

V-182

多重解像度解析を用いた路面プロファイル評価について

北見工業大学 学生員 福田晃一

北見工業大学 正会員 川村 彰

1. はじめに

路面プロファイルの波状特性を評価する際、従来 Fourier 変換による周波数解析が用いられてきた。しかし、路面のプロファイルのごく一部分に、突起、ポットホール、段差、などの局所的損失が存在する場合、そのプロファイルのスペクトル全体が変化してしまう。これに対し、今日、信号処理、画像処理分野で応用がなされてきている Wavelet 理論を用いた「空間一周波数解析」(space frequency analysis)では、スペクトルを位置と周波数の2変数関数として表現できることから異常値の存在位置を特定することができる。同時に、Mother-Wavelet として直交 Wavelet を用いれば、逆変換後の展開係数が互いに独立となり、プロファイルのフィルタリングや分解、合成を実現する「多重解像度解析」を行うことができる。ここでは、これらの利点を用いて、路面プロファイル上の異常値を検出し、また、異常値除去後のスペクトル特性の解析を行うこと等により、波状特性の前後比較を行った。本研究では、路面の波状特性評価への、Wavelet 理論の適用性について検討を行うものである。

2. 離散 Wavelet 変換による解析

解析に用いる基本関数 $\phi(x)$ を b だけ空間座標において平行移動し、 a だけ伸縮した $\phi((x-b)/a)$ 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 $\phi(2^j x - k)$ (j, k は整数)を用いて、式(1)で定義される。

$$(w_\psi f)(2^{-j}, 2^j) = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx \quad (1)$$

ここで、 $f(x)$ を元の関数 (信号)、 $\phi(x)$ を Mother-Wavelet、 $(w_\psi f)(2^{-j}, 2^j)$ を Wavelet 係数 (Wavelet 変換で求められる値) とする。この Wavelet 係数を用いて、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「空間一周波数分析」が可能となる。(本研究では、この平面への写像を Road Profile Score と称することにする。以下、RPS と称す。) また、Mother-Wavelet に直交 Wavelet を用いれば、式(2)、(3)により、元の関数 (信号) $f(x)$ に再合成でき、「多重解像度解析」が可能となる。

$$f(x) \approx \sum_j \sum_k d_k^{(j)} \psi(2^j x - k) \quad (2)$$

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

3. 解析内容

本研究では、過去に栃木県主要県道で得られた各種路面プロファイルデータを基に解析を行った。その中から、わだちを含むプロファイル (A-6)、と平坦なプロファイル (A-7) について「多重解像度解析」を行った。(A-6) については、わだちと思われる局所的損失を含む周波数帯を、RPS 上より検出し、その周波数成分を除去した。さらに、除去前後のスペクトル特性の比較を行った。(A-7) については、RPS 上のすべての周波数帯について、対象となる周波数成分を除去し、除去前後のスペクトル特性の比較を行った。

Wavelet、Multiresolution Analysis、路面プロファイル、空間周波数解析

〒090 北見市公園町 165 TEL 0157 (24) 1010

4. 解析結果

4.1 多重解像度解析

図-1 は、(A-6) について「多重解像度解析」を行った結果である。Mother-Wavelet には Spline ($m=4$) を用いた。1 番上 ($j=0$) は元波形、その下 1 段目 ($j=1$) 右側は、基本周波数 {50 (c/m)} の周波数成分を取り出したものである。以下 1 段下がるごとに周波数 (解像度) は半分になる。左側は、元波形から、その段までの右側の周波数成分を除去したものである。○で囲んだ部分に局所的損失の特徴が見受けられる。

4.2 局所的損失除去前後のスペクトル比較

図-2 は (A-6) と (A-7) それぞれの局所的損失, 特定の周波数成分除去前後のプロファイル波形で、(A-6) は ($j=8$) を除去したもの、(A-7) は ($j=3$) を除去したものと ($j=4$) を除去したものである。(A-6) では局所的損失が除去されたことが分かる。(A-7) では、ほとんど変化が見られない。これらの周波数帯が、元波形本来の特徴を示すものではないことが分かる。

