

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 414 Mar. 1982

路面性状による空港舗装の供用性評価

福	手		勤
佐	藤	勝	久
八	谷	好	高
山	崎	英	男

運輸省港湾技術研究所

目 次

要 旨	3
1. まえがき	3
2. 現地視察評価および定量測定	4
2.1 調査対象区域	4
2.2 視察評価	4
2.3 定量測定	6
3. 視察評価の数量化	8
3.1 数量化理論Ⅱ類の適用	8
3.2 数量化の結果の検討	10
4. 定量測定と結びつけた路面性状および供用性の評価	11
4.1 路面性状に対する主観的意識と定量測定の関係	11
4.2 供用性の総合評価式	12
5. 空港舗装評価への適用性	17
5.1 評価式の適用範囲	17
5.2 空港舗装評価の実例との比較	18
5.3 今後の課題	19
6. まとめ	19
参 考 文 献	19

Performance Evaluation for Airport Pavement by Surface Condition

Tsutomu FUKUTE*
Katsuhisa SATO**
Yoshitaka HACHIYA***
Hideo YAMAZAKI***

Synopsis

It is very important to quantify the pavement performance, because it helps engineers to recognize the degree of distress and the need of rehabilitation. For this purpose, an equation for performance evaluation of airport pavement, PRI (Pavement Rehabilitation Index), was developed for correlating surface condition with pavement engineers opinions.

In order to examine its accuracy, PRI was applied to data of condition survey performed when the pavement was partly or totally rehabilitated. The results show that PRI can be used as an excellent indicator to make decisions for airport pavement rehabilitation.

* Senior Research Engineer, Soils Division
** Chief of Runways Laboratory, Soils Division
*** Member of Runways Laboratory, Soils Division

路面性状による空港舗装の供用性評価

福 手 勤*
佐 藤 勝 久**
八 谷 好 高***
山 崎 英 男***

要 旨

舗装のもつ供用性を数量化することは、その舗装の破損程度を把握し、また補修の必要性を判断するために非常に重要なことである。本報文では、舗装技術者の主観的評価と測量による客観的測定の結果を合理的に結びつけることによって、空港舗装の供用性を表わす評価式の作成を試みた。本報文のおもな内容は次のとおりである。

- (1) 供用性評価式を作成するためのデータ収集を東京国際空港で実施した。これは舗装技術者による主観的定性評価と計測器による客観的定量測定からなる。
- (2) 技術者による定性的評価に対して、数理化理論Ⅱ類を用いて数量化を行った。その結果、かなり良い精度の数量化を行うことができた。
- (3) 数量化の結果を利用することによって、舗装技術者が舗装の劣化の程度についてひびわれなどの路面性状項目から抱く主観的評価と、各項目の実測値との関係がおおよそ明らかになった。
- (4) 路面性状の実測値を用いて舗装の供用性を表わす評価式を作成した。このうち、舗装の補修の必要性を表わす評価式から得られる値をPRIと名づけた。滑走路、誘導路、エプロンのそれぞれに対し、補修の必要性に関するPRIの基準値を決めた。
- (5) PRIから判断される空港舗装の補修の緊急性を、実際の空港における補修の実態と比較したところ、PRIは現実の補修の実態をよく説明できることがわかった。
- (6) 今後の課題として、舗装利用者の立場からの評価やたわみ測定などによる構造的評価を考慮してゆくことの必要性などについて言及した。

1. まえがき

舗装という構造物は、その特性を表わす多くの項目が供用期間中に徐々に劣化してゆき、しかもそれらが複雑に関係合っているため、舗装の破壊現象を単純な力学で定義することはできない。

舗装の果たすべき役割りは、その上を車両や航空機などが快適かつ安全に通行できる状態を提供することであり、舗装のもつこのような役割りを表わす概念は一般に供用性と呼ばれている。一方、構造物の破壊を“構造物が本来果たすべき役割りが損傷などによって果たせなくなる状態”と定義すれば、舗装の破壊やそれに付随する補修時期の判断にはこの供用性を数量化した指標を利用

してゆくことが考えられる。このようなことから、舗装の供用性を数量化してゆくことはAASHO道路試験以後今日に至るまでしばしば試みられている。

舗装の供用性を表わす指標で最も有名なものはAASHO道路試験のPSI (Present Serviceability Index, サービス指数)であろう。これはアスファルト舗装とコンクリート舗装に対して次のように定義されている¹⁾。
アスファルト舗装の場合

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log (1 + V) - 0.01 \sqrt{C + P} - 0.21 R^2 \dots \dots (1.1)$$

コンクリート舗装の場合

* 土質部 主任研究官 (空港舗装構造担当)

** 土質部 滑走路研究室長

*** 土質部 滑走路研究室

$$PSI = 5.41 - 1.80 \log(1+V) - 0.05\sqrt{C+3.3P} \quad \dots\dots (1.2)$$

ここに、V：車輪通過位置における凹凸度の分散の平均値、C：舗装面のひびわれ度（ $m^2/1,000m^2$ ）、P：舗装面のパッチング度（ $m^2/1,000m^2$ ）、R：わだちぼれ深さ（cm）である。このPSIは路面の状態が非常に良好、良好、普通、悪い、非常に悪いに対して5～4、4～3、3～2、2～1、1～0の範囲の点数となるようにして作成されている。

AASHO 道路試験以後提案されてきた供用性を表わすための指標^{2),3)}の多くはこのような形をしており、ひびわれやわだちぼれなどの路面性状の実測値もしくは乗心地を表わす車の上下動などを取り込んだ単純な式の形をしている。この方法は一度式を作ればその利用は容易であるという利点をもつ。

これに対し、対象とする舗装路面の状況を舗装技術者に視察させ、路面性状各項目の劣化の程度に応じてあらかじめ設定されている減点値のうち実際の路面性状項目に対応するものをいくつか選び出し、減点方式で舗装の残存供用性を評価しようとする試みもある^{4),5)}。しかしこの方法は舗装評価に際しては常に熟練した舗装技術者を必要とする欠点をもっている。

本報文では空港舗装の供用性評価に供することを目的として、路面性状に対する我が国の舗装技術者の判断を取り入れた供用性評価式を作成した。まず2では評価式作成のためのデータ収集について述べ、3で舗装技術者の主観的評価の数量化についてふれる。4で舗装技術者の判断と路面性状特性値とを結びつけた供用性の評価式を作成し、5でそれらの式を我が国の実際の空港舗装に適用した例を紹介し、今後の課題について言及する。

2. 現地視察評価および定量測定

空港舗装の路面性状を舗装技術者が評価する場合、どのような判断基準を用いているのか、つまりわだちぼれやひびわれがどれほど進行した状態で破損とみなし、また補修の必要性を認めるようになるのかといった点を明らかにするために、以下の要領で現地視察評価ならびに定量測定を実施した。

2.1 調査対象区域

今回の調査の対象として東京国際空港を選んだ。これは舗装の損傷程度の多様性、また多くの現地視察依頼者の拘束時間を最少にするという理由からである。

調査のサンプル（以後、調査区画という）は、あらかじめ滑走路、誘導路、エプロンを踏査し、いろいろな破

損状態のものを網羅するように67箇所を選んだ。その内訳はアスファルト舗装（コンクリート舗装上のアスファルトによるかさ上げも含む）が42箇所、またコンクリート舗装（無筋コンクリート舗装のみ）が25箇所である。各調査区画の大きさは、原則としてアスファルト舗装で長さ30m×幅20m、またコンクリート舗装では20m×20mである。アスファルト舗装は滑走路、誘導路から選ばれており、センターラインをはさんで主脚の通るところを含んでいる。また、コンクリート舗装は誘導路、エプロンから選ばれ、各調査区画は一般に4×4=16枚の版から構成されている。

2.2 視察評価

この調査は、舗装技術者がある舗装の路面を実際に見たときにどのような感想を持ち、その舗装をどのように評価するかといったことなどを調べるための一種のアンケート調査である。内訳は各項目ごとの評価、それらを総合した総合評価とからなる。

(1) 視察評価項目

視察評価項目としては、舗装技術者が路面性状を観察するときに一般に注目すると考えられる項目から次のように選んだ。

(A) アスファルト舗装

- ① わだちぼれ
- ② 平坦性（縦断方向の凹凸）
- ③ 施工目地の開き、またはリフレクションクラック
- ④ 線状クラック
- ⑤ 網状クラック
- ⑥ はがれ、またはポットホール
- ⑦ 路面の粗度
- ⑧ ブリージング
- ⑨ グルーピングの角欠け
- ⑩ グルーピングの目つぶれ

(B) コンクリート舗装

- ① 線状クラック
- ② 網状クラック
- ③ 隅角クラック
- ④ 目地部の破損（スポーリング、角欠けなど）
- ⑤ 平坦性（隣接スラブ間の段差）
- ⑥ はがれ、またはポットホール（スケーリング）
- ⑦ 路面の粗度
- ⑧ パッチング

それぞれの評価項目をその程度に応じてA、B、Cの3つのランクに分け、対象とした調査区画の路面から各視察者が受ける印象に最も近いランクに○印をつけるという方式を採用した。実際のアンケート用紙は図-2.1

