

条件付き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

Conditional Equilibrium Analysis System of Service Level and Budget Allocation

For Road Pavement by Deterioration Model

西浦正展*・西岡喬*・林貴大*・宮田将門*・坂本安祥*・那須清吾*

* 高知工科大学 社会システム工学科

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

要旨：社会資本の維持管理に投入する費用や市民へのサービス水準を決定することが行政には求められているが、そのシステムや基準は様々試みられている。本研究においては、一定のサービス水準を提供する為に必要な供給関数を一定期間のライフサイクルコストで算出し、運転者が求めるサービス水準を不満度関数により需要関数として提供する。これらの需要・供給関数による均衡分析によりサービス水準および供給コストあるいは予算配分を決定するシステムを提案している。

Abstract: Appropriate cost at an appropriate service level is what any government has to determine for maintenance and management of infrastructures, and various systems or standards are under investigated. Supply cost function of service is able to be derived from life cycle cost at certain minimum level of infrastructures value, while service demand function is able to be derived as a dissatisfaction level function for service. This study introduced a determination system of service level and service cost or budget allocation with equilibrium analysis of service demand function and supply cost function.

1. はじめに

現在、日本国内の各自治体では、アセット・マネジメントの導入に向けて検討が行われているが、第一に、予算制約下における維持管理の経営方法の必要性を課題として挙げている。道路舗装を例に挙げると、予算制約がない条件でライフサイクルコスト(LCC)を最小にするために必要な各年度の補修費用を算出すると、特定の年度に多大な予算を必要とする上、各年度に必要となる予算も現状を超えたレベルになる場合がある。従って、道路種別、交通量、地域特性に応じてサービス水準を差別化し各路線で設定していく必要がある。その結果、場合によってはサービス水準を下げる路線もあり得る。

道路舗装は定性的に損傷が大きい路線や交通量の多い路線、苦情件数が多い路線などを優先して維持・補修が行われてきたが、今後は LCC、市民あるいは道路利用者の満足度を考慮したサービス水準の設定および維持管理方法を検討する方向にある。今後、アセット・マネジメ

ントの導入に当たっては、満足度に代表されるアウトカム指標をベースに、道路利用者の満足度と、その満足を得るために投入される税金等のコストに基づきサービス水準を検討していく仕組みを構築していくことが求められる。

著者らは前の研究により、舗装の劣化曲線モデルおよび補修工法による資産回復水準から、投入される維持修繕費によって社会資本の資産価値を評価できるシステムを導出できた。これから、資産評価の維持水準とサービスレベルの関係を明らかにすることにより、維持修繕費に対する社会的便益をモデル化することも可能であり、政策評価へと発展させることができる。

2. 資産価値・サービス水準目標とコスト・政策評価

舗装の減価償却システムのための資産の劣化モデル、資産価値(MCI)と走行速度や環境・安全性などのサービス水準との関係モデルを導出することによって、目標とするサービス水準や経営方針を維持する為の舗装の修

繕費や減価償却費などのコストの導出が可能となる。

国民が求めるサービス水準をマーケティングすることで、国民がどの程度の政策コストを容認するかを需要関数によって求めるとともに、舗装のサービス水準を維持するための費用を供給関数として設定することで、需要と供給の均衡点において舗装のサービス水準あるいは経営政策を決定することが可能である。

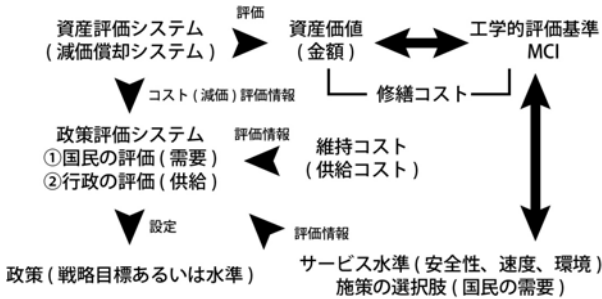
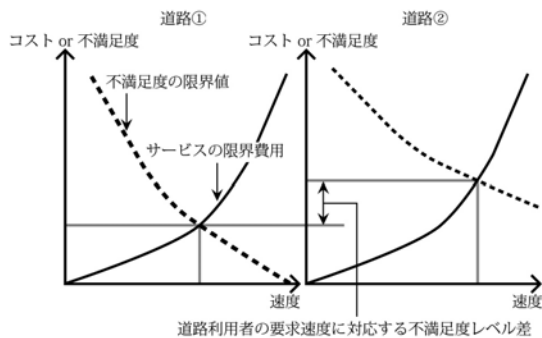


