

# 舗装の維持管理システムに関する研究 第一回

阿部 頼 政\*

## 1. まえがき

わが国の昭和56年度末における道路延長は112.3万kmで、そのうち、高級舗装、簡易舗装それぞれの延長は19.2万km、37.7万km、計56.9万kmとなっている<sup>1)</sup>。舗装率は簡易舗装を含めても約50%であり、欧米諸国に比べてまだ低い水準にあるものの、舗装延長はイギリスの34万km、西ドイツの42万kmをすでに超えている。したがって、わが国では舗装率を伸ばす計画とは別に、これまで蓄積してきた舗装の維持修繕をはかることが、きわめて重要な課題となっている。

舗装の維持修繕を計画的に行なおうとする考え方は、1970年に発表されたイギリスのマーシャルレポート<sup>2)</sup>に端を発し、現在ではHaasとHudsonの著書“Pavement Management Systems”<sup>3)</sup>に代表されるように、これをシステムとして、確立しようとする試みが、多くの研究機関で始められている。最近の国際会議<sup>4) 5)</sup>においても、舗装の維持管理システムが主要なテーマとしてとりあげられており、今後、研究段階から実用段階へ発展していくものと思われる。

わが国では、これまで舗装管理システムに対する関心は低かったが、最近、この課題に本格的に取り組もうとする気運が高まりつつある。これは、50万kmを超える既設舗装の破損が年々増加しているため、計画的な維持修繕を行わなければ、荒廃する日本<sup>6)</sup>になりかねないことが、広く認識されるようになったからであろう。

本稿は、以上のような背景を考慮し、舗装の維持管理システムを基礎から考えてみようとするものである。数回にわたる連載となるが、今回はまず「システムとは何か」「わが国の舗装の維持管理にシステムの導入は必要か」という問題に焦点を当てて述べることにする。

## 2. システムとは何か

広辞典<sup>6)</sup>によればシステム (System) とは、①組織、仕組み、制度、②順序、③系統 と記載されている。非

常に漠然としており、我々も日常会話ではなかば日本語化したシステムという言葉を上記の各種の意味に使用していると言えよう。工学の分野におけるシステムの定義は「多数の構成要素が有機的な秩序を保ち、同一目的に向かって行動するもの」<sup>7)</sup>であり、システム工学 (System Engineering) は「システムの目的を最もよく達成するために、対象となるシステムの構成要素、組織構造、情報の流れ、制御機構などを分析し設計する技術」<sup>7)</sup>となっている。このように、工学に限ってみてもシステムという言葉の意味はとらえにくい、この理由は、システムには数多くの種類があつて全体像をまとめるにあたっては抽象的な表現をとらざるを得ないためであろう。

システムズエンジニア・ハンドブック<sup>8)</sup>には、現在機能しているシステムの例として次のようなものが紹介されている。

### (1) 科学技術分野のシステム

天気予報、大気循環のしくみ解明などを目的とした気象衛星システム、原子力エネルギー開発のための原子力開発・支援システムなど。

### (2) 行政システム

行政データバンクシステム、住民感情システムなど。

### (3) 製造システム

注文住宅設計システム、自動車エンジン開発用実験システムなど。

### (4) 流通システム

消費者の購買動向を知るための店舗情報システムなど。

### (5) 金融システム

銀行業務のオンラインシステムなど。

### (6) 社会システム

ごみ焼却炉プラントシステム、道路や鉄道のための交通システム、競馬・競輪等各種競技の発券・配当を処理するトータリゼータシステムなど。

### (7) 報道システム

\*あべ よりまさ 日本大学理工学部助教授

新聞作成にあたって活字を使用するHTS (Hot Type Systems) や、写真植字によるCTS (Cold Type Systems) など。

(8) 鉄道システム

指定券の予約・発売を取扱うMARS (Magnetic-electronic Automatic Reservation System) など。

以上のように、多くの分野でシステムという用語が使われており、その内容・目的も様々である。しかし、そこには共通点が存在することも確かであろう。その共通点がシステムという用語の定義となっているわけである。

ここで、システムの定義をあらためて考えてみると、システムは次の要件を備えたものであると言える。

- ①構成要素が多い。
- ②構成要素が有機的な秩序を保っている。
- ③構成要素が同一の目的に向かって行動する。

前に述べた(1)~(8)の例が、すべてこの3条件を備えていることは言うまでもなからう。システムの役割は、一般に図-1のような模式図で考えることができる。すなわち、図-1で入力とは構成要素からの情報(定義の①の役割)であり、出力はこれをもとにブラックボックスを経て得られた目的とする情報(③)を示す。ブラックボックスはシステムの本体であって、ここには、入力された情報が全体の中の然るべき位置に組み込まれ(②)、目的とする情報が得られるような設計法が内蔵されている。なお、入力データが多く出力までの計算量が膨大となるため、一般にコンピュータが利用されている。

