

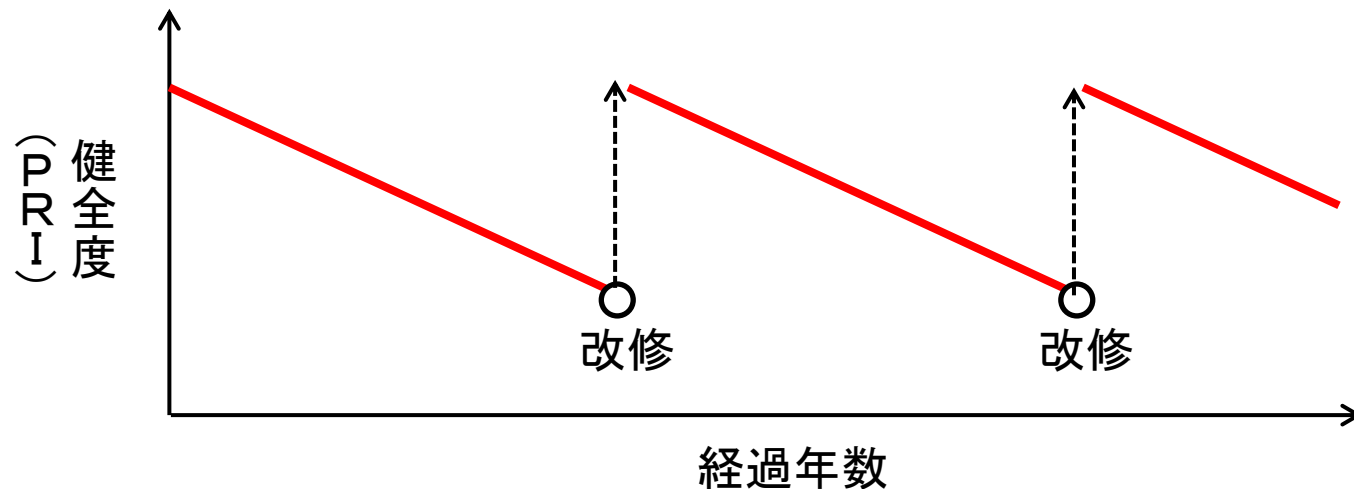
アスファルト舗装の劣化予測について

国土交通省 航空局
空港安全・保安対策課
平成25年10月

アスファルト舗装 劣化予測式の検討

効率的・効果的な維持管理を行うことを目的として、3年に1回実施している路面性状調査で収集されるPRI（舗装補修管理指数）のデータから、アスファルト舗装の劣化予測式を構築したい。

