

パイロットの意識調査に基づく空港舗装の評価 - 航空機の地上走行挙動に着目して -

井上 要人¹・川村 彰²・八谷 好高³・姫野 賢治⁴

¹正会員 工修(株)日本空港コンサルタンツ 土木技術部 (〒113-0033 東京都文京区本郷 5-33-10)

²正会員 工博 北見工業大学助教授 土木開発工学科 (〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

³正会員 工博 国土交通省 国総研 空港研究部空港施設研究室長 (〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1)

⁴正会員 工博 中央大学教授 理工学研究科 土木工学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

従来、空港舗装は維持・修繕という管理者側の視点により、評価・工事が実施されている。これに対して、本研究では快適で安全な走行面を提供するという利用者側の見地に立った空港舗装機能評価を目的としており、1) 空港舗装の乗り心地・安全性への主要影響因子に関する意識調査、2) 使用頻度の高い国内一空港における舗装状況評価、3) 空港舗装のプロファイルと意識調査結果との関係から構成されている。最初に、エプロン、誘導路、滑走路においてパイロットによる安全性・快適性評価を行い、評価に影響を及ぼす空港舗装の主要影響因子を明らかにした。次に、滑走路プロファイルの実測値に対するwavelet解析により路面性状評価を行い、意識調査との比較・検討からパイロットの評価に対応する路面周波数帯を特定した。

Key Words: panel rating, airport pavement, ride quality, safety quality, Wavelet analysis

1. はじめに

航空機に対して安全な走行面を提供するという空港舗装の機能を確認するために、その表面状態については定期的に調査をする必要がある。しかし、現行の空港舗装の設計ならびに維持・補修においては、管理者側からの視点による基準から評価・工事が実施されるのが一般的である。空港に関わる立場には、旅客・航空会社等の利用者、周辺住民、管理者の3者があり、それぞれ異なる意見を持ち、これらへの対応が空港舗装の機能を形成している。従って、管理者は、利用者・周辺住民に満足を与えられるように、舗装を技術的・経済的な妥当性を持って建設・維持出来るようにする必要がある。これらを背景にして、航空会社の協力を得て舗装利用者の観点から、平成10年に空港舗装サービス性能について、各航空会社のパイロットに対してアンケート調査が行われた^{1),2)}。この調査では、空港舗装施設(エプロン、誘導路、滑走路)に対応した舗装評価であったが、今回は、前回の追加・補足調査として

1) 航空機の地上走行挙動に着目した舗装評価
2) 東京国際空港舗装施設の実態調査
の2項目を設定した。1)においては、航空機の地上走行挙動に着目することで安全性及び快適性に結びつく舗

装評価の要点をより明確にすることを意図するものであり、2)では使用頻度の高い国内一空港において、舗装利用者側の観点による舗装状況評価を行うことにより、舗装の実態調査と1)における意識調査との対応を図ることを目的とした。2)のような特定空港における空港舗装の実態調査実施例は無く、今回が初めての試みである。また、路面の波状特性から利用者側の評価を分析する際、工学的かつ舗装工学の中でも注目されてきており、路面性状評価に応用がなされてきているwavelet理論を用いて^{3),4)}、滑走路プロファイルの実測値を用いたwavelet解析による路面性状評価を行い、意識調査結果との比較・検討を行った。

2. アンケート調査の概要

平成13年7月、主に国内空港を利用しているパイロット(国内主要3社に属するパイロット)に対して、航空機を舗装上に走行させている際に感じる表面性状に関する事項についてアンケート調査を実施した。設問の選定やアンケートの実施方法については、あらかじめ数人のパイロットに対してのヒアリングを実施し、我が国の空港における実情、走行中のパイロットの意識事項等に

基づいて決定した。その結果、62名から回答を得ることができた。主な調査項目は以下の通りである。

- 1) 飛行経験年数 α 飛行経験時間
- 2) 主な乗務航空機機種
- 3) 航空機の乗り心地に関する評価：エプロン
- 4) 航空機の乗り心地に関する評価：誘導路
- 5) 航空機の乗り心地に関する評価：滑走路
- 6) 走行安全性に関する評価：エプロン
- 7) 走行安全性に関する評価：誘導路
- 8) 走行安全性に関する評価：滑走路
- 9) 国内空港のエプロン・誘導路・滑走路に対し、快適性・安全性の観点から感じていること
- 10) 東京国際空港において路面状況で気になる場所（添付の基本平面図にて状況を自由記入）

*3) ~8) については、各舗装施設おける地上走行挙動別に、舗装路面における影響因子 8 項目（段差 わだち 波状路面 舗装のひび割れによる破片 走行方向の勾配 湿潤路面 雪氷路面 航空灯火の凹凸）に対する影響程度について、良し悪しの程度を 5 段階で評価してもらった。評価の回答としては 影響なし あまりない 普通 ややある 大いに影響の 5 段階である。

3. アンケート調査の結果

(1) パイロットの情報

アンケート対象であるパイロットの情報として図 - 1 に飛行経験時間を、図 - 2 に主な乗務航空機の機種をそれぞれ示す。飛行経験時間は 10000h ~ 15000h, 15000h 以上が共に 30%を占め、次いで 5000h ~ 10000h, 5000h 未満となっている。主な航空機の機種は、設計荷重の区分⁵⁾で LA 12 に属する B767 と A300 の機種が 45%を占めており、次いで LA 1 に属する B747, B777, DC10 が 38%である。他は、LA 2 と LA 3 の設計荷重区分に属する航空機で 17%となっている。

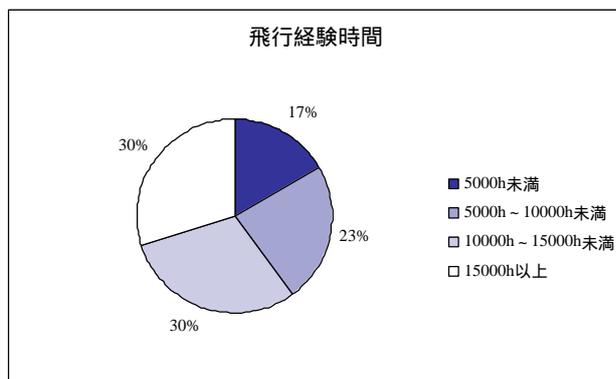


図 - 1 回答者の飛行経験時間

乗り心地および走行安全性に対する空港舗装の表面性状の影響について、それぞれエプロン、誘導路、滑走路に分けて集計した結果を図 - 3、図 - 4 に示す。

乗り心地および走行安全性ともに「大いに影響」、「ややある」を合わせた割合が半数近くを示しており、パイロットが航空機を走行させる際、各舗装施設の路面状況において不安や不満を感じていることが伺える。