調査項目	調査地点		判定欄										
	選 択 肢	判 定 備 考	T-26		T-27		T-28		T-29		T-30		
			判 定	備 考	判 定	備 考	判 定	備 考	判 定	備 考	判 定	備 考	
(1) わだちばれ	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(2) 平坦性 (縦断方向の凹凸)	良好	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	非常に悪い	C		C		C		C		C		C	
(3) 施工継目の開き または リフレクションクラック	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(4) 線状クラック	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(5) 網状クラック	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(6) はがれまたは ポットホール	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(7) 路面の粗度	滑らか	A		A		A		A		A		A	
	適切	B		B		B		B		B		B	
	粗い	C		C		C		C		C		C	
(8) ブリージング	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(9) グルーピングの角欠け	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(10) グルーピングの日つぶれ	(ほとんど) ない	A		A		A		A		A		A	
	いく分見られる	B		B		B		B		B		B	
	著るしい	C		C		C		C		C		C	
(11) この舗装区域の 損傷の程度	損傷はほとんどない	A		A		A		A		A		A	
	損傷がある	B		B		B		B		B		B	
	損傷が著るしい	C		C		C		C		C		C	
(12) 補修の 必要性	○滑走路として見た場合	必要なし	A		A		A		A		A		A
		近いうちの補修が望ましい	B		B		B		B		B		B
		早急に補修の必要がある	C		C		C		C		C		C
	○誘導路として見た場合	必要なし	A		A		A		A		A		A
		近いうちの補修が望ましい	B		B		B		B		B		B
		早急に補修の必要がある	C		C		C		C		C		C
○エプロンとして見た場合	必要なし	A		A		A		A		A		A	
	近いうちの補修が望ましい	B		B		B		B		B		B	
	早急に補修が必要がある	C		C		C		C		C		C	

図-2.1(a) アンケート用紙(アスファルト舗装)

(a), (b)の様式になっている。

(2) 視察総合評価

これは、舗装技術者が(1)の各項目での評価をもとにその舗装を総合的にどのように評価・判断するかを調べるためのものである。今回の調査では、総合評価として、まず①その舗装の損傷の程度を評価し、さらにその舗装を②滑走路としてみた場合、③誘導路としてみた場合④エプロンとしてみた場合、のそれぞれの補修の必要性の判断を行うものとした。いずれも(1)と同様に、A、B、Cの3つのグループに分けて評価・判断を下すようになっている。

このことは、(1)の視察評価の各項目を独立変数(x_1, x_2, x_3, \dots)としたときにここで挙げた総合評価はそれらの従属変数(y_1, \dots, y_4)で表わされるだろうと考えているわけである。つまり、それらの間に、

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, x_3, \dots) \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, x_3, \dots) \\ y_3 &= f_3(x_1, x_2, x_3, \dots) \\ y_4 &= f_4(x_1, x_2, x_3, \dots) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.1)$$

の関係があるものと推定した。また同時に、滑走路や誘導路、エプロンといった舗装区分は、舗装の損傷程度の評価には考慮されず、補修の必要性を判断する時点で初めて考慮されるべきものと考えた。

(3) 現地視察

現地視察は昭和56年3月の中～下旬の2晩にわたって、空港舗装の管理に携わる者(運輸省および新東京国際空港公社の職員)14名、および実際の舗装工事に携わる者(舗装会社の職員)10名の合計24名(いずれも舗装技術者)によって行われた。構成員の舗装の分野における

調査項目	調査地点 選 択 肢	判 定 欄														
		E-11			E-12			E-13			E-14			E-15		
		判	定	備考	判	定	備考	判	定	備考	判	定	備考	判	定	備考
(1) 線状クラック	(ほとんど) ない	A			A			A			A			A		
	いく分見られる	B			B			B			B			B		
	著るしい	C			C			C			C			C		
(2) 網状クラック	(ほとんど) ない	A			A			A			A			A		
	いく分見られる	B			B			B			B			B		
	著るしい	C			C			C			C			C		
(3) 隅角クラック	(ほとんど) ない	A			A			A			A			A		
	いく分見られる	B			B			B			B			B		
	著るしい	C			C			C			C			C		
(4) 目地部の破損 (スポーリング 角欠など)	(ほとんど) ない	A			A			A			A			A		
	いく分見られる	B			B			B			B			B		
	著るしい	C			C			C			C			C		
(5) 平坦性 (各版の間の段差)	(ほとんど) ない	A			A			A			A			A		
	いく分見られる	B			B			B			B			B		
	著るしい	C			C			C			C			C		
(6) はがれまたはポットホール (スケーリング)	(ほとんど) ない	A			A			A			A			A		
	いく分見られる	B			B			B			B			B		
	著るしい	C			C			C			C			C		
(7) 路面の粗度	滑らか	A			A			A			A			A		
	適切	B			B			B			B			B		
	粗い	C			C			C			C			C		
(8) パッチング	(ほとんど) ない	A			A			A			A			A		
	いくらかある	B			B			B			B			B		
	多い	C			C			C			C			C		
(9) この舗装区域の 損傷の程度	損傷はほとんどない	A			A			A			A			A		
	損傷がある	B			B			B			B			B		
	損傷が著るしい	C			C			C			C			C		
10 補 修 の 必 要 性	必要なし	A			A			A			A			A		
	近いうちの補修が望ましい	B			B			B			B			B		
	早急に補修の必要がある	C			C			C			C			C		
	必要なし	A			A			A			A			A		
	近いうちの補修が望ましい	B			B			B			B			B		
	早急に補修の必要がある	C			C			C			C			C		
	必要なし	A			A			A			A			A		
	近いうちの補修が望ましい	B			B			B			B			B		
	早急に補修の必要がある	C			C			C			C			C		

図-2.1 (b) アンケート用紙 (コンクリート舗装)

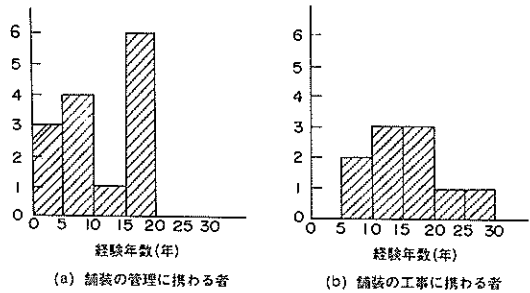


図-2.2 視察評価に携った技術者の経験年数

経験年数は図-2.2に示すようになっている。

現地視察の手順は、まず視察者グループは23時の滑走路クローズと同時に制限区域内に入り、あらかじめマーキングのほどこされた67箇所の調査区画に順次誘導された。各調査箇所においては照明などのセットの後、1箇所あたり約5分の時間内にその箇所を入念に観察し、同時にアンケート用紙の該当箇所に各視察者の評価を卒

直に記入するものとした。この調査はあくまでも視察者個人の評価を知るためのものであるので、視察中はほかの視察者と相談したり感想を述べ合ったりすることは強く禁止された。

2.3 定量測定

2.2の視察評価のための現地調査と同時期に同じ箇所定量測定が実施された。前者が視察者の「主観的評価」であるのに対し、後者は測定機器による「客観的評価」といえる。今回は、まず各調査区画内のひびわれやポットホールなどの状況をスケッチし、さらに平坦性、わだちばれ、段差を測量した。それらの概要は以下のとおりである。

(1) スケッチ

アスファルト舗装に対しては、ひびわれ、目地の開き、パッチング、ポットホール、ブリージングなどが、またコンクリート舗装に対しては、ひびわれ、パッチング、スポーリング、スケーリングなどが各調査区画ごとにスケッチされた。

これらのスケッチ図をもとに、内業によって次のよう

な定量化されたデータが得られた。

- バッチング率
- ポットホールの数
- アスファルト舗装のひびわれ率(%)
=ひびわれ面積×100/各調査区画の面積

ここに、ひびわれ面積は線状クラック、リフレクショ
ンクラック、目地の開きの合計長さ(m)×0.3(m)と網
状クラックの面積(m²)を加えたものである。

- コンクリート舗装のひびわれ度(cm/m²)
=ひびわれ長さ/各調査区画の面積

ここに、ひびわれ長さは線状、網状、隅角クラックの
長さの総和である。

- コンクリート舗装の目地部の破損率(%)
=目地部の破損長さの和/目地の長さの和

ただし、図-2.3に示すように、調査区画内に完全に
含まれる目地の長さはその2倍を考え、調査区画内外を
分ける境界の目地部についてはその長さそのものを考え
た。同様に目地部の破損長さについても、調査区画内の
2枚の版にまたがる破損はその目地方向に沿った長さの
2倍を考え、その他の場合には目地方向の長さそのもの
を考えた。

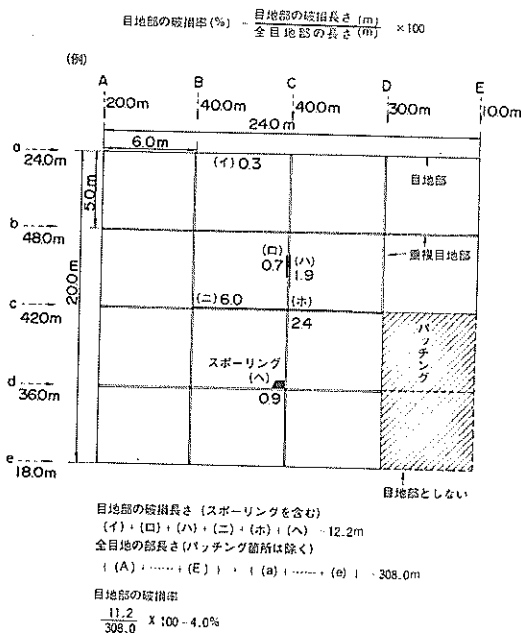


図-2.3 目地部の破損率の定義

(2) 平坦性⁶⁾

アスファルト舗装の平坦性は3mプロフィロメーター
を用いて、各調査区画の中心線から6m離れた線に沿っ

て30mの長さを測定した。測定記録紙から現地距離1.5
mごとの値を読み取り、その標準偏差を平坦性と定義した。
(3) わだちぼれ

わだちぼれの測定には、スパン5mの横断プロフィログ
ラフを用いた。各調査区画でわだちぼれの大きな箇所を
1測線選び、20mの全幅にわたって測定し、記録紙から
わだちぼれを図-2.4のように読み取った。

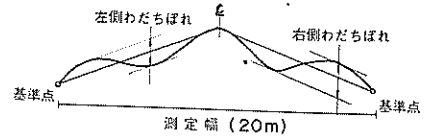


図-2.4 わだちぼれ量の測定方法

(4) 段差

コンクリート舗装の段差は、各調査区画で段差が大き
いと思われる箇所を約10点選び、図-2.5の要領で測定
した。このうち、舗装評価のために実際に使用したのは
最大値である。

