

V-23

舗装表面テクスチャの評価へのウェーブレットの適用

北海道大学工学部

学生員

川口真史

中央大学工学部

フェロー会員

姫野賢治

ニチレキ(株)北海道支店

正会員

秋本 隆

1. はじめに

道路路面と車の相互作用を研究する上で路面のきめ測定をすることは重要なことである。その際、路面性状のデータ解析に必要な成分を取り出すための一般的手法として、FFT(高速フーリエ変換)によるスペクトル解析などが知られている。しかし、これらの解析では、騒音やすべりに影響のあるテクスチャが表面にどのように分布しているかを調べることができない。本研究では、信号処理の新しい方法として近年注目を集めており、路面評価では未だ利用されていないウェーブレット解析を用いて、FFTによる比較をも考慮に入れながら路面の評価への適応性について検討を行った。

2. 計測概要

まず、室内供試体作成として、アスモル、開粒度(空隙率 30%, 20%)、密粒度 13、細粒度 13F の計 5 種類の供試体(50cm×50cm×5cm)を作成した。これらをマイクロテクスチャ測定装置を用いてテクスチャを取り出すという目的で、x 軸方向に 0.5mm ピッチ、y 軸方向に 1.5mm ピッチで、z 軸の値、つまり Elevation を測定した。得られたデータを重点補正した後、供試体を図 1 のように 1 方向に 4 等分して各境界の 3 ラインの Elevation をそれぞれ求めた。

3 解析と解析結果

3.1 スペクトル解析

3 地点のデータを FFT にかけて PSD(パワースペクトル密度)を求めた。その結果を図 2 に示す。図 2 より、PSD の値が両対数グラフ上では周波数の増加とともに、ほぼ直線的に減少していくのが分かる。高周波のパワーの占める割合も高いということも分かる。しかし、これだけではテクスチャの分布やその違いの評価は困難である。

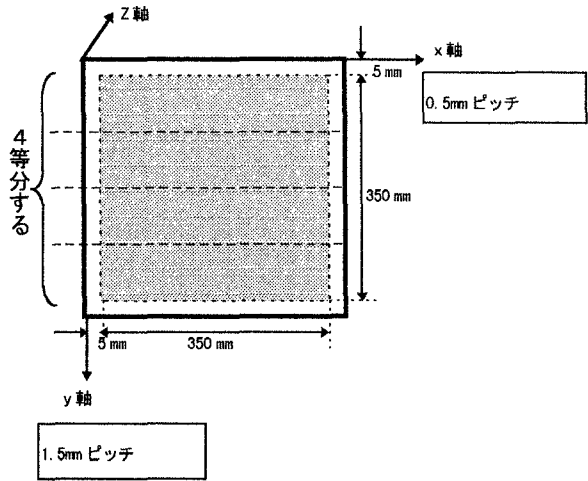


図 1 供試体図

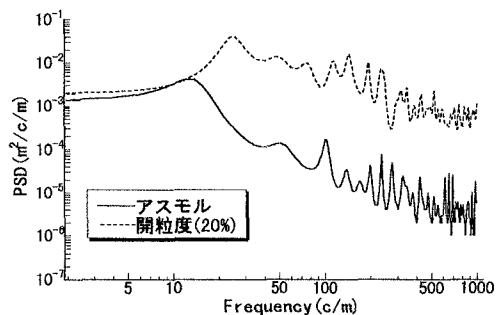


図 2 供試体中央ラインの PSD 図

キーワード: ウェーブレット、テクスチャ、FFT、PSD、空間周波数解析

連絡先: 北海道大学工学部 土木工学科

(〒060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目)

TEL: 011-706-6208)

