

舗装の維持管理システムに関する研究 第二回

阿部 頼 政*

1. まえがき

コンピュータの演算は二進法である。`YES`と`NO`しかない。したがって、コンピュータを活用したシステムにおいては曖昧な表現は許されず、細部にわたる厳密な記述と論理性が要求される。

維持管理システムに対する関心は最近とみに高まっており、多くの技術者によってその重要性が強調されているが、システムを作成し運用する目的については明確な見解が少ないように思える。目的が曖昧でシステムが作れるか、答はいうまでもなく否であろう。今回はこの問題を中心に模索し、あわせてシステムの組立て方を概念的に考察してみることにする。

2. システムの目的

システム概念図である図-1において、入力、出力、システムはそれぞれ次のような性質を有する。

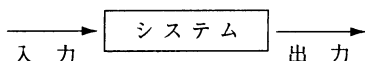


図-1 システムの概念図

- (1) 入力：入手できる情報
- (2) 出力：入手したい情報
- (3) システム：入力をもとにして出力を得るための計算法を内蔵したもの

舗装の維持管理システムを設計するにあたっては、以上の3項目のうち、まず`入手したい情報`を明らかにする必要がある。これがあって初めてシステムが設計でき、システムに入力すべき情報も選択できるからである。単純な例から考察を進めてみよう。

維持管理システムの`出力`は、一般に「管理区間内の維持修繕の優先順位の決定」である。これには、補修工法、数年先の計画まで含まれる場合が多い。

優先順位の決定にあたって、「損傷の激しい個所から順に補修を行なう」という考え方をとれば、解決は比較

的簡単である。路面調査をもとに、順序をつけ予算の限界まで施工を実施すればよいからである。しかし、はたしてこの方法は合理的と言えるであろうか。いくつかの問題点を指摘してみよう。

図-2で、曲線A、Bは、供用性指数（PSI、MC Iなど）を模式化したものである。現時点（I）での判断によれば、損傷の激しいAがBよりも優先される。

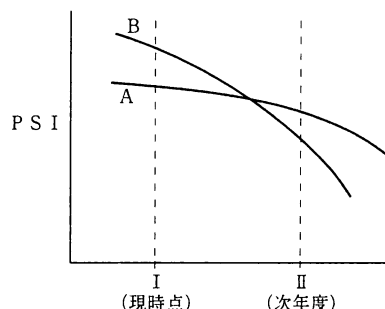


図-2 供用性の比較(1)

しかし、両者とも補修しなかった場合、次年度（II）にはこの順位が逆転する。とすると、現時点の判断でAを優先することは問題であろう。現時点でBに投資した方が合理的かも知れないからである。

図-3は、A、Bとも補修の対象となるほど路面は損傷を受けており、交通量は $B \gg A$ とする。現時点でも

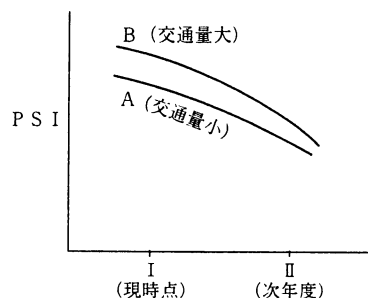


図-3 供用性の比較(2)

*あべ よりまさ 日本大学理工学部助教授

次年度も優先順位はAの方が先であるが、Aの交通量100台/日、Bの交通量1000台/日とすれば、Bを先に補修した方が多くの利用者のプラスになる。

図-4の例は、Aはわだち掘れ、Bはクラックが卓越している場合を想定している。総合評価ではAが優先されるが、路盤への雨水の滲透を考慮するとBを優先させたいのではないだろうか。

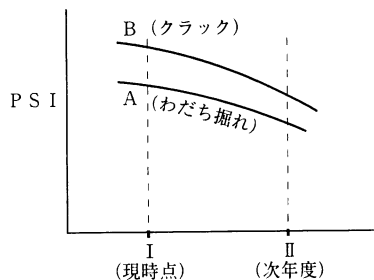


図-4 供用性の比較(3)

図-5のAとBでは供用性指数に格段の差がある。しかし、Bの路面がすべりやすく事故発生の可能性が高かったらどうであろうか。Bの補修を優先させる管理者が多いかもしれない。