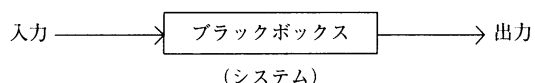


図-1 システムの模式図

システムを日常生活の身近かな問題から考えてみよう。最近の新聞に報道された記事によれば、40才前後のサラリーマンの小遣いは月額5万円(年60万円)程度とのことである。通勤費、昼食費、煙草代など支出の項目は多いが(図-2)、この小遣いを管理するためにノー

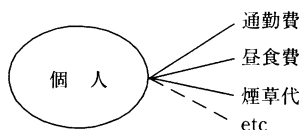


図-2 個人の経済管理

ト(小遣い帳)をつけている人はほとんどいないと言ってよからう。無意識のうちにバランスをとっているはずである。

同年代の年収は、500~600万円程度であろうか。これは、図-3のように構成員(夫、妻、子供など)に配分

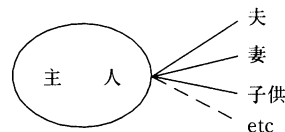


図-3 一家の経済管理

される。家計簿をつけて、計画的な支出を心がけている家庭もあろうが、一般的には、主人(主婦か?)の大きな判断によるものと思われる。このように、小遣い帳、家計簿などによる管理をシステムとは呼ばない。システムの第一要件である構成要素の数から考えてもこれは明らかであろう。しかし、各個人から、配分を必要とする理由を聞き(入力)、予算と請求額のバランスを考えて(ブラックボックス)、配分を決定する(出力)という形態は、システムの基本的パターン(図-1)と類似している。

会社の組織を考えてみよう。社長を頂点に、重役、部長、課長、係長とピラミッド型に底辺が広がり(図-4)、



図-4 会社の経済管理

平社員は会社が大きいかほど多くなる。いま、`全社員が納得できるように利益を配分する`という目的を設定してみよう。会社員に均等割したらどうだろうか。年輩者から苦情が出る。年令差1年につき、1000円/月の差をつけたら……。これは、20才の社員が月給10万円のとき、60才の社員が14万円となる。年輩者はまだ不満であろう。1万円/月の差をつければ、60才の社員は月給50万円となる(わが国の現状はこの程度?)。

しかし、年令による重みづけだけでは、社長をはじめ、役職者の不満が残るだろう。そこで、役職に重みをつけた手当が支給されることになる。この段階がわが国の一般的な給与配分法であろう。

以上のように、構成要素の一つ一つを考慮しながら、

全体のバランスをはかって目的を達成する手法を決定することが「システムの設計」である。この例では、計算法は簡単で会計課がソロバンまたは簡単なプログラム計算で処理できる。すなわち、システムとしての要件は備えているものの、必ずしもシステムとしてとらえなければならないという必然性はない。

以上、身近かな問題からシステムの意味を模索してきたが、ここでシステム工学の飛躍的発展の端緒となったNASAのアポロ計画を考察してみよう。

1969年7月、アポロ11号が月面に着陸した。計画発表以来わずか8年間でこの大事業が成功したのは、システム工学の成果であると広く認められている。システムの目的は言うまでもなく月面着陸である。そして、構成要素は科学技術、材料、人員（動員された科学者、技術者は述べ400万人以上と言われている<sup>71)</sup>など、膨大な数にのぼる。これらの要素のうち、いずれか一つにミスや不連続があっても目的達成は危うくなる。すなわち、構成要素の一つ一つが全体の目的達成に直接関与しているわけである。また、構成要素はバランスからくるさまざまな制約条件が課せられている。計測機の作製を例にとっても、重量、精度、納期など厳しく管理されたはずである。そのために必要な計測機の種類と数は？……。

このように巨大なプロジェクトでは、各構成要素の位置づけと役割を明らかにし、それぞれが機能を充分に発揮して全体の目的を達成できるような合理的設計が必要とされる。すなわちシステムである。

