

周波数分析を用いた軌道状態推移の評価

東海旅客鉄道(株) 正会員 森本 勝

1. はじめに

軌道の保守状態に影響をおよぼす要因は、軌道構造をはじめ保守作業の種別や列車荷重等、極めて多岐にわたる。それら要因の変化に伴う軌道状態の推移の過程を適切に評価することは、将来の保守計画を策定する上で非常に重要である。従来、軌道状態の推移は区間統計値のP値や標準偏差により表現されてきた。それらは算出が容易で直感的に理解し易いため評価指標として一般的に用いられてきたが、近年、乗り心地向上への取り組み等、保守作業においても周波数という概念が頻繁に用いられることから、軌道狂いのパワースペクトル密度（以下、P.S.D.と省略）により、軌道状態の推移を改めて評価することとした。当社では約10年前から軌道検測結果の電子化を進めており、今回はそのデータを用いて検討を行った。

2. 新幹線

東海道新幹線は開業以来、軌道状態の維持改善に様々な方策を実施しており、現在、非常に良好な軌道状態を維持している。図1には'89年と'02年の高速走行区間、延長約300km間のP.S.D.を示すが、波長数mから100m程度までの広い範囲でパワーの低減が確認できる。そのP.S.D.の低減割合を波長別に確認するために、両者の比を求めたのが図2であるが、通りは0.2~0.6、高低では平均で約0.45と低減割合に顕著な相違が見られることから、軌道状態の推移と関連する要因について高低・通りそれぞれについて検討を行った。

(1) 通り

図3は波長10m, 20m, 40m, 80mのP.S.D.の値を抽出し、その時間推移を示したものである。全体的に減少傾向にあるものの、図中実線Aで示すように'90年代前半に波長40m, 80mで顕著な減少が見られる。これは270km/h走行時の乗り心地向上を目的に'91年から導入した40m弦軌道整備の効果を示すものである。40m弦軌道整備は車両の固有振動数を考慮し波長40m~60mの軌道狂いの整正を目的として導入したもので、実際に導入前後のP.S.D.を比較すると(図4(a))30m~100mの波長帯でのパワーの低減が認められる。

また、40m弦軌道整備では明確な補修効果が

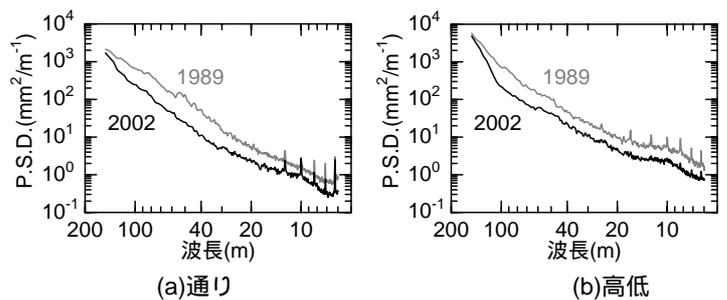


図1 新幹線のP.S.D. (1989・2002)

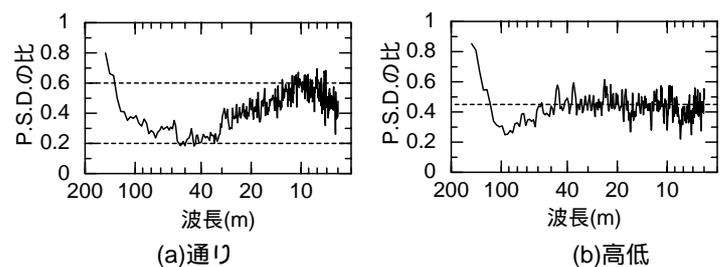


図2 P.S.D.の比 (1989/2002)

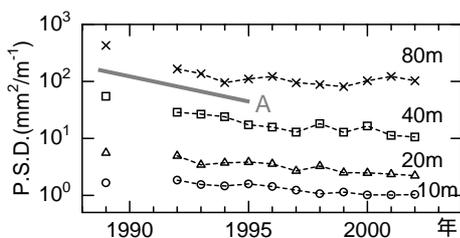


図3 パワーの推移 (通り)

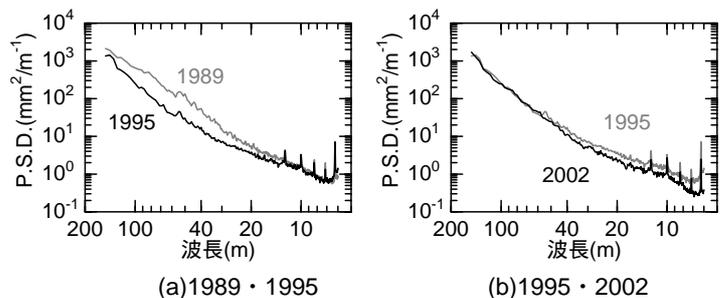


図4 P.S.D.の比較

キーワード：軌道状態，パワースペクトル

連絡先：〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株) 技術開発部 0568-47-5380

現れなかった波長 10m 付近の成分は，原波形を利用し移動量の演算精度を向上させたことや，新型車両の軽量化・曲線転向性の向上等により'90 年代後半から減少傾向にある（図 4(b)）。