これらの定量測定の結果、今回の調査対象区域における主
要な調査項目の累積相対度数は図-2.6(a),(b)のようであった。

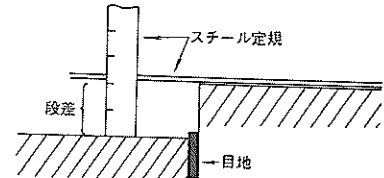


図-2.5 段差の測定方法

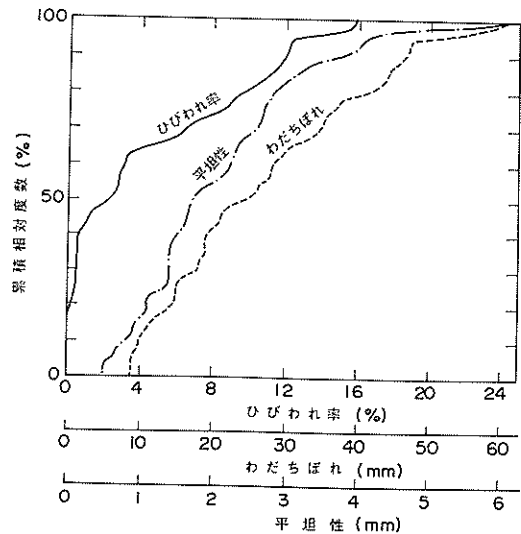
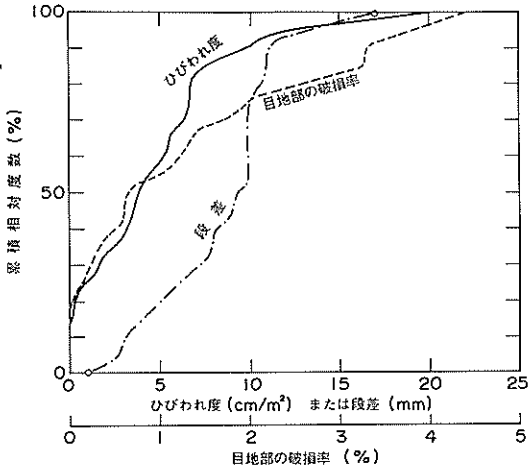


図-2.6(a) 調査項目の実測値の累積相対度数
(アスファルト舗装)



図一2.6(b) 調査項目の実測値の累積相対度数 (コンクリート舗装)

3. 視察評価の数量化

2.において「主観的定性評価」と「客観的定量評価」がなされたが、そのままでは質的データである前者を量的データである後者と結びつけることができないため、まず質的データを数量化する必要がある。本章では視察評価の数量化を行い、その精度などについて考察を加える。

3.1 数量化理論Ⅱ類の適用

(1) データの吟味

視察評価の中で次のものは信頼性に欠けるため、今回の解析からは削除した。

- ① 欠測した評価項目のある視察者の評価値。例えば、ある調査区画で平坦性の評価を忘れてしまった視察者のその区画におけるすべての総合評価値は解析の対象から除外する。
- ② グループ間の角欠けのような、今回の調査区画にはその数が少ない項目は解析の対象から除外する。
- ③ 正常な測定が行われている場合には、総合評価はA, B, Cのグループのうちのひとつに集中するか、2つのグループにまたがるか、またはBに多くが集まりAとCにわずかずつという分布形状を示すはずである。ところが、中にはA, B, C各グループがほぼ同数のものがある。これは特殊な状況のため視察評価が困難な調査区画であると考え、以後の解析から除外した。
- ④ 特定の視察者だけが他と著しく離れた評価をしている場合、その視察者のその調査区画における評価値は除外した。

(2) 数量化理論Ⅱ類

質的データを数量化するための手法はいくつかある。今回はなかでも、工学、農学、社会学などをはじめとする広い分野で実績があり、最も一般的といわれる林の数量化理論を適用した。この数量化理論は一般にⅠ類からⅣ類までの4種類に分類されているが、今回の視察評価のように、説明要因と外的基準(従属要因)とともに質的データの場合には、そのうちのⅡ類が適用される。

数量化理論Ⅱ類の概要はおおよそ次のようなものである⁷⁾。まず、ある評価項目(たとえばわだちぼれ)でその評価がAなら x_{11} 、Bなら x_{12} 、Cなら x_{13} というようにして、各評価項目(アイテム)に含まれている選択肢(カテゴリー)に適切なスコアを与え、その調査地点の総合評価点を

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{k_j} \delta_i(jk) \cdot x_{jk} \quad (3.1)$$

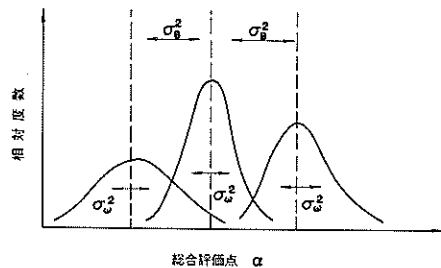
で表わすことにする。ここに x_{jk} はjアイテム、kカテゴリーのスコア、 $\delta_i(jk)$ は回答がjアイテム・kカテゴリーに反応したときに1、k以外のカテゴリーに反応したときに0をとる変数であり、また k_j はjアイテムに含まれるカテゴリー数、Rは全アイテム数である。

次に、調査地点群の総合評価点 α の度数分布を、図3.1のように、視察評価のA, B, C各グループごとに考える。そのとき、各グループ内の変動(内分散 σ_w^2)を最小に、かつグループ間の変動(外分散 σ_B^2)を最大にするように各スコアを決定すれば、式(3.1)で得られる α によって視察評価A, B, Cが精度よく予測、判別できることになる。一方、相関比 η^2 が $\sigma_B^2 / (\sigma_w^2 + \sigma_B^2)$ で表わされるため、上述のことは η^2 を最大にするようなスコアを求めることと等価である。つまり、

$$\frac{\partial \eta^2}{\partial x^2} = 0 \quad (3.2)$$

を解くことになるが、これは

$$A X = \eta^2 X \quad (3.3)$$



図一3.1 総合評価点の分布の概念図

表-3.1 各選択肢(カテゴリー)に与えられたスコア

(a) アスファルト舗装

調査項目	選択肢		損傷の程度		補修の必要性					
			評価点	レンジ	滑走路		誘導路		エプロン	
					評価点	レンジ	評価点	レンジ	評価点	レンジ
(1) わだちぼれ	(ほとんど)ない	A	-0.209	0.539	-0.279	0.732	-0.243	0.653	-0.200	0.604
	いく分見られる	B	0.058		0.070		0.051		0.003	
	著るしい	C	0.330		0.453		0.410		0.404	
(2) 平坦性(縦断方向の凹凸)	良好	A	-0.431	1.147	-0.494	1.202	-0.397	1.093	-0.416	1.044
	やや悪い	B	0.152		0.244		0.116		0.186	
	非常に悪い	C	0.716		0.708		0.696		0.628	
(3) 施工継目の開きまたは リフレクションクラック	(ほとんど)ない	A	-0.280	0.697	-0.165	0.499	-0.174	0.525	-0.180	0.507
	いく分見られる	B	0.012		0.040		-0.041		-0.023	
	著るしい	C	0.417		0.334		0.351		0.327	
(4) 線状クラック	(ほとんど)ない	A	-0.189	0.414	-0.193	0.374	-0.150	0.626	-0.137	0.609
	いく分見られる	B	0.130		0.145		0.027		0.015	
	著るしい	C	0.225		0.181		0.476		0.472	
(5) 網状クラック	(ほとんど)ない	A	-0.024	0.230	-0.079	0.400	-0.082	0.358	-0.145	0.558
	いく分見られる	B	0.000		0.076		0.091		0.177	
	著るしい	C	0.206		0.321		0.276		0.413	
(6) はがれまたは ポットホール	(ほとんど)ない	A	-0.100	0.687	-0.022	0.151	-0.068	0.633	-0.050	0.512
	いく分見られる	B	0.158		0.033		0.044		0.012	
	著るしい	C	0.587		0.129		0.565		0.462	
(7) 路面の粗度	滑らか	A	/	/	/	/	/	/	/	/
	適切	B	/	/	/	/	/	/	/	/
	粗い	C	/	/	/	/	/	/	/	/
(8) ブリージング	(ほとんど)ない	A	-0.010	0.214	-0.022	0.156	-0.021	0.360	-0.032	0.434
	いく分見られる	B	0.204		0.040		0.000		0.022	
	著るしい	C	/		0.134		0.339		0.402	

(b) コンクリート舗装

調査項目	選択肢		損傷の程度		補修の必要性					
			評価点	レンジ	滑走路		誘導路		エプロン	
					評価点	レンジ	評価点	レンジ	評価点	レンジ
(1) 線状クラック	(ほとんど)ない	A	-0.373	0.769	-0.328	0.728	-0.292	0.956	-0.272	1.019
	いく分見られる	B	0.224		0.162		-0.063		-0.147	
	著るしい	C	0.396		0.400		0.664		0.747	
(2) 網状クラック	(ほとんど)ない	A	-0.019	0.147	/	/	/	/	/	/
	いく分見られる	B	0.015		/	/	/	/	/	/
	著るしい	C	0.128		/	/	/	/	/	/
(3) 隅角クラック	(ほとんど)ない	A	0.056	0.132	-0.081	0.224	-0.072	0.391	-0.043	0.401
	いく分見られる	B	0.076		0.103		0.061		0.009	
	著るしい	C	/		0.143		0.319		0.358	
(4) 目地部の破損(スポー リングや角欠けなど)	(ほとんど)ない	A	-1.053	1.654	-1.039	1.583	-0.814	1.597	-0.668	1.359
	いく分見られる	B	0.175		0.216		-0.007		-0.029	
	著るしい	C	0.601		0.494		0.783		0.691	
(5) 平坦性 (各版の間の段差)	(ほとんど)ない	A	-0.047	0.138	-0.162	0.343	-0.066	0.335	-0.061	0.650
	いく分見られる	B	0.025		0.114		0.007		0.589	
	著るしい	C	0.091		0.181		0.269		/	
(6) はがれまたはポットホール (スケーリング)	(ほとんど)ない	A	-0.133	0.450	-0.168	0.440	-0.154	0.610	-0.139	0.612
	いく分見られる	B	0.049		0.119		0.018		-0.011	
	著るしい	C	0.317		0.272		0.456		0.473	
(7) 路面の粗度	滑らか	A	/	/	/	/	/	/	/	/
	適切	B	/	/	/	/	/	/	/	/
	粗い	C	/	/	/	/	/	/	/	/
(8) パッチング	(ほとんど)ない	A	-0.046	0.211	-0.025	0.115	-0.022	0.010	-0.046	0.211
	いくらかある	B	0.165		0.090		0.079		0.165	
	多い	C	/		/		/		/	