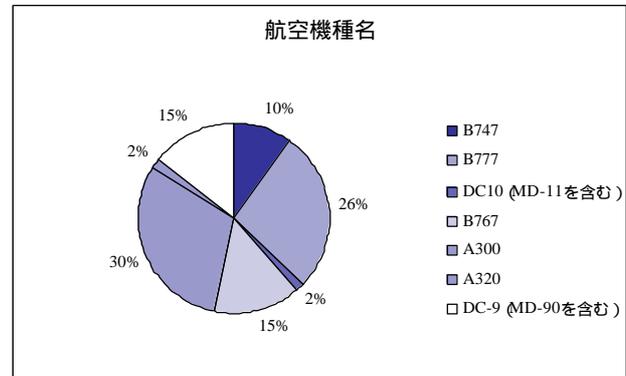


図 - 2 回答者の乗務している航空機

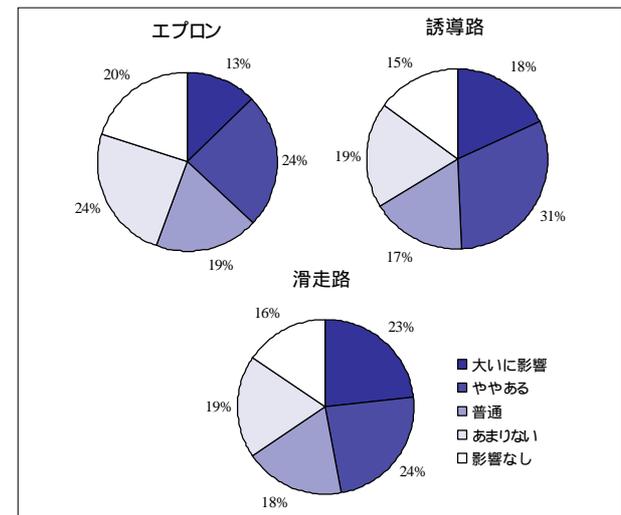


図 - 3 航空機の乗り心地に関する評価

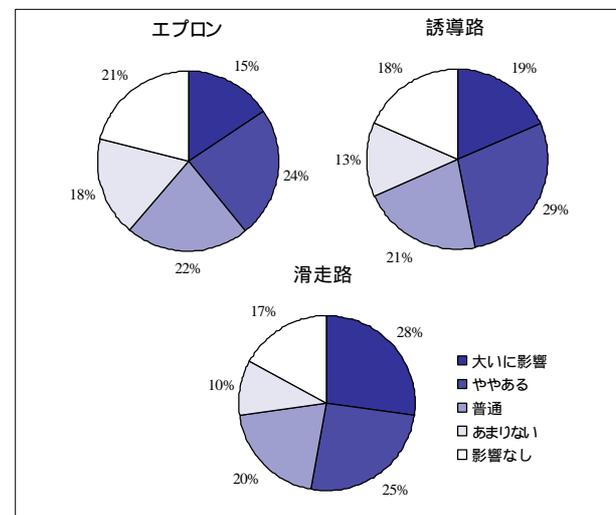


図 - 4 航空機の走行安全性に関する評価

次に、先に示した各舗装施設における乗り心地および走行安全性に対する結果について、飛行経験時間と乗務航空機の関連性を評価するために、各飛行経験時間と乗務航空機の違いについて、結果を細分して集計し、それぞれを比較してみた。その結果、どの舗装施設においても、乗り心地および走行安全性に対する飛行経験時間と乗務航空機による差異は見られなかった。したがって、パイロットの経験や航空機の機種にかかわらず、国内空港の舗装表面全般に対して半数近くのパイロットが、乗り心地・走行安全性に対する影響を感じていると推測される。

(2) 影響因子別の舗装評価

我が国の空港舗装に対して半数近くのパイロットが表面状態を影響ありとしているが、その表面性状を支配する8項目の因子について地上走行挙動別に、具体的に検討した。各舗装施設別の地上走行挙動は以下の通りである。

- ・エプロン： block out時（push back時）
taxiing時（直線方向）
taxiing時（転回方向）
- ・誘導路： taxiing時（直線方向）
taxiing時（転回方向）
停止時（ホールディングベイ等にて）
- ・滑走路： 離陸滑走開始時（フルパワー時）
加速時
離陸時（エアポーン時）
着陸時（タッチダウン時）
減速時
転回走行時（誘導路へ）

* block out：航空機の出発（準備完了）、push back：出発航空機の押し出し、taxiing：地上走行、ホールディングベイ：航空機を待機させて置いたりよけて置くことのできる画定された区域

a) 舗装施設別の影響程度の数値化による比較

はじめに、表面性状を支配する8項目の影響因子について、舗装施設別の影響程度を「影響無し」1点～「大いに影響」5点とし、数値化によって比較した結果を図-5、図-6に示す。乗り心地に関しては「波状路面」（3.88）が全ての舗装施設において最も影響が強く現れており、次いで「段差」（3.63）、「航空灯火の凹凸」（3.41）であった。舗装施設別では滑走路・誘導路に比べてエプロンでの影響は小さい。一方、安全性について検討すると「雪氷路面」（3.83）が全ての舗装施設において最も影響が強く現れており、次いで「波状路面」（3.63）、「ひび割れによる破片」（3.44）である。舗装施設ごとの影響の違いでは、乗り心地同様、エプロンにおいては、誘導路・滑走路に比べ「ひび割れによる破片」以外は、全体的に影響の程度が低く、誘導路よりも滑走路で表面性状の影響が大きいことがわかった。