以上、いくつかの問題点をあげてきた。技術者によっ

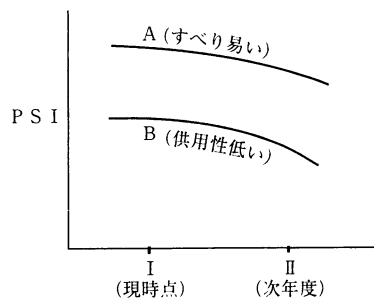


図-5 供用性の比較(4)

ては、すぐ判断のつく項目もあり、また大いに迷う項目もあると思う。また、この他に数多くの問題点を指摘される方もあるだろう。現実には、過去数十年間誰かがこのような問題に判断を下してきているわけである。その場合の判断基準は、個々によっておそらく異っているであろうが、判断にあたって考慮する要素は膨大な数にのぼるものと思われる。単に「損傷の激しい個所から順に」というようなものではなく、あらゆる角度から検討するためである。

維持管理システムの設計にあたっては、人間が技術的に、経験的あるいは感覚的に判断してきた問題につい

て、これを数量化し、機械的に判断のできるようなプログラムを作成しなければならない。そのためには、これまで漠然と認識してきた事柄を明確に定義することが最も重要となる。

舗装の維持管理システムの目的はそもそも、どこにあるのだろうか。一般には「限られた予算を最も効果的に使用して舗装の維持管理を行なう手法」と解釈されている。しかし、「最も効果的な使い方」とは具体的に何を意味するのか明確ではない。これは、舗装の維持（修繕を含む）管理の目的そのものが多種多様なためでもあるが、「いかなることが達成されれば、予算を効果的に使用したことになるのか」、いくつかの例をあげて考えてみよう。

- ① 路面性状に起因する事故を最小にする
- ② 沿道住民の苦情を最小にする
- ③ 補修の頻度を最小にする
- ④ ユーザーの便益を最大にする
- ⑤ 維持修繕に要する費用を最小にする

この他にも考え方は色々あると思うが、ここでは上記の5項目について考察をすすめる。

(1) 事故を最小にする

最近、特に管理瑕疵の問題が大きく取り上げられている。道路管理者にとって路面性状に起因する事故は最も注意すべき問題の一つであろう。事故の発生原因となる路面の因子には次のようなものがある。

- ① すべり抵抗値の不足
- ② ポットホール
- ③ 段差
- ④ わだち掘れ
- ⑤ 路面の排水性能の不足

したがって、「事故の発生を最小にする」ための「補修の優先順位」は上記①～⑤それぞれに起因する事故の調査、解析などをもとに決定されることになる。

(2) 沿道住民の苦情を最小にする

東京都、大阪市などの都市内道路や国道一号線のように人家密集地帯を通る道路では、沿道住民からの騒音、振動等に対する苦情を重要視しなければならない場合が多い。これに関する因子としては次のようなものがあげられる。

- ① 段差：騒音、震動
- ② 路面の粗さ：騒音
- ③ わだち掘れ：車線変更時の震動

④舗装構造：震動の伝播距離に関係

⑤補修工法

以上のような因子につき、`沿道住民の苦情を最小にする`ための`優先順位`は、事故の場合とかなり異なったものになるはずである。

(3) 補修の頻度を最小にする

四六時中、交通量の多い道路あるいは代替路線のない道路では、補修による交通ストップを極力避けたい場合がある。また、道路管理者の人員削減などを考慮するとメンテナンス・フリーの舗装が望ましい場合もある。このように、将来、補修の頻度を少なくすることを最優先させれば、予算の使用法は大きく変わってくる。

(4) 道路利用者の便益を最大にする

現代の道路は、人と貨物を輸送する自動車を対象として作られている。舗装は、その自動車に安全で快適な走行性を提供するものであろう。この観点から維持修繕をとらえれば、`道路を利用する者（ユーザー）に最大の便益を与える`ように`優先順位を決定する`ことが、予算の最も効果的な使い方ということになる。この問題については、次章でさらに検討する。