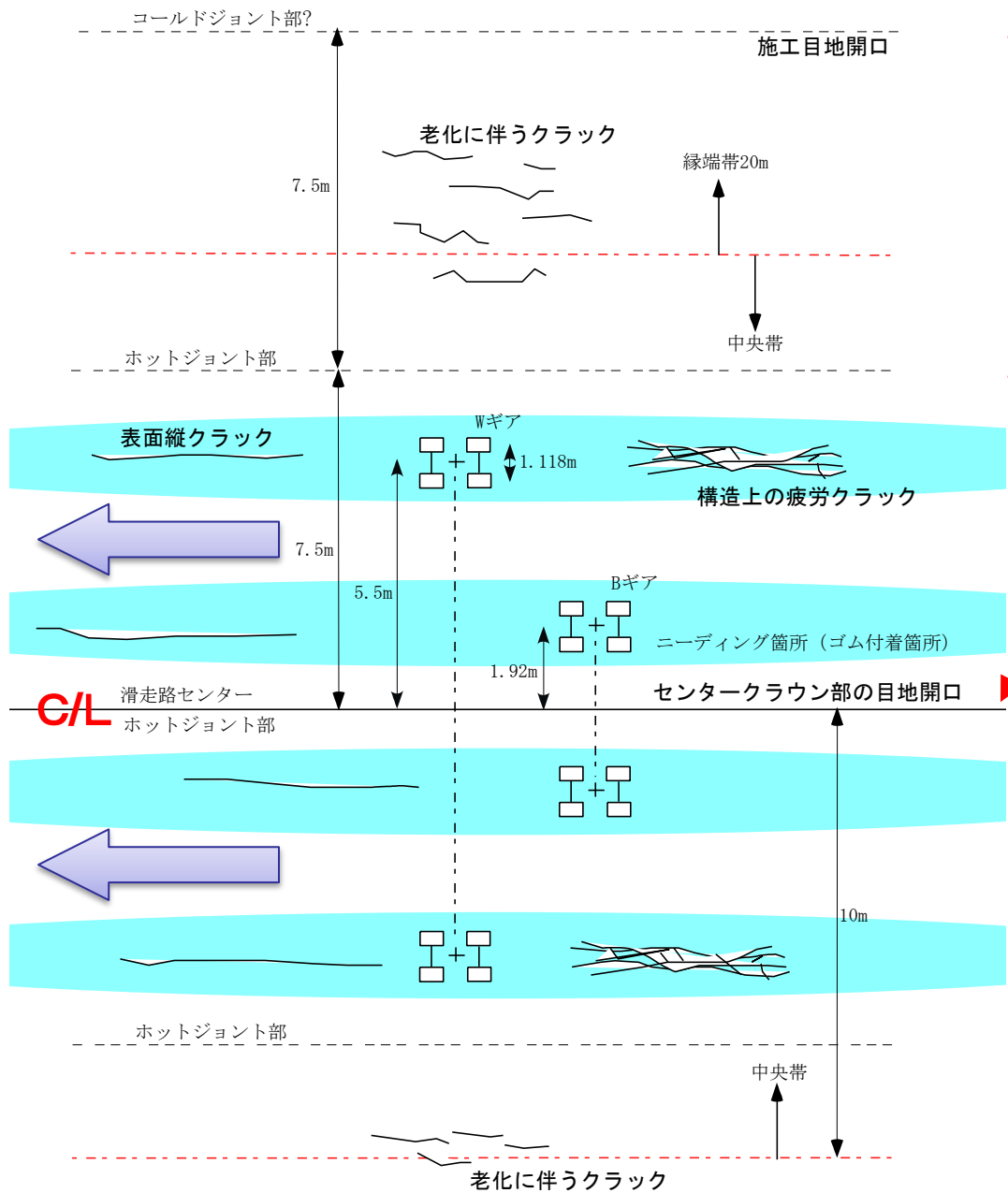
※PRI（舗装補修管理指数）は、ひび割れ率（%）、わだち掘れ（mm）、平坦性（mm）により求められる。



○劣化予測式を検討するうえでの課題

- ・モデルを単純化するため1次関数（直線）と見なしてよいか
- ・補修により機能が向上することによるバイアスの除去をどのように行うか
- ・劣化速度に影響を与える要因として、どのような項目が考えられるか
（舗装材料（Asの種類等）、気象環境（温度等）、舗装断面構成・・・）
- ・平坦性の数値が経年的に劣化せず、改善する状況がみられるが、モデルではどのように取り扱うか。

アスファルト舗装の劣化メカニズム(B747-400走行の場合)



ニーディング:こね返し

ニーディングのない箇所

・時間経過とともに老化クラックが発生する。

施工目地部

・時間経過とともに目地部が開口する。

中央帯(横断方向20m間)

