

ガボール関数を用いたウェブレット解析による波形成成分分離に関する研究

日本貨物鉄道(株) 正会員 ○大熊 佑治
 北海学園大学 正会員 上浦 正樹

1. 目的

現在、軌道変位波形や車体振動加速度波形などの各種波形データが軌道管理に活用されている。これらを分析し解析する方法に FFT 解析がある。この解析方法により一定区間内における卓越周波数を抽出することができるが、さらに各箇所における卓越周波数（または卓越する波長）の抽出ができれば、軌道変位の発達過程の検討や車両脱線、車両動揺との関連の検討などに役立てられるものと考えられる。このような位置に対する周波数の抽出を可能するものに連続ウェブレット解析がある。さらにこれを2進分割して周波数帯域ごとに波形を抽出する方法として多重解像度解析による離散ウェブレット解析がある。このように離散ウェブレットでは2進分割により周波数をランクに分けてグループ化しているため、そのグループ内の個別な周波数を抽出できない。そこで本研究では窓フーリエ変換で利用されるガボール関数を利用してウェブレット形式に変換した解析¹⁾ (ガボールウェブレット解析とする)により原波形の成分分離を試みることにした。また、本解析ではこれらの解析に周波数の逆数である波長を用いることとする。

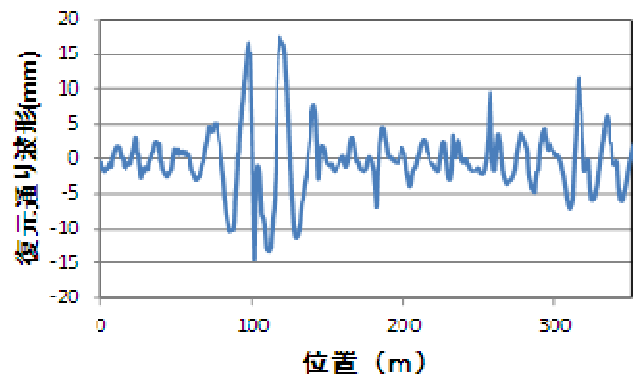


図-1 復元波形(通り変位)

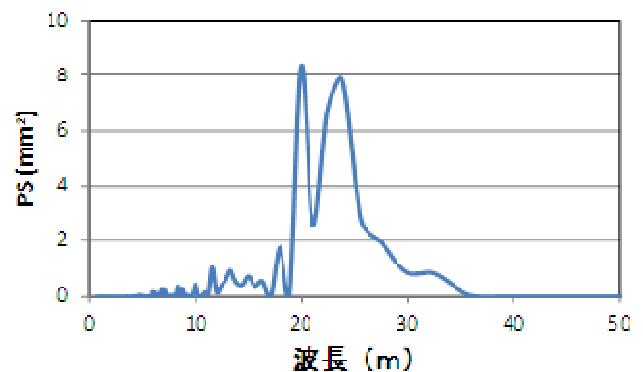


図-2 FFT 解析(原波形)

2. 検討の前提条件

8 番分岐器の分岐側の曲線と曲線区間(R=600m)を含む線路を弦長 2m の軌道検測装置検測で測定したデータ²⁾から、検討の対象を通り変位のデータを波長 40m までの復元波形(全長 390m) (図-1) とした。この波形に対し FFT 解析を行った結果(図-2)から波長が 20~30m で卓越していることが分かる。また、左右対称に近いマザーウェブレット (Meyer ウェブレット) を用いて離散ウェブレット解析を行った。ここで分解されるランクと波長帯域を表-1 に示す。次にガボールウェブレット解析の窓関数は式(1)で示される。

$$g(x) = \frac{1}{2\sqrt{\pi d}} \exp\left(-\frac{x^2}{4d^2}\right) \quad x=(x-b)/a \quad (1)$$

表-1 離散ウェブレットの波長帯域

ランク	波長帯域(m)
D1	1~2
D2	2~4
D3	4~8
D4	8~16
D5	16~32
D6	32~64
D7	64~128

ここで窓幅(d): 5m, シフト量(b): 0.5m, 拡大・縮小の関係するダイレーション(a): 1 とした。

3. 波形の比較

ガボールウェブレット解析により 0.5m ピッチでそれぞれ 1024 段階に分解し、これを再構成した。これから
 キーワード ウェブレット, 復元波形, コヒーレンス, ガボール関数, FFT 解析

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 26 西 11 丁目 北海学園大学工学部社会環境工学科 TEL011-841-1161

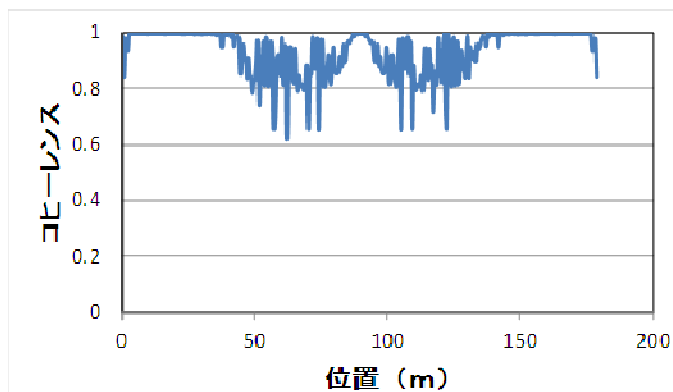


図-3 コヒーレンス (ガボールウェブレット波形と原波形)

