

V-165

ウェーブレット理論を用いたアスファルト舗装のラフネスと振動加速度の評価

中央大学理工学部 学生会員 小栗 直幸
 中央大学理工学部 フェロー 姫野 賢治
 北見工業大学 正会員 川村 彰

1. はじめに

車両が走行中、それに乗っている人体は様々な振動を受ける。そのとき、振動を生じさせる最大の原因は路面の凹凸である。人体が受ける振動、つまり乗り心地という道路利用者の観点から路面性状を評価する場合、路面の縦断プロファイルと車両の振動加速度の解析と評価は必要不可欠である。その際の一般的な解析及び評価手法として、これまでパワースペクトル（PSD）や国際ラフネス指標（IRI）が用いられてきた。

本研究では、これらではできない周波数毎の波形分解や空間（時間）特性及び周波数特性の同時解析ができることで近年注目されているウェーブレット理論により空間（時間）周波数解析を行い、それらを比較するとともに、短波長とすべり抵抗との関係を調べ、ウェーブレット理論の路面プロファイルや振動加速度評価への適用性について評価検討を行った。

2. 測定データ

1) 中波長解析としてのフィールド試験（A 工区）

i) 縦断プロファイル

表1の7工区においてOWPとIWPの2側線上で非接触型高速プロフィロメータによって得られた1cmピッチデータを平均し10cmピッチデータとし、起終点上における水準測量によって補正する。

ii) 振動加速度

縦断プロファイルのIWP、OWPの軌跡上に測定車を走行させたときの運転席シート上の上下振動加速度（単位：g）

2) 短波長解析としてのフィールド試験（B 工区）

密粒度及び開粒度アスファルト表層の1mmピッチ縦断プロファイル(OWP)

3. ウェーブレット解析

解析用ツールとして Mathematica を用い、マザーウェーブレットには Spline4 を用いた。レベル $j=0$ は縦断プロファイルを表す原波形であり、レベル $j=-1 \sim -8$ ではレベルが1つ下がる毎に周波数が $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8 \cdots$ と減り、それぞれにその周波数成分の波に分解されている。縦軸のスケールは見やすくするために各レベルで任意に選ばれている。

(1) 空間周波数解析

図1はA-4工区のOWPを空間周波数解析した結果である。100m地点付近に存在するアスファルト舗装との継目がレベル $j=-1 \sim -4$ において不連続点として見事に検出されている。

表1 A 工区概要

工区番号	路線名	地名	区間延長	測線位置	状況
A-1	栃木環状線	園部町3丁目	100m	OWP	わたち揃い大平直性悪
A-2	栃木環状線	片柳町4丁目	100m	OWP, IWP	同上
A-3	宇都宮栃木線	保釈町1丁目	橋梁延長90m	OWP	橋梁上でジョイント連続的である
A-4	栃木環状線	園部町2丁目	PC版延長120m	OWP	PC版の取り付に大きな段差
A-5	栃木環状線	箱淵町(交差点)	50m	OWP, IWP	斜めに交差環状線のよだち大
A-6	栃木環状線	太平山公園(交差点)	50m	OWP, IWP	同上
A-7	栃木環状線	太平町	100m	OWP	良好な路面(補修工事なしあり)

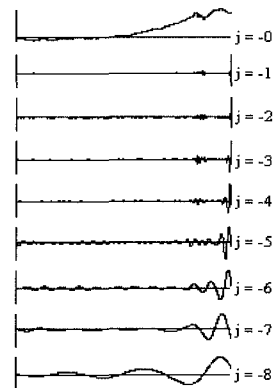


図1 A4-OWP 空間周波数解析

Key Words: ウェーブレット、空間（時間）周波数解析、縦断プロファイル、振動加速度

連絡先: 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

図2はA-5工区のOWPを空間周波数解析した結果である。交差する幹線道路のわだち掘れがレベル $j=-1\sim-4$ の高周波成分において検出されており、ここでのエネルギー集中が高いことがわかるが、幹線道路の中央分離帯においてはほとんど検出されていないため、わだち掘れの損傷はないことがわかる。また、約10m~20mの範囲において $j=-3$ の周波数成分波が多く含まれ、そのエネルギーが高いことからこの周波数成分による影響で路面性状は悪いことがわかる。

