m1}^*, x_{m2}^*, \dots, x_{m,s-1}^*, x_{ms}, \dots, x_{mn_{\max}}) \quad (8) \end{aligned}$$

$$\sum_{m=1}^{m=M} x_{ms} = y_s \quad (9)$$

ここで、

$x_{mn}^*(n=1, 2, \dots, s-1)$: $s-1$ 年度までに実行済みの修繕費用

$x_{mn}(n=s, s+1, \dots, n_{\max})$: 修正対象となる s 年度以降の修繕費用

すなわち、 s 年度以降の修繕計画は、 s 年度における予算額の変更に対して最適なものになるように、 s 年度の示達額 y_s を最適に配分することによって修正する。

式(6)を利用して式(8)を変形すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} \min \sum_{m=1}^{m=M} L_m(x_{m1}^*, x_{m2}^*, \dots, x_{m,s-1}^*, x_{ms}, \dots, x_{mn_{\max}}) \\ = \sum_{m=1}^{m=M} \sum_{n=1}^{n=s-1} g_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn}^*) \\ + \min \sum_{m=1}^{m=M} \sum_{n=s}^{n=n_{\max}} g_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn}) \quad (10) \end{aligned}$$

$n=s-1$ 年度までに実行した修繕計画のもとでの各プロジェクトの s 年度における状態 (T_{Ams}, t_{ms}) は既知である。ここで、プロジェクト m の s 年度以降の累積費用関数を $K_{ms}(T_{Ams}, t_{ms}, x_{ms})$ とおけば、式(4)の $n \geq s$ の場合における計算結果を用いて、式(11)に示すように求められる。

$x_{ms}=0$ の場合

$$K_{ms}(T_{Ams}, t_{ms}, 0) =$$

$$g_{ms}(T_{Ams}, t_{ms}, 0) + f_{m,s+1}(T_{Arm,s+1}, t_{ms} + 1)$$

$x_{ms}=rc$ の場合

$$K_{ms}(T_{Ams}, t_{ms}, rc) =$$

$$g_{ms}(T_{Arm}, 0, rc) + f_{m,s+1}(T_{Arm,s+1}, 1) \quad (11)$$

式(11)によって、式(10)の右辺第2項は次のようになる。

$$\begin{aligned} \min \sum_{m=1}^{m=M} \sum_{n=s}^{n=n_{\max}} g_{mn}(T_{Amn}, t_{mn}, x_{mn}) = \\ \min \sum_{m=1}^{m=M} K_{ms}(T_{Ams}, t_{ms}, x_{ms}) \quad (12) \end{aligned}$$

ここで、 $n=s$ 年度の示達額 y_s を最適に m 個のプロジェクトによるネットワークに配分した場合の s 年度以降の累積費用関数を $R_{ms}(y_s)$ とすると、動的計画法の最適性原理³⁾より、次式が得られる。

$m=1$ の場合

$$R_{1s}(y_s) = K_{1s}(T_{Ams}, t_{ms}, x_{ms})$$

$m=2, 3, \dots, M$ の場合

表-3 プロジェクトの舗装構造と交通条件

プロジェクト No.	交通区分	初期 T _A	(1) 供用年数	(2) 全交通量	(3) 5tf換算輪数
P-1	D	34	0	13,000	9,600
P-2	C	26	2	9,000	1,900
P-3	C	26	5	9,000	1,900
P-4	B	19	2	5,000	270
P-5	B	19	5	5,000	270

注：(1) 解析初年度における供用履歴年数
 (2) [全交通量] = 台 / 1日・1方向・1車線
 (3) [5t換算輪数] = 輪 / 日

$$uc = 7.38 - 3.44 \cdot PSI + 0.4 \cdot PSI^2 \quad (15)$$

その他の入力数値
 各プロジェクトの道路延長：1 km, 車線数：2
 車線の幅員：3.5 m, 交通増加率：0
 新設後または修繕後の初期供用性指数：PSI=4.5
 路床土の設計 CBR=8%
 修繕工法：オーバーレイ (厚さ 5 cm)
 傍繕費用：rc=4000 円/m²とした。
 ネットワークを構成する各プロジェクトの舗装構造と交通条件は、表-3 のように設定した。

