

ウェーブレット変換を用いた車両バネ下振動に影響する路面凹凸形状の検出

北見工業大学 正会員 白川 龍生
 北見工業大学 正会員 川村 彰
 北海学園大学 正会員 上浦 正樹

1. 研究背景及び研究目的

路面凹凸は自動車の振動を引き起こす原因となるものであるが、振動の大きさは路面凹凸形状の相違により異なる場合がある¹⁾。路面が車輪に与える影響を模式的に表したものを図-1に示す。同じ大きさの突起であっても、凸の方向が上下逆であれば、車両バネ下に生ずる振動の度合いは大きく異なる。路面凹凸が車両振動に与える影響を定量的に求める場合、入力となる路面凹凸データに対して車両の固有振動数に相当する周波数帯域（ウェーブバンド）を通過域とするデジタル信号処理を施し、処理後の波形と車両振動データの相関を分析する方法が有効と考えられる²⁾。しかしながら、フーリエ変換を基礎とする一般的なデジタル信号処理の場合、図-1のような凹凸の上下方向の相違を識別することは不可能であるため、入出力間の振幅利得は局所的に差が生じることになる。このため、自動車の周波数特性を利用して路面プロファイル形状を推定する方法などにおいて、推定誤差が生じる場合があった。

路面と車両の相互作用分析を厳密に行う場合、車両振動データは路面凹凸のタイプ別に区分（識別）して取り扱うべきである。この場合、識別目的に応じた基底関数と呼ばれる小波状の関数を用いて、局所的に入力データとの積分を行うことが可能なウェーブレット変換が有用と思われる。図-2にデジタル信号処理とウェーブレット変換結果の違いを示す。図-2(a)が正弦波A、正弦波Bともに抽出されているのに対し、図-2(b)では基底関数の形状に類似する正弦波Aの成分が強調され、正弦波Bはほとんど検出されない。すなわちウェーブレット変換であれば、使用する基底関数が分析目的に適合したものであれば、例えば図-1(a)「上に凸」のみ検出することができる。そこで本研究では、ウェーブレット変換を用いて、車両バネ下の振動に影響のある路面凹凸形状を検出する方法について考察した。なお基底関数は

Spline 関数を基本に Lifting Scheme 理論^{3),4)}によって分析目的に応じた形状へ最適化されたものを用いた。

キーワード ウェーブレット変換，路面凹凸形状，車両バネ下振動，デジタル信号処理

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 工学部土木開発工学科寒冷地工学講座，Tel/Fax：0157-26-9429

