

舗装道路補修費の予算配分支援システムの開発

1070481 井上拓直・1070519 玉川武・1070543 松岡俊景

By Takuma INOUE・Takashi TAMAGAWA・Toshikage MATSUOKA

1. はじめに

現在、舗装道路補修費の予算配分は習慣的な方法で決定されているため、効果的な予算配分が行われていないと言える。

そこで、西浦等⁽¹⁾は習慣的な方法で予算配分が行われているのに対して、利用者の満足度の観点に立った維持水準を設定し、それに基づいた予算配分を行う方法を提案している(以後従来研究と呼ぶ)。

しかし、従来研究では一定の維持水準で固定した予算配分のみ可能で、利用者の満足度を最大化する予算配分を行うことができていなかった。

そこで、本研究では、実用化に向けて、様々な維持水準の下で予算配分が可能である効果的なシステムの開発を目指し、まずはそのシステムの設計を行い、そしてそれに基づいたシステムを開発することを目的とする。

2. 従来研究の概要

(1) サービス水準の決定

利用者の需要はサービス水準に対する不満足度で表すことが可能である。

つまり、サービス水準に応じた不満足度関数を設定することで、サービス水準を向上させた場合の不満足度の解消という便益を得ることが可能となる。

また、供給はサービス水準を維持するために必要な修繕コストであり、この二つを関数化することができれば、予算制約がない場合においてはその均衡する点においてサービス水準を決定することができる。

しかし、現実的には予算制約が存在することから、均衡点よりも低いサービス水準を設定することが求められる(図 - 1)。

その場合は、例えば利用者満足度を最大化する等の観点から維持水準を設定し、需要関数がそれを達成するポイントでサービス水準を決定する。そして、これによって決定されたサービス水準と予算制約の交点から費用を求める。

(2) 需要関数の導出

需要はサービス水準に対する不満足度であると定義し、また、舗装道路におけるサービス水準は走行速度であると定義する。

そこで、不満足度と走行速度の関係を調べるために高知県内の国道を感覚によって決定した不満足度の評価基準(表 - 1)を基に車で走行し、平成11年度交通センサデータの交通量と規制速度とを照らしたところ、その結果、交通量と規制速度に応じて相関がみられたため、これらを差別化し区分する。具体的には、交通量を1万台/日毎の5つに分類し、規制速度を40、50、60km/hの3つに分類して、計15のエリアに分類する。よって需要関数は道路区分毎に15種類作成される(表 - 2)。

(3) 供給関数の導出

供給関数作成に当たり、まず、工学的評価指標:MCI (Maintenance Control Index)を基に作られた劣化関数⁽²⁾を利用して、走行速度と年間単位補修費(以下、単位補修費と呼ぶ)との関係を求める。具体的には劣化関数に維持水準と経年数(共用年数)を設定することにより補修回数を求めることができる(図 - 2)。そこで、MCIを0.1刻みで設定しMCI全ての場合の補修回数を求める。補修回数を算出式(図 - 3)に代入することで単位補修費が求められる。よって、単位補修費はMCIの関係で表すことができる。

ここで、供給関数は単位補修費と走行速度の関係から換算曲線($MCI=S/10+2, S \geq 80$ $MCI=10.0, S < 80$; S : 走行速度, MCI : 最高10.0)を使ってMCIを走行速度に変換する。これにより供給関数を求めることができる。

3. 本研究における予算配分

(1) 予算配分問題の特徴

予算配分というものは、それにより一意に問題設定ができるものではない。つまり、その立場や価値前提等により、様々な問題設定が可能と考えられる。

例えば本予算配分問題の対象は公共物である、という観点に立つと全利用者の満足度を考慮した予算配分が求められるため「予算制約下で全利用者の不満足度を最小

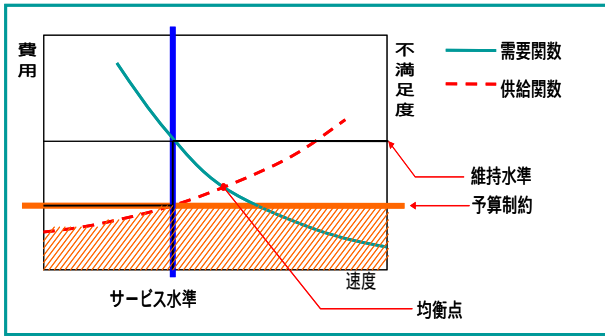


図 - 1 サービス水準の決定(予算制約あり)

