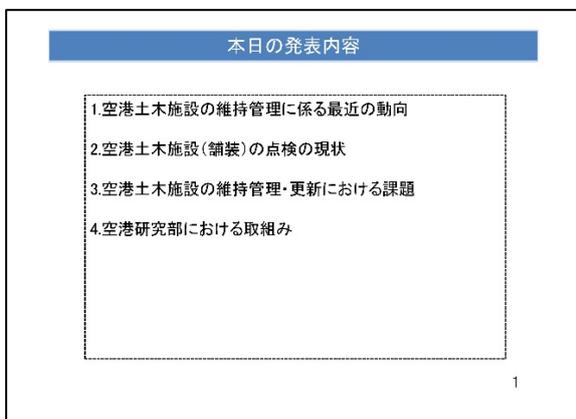


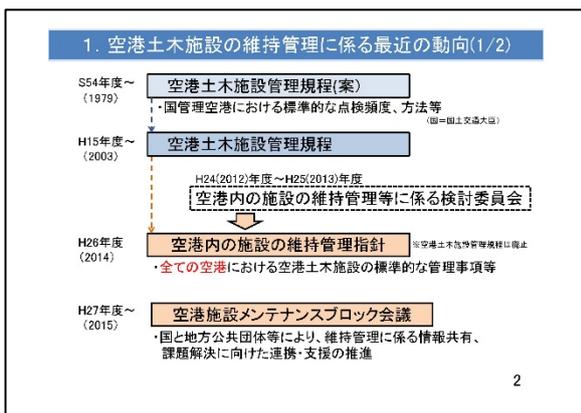
### 3.4 空港施設の維持管理の高度化に向けて (空港研究部長 谷川 勇二)



ご紹介いただきました空港研究部長の谷川でございます。私からは、「空港施設の維持管理の高度化に向けて」について、お話をさせていただきたいと思っております。



本日の発表内容ですけれども、最初に空港土木施設の維持管理にかかる最近の動向について、次に、空港土木施設の点検の現状について、それから、空港土木施設の維持管理・更新における課題と、最後に、それらの課題に対応した空港研究部における取り組みをご紹介させていただきたいと思っております。



基本的には空港土木施設のうち、空港の舗装についてのお話となります。維持管理にかかる最近の動向ですけれども、昭和54年度から国管理空港における点検方法を定めた空港土木施設管理規程というものが、平成26年度に廃止されまして、新たに空港内の施設の維持管理指針というものが策定されまして、これによりすべての空港における空港土木施設の標準的な管理事項等が定められることとなりました。

平成27年度には、空港施設メンテナンスブロック会議が設置されまして、国と地方公共団体等により、維持管理に係る情報共有や、課題解決に向けた連携・支援の推進が図られる枠組みが出来上がっております。こうした大きな流れの変化は、平成24年度に設置した空港内の施設の維持管理等に係る検討委員会の検討結果を踏まえてのこととなっております。航空局の主催でやっておりますが、国総研も委員会に参加し、技術的な支援を行っているところです。

1. 空港土木施設の維持管理に係る最近の動向(2/2)

**維持管理指針**

<維持管理・更新の基本的な考え方>

①より高いレベルの維持管理・更新  
航空機の運航への影響の低減、空港利用者の安全の確保等の観点から、点検の対象施設、頻度、方法の改善を図る。

②長期的視点に立った維持管理・更新計画の策定  
戦略的な維持管理等のため、長期的な視点に立った維持管理・更新計画を策定。

<維持管理・更新計画の内容>

①点検計画  
②経常維持計画  
③緊急対応計画  
④除雪計画  
⑤修繕計画  
⑥更新計画(計画期間:30年)

適切な維持管理の推進のため、  
点検→評価→補修(修繕・更新)  
の技術力向上  
が、より一層求められている。

3

次に、平成 26 年度に策定された維持管理指針の中で、基本的な考え方というのが 2 点述べられておまして、1 つは、より高いレベルの維持管理・更新です。もう 1 つは、長期的視点に立った維持管理・更新計画の策定が挙げられております。また、この指針により、すべての空港で維持管理・更新計画を策定することが決められております。この計画の内容としては、点検計画から計画期間 30 年の更新計画までとなっております。こういった維持

