

乗り心地試験結果の判別分析による左右乗り心地評価法

鉄道総研	正会員	○中川	正樹
鉄道総研	正会員	古川	敦
J R 東海		前川	和幸
J R 東海		伍井	正

1. はじめに

東海道新幹線では、効果的・効率的な軌道保守の実現を図るツールとして、人間の快・不快の感覚を乗り心地評価過程で導入し、その結果を軌道整備箇所の選定に反映させている。この人間の感覚には ISO-2631 をベースとした等感覚曲線が用いられている¹⁾。これに対し筆者らは、新幹線営業列車において複数の被験者による乗り心地評価試験を行い、左右動について、特定の動揺周波数帯相互の関係が評価に大きく影響する傾向を確認し、さらにその結果をもとに新たな乗り心地評価式を提案した。本研究では、提案した乗り心地評価式の妥当性を検証するとともに、営業列車の個体差が乗り心地評価に与える影響について検証した結果を報告する。

2. 乗り心地評価式の妥当性の検証

乗り心地の要注意箇所を特定するために用いる乗り心地評価式は、複数の新幹線営業列車で行われた動揺測定の結果と、同時に行われた複数の被験者による着座状態での体感による乗り心地評価（以下、マーキングと記す）結果との関係を分析して得た²⁾。獲得した動揺測定の結果を複数の周波数帯に分割した後、それぞれの振動加速度を2秒間の標準偏差（以下、 σ と記す）で表し、評価結果と動揺周波数の関係について判別分析を行った。その結果、図1に示すように、1～2Hzと2～4Hzの2つの周波数帯が相互に乗り心地評価に影響し合うこと、及びその影響の度合いは2～4Hzの方が1～2Hzよりも大きいという傾向が確認された。得られた判別曲線を一次曲線と近似し、マーキングをするか否かの判断指標を m 、1～2Hzの σ を x 、2～4Hzの σ を y とした場合、

$$m=y+0.53x \quad (x \geq 0, y \geq 0) \quad (1)$$

と近似でき、 m が 0.09 を上回る場合、マーキングが行われると推定した。この m の妥当性を検証するため、先の被験者とは別の被験者で乗り心地評価を行い、 m との比較を行った。図2に被験者Aの結果を、図3に被験者Bの結果を示す。被験者Aの結果は指標 m のしきい値 0.09 をほぼ満足していることが確認できるが、被験者Bの結果は、 m が 0.09 よりも小さい場合でも、多くのマーキングが行われているように見える。そこでこの被験者Bの結果で再度判別分析を行った。その結果が図3に示す境界線（被験者Bの境界線）であり、マーキングの有無に有意差が確認できた。その境界線を式(1)と同様に一次式と仮定して、判断指標を $m1$ とし算出した場合、

$$m1=y+0.79x \quad (x \geq 0, y \geq 0) \quad (2)$$

と近似され、 $m1$ が 0.095 を上回った場合にマーキングが行われると推定された。式(1)と式(2)では境界線の切片および傾きが異なるが、1～2Hzと2～4Hzの周波数帯相互の関係が乗り心地の評価に影響すること、そしてその関係は現行キーワード 乗り心地管理、列車動揺、等感覚曲線、判別分析、車両個体差

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 TEL042-573-7278

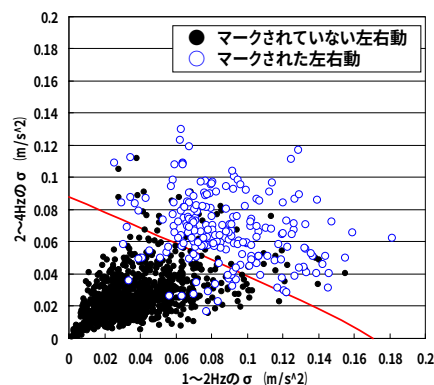


図1 マーキング箇所の分布と判別用境界線

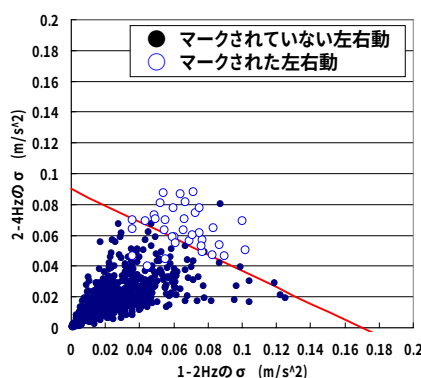


図2 被験者Aの結果

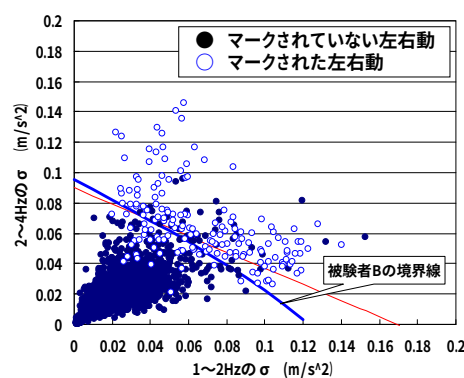


図3 被験者Bの結果

用いている等感覚曲線とは異なり、2～4Hz の方の影響度が大きいという点でこれまでと同様の結果であった。したがって、本乗り心地評価法は妥当であると判断でき、さらに被験者の数を増やすことでより一般化できると考えられる。

