

離散ウェーブレット解析による軌道検測装置を用いた復元波形に関する一考察

日本貨物鉄道(株)	正会員	村松 穂高
北海学園大学	正会員	上浦 正樹

1. まえがき

軌道検測装置は一般線区の軌道検測車で測定しない鉄道貨物ヤードや閑散線区の軌道管理のために開発され、軌道工事の仕上がり検査などでも幅広く用いられている。弦長 2m などに検測される軌道検測装置のデータは 10m 弦正矢データに変換して利用されている。鉄道貨物ヤード内の軌道は分岐器を含む半径の小さな曲線が数多く敷設されており、カントの設置ができない個所が多数存在している。よってレールの異常摩耗や曲線通過の際の荷崩れ、さらに脱線など特殊な状態が発生した折にはこのような線形に関連した要因が取り上げられてきた。この原因究明に軌道検測装置を用いる際には 10m 弦正矢でのデータを使用しているが、鉄道ヤードで一般的に用いられる分岐器の延長分に相当する 20m 程度の波長についても必要とされるケースも存在している。一方、近年の高速化に伴い、弦長 10m などを用いて軌道検測車で得られたデータは復元波形に変換され 100m 程度の長い波長まで出力されている。そこで本研究では、弦長 2m で検測された軌道検測装置のデータから波長 20m 程度までの復元波形を演算し、GPS 測位や間送り法で求められた絶対線形に近い平面線形から離散ウェーブレット解析により抽出された 20m までの平面線形と比較し、この有効性を確認することとする。

2. 軌道検測の復元波形と GPS 測位の比較

JR 貨物札幌貨物ターミナル駅構内材料線と付帯する分岐器の軌道に対して左レールで GPS (VRS-RTK 測位法)を用いて左レールの頭頂部レールコーナー部分を 10m 間隔で位置を確定する(図-1)。当該線路は約 600m の S 字型カーブであるので GPS で得られた点を結び連続した線形を作成し、これに基づき離散ウェーブレット(マザーウェーブレットは Symlet8 を使用)により波長帯域ごとに分解した。また弦長 0.5m の軌道検測装置(トラックマスター:カネコ製)により当該区間を測定し周波数サンプリング法¹⁾を用いて最大波長 20m の平面復元波形を演算処理により求めた。この場合の復元領域の波長は 1.5m ~ x m (x=35,20,10m)とし遮断区域は 1m ~ 1.5x m とした。ここで使用した逆フィルタの振幅特性を図-2 に示す。以上の結果から復元波形と GPS 結果に対してコヒーレンスを算出した(表-1)。ここでインパルス応答の総数は奇数として 801,401,201 を用いたが、ここでは精度が高かった 801,401 を示す。また、鉄道貨物ヤードで平均速度 50km/h で周波数 1.2Hz に対応する空間波長 12.5m におけるコヒーレンスと波長 20m までのコヒーレンスの平均を示す。

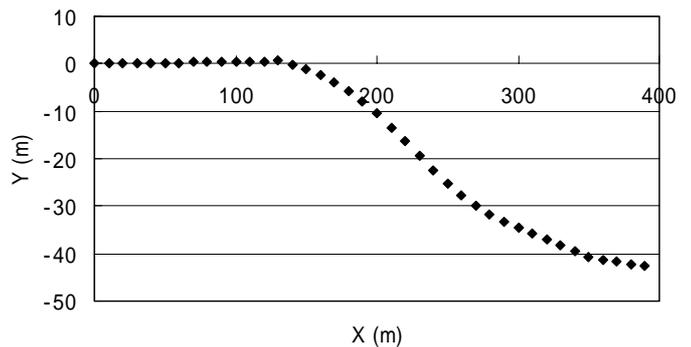


図-1 GPS による平面線形(札幌貨物ターミナル駅)

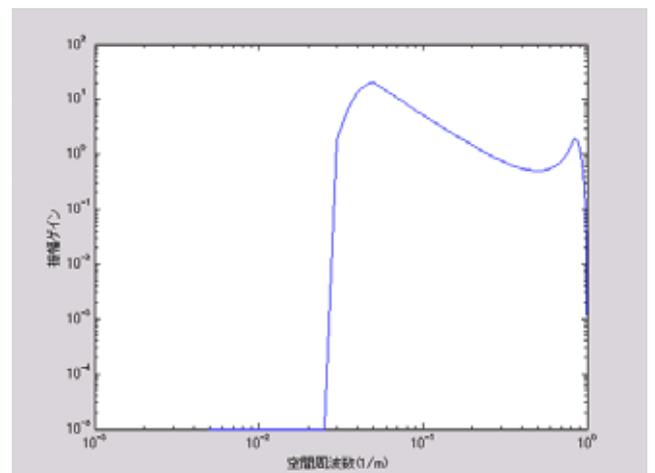


図-2 逆フィルタの振幅特性

キーワード 軌道検測装置, 復元波形, 離散ウェーブレット, GPS, 逆フィルタ

連絡先 〒116-0003 東京都荒川区南千住 4 丁目 1-1 日本貨物鉄道(株) 関東保全技術センター Tel:03-5850-7791
 〒064-0926 札幌市中央区南 26 西 11 北海学園大学社会環境工学科 Tel:011-841-1161