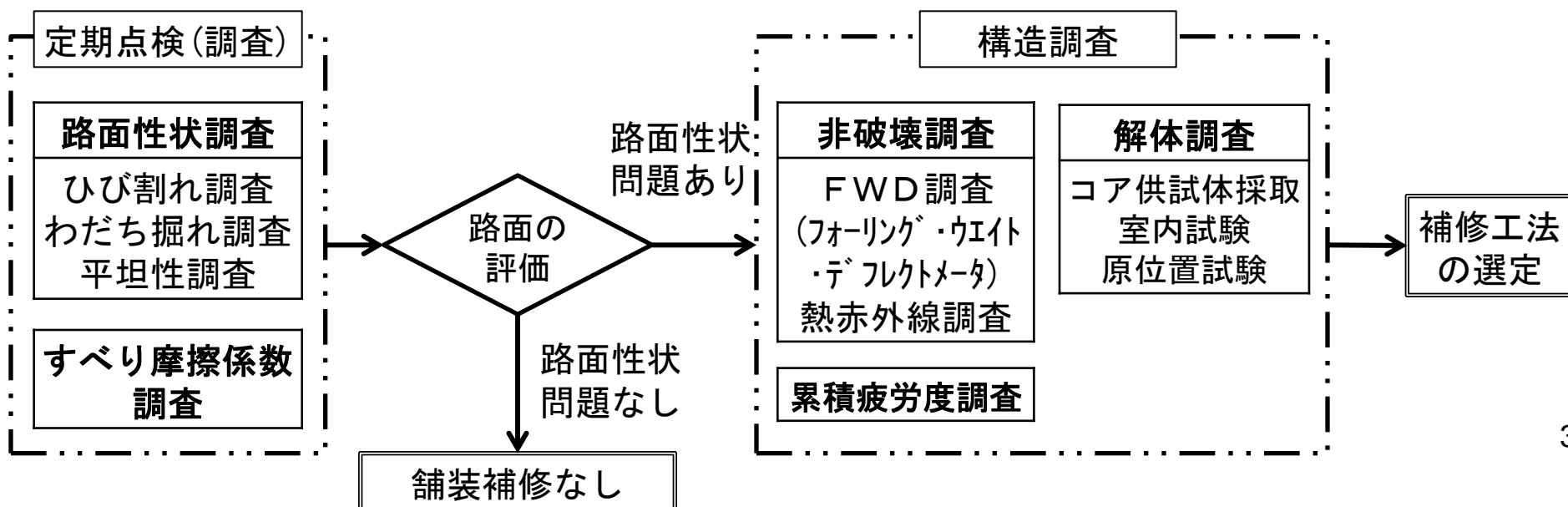
・時間経過とともに主脚走行位置周辺に線状クラックが発生し、その線状クラックが発達して構造的な疲労クラック(亀甲状)に成長すると推定される。

・また、時間経過とともに、わだち掘れで水たまりができ、主脚走行の繰り返りで舗装体内の砂利化が進み、構造的な疲労クラック(亀甲状)が発生していると推定される。

アスファルト舗装の調査について

- ・ アスファルト路面の調査は、路面調査（路面性状調査、すべり摩擦係数調査）と構造調査（非破壊調査、疲労度調査、解体調査）に分けられ、定期的な路面調査の結果から必要に応じて、構造調査を実施する。
- ・ 路面性状調査として、「ひび割れ」「わだち掘れ」「平坦性」を標準で3年に1回の頻度で調査することとされている。（空港土木施設管理規定）
- ・ 路面性状調査については、舗装面をデータユニットに分けて調査を実施し、路面の変状度合を継続的に把握している。
 ※データユニットの大きさは、大型ジェット機就航空港で、幅21m×長さ30m

アスファルト舗装調査のフロー



PRI (舗装補修管理指数 : Pavement Rehabilitation Index)

- ・ ひび割れ率(%)、わだち掘れ(mm)、平坦性(mm)の関数により求められる数値。
- ・ 技術者が現地調査により、ひび割れなどの路面性状から抱く主観的定性評価と、各項目の実測値の関係を評価式としたもの。
- ・ 最高値10から、時間の経過と共に数値が減少。