### 3. 舗装管理システム

舗装の分野に、システムという用語あるいはその考え方が導入されたのは1970年頃と言われている<sup>3)</sup>。年代的には月面着陸の直後であり、アポロ計画の影響を受けたと見ることもできよう。以後、現在まで10数年の間にいくつもの「舗装管理システム」が発表されてきた。それぞれの内容については、アスファルト舗装技術研究グループのメンバーによる紹介<sup>91) 10) 11) 12)</sup>もあることなので、ここでは基本的な考え方の流れを簡単にたどってみる。

舗装管理システムの当初の目的は、「計画、設計、施工、路面評価、維持修繕を一連の流れとしてとらえ、所定の解析期間（オーバーレイを数回行なう程度）において最も経済的となる計画や設計を選定する」ことであった。すなわち、新設舗装の計画・設計を長期間におけるトータルコストで判断使用とするものであった。理念としては正に当を得たものであり、いくつかのシステムも

発表されたが実用の段階には達しなかったと言ってよからう。何故なら、システム全体が大きすぎて必要な情報を不足が多く、信頼度の高いシステムが得られなかったからである。

その後、道路予算の削減、新設舗装の減少、維持修繕量の増大などの要因がからんで、システムの目的は次第に「既設舗装の維持修繕において、限られた予算を最も効果的に使用する方法の確立」へと移っていった。これは、当初のシステムに比べれば、既設舗装の管理・維持修繕のためのサブシステムとでも位置づけられるべきものであるが、本稿では、この「維持管理システム」を中心に記述する。

わが国の既設舗装を例にとりシステムを考えてみる。延長は前にも述べたように全国で約57万kmあり、200mを基本単位としても、約300万個の構成要素となる。システムとしてとらえるのに十分な数と言えよう。57万kmを47都道府県で単純に配分すればそれぞれ1.2万kmとなり、構成要素は6万個に減少するが、システムの設計にあたって、路面性状のわだち掘れ量、ひびわれ率、縦断凹凸量を取り入れるとデータ数は18万個となる。この他に、交通量、舗装の構成と各層の厚さ、路床条件、気象条件などを入れればデータ数は100万個を超える。すなわち、各都道府県単位でも舗装の管理をシステムとしてとらえることができるわけである。また、見方を変えれば、100万個以上のデータをかかえて「予算を最も効果的に使用する方法」を見出すことは、システムとしてとらえなければ無理であるとも言えよう。

図-1に沿って維持管理システムの役割を考えてみる。この場合入力管理区間の路面調査データ、環境条件、予算などである。目的の設定によって出力は異なるが、一般に当該年度に修繕する区間の優先順位、修繕工法などである。そして、維持管理システムは、これらの入力をもとにして、合理的な出力が得られるように設計されるわけである。システムの設計法については次回以降に述べるが、不確定要素が多くなかなか大変な問題であることをあらかじめおことわりしておく。

ところで、舗装管理システムはわが国で必要とされるだろうか。予算が充分にあれば、それを効果的に使用する方法など、あまり問題とされないからである。わが国の道路事業費は、ここ数年来の横ばいが当分続くと思われるので、ポイントとなるのは今後の維持修繕量の動きである。次章でこの問題を検討する。

#### 4. 今後の舗装修繕延長の予測

昭和56年度末におけるわが国の舗装率は、都道府県および政令都市別にみると図-5のようになる。これが現況である。本章では、今後の舗装修繕を種々の仮定と単純な計算法により予測する。なお、ここに使用される仮定と計算法は、実際に使用するシステムの設計にあたって、実測値やそれをもとにした回帰式などに変更されるべきものであることを付記しておく。

##### (1) 道路と舗装の分類

道路は、①一般国道指定区間、②一般国道指定区間外+都道府県道+市町村道の2種に分類し、①については全国で、②については都道府県、政令都市ごとに計算することにした。

舗装は、高級アスファルト舗装、簡易舗装に分け、セメントコンクリート舗装は除外した。

##### (2) 年度別舗装新設延長の計算

任意の舗装の修繕時期を判定するには、その舗装がいつ建設されたかを知る必要がある。この種の資料では、道路統計年報<sup>1)</sup>が詳しいが、各年度の新設延長は記載さ

れていない(当該年度の管理延長が記載されている)。また、将来の道路整備については建設省道路局による道路行政<sup>13)</sup>に長期構想があるが、舗装に関する記載はない。そこで、次のような計算法をとることにした。