3. 車両の個体差の乗り心地評価への影響

今回提案する乗り心地評価手法は、軌道検測データを経ずに、実測された動揺データから直接評価を行うものである。そのため予測の際の誤差が無くなる上に、営業車両に搭載されている自動動揺測定装置による乗り心地評価を念頭に置いた場合には、ほぼ毎日動揺測定が行われるため、現行以上にきめ細やかな軌道管理が可能になると考えられる。しかし一般に列車の動揺、特に左右動は軌道狂いと比較して再現性が低く、測定結果には車両の個体差の影響を受ける。個体差が大きい場合には、得られた乗り心地評価の一般性が小さく、それをもって営業列車の代表値とすることに問題を生じる。そこで現在自動動揺測定装置が搭載されている編成について、車両の個体差の影響の検証を行った。

3.1 検証方法

検証する新幹線営業列車の編成をα編成とβ編成とする。ともに形式は同じであるが、α編成は車輪削正後約26万キロを走行しており、β編成は同じく約36万キロを走行している。この2編成について、自動動揺測定装置に収録された左右動データから指標 m を算定し、 m の分布を比較することにより検証を行う。

3.2 検証結果

2編成について、指標 m に対する頻度分布を図4に示す。これはα編成走行の2日後にβ編成が走行した結果であり、比較をする際、速度差は±3km/hとした。図より、同じ箇所をほぼ同じ速度で走行した際に、α編成の左右動がβ編成と比較して小さい傾向にあることがわかる。

図5はα編成とβ編成の m 値を比較した図である。同図のように、異なる編成によっても、 m 値にある程度の相関があることが確認できた。

乗り心地を考慮した軌道保守の指示を m 値で行う場合、図5のうち m 値が大きい箇所が編成によって異なるかどうか問題となる。そこでα編成が走行した際の、指標 m の上位10区間について、β編成で評価した結果を表1に示す。表より、 m の値は異なるが、区間Iを除く9区間で、β編成走行時にもα編成と同様にマーキング ($m \geq 0.09$) が行われていることがわかる。すなわち m の大きさこそ異なるが、乗り心地管理上注意すべき箇所は、編成が異なってもほぼ同様の評価となることが確認できた。

実際の m の取り扱いにおいては、ある列車でしきい値を一度超えるとただちに現場に対して保守の指示を行うのではなく、自動動揺測定装置を搭載した編成と電気軌道総合試験車のデータの総合評価から指示を行うようにすれば、個体差の影響をさらに小さくできると考えられる。

4. 今後の課題

提案した式や検証した結果の信頼性を高めるために、今後の課題として以下の2点が挙げられる。

- ・ 乗り心地評価式の一般化をさらに深めるための乗り心地評価試験の実施
- ・ 異なる編成が持つ個体差の影響度の検証を、今回とは異なる編成において実施

[参考文献]

- 1) 窪野代男：「線路部門 小特集 東海道新幹線における乗り心地向上対策」，日本鉄道施設協会誌，2002.11
- 2) 中川他：「乗り心地に影響する動揺周波数と線路の加振原因に関する一考察」，第11回鉄道技術連合シンポジウム，S2-1，2004.12

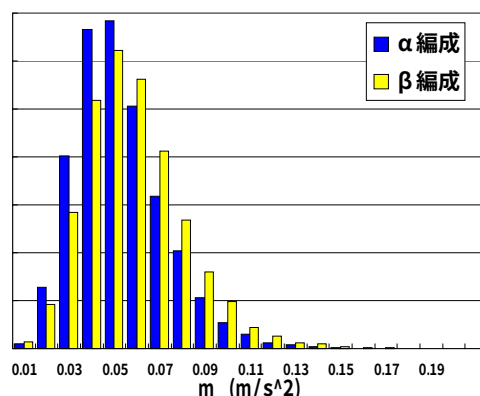


図4 指標 m に関する頻度分布

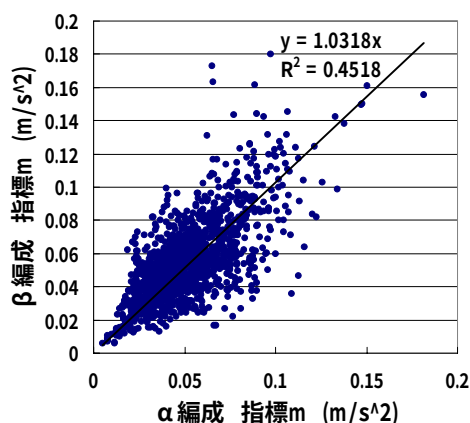


図5 編成の違いによる m 値の比較

表1 α編成 m 値上位10区間におけるβ編成の評価の例

区間	α編成	β編成
A	0.18	0.16
B	0.15	0.16
C	0.15	0.15
D	0.15	0.15
E	0.14	0.14
F	0.13	0.10
G	0.13	0.14
H	0.13	0.10
I	0.12	0.08
J	0.12	0.12

数字は指標 m の値