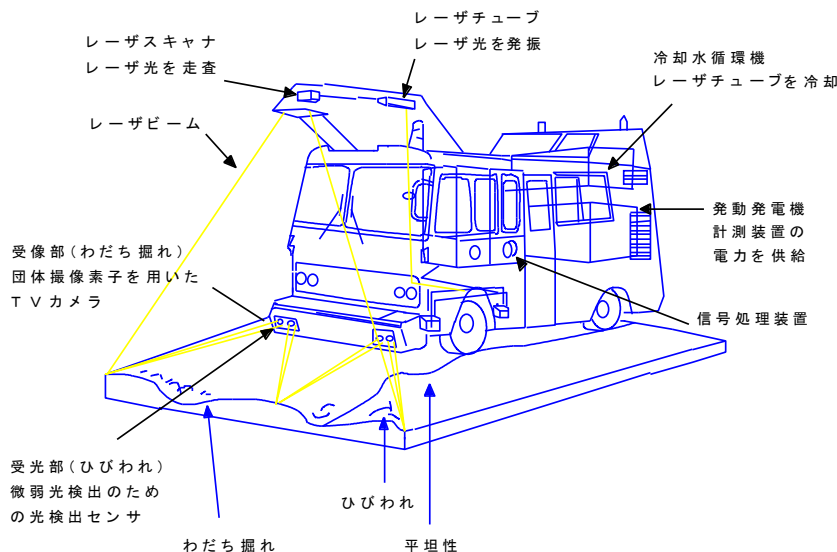
$$PRI = 10 - 0.45 \cdot CR - 0.0511 \cdot RD - 0.655 \cdot SV$$

ここで、CR：ひび割れ率(%) (ひび割れ面積／単位ユニット面積×100)

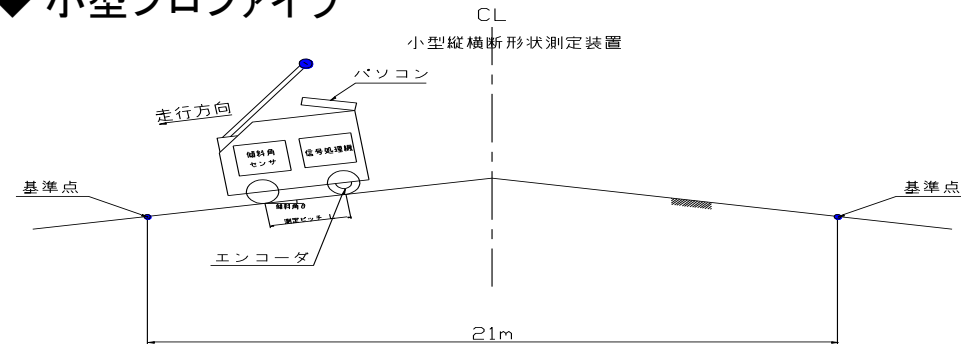
RD：わだち掘れ(mm) (横断方向の凹凸の標準偏差)

SV：平坦性(mm) (縦断方向の凹凸の標準偏差)