図 - 1 政策評価のプロセス

3. 需要関数と供給関数の均衡点による 目標サービス水準の決定

国民の需要は提供される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の必要な修繕コストであり、この2つを関数化することができれば、予算制約がない場合はその均衡する点においてサービス水準を決定できる。

複数の道路が存在し、それぞれの道路に対する国民の不満足度が存在する場合にも同様に、それぞれのサービス水準を決定できる。



しかし、一般的には予算制約が存在することから、不満足度の限界費用が均衡する点よりも低いサービス水準を設定することが求められ、複数の道路において同時に均衡する必要がある。例えば、行政側が提供する道路毎の走行速度のサービス水準に対応する道路利用者の不満足度が関数化されている場合、利用者の不満足度を全ての道路において一定に保つ条件下での均衡分析を実施することが可能であり、道路毎にサービス水準および配分さ

れる予算水準を導き出すことができる。ここで、利用者の不満足度に関わる条件を「全ての道路の不満足度の総合計が最小となるよう、各道路の不満足度を設定する」とすることも可能であり、多様な制約条件が考えられる。道路利用者等がどのような価値観や要望を持っているかを考え、行政側は適切に均衡条件を設定することが求められる。

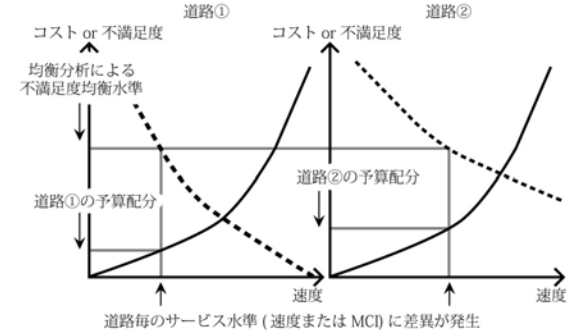


図 - 3 予算制約下における均衡分析

4. 舗装の需要関数の導出

(1) 需要関数の道路区分

実際に高知県内の国が管理する国道を車で走行し、道路毎に速度に対する不満足度をその感覚から決定した。本来、道路利用者の不満足度は個人によって異なると考えられるが、ここでは、利用者の平均的な不満足度感覚によって評価を行っている。そして、不満足を感じない走行速度をその道路の理想速度とし、平成11年度交通センサデータから交通量と規制速度ごとにプロットした(図 - 4)。その結果、大まかではあるが交通量と規制速度に応じて違いがみられたため、それらで差別化し区分することが適当であると考えた。そこで、交通量を一万台/日ごとに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のエリアに区分した。