この結果から最大複元波長 20m/インパルス応答の総数 401 個(以下 20/401 とする)が最適であることが明らかになった。図-3 は 20/401 の複元波形と次に最適と判断した 35/801 について GPS 結果と比較したものである。

表-1 複元波形と GPS 結果とのコヒーレンス

		最大複元波長(m)/インパルス応答の総数					
		35/801	35/401	20/801	20/401	10/801	10/401
波長	12.5m	0.91	0.92	0.92	0.94	0.86	0.85
	20mまでの平均	0.73	0.69	0.70	0.72	0.67	0.67

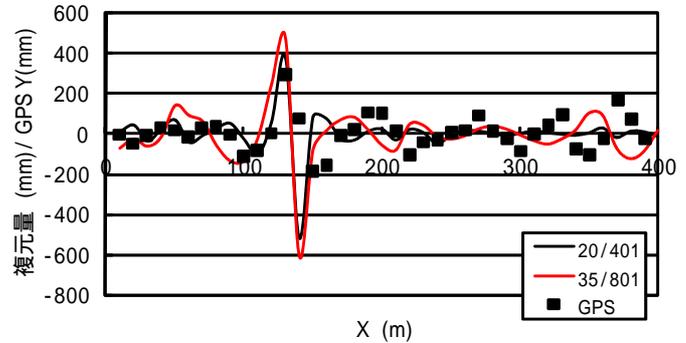


図-3 複元波形と GPS 結果の比較

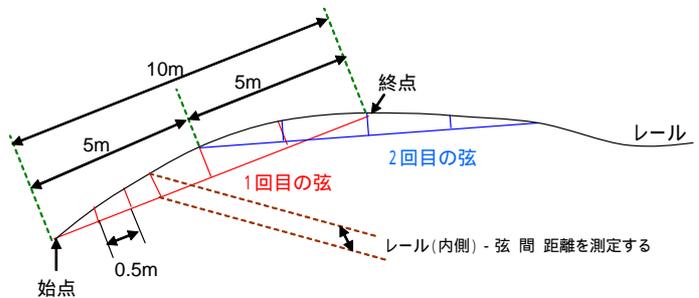


図-4 間送り法での測定方法

3. 軌道検測の複元波形と間送り法の比較

ここで用いた間送り法は平面線形で10m弦からの離れを0.5mピッチで測定し5m移動して同一点を再度測るものである(図-4)。GPS測位では地図上の位置は明確になるが、作業量からサンプリング間隔を小さくすることが困難である。一方、間送り法では直接座標位置は定まらないが仮定した基本軸を定めてこれに対する座標位置を求めることができる。以上により隅田川駅構内引上線において間送り法によって検測されたデータを原波形を離散ウェーブレット解析(マザーウェーブレットはSymlet8を使用)により波長20m以下の成分を定めた。これを原波形とし、前章で求めた複元波形(20/401と35/801)とを比較した(図-5)。この結果から離散ウェーブレット解析やインパルス応答の総数に関係すると考えられる始点と終点から100m程度を除いた区間ではGPS測位データに基づいて確認された複元波形(20/401)がよく一致している。この傾向は原波形と複元波形のコヒーレンス(図-6)で波長が20m以下の領域で一部を除きがほぼ1であることから明らかであった。

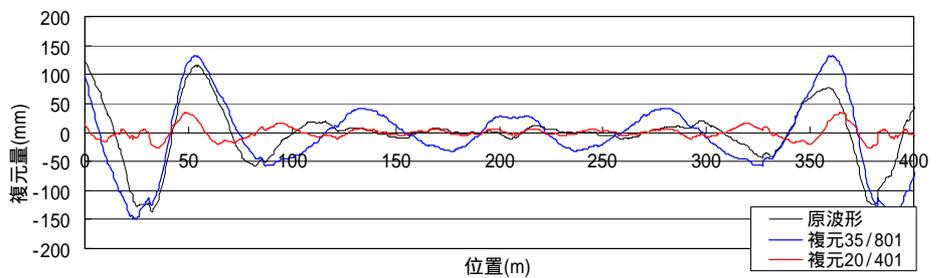


図-5 原波形と複元波形の比較(隅田川駅)

4. まとめ

離散ウェーブレット解析を用いることで現場波形に適する軌道検測装置の複元波形の最大複元波長とインパルス応答の総数を求めることが可能となった。

参考文献

1)吉村彰芳:軌道狂い原波形の複元に関する理論的基礎の確立とその応用,鉄道技術研究報告, pp33-46, 1987.

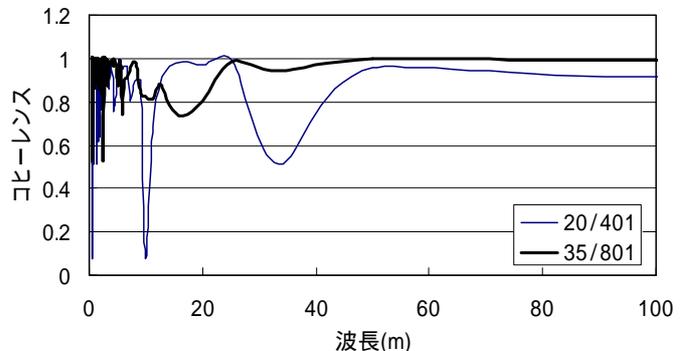


図-6 原波形と複元波形とのコヒーレンス(隅田川駅)