3.2 ウェーブレット解析

ウェーブレット(以下WTと称す)について説明をする。WTは、周波数領域で信号を表現するフーリエ解析の性質に加えて、変動の時間的又は空間的推移も同時に把握できるという空間特性及び周波数特性の同時解析(空間周波数解析と称す)が可能となる。WTによって空間周波数解析ができるばかりでなく、データを周波数特性を用いて分解することも可能である。いま、WT分解を

$$f_j(x) = g_{j-1}(x) + g_{j-2}(x) + \dots$$

と書くことにして(ここで、整数 j はレベルと呼ばれる)、更に信号 $f(x)$ を何らかの方法で $f_0(x)$ とみなすと

$$f_0(x) = g_{-1}(x) + g_{-2}(x) + \dots$$

と書ける。これは信号 $f_0(x)$ をウェーブレット成分 $g_{-1}(x)$ 、 $g_{-2}(x)$ に分解したことに対応する¹⁾。WTにより、空間周波数解析、つまり、空間と周波数の両面からとらえることを行った²⁾(解析用のプログラムには、Mathematicaを用いた)。図3におけるスパイクの長さはすべての係数 $\{d_k^{(j)}\}$ (関数 $g_j(x)$ に現れる係数) について共通のスケールで表されている。すなわち、縦軸の目盛りはすべてに共通で、全体的にどこにエネルギーが集中しているかが分かる¹⁾。また、図3の一番目には基のデータ、二番目からは係数 $\{d_k^{(j)}\}$ が周波数の高い順に並べてある。すなわち、この場合マイクロテクスチャが抽出されているのだが、この図はデータのどの部分が局所的にどんなテクスチャを持っているかを知ることができる。アスモルでは、レベル $j=-1$ の周波数の分布が顕著であり、マイクロテクスチャをより多く含んでいる。アスモルと開粒度 30%を比べると明らかに違いが分かる。

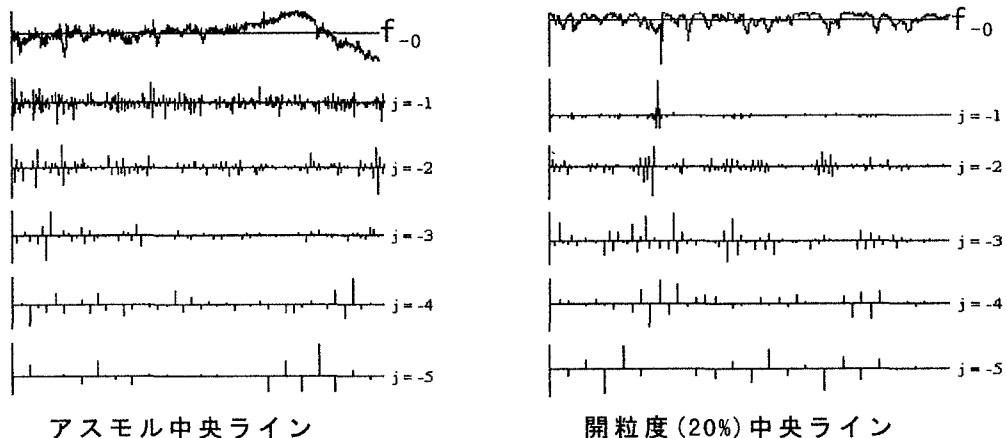


図3 空間周波数解析 [係数 $\{d_k^{(j)}\}$ 縦軸:Frequency 横軸:Distance]

6 まとめ

FFTでは、周波数の持つパワーの寄与の仕方が分かるが、ウェーブレット解析(空間周波数解析)を行うと、FFTによるPSD図だけでは分からない周波数ごとの分布の仕方が分かり、ウェーブレットの方がテクスチャの評価をする上で有効であるといえる。

最後に今後の課題として、実路での比較や振動加速度の測定も行えば、さらなる舗装路面へのウェーブレットの有効性が分かるであろう。

参考文献

- 1) 榊原進著:ウェーブレットビギナーズガイド
- 2) 斉藤兆古著:Mathematicaによるウェーブレット変換

*図2、3とも、スペースの関係上、きめの粗さが明らかに違うアスモルと開粒度 20%だけ、かつ、供試体中央の結果だけを載せてある。