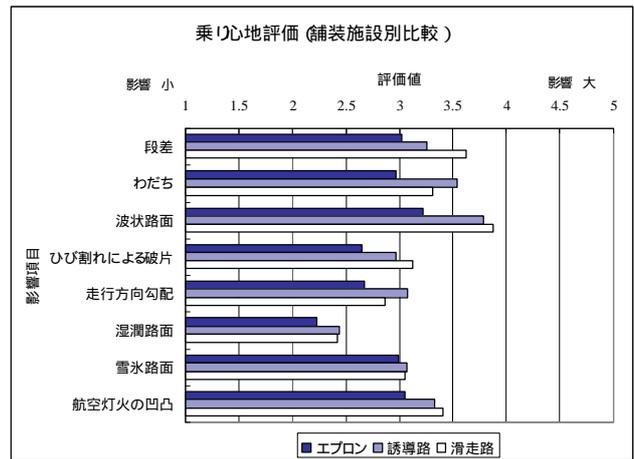


図-5 乗り心地評価（舗装施設別比較）

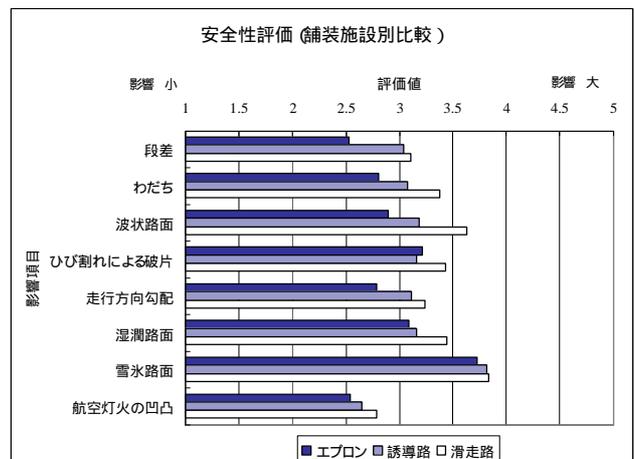


図-6 安全性評価（舗装施設別比較）

b) 舗装施設別の主要影響因子の分布

次に、先に示した各舗装施設（エプロン、誘導路、滑走路）の影響程度をより明確にするため、舗装施設ごとの主要影響因子の分布結果を図-7～図-12に示す。

まず、乗り心地評価について検討するとエプロンと誘導路での比較では、誘導路のほうに影響因子が偏っていることがわかる。誘導路と滑走路での比較では、ほぼ対角線上に影響因子が分布しており、大きな偏りは見られないが、「段差」では誘導路側、「わだち」では滑走路側に影響程度の偏りが見られる。滑走路とエプロンでの比較では、対角線を挟んですべての影響因子が滑走路のほうに偏っている。

同様に安全性評価についてみるとエプロンと誘導路での比較では、誘導路のほうに偏りが見られるが、「雪氷路面・ひび割れによる破片・航空灯火の凹凸」等は、ほぼ対角線上に分布している。誘導路と滑走路での比較では、「波状路面・湿潤路面・わだち」といった影響因子で滑走路のほうに偏りが見られるが、ほぼ対角線上に分布している。滑走路とエプロンでの比較では、ほぼ全ての影響因子で滑走路のほうに偏りが見られる。

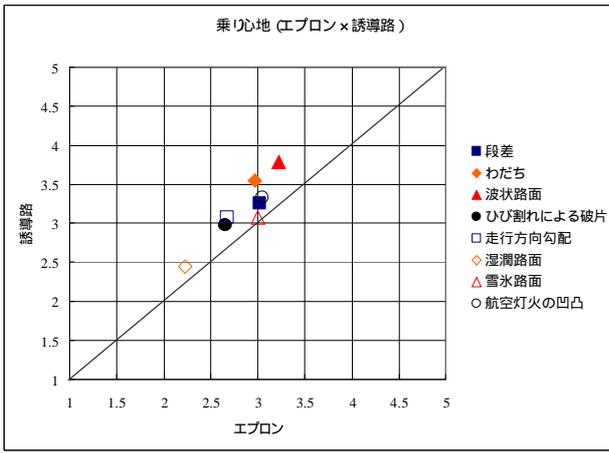


図 - 7 乗り心地評価 (エプロン×誘導路)

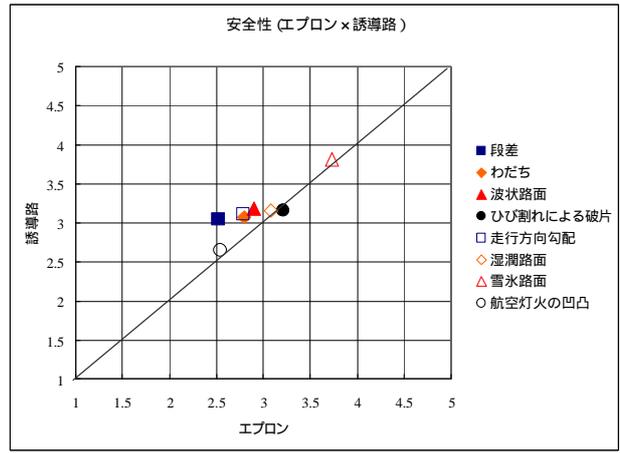


図 - 10 安全性評価 (エプロン×誘導路)

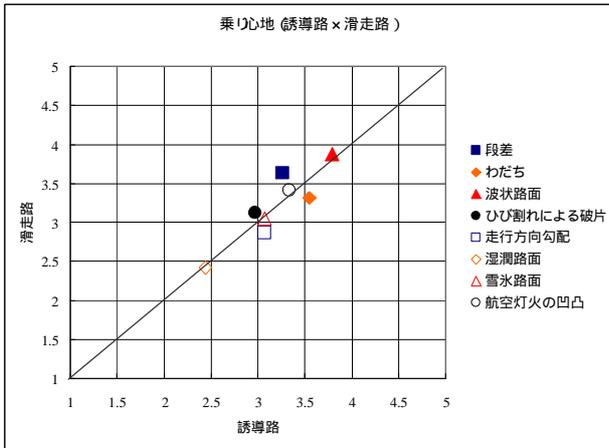


図 - 8 乗り心地評価 (誘導路×滑走路)