表 - 1 不満足度の判断基準

不満足度	評価(速度)
100%	0 km/h、走りたくない
80%	この速度では我慢できない
20%	この速度ならあまり気にならない
0%	この速度で快適、全く気にならない

表 - 2 道路区分の分け方

道路区分	交通量	規制速度(km/h)
1		40
2	0-9999	50
3		60
4		40
5	10000-19999	50
6		60
7		40
8	20000-29999	50
9		60
10		40
11	30000-39999	50
12		60
13		40
14	40000-	50
15		60

化する」(予算配分問題1)という問題として取り扱うことができる。また、さらに公共物ということから地域差のない一律の維持水準での予算配分が求められるという観点に立つと、予算配分問題は「予算制約下で全道路の不満足度一定での予算配分」(予算配分問題2)として取り扱うことができる。

一方、場合によっては様々な情勢により重点予算配分が考えられるという観点に立つと、予算配分問題は「予算制約下で重点配分を行いつつも、全体の不満足度を最小化する予算配分」(予算配分問題3)として取り扱うことができる。

以上のようにいくつかの問題設定が考えられるが、どの問題を選択するかは行政経営上の判断である。また、本予算配分問題は、不満足度を変数として定量的に扱え、特に予算配分問題1、予算配分問題3は予算制約の中で不満足度を最小化する数理計画問題として扱うことができる。

4. システム開発

(1) システム設計

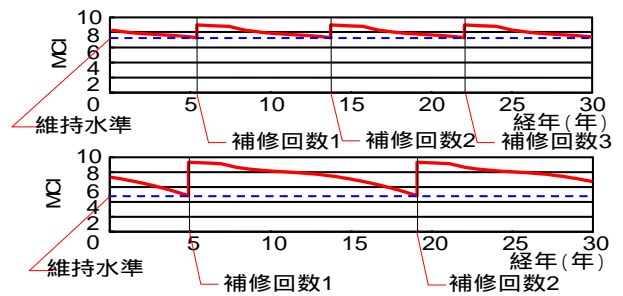


図 - 2 維持水準の設定によって異なる補修回数

$$Cost = \frac{\sum_i^n (N_i \times D_i) \times C}{\sum_i^n D_i \times Y}$$

Cost=年間単位面積補修費用(円/年・㎡)
 n=区間数
 N_i=区間iでの補修回数 Y=供用年数(30年)
 D_i=区間の車道面積(㎡) C=工事費(円/㎡)

図 - 3 年間単位面積補修費用の算出式

上述したように、本研究の予算配分問題は、問題設定が決まれば定型的に数理計画問題として解くことができる。しかし、ここに至るまでは、需要関数作成に使う走行速度や、政策を反映する重み付けにユーザの主観的判断を要する。また、どの予算配分問題定義を選択するかも同様である。その結果、問題全体としては半定型的なものになる。半定型的な意思決定問題は解法が明確ではないために、意思決定は個別にデータを吟味・分析などした上で、意思決定者が主観の評価を加えて最終的な判断をしなければならないという特徴がある。

このような半定型的な意思決定問題に対する経営学上の成果として、意思決定支援システム(Decision Support System ;DSS)⁽³⁾というアプローチがある。意思決定支援システムとは、半定型的な問題解決において意思決定者を支援する対話型のコンピュータシステムである。また、意思決定支援システムは、意思決定過程の支援を目的とし、直接的な意思決定の置き換えは行わない。

つまり、本研究では、予算配分システムを、ユーザの最終的な意思決定を支援するために、ユーザの設定した様々な条件の下で予算配分を行い、その結果の比較検討を可能にするシステムとして設計する。

(2) システム構成

以上のシステム設計に基づくと、システムの構成を図 - 4 のように表すことができる。

まず、ユーザインターフェースを介して入力データ、重みデータを得る。入力データ・重みデータはユーザインターフェースを介して出力として受け取ることができ、意思決定を支援することができる。基本データは情報量が膨大でユーザインターフェースでは対応できないため、ファイル入力する。次に、それらのデータは集計・定式

