

ウェーブレットを用いた鉄道の車両動揺に関する基礎的研究

北海学園大学 大学院 学生員 ○植木 基晴
 北海学園大学 工学部 正会員 上浦 正樹
 北見工業大学 工学部 正会員 川村 彰
 東亜道路工業株式会社 正会員 兒玉 健太郎

1. はじめに

現在、乗り心地管理にはアメリカ自動車協会の Janeway が提案した基準や独自の基準を用いて評価されている。この方法は周波数(Hz)と動揺加速度(g)の関係から乗り心地線図と乗り心地係数を与えて乗り心地レベルを決定している¹⁾。周波数はある区間においての平均的な値を用いていることから、乗り心地レベルが下がる局所的な位置を把握することはできない²⁾。局所的な周波数特性を抽出し、時間（空間）周波数解析を可能とする方法にウェーブレット解析がある。

本研究では局所的に発生する上下及び左右車両動揺（以下動揺）から乗り心地レベルを推定するシステムの基礎的な位置づけとして、車両動揺の空間周波数解析が可能である最適なウェーブレットの選定を行う。

2. ウェーブレットの選定

本研究では、一般的に広く知られているウェーブレット5つを用いることとし、その波形を（図-1）に示す。これらのウェーブレットが動揺波形に適用することができるかを検討するため、周波数と最大動揺量が設定された動揺のモデル波形により検討することとした（図-2）。これらのパターンに基づき、作成されたモデル波形に対してウェーブレット解析を行った。この結果から、内積の極大・極小値が発生する位置を演算により最適なウェーブレットを選び出す方法として次のようにした。

動揺波形と解析結果における極大・極小値での位置と内積の偏差

解析で動揺のモデル波形に存在しない擬像の有無

以上の結果を（表-1）にまとめた。この結果から連続ウェーブレット解析では各種ウェーブレットの中でMorletが動揺の波形に相当であると判断できる。

Morletによりウェーブレット解析を行なうと周波数の評価項目である空間周波数と動揺の振幅の内積が、スケール a として評価することになる。Morlet の波形特性を調べるため、フーリエ解析を用いスケール a を変化させて対応するフーリエスペクトルを求めた。その結果から中心周波数の逆数をとった波長 λ とスケールの関係は、比例係数は約 1.36 相関値が 0.99 であった（図

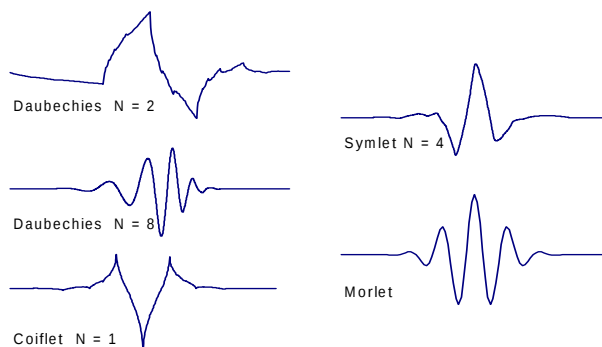


図-1 マザーウェーブレットの種類

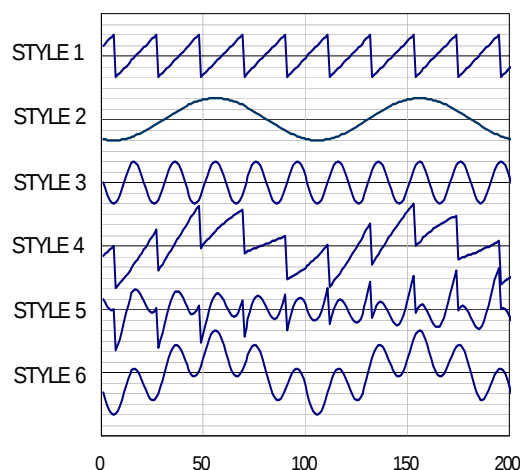


図-2 モデル波形の種類

表-1 偏差量の比較

Mother Wavelet	STYLE 1		STYLE 2		STYLE 3		STYLE 4		STYLE 5		STYLE 6	
	差	判定	差	判定	差	判定	差	判定	差	判定	差	判定
Daubechies 2	2		13	○	3		6		2	○	0	
Daubechies 8	1	○	10	○	4	○	2	○	6	○	3	○
Symlet 4	0		11	○	2		0	○	11	○	0	
Coiflet 1	1		9	○	2		2	○	7	○	0	
Morlet	1	○	0	○	0	○	1	○	2	○	0	○

キーワード ウェーブレット, Morlet, 車両動揺, 空間周波数, 波長

連絡先 〒064-0926 北海道札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 北海学園大学工学部 TEL 011-841-1161(代)