##### ①昭和45年度以前

一般国道が指定区間と指定区間外に分けられた昭和46年度の舗装済延長をもとに、それ以前は昭和20年から均等に新設されたと仮定して各年度の新設延長を計算した。

##### ②昭和46年度～昭和56年度

道路統計年報(昭和46年度～昭和56年度)より次式で計算した。

$$\text{昭和 } x \text{ 年度の新設延長} = \text{昭和 } x \text{ 年度の舗装済延長} \\ - \text{昭和 } (x-1) \text{ 年度の舗装済延長}$$

なお、この計算法によれば管理延長を舗装延長とみなしていることになる。したがって、都道府県道では移管による不整合が随所に見られた。

##### ③昭和57年度以降

道路行政の長期計画における改良率を舗装率と見なし、昭和75年度まで均等に新設されると仮定した。また、

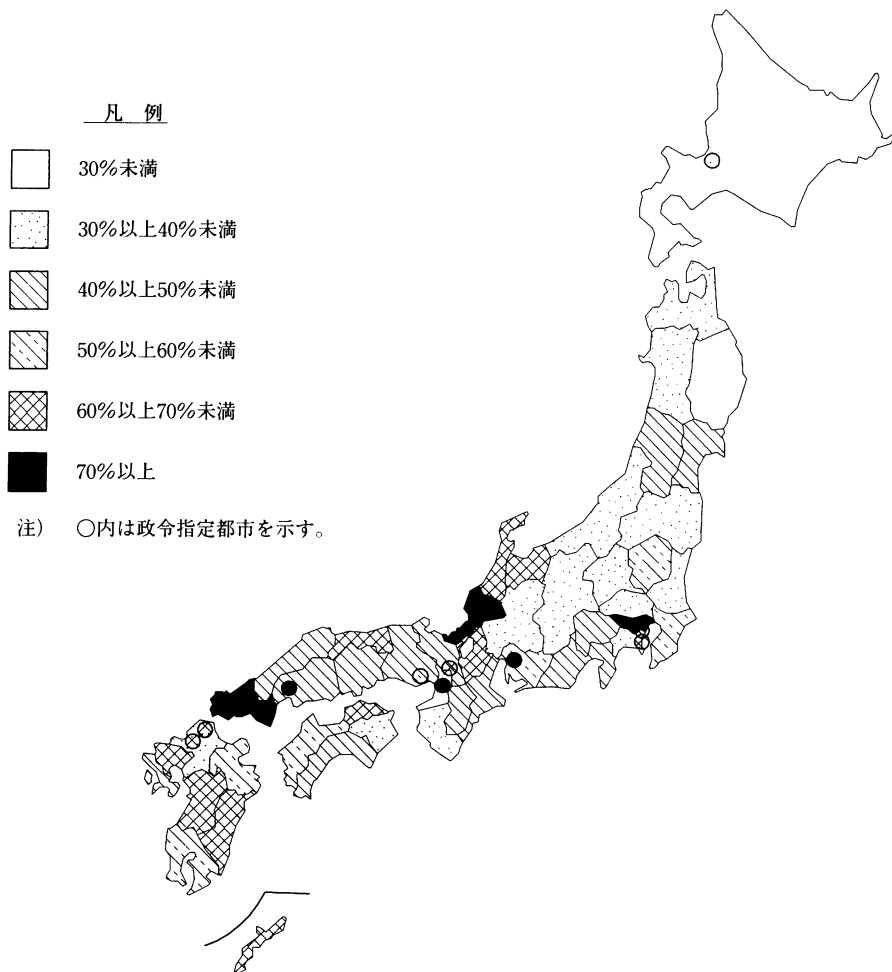


図-5 舗装率の現況(昭和56年度末)

アスファルト舗装と簡易舗装の比率は、昭和56年度の比率が昭和75年度まで続くと仮定した。

なお、各年度の舗装済延長（すべての道路を含む）は図-6のとおりである。

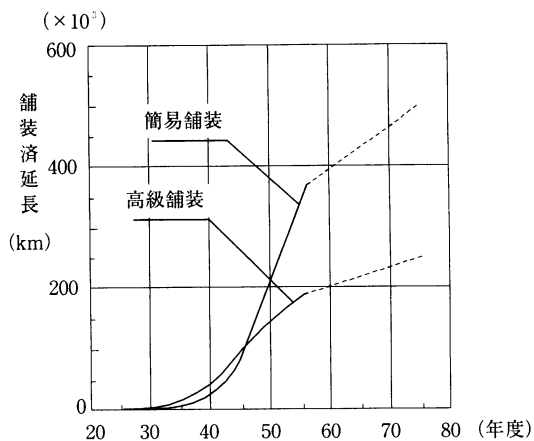


図-6 各年度の舗装済延長

(3) 修繕延長の予測

舗装新設後、修繕（すべてオーバーレイとする）が必要とされるのはアスファルト舗装10年後、簡易舗装5年後とし、再度のオーバーレイは前者で5年間隔、後者で3年間隔とし、各年度ごとに必要延長を計算した。なお、図示にあたっては、管理者の変更等による極端な数値を平均化するため、次の式によって求めた値（移動平均値）をプロットした。

