

営業列車の動揺と軌道狂いの位置照合に関する検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 片岡 武

1. はじめに

営業列車による動揺測定は、その乗心地を把握する上で重要な業務である。当社では、列車動揺の原因となる軌道狂いを的確に捉えた軌道整備を行うために、ラボックスにより軌道狂いと列車動揺の位置照合を新幹線と在来線の高速線区で行っている。位置照合手法は、既往の研究¹⁾によるラボックスのコマンドが開発されているが、ラボックスの動作環境が変わることにより、このコマンドが使えなくなる。また、これまでも軌道狂いと列車動揺に位置ずれが生じることがあった。そこで、今回、位置照合手法の一部を見直して独自システムを開発したので、その概要について報告する。

2. 現行の位置照合処理における課題

当社のラボックスは、これまで独自に改良を重ねているが、MS-DOS 用に開発されたラボックスの仕様準じており、動揺測定の位置照合処理のみ、ラボックスコマンドによるバッチ処理で行っている。ラボックスの動作環境である OS が Windows XP である場合、MS-DOS 用のラボックスは動作するが、保線業務管理システムの更新に伴い、Windows7 に切り替わると、動作しなくなる。

また、現行の位置照合処理において、軌道狂いと列車動揺に位置ずれが生じている事例や、位置照合処理が正常に終了せず、列車動揺データが確認できない事例があった。

3. 新しい位置照合手法の概要

2. の課題を解決するために、新しい位置照合手法(以下、新手法)を検討した。現行の手法(以下、現手法)による位置照合は、2 段階の処理で位置照合を行っており、第 1 段階では高低狂いと上下動揺の長波長帯域の相関に着目しておおよその位置の照合を行い、第 2 段階で波長 10m 前後の帯域の位相特性に着目して、正確な位置照合を行っている¹⁾。

第 1 段階における具体的な処理は、縦断線形の勾配変更点付近に生じる高低狂いと上下動揺の長波長成分の波形照合である。両波形は安定してよく似た波形となることがわかっているため、新手法でもこの処理をそのまま採用することとした。一方、第 2

段階における現手法の具体的な処理は、周波数応答解析を行った際に短い波長ほど位置ずれの影響が位相特性に表れることから、位置ずれのない場合の波長 10m 前後の位相特性とのパターンマッチングを行っている。この処理が適切に行われれば正確な位置照合が可能であるが、この処理には位置ずれがない状態の、速度に応じた位相特性を把握しておく必要がある。そこで、この処理を簡易に行うことを検討した。

具体的には、振動が変位の 2 階微分であるという物理法則に着目し、車両の固有振動である 1 ~ 1.5[Hz]に相当する帯域の上下動揺と高低狂いの復元波形の相関に着目して位置照合を行うこととした。手順を図-1 に示す。この処理は、全区間をロット単位に分割して行うこととし、ロット長は 500m としている。

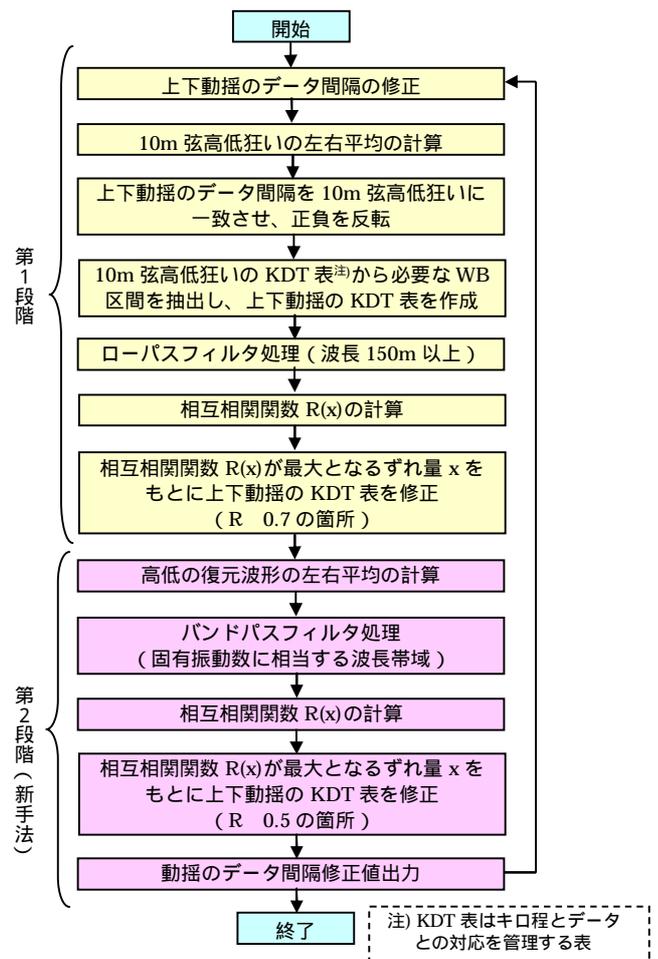


図-1 新しい位置照合の処理手順

キーワード 列車動揺, 位置照合, 軌道検測車, ラボックス

連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市芝田 2 - 4 - 24 西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 施設部 施設技術室 T E L 06-6375-2156

4. 新手法による位置照合処理

位置照合に用いるバンドパスフィルタ(以下, BPF)の帯域をどのように設定すれば位置照合の精度が高まるのかを検討した.