という固有値問題に帰着される。一般には最大固有値に対応するものを考えればよく、固有値が相関比に、また固有ベクトルが各カテゴリーのスコアに相当する。

今回のアンケート結果にこのような数量化理論Ⅱ類を適用して得られた各アイテム、カテゴリーのスコアは表-3.1のとおりである。

3.2 数量化の結果の検討

(1) 相関比

各外的基準に対して得られた相関比は表-3.2のとおりである。相関比の値は0.74から0.83を示しているが、

表-3.2 相関比一覧表

総合評価	舗装の種類	相関比
損傷の程度	アスファルト	0.76
	コンクリート	0.83
補修の必要性 (滑走路)	アスファルト	0.80
	コンクリート	0.79
補修の必要性 (誘導路)	アスファルト	0.82
	コンクリート	0.74
補修の必要性 (エプロン)	アスファルト	0.79
	コンクリート	0.74

相関比はその定義からして相関係数の2乗に対応しているため、これらの値を相関係数に換算して0.86から0.91と読み直すこともできる。いずれにしてもこれらの相関比から判断して、視察総合評価のA、B、Cの3つのグル

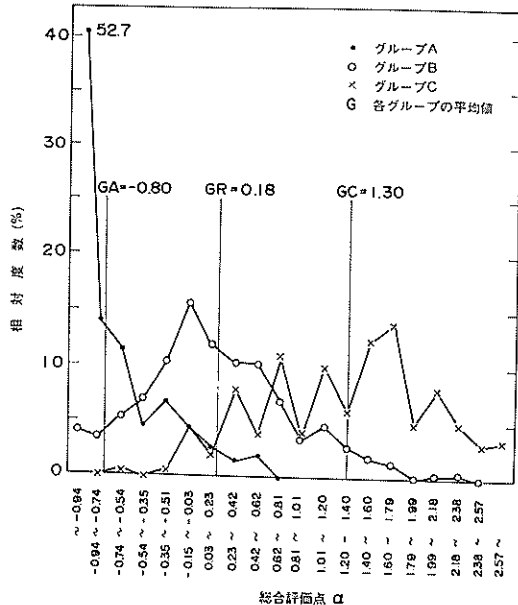


図-3.2 実際の総合評価点の分布 (アスファルト舗装の誘導路に対する補修の必要性)

ープはよく判別されているといえる。図-3.1の様式に従って描いたA、B、Cごとの総合評価点の分布の1例が図-3.2であるが、その分離の程度を視覚的に把握できよう。

(2) 各グループの境界値と適中率

(1)で示したとおり、相関比はかなり大きいものの種々の誤差のためにA、B、Cの3つのグループを総合評価点に関して完全に分離させることはできない。しかし、あとで舗装の総合評価と各評価項目の定量測定の結果を結びつけるためには、AとB、BとCの境界値となるべき総合評価点 Y_{AB} 、 Y_{BC} を定めておく必要がある。ここでは、A、B、Cの各グループの総合評価点の平均値を μ_A 、 μ_B 、 μ_C 、またそれぞれの分散を σ_A^2 、 σ_B^2 、 σ_C^2 として、次式から Y_{AB} 、 Y_{BC} を求めた。

$$\frac{(Y_{AB} - \mu_A)^2}{\sigma_A^2} = \frac{(Y_{AB} - \mu_B)^2}{\sigma_B^2} \quad (3.4)$$

$$\frac{(Y_{BC} - \mu_B)^2}{\sigma_B^2} = \frac{(Y_{BC} - \mu_C)^2}{\sigma_C^2}$$

得られた境界値は表-3.3のとおりである。

表-3.3 総合評価点による総合評価のグループ分けのための境界値

総合評価	舗装の種類	総合評価グループ分けのための境界値	
		Y_{AB}	Y_{BC}
損傷の程度	アスファルト	-0.378	0.627
	コンクリート	-0.493	0.561
補修の必要性 (滑走路)	アスファルト	-0.634	0.317
	コンクリート	-0.632	0.330
補修の必要性 (誘導路)	アスファルト	-0.310	0.739
	コンクリート	-0.423	0.508
補修の必要性 (エプロン)	アスファルト	-0.135	0.877
	コンクリート	-0.280	0.732

これらの境界値を設定した後、与えられた総合評価点 α が、技術者の判断した総合評価A、B、Cをどのような確率で判別することができるか、その適中率を計算した。全体の適中率 P は次式で定義される。

$$P = \pi_A \int_{-\infty}^{Y_{AB}} f_A(\alpha) d\alpha + \pi_B \int_{Y_{AB}}^{Y_{BC}} f_B(\alpha) d\alpha + \pi_C \int_{Y_{BC}}^{\infty} f_C(\alpha) d\alpha \quad (3.5)$$

ここに、 π_A 、 π_B 、 π_C は全体の調査地点数に対し技術者

がA, B, Cと判断した比率($\pi_A + \pi_B + \pi_C = 1.0$), $f_A(\alpha)$, $f_B(\alpha)$, $f_C(\alpha)$ はそれぞれ図-3.2に示されるようなA, B, Cの確率密度関数である。

表-3.4 総合評価に対する適中率

総合評価	舗装の種類	
	アスファルト舗装	コンクリート舗装
損傷の程度	67.8%	74.7%
補修の必要性(滑走路)	68.8%	67.6%
補修の必要性(誘導路)	73.4%	66.9%
補修の必要性(エプロン)	72.1%	63.7%

計算された適中率は表-3.4のとおりで、64~75%であることがわかる。

(3) 寄与率

式(3.1)の形からもわかるように、A, B, Cに与えられたスコア間の点差が大きい視察評価項目ほど、同式の左辺、つまり調査地点の総合評価点に大きな影響を及ぼしていることになる。AとCに与えられた点差をレンジとして表-3.1に示し、表-3.5にはこのレンジの大きい視察評価項目を順に並べた。

表-3.5 スコアのレンジが大きな視察評価項目

総合評価	順位	アスファルト舗装	コンクリート舗装
損傷の程度	1	平坦性	目地部の破損
	2	施工継目の開きまたはリフレクションクラック	線状クラック
	3	はがれまたはポットホール	はがれまたはポットホール
滑走路	1	平坦性	目地部の破損
	2	わだちぼれ	線状クラック
	3	施工継目の開きまたはリフレクションクラック	はがれまたはポットホール
誘導路	1	平坦性	目地部の破損
	2	わだちぼれ	線状クラック
	3	はがれまたはポットホール	はがれまたはポットホール
エプロン	1	平坦性	目地部の破損
	2	線状クラック	線状クラック
	3	わだちぼれ	平坦性

この表からアスファルト舗装では平坦性の寄与率が最も大きいことがわかる。つまり舗装技術者が空港アスファルト舗装を視察評価する場合には、平坦性を最も重視していることがうかがえる。そのあとには、わだちぼれやひびわれなどが続くようである。また同様に、コンクリート舗装に対しては、目地部の破損、線状クラック、ポットホールなどを重要視していることがわかる。

4. 定量測定と結びつけた路面性状および供用性の評価

3.において、主観的定性評価の数量化がなされた。これを受けて、本章ではそれらの値と定量測定との関係をさぐってみる。

4.1 路面性状に対する主観的意識と定量測定の関係

舗装技術者が、わだちぼれやひびわれなどの路面性状の各項目に対し、舗装が劣化したと判断するのは、それらの破損がどの程度進行した時点であろうか。具体的にそれらの値を知ることは非常に興味のあるところである。ここでは今回のアンケート調査中の主要な評価項目のAとB, BとCの評価の境界が実測値とどのように対応するか調べた。

まず、今回の調査では各調査地点に対し24名が各項目をA, B, Cのいずれかで評価しているため、表-3.1の各スコアをその項目にA, B, Cと反応した人数の比率で重みづけした平均値をその調査箇所におけるその項目の評価点とした。ここで用いたスコアは外的基準として「損傷の程度」に対応するものである。次に、その項目に関する実測値も得られているので、評価点と実測値を2次元座標にプロットすることができる。そのときのプロット数は調査区画数に一致することになる。これらのプロットとその回帰直(曲)線の状況のうち、代表的なものが図-4.1である。

一方、各評価項目に対するAとB, BとCの境界スコアは、それぞれ表-3.1のAとB, BとCの単純平均値で定義した。これらの値と図-4.1より、舗装技術者が路面性状項目に対して評価の変化点に対応する路面性状の実測値を得ることができる。その結果は表-

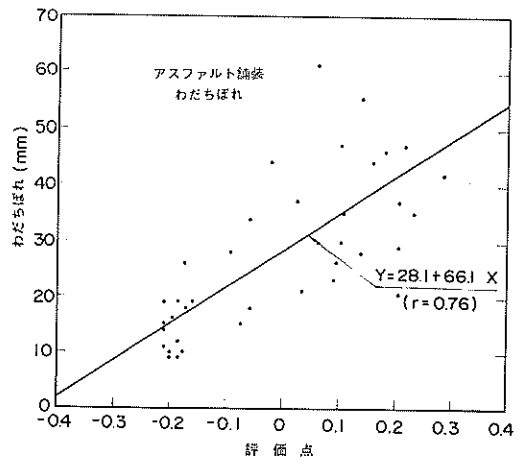


図-4.1(a) 調査項目の評価点と実測値の関係 (アスファルト舗装のわだちぼれ)