(5) 維持修繕に要する費用を最小にする

(1)~(4)では、与えられた予算を消化するにあたって、何を重視すべきかという設定であった。しかし、道路全体の予算配分あるいは他の公共事業とのかねあいもあって、維持修繕費をできるだけ安価にすることが至上命令となる場合も考えられよう。乗心地、スピードの低下などを我慢し、道路として最低の機能、すなわち車両を通行させることだけ確保すればよいという状態である。今後の日本経済、道路投資額の動向によっては、このような事態が起らないとも限らない。システムは、`舗装のレベルを限度内に抑えながら、費用を最も少なくするための優先順位を決定する`ように設計することになる。

以上、いくつかの例について簡単に考察してきた。出力として得られるものは、いずれの場合も`対象とする道路網のうち、当該年度に維持修繕すべき区間の優先順位`である。しかし、同一の道路網を対象としても、システムの目的の与え方によって、優先順位は大きく変わることが明らかになったと思う。`システムの目的`は、(1)~(5)の他にも数多く考えられる。また、いずれにすべきかということも優劣はつけ難い。対象とする道路網の

道路種別、地域、交通量、予算など、様々の要因を考慮して判断すべき性質のものであろう。

システムの設計にあたって、まず最初に、また最も重要なものとして設定すべきことは、以上に述べた`システムの目的`である。これを曖昧にして設計は不可能であるし、また仮に設計できたとしても出力は何のための優先順位か不明確になってしまう。舗装の維持管理、またそのシステムに対する道路管理者の`哲学`の確立が特に要求される所以である。

3. システム設計に考慮すべき要因

本章では、システムの目的を具体的に「道路利用者の便益を最大にすること」と設定し、設計にあたって考慮すべき要因を簡単に分析してみる。

(1) 対象とする道路の選定

まず、当然のことながらシステムを適用する道路網を選定する必要がある。一般には、この道路網を100~200m（維持修繕の最小単位）に分割して考える。すなわち、対象とする道路延長が100kmあれば500~1000個の要素となり、これらに優先順位をつけることになるわけである。

(2) 解析期間の設定

与えられた予算を使用して1年だけ利用者の便益を大きくすることは比較的簡単である。表面処理や薄層オーバーレイが有利であろう。しかし、3年後、5年後を考えたならこれらの投資方法は必ずしも有利とは言えなくなる。このように、システムが対象とする期間を何年にとるかによって優先順位も変わってくる。システムの設計にあたっては、この解析期間を定めておく必要がある。なお、便益の大きさは解析期間全体のトータルとして算定されることは言うまでもなく、優先順位も各年度ごとに出力されることになる。

(3) 予算の予測

解析期間中の各年度における予算がいくらかによって優先順位は変わる可能性がある。精度よく予算を推定することはなかなか困難であろうが、大まかな数値を与えておき、後に実態に即して計算しなおすことも考えられよう。

(4) 利用者の便益の計算

AASHOの道路試験においては、運転者の乗心地を

評価項目とし、5段階で採点した。これは、乗心地という利用者の便益を数量化したものである。その結果、各種の設計法にこの考え方が取り入れられたことは周知のとおりである。利用者の便益は乗心地以外に各種の指標がある。いまA（良い舗装）、B（かなり傷んでいる舗装）2種類の舗装を例にとり考えてみることにする。まず、スピードの面からみると、Aでは制限速度で走行できるが、Bでは多少スピードを緩める必要があろう。したがってAとBでは同一距離を走行するのに時間の差ができる。たとえば、対象区間を100kmとし、Aは50km/時、Bは40km/時で走行できるとすると、Aでは2時間かかりBでは2.5時間かかることになる。わずか0.5時間の差であるが、この価値は金額に換算するとどのくらいになるだろうか。

一例として、あるサラリーマン（40才程度）が1日8時間の割で年間250日働らき500万円の年収があったとしよう。労働時間は年に2000時間、したがって時間当りの単価は2500円、すなわち0.5時間の価格は1250円と解釈できる。