アスファルト舗装

$$x \text{ 年度の必要延長} = \{ (x - 2 \text{ 年度の必要延長}) + \dots + (x + 2 \text{ 年度の必要延長}) \} \div 5$$

簡易舗装

$$x \text{ 年度の必要延長} = \{ (x - 1 \text{ 年度の必要延長}) + \dots + (x + 1 \text{ 年度の必要延長}) \} \div 3$$

計算結果を地方別に図-7～図-13に示す。また、

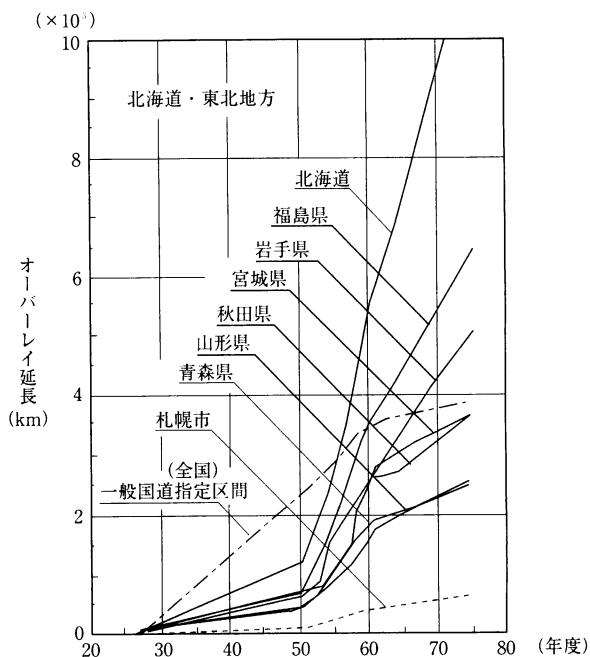


図-7 オーバーレイ延長の推定 (一般国道指定区間、北海道、東北)

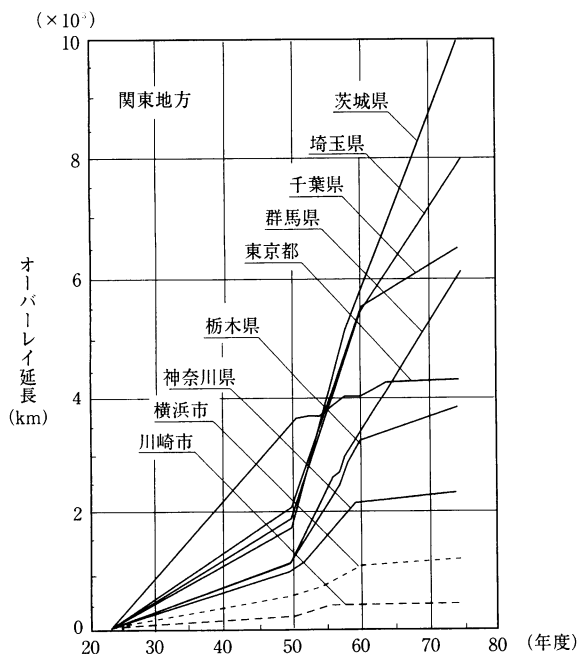


図-8 オーバーレイ延長の推定 (関東)

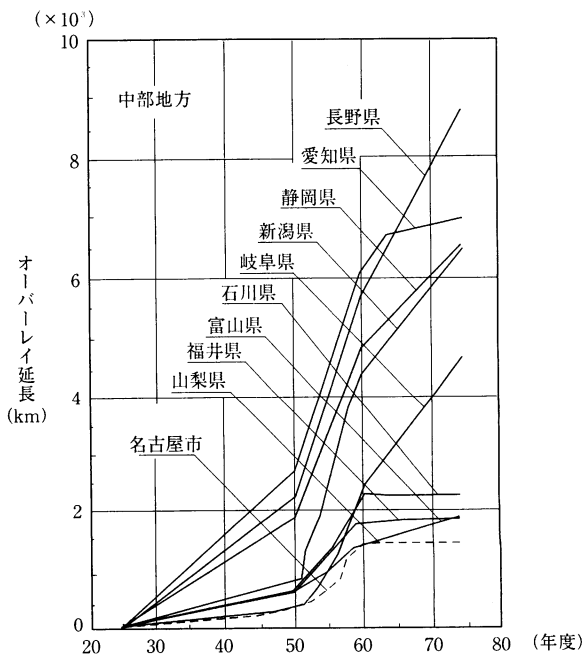


図-9 オーバーレイ延長の推定 (中部)