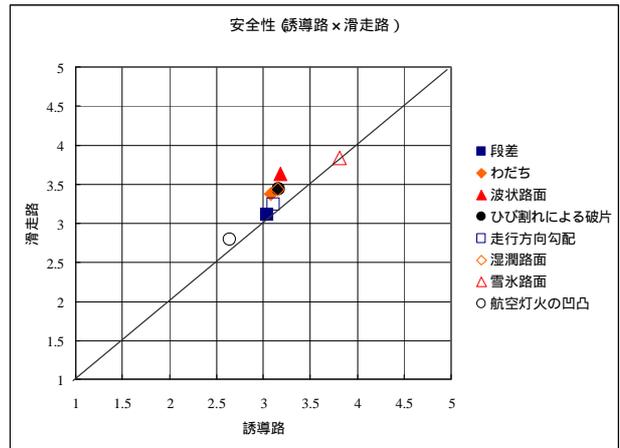


図 - 11 安全性評価 (誘導路×滑走路)

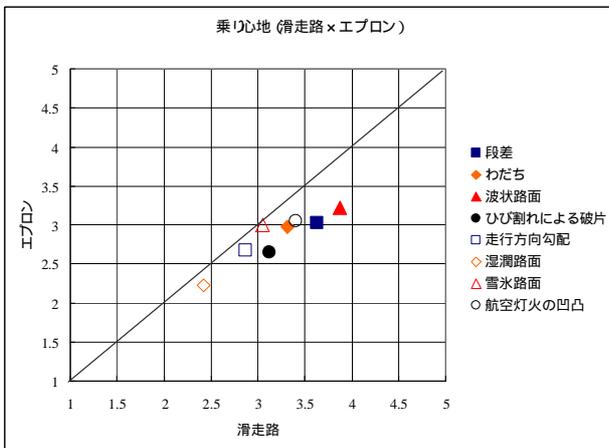


図 - 9 乗り心地評価 (滑走路×エプロン)

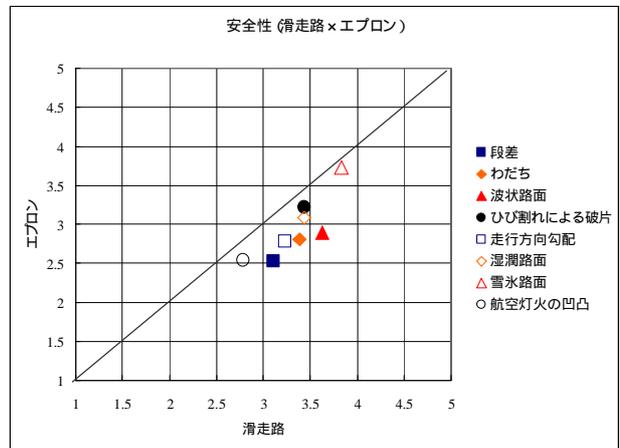


図 - 12 安全性評価 (滑走路×エプロン)

図 - 7 ~ 図 - 12 に示した舗装施設 (エプロン, 誘導路, 滑走路) ごとの主要影響因子の分布を総合的にみると, 乗り心地・安全性ともにエプロンよりも誘導路, 滑走路で分布の偏りがある。これは, 空港のアスファルト舗装とコンクリート舗装は, 前者が滑走路・誘導路に用いられ, 後者がエプロンに用いられていることが多く⁶⁾, 求められる機能や使用方法に差があり, 単純に補修経緯や頻度を比較して優劣を決めることは難しいが, 概して,

舗装施設ごとの地上走行速度の差 (滑走路: 大, 誘導路: 中, エプロン: 小) による影響なども踏まえ, コンクリート舗装の路面性状が長期間良好な状態を保っているためだと推測される。

c) 地上走行挙動別の舗装評価

乗り心地, 安全性における影響因子について地上走行挙動別に比較した結果を図 - 13, 図 - 14 に示す。

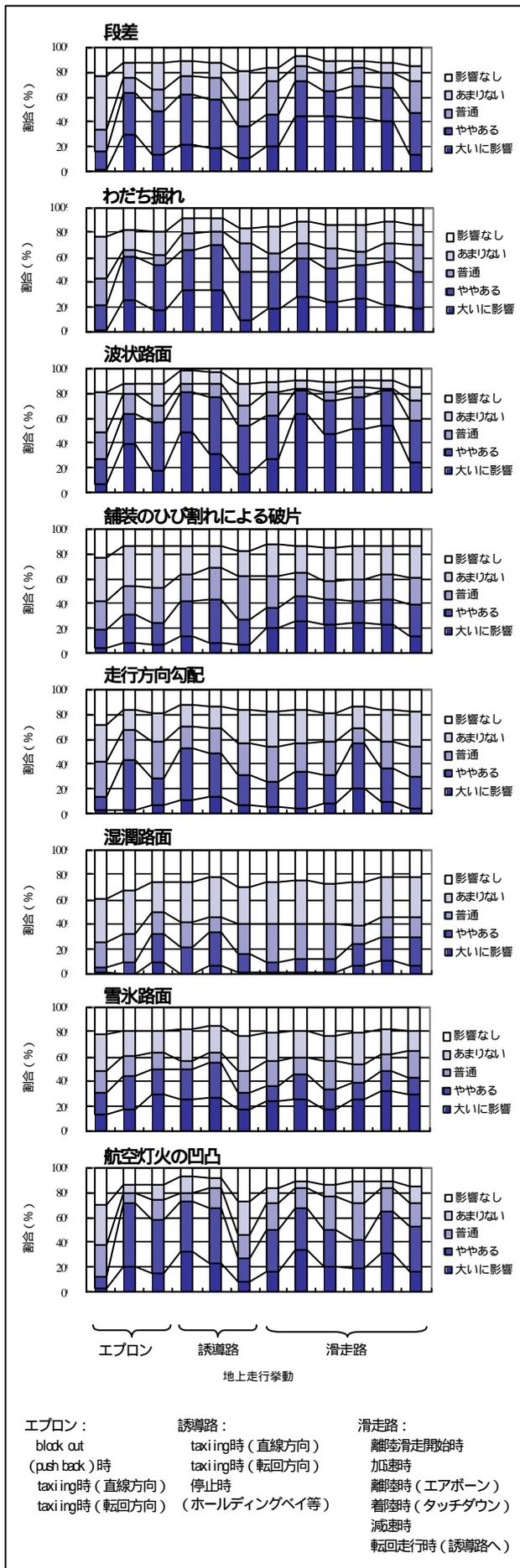


図 - 13 地上走行拳動項目別評価 (乗り心地)