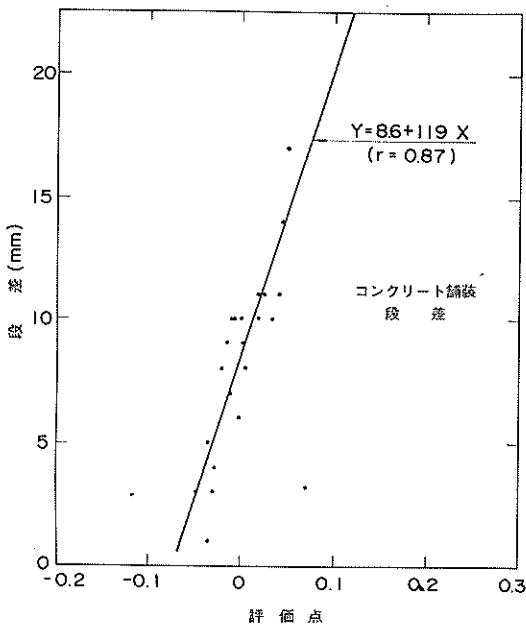


図-4.1(b) 調査項目の評価点の実測値の関係 (コンクリート舗装の段差)

表-4.1 項目ごとの評価の境界に対応する実測値

舗装の種類	評価項目	評価の境界		相関係数
		AとB	BとC	
アスファルト舗装	わだちぼれ (mm)	23	41	0.76
	平坦性 (mm)	1.88	2.97	0.56
	施工目地の開き, またはリフレクシオンクラック (%)	0.8	4.2	0.84
	線状クラック (%)	0.2	0.6	0.52
	網状クラック (%)	0.7	12.2	0.89
	ひびわれ率 (%)	1.7	17	0.90
コンクリート舗装	線状クラック(cm/m ²)	2.7	7.1	0.63
	隅角クラック(cm/m ²)	0.3	1.2	0.80
	目地部の破損 (%)	0.6	1.8	0.51
	段差 (mm)	7	16	0.87
	ひびわれ度 (cm/m ²)	3.1	8.3	0.65

4.1に示すとおりである。相関係数が必ずしも大きくないため、これらの数値を厳密に議論することはできないが、舗装技術者の路面性状に対する主観的判断と実測値との間のおおよその関係を知ることができる。

4.2 供用性の総合評価式

(1) 3項目による評価式

数量化理論の結果から推定された視察総合評価に対する寄与率の大きな項目の実測値を用いて、供用性の総合評価式を作成する。実際的评价式に取り入れる項目とし

ては、将来これらの式を利用していくときの定量測定のしやすさなども考慮して、次のように選んだ。

(A) アスファルト舗装

- ① ひびわれ率 CR (%)
- ② わだちぼれ RD (mm)
- ③ 平坦性 SV (mm)

(B) コンクリート舗装

- ① ひびわれ度 CR (cm/m²)
- ② 目地部の破損率 JC (%)
- ③ 段差(最大値) SV (mm)

なお、これらの項目間の相関関係は図-4.2に示すとおりで、それほど強い相関はないため、これらの3項目を用いて評価式を作成してゆくことは可能であると判断される。

これらの項目を用いて次の手順で評価式を作成した。まず表-3.1に示されている各項目、カテゴリーごとのスコアを式(3.1)に代入して各視察者の総合評価点を計算し、その平均点を従属変数として各調査区画ごとに算出した。さらに各調査地点ごとのひびわれなど上に挙げた項目の実測値を独立変数として、先の総合評価点に対して重回帰分析を行った。回帰式のあてはめにおいては、各独立変数の常用対数やべき乗の形に変換した後に行った方が、線形回帰の場合に比較して相関係数はいくらか大きくなるが、その差はわずかであったことから、今回は取扱いの簡単な線形回帰とした。つまり、式(2.1)は式(4.1)のような形を持つものと仮定した。

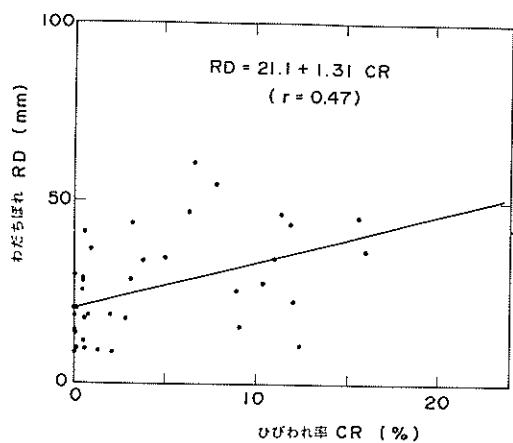
$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 \quad (4.1)$$

ここに、 y は総合評価点、 $x_1 \sim x_3$ はひびわれなど路面性状の実測値、 $a_0 \sim a_4$ は回帰係数である。

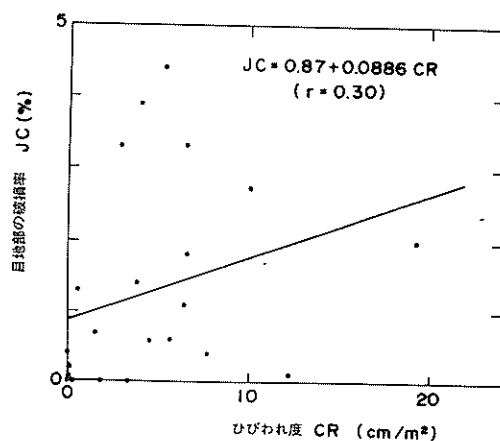
アスファルト舗装とコンクリート舗装のそれぞれに対し、この形の式が、①損傷の程度、②滑走路とした場合の補修の必要性、③誘導路とした場合の補修の必要性、④エプロンとした場合の補修の必要性に対し別々の形で得られる。しかし②、③、④に対しては、それぞれを完全に別々な形とするよりも、 a_1, a_2, a_3 が共通な値を持ち、 a_0 のみが独自の値を示すような形にしておいた方が、後に補修に関する基準値を設定する場合に都合がよい。そこで厳密性をいくらか欠くものの、ここでは全体のデータをひとまとめにして a_1, a_2, a_3 を算出し、さらに a_0 については次式より求めることとした。

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x}_1 - a_2 \bar{x}_2 - a_3 \bar{x}_3 \quad (4.2)$$

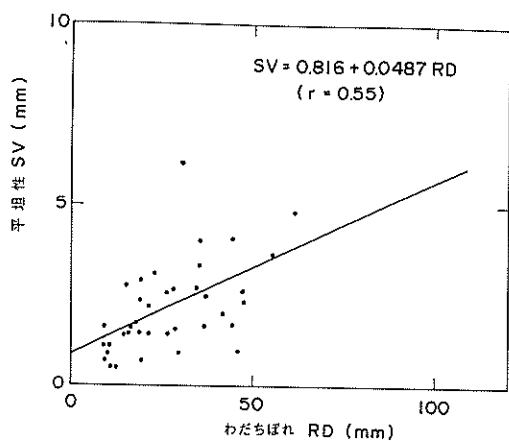
ここに、 $\bar{y}, \bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$ はそれぞれの変数の平均値である。



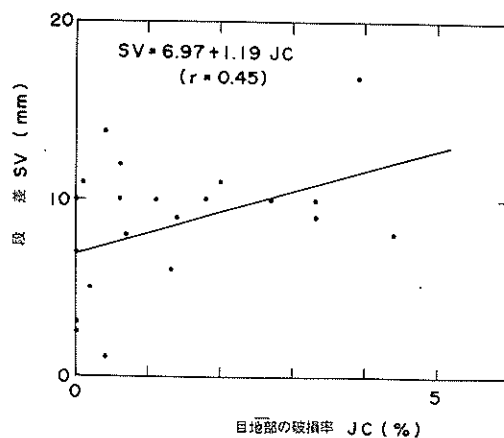
(a) わだちぼれ—ひびわれ率 (アスファルト舗装)



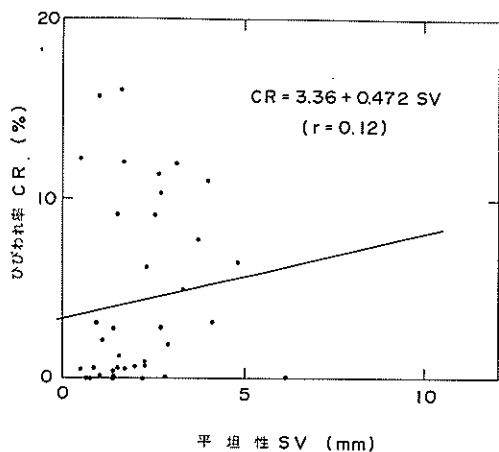
(d) 目地部の破損率—ひびわれ度 (コンクリート舗装)



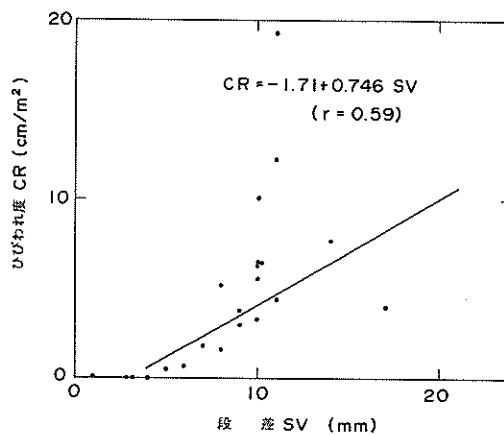
(b) 平坦性—わだちぼれ (アスファルト舗装)



(e) 段差—目地部の破損率 (コンクリート舗装)



(c) ひびわれ率—平坦性 (アスファルト舗装)



(f) ひびわれ度—段差 (コンクリート舗装)