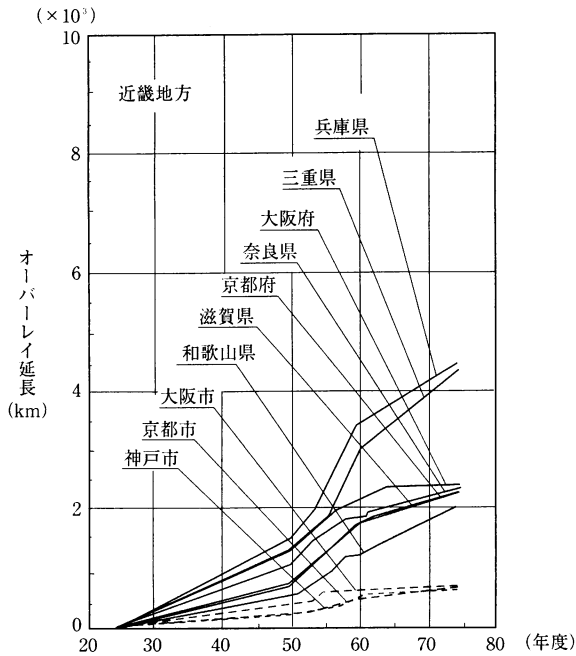


図-10 オーバーレイ延長の推定 (近畿)

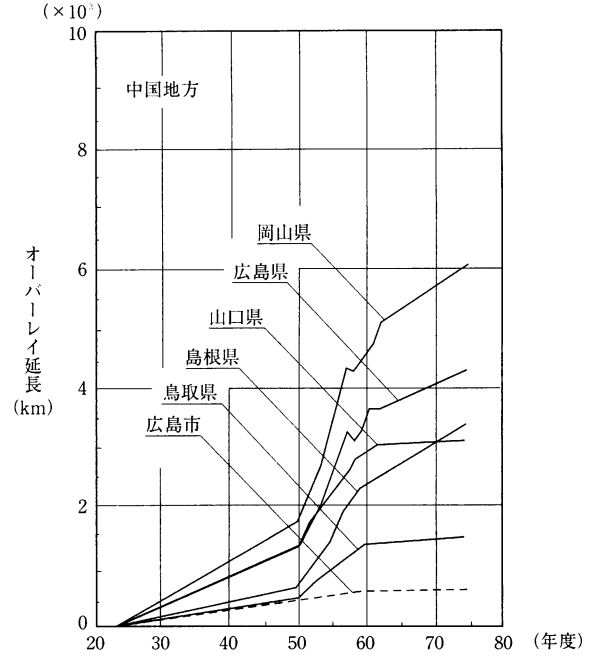


図-11 オーバーレイ延長の推定 (中国)

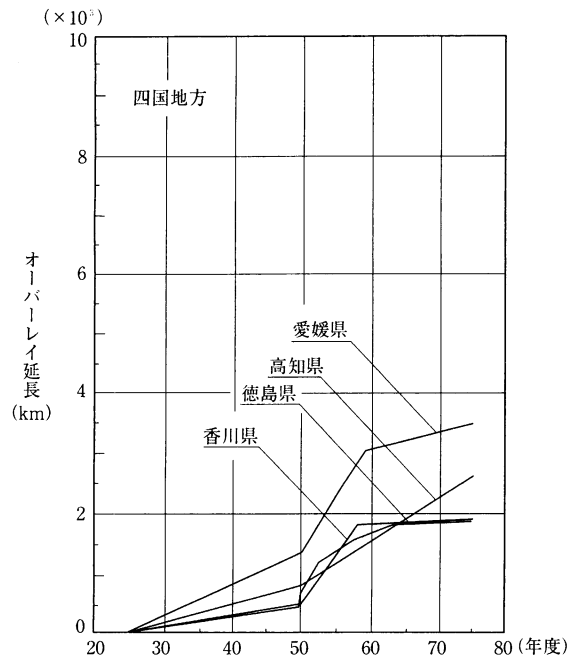


図-12 オーバーレイ延長の推定 (四国)