この値を使用し、日交通量10,000台の道路でAとBの年間の便益差を計算すれば次のようになる。

$$1250円 \times 10,000 \times 365 = 4560,000,000円$$

約46億円となる。鮮魚や野菜などの輸送を考えればさらに大きな差が生じよう。

わが国の道路延長は約110万kmあるから、日本全体で見ると上記の例の約10,000倍、すなわち数十兆円と気の遠くなるような便益差となる。

次にガソリン消費の問題がある。Aの舗装とBの舗装を比べれば、当然Aの方がガソリン消費は少なく済むはずである。これは舗装道路と砂利道の極端な比較から容易に推定できることであろう。

同様に、車両の減価償却の問題がある。車両の購入費用からみて、この便益差もかなり大きくなるものと思われる。

以上、時間短縮、ガソリン消費、減価償却の3項目をあげたが、この他にも運転者の疲労度、事故の可能性さらには修繕工事によるマイナスの便益など考慮すべき因子は多い。システムの設計にあたってはこれらを数量化し、次節に述べる路面性状との関係を的確に把握する必要がある。

(5) 路面性状の数量化

路面性状に関する因子としては、一般に次の項目があげられる。

- ① クラック（率：C%）
- ② わだち掘れ（深さの平均：Dcm）
- ③ 縦断方向の凹凸（標準偏差：σcm）
- ④ 段差
- ⑤ すべり摩擦抵抗
- ⑥ ポットホール

路面を総合的に評価する供用性指数PSIは、上記のうち、①～③の指標を採用して次のように定義されている。

$$PSI = f(C, D, \sigma)$$

海外の諸機関においても、供用性指数は式とほぼ同様の因子をとりあげており、供用年数によるその変化は図-6のような模式図で表現されることが多い。すなわち、図のAで新設された舗装はPSI=5.0に近い値を有するが、車両の通行とともにその機能が低下し、Bを経て修繕を必要とする2.0以下の点Cに至る。ここで修繕された舗装はDの位置にある指数を持つことになるが、これもいずれEを経てFに至り、修繕が必要となる。

A、B、CあるいはD、E、Fにおける指数の差は、前節で述べた便益に直接影響するため、正確な指数の動

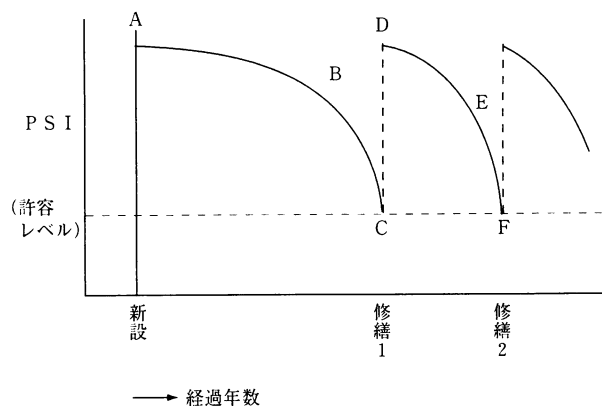


図-6 供用性推移の概念図

き（図の曲線の形）をとらえる必要がある。この課題は次のように換言できよう。

「舗装新設後および修繕後の供用年数によるPSIの変化を図化（あるいは数式化）する」

PSIの変化は、大型車交通量、環境、舗装構造など多くの因子に左右されるため、日本全国すべての路線に適用できる数式を作成することは困難であろうが、対象とする道路網が比較的小さければ、過去の経験、今後の調査などによりかなりの精度で推定することは可能であろう。

一方、P S Iを決定するわだち掘れ、クラックなどに関する予測法はいくつかの機関から発表されている。まだ、研究的すぎて実用には無理な点も多いが、これらの手法を参考にしながら、当該路線のわだち掘れ、クラックの動きを把握しておくことは、将来、大いに役立つものと思われる。

4. あとがき

今回は、システムの目的設定の重要性と、システムの

大枠の組立て方について述べた。出力として“入手したい情報”を何に選ぶかによって、人力の“入手できる情報”の集め方も大きく異なってくるのが御理解いただけたと思う。

舗装の維持管理システムは、日本全国同一のものである必要はない。むしろ、国、県、市、町村あるいはそれらの出張所ごとにそれぞれの目的に応じて設計されるべきものであろう。道路担当者各位の熱意を期待したいところである。