管理指針に沿って、より適切な維持管理を推進していくため、点検、評価、それから更新を含めた補修の技術力の向上が、よりいっそう求められている状況でございます。

2. 空港土木施設の点検の現状(1/4)

**点検の種類**

巡回点検	空港土木施設が正常に機能を果たしているか、主として目視や打音により定期的(短期スパン)に巡回して調べる(巡回点検Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに区分)
定期点検	空港土木施設の保全を図るために、定期的(長期スパン)に調査測定を行う。
緊急点検	地震、台風等の自然現象およびその他の理由による空港土木施設の被害状況、機能保有状況を巡回点検の方法に準じて点検。
詳細点検	巡回点検および緊急点検により異常箇所を発見した場合、その部分の詳細な調査を行う。

4

次に、空港施設の点検は、どのように点検しているかご紹介いたします。点検の種類としては、ここにある 4 つがございまして、巡回点検は、この施設が正常に機能を果たしているかを、主として目視、あるいは打音によって短期スパンで調べるといったものです。それから、定期点検は、施設の保全を図るために長期のスパンで定期的に行う点検です。この他、地震や台風が起こったときの緊急点検であるとか、異常箇所を発見した場合に、より詳細な調査

を行う詳細点検といったものがあります。これらのうち、巡回点検と定期点検というのが後ほど紹介いたします国総研における取り組みに関連しますので、詳しく説明をさせていただきます。

2. 空港土木施設の点検の現状(2/4)

**巡回点検の区分と方法・頻度(空港基本施設)**

点検種別	方法・内容	標準点検頻度*1
巡回点検Ⅰ	基本施設(滑走路、誘導路、エプロン)全域を主に徒歩による目視観察	3回/年 (供用年数が長い施設は1回追加)
巡回点検Ⅱ	特定区域**を車両による目視観察(必要に応じ徒歩)	3~8回/年 (劣化の程度を評価し回数を設定)
巡回点検Ⅲ	経過観察を必要とする要注意箇所等の点検	巡回点検Ⅰ及びⅡの結果により適宜設定

\*1 点検項目及び点検頻度は、各空港毎に「維持管理・更新計画」において設定  
\*2 特定区域とは、基本施設の舗装全域のうち、航空機の着陸・移動等に特に重要な区域および舗装の劣化の進行状況等により特に注意が必要な区域

巡回点検Ⅰ実施状況(徒歩) | 打音調査(必要に応じて実施) | ひび割れ注入(点検時)

5

まず、巡回点検です。巡回点検にも区分がⅠ、Ⅱ、Ⅲとございまして、巡回点検Ⅰというのが基本施設の全域を、主として徒歩で目視観察をするものです。標準的な点検頻度は年 3 回となっておりますけれども、供用年数が長い場合には 1 回追加するというように頻度を定めております。

また、巡回点検Ⅱは、特定区域、すなわち特に重要な区域であるとか、特に注意が必要な区域、こういったところにつきましては、車両で回って目視

観察を行います。これは年 3 回から 8 回程度行うこととしております。

それから、巡回点検Ⅲは、巡回点検Ⅰ、Ⅱによって特に経過観察を必要とする要注意箇所について、適宜点検をするものです。これらのうち巡回点検の様子は写真の通りで、基本的には運用時間外の夜間に回っております。点検しながら、打音検査や小さなひび割れを発見したときには即時注入処理をし

て補修をすることもあわせて行っており、最も人手と時間のかかる点検となっております。

### 2.空港土木施設の点検の現状(3/4)

#### 空港舗装巡回点検システムの概要

空港舗装の点検業務の効率化を図ることを目的とした点検支援システム  
～平成20年度より国管理空港にて順次導入、現在26空港全てにおいて導入済み～

- 機器
  - モバイルPC+DGPS+デジカメ
- 点検実施方法
  - 異常箇所位置の把握
  - 異常の形態・規模の入力
  - 異常形態に対する補修要否判定
  - 点検記録簿の作成

点検情報等の蓄積・参照  
(空港施設CALSシステム)

定期点検情報、空港土木施設台帳、空港整備工事情報

こうした巡回点検のために、国管理空港におきましては、巡回点検システムというものを導入して効率化を図っているところです。この巡回点検システムは、モバイルパソコンとGPSアンテナ、それからデジカメと、この3つの機器を持ち寄って、異常箇所の位置情報についてはGPSによるXYの座標データとしてパソコンに入れます。