化モジュールで内部処理するための形に変換される。その際、変換されたデータは、数理計画モデルとともに舗装道路補修費の予算配分算出モジュールにより最適化問題として実行され、解を得る。出力はユーザインターフェースを介して行われる。

また、それぞれのデータがファイル項目になっているため、データを変えさえすれば異なる結果を得ることができ、それによってユーザが様々なシミュレーションを行うことを可能にしている。

(3) システムフロー

本システムの予算配分は、まず道路区分毎に行われる。その道路区分数は、上述のように需要関数の区分数によって決定する。ここでは(図-5)国道2種、需要関数が3分類の場合を例に予算配分までの流れを説明する。

まず、国道をそれぞれ道路区分に分けて捉え、分解した道路を道路区分毎に再構成する。

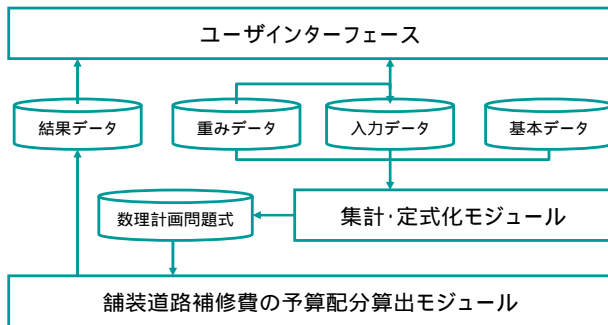


図-4 システム構成図

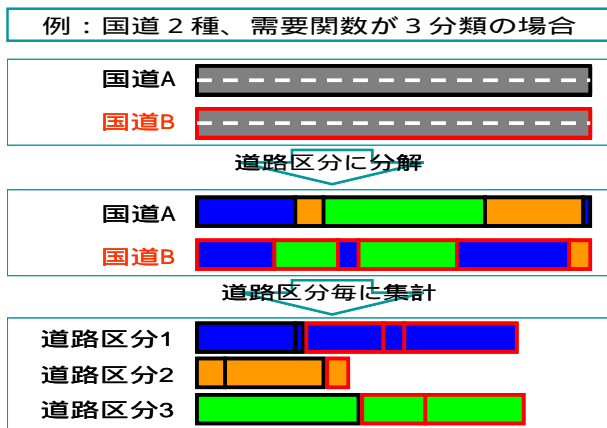


図-5 道路区分別集計

井上拓直、玉川武、松岡俊景3/6

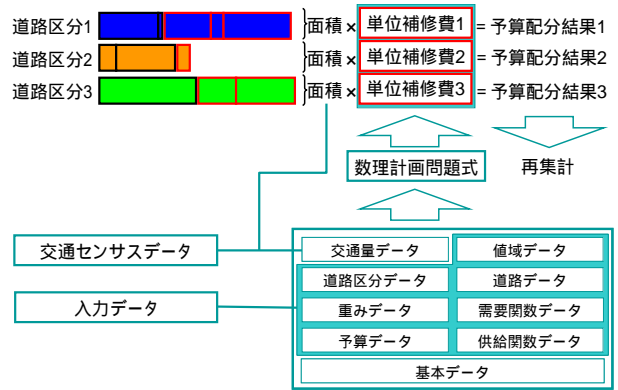


図-6 予算配分決定までの流れ

道路区分毎の予算配分結果はそれぞれの面積と単位補修費の乗算で得られる(図-6)。面積は交通センサデータによって得られる。一方、単位補修費は数理計画問題式により得られた利用者満足度を最大化する最適解である。その数理計画問題の定式化には交通量、道路区分データ、重みデータ、予算データ、値域データ、道路データ、需要関数データ、供給関数データ、基本データが必要であり、中でも、道路区分、需要関数、供給関数に一般的なものはなく、利用者や地域が変わることで変化する。これらをユーザーオープンにすることで本システムに一般性を持たせた。

以下、重要なユーザーオープン項目について、データをどのようにして得ているかを述べる。

a) 道路区分作成

ユーザは道路区分作成に必要な交通量データ、規制速度データを入力する。入力されたデータはセル集計され、道路区分データとなる。道路区分データは予算配分問題の道路区分として使われる。

b) 需要関数作成

需要関数はユーザにより入力された走行速度情報により作られる。走行速度情報は「不満足度の判断基準(表-1)」に従ってユーザが決定し、ユーザインターフェースを介し、道路区分ごとにそれぞれ4点ずつ入力される。そして、入力された4点の走行速度情報を元に、システムは需要関数データを作る。また、需要関数データを使い、入力された4点を縦に不満足度、横に走行速度の関係でプロットし、各点を線分で結ぶことで需要関数を作成する(図-5)。