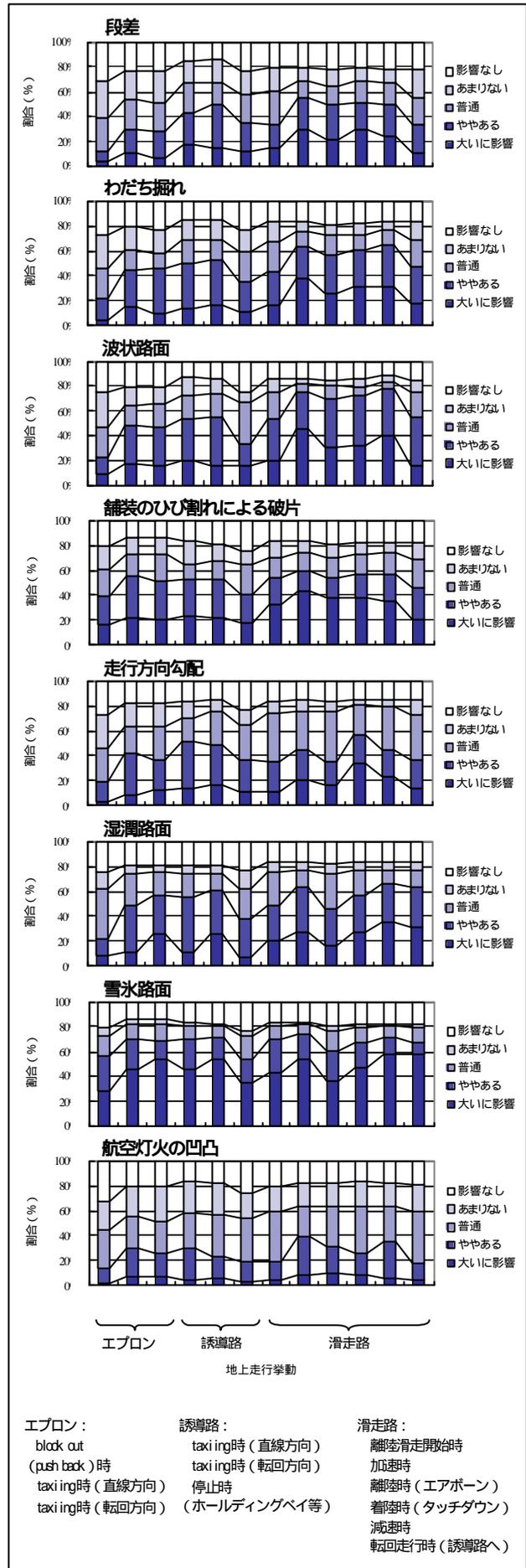


図 - 14 地上走行拳動項目別評価 (安全性)

まず、図 - 13 に示す乗り心地に関する地上走行別の影響程度を各因子別の結果について検討する。全体を通して検討すると、「大いに影響」では波状路面・段差の順で大きくなっている。これらは、特に滑走路における加速時～減速時で影響程度が大きな値を示している。これに「ややある」を加えると、波状路面・段差に加え、わだち掘れ・航空灯火による凹凸においても影響が大きくなっている。また、「大いに影響」および「ややある」を合わせた評価において、各舗装施設（エプロン、誘導路、滑走路）における地上走行挙動項目別では、エプロンの taxiing 時（直線方向） taxiing 時（転回方向）、誘導路の taxiing 時（直線方向） taxiing 時（転回方向）、滑走路の 加速時 離陸時（エアポーン時） 着陸時（タッチダウン時） 減速時において段差・わだち掘れ・波状路面・航空灯火の凹凸が約 60%と大きな影響を示している。特に波状路面においては、誘導路および滑走路で約 80%と非常に大きな影響を示している。大きなうねりや小さなこぶが連続したものを波状路面の特徴として挙げられるが⁷⁾、航空機の乗り心地を快適に保つための判定要素として、波状路面が大きな影響を与える重要な要素であることが伺える。

次に、図 - 14 に示す走行安全性に関する地上走行別の影響程度を各因子別に示した結果について検討する。「大いに影響」では雪氷路面が特に目立っており、舗装施設全体を通して大きな影響が見られる。これに「ややある」を加えると、雪氷路面に加え、わだち掘れ・波状路面・舗装のひび割れによる破片・湿潤路面でも影響が大きくなっている。また、「大いに影響」および「ややある」を合わせた評価において、各舗装施設（エプロン、誘導路、滑走路）における地上走行挙動項目別では、乗り心地評価と同様の挙動項目（エプロン： ・ ，誘導路： ・ ，滑走路： ～ ）において 50%～60%と大きな影響を示している。特に、滑走路の 加速時と 減速時の波状路面、雪氷路面といった因子では 80%近くの大きな値を示している。また、乗り心地で影響が大きかった航空灯火の凹凸による影響は、安全性に関しては小さい方であった。逆に、安全性で比較的影響の大きかった湿潤路面による影響は、乗り心地の面では値が小さい。

以上より、乗り心地・走行安全性に対する舗装表面の影響を特に大きく受けるのは、走行速度の影響が大きいと思われるエプロンおよび誘導路の taxi 時、滑走路においては、特に加速時・減速時でその影響が強いことがわかった。このことを踏まえると、舗装表面に影響を及ぼす主要影響因子は走行速度による影響と舗装の種類によって大きく違いが見られるといえる。