図-4.2 調査項目間の相関

表-4.2 総合評価式

(a) アスファルト舗装		
回帰式		重相関係数
損傷の程度	$y = -0.674 + 0.0840CR + 0.143SV$	$r = 0.82$
補修の必要性	$y = a_0 + 0.0776CR + 0.00881RD + 0.113SV$	
ただし, $a_0 = -0.845$ (滑走路)		$r = 0.83$
-0.836 (誘導路)		$r = 0.84$
-0.847 (エプロン)		$r = 0.83$
(b) コンクリート舗装		
回帰式		重相関係数
損傷の程度	$y = -1.35 + 0.0442CR + 0.143SV$	$r = 0.90$
補修の必要性	$y = a_0 + 0.0520CR + 0.0531JC + 0.0958SV$	
ただし, $a_0 = -1.07$ (滑走路)		$r = 0.88$
$= -1.06$ (誘導路)		$r = 0.95$
$= -1.06$ (エプロン)		$r = 0.96$

このような手順で得られた回帰式とそれらの重相関係数は表-4.2に示すとおりである。なお損傷の程度に関する総合評価式で、わだちぼれや目地部の破損率の項目が落ちているのは、分布検定の結果より判断したもので、その結果表-4.2の各係数はいずれも両側5%の水準で有意と認められている。これらの式の重相関係数はかなり大きいことから、技術者の視察総合評価が路面性状の実測値によって、合理的に精度よく説明されたことになる。

舗装評価区分のグループ分け、つまり補修の緊急性の判断区分などには表-3.3の境界値が役に立つ。しかしこのままの形では使いにくいので、表-4.2の式と表-3.3の境界値のうち、補修の必要性に関するものに対して線形変換をほどこし、表-4.3、4.4のような形に直した。この式によって得られる評価点をPRI (Pave-

表-4.3 PRIの計算式

アスファルト舗装	$PRI = 10 - 0.450CR - 0.0511RD - 0.655SV$
コンクリート舗装	$PRI = 10 - 0.290CR - 0.296JC - 0.535SV$

表-4.4 PRIの境界値

舗装区域	アスファルト舗装		コンクリート舗装	
	AとB	BとC	AとB	BとC
滑走路	8.0	3.8	7.0	3.7
誘導路	6.9	3.0	6.4	2.3
エプロン	5.9	0	5.7	0

ment Rehabilitation Index)と名づけることにする。この変換の条件としては、すべての路面性状の実測値が0のときに左辺が10になり、またその舗装をエプロンとみて直ちに補修が必要とみなされるほどにまで路面性状が劣化したときに左辺が0となるようにしている。なおこの変換においては精度の低下などはないが、ここに至るまでに質的データを数値化したり、重回帰分析を行っているため、それらに付随する誤差が集積されている。そこで、アンケートの結果をできるだけ矛盾のない形で説明できるように、補修に関する緊急性の境界値をトライ・アンド・エラー的にいくらかの修正した後の結果が表-4.4に示されている。

これらの式において、各項目の変動幅が総合評価値に対し及ぼす影響はひびわれが最も著しいが、これは数値化理論で得られたスコアのレンジが平坦性やわだちぼれにおいて大きい事実と相反している。この差異は、平坦性やわだちぼれの視察評価の精度が悪かったことに起因するためと推定される。これは、夜間照明の下で凹凸を視察評価することのむづかしさを示しているものと考えられる。

アスファルト舗装に対し、表-4.3に示されるPRIを3次元座標の上で表現したものが図-4.3である。この図においてCRが一定の面で切断した断面図は図-4.4のようになる。

次に、表-4.2における舗装の損傷の程度に関する評価式と、表-4.3におけるPRIの関係を調べてみる。図-4.5は今回の実測値を代入して得られた2つの評価式の値を、アスファルト舗装とコンクリート舗装に分けてプロットしたものであるが、2つの評価式の相関は非常に大きいことがわかる。同図中には、それぞれの評価式に関するAとB、BとCの境界値も記入されている。

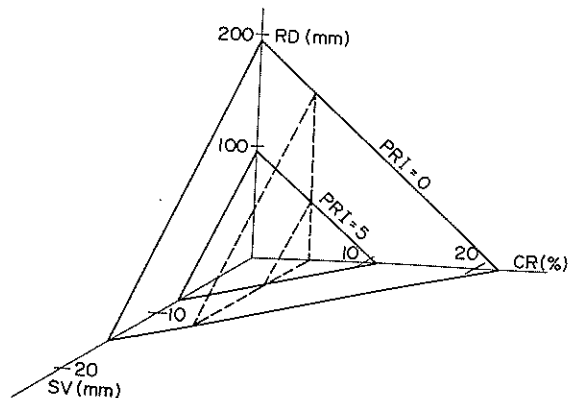


図-4.3 アスファルト舗装のPRIの3次元表示

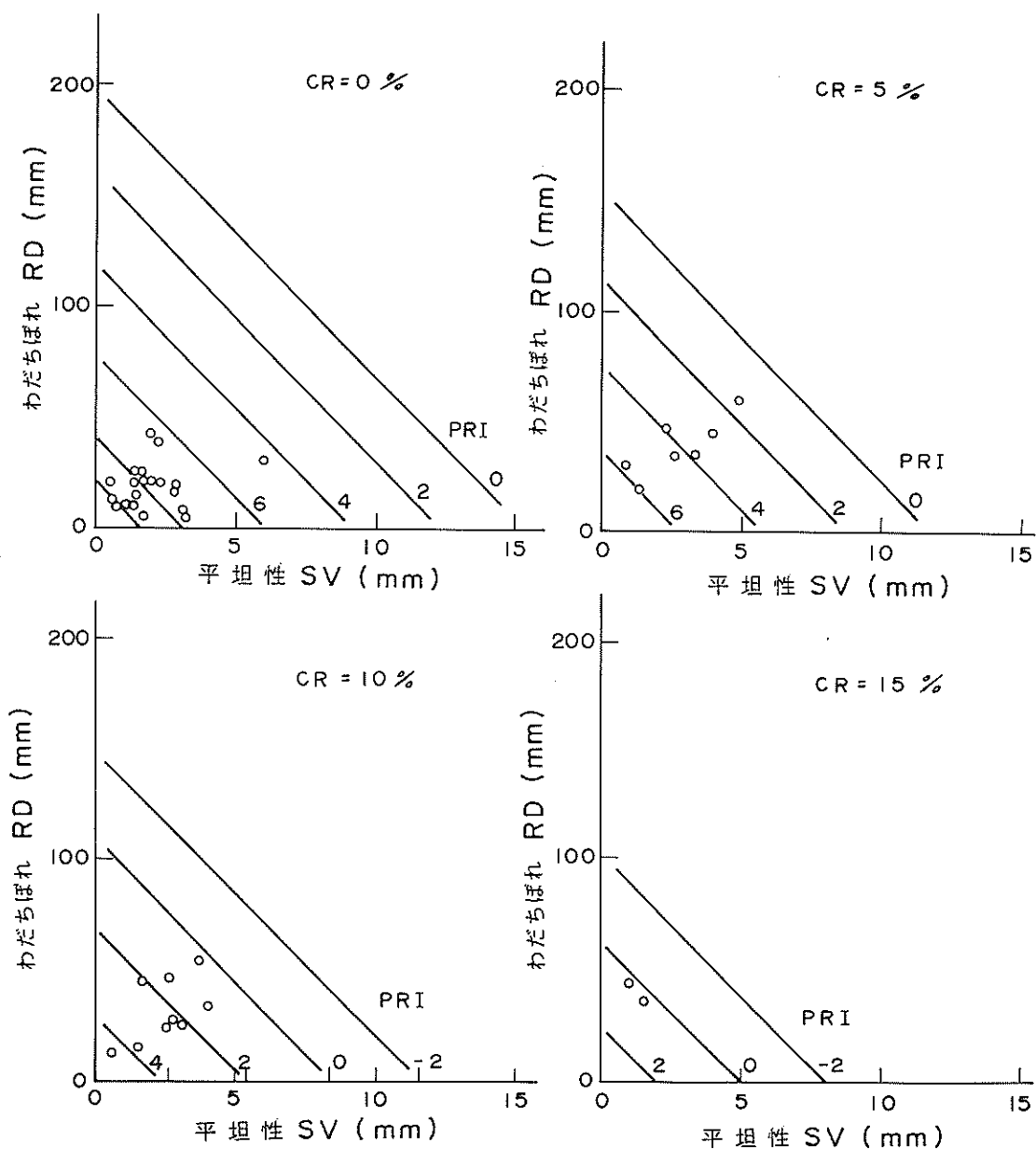


図-4.4 アスファルト舗装でひびわれ率を一定にした場合のPRIの2次元表示

これらの図からアスファルト舗装とコンクリート舗装のいずれに対しても、損傷に対するAとBの境界値に相当するPRIは、滑走路ではすでにB、しかし誘導路、エプロンではまだAであると判断される。同様に、損傷に対するBとCの境界値に相当するPRIは、滑走路、誘導路ではすでにC、またエプロンではまだBと判断されていることがわかる。

(2) 2項目または単項目による評価式

従来、空港舗装の平坦性測定の定義が明確でなかった

ため、わだちぼれとひびわれの実測値しかないようなアスファルト舗装も多い。そのようなところでは、表-4.3のような3項目からなる評価式とA、B、Cの境界値を用いた舗装評価は原理的に不可能となるため、わだちぼれとひびわれの2項目による評価法が必要となる。

3項目の評価式とまったく同様な手順で作成したアスファルト舗装の2項目評価式を表-4.5に示しておくが、この式によって得られる評価点は、3項目のものと区別するためにPRI₂と呼ぶ。また、この関係式をグラフ化

