

## wavelet 解析による空港滑走路表面の縦断プロファイルの評価

中央大学大学院 学生会員 ○坂本一誠  
 中央大学大学院 学生会員 小倉克典  
 中央大学理工学部 フェロー会員 姫野賢治

### 1. 概要

わが国では、航空輸送は社会経済にとって欠くことのできない重要な交通機関となっている。空港における旅客利用者数、貨物取扱量、飛行機の離発着回数等は年々増加の一途をたどり、その需要は今日でもなお増大している。それに伴い滑走路の疲労も増大し続け、今日では AMS(Asset Management System)の一貫として滑走路舗装の適切な評価を行う必要が生じており、乗り心地もその重要なファクタの一つとなっている。路面の評価規準については、道路と空港滑走路の間には大きな違いが存在することから、航空機の乗り心地に影響を及ぼす滑走路路面状況を検討する際、ラフネスとそれによって生じる航空機の乗り心地への影響を分析する手法を確立することが必要不可欠である。

### 2. 研究目的

滑走路縦断プロファイルデータに対して wavelet 解析、航空機のシミュレーションを実施して、評価・検討を行い、空港滑走路における乗り心地の評価をする。

### 3. 測定方法

東京国際空港の新 C 滑走路(3000m×60m)に 7 測線を設けて、R34 側を起点(0m)とし L16 側を終点(3000m)として 1 測線あたり 3000m の路面プロファイルを計測した。測線間隔は、Boeing747-400, Boeing767 のギアの配置により決定した。

測定はニチレキ、パスコの 2 社で行った。ニチレキは、路面性状測定車(RCX)と簡易凹凸測定機(DAM)を用いて測定し、パスコは 5 台の変位計を取り付けた測定車を用いて測定した。共に滑走路を全測線に対して往路、復路を測定し、その測定間隔は 10cm とした。

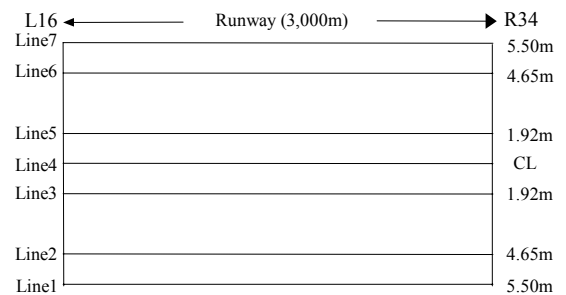


図.1 滑走路における測線位置

### 4. 解析方法

#### 4.1. wavelet 解析

wavelet 解析とは、原波形にどの波長帯がどの位含まれているか時間情報を含めて分析できる信号処理方法の一つである。本研究では、wavelet 解析を利用して計測したプロファイルデータを様々な波長帯に分けた。マザーウェーブレットは Daubechies4 を適用し、Level10(表.1)まで解析を行った。

$$S = a_{10} + d_{10} + d_9 + d_8 + d_7 + d_6 + d_5 + d_4 + d_3 + d_2 + d_1$$

S は原波形、a は原波形からノイズ( $d_1 \sim d_{10}$ )を除去した波形、d は様々な波長帯を示している。

どの波長帯が航空機の乗り心地に影響を与えているかを調査、検討するために R 起点、L 起点それぞれ全測線についてラフネス(50cm～50m)と言われる波長帯、さらにラフネスに近い波長帯  $d_1, d_2, \dots, d_{10}$  をそれぞれ取り除く作業を行った。

表.1 Level と Wavelength の関係

Level	Wavelength(m)
$d_1$	0.4
$d_2$	0.8
$d_3$	1.6
$d_4$	3.2
$d_5$	6.4
$d_6$	12.8
$d_7$	25.6
$d_8$	51.2
$d_9$	102.4
$d_{10}$	204.8

ラフネスの波長帯

キーワード：空港舗装、乗り心地、wavelet 解析、縦断プロファイル

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科道路研究室 TEL.03-3817-1796

## 4.2. 航空機シミュレーション

航空機の運動をシミュレートするため、APRas というソフトウェアを用いた。本研究では実際に計測されたプロファイルと wavelet 解析でそれぞれの各波長帯を取り除いたプロファイル上を takeoff あるいは landing する航空機の動的挙動を、様々な環境条件(向かい風、標高、気温等)の下でシミュレートし、そのときの乗り心地を RQF(Ride Quality Factor)という指標を用いて評価した。RQF とは PSA(pilot station acceleration) と CGA(center of gravity acceleration)という 2 つの垂直加速度の最小二乗誤差から求められる値である。