異常の形態、規模については、パソコンに手入力することにより、異常形態に対する補修要否の判定

情報が自動表示されるシステムとなっております。デジカメで撮った画像データと共に、点検記録簿というのが自動的に作成される仕組みとなっております。このような点検情報は、定期点検の情報と共に、別途空港施設の施設台帳情報及び空港整備の工事情報などとあわせて空港施設CALSシステムの中に蓄積しておりまして、日々の維持管理に活用されているところです。

### 2.空港土木施設の点検の現状(4/4)

#### 定期点検の項目と頻度

施設区分	点検項目	標準点検頻度	備考
滑走路	湿潤時の摩擦係数の測定	1回/1年	SFT調査
滑走路	縦断勾配 横断勾配	1回/3年	測量調査
誘導路 エプロン	(アスファルト舗装の場合) ひび割れ わだち掘れ 平坦性 (コンクリート舗装の場合) ひび割れ 目地部破損 段差	1回/3年	路面性状調査

路面性状測定車、ハンディプロファイラー(わだち掘れ)、SFT(サーフェイス・フリクション・テスター)

次に、定期点検です。定期点検は、滑走路の摩擦係数を年に1回、SFT調査、写真のようなSFTの専用の車で計測をしております。滑走路、誘導路、エプロンの縦断横断勾配であるとか、各舗装のひび割れ、わだち掘れ等々の変状については、それぞれ3年に1回測量調査とか、路面性状調査で行っています。これは路面性状調査車。専用の測定車で

### 3.空港土木施設の維持管理・更新における課題

#### 1. 維持管理の特殊性

①高精度の維持管理が必要	⇒適切な予防保全
②維持管理対象面積が広大	⇒効率的かつ確実な点検・診断
③維持管理の実施時間、条件の制約	⇒施工時間短縮が可能な材料・工法等

#### 2. 戦略的な維持管理・更新

①定期的な点検・診断に基づく、的確なタイミングでの修繕	⇒空港舗装の劣化予測手法
②長期的な視点に立った計画的なアスファルト舗装の更新	

#### 3. 点検・診断の省力化、高精度化

①点検は目視・打音など人力が中心	⇒点検・診断の省力化
②定期的点検による早期発見と適切な対応	⇒従来手法では発見できない異常を高精度に把握

(H26年3月「検討委員会とりまとめ」より)

こうした維持管理を行っていく上で、大変課題となっていることを、平成26年3月の検討委員会の取りまとめから整理しますと、このようになります。1つは、維持管理の特殊性。空港という特殊な場所におきましては、非常に高精度な維持管理が必要であるとか、対象面積が非常に広いとか、点検の時間がだんだん短くなっているという時間制約等がございます。こういった特殊性に対応して、適切な予防保全のための技術や、効率的で確実

な点検・診断の方法、あるいは施工時間短縮が可能な材料・工法等の開発といったものが課題となっております。さらに、戦略的な維持管理・更新のためには、空港舗装の劣化予測手法の確立などが課

題になっているところです。また、点検・診断の省力化、高精度化が必要になっており、より点検・診断を省力化できる技術の開発、あるいは目視などの従来手法では発見できないような異常を高精度に把握するための技術の開発・導入が課題になっているところです。

**4 空港研究部における取組み**

<維持管理の効率化に向けて>

4-1 空港舗装の点検・補修技術の高度化

<適正な更新計画に向けて>

4-2 空港舗装の路面性状の評価手法の改良

4-3 空港舗装の劣化予測手法の検討

9

こうした課題に対する国総研空港研究部の取り組みとして、3つほど紹介したいと思います。1つ目は、維持管理の効率化に向けて、空港舗装の点検・補修技術の高度化への取り組み。2つ目は、適正な更新計画に向けて、先ほど紹介した路面性状の調査、この評価手法の改良と、劣化予測手法の検討について、ご紹介したいと思います。

**4-1 空港舗装の点検・補修技術の高度化(1/3)**

**目的**

①点検作業の時間短縮及び精度向上のための新たな非破壊計測技術の導入  
 ②補修作業の迅速化に資する補修材料の適用性検証  
 ③舗装の長寿命化に資する予防的維持工法の適用性検証