(2) 解析結果

解析期間 25 年における最適修繕計画, 年度予算要求計画, 及びこれらの計画に基づく各年度の予算要求と示達額の経緯を表-4 に示す。本解析事例では, 予算要求額にかかわらず示達額は r とした。ここで, r は 1 プロジェクトの修繕費用で $r = 2 \times 3.5 \times 1000 \times rc = 2,800$ 万円である。示達額が要求額どおりでない年度には, 示達額に基づいたその年度以降の修繕計画, 予算要求計画について修正が行われる。

示達額が最適修繕計画に基づいた要求額どおりであった場合の各解析年度までのライフサイクルコストを基準として, 年度予算に制約があった場合の各解析年度までのライフサイクルコストとの差額を求め, その変化を示すと図-2, 図-3 のようになる。なおライフサイクルコストは道路の単位面積当たりの費用 (円/m²) で表した。図-2 に 4 年度のみ予算の変更があり, 4 年度以降の修繕計画を本システムで修正した場合の差額の変化を示している。予算変更後の数年間において最適修繕計画の場合に漸近するものの, 解析年度の最終年度におい

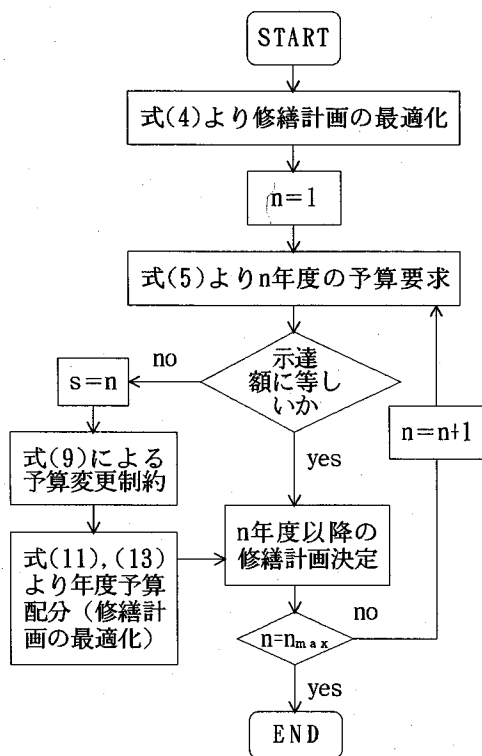


図-1 年度予算の変更に対する修繕計画の修正手順

$$R_{ms}(y_s) = \min_{x_{ms}=0, rc} \{ K_{ms}(T_{Ams}, t_{ms}, x_{ms}) + R_{m-1,s}(y_s - x_{ms}) \} \quad (13)$$

制約条件(9)のもとに, 式(13)と式(11)を連動させることによって, 式(8)で示したトータルライフサイクルコストを最小にするような配分結果 ($n=s$ 年度以降の最適修繕計画) が決定される。

以上のプロセスをフローチャートで示すと図-1 のようになる。

3. 解析事例

(1) 解析条件

5つのプロジェクトより構成されるネットワークを, 解析期間を25年として解析する。解析条件は, 次のように設定した。舗装のパフォーマンスモデルは AASHTO モデルを使用することにした²⁾。