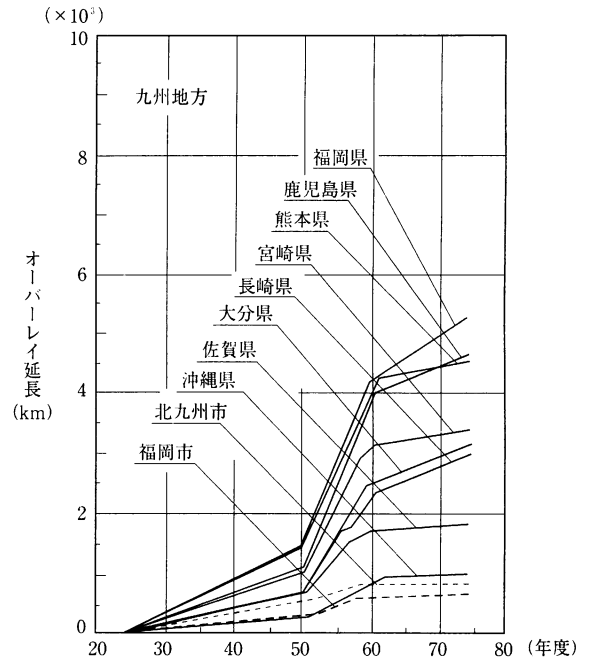


図-13 オーバーレイ延長の推定 (九州)

図-14には全国的な分布状態を見るため、昭和75年度に必要とされるオーバーレイ延長を図示した。これらの図から地方の特色など種々の知見は得られるがここでは省略し、わが国全体のオーバーレイ延長で考察してみよう。

図-15は、オーバーレイ間隔を① (アスファルト舗装5年、簡易舗装3年)の他に② (3年、2年)、③ (7年、5年)の場合も含めて必要延長を示したものである。①の例では、昭和75年度のオーバーレイ必要延長が約20

万kmに達する。いま、この値をもとに、材料費を推定してみよう。アスファルト混合物の単価を8000円/t、密度2.3、オーバーレイ厚5cm、舗装の幅5mとすると、  
 材料費 (円) = 8000 (円) × 0.05 (m) × 5 (m) × 200,000,000 (m) × 2.3 (t/m<sup>3</sup>) = 9.2 × 10<sup>11</sup>円  
 約1兆円である。現在の道路事業費の約半分をオーバーレイの材料費で占めることになってしまう。

以上の推定には、多くの問題があることは言うまでも

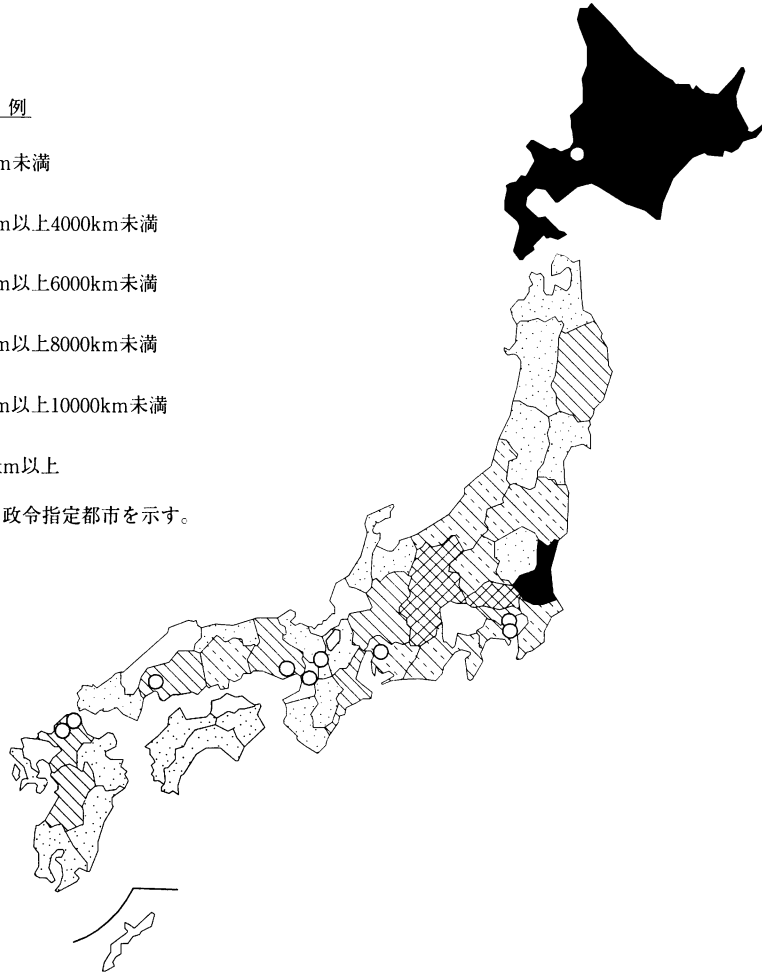
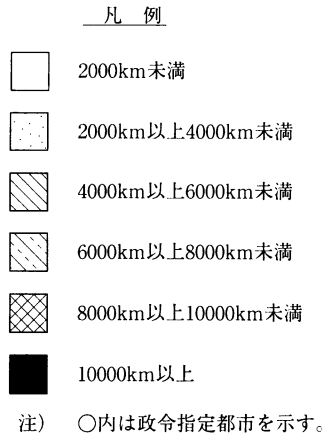