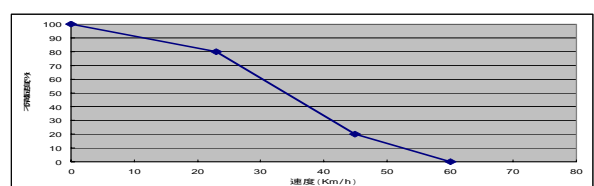


図-7 需要関数(道路区分1)

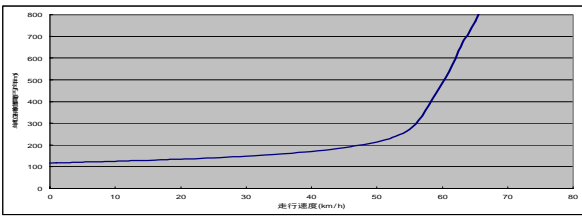


図 - 8 供給関数

c) 供給関数作成

従来研究により供給関数を求める解法は得られたが、それによる関数化は行われていない。そのため供給関数はユーザにより入力された単位補修費情報により作られる。単位補修費情報は従来研究に基づき走行速度(0~69km/h)に対応する形で別途算出しておき、ユーザインターフェースを介し70点入力する。入力された70点の単位補修費情報を元に、システムは供給関数データを作る。また、供給関数データを使い、入力された70点を縦に単位補修費、横に走行速度の関係でプロットし、各点を線で結ぶことで供給関数を作成する(図 - 6)。により保障されるレベルのものである。

(4) 定式化

a) 予算配分問題1

予算制約下で全利用者の不満足度を最小化する予算配分を考えると、以下のように定式化できる。

変数：道路区分毎の不満足度

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15}$

目的関数：各不満足度の累計最小化

$$\min: F = a'A'x_1 + b'B'x_2 + c'C'x_3 + \dots + o'O'x_{15}$$

制約条件

$$\text{予算 } af(g(x_1)) + bf(g(x_2)) + \dots + of(g(x_{15}))$$

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15}$

$f(x)$: 速度(km/h) 単価(円/年 m^2)

$g(x)$: 不満足度(%) 速度(km/h)への変換式

$a \sim o$: 道路区分ごとの面積(m^2)

$a' \sim o'$: 0,1 $a=0$ $a'=0$, else $a'=1$ (道路区分の有無を不満足度計に反映)

$A' \sim O'$: 道路区分ごとの交通量(台/日)

, : 値域

b) 予算配分問題2

全道路の不満足度を一律にする予算配分を考えると以下のように定式化できる。

変数：全道路の不満足度 x (一定)

目的関数

$$F = (a'b' + c' + \dots + o')x \text{ (一定)}$$

制約条件

$$\text{予算 } (a+b+c+\dots+o)f(g(x))$$

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15}$

c) 予算配分問題3

政策(重み)を考慮し、その中で不満足度を最小にする予算配分を考えると以下のように定式化できる。

変数：道路区分毎の不満足度

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15}$

目的関数：各不満足度の累計最小化

$$\min: F = a'A'x_1 + b'B'x_2 + c'C'x_3 + \dots + o'O'x_{15}$$

制約条件

$$\text{予算 } Af(g(x_1)) + Bf(g(x_2)) + \dots + Of(g(x_{15}))$$

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15}$

$A \sim 0$: 重み付け係数(重み $\cdot m^2$)

重み付けは、費用のかけ方を差別化する行為であると定義した。4の(2)で示したように、費用は面積と単位補修費の乗算により求められるので、ウェイトをかける対象は、変動し算出される単位補修費ではなく、面積となる。面積はシステムフローで示した集計面積データに集計されており、それと同様の集計方法で重みを扱い乗ずることで、重み付けされた面積データ(重み付け面積データ)を得ることができる。それをさらに予算配分に適応できるように道路区別に集計し、それを重み付け係数と呼び、定式化に加えた(図 - 7)。