現在価値法に基づき, 解析期間の n 年度における費用を初年度の価値に換算する。割引率は 5% とした。

管理費用 mc (円/m²), 利用者費用 uc (円/km・台) と供用性指数 PSI との関係は, 文献^{4),5)}の研究を参考に作成した次式²⁾を用いた。

$$mc = 168.24 - 27.52 \cdot PSI \quad (14)$$

表-4 修繕計画の修正

<p>25年間の最適修繕計画</p> <pre> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </pre> <p>25年間の年度予算要求計画</p> <p>[0, 0, 0, 2r, 0, 2r, 0, 0, 0, 0, 0, 2r, r, r, r, 0, 0, 0, r, 2r, 0, 0, 0, 0, 0]</p>	<p>13年度: 予算要求$b_{13}^* = 2r$, 示達額$y_{13} = r$</p> <pre> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </pre> <p>[0, 0, 0, r, r, r, r, 0, 0, 0, 0, r, r, 2r, 0, r, 0, 0, 0, r, 2r, 0, 0, 0, 0, 0]</p>
<p>初年度: 予算要求なし</p> <p>2年度: 予算要求なし</p> <p>3年度: 予算要求なし</p> <p>4年度: 予算要求$b_4^* = 2r$, 示達額$y_4 = r$</p> <pre> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </pre> <p>[0, 0, 0, r, r, 2r, 0, 0, 0, 0, 0, 2r, r, r, r, 0, 0, 0, r, 2r, 0, 0, 0, 0, 0]</p>	<p>14年度: 予算要求$b_{14}^* = 2r$, 示達額$y_{14} = r$</p> <pre> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </pre> <p>[0, 0, 0, r, r, r, r, 0, 0, 0, 0, r, r, r, r, 0, 0, 0, r, 2r, 0, 0, 0, 0, 0]</p>
<p>5年度: 予算要求$b_5^* = r$, 示達額$y_5 = r$</p> <p>6年度: 予算要求$b_6^* = 2r$, 示達額$y_6 = r$</p> <pre> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </pre> <p>[0, 0, 0, r, r, r, r, 0, 0, 0, 0, 2r, r, r, 0, 0, 0, r, 2r, 0, 0, 0, 0, 0]</p>	<p>15年度: 予算要求$b_{15}^* = r$, 示達額$y_{15} = r$</p> <p>16年度: 予算要求$b_{16}^* = r$, 示達額$y_{16} = r$</p> <p>17年度: 予算要求なし</p> <p>18年度: 予算要求なし</p> <p>19年度: 予算要求$b_{19}^* = r$, 示達額$y_{19} = r$</p> <p>20年度: 予算要求$b_{20}^* = 2r$, 示達額$y_{20} = r$</p> <pre> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </pre> <p>[0, 0, 0, r, r, r, r, 0, 0, 0, 0, r, r, r, r, 0, 0, 0, r, r, 0, 0, 0, 0, 0]</p>
<p>7年度: 予算要求$b_7^* = r$, 示達額$y_7 = r$</p>	<p>21年度: 予算要求$b_{21}^* = r$, 示達額$y_{21} = r$</p>
<p>8年度: 予算要求なし</p>	<p>22年度: 予算要求なし</p>
<p>9年度: 予算要求なし</p>	<p>23年度: 予算要求なし</p>
<p>10年度: 予算要求なし</p>	<p>24年度: 予算要求なし</p>
<p>11年度: 予算要求なし</p>	<p>25年度: 予算要求なし</p>
<p>12年度: 予算要求$b_{12}^* = 2r$, 示達額$y_{12} = r$</p> <pre> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </pre> <p>[0, 0, 0, r, r, r, r, 0, 0, 0, 0, 2r, r, 0, 0, 0, r, 2r, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p>	<p>注: マトリックス表の斜体文字は修正年度までに実行済の修繕計画およびこれに対する年度予算要求計画を表している。</p>