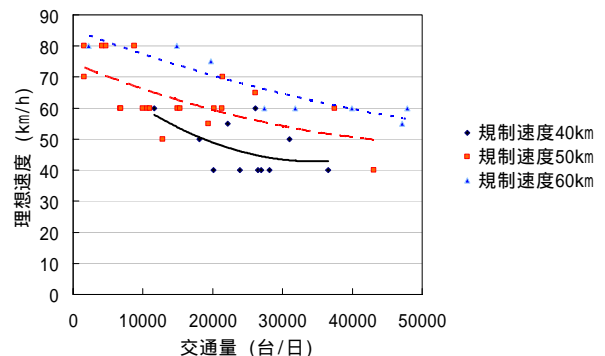


図 - 4 交通量・規制速度と理想速度

(2) 不満足度の判断基準

需要関数を作成するにあたって、道路利用者の走行速度に対する不満足度を検討する必要がある。このときに、

検討する不満足度をパーセンテージによって表し、0%(理想速度)、20%、80%、100%の4点において評価した。不満足度の判断基準は表-1のとおりである。

表-1 不満足度の判断基準

不満足度	評価
100%	0km/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

(3) 需要関数の作成

以上のデータを基に、不満足度を評価した4点を結ぶ3つの一次関数からなる需要関数を道路毎に作成した。尚、交通量区分は0-9999台/日、10000-19999台/日、20000-29999台/日、30000-39999台/日、40000-49999台/日とした。

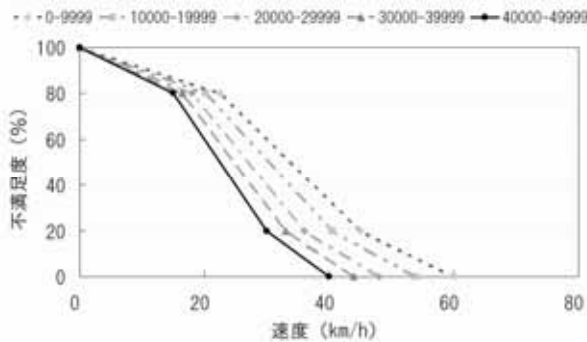


図-5 規制速度40km/h道路の需要関数

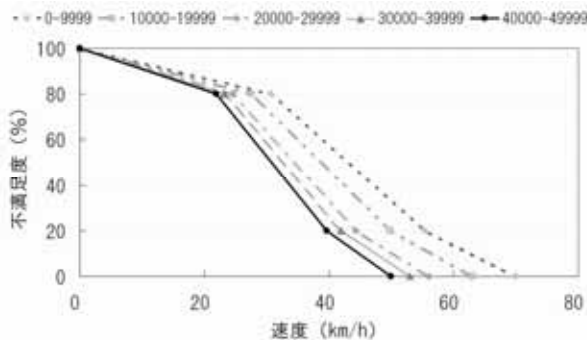


図-6 規制速度50km/h道路の需要関数

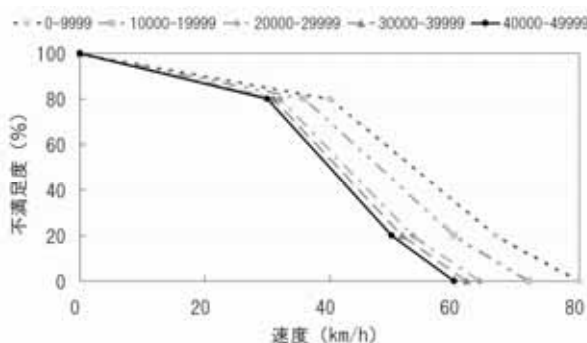


図-7 規制速度60km/h道路の需要関数

5. 舗装の供給関数の導出

(1) LCCを最小化する維持管理方法の選択

供給関数を導出する上で考慮しなければならないのがLCCである。LCCは、供用期間において維持するサービス水準や補修工法の選択によって変動する(図-8、9)。そのため道路アセット・マネジメントではこのLCCを最小化する維持管理方法が求められる。したがって、維持するサービス水準に応じて適切な補修工法を選択する必要がある。しかしながら、現段階では切削オーバーレイ(CR)工法のみ劣化関数しか利用できないため、本研究では補修工法はCR工法のみを用いることとする。