(条件)

- シミュレーション : takeoff, landing
- 風速 : 0m
- 標高 : 1m(東京国際空港の標高)
- 気温 : 15°C(東京の年平均気温)
- 航空機の種類 : Boeing 747-400 機
- プロファイル : R 起点, L 起点
- スタートポイント : R34, L16
- \* landing 時のタッチダウンポイントは 300m とした。

## 5. 結果と考察

1.  $d_7 \sim d_{10}$ (25.6m~204.8m)の波長帯が航空機の乗り心地に影響している。
2. 使用頻度の高い誘導路付近(1000~1200m)では短い波長帯が影響するだろうと思われたが、ここでもやはり長い波長帯が航空機の乗り心地に影響している。

結果 1 で述べたように航空機の乗り心地には、25.6m~204.8m の波長帯、つまりラフネスの波長帯よりも長い波長帯が影響していることが分かった。

また、離発着回数は R34 からの離陸が多く L16 からの着陸が多い。使用頻度の高い誘導路付近(1000m~1200m)を 100m 毎に区切って加速度の絶対値の和について比較・検討をしたところ、ここでも 102.4~204.8m の長い波長帯が影響していることが分かった。

以上のことから、空港滑走路の舗装においては、施工時に舗装の平坦性を確保し、供用後は長いスパンの舗装の隆起あるいは沈下に十分注意を払うべきであるということが分かった。

## 6. 今後の課題

- ・ 今回用いたプロファイルデータは約 1 年前のものなので新しくデータを取りそのデータを用いることによってさらに比較、検討する。
- ・ 本研究の結果を基に ISO, VDI 等の道路舗装表面の国際的な評価規準を参考として滑走路における評価規準の位置付けを明確にする。

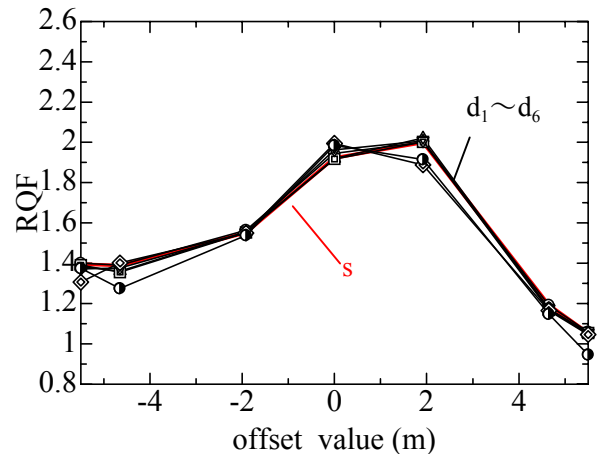


図.2. RQF 比較 wavelength  $d_1 \sim d_6$   
(L16start-takeoff)

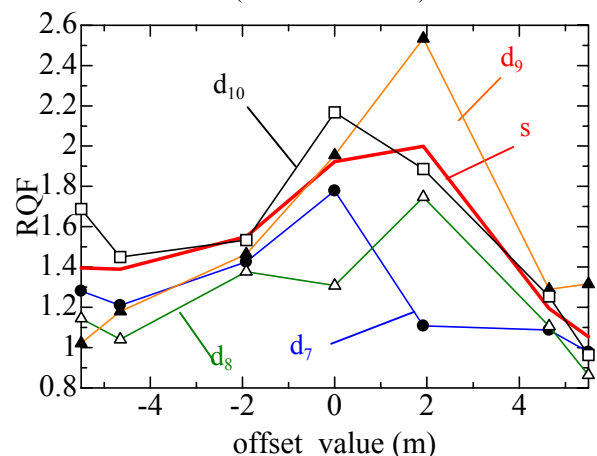


図.3. RQF 比較 wavelength  $d_7 \sim d_{10}$   
(L16start-takeoff)

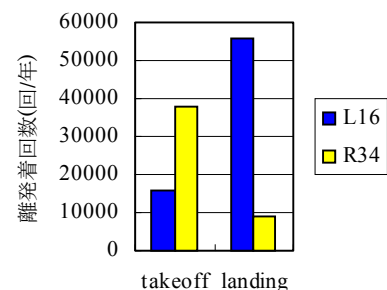


図.4 離発着回数(H.13)