

日本舗道(株)	技術研究所	正会員	水野 直樹
日本舗道(株)	技術研究所	正会員	井上 武美
日本舗道(株)		正会員	中郡 佳代子
東京電機大学	理工学部	正会員	松井 邦人

1. はじめに

ネットワークレベルでの舗装の維持修繕計画は、予算を満足しながら、対象とする道路網全体の供用性能の向上が大きな目的である。この維持修繕計画の代替案を評価する意志決定手法には、色々な提案がなされている¹⁾。

本報告は、ネットワークレベルでの維持修繕計画に最適化手法の整数計画法(IP)を用いて、5年間にわたる1)最適な予算配分の選定、2)ディスカウント率の違いによる最適な維持修繕計画の立案、3)余剰予算を最小とする目的の最適な維持修繕計画の立案の解析と考察を行ったものである。

2. 解析条件

解析条件として、修繕工事を必要とする舗装ルートを20とした。舗装ルートには、その路線の種類や交通量の違いにより修繕後の経済効果が及ぼす重要度を、補正係数により考慮した。経済評価法としては、一般的な現在価値法を用いた。5年間の全修繕費用の予算は、現在価値に換算された値で137,500,000円と設定した。また制約条件として、各年に最低3ルートの修繕を行うものとした。

(1) IPの定式化

A.) 最適な予算配分の立案²⁾

最適な予算配分の選定を目的としたIPの定式化は(1)式で表される。尚、ディスカウント率は3%として解析を行った。

B.) ディスカウント率の違いによる立案²⁾

ディスカウント率の違いによる最適な維持修繕計画の立案を目的としたIPの定式化は、各年の予算の上限を27,500,000として解析を行った。ディスカウント率は、3, 5, 7%で解析を行った。尚、ディスカウント率は、投資率からインフレーション率の差の値とした。

C.) 余剰予算の最小を目的とした立案²⁾

余剰予算の最小を目的とした最適な維持修繕計画の立案は、Big-M法を用いることにより定式化できる。Big-M法を用いた目的関数式は(2)式で表される。尚、ディスカウント率は3%として解析を行った。

$$\text{Min. } w = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n P_i R_{ij} X_{ij}$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n R_{i1} X_{i1} + K_1 = 137,500,000$$

$$\sum_{i=1}^n R_{i2} X_{i2} + K_2 = K_1$$

:

$$\sum_{i=1}^n R_{i5} X_{i5} + K_5 = K_4$$

$$X_{011} + X_{012} + X_{013} + X_{014} + X_{015} = 1$$

$$X_{021} + X_{022} + X_{023} + X_{024} + X_{025} = 1$$

:

$$X_{201} = 1$$

$$X_{011} + X_{021} + \dots + X_{191} + X_{201} \geq 3$$

$$X_{012} + X_{022} + X_{032} + X_{042} + X_{052}$$

$$+ X_{062} + X_{072} + X_{082} + X_{092} + X_{102}$$

$$+ X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{142} + X_{152}$$

$$+ X_{162} + X_{182} + X_{192} \geq 3$$

$$X_{012} + X_{022} + X_{042} + X_{052} \geq 3 \dots (1)$$

ここで、

i: ルート i (n=20)

j: j年目に修繕を行う (m=修繕可能年数)

P_i: ルート i の補正係数

R_{ij}: ルート i が j年目に修繕を行う場合の現在価値に換算された修繕費とそれまでの維持費

K': i年目の予算の余り

$X_{ij} \begin{cases} 1: \text{ルート } i \text{ が } j \text{年目に修繕を行う} \\ 0: \text{行わない} \end{cases}$

X_{ij} が IP の変数である。

$$\text{Min. } w = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n R_{ij} X_{ij} + M \cdot K_1 + M \cdot K_2 + M \cdot K_3 + M \cdot K_4 + M \cdot K_5 \dots (2)$$

ここで、M: 極端に大きな数

3. 解析と考察

最適な予算配分を目的とした解析結果を表-1に示す。各年の修繕ルート数も同時に表-1に示している。出来るだけ維持費を必要としない最初の年に修繕を行う方が望ましいため、1年目に最も高い予算を必要と

していることが表-1から判る。2年目が最も低い予算を必要とする。3年目以後は、制約条件として各年最低3ルート以上の修繕を設定しているため、同じような予算額を必要としている。

表-1 最適な予算分配を目的とした解析結果

	各年の予算	修繕ルート数
1年目	41,000,000	8
2年目	15,078,000	3
3年目	21,467,200	3
4年目	23,720,900	3
5年目	21,195,200	3

ディスカウント率を考慮した解析結果を表-2に示す。ディスカウント率が高く、将来発生する費用が遅いほど、現在価値に換算された値は低くなる。表-2からディスカウント率が異なるとそれぞれ異なった維持修繕計画の立案を与えることが判る。例えば4年目以降の修繕計画に違いが生じている。

Big-M法を用いた余剰予算の最小を目的とした解析結

果を表-3、表-4に示す。表-3は、表-2のディスカウント率が3%の立案と異なった結果を与えている。予算の制約を考慮しているため修繕ルート数は2年目・3年目が4回と1回多い結果を与えて、各年の余剰予算を最も低くする結果を示している。

4. おわりに

最適化手法のIPを用いることにより、目的の違う3つの意志決定手法の解析と考察を行った。解析と考察からIPは、制約条件を考慮しながら柔軟に最適解を与えることが確認された。

参考文献

- 1) 藤田仁, 岡藤博国, 田中耕作, 増山幸衛, 南沢輝雄 "各国のアスファルト舗装設計法の現状と研究の動向" アスファルト, 第34巻, 第172号, pp.35-42.
- 2) Park, S. Chan and Sharp Bette, P. Gunter: "Advanced Engineering Economics", John Wiley & Sons., Inc., NY, 1990, pp.243-279.

表-2 ディスカウント率を変化させた場合の解析結果

舗装区分	3%					5%					7%				
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
1	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
2	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
3	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
4	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
5	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
6	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
7	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
8	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
9	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
10	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
11	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
12	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
13	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
14	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
15	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
16	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
17	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
18	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
19	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
20	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-

注：+：修繕を行う，-：維持を行う。

表-3 余剰予算の最小を目的とした維持修繕計画の立案

舗装区分	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	舗装区分	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
1	-	-	-	-	+	11	-	-	+	-	-
2	-	-	-	-	+	12	-	-	+	-	-
3	+	-	-	-	-	13	-	-	+	-	-
4	-	+	-	-	-	14	-	-	+	-	-
5	-	-	-	-	+	15	+	-	-	-	-
6	-	-	-	+	-	16	-	+	-	-	-
7	-	-	-	+	-	17	-	+	-	-	-
8	-	-	-	+	-	18	+	-	-	-	-
9	+	-	-	-	-	19	+	-	-	-	-
10	-	+	-	-	-	20	+	-	-	-	-

表-4 各年の予算額

	各年の予算
1年目	25,850,000
2年目	27,082,970
3年目	27,168,000
4年目	27,344,799
5年目	24,827,339