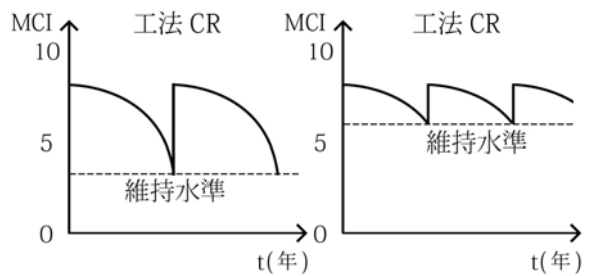


図-8 サービス水準によるLCCの比較

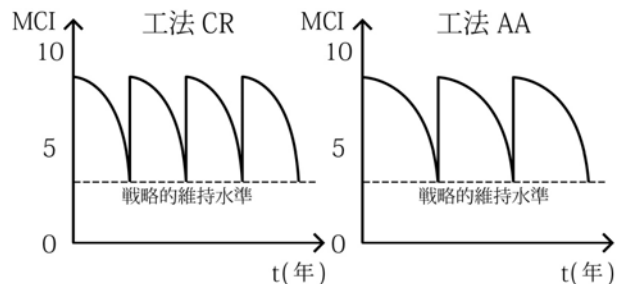


図-9 補修工法によるLCCの比較

(2) 換算曲線の作成

供給関数は維持するサービス水準(MCI)とそれを維持するための修繕コストの関係であり、需要関数は提供されるサービス水準(走行速度)とそれに対する不満足度との関係である。そのため需要と供給を均衡させるためにはMCIと走行速度という異なったサービス水準指標の関係を明らかにしなければならない。そこで、ドライバーが走行速度に応じてどの程度のMCIを必要としているかを仮定して、簡単な線型モデル式で表した。今回のモデル式では、例えばMCIが2のときでは、舗装路面がひどく傷んでいる(凸凹である)状態であり、速い速度で走るには無理がある。逆に、MCIが10であるとすれば、舗装路面は一切の損傷が無く(凸凹が全くない)状態であり速い速度でも十分に対応できると考えられる。そのような状況に加えて、著者らの感覚をもとにモデル式を作成した。また、今後換算曲線に対しては、複数の予めMCIが分かっている道路において様々な速度で走

行することによって、換算曲線をよりドライバーの感覚に近づける必要があると考えられる。

$$MCI = S / 10 + 2$$

ただし、S = 80 のとき MCI = 10.0

S: 走行速度, MCI: MCI 値(最高 10.0)

(3) 供給関数の作成

供給関数の作成に用いるデータは平成 15 年度最新路面調査データとした。路面データはおよそ 100m 区間ごとに調査されており、高知県内における総区間数は 3361 箇所であった。ここでは、30 年間の供用年数を対象として、当該期間において設定したサービス水準を下回らないように補修を行った場合の単位面積当たりの年間修繕コストを求める。

はじめに、維持する MCI 水準を設定した後、補修から次回補修までの期間を MCI 劣化式を用いて算出する。そして、道路区間の中で最新 MCI 値がその維持水準を上回っている区間と下回っている区間に分け、下回っている区間については直ちに補修を行った後に供用を開始することとした(図 - 10)。

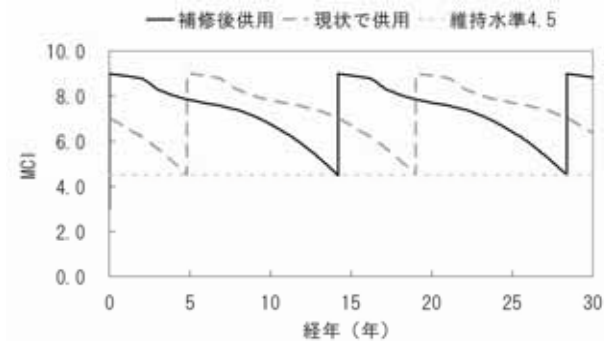


図 - 10 MCI 経年劣化と補修による回復

また、上回っている区間は維持水準に達するまでの期間を同様に算出し、それぞれの区間において 30 年間の補修回数を求めた。さらに、区間ごとに車道面積が異なることから補修回数に車道面積を乗じて総補修面積を求めた。これに補修工事単価を乗じたものが 30 年間における道路の LCC となる。こうして求めた LCC を総車道面積および供用年数で除し、年間単位面積補修費用を算出した。

$$Cost = \frac{\sum_i^n (Ni \times Di) \times C}{\sum_i^n Di \times Y}$$

Cost = 年間単位面積補修費用 (円/年・m²)

n = 区間数 Y = 供用年数 (30年)