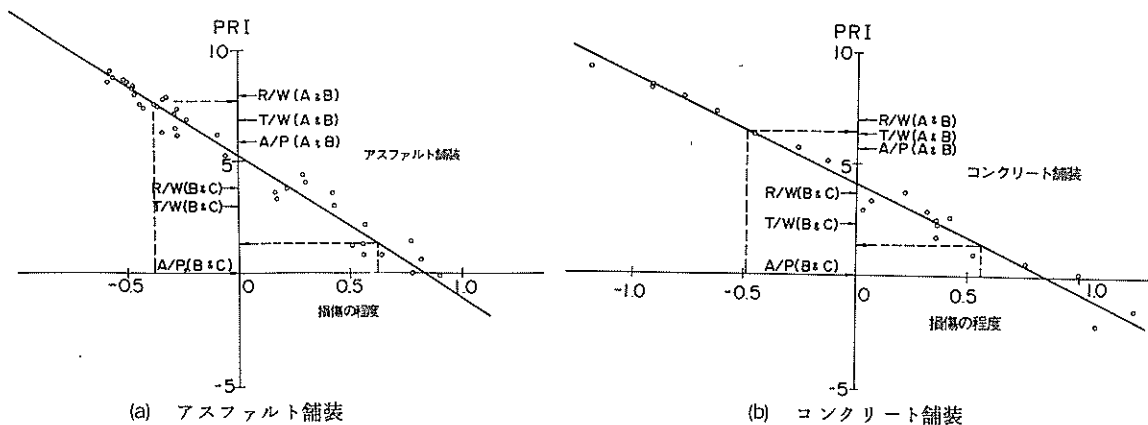


図-4.5 損傷の程度に関する評価式とPRIの関係

表-4.5 PRI₂の計算式とその境界値

$PRI_2 = 10 - 0.445 CR - 0.0925 RD$		
評価の境界値		
舗装区域	AとB	BとC
滑走路	8.2	4.6
誘導路	7.3	3.7
エプロン	6.2	0

したものが図-4.6である。

同様な考え方から、舗装の総合評価を単項目で行うことも可能である。アスファルト舗装についてひびわれとわだちぼれ、平坦性、コンクリート舗装についてはひびわれとジョイントの破損率、段差によるそれぞれの単項目評価式を作成し、補修に関する緊急性の境界値を計算したものを、参考までに表-4.6として挙げておく。本

来複雑であるはずの舗装の評価を、単項目のみの実測値で行っているため、相関係数の低下は大きい。

表-4.6 単項目による舗装補修のための境界に対応する実測値

(a) アスファルト舗装

項目	舗装区分	評価の境界		相関係数
		AとB	BとC	
ひびわれ率 (%)	滑走路	0.1	6.5	0.77
	誘導路	0.9	12.7	0.79
	エプロン	1.9	17.0	0.79
わだちぼれ (mm)	滑走路	10	38	0.67
	誘導路	17	57	0.64
	エプロン	22	70	0.63
平坦性 (mm)	滑走路	0.26	3.64	0.45
	誘導路	0.91	6.57	0.42
	エプロン	1.50	8.63	0.42

(b) コンクリート舗装

項目	舗装区分	評価の境界		相関係数
		AとB	BとC	
ひびわれ度 (cm/m ²)	滑走路	0.2	5.6	0.88
	誘導路	0.6	7.6	0.94
	エプロン	1.1	11.1	0.93
ジョイントの破損率 (%)	滑走路	0.1	1.3	—*
	誘導路	0.1	3.2	—
	エプロン	0.1	5.7	—
段差 (mm)	滑走路	5	10	0.89
	誘導路	5	12	0.87
	エプロン	6	14	0.87

* ジョイントの破損率に対する回帰式は、各舗装区分ともに2つの曲線をつないで作られているため、相関係数は計算されていない。

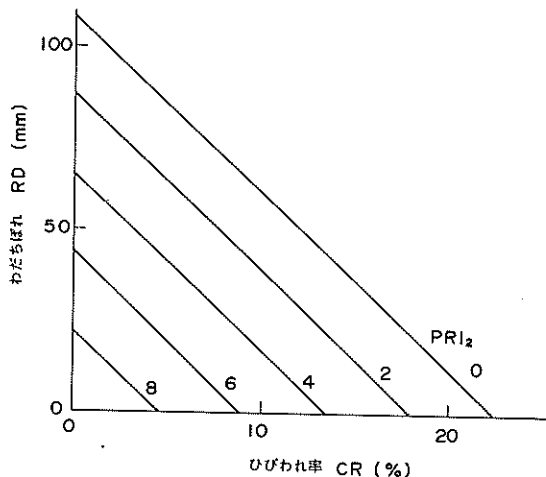


図-4.6 PRI₂の2次元表示

(3) 他の機関による評価式との関係

ある機関から提案されている評価式に用いる路面性状の項目は、ほかの機関の評価式のものより異なったり、その定義が異なったりするために、相互の評価式を直接比較することは困難であるのが一般的である。ところが、我が国の建設省で提案されているアスファルト舗装の総合評価の指標であるMCI (Maintenance Control Index)¹⁰⁾は次のように定義されていて、このMCIの計算に必要な実測値は、表-4.3や表-4.5に示した空港舗装の補修の緊急性に関する評価式の場合と同じであるため、両者の直接の比較が可能である。

$$MCI = 10 - 1.48CR^{0.3} - 0.29RD^{0.7} - 0.47SV^{0.2} \quad (4.3)$$

または

$$MCI_0 = 10 - 1.51CR^{0.3} - 0.30RD^{0.7} \quad (4.4)$$

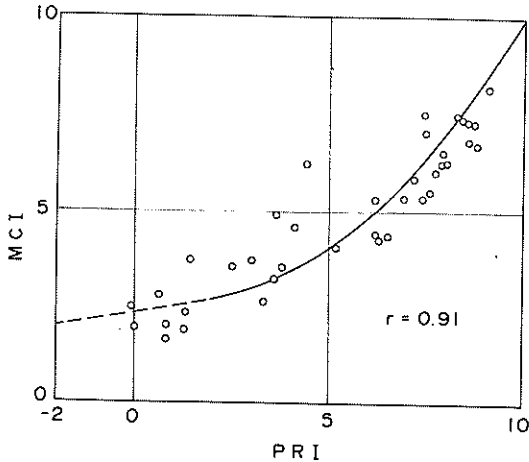


図-4.7(a) PRIとMCIの関係(3項目評価)

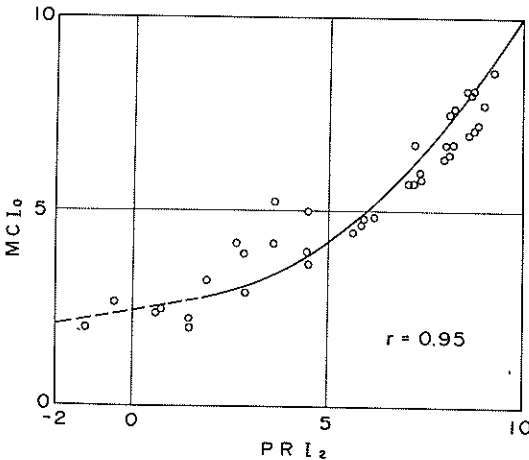


図-4.7(b) PRIとMCIの関係(2項目評価)

今回の調査対象区域での実測値をPRI, PRI₂およびMCI, MCI₀の各式に代入して得られた値をプロットしたものが図-4.7である。この図より3項目評価, 2項目評価ともに、両式の間には強い相関があることがうかがえる。また帰帰曲線は下に凸な形を示していて、路面性状の劣化に伴うMCIと今回のPRIの減少率の違いをみると、劣化のかなり進行した状態を表わす図-4.7の左下の部分ではMCIの減少率がかなり小さくなっていることがわかる。これは、PRIの評価式が線形式であるのに対し、MCIでは各項目がべき乗の形をしていて、しかもそのべきの値が1より小さいことに起因するものである。

5. 空港舗装評価への適用性

5.1 評価式の適用範囲

今回の評価式は東京国際空港におけるアンケート調査より帰納的に導かれたものであり、そのデータの範囲を越えるような破損の状況を示す箇所に対してまでも、それらの式が利用できるという保証はない。たとえば、図-4.3においてある座標軸に沿って原点から遠く離れたデータ、つまりある特定の項目だけの損傷が著しいといった例は今回の調査には含まれていなかったため、そのようなデータに対してまで今回の評価式とその境界値を適用することはできない。

これらのことは、2項目や単項目評価式に対してよりきびしくきいてくる。つまり3項目評価から2項目、もしくは単項目評価に至る過程で落とされた項目は0を意味しているものではなく、図-4.2に示されたような項目間の相関にしばられた範囲内でのみこれらの評価式が適用可能ということになる。

これらのことから、今回の調査範囲を越える破損状況のものに対しては、評価式もしくはその境界値を修正する必要がある。今回のアンケート調査の結果からはそれらを合理的に修正することができないため、今後の課題として、修正を目的とした技術者への再アンケート、内外文献の調査などを通じて検討してゆく必要がある。

さらに、評価すべき舗装区域の面積も問題となってくる。これはひびわれ率、ひびわれ度の算定において特に影響が大きい。たとえば、ひびわれ長さ100mの区間で均一に発生することはまずなく、あるせまい区域で著るしくても、それに隣接する箇所ではそれほどでもないという場合が多い。つまり今回の実測において規定した調査区画の大きさ(アスファルト舗装で30×20m、コンクリート舗装で20×20m)で評価すれば破損があると判断されても、100m×50mといった大きな調査区画に対

象として評価すれば破損はほとんどないという判断になる可能性は充分にある。以上のことから、今回提案した評価式を適用する場合には、原則として、今回規定した調査区画の大きさで測定し評価をする必要がある。

5.2 空港舗装評価の実例との比較

今まで我が国のいくつかの空港で行われてきた舗装の経験的評価例を用いて、今回作られた評価式の適用性に関する検討を行った。5.1に述べた適用範囲を一部満足しない例もあるが、おおよその傾向をつかむための検討という意味から、評価式や評価基準がそのまま適用できると仮定している。

(1) A空港誘導路（第1種空港、アスファルト舗装）

A空港の誘導路ではその顕著なわだちぼれに対処するため、たびたびかさ上げによる補修がなされてきた。昭和52年度に大規模なかさ上げ工事がなされる前にわだちぼれの調査がなされているので、その結果を表-5.1