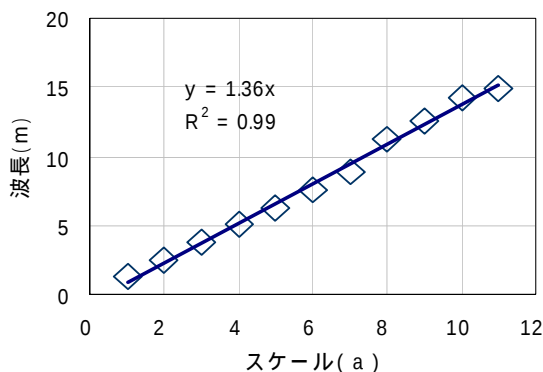


図 - 3 波長とスケールの関係

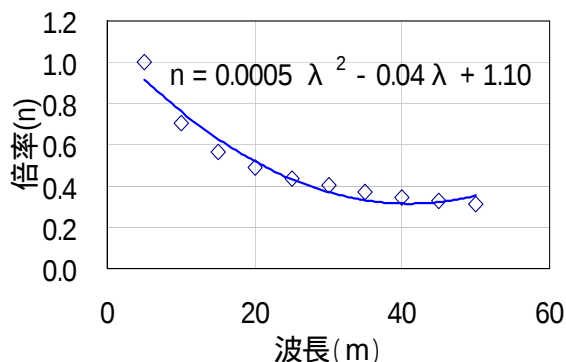


図 - 4 補正倍数

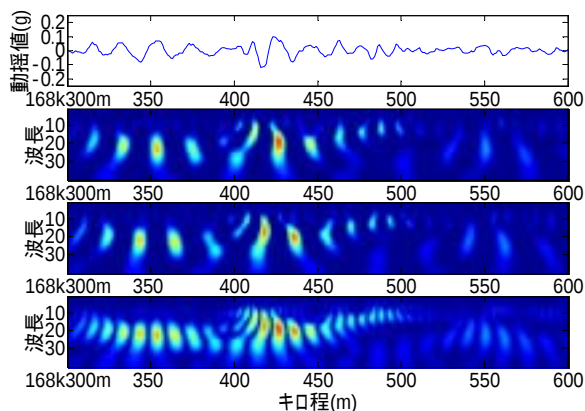
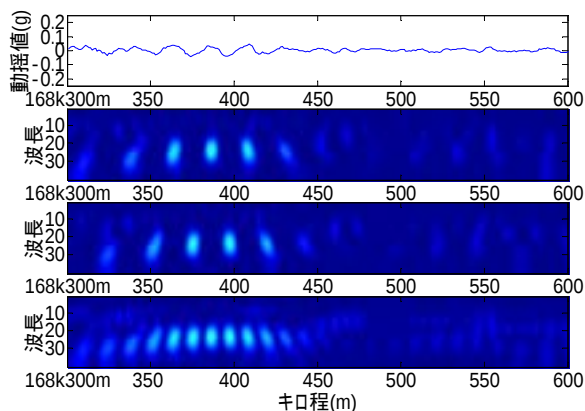


図 - 5 車両動揺の連続ウェーブレット解析結果（左：左右動揺、右：上下動揺）

-3). 次に、ウェーブレット解析での内積は、動揺波形での振幅と波長が関係し、同じ動揺でも長波長になればそれだけ大きな内積となる。そこで、波長はスケール a で考慮しているので同じ動揺に対して波長に関係なく一定の内積とする補正倍率（図 - 4）を乗じた。以上の結果から、Morlet により動揺を、内積の極大と極小の大きさと位置を示すことができ、局所的な動揺波形の位置を明らかにすることと内積を波長によって補正する方法を確立できた。

3. 実際の車両動揺への適用

北海道宗谷本線 161k001m ~ 199k000m 間で、直線区間で踏切、橋梁などの土木構造物を外した、168 k 300m ~ 600m について解析を行った。用いたデータは走行する営業用車両の動揺で 2001 年 11 月に測定されたもののうち左右上下の動揺である。このデータに対して Morlet のウェーブレットを用いて解析を行なった。図 - 3 からスケール a より長 λ を算出した。図 - 5 はキロ程（位置）、波長、内積で解析結果を示す。内積については色の濃淡で表現し、明るいほど高い内積を示す。図は上から動揺波形、動揺値の左（上）、右（下）、左右（上下）の結果である。図 - 6 は解析区間のフーリエスペクトルであり、平均的な値ではあるもののウェーブレット解析の結果とほぼ一致している。

4. おわりに

Morlet のウェーブレットを選定してウェーブレット解析をすることにより、求めた内積の極大・極小値が発生するキロ程（位置）で車両動揺の波長を求めることができた。

ここで、データの提供を頂いた JR 北海道保線課に謝意を表す。

5. 参考文献

- 1) 須田征男, 長門彰, 徳岡研三, 三浦重: 新しい線路・軌道の構造と管理-, 日本鉄道施設協会, 1998 年 12 月 pp324-329
- 2) 田中泰弘, 北村太郎: 常磐線における周波数を考慮した列車動揺管理, 新線路, 2001 年 8 月, pp7-9

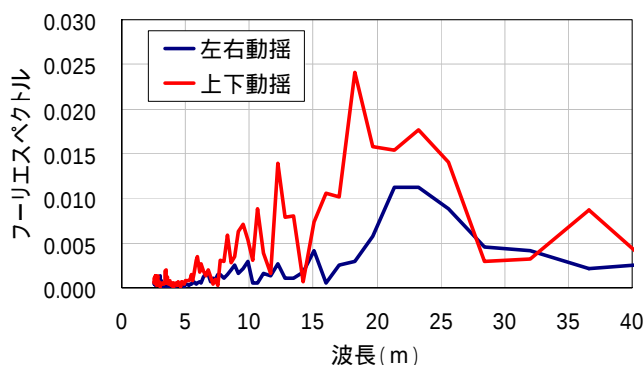


図 - 6 左右動揺と上下動揺のフーリエスペクトル