Ni = 区間iでの補修回数

Di = 区間iの車道面積 (m²) C = 工事費 (円/m²)

維持する MCI は 0.1 きざみで設定し、同様の手順を繰り返した。これにより図 - 11 のような供給関数が得られた。なお、下図の横軸は MCI から上述の換算式を用いて走行速度に換算済みである。また、CR 工法の補修工事単価は土佐国道事務所で使用されている単価データから、アスファルトの厚さや種類に関わらず一律 2000 円/m²とした。

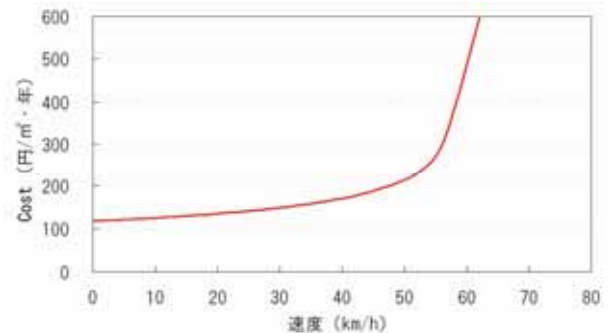


図 - 11 供給関数

6. 均衡分析

(1) サービス水準と予算配分の決定

以上より作成された需要関数と供給関数を用いて均衡分析を行う。均衡条件を「全道路における不満足度を一定の 50%」として設定した場合、各道路のサービス水準・修繕費は図 - 12、13 のように決定する。

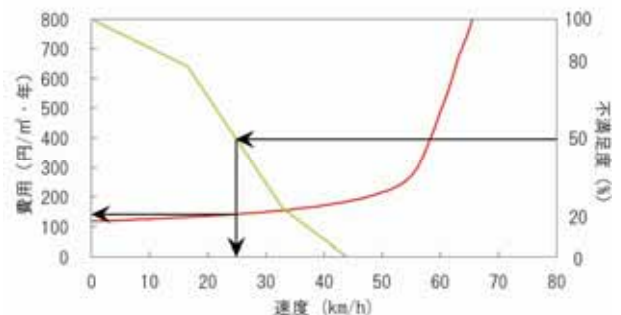


図 - 12 道路 1 の均衡分析

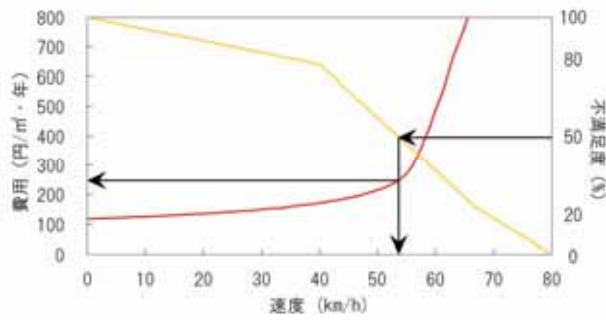


図 - 13 道路2の均衡分析

(2) 不満足度の費用化

仮に不満足度 50%で国民の均衡が図られるとすれば、均衡点で需要と供給が完全に均衡し、不満足度を費用として換算することも可能となる(図 - 14)。すなわち、国民が不満足度解消のために道路の修繕に支払ってもよいと考えるコストを知ることができることになる。