**内容**

**点検技術の検討**

◇疑似層間剥離舗装を用いて実証試験を実施し、損傷箇所の計測精度等を調査(平成27年度)

- ・AE計測システム
- ・手押し式箱型打音測定車
- ・加速度計内蔵ハンマー
- ・中性子水分計

**補修技術の検討**

◇室内試験により、各補修材の初期安定性・耐久性等の物性を調査(平成27年度)

- ・常温混合物(カットバック系、樹脂系、乳剤系)
- ・表面処理工法(フオグシール、薄層表面処理、カーベットコート)

10

最初の点検・補修技術の高度化の内容としましては、点検技術の検討と補修技術の検討があります。今日は結果よりも、このようなことをやっていると、ご理解いただきたいと思います。点検技術としては、擬似的に層間剥離、要するに空洞を有する試験舗装を造りまして、こうした4つの技術、既存の技術ですけれども、こういった技術で空洞が検知できるか調査しております。補修技術につきましては、常温混合物や表面処理工法、通常使われる

こういった各種補修材料につきまして、初期の安定性、耐久性といった物性を調査して、どのようところで使えば良いかの検討をしているところです。

**4-1 空港舗装の点検・補修技術の高度化(2/3)**

**点検技術の検討例**

技術名称	技術原理	イメージ	測定精度・正答率(%)※				評価案
			深さ 5cm	深さ 8cm	深さ 10cm	深さ 15cm	
AE計測システム (アコースティックエミッション)	弾性波 (面的広範囲)		0 0	0 0	0 0	0 0	×
手押し式箱型 打音測定車	打音 (線上)		83 85	86 77	73 72	64 61	○
加速度計 内蔵ハンマー	打音 (局部)		87 28	10 20	16 5	0 2	△
中性子 水分計	中性子 (局部)		25 2	0 -	0 -	0 -	△

(※) 上段: グルーピング無、下段: グルーピング有

11

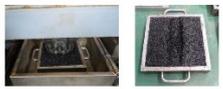
これは点検技術の検討例ですが、深さ別に空洞を有する試験舗装において、手押し式箱型打音測定車が、深さ 15cm の空洞をおおむね 60%以上の正答率で検知でき、他の技術に比べてかなり検知の確率が高いという結果が得られているところです。

4-1 空港舗装の点検・補修技術の高度化(3/3)

**補修技術の検討例**

**【常温混合物】**  
室内試験において、航空機相当の荷重に対する初期安定性、耐久性を評価

常温ホイールトラッキング試験状況



一般道路(仮設)



**【表面処理工法】**  
室内試験において、紫外線等の外的要因による劣化の抑制効果を評価

促進耐候性試験の前(左)と後(右)  
※紫外線照射(15年相当)



(参考) 表面処理工法の施工事例(車両通過)



施工位置(拡大)



12

補修技術の検討例につきましては、常温混合物については、既存のホイールトラッキング試験とか一軸圧縮等の物性調査を行う、また、表面処理工法につきましては、人工的に劣化を促進させて、劣化の抑制効果を評価するための室内試験を行っているところです。

4-2 空港舗装の路面性状の評価手法の改良(1/5)

**舗装の路面評価**

- ひび割れ率、わだち掘れ、平坦性等、及びPRIにより評価
- PRI (Pavement Rehabilitation Index 舗装補修指数)

**アスファルト舗装**

$PRI = 10 - 0.450 CR - 0.0511 RD - 0.655 SV$

CR : ひび割れ率 (%)

RD : わだち掘れ (mm)

SV : 平坦性 (mm)

**コンクリート舗装**

$PRI = 10 - 0.290 CR - 0.296 JC - 0.535 SV$

CR : ひび割れ度 (cm/m<sup>2</sup>)

JC : 目地部の破損率 (%)

SV : 段差 (mm)

13

次に、2点目の取り組みは、路面性状の評価手法の改良です。まず、現状の舗装の路面評価方法を簡単に紹介いたします。路面評価におきましては、現状のひび割れ、わだち掘れ、平坦性といった個別の項目による評価と、これらの個別項目を合わせたPRIで評価をしております。PRIは、舗装補修指数で、アスファルト、コンクリートそれぞれについて、項目による相関式、こういったもので補修の要否の判定をしているところです。