表-5.1 A空港誘導路のわだちぼれ

区画番号	1	2	3	4	5	6	7
わだちぼれ(mm)	36	34	29	24	34	35	100

に示す。区画1から6は航空機が通常のタクシー速度で走行する箇所であるのに対し、区画7は停止線を含む箇所である。この値と表-4.6(㊸)の誘導路におけるわだちぼれ単項目による評価基準値を比較すると、区画7でC、そのほかの区画でBと評価されることがわかる。

(2) B空港滑走路（第2種空港、アスファルト舗装）

昭和48年度における路面性状の実測値は、ひびわれ率13.5%、わだちぼれ15.3mm、平坦性1.4mmとなっている。これを表-4.3の3項目評価式に代入すると、PRIは2.2となり、早急の補修が必要と判定される。この舗装は路面性状の実測後、かさ上げによる補修が実施されている。

(3) C空港滑走路（第1種空港、アスファルト舗装）

C空港では昭和51年度に滑走路をかさ上げ補修していて、その直前に路面性状の実測がなされている。それによると、ひびわれ率が0.5から2.8%、わだちぼれが22から23mm、また平坦性が1.4から1.6となっている。3項目評価式の値は6.7から7.4の間に分布する。この値は補修の必要性のBランク、つまり近いうちの補修が望ましいと判定されることになる。

(4) D空港滑走路（第2種空港、アスファルト舗装）

この滑走路の破損状況は特にひびわれがひどいのが特徴である。ひびわれ率は滑走路全体の平均で約10%であり、大きいところでは40%を越える箇所も存在する。

PRIは滑走路の延長方向に図-5.1のように分布しており、特に左端部と中央部付近の破損が著しいようである。この舗装区域では、滑走路の左端200~300m区間を中心に部分打替えが開始されている。

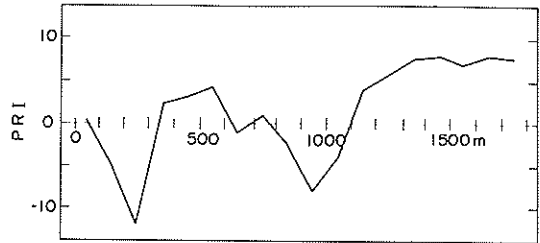


図-5.1 D空港滑走路におけるPRIの分布

なお、当舗装区域の一部の破損状況は明らかに今回の評価式の適用範囲を越えている。それゆえに破損のひどいところでは早急な補修が必要と判断されることには間違いはないものの、-5とか-10といった評価値そのものを比較することはあまり意味がない。

(5) E空港滑走路（第1種空港、コンクリート舗装）

E空港では、無筋コンクリート舗装の滑走路で破損が進行し、補修工法を検討した際にひびわれや段差を測定している。そのうちの段差の値は表-5.2に示すとおりであり、段差による単項目評価の基準値から、BまたはCと判断されることになる。当舗装区域ではその後アスファルトによる全面的かさ上げがなされた。

表-5.2 E空港滑走路の段差

区画番号	1	2	3	4	5	6
段差(mm)	18	35	15	7	10	15

以上の結果、従来からの経験的な補修時期の判断と今回の供用性評価式による判断の比較をまとめると、第1種空港の舗装ではおおよそB、つまり近いうちの補修が望ましいと判断される時期にかさ上げなどがなされているのに対し、第2種空港においてはおおよそCにランクされるようになってから補修が始められているようである。つまり今回の供用性評価式と補修などの基準値は、対象とした舗装を使用する航空機種やその交通量などには無関係に定められたが、実際の運用に当たっては、そのような条件も考慮する方がより現実的であることが理解されよう。そしてそのような補修条件が付け加えられたならば、補修計画などの作成に当たって表-4.3~4.6の供用性評価基準をより有効に利用してゆくことができるものと考えられる。

5.3 今後の課題

5.1と5.2で今回の評価基準の実際問題への適用に際して改良された方がよい点を2, 3示した。空港舗装のより合理的な維持・補修システムの確立のために今後解決されるべき課題としては、そのほかに次のようなものがある。

- (1) 今回の舗装評価法はあくまでも舗装技術者の視察評価をもとに構築されてきており、ひびわれを重視した形になっている。確かに舗装の力学的なことは舗装技術者が一番よく知っているであろうが、実際に舗装を利用するのは航空機のクルーおよび乗客である。利用者の立場からすれば、舗装技術者と異なり多少のひびわれよりも安全性や快適性をより重視するであろう。「利用者のための舗装」ということを考えれば、利用者の意見を取り入れた路面性状の基準も必要となってくると考えられる。
- (2) 利用者の意見は主に航空機の振動に左右されると考えられるが、これを舗装技術者の手許へフィードバックするときには、路面凹凸の形をとっていることが望ましい。このことを換言すれば、長い波長成分まで精度よく測定できる路面凹凸測定法と、航空機の走行時の振動応答モデルが必要ということになる。なお従来のスペクトル解析的な手法では、平坦性の改善をすべき位置を定めることは困難である。¹¹⁾
- (3) 路面でのたわみ測定による舗装構造評価も実績をあげてきている。¹²⁾それを今回の路面性状による供用性評価と合理的に結びつけたり、補い合ったりしてゆく手順が確立されれば、より高度な舗装評価が可能となるう。
- (4) 長期的な補修計画を作成するためには、累加交通量の増加に伴う供用性の低下の傾向をある程度定量的に把握しておくことが必要である。¹³⁾

6. まとめ

本報文の内容のうち、おもなものをとりまとめると次のようになる。

- (1) 供用性評価式を作成するためのデータ収集を東京国際空港で実施した。これは舗装技術者による主観的定性評価と計測器による客観的定量測定からなる。
- (2) 技術者による定性の評価に対して数量化理論Ⅱ類を用いて数量化を行った。その結果、かなり良い精度の数量化を行うことができた。
- (3) 数量化の結果を利用することによって、舗装技術者が舗装の劣化の程度についてひびわれなどの路面性状項目から抱く主観的評価と、各項目の実測値との関係

がおおよそ明らかになった。

- (4) 路面性状の実測値を用いて舗装の供用性を表わす評価式を作成した。このうち、舗装の補修の必要性を表わす評価式から得られる値をP R Iと名づけた。滑走路、誘導路、エプロンのそれぞれに対し、補修の必要性に関するP R Iの基準値を決めた。
- (5) P R Iから判断される空港舗装の補修の緊急性を、実際の空港における補修の実態と比較したところ、P R Iは現実の補修の実態をよく説明できることがわかった。
- (6) 今後の課題として、舗装利用者の立場からの評価やたわみ測定などによる構造的評価を考慮してゆくことの必要性などについて言及した。

最後に、本報文で提案したP R Iが、我が国の空港舗装の補修に際して少しでも役立てば非常に幸いである。また、P R Iの適用限界を定めたり、これを改善して、少しでも使いやすい指標にしてゆくためには、実際の空港での実績との比較が不可欠であるので、今後も関係各位の御理解と御協力を切にお願いしたい。

(1981年11月30日受付)

謝 辞

本報文は、舗装技術者による視察評価の結果がもとになっている。2晩にわたって現地視察評価アンケート調査に御協力いただいた方々には心よりお礼を申し上げる。特に東京空港事務所施設部土木建築課ならびに第二港湾建設局東京空港工事事務所の皆様には、アンケート調査以外にも調査対象区画の選定や定量測定の際にも多大な御協力をいただいた。ここに深く感謝したい。

本報文をとりまとめる段階で、当研究所設計基準部の稲村肇計画基準研究室長ならびに奥山育英システム研究室長からは多くの有益な御教示をいただいた。改めて感謝申し上げる。最後に、一連の現地調査とデータ解析の一部分はパンフィック航業(株)がこれを請負い、終始熱意をもってその遂行にあたられたことを記し、感謝の意を表わす次第である。

参 考 文 献

- 1) たとえば、植下協・加藤晃：道路工学，朝倉書店，1972，pp. 137～140。
- 2) Hudson, W. R., F. L. Roberts : The "How" of Pavement Performance Evaluation, Proc. of AAPT, Vol. 38, 1969, pp. 305～317。
- 3) 西野祐次郎，田中幸夫：高架橋の舗装現況調査と補

- 修の考え方, 道路, 1971年8月, pp. 63 ~ 75
- 4) Epps, J.A. et al : Roadway Maintenance Evaluation User's Manual, Research Report 151-2, Texas Transportation Institute, Texas A & M University, Sept. 1971, 39p.
 - 5) Shahin, M.Y., M. I. Darter : Condition Evaluation of Jointed Concrete Airfield Pavement, Proc. of ASCE, TE4, 1980, pp. 381 ~ 399.
 - 6) 日本道路協会 : アスファルト舗装要綱, 1978, 196p.
 - 7) たどえば, 斉藤純 : 多変量解析の港湾計画への適用に関する検討, 港湾技研資料, No.382, 1981年6月, 50p.
 - 8) 林知己夫ほか : 情報処理と統計数理, 産業図書, 1970, pp. 72 ~ 79.
 - 9) 福手勤ほか : 空港舗装の路面性状評価および維持補修のシステム化, 第16回空港土木工事報告会用資料, 1981年10月, 21p.
 - 10) 建設省 : 舗装の維持修繕の計画に関する調査研究, 第34回建設省技術研究会, 1981年5月, 94p.
 - 11) Hsueh, T., J. Penzien : Dynamic Response of Airplanes in Ground Operation, Proc. of ASCE, TE3, 1974, pp. 743 ~ 756.
 - 12) 佐藤勝久, 福手勤 : ダイナフレクトによる空港アスファルト舗装強度評価とかさ上げ厚設計, 土木学会論文報告集, 第303号, 1980年11月, pp. 109 ~ 118.
 - 13) Darter, M. I., M. Y. Shahin : Pavement Rehabilitation : Identifying the Need, Proc. of ASCE, TE1, 1980, pp. 1 ~ 10.

港湾技研資料 No.414

1982・3

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.