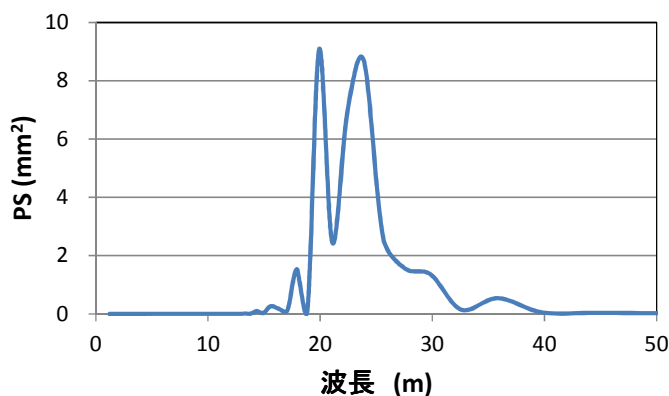


図-4 FFT 解析(離散ウェブレット D5)

波形の変化が大きい前半 (0～195m) について原波形との一致度を示すコヒーレンスを求めた(図-3)。これから直線区間はコヒーレンスがほぼ1であったが、分岐器付近では1以下であるものの最少でも0.6を確保していた。よってガボールウェブレット解析によって分解された波と離散ウェブレット解析の各ランク内で得られる波を比較することとした。ここでは図-2で卓越した波長が見られるランク D5 を対象とし、こ

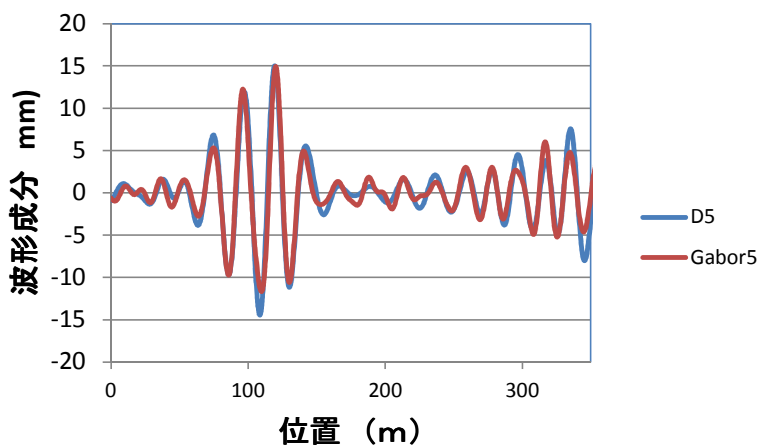


図-5 D5 と Gabor5 の比較

この波形による FFT 解析を行った(図-4)。この図から波長領域は D5 の波長領域とほぼ一致しているのが分かる。そこで D5 の波とガボールウェブレット解析で分解された波の中からこの領域内の波を再構成した波 (Gabor 5) を比較した(図-5)。これからも D5 と Gabor 5 にかなりの一致が見られた。この Gabor 5 のうち分岐器内の曲線区間の 121.0m 付近において各位置に対する波長の振幅のコンター図 (図-6) から振幅は最も大きな位置と波長としては 120.5m における波長 21.3m であることが明らかになった。

4. 結果

ガボールウェブレット解析により離散ウェブレットよりも詳細に卓越する波長と位置の関係を求められることが確かめられた。

参考文献

1) 中野他：ウェブレットによる信号処理と画像処理, 共立出版, pp. 38-39, 2004. 2) 岩切, 上浦, 猪口：分岐器における線路線形の推定法に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会IV-215, pp. 429-430, 2010.

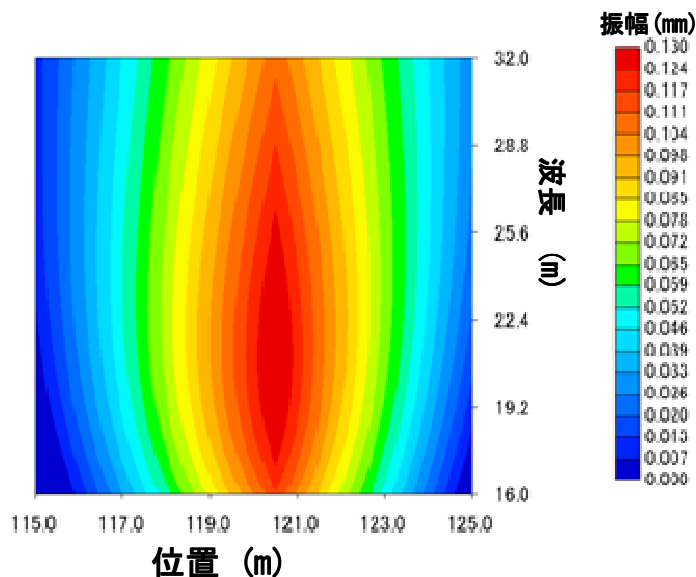


図-6 位置と波形の関係 (ガボールウェブレット)