## (2)高低

通りと同様に波長 10m から 80m までのパワーの推移を示したのが図 5 である．高低狂いでは，通り狂いで'90 年代前半で見られたような長波長成分の大幅な低減は確認できない．この相違は高低長波長整備の施工数量が通り狂いのものに比べ少なく，その差が現れたものと考えられる．

高低狂いの推移に明確な変化が確認できるのは，実線 B で示す'95 年以降，および実線 C で示す'98 年以降である．前者は短い波長を中心に低減が見られるが（図 6(a)），その要因としては，軽量車両への置き換えによる通過トン数の減少や 1 回/年のレール削正の実施等，軌道に作用する荷重が軽減されたことによると推定される．

一方，実線 C で示す長波長帯の顕著な低減は，マルタイの定期修繕作業に原波形から算出した扛上量を適用した効果が現れたものである．扛上量の算出には，従来のように補修計画線を手作業で挿入するのではなく，窓関数を用いて一律に算出する手法<sup>1)</sup>が導入されており，扛上量算出作業の煩雑さの解消，演算精度の向上が長波長帯のパワー低減に大きく寄与したと考えられる．

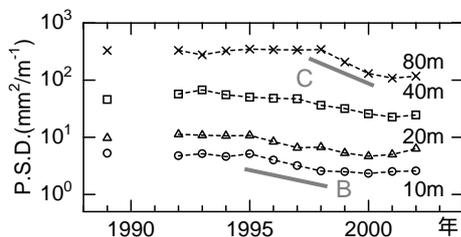
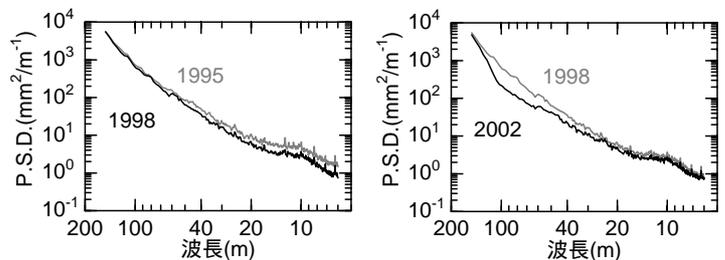


図5 パワーの推移（高低）



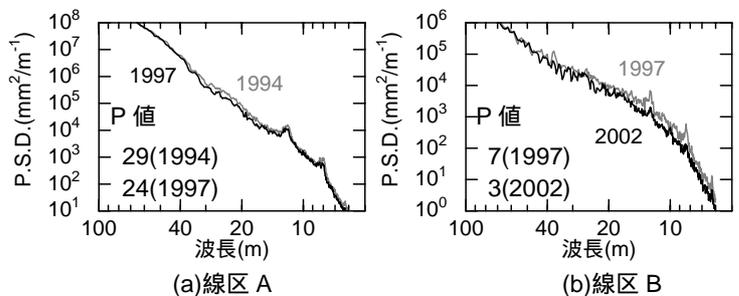
(a)1995・1998

(b)1998・2002

図6 P.S.D.の比較

## 3. 在来線

在来線では P 値の低減が顕著な線区を選択して検討を行った．図 7(a)の線区 A は R200m 未満の曲線が散在する山間線区で，図には通りの P.S.D.を示す．当該線区ではマルタイの改良により急曲線部の通り整正を実現させており，P 値の変化量は 5%で，20~30m の波長帯を中心に低減効果が確認できる．一方，図 7(b)の線区 B は新型振子車両の投入により曲線通過速度の向上が



(a)線区 A

(b)線区 B

図7 在来線の P.S.D.（通り）

図られた線区である．図には速度向上前後の通りの P.S.D.を示すが，ロングレール化が平行して進められたことから，速度向上以前より軌道状態は改善されており，パワーの低減は数 m ~ 40m までの幅広い波長帯で確認できる．

## 4. まとめ

今回は従来の指標により既に効果が確認された事項について，再度パワースペクトル密度の変化という観点から検討を行った．新幹線において，乗り心地向上を目的として導入した 40m 弦軌道整備や原波形整備は，移動量算出方法に違いはあるものの，整正対象とする波長のパワー低減に非常に有効であることが確認できた．

また在来線においては，ロングレール化の効果が継目部の軌道狂いの抑制だけでなく，継目を基点とした幅広い周波数帯の軌道狂いの抑制に効果があることが確認できた．今後も従来の手法と平行して軌道状態の推移の指標として検討していきたい．

## 参考文献

- 1) 第 56 回年次学術講演会 -299 森本，永沼 窓関数を用いた補修計画線設定手法 2001.9