(3) 国内空港における舗装施設実態状況

日本国内のエプロン・誘導路・滑走路に対し、快適性・安全性の観点から感じていることをパイロットの方々に自由回答してもらった。意見の多かったものについて舗装施設ごとにまとめた結果を以下に記す。

a) エプロン

エプロンは、航空機の駐機、乗客の乗り降り、荷物の積み卸し、燃料の給油など行うため、主に静止した航空機荷重が載るので、一般的にコンクリートで舗装されている⁸⁾。これに対して、パイロットの意見では、「水ハケの良いものにして欲しい」といった意見や、「エプロンと誘導路間の舗装の種類が違うので、つなぎが気になる」といった意見が多く見られた。また、「ランプエリアがターミナルに向かって下りになっているところがあり、安全性の不安を感じる」といった意見も多々見られた。

b) 誘導路

誘導路においては、エプロンと異なり、一般的にアスファルトで舗装されているため⁸⁾、「停止する可能性のあるところは、アスファルト舗装に凹凸ができ、波状路面・わだち掘れ・段差等が乗り心地・安全性に影響があり、コンクリート舗装にして欲しい」といった意見が多く見られた。他には、「誘導路中心線灯が路面より飛び出しているところが多く、わざと中心線を外して地上走行している」等の航空灯火に関する意見や、「地上走行時において、昔は快適性を考慮しなくても良かったが、最近は気をを使うようになった」等の意見も多々見られた。

c) 滑走路

滑走路においては、誘導路と同様、アスファルトで舗装されているため⁸⁾、波状路面・わだち掘れ・段差といった影響因子に対する快適性や安全性についての意見が多く見られた。波状路面については、「埋立地の空港特有の不同沈下、及び、離陸待ちの長い空港における航空機の重圧により、波状路面が見られる。」といった意見が多く、段差については、「嵩上げ工事による段差部分の勾配を緩やかにして欲しい」といった意見が多く見られた。また、「安全性に関しては一定のレベルにあると思われるが、快適性を考えると凹凸の影響が無視できない」といった意見や、「定期的な空港ごとのアンケートをとり、利用者の不具合をモニターすることにより改善できるシステムを確立して欲しい」という意見も見受けられた。

全体を通して検討すると、従来から言われている航空灯火の凹凸や冬季の雪氷路面に対する意見¹²⁾はやはり多く見られる。また、特定の空港についての乗り心地・安全性に対する多種多様な意見が多く、影響因子に直接結びつく回答が多く見られた。他には、グルーピングの重要性や定期的なアンケート調査の要望なども多く見られ、パイロットの舗装に対する意識が高くなってきていることが伺われる。特に安全性に関しては、段差・波状路面・走行方向勾配といった走行状態における意見に加え、夜間雨天時のライトの反射やサインボードが見づらいといった視覚に関する意見も見られた。また、走行安全性だけでなく快適性（乗り心地）に関する意見も多く見られ、従来では安全性におけるパイロットの意識が高かったが⁹⁾、安全性に対する舗装の維持管理水準の向上に伴い、快適性においてもパイロットの意識が高まってきたものと思われる。

d) 国内空港における舗装状況評価

次に、東京国際空港舗装施設における実態調査の結果について、特に回答の多かった箇所と影響因子を表-1にまとめ、その結果を図-15で囲み示した。

表-1 回答の多い箇所と影響因子

位置	影響因子
A滑走路周辺	A5～A6 段差、わだち、波状路面
	W2～W3 わだち、波状路面、走行方向勾配
	W4～W5 わだち、波状路面、舗装のひび割れによる破片
B滑走路周辺	T/D付近 段差、波状路面、舗装のひび割れによる破片、走行方向勾配
	E4 段差、わだち
C滑走路周辺	E4S 段差、わだち、波状路面
	C3～C3S 段差、波状路面
	j2 (P1～P3) 段差
A～C滑走路間周辺	j2 (P2～P3) 段差、走行方向勾配
	j3 (P1～P3) 段差
	j3 (P2～P3) 段差、走行方向勾配
	j3 (P2～P3) 段差、走行方向勾配

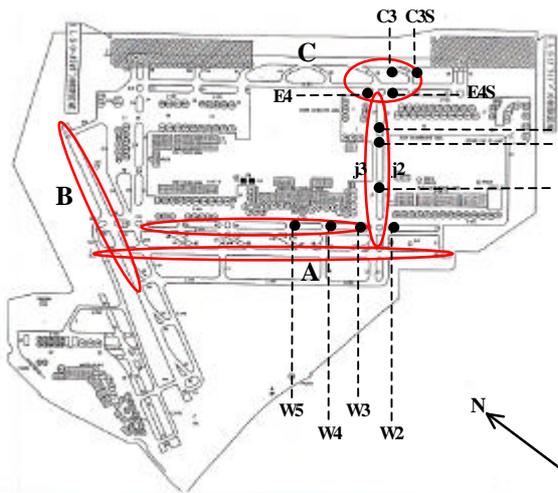


図-15 東京国際空港基本平面図

舗装状況評価における主要影響因子としては、「段差・わだち掘れ・波状路面」といった回答が多かった。

位置に関しては、A滑走路周辺の誘導路および滑走路、B滑走路におけるT/D付近、A～C滑走路を結ぶ間のj2およびj3において影響があるとの回答が多かった。特に、A～C滑走路を結ぶ直線誘導路P1およびP2、P3の箇所、段差・わだち掘れ・波状路面といった因子が多く挙げられていた。これは、P2～P3の直線誘導路の下をトンネル（湾岸道路）が通っており、そのための影響と思われる。舗装路の舗装構造は荷重の载荷具合によって場所毎に厚さを変えているが¹⁰⁾、航空機荷重の支持に必要な舗装の強度については、航空機が低速走行あるいは駐機するため、十分な支持力が必要であり、ここでは十分な支持力が得られていないためと推測される。

4. プロファイルデータを用いた路面性状評価

(1) 解析に用いたデータ

本研究に用いたデータは、東京国際空港のC滑走路において、A社の非接触レーザープロフィロメータ（以降、RCXという）およびB社の縦横断形状測定装置（以降、DAMという）により測定されたものである。滑走路で航空機B-747およびB-767の車輪の配置より決定された7測線を設け、その測線において延長を3,000mとし路面プロファイル測定を行った。