図-14 オーバーレイ延長の分布 (昭和75年度)

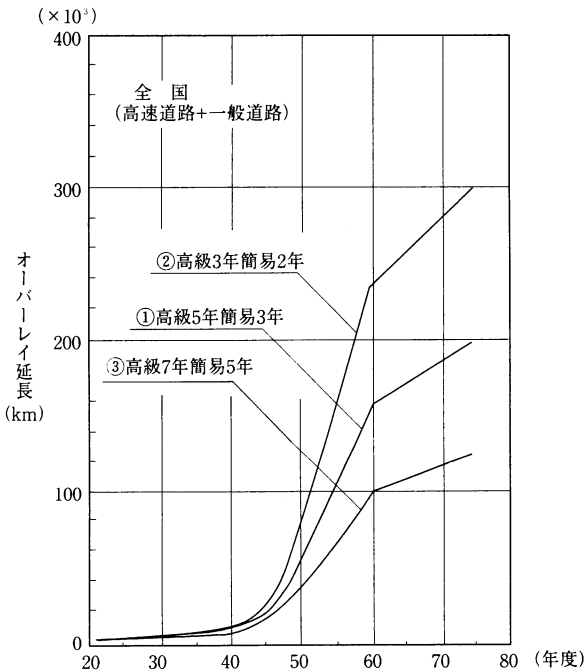


図-15 オーバーレイ延長の推定 (全国)

ないが、それにしても大変な予算が必要になることは衆目の一致するところであろう。また、必要にして十分な予算を確保することが無理であることも現状から容易に推定できる。したがって、与えられた予算をいかに有効に活用して舗装の機能を維持するかが、舗装技術者に与えられた今後の大きな課題となろう。すなわち、「維持管理システム」の開発である。

### 5. あとがき

全国的な規模ではもとより、県、市の単位でも維持管理システムを設計することは難事業である。官・民・学の一致協力態勢が必要であろう。なお、図-5以降の都道府県別のデータはいつでも提供できるようにファイルしてある。きわめてラフな推定法なのであまり参考にならないと思うが、興味のある担当者がおられたらご一報いただきたい。

## 参 考 文 献

1. 道路統計年報, 全国道路利用者会議, 1983年版.
2. Marshall Committee Report Highway Maintenance; Report of the Committee on Highway Maintenance, Her Majesty's Stationery Office, Her Majesty's Stationery Office, London, 1970.
3. Ralph Haas, W. Ronald. Hudson : Pavement Management Systems, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1978.
4. Fifth International Conference on the Structural Design on Asphalt Pavements, Delft University of Technology, Netherlands. 1982.
5. Second International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields, Plymouth, England, 1986 (予定)
6. 宇野哲人: 新修広辞典, 集英社, 1973.
7. 近藤次郎: システム工学, 丸善, 1981.
8. 中原啓一, 三次 衛: システムズエンジニアハンドブック, オーム社, 1982.
9. 阿部忠行: 舗装管理システムについて - Pavement Management Systemsの概要, アスファルト, No.122, pp.1~12, 1980.
10. 竹田敏憲: 舗装管理システムについて - Systems Analysis Method for Pavements, アスファルト, No.126, pp.26~38, 1981.
11. 阿部忠行: 舗装設計システム - VESYS II Mについて, アスファルト, No.118, pp.26~34, 1979.
12. 大坪義治: 研究グループ第17回報告, セッションIV 舗装管理システム, アスファルト, No.140, 1984.
13. 道路行政, 建設省道路局 昭和58年度版.