◆ 路面性状測定車

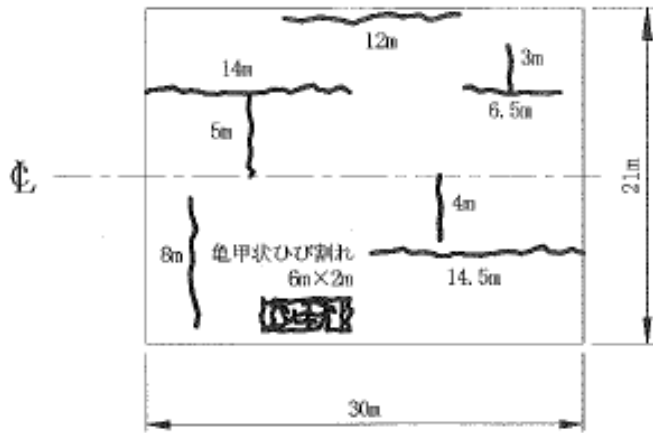


◆ 小型プロファイラ



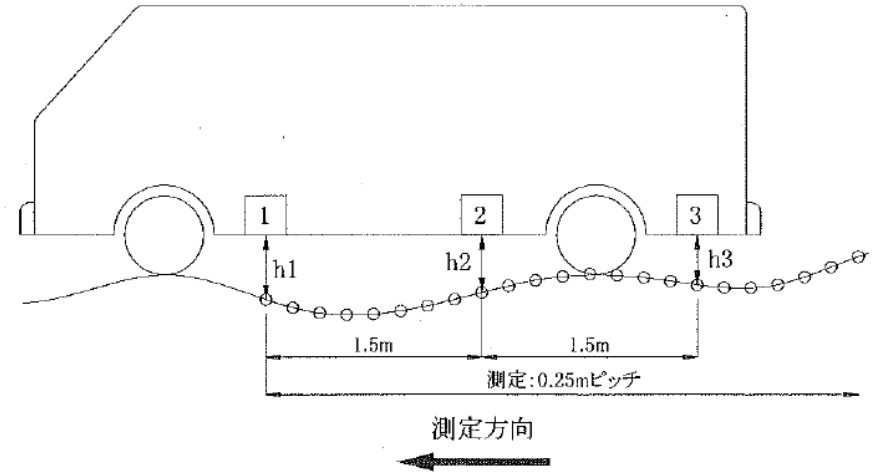
(ひび割れ)

$$\text{ひび割れ率(\%)} = \frac{6 \times 2 + (12 + 14 + 5 + 3 + 6.5 + 8 + 4 + 14.5) \times 0.3}{21 \times 30} \times 100 = 5.1\%$$



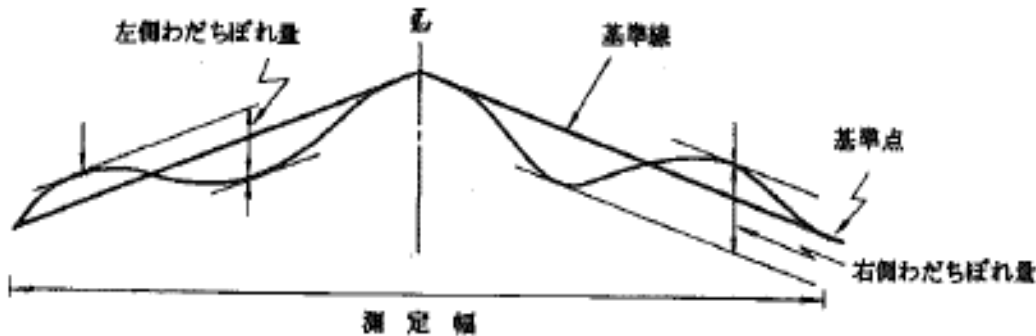
ひび割れの実測の例 (大型ジェット機が就航する空港の1データユニット)

(平坦性)