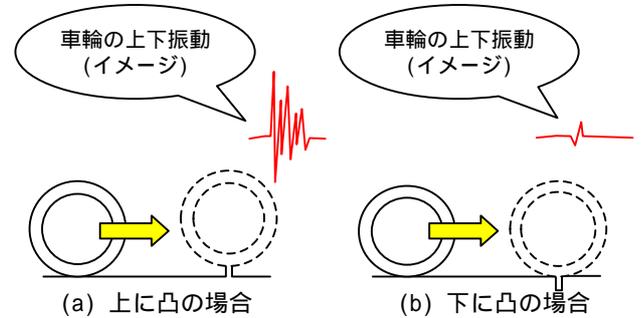


図-1 路面凹凸が車輪に与える影響

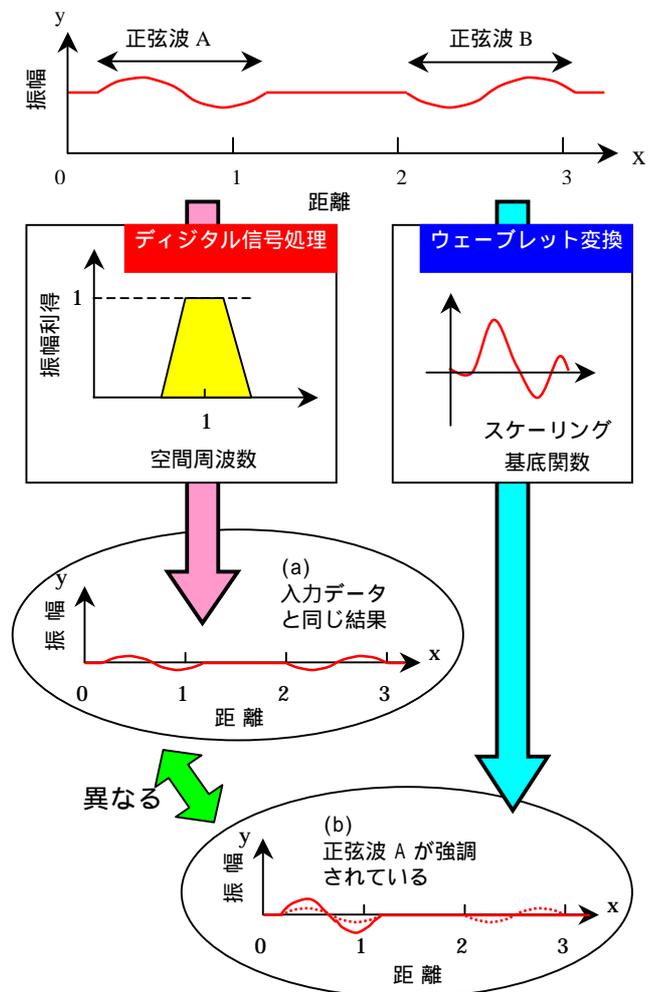


図-2 デジタル信号処理結果とウェーブレット変換結果の違い

2. 車両バネ下振動に影響する路面凹凸形状の検出

本研究では、図-3 に示す $IRI=4.2\text{mm/m}$ の路面プロファイルデータ（密粒度アスファルト舗装）及びこの上を走行した車両（SUV タイプ）のバネ下振動加速度データを用いた。図中 A で示す箇所に「上に凸」型の波長約 1m の凹凸があり、この上を走行すると大きな振動が生じている。一方、図中 A と同程度の波長で「下に凸」型の凹凸（図中 B）では振動加速度が小さい値であった。そこで今回はウェーブレット変換を用いて車両バネ下振動に影響する「上に凸」型（図中 A）の路面凹凸形状（波長約 1m）を検出した。結果を図-4 に示す。図-4 上の波形は基底関数との相関を表したものであり、この場合、縦軸（ $1m$ ）の値が大きいくほど検出すべき「上に凸」「波長 1m」の条件に適合しているといえる。図中 A に示す箇所では $1m$ の値が最大となっており、検出すべき路面凹凸形状の正確なモニタリングが実現している。また、上段の波形は路面凹凸データをもとに、これを数学的にウェーブレット変換し作成した波形であるが、バネ下振動加速度の傾向とよく一致している。

本研究ではウェーブレット変換が路面と車両の相互作用分析の有用なツールであることを示したが、道路管理の現場で応用するためには、実路における経時的なデータの蓄積がとりわけ重要であることを最後に付記したい。

謝辞

路面計測においてご協力いただきました、北海道工業大学の亀山修一先生に謝意を表します。

参考文献

- 1) Sayers, M.W. and Karamihas, S.M. (土木学会舗装工学委員会路面性状小委員会 訳): 路面のプロファイリング入門, pp.97-98, 土木学会, 2003.
- 2) 白川龍生, 川村彰, 中島繁則, 中辻隆: 車両の振動加速度を利用した路面プロファイル推定システムについて, 交通工学, Vol.38, No.6, pp.32-41, 2003.
- 3) Sweldens, W.: The Lifting Scheme – A custom design construction of biorthogonal wavelets-, Applied and Computational Harmonic Analysis, Vol.3(2), pp.186-200, 1996.
- 4) 白川龍生, 川村彰, 中辻隆, 上浦正樹: 第二世代ウェーブレット変換を用いた路面凹凸検出方法の基礎的研究, 舗装工学論文集, Vol.8, pp.35-41, 2004.