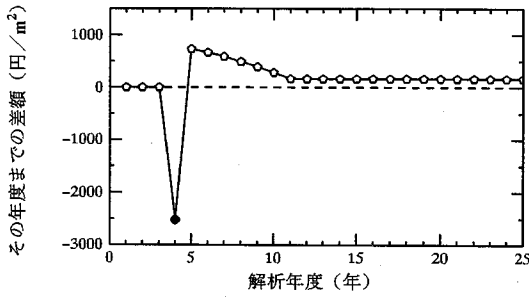
でも差額が残る。また図-3は表-4による6回の年度予算の変更があった場合で、予算変更後に最適修繕計画の場合に漸近するものの、最終年度における差額は図-2の場合よりも大きく残ることが示されている。

図-4は、年度予算の修正回数が図-2の1回のみであった場合から図-3の6回の場合までのライフサイクルコストと、最適修繕計画による場合のライフサイクルコストとの差額を示している。修正回数が増えれば、当

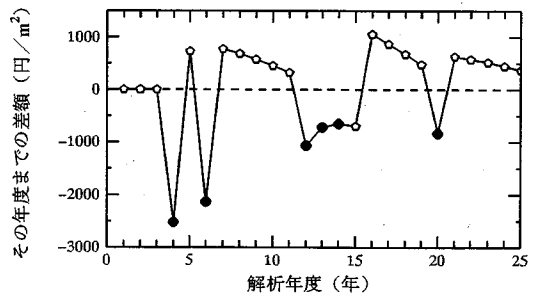
----- 最適修繕計画を基準にした場合

○— 修正修繕計画に基づいた場合

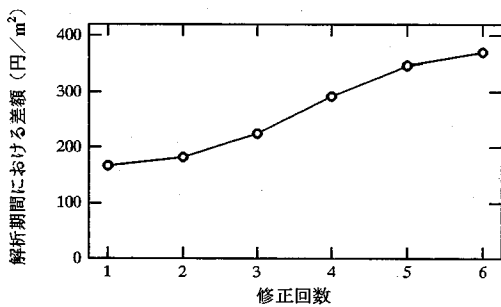
● 予算を変更した年度



図一 2 4年度のみ予算の制約があった場合



図一 3 表一 4 に示した予算の制約があった場合



図一 4 修正回数によるライフサイクルコストの増加

然ではあるがその差額は増加し、ライフサイクルコストは大きくなる。

4. むすび

著者らは先の論文¹⁾において、動的計画法に基づくネットワークレベル舗装管理システムを示した。このシステムによって、解析期間内の総予算に制約がある場合の最適修繕計画を決定することができた。しかしながら、

このような総予算の制約のもとに修繕計画を策定し、各年度ごとに予算要求を行った場合でも、その示達額は要求額を下回ることが多い。そこで本論文では、年度予算として決定された示達額の各プロジェクト（道路区間）への配分を、ネットワーク（道路区間群）のライフサイクルコストが最小になるように修繕計画を修正する手法を示した。次年度以降の予算要求は、この修正された修繕計画に基づいて行えばよい。

参考文献

- 1) 孔永健, 福田正: ネットワークレベル舗装修繕計画の最適化, 土木学会論文集, No. 526/V-29, pp.79-84, 1995.11.
- 2) 孔永健, 福田正: 動的計画法に基づくアスファルト舗装の最適設計 (ノート), 土木学会論文集, No. 502/v-25, pp.167-170, 1994.11.
- 3) 鍋島一郎: 動的計画法, 森北出版, 1973.7.
- 4) 建設省: 舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究, 第 41 回建設省技術研究会報告, 1987.
- 5) 安崎裕, 片倉弘美, 伊佐真秋: 舗装の供用性と車両走行費用に関する検討, 舗装, Vol. 25, No. 3, 1990.

(1995.7.25 受付)

NETWORK LEVEL PAVEMENT REPAIR PROGRAM UNDER THE CONSTRAINT OF ANNUAL BUDGETS

Yong-Jian KONG and Tadashi FUKUDA

In the previous paper, we presented a network level pavement management system based on dynamic programming under the constraint of total budget during the analysis period. In this paper, the system was expanded to the case where annual budgets are constrained.