土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）

Ⅳ-391

軌道狂い進みの予測法に関する一考察

（財）鉄道総合技術研究所　正会員　古川　敦
（財）鉄道総合技術研究所　　　　　神山雅子

1．はじめに

軌道狂いの進みと整正のサイクルは，一般には図１に示すように横軸に時間，縦軸に区間評価値（Ｐ値，標準偏差など）を用いて評価，管理されている．しかし，これらの区間評価値は軌道狂い波形のうち振幅のみを用いており，その周波数特性は考慮されていない．特に定尺レール区間における継目落ちのように，あきらかに周波数特性を持った軌道狂い進みは，区間評価値だけでは適切な評価・予測が出来ない．

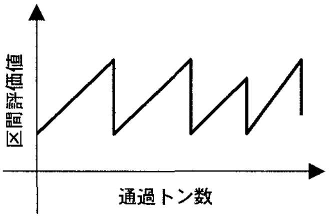

図１　軌道狂い進みの概念

一方軌道狂い波形に関しては，近年 10m 弦正矢とともに 20m 弦正矢，40m 弦正矢といった検測特性の異なる方法を用いて，波形の周波数特性を考慮した多次元的な管理が必要に応じて行われている．

これに対し本報告は，軌道狂い進みを周波数特性を考慮して予測する方法について検討したものである．

2．軌道狂い波形の変化の周波数応答

一般に軌道狂い進みは軌道状態に依存し，その変化率は軌道状態の悪化とともに増加する（図１で，斜線の傾きが区間評価値の増加に伴って急になる[1]）．すなわち，軌道狂い進みは通過トン数に対し非線形である．しかし微少期間においては，その変化を線形と近似しても良いと考えられる．すなわち，軌道狂い進みは一種の線形システムと見なすことができる．このとき，通過トン数が $t \to t+\Delta t$ へ増加する間の軌道狂い波形のパワースペクトル密度の変化は図２のような線形システムで表される．

入力軌道狂い　$X_t(\omega) \to$ $\boxed{\text{システム}\,H(\omega)}$ $\to$出力軌道狂い　$X_{t+\Delta t}(\omega)$

図２　線形システム

このとき，システムの周波数応答関数 $H(\omega)$ がわかっていれば，通過トン数 t の時点での入力軌道狂い波形 $x_t(\xi)$ に対し，通過トン数 Δt 経過後の軌道狂い波形 $x_{t+\Delta t}(\xi)$ を推定することができる．この $H(\omega)$ は軌道構造やその線区を走行する車両の諸元等に依存した関数となる．以下に実際のマヤ車データから推定した周波数応答の例を示す．なお，推定精度を高くするため，軌道狂いデータは全て 25cm サンプリングのものを使用している．

図３はＪＲの有道床・定尺レール区間（50N，木まくらぎ，ふるい砂利 150mm，直線，550m 区間）での 90 万トン通過前後の高低狂い(復元：6～40m，以下同)から $H(\omega)$ を推定したものである．波長 25m および 10m より短い波長で軌道狂いの振幅が大きくなっていることがわかる．これは継目落ちによりレール長および局部的な狂いの振幅が大きくなるためと考えられる．図４は同じくＪＲの有道床・ロングレール区間（50N，ＰＣ３号，砕石 200mm，直線，550m 区間）での $H(\omega)$ の推定例である．図中には通トン 70 万トン経過後のものと 210 万トン経過後の振幅の増幅を示す．通トンを重ねるにつれ，特定の振幅の軌道狂いが進展していく様子が読みとれる．また定尺レール区間の場合と比較して波長 25m の振幅の増幅は小さい．

なお図中に位相特性は示していないが，対象波長域での位相進みはいずれもほぼ０rad である．

キーワード：軌道狂い進み，線形システム，周波数応答
連絡先：〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　TEL 042-573-7278　FAX 042-573-7296