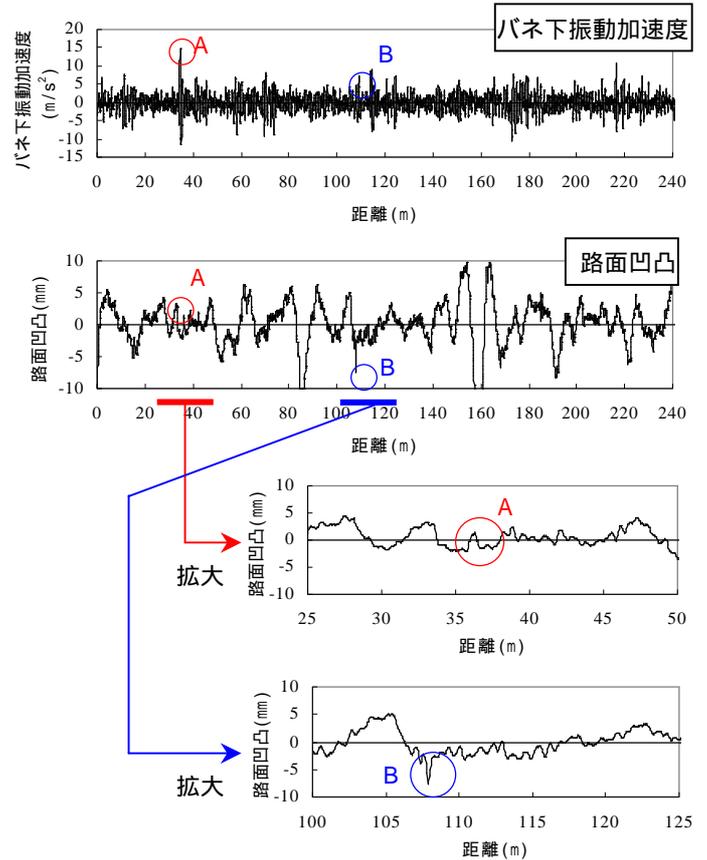


図-3 路面凹凸形状及び車両バネ下振動加速度

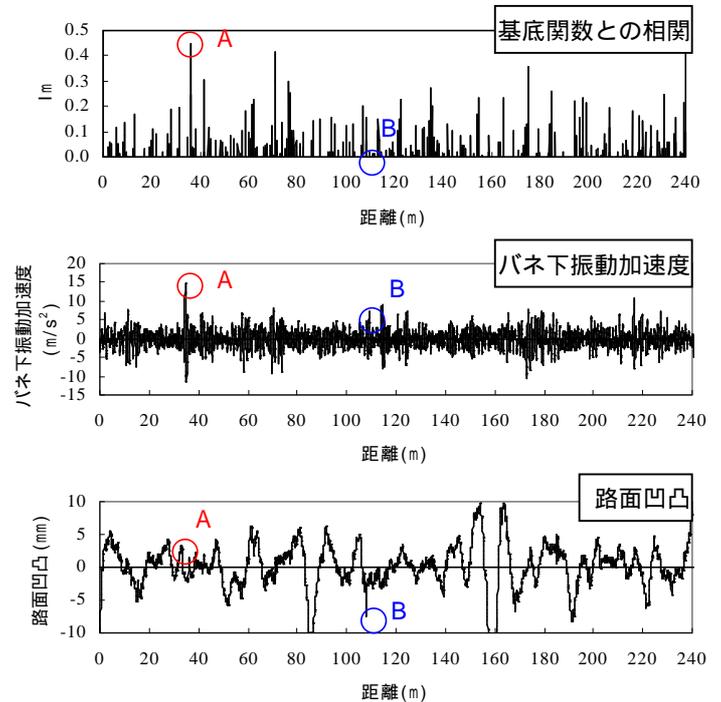


図-4 車両バネ下振動加速度に影響する路面凹凸形状の検出例