4-2 空港舗装の路面性状の評価手法の改良(2/5)

**PRIによる評価基準(例)**

表-2.12 PRIによる評価基準の例

舗装区域	評価				
	A	B1	B2	B3	C
滑走路	8.0以上	6.6以上 8.0未満	5.2以上 6.6未満	3.8以上 5.2未満	3.8未満
誘導路	6.9以上	5.6以上 6.9未満	4.3以上 5.6未満	3.0以上 4.3未満	3.0未満
エプロン	5.9以上	3.9以上 5.9未満	2.0以上 3.9未満	0以上 2.0未満	0未満

(注) A: 補修の必要はない  
B: 近いうちの補修が望ましい  
(B1: 優先度 低, B2: 優先度 中, B3: 優先度 高)  
C: できるだけ早急に補修の必要がある

(空港舗装補修要領より)

14

具体的な評価基準の例として、これはアスファルト舗装のPRIの評価基準です。

4-2 空港舗装の路面性状の評価手法の改良(3/5)

各項目による評価基準(例)

表 3.13 アスファルト舗装路面の各項目に対する評価基準の例

項目	評価区分	評価			
		A	B1	B2	C
ひび割れ率 (%)	滑走路 0.1未満	0.1以上 2.2以下	2.2以上 4.4未満	4.4以上 6.6未満	6.6以上
	誘導路 0.9未満	0.9以上 4.8未満	4.8以上 9.8未満	9.8以上 12.7未満	12.7以上
	エプロン 1.9未満	1.9以上 6.9以下	6.9以上 12.9未満	12.9以上 17.9未満	17.9以上
わだち掘れ (mm)	滑走路 10未満	10以上 19以下	19以上 29未満	29以上 40未満	40以上
	誘導路 17未満	17以上 20以下	20以上 44未満	44以上 57未満	57以上
	エプロン 22未満	22以上 38以下	38以上 54未満	54以上 70未満	70以上
平坦性 (mm)	滑走路 0.20未満	0.20以上 1.39以下	1.39以上 2.51未満	2.51以上 3.64未満	3.64以上
	誘導路 0.91未満	0.91以上 2.00以下	2.00以上 4.08未満	4.08以上 6.87未満	6.87以上
	エプロン 1.50未満	1.50以上 3.88以下	3.88以上 6.25未満	6.25以上 8.63未満	8.63以上

(注) A: 補修の必要はない  
 B: 近いうちの補修が望ましい  
 (B1: 軽微な 陥; B2: 軽微な 中; B3: 軽微な 溝)  
 C: できるだけ早急に補修が必要がある  
 (空港舗装特修要領より)

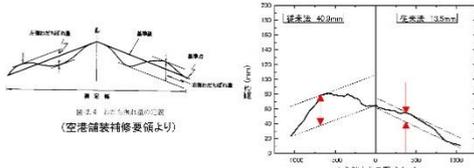
15

また、個別の項目ごとにつきましても、こういった評価基準を設定して、A というのが補修の必要はない、C はできるだけ早く補修の必要があるといった急ぎ度合いを示しております。

4-2 空港舗装の路面性状の評価手法の改良(4/5)

わだち掘れ算出方法の見直し

- わだち掘れは路面性状ユニット(幅21m×長さ30m等)の中央で測定。
- 現行の算出方法は、滑走路中心とユニット端部で基準線を引き算出(左図)。
- この方法では「航空機荷重によるわだち掘れ」ではなく、右図のように「そもその地形」を計測している場合がある。



⇒ 航空機荷重の走行位置に着目した算出方法を検討中

16

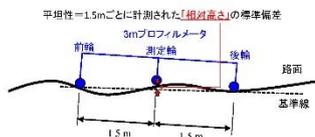
今日紹介するのは、この補修の基準等ではなく、例えばひび割れ、わだち掘れ、平坦性などの計測方法の改良についてです。