5. 実行例

(1) 実行目的

システムの作動確認のために行った予算配分について説明を行う。ここでは上述の予算配分問題1と予算配分問題3で定義した場合の比較検討を行う。

(2) その他の入力情報

a) 予算 510(百万円)

b) 需要関数・供給関数：従来研究で使用したもの

c) 基本データ：平成11年度交通センサスデータ(高知県)

d) 値域：20 (不満足度) 80

e) 重み付け：国道別重み付けによる国道33号線に対する重み「2」と、市町村別重み付けによる吾川郡伊野町に対する重み「3」

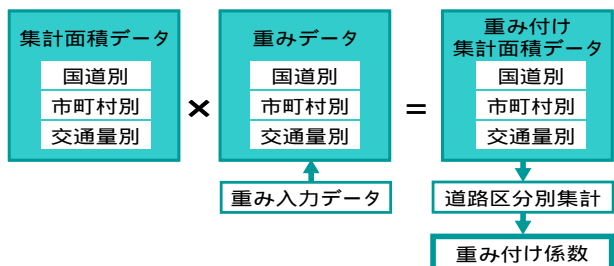


図 - 9 重み付け係数の求め方

表 - 5 市町村別予算配分

市町村名	ウエイトあり(百万円)	ウエイトなし(百万円)
安芸郡安田町	8	10
安芸郡芸西村	7	9
安芸郡田野町	4	6
安芸郡東洋町	21	27
安芸郡東平町	11	13
安芸市	25	33
善川郡伊野町	53	12
善川郡善川村	45	28
善川郡善野町	5	7
善美郡善美町	2	2
善美郡赤岡町	4	5
善美郡土佐山田町	5	7
善美郡夜須町	3	5
善美郡野市町	10	13
高岡郡緒方町	22	14
高岡郡佐川町	26	16
高岡郡中土佐町	17	21
高岡郡日高村	18	12
高知市	66	71
高知市	58	73
須崎市	16	20
長岡郡大豊町	27	34
土佐市	17	23
南国市	37	48
合計	510	510

(3) 実行結果

以上の情報をユーザーインターフェースから入力し、本予算配分決定支援システムを動作させる。なお、入力データとして用いた情報は、ユーザによる吟味・検証等すでに行われており、主観的評価を加えた後決定されたものであるとする(表 - 4)。

メニューの予算配分から予算配分3と予算配分1をそれぞれ実行する。不満足度を変化させて実際に解を得るソルバー実行画面(図 - 8、図 - 9)も、予算配分定義に従ったものが存在する。そこでソルバーの最適化問題として解が得られる。予算配分実行結果は予算配分定義ごとにそれぞれ保存され、国道別、市町村別、交通量別に参照できる。ここでは、ウエイトをかけた項目(国道別、市町村別)のみの結果を表示する(表 5、表 - 6)。

表 - 4 国道別予算配分結果

	32号	33号	55号	56号	全体
ウエイトあり	78	190	169	73	510(百万円)
ウエイトなし	99	99	217	95	510(百万円)

表 - 3 各入力データ確認

予算(百万円)	510
不満足度(%)	80
不満足度上限(%)	20

	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6	NO. 7	NO. 8	NO. 9	NO. 10	NO. 11	NO. 12	NO. 13	NO. 14	NO. 15	
満足度	0	36	21	80	90	50	60	80	80	80	80	90	90	90	80	
不実	>=	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	<=	0	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
実行	お好み自動	0	10182202	225755	1069424	12898388	1419046	13572315	10078988	1124343	4409817	2562062	2807892	393584	4253306	2615185
	面積	0	1009856	7088757	3498123	5195182	7503975	3060428	3048777	3318726	1458871	6041354	6001231	92312	7239951	4878958
	道幅	0	37.4	40.45	41	50	49	56	44	52	33	48	52	50	40	50
実行	道幅	0	182.8666	171.3562	173.626	214.156	201.776	160.411	182.706	240.285	153.882	176.772	225.991	148.844	170.59	214.156
	費用	0	1.78E+08	1.2186119	5.066299	1.11E+08	1.5942325	48220926	55852451	7969055	32414007	10579482	15642219	1387027	12350532	10662755
不実	東北セリ	0	64	79	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	不満足度	0	5E+08	17934645	20398480	2.05E+08	70952300	1.51E+08	1.31E+08	22486660	57743420	4000740	56157840	7971600	85066120	52302900
不実	>=	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	<=	0	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
予算	510E+08															
総費用	510E+08														不満足上限	80
不満足	1.42E+08														不満足下限	20