図-3 は、図-2 のプロファイル波形をそれぞれパワースペクトル解析したものである。(A-6) は、($j=8$) {0.391 (c/m)} 周辺のパワーが、下がっている。(A-7) は、周波数成分除去後のプロファイル波形では、変化は見られなかったが、対応する周波数帯のパワーは下がっており、これらの周波数帯の成分が、(A-7) を形成していることが分かる。

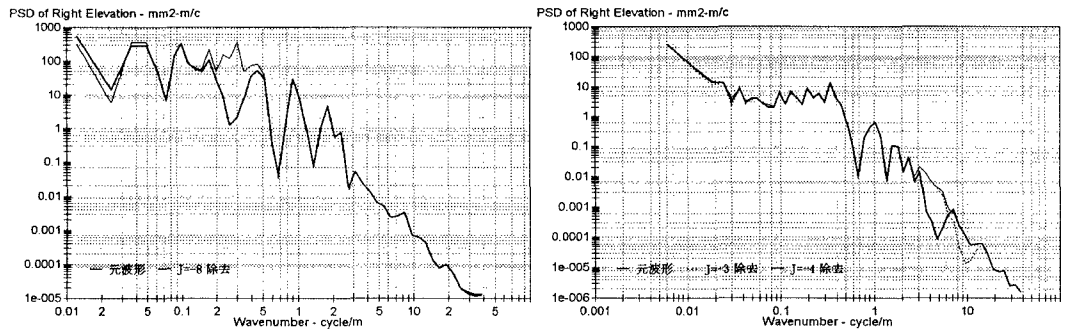


図-3 PSD 解析 (左: A-6、右: A-7)

5. おわりに

本研究では、路面プロファイル上の局所的損失を RPS 上より検出できた。また特定の周波数成分を「多重解像度解析」によって除去し、その前後をプロファイルとスペクトルによって比較することができた。今後の課題として、路面プロファイルは、その周波数及び振幅の大きさによって、すべり摩擦、騒音、乗り心地と密接な関係があると言われているが、RPS 上のどの周波数成分が、これらにどのように関係しているかなど、具体的に考察を重ねて行く必要がある。

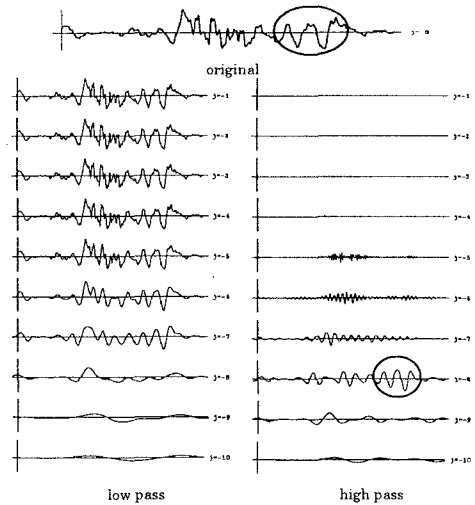


図-1 Road Profile Score (A-6)

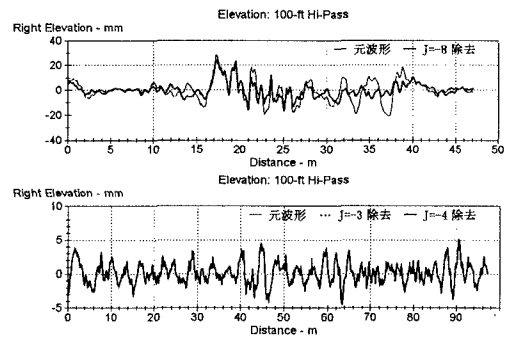


図-2 Profile (上: A-6、下: A-7)