図-16に測定区間概略を示す。滑走路に7側線を設け、R34を起点(0m)とし、L16側を終点(3,000m)としている。

- a) 非接触レーザープロフィロメータ (RCX) による計測
 - ・全測線(7測線)に対し往路(34R L16)、復路(L16 R34)の計測
 - ・縦断方向の測定間隔は10cmピッチ
 - ・データ数は各測線30,000
- b) 縦横断形状測定装置 (DAM) による計測
 - ・中央測線(図-16,)のみの計測
 - ・縦断方向の測定間隔は1cmピッチ
 - ・データ数は300,000

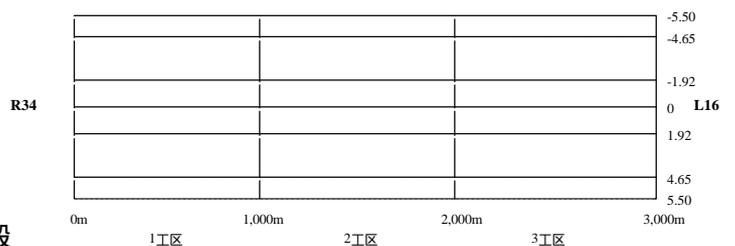


図-16 測定区間概略図

(2) wavelet理論による解析原理

wavelet とは、波形データを育成する小波を表す様々な関数の使われ方に関連した呼び名であり、座標 x の関数 $f(x)$ から、ある特定成分を取り出すときの最小単位として用いられる。解析に用いる基本関数 (x) を b だけ空間座標において平行移動し、 a だけ伸縮した $((x-b)/a)$ により、wavelet 変換は離散表現では、2進移動と2進ダイレーションを施した $(2^j x - k)$ (j, k は整数) を用いて、式 (1) で定義される。

$$(W_y f)(2^{-j}, 2^j) = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{a}} (2^j x - k) f(x) dx \quad \dots (1)$$

式 (1) における b を横軸、 $1/a$ を縦軸とする平面にプロットすれば「空間 - 周波数解析」が可能となる。この時、元の (x) を mother-wavelet と呼び、mother-wavelet に直交 wavelet を用いれば式 (2)、(3) の離散 wavelet 変換により、元の関数 (信号) $f(x)$ に再合成でき、「多重解像度解析」が可能になる。本研究では、mother-wavelet として直交 wavelet であり、汎用性のある Daubechies4 を用いた。

$$f(x) = \sum_j \sum_k d_k^{(j)} y(2^j x - k) \quad \dots (2)$$

$$d_k^{(j)} = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} y(2^j x - k) f(x) dx \quad \dots (3)$$

(3) 空間周波数解析による平坦性評価

図 - 17、図 - 18 は、東京国際空港滑走路のプロファイルデータについて多重解像度解析を行った結果である。数値解析処理ソフトである MATLAB^{(1), (2)} による図では上に示されるに従って長波成分、即ち低周波が抽出されている。空港舗装は、道路舗装と比べ平坦性や滑り抵抗性などに厳しい条件が要求されているため、全体の均質性が良いことが伺える。

まず、非接触レーザープロフィロメータ (RCX) によるプロファイル解析結果について検討する。RCX データにおいて、往路 7 測線 (34R~16L)、復路 7 測線 (16R~34L) の計 14 の解析を行ったが、往路・復路との間に特に大きな差は見られなかった。また、各測線間 (~) においても、大きな違いは見られなかった。特徴としては、短波成分即ち高周波域において若干違いが見られる程度であった。測線中央の解析結果について検討すると (図 - 17)、 枠で囲った 600m~800m 付近のレベル $j=9$ からレベル $j=11$ に大きな振幅が存在していることがわかる。これは、解析を行った他の RCX データにおいても共通して見られる影響箇所である。この損傷箇所は、東京国際空港における舗装状況評価において、パイロットの意識調査で実際に影響を感じるといった意見が多かった箇所 (C滑走路周辺: C3~C3S) でもあり、この周波数帯 ($d_9 \sim d_{11}$) がパイロットの意識

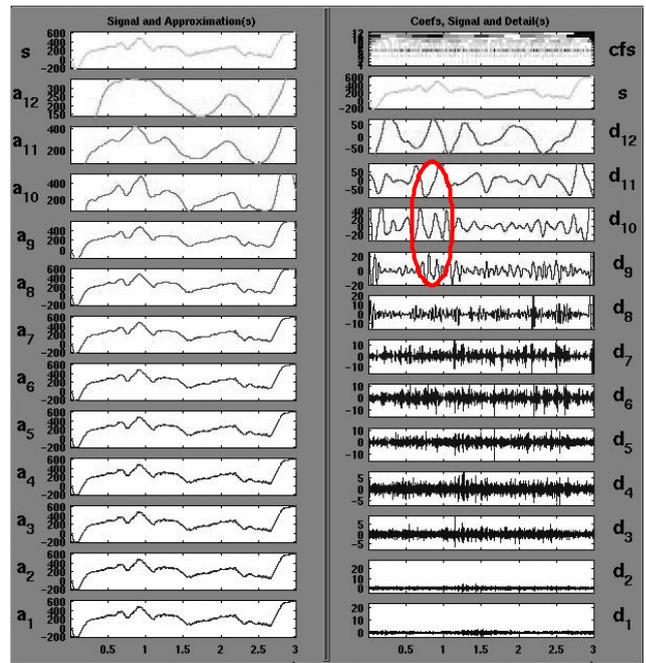


図 - 17 空間周波数分析図 (0~3000m / RCX No.4による)