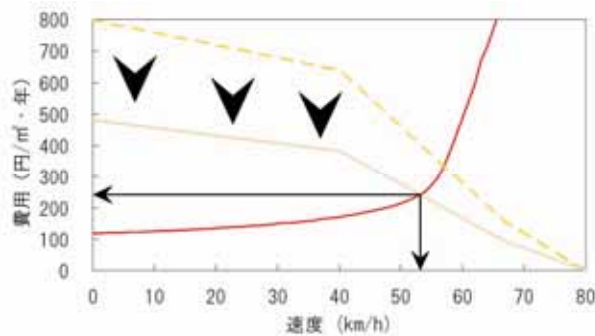


図 - 14 不満足度 50%で均衡した場合

(3) 維持修繕の費用シミュレーション

全ての道路において、維持する速度・MCI、補修費用が決定する。そして、交通区分毎あるいは国道毎に車

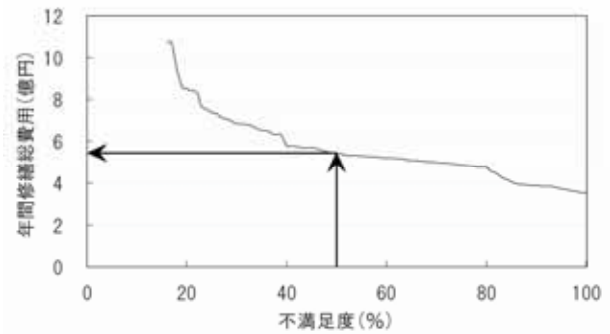


図 - 15 不満足度と年間補修費

道面積を交通センサスデータから集計し、それぞれの車道面積に費用を乗じて年間総修繕費を算出した結果が表 - 2 である。全道路を不満足度 50%で維持した場合、年間総補修費はおよそ5億4千万円となる。

さらに、設定する不満足度を1%ごとに変動させることで、多様な維持修繕パターンについての費用を算出することが可能である(図 - 15)。

7. 結論および課題

結論として、本研究で提案したシステムの適用により道路のサービス水準と予算配分の決定、満足度評価による維持管理予算の適正規模の決定を行うことが可能となり、維持管理システムにおいての説明責任を確立することができる。

本研究においては道路利用者の不満足度しか考慮されていないが、今後は騒音・振動など多様な社会的便益も同様に検討する必要がある。さらに、この手法を用いた政策評価へと展開していくことが求められる。

交通量	規制速度 (km/h)	維持速度 (km/h)	維持MCI	面積(㎡)					費用 (円/年・㎡)	年間総修繕費(百万円)				
				32号	33号	55号	56号	全体		32号	33号	55号	56号	全体
0-9999	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	43	6.3	354,795	290,230	510,992	7,062	1,163,079	180.0	69.6	54.4	95.7	1.1	220.7
	60	53	7.3	5,858	0	90,109	0	95,967	240.3	1.6	0.0	22.9	0.0	24.5
10000-19999	40	30	5.0	0	0	47,235	0	47,235	148.6	0.0	0.0	7.9	0.0	7.9
	50	39	5.9	0	110,278	244,246	209,397	563,920	167.7	0.0	18.7	44.1	40.2	102.9
	60	48	6.8	107,033	0	0	0	107,033	201.8	26.0	0.0	0.0	0.0	26.0
20000-29999	40	27	4.7	5,610	38,648	43,934	134,647	222,839	143.8	0.8	5.2	7.5	21.4	34.9
	50	34	5.4	0	76,706	136,555	58,337	271,597	156.0	0.0	13.2	24.9	10.7	48.8
	60	43	6.3	0	0	44,914	0	44,914	180.0	0.0	0.0	9.0	0.0	9.0
30000-39999	40	25	4.5	64,900	66,172	0	0	131,072	140.9	9.1	8.8	0.0	0.0	17.9
	50	33	5.3	0	17,556	0	46,698	64,254	153.9	0.0	2.6	0.0	7.4	9.9
	60	41	6.1	0	0	92,100	0	92,100	173.6	0.0	0.0	18.1	0.0	18.1
40000-49999	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	31	5.1	34,541	0	0	27,130	61,671	150.4	4.0	0.0	0.0	3.7	7.7
	60	40	6.0	41,348	0	32,629	0	73,977	170.6	6.4	0.0	6.5	0.0	12.9
交通区分合計				614,085	599,589	1,242,713	483,270	2,939,656	—	117.4	102.9	236.5	84.5	541.3

表 2