1つ目は、わだち掘れ算出方法の見直しです。わだち掘れの変状は左側の図にありますように、滑走路であれば、滑走路の中心からユニットの端部、ここを結ぶ基準線と基準線からの鉛直距離というものを計測して、わだち掘れとしているわけですが、この方法だと、場合によっては航空機加重によるわだち掘れではなくて、右側の図にあるように、例えば地盤沈下しているとか、そういった地形そのものを計測してしまっている場合があるという問題があるため、現在、航空機加重の走行位置に着目した算出方法を検討しているところです。

4-2 空港舗装の路面性状の評価手法の改良(5/5)

平坦性評価方法の見直し

- 平坦性は路面性状測定車(=3mプロファイルメータ)により算定。
- この原理による平坦性(σ)では、航空機の走行に影響を及ぼす長い波長の凹凸が評価できない。

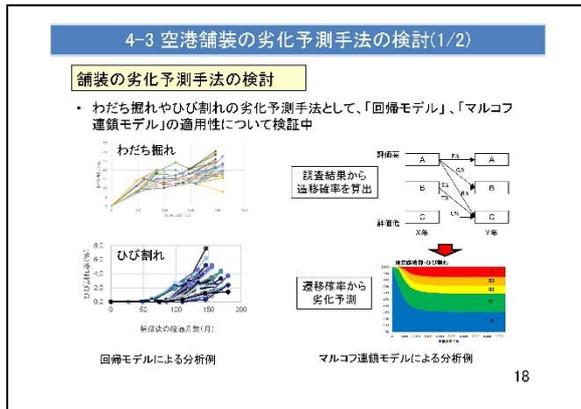


⇒ 「路面の凹凸波長」と「路面の凹凸量」に応じた評価方法を検討中

17

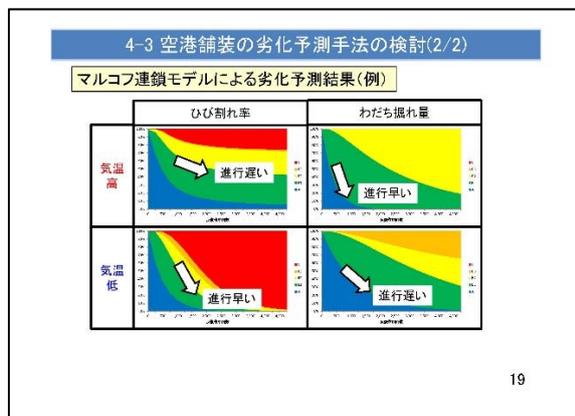
次に、もう1つの計測方法の見直しとして、平坦性評価方法の見直しを行っております。平坦性は先ほどの路面性状測定車を用いて測っており、その原理は1.5mごとに計測された相対高さの標準偏差をもって、平坦性として測定しているわけですが、この方法だと、いわゆる航空機の走行に影響を及ぼすような長い波長、10mとか20mとか、こういったところの凹凸が、うまく評価できていないという問題があります。そこで現在、路面の凹凸波長と路面の凹凸量に応じた評価方法を検討しているところです。

凹凸波長と路面の凹凸量に応じた評価方法を検討しているところです。



最後に、3つ目の取り組みとして、劣化予測手法の検討につきましてご説明します。主にアスファルト舗装のわだち掘れ、ひび割れの劣化予測手法として、回帰モデル、あるいはマルコフ連鎖モデルの適用性について検証しているところです。左側は回帰モデルによる分析例として、わだち掘れ、ひび割れの時間的な推移といったものを分析しているものです。右側はマルコフ連鎖モデルによる分析方法のイメージです。これはある時点の評価結果

果が数年後にどのような評価結果になるかという遷移確率を算出しまして、遷移確率から劣化予測をするというものでございます。



この図は、マルコフ連鎖モデルによる劣化予測の結果例で、条件として気温が高い場合と低い場合を設定して予測したものですけれども、気温が高い場合には、ひび割れ率の進行が遅く、わだち掘れの進行が早いというアスファルト舗装の現状に合った結果になっていると考えているところです。



以上、非常に駆け足でご紹介しましたけれども、冒頭述べたように、空港の管理基準の対象範囲が全国の空港になり、我々も主に国を支えるという意識でやってきたわけですが、今後、地方公共団体等管理空港も含めて、技術的な支援をしていかなければならないとの意識でやっていきたいと思っております。ご清聴ありがとうございました。