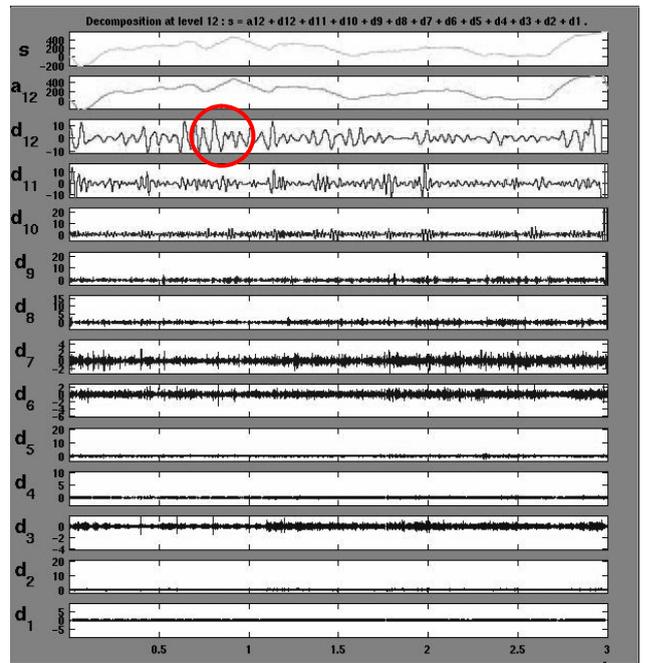


図 - 18 空間周波数分析図 (0~3,000m / DAM による)

に対応していると思われる。次に、縦横断形状測定装置 (DAM) によるプロファイル解析結果について検討する (図 - 18)。 枠で囲んだ d_{12} に局所的な損傷が見られる。特に、600m~700m 付近においては前述のパイロットの意識調査からも実際に影響を感じるといった箇所 (C滑走路周辺: C3~C3S) であり、RCX データにおいても共通して影響が見られた箇所である。DAM によるデータでは、RCX データよりもデータ数が多く、より細かい解析結果となっているが、RCX での結果と同様の箇所でその影響箇所が見受けられた。

これより、DAM データにおける d_{12} 及び RCX データにおける d_9 の周波数帯 (0.02c/m 付近) が、舗装状況評価におけるパイロットの意識調査で実際に影響を感じるという意見が多かった箇所 (C 滑走路周辺: C3 ~ C3S) と一致していることが分かった。従って、周波数帯 0.02c/m 付近が、パイロットの意識に最も対応していると思われる。また、レベルの低い周波数帯において影響箇所の振幅が大きく現れていることから、空港舗装の場合、高速移動時には舗装路面プロファイルの長周期成分即ち低周波での影響が強いといえる。

5. おわりに

本研究により得られた主たる知見を以下に列挙する。

(1) 意識調査により

舗装表面からの主要影響因子は、乗り心地と走行安全性で異なっており、乗り心地に関しては「縦断方向の凹凸及び波状路面」が、走行安全性では「雪氷路面」が最も大きく影響している。

波状路面においては、乗り心地だけでなく走行安全性に関しても影響が大きいことから、空港舗装を評価する際の重要な要素として見る事が出来る。

地上走行挙動別の舗装評価結果より、乗り心地・走行安全性に対する舗装表面の影響を特に大きく受けるのは、走行速度の影響が大きいと思われる箇所であることがわかった。

空港舗装における安全性に対する舗装の維持管理水準の向上に伴い、快適性 (乗り心地) においてもパイロットの意識が高まってきている。

航空機の走行挙動に着目することで、各舗装施設における乗り心地・走行安全性に結びつく舗装評価の要点をより明確にすることが出来た。

(2) 舗装路面評価により

パイロットの意識調査による舗装評価結果と、路面プロファイルデータを用いた空間周波数解析結果の比較・検討により、周波数帯 0.02c/m 付近が、パイロットの意識に最も対応していると思われる。

空港舗装においては、レベルの低い周波数帯での影響箇所の振幅が大きく、高速移動時には滑走路面プロファイルの長周期成分即ち低周波での影響が強いといえる。

今後の課題として、空港舗装機能形成において、管理者側からの観点による整備された維持管理水準の確保と、利用者側の観点から見た路面維持管理水準の指標確立のため、相互に考察を重ねていく必要がある。

謝辞：本研究は、運輸施設整備事業団基礎研究制度の支援を受けて実施されたものであり、ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 八谷好高, 高橋修: 空港舗装の表面性状に関するパイロットの主観的評価, 1999.9
- 2) 高橋修, 八谷好高: 空港舗装における路面性状の主要因子と航空機の動的応答, 舗装 36-8, p8-p14, 2001
- 3) 川村 彰, 姫野 賢治, 藤原 隆, 秋本 隆: ウェーブレット解析の路面評価問題への適応性について, 第 2 回舗装工学講演会講演論文集, 1997.12
- 4) 川村 彰: ウェーブレット解析と路面性状評価, 舗装 35-3, 2000
- 5) 空港舗装構造設計要領, 運輸省航空局, 1999
- 6) 空港舗装補修要領 (案), 運輸省航空局, 1999
- 7) (社)土木学会: 舗装機能の評価法, 1992
- 8) 新体系土木工学 69 空港, (社)土木学会, 1984
- 9) Yoshitaka HACHIYA, Jianjun YIN, Osamu TAKAHASHI and Kenji HIMENO: Aircraft Response Based Airport Pavement Roughness Evaluation, 土木学会論文集, 1999.11
- 10) (社)土木学会: 新体系土木工学 65 道路 - 維持管理 -, 1984
- 11) 芦野 隆一, Remi Vaillancourt: はやわかり MATLAB (共立出版), 1997.7
- 12) 芦野 隆一, 山本 鎮男: ウェーブレット解析 誕生・発見・応用 (共立出版), 1997.6

(2002.7.29 受付)

**Airport Pavements Evaluation based on Consciousness Survey of Pilots
- From the Aspect of Traveling Behavior of the Airplane on the Ground -**

Yohto INOUE , Akira KAWAMURA , Yoshitaka HACHIYA , Kenji HIMENO

The purpose of this study is to evaluate the airport pavement from the ride quality and safety standpoint which affect the pavement user's aspects. The study deals with a consciousness survey of main factors regarding the ride quality and safety of the airport pavements, the evaluation of pavement surface condition at a heavily-trafficked runway in Japan and a relationship between runway profiles and the results of consciousness survey. First, the rating of the ride quality and safety for the apron, the taxiway and the runway is carried out by the airline pilots. Main effectors of airport pavements for the evaluation become clear. Secondly, the wave band, which has an influence on the rating, is identified by the wavelet analysis.