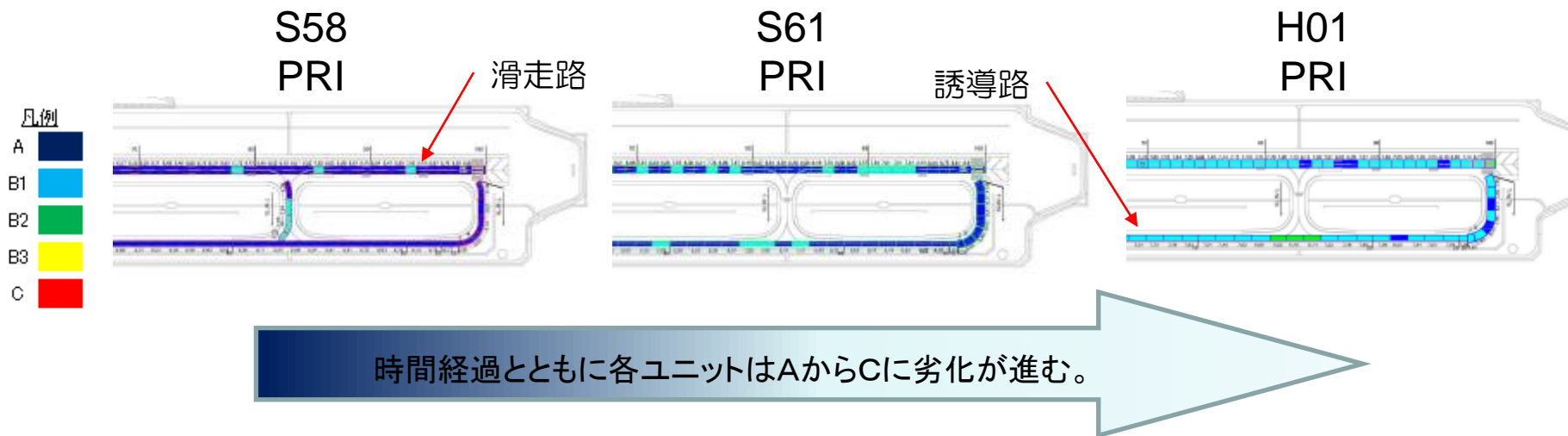
路面性状測定車による平坦性測定装置と測定間隔

(わだち掘れ)



わだち掘れ量の定義

劣化の進捗状況(例)



時間経過とともに各ユニットはAからCに劣化が進む。

路面性状調査は、各空港で

- 1回/3年で実施
- クラック、わだち掘れ、平坦性を測定
- データユニット単位は、21m×30m（大型機）

路面性状調査（PRI）の評価

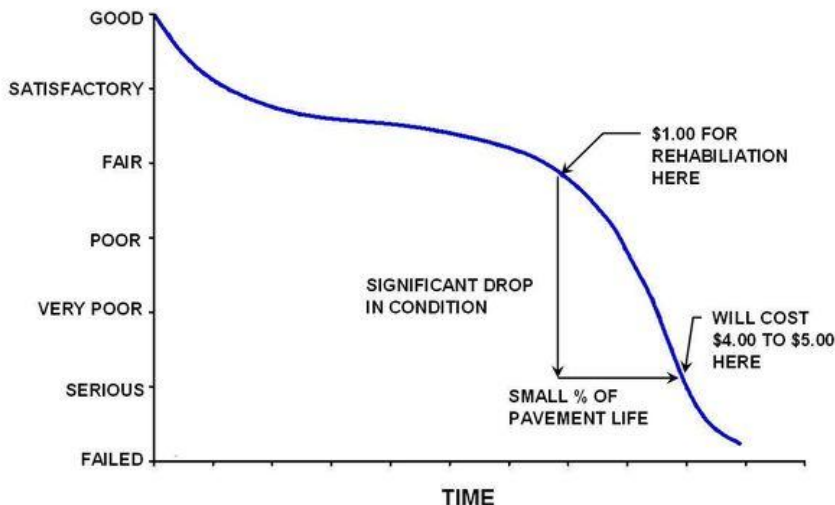
$$PRI = 10 - 0.45CR - 0.0511RD - 0.655SV$$

ここに PRI：舗装補修指数
 CR：ひび割れ率（%）
 RD：わだち掘れ（mm）
 SV：平坦性（mm）（縦断方向の凹凸の標準偏差）

舗装区域	評価				
	A	B			C
		B1	B2	B3	
滑走路	8.0以上	8.0～6.6	6.6～5.2	5.2～3.8	3.8未満
誘導路	6.9以上	6.9～5.6	5.6～4.3	4.3～3.0	3.0未満
エプロン	5.9以上	5.9～3.9	3.9～1.9	1.9～0.0	0.0未満

（注）A：補修の必要はなし
 B：近いうちの補修が望ましい
 C：できるだけ早急に補修の必要がある

○アスファルト舗装の典型的な劣化曲線(イメージ)



- ・最初の数年は劣化速度は遅い
- ・ある一定の時点で劣化が加速
- ・ライフサイクルの早い段階での予防保全は、遅い段階での改修より費用対効果が高くなる
- ・効果的に予算を適用するために最適な時間を決定