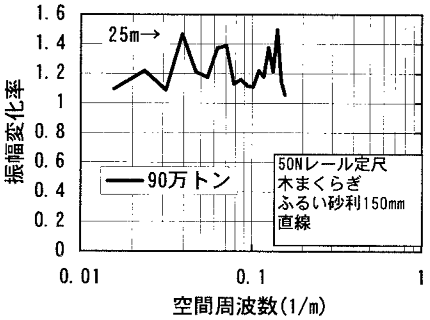

図３　周波数応答関数の推定例

（1）有道床・定尺レール区間

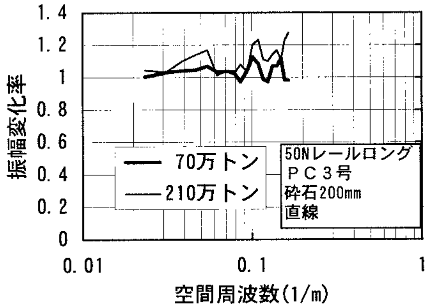

図４　周波数応答関数の推定例

（2）有道床・ロングレール区間

３．軌道狂い進みの予測

図３，４で求めた周波数特性を持つフィルタを設計することができれば，その線形性の成り立つ範囲で将来の軌道狂い波形を予測することができる．

図５は，図４の太線(通過トン数 70 万トン)の周波数特性を持つフィルタを設計し，これにより元の軌道狂いを３回濾波して 210 万トン経過後の軌道狂い波形を予測した波形（太線）と実測データ（細線）を比較したものである．また図６はパワースペクトル密度，図７は両者のコヒーレンスである．これらの結果から予測波形と実測波形は実用的な精度の範囲ではほぼ一致していると考えて良い．

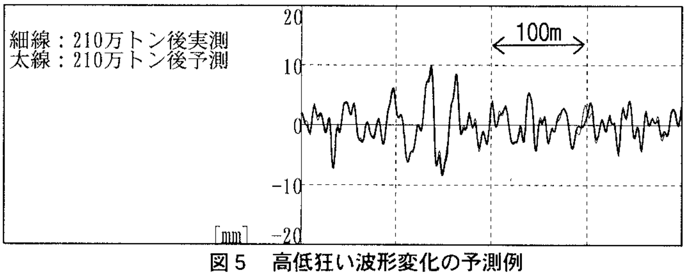

図５　高低狂い波形変化の予測例

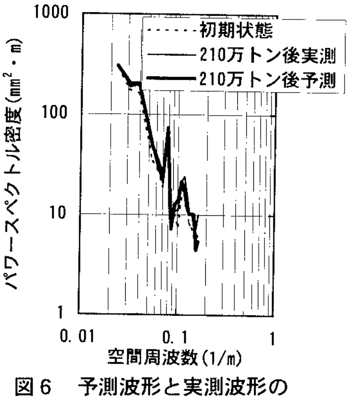

図６　予測波形と実測波形の

パワースペクトル密度

４．おわりに

ここで紹介した周波数応答関数は，軌道構造等のパラメータが未知であっても，ロット毎に周波数応答を推定しておけば，短期的な軌道狂い進みを波形レベルで推定できることができる等，従来の狂い進み予測法には無い特徴がある．今後は，周波数応答関数が各種軌道条件，輸送条件および軌道狂い整正方法によりどのような特性を持つかといった検討を進める予定である．

なおこの方法の適用にあたっては，周波数応答関数の精度を高めるためロット長（データ数）をある程度長くすること，ロット内の軌道構造等がなるべく同一であること，また無道床橋梁など動的軌道狂いに影響を与える区間の取り扱いなどに留意する必要がある．

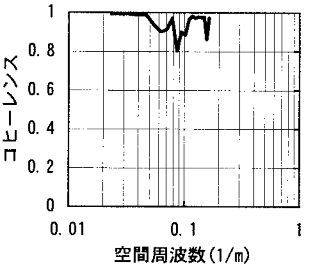

図７　予測波形と実測波形の

コヒーレンス

参考文献　1) 家田　仁，山口義信：非線形劣化システム保全計画理論の基本概念，土木学会第 43 回年次学術講演会，1988.10