図 - 10 ソルバー実行画面、予算配分3(重み付けあり)

		NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6	NO. 7	NO. 8	NO. 9	NO. 10	NO. 11	NO. 12	NO. 13	NO. 14	NO. 15	
満足度		0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
不安	>=	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	<=	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	おもしろさ	0	781811	225755	1018424	10288227	1409046	7530315	5542786	1124043	2887171	2150087	2807892	393584	425006	2815195	
	信頼	0	1183079	958665	47235	554756	107003	2222785	271587	44814	131072	64254	92100	12638	58041	874235	
実数	満足度	0	21.4	40	40	47.06667	43.2	36	40.68332	51.25	22	40	52	30	40	50	
	重値	0	151.0482	170.59	173.826	197.0524	180.7682	180.411	182.5425	223.2073	153.882	176.772	229.331	148.644	170.59	214.156	
	費用	0	1.70E+08	1.6370925	8001224	1.08E+08	19348163	35555816	49578000	10025130	20669522	11350208	21182171	1870255	16724814	14439147	
	変化セル	0	75	80	20	25	62	20	21	25	20	20	20	20	20	20	
不安	不満度	0	5.10E+08	18060400	20380480	2.88E+08	97980652	1.51E+08	1.27E+08	28108575	57740420	43007740	58157040	7871580	65068120	52003900	
	>=	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	<=	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	予算	5.10E+08															
総費用	5.10E+08														不満上値	80	
不満定	1.65E+08															不満下値	20

図 - 11 ソルバー実行画面、予算配分1(重み付けなし)

以上のように、重みをかけた場合とそうでない場合は、重みの度合いに依存する形で費用(予算配分結果)が異なった。注目すべきは、重み付けした場合とそうでない場合とで不満度計に違いがあったということである。今回の条件で予算配分を行うと、重みを付けた場合の方が、全体的な配分結果は低くなった。

一方、条件によっては逆もありうるので、そういった意味でユーザは様々な予算配分を検討する必要があり、またシステムは容易にその比較を可能にする意思決定支援システムとして機能している。

6. おわりに

本研究では舗装道路を対象として、より実際的で効果的な予算配分の実現を目指して、意思決定支援システムとしてシステム開発を行った。その結果、成果として以下のようなことが言えると考えられる。

(1) 現実的な問題設定を行い、定式化し、ソルバーの精度内で、それに対する最適解を求めることができるようになったことから、より実際的なシステム開発ができたと考えられる。

(2) 本研究ではシステムを需要関数、供給関数、道路区分など予算配分のポイントとなる入力項目をユーザオープンとし、データ駆動型システムとして開発した。そのため従来研究の対象とした以外の舗装道路に於いても予算配分が可能となったことから、より一般性のあるシステムが開発できたと考えられる。

一方、今後の課題としては以下のことが言える。

(1) 供給関数は入力されたデータをプロットし、線分関数として近似しているため、実用化に向けては、より精緻に関数化する必要があると考えられる。

(2) 本研究は次の開発段階として、実際に現場でシステムを使用してもらい、評価を受ける必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 西浦正展、西岡喬、林喜大、宮田将門：「条件付均衡分析による道路舗装のサービス水準・予算配分決定システムの構築」(2006年)
- 2) 西浦正展、西岡喬、林喜大、宮田将門：「MCI劣化モデルを用いた道路舗装の減価償却システム」(土木計画学研究委員会発表秋季大会、2005年12月)
- 3) 宮川公男：「経営情報システム」(中央経済社、2000年)
- 4) 那須清吾：「道路の資産管理と行政経営」(第25回(台湾)中日工程技术研討會、2005年6月15日)
- 5) 大村あつし：「かんたんプログラミングExcel 2003 VBA基礎編」(技術評論社、2004年)
- 6) 大村あつし：「かんたんプログラミングExcel 2002 VBA応用編」(技術評論社、2003年)
- 7) 新井雅行：「Visual Basic for Excel 5.0」(日経BP出版センター、1995年)