出典：FAA PAVEAIR Workshopプレゼン資料

○FAAでの劣化予測システムの事例(FAA PAVEAIR)



- ・FAAでは、ウェブベースの舗装マネジメントシステムを構築しており、舗装の劣化予測システムが含まれる。
- ・劣化予測においては、以前の検査の間の値の比較により予測を実施。

Network	Branch	Section	Date	Activity	PCI	Age	Area	Unit
My Sample Airport	18-36	A	08/01/2012	Prediction	45	7	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2013	Prediction	43	8	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2014	Prediction	41	9	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2015	Prediction	39	10	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2016	Prediction	37	11	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2017	Prediction	35	12	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2018	Prediction	33	13	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2019	Prediction	31	14	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2020	Prediction	29	15	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2021	Prediction	27	16	24155	m ²
My Sample Airport	18-36	A	8/1/2022	Prediction	25	17	24155	m ²

※PCI (Pavement Condition Index) は、FAAでの舗装状態の指標。

参考資料：FAA PAVEAIR Workshopプレゼン資料

他機関のアスファルト舗装の劣化の研究例

○日本道路公団(現、高速道路会社)

- ・ アスファルトの針入度^{注)}は、施工時に低下後は緩やかに変化(図-1)している。

注) 針入度: アスファルトの柔らかさを示す数値で、標準針の貫入量で示される。

- ・ 針入度と軟化点に着目(図-2)し、アスコン性状を分類わけしている。

注) 軟化点: アスファルトが軟化する温度

- ・ 針入度のみで分類すると、針入度 50以上が正常領域

25~50が筋状ひび割れの可能性

25以下が亀甲状ひび割れの可能性

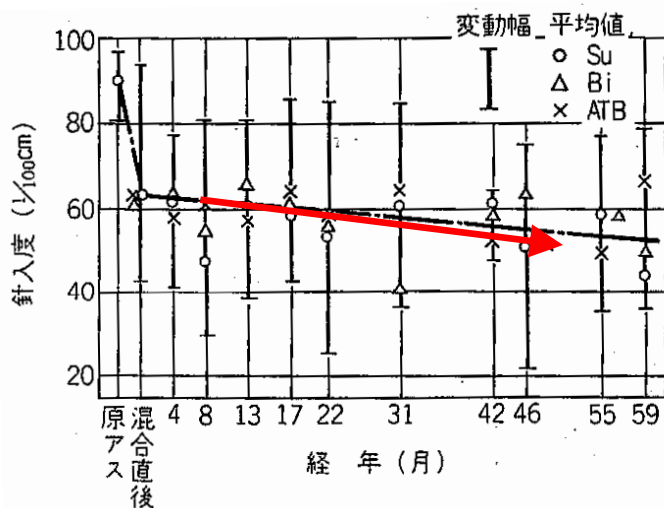


図-1 高速道路の調査事例による針入度の変化

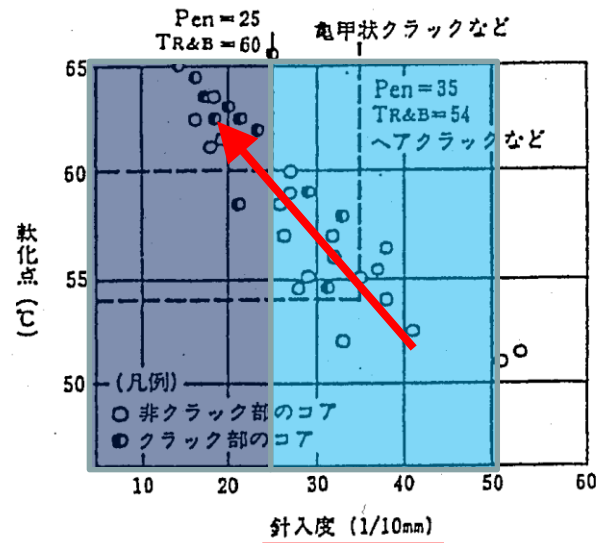
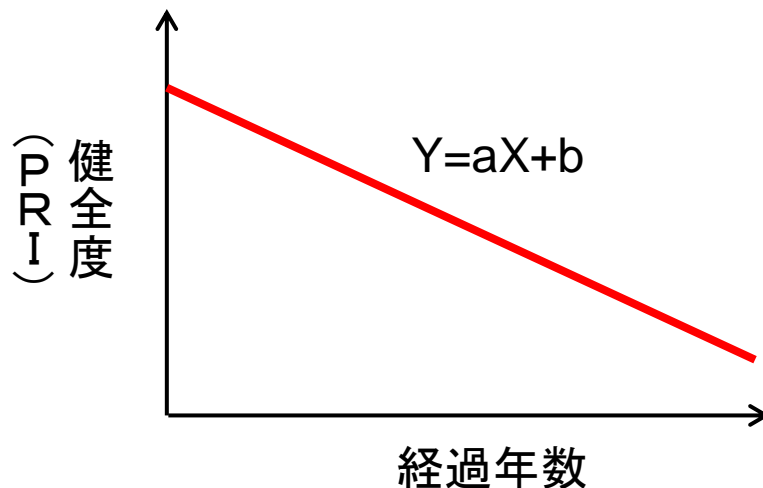


図-2 針入度と軟化点の関係

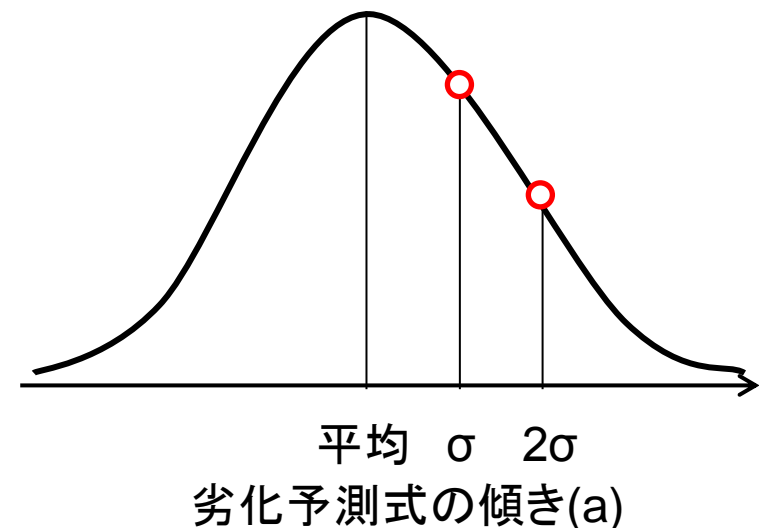
劣化予測式の検討を行う上で、今回は下記の考え方でモデル化を行った。

- ・劣化予測式は1次関数（直線）と見なしてよいか
→ モデルを単純化するため1次関数（直線）とした
- ・補修により機能が向上することによるバイアスの除去をどのように行うか
→ 劣化予測式の傾きについて、個々の地点の傾きの平均値から安全側に σ 又は 2σ に相当する値を採用しモデル化した
(生データそのものの異常値を棄却したうえで、モデル化する方法も考えられる)

劣化予測式のイメージ



劣化予測式の傾きの考え方



- ・ 劣化速度に影響を与える要因として、どのような項目が考えられるか
（舗装材料（Asの種類等）、気象環境（温度等）、舗装断面構成・・・）
→ 現時点で影響要因の絞り込みは困難であるため、空港毎でモデル化を行い、比較検討を行う。
- ・ 平坦性の数値が経年的に劣化せず、改善する状況がみられるが、モデルではどのように取り扱うか。
→ 平坦性の数値を考慮せずモデル化を行った
（一方、平坦性が損なわれる傾向が大きい地点（滑走路から進入・脱出を行う誘導路付近、離陸滑走開始地点、ブレーキング地点）などにデータに限定しモデル化を行うことも可能か。）