(2) 時間周波数解析

図3はA-5工区の振動加速度を時間周波数解析した結果である。レベル $j=0$ は上下振動加速度の原波形を表している。縦断プロファイルの空間周波数解析結果からもわかったように、約10m~20mの範囲で、どのレベルの周波数成分においてもエネルギーが集中しており、あらゆる振動が加わっていたと考えられる。次に、幹線道路との交差点では中央分離帯を境に手前の車線部でわだち掘れにより $j=-5$ 以下の低周波の大きな振動が、もう一方の車線部では $j=-4$ 以上の高周波の微振動が含まれているのがはっきりと見てとれる。また、 $j=-5$ 、 -6 の周波数成分の波形を見ると、原波形と類似しており、これらをベースに他の周波数成分が組み合わされて原波形が形成されていることがわかる。

(3) 短波長成分とすべり抵抗の関係

表2は密粒度アスファルト表層（B-1）と開粒度アスファルト表層（B-3）のDFT結果である。いずれの走行速度においても、開粒度アスファルト表層のほうがすべり抵抗値が高い。図4はB-1、B-3の縦断プロファイルを空間周波数解析した結果である。両者を比べると、 $j=-5$ 以上の高周波成分で違いが現れ、特に $j=-3\sim-5$ の周波数成分においては顕著な違いが現れた。よってDFTによるすべり抵抗値の差はこの周波数成分による影響が強いと考えられる。

4. まとめ

ウェーブレット理論を路面特性や振動特性の評価に用いた結果、原波形を周波数毎の波に分解することで、不連続箇所や周波数毎のエネルギー集中箇所、すべり抵抗に影響を与える周波数成分の特定ができた。さらに、乗り心地に直接関係のある振動加速度の解析を行うことで、路面プロファイルの解析ではわからなかった乗り心地に影響する周波数成分やその箇所が特定できた。

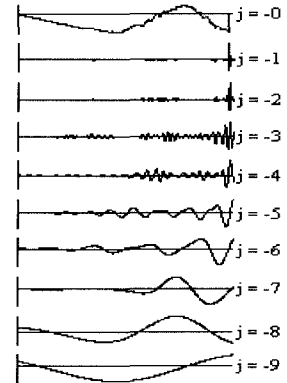


図2 A5-OWP 空間周波数解析

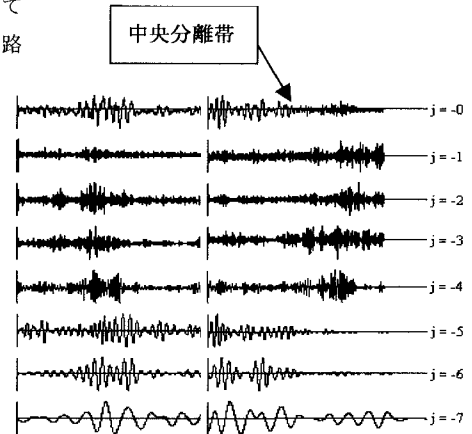


図3 A-5 工区 時間周波数解析

表2 B 工区 DFT 結果

測定位置	5m		
走行速度 (km/h)	40	50	60
B1 (密粒度)	0.61	0.57	0.55
B3 (開粒度)	0.73	0.70	0.69

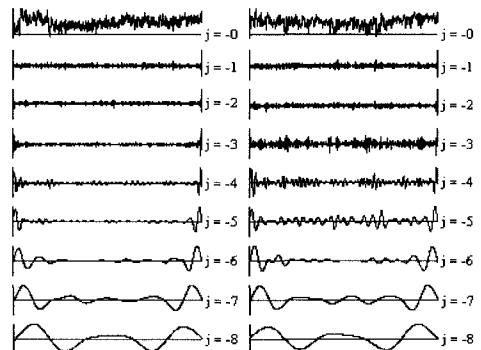


図4 B-1,B-3 空間周波数解析