(1) 列車の固有振動に相当する波長帯域

列車速度によって, 列車の固有振動である波長帯域は変化する. 固有振動数が1~1.5[Hz]に相当する波長と列車速度の関係を図-2に示す. 列車速度が低くなると上下動揺は小さくなるため, 波形による位置の照合精度は低くなるが, 動揺管理の実務においては大きな支障にはならない. 速度を最高速度の半分程度までと考えると, 列車の固有振動に対応する波長帯域は, 在来線では10~35[m], 新幹線では30~80[m]となる.

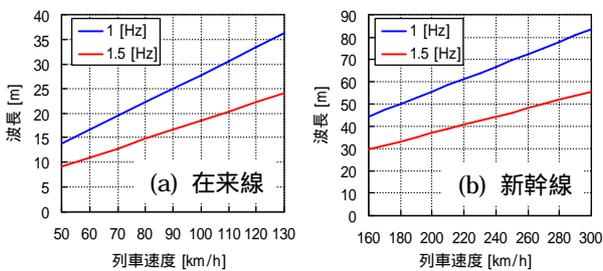


図-2 列車の固有振動に対応する波長帯域と速度

(2) 上下動揺で卓越する波長帯域

営業列車の上下動揺の特性を調べるために, パワースペクトル密度を計算した. 在来線は130km/hとなる区間を, 新幹線は列車速度が300km/hとなる区間を含んだ区間で計算した結果を図-3に示す. 在来線では空間周波数が0.047[1/m], 波長にして21[m]に, 新幹線では空間周波数が0.0137[1/m], 波長にして73[m]にピークがあり, 前項で示した帯域内の波長が卓越していることが確認できる.

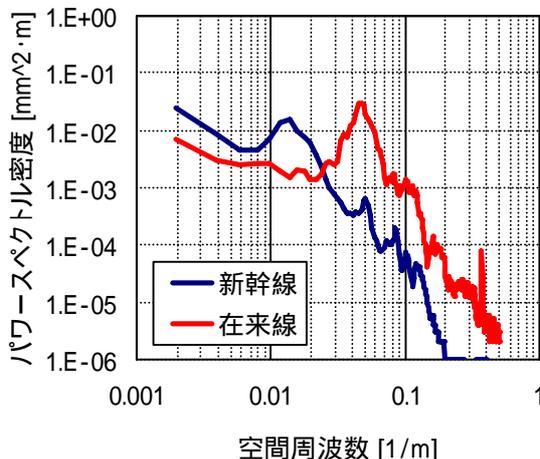


図-3 上下動揺のパワースペクトル密度

(3) BPF 処理による位置照合結果

前項でパワースペクトル密度を計算した区間に対して, 数種類の BPF 処理により位置照合を行った際の相互相関係数の平均値を表-1に示す. 在来線では, 概ね波長帯域を狭くしたほうが相互相関係数が大きくなる傾向があり, 15~25 m の BPF 処理がもっとも相互相関係数が大きかった. この BPF 処理による波形例を図-4に示す. BPF 処理後の高低, 上下動揺の波形が近似していることが確認できる.

新幹線では, 相互相関係数がともに0.8以上となり, BPF 処理後の両波形が近似しており, 位置照合として活用できる可能性が確認できた.

表-1 BPF 処理による位置照合結果

| 在幹別 | BPF の帯域 | 相互相関係数 |
|-----|-----------|--------|
| 在来線 | 10m ~ 35m | 0.660 |
| | 10m ~ 30m | 0.699 |
| | 15m ~ 30m | 0.673 |
| | 15m ~ 25m | 0.732 |
| 新幹線 | 30m ~ 80m | 0.813 |
| | 30m ~ 70m | 0.818 |

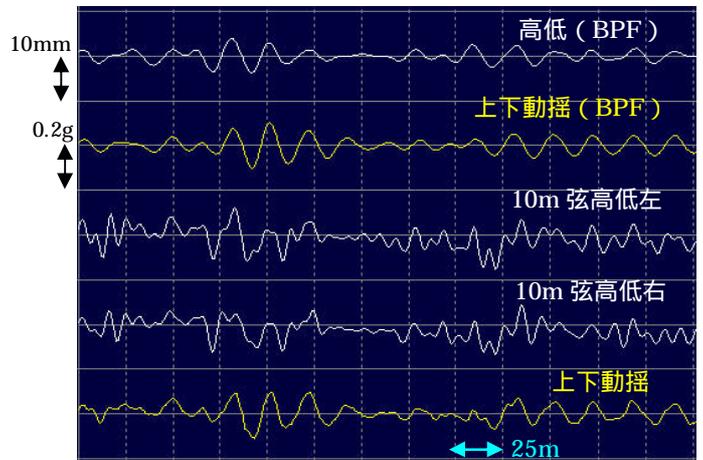


図-4 BPF 処理後の高低狂いと上下動揺の波形例(在来線)

5. まとめと今後の課題

BPF 処理を活用することで, 高低狂いと上下動揺との位置照合を良好な精度で実施できる可能性の示唆を得た. 現在, 複数の可搬型の動揺計が市販されているが, 本手法を活用して多くの機種の動揺データの位置照合に活用できるように検討を重ねていく.

参考文献

1) 吉村彰芳, 細川岳洋「高速車両の動揺と軌道狂いの位置照合問題の解法」鉄道総研報告, 1994.9