

# 在来線における「乗り心地基準」の検討

JR 東日本 高崎支社 設備部 施設課  
正会員 ○小林 嗣忠

## I. 背景と目的

在来線における乗り心地管理は、軌道の乗り心地状態を良好に保つこと、列車動揺の整備基準値の発生を少なくすることを目的に、軌道変位や列車動揺に対して整備目標値として定めている。しかし、整備目標値に至らないような箇所において、お客さまや乗務員からの「動揺申告」を受けることがある。そこで、より体感に近い整備目標値を提案することにより、安全・安定、そして快適な輸送に貢献できないかと考えたのである。

本研究では、お客さまや乗務員からの動揺申告を最小限にするために、車両に乗車している人が感じる揺れを把握し、「体感」に近い管理を提案することを目的とした。

## II. 列車動揺管理の目的と発生要因について

列車動揺管理の目的は、線路が列車走行に対して安全であることを前提に、乗り心地の面でも良い状態を保つために実施している。

列車動揺が発生する要因は、主に軌道変位によるもので、変位によって車軸、台車、車体が軌道変位の波長と同じ波長で車両が振動することによる。さらに、「連続軌道変位は、単独軌道変位に比べて小さい軌道変位量であっても、大きな列車動揺を発生させる場合があり、乗り心地の観点からすれば、単独変位よりも厳しい管理が必要である。」という知見もある。

## III. 現状を踏まえた列車動揺管理の課題

現在の列車動揺管理では、「乗り心地」を評価するという点に課題があると考えられる。図1は、乗り心地が悪いとされている箇所の動揺波形を表している。丸印の箇所においては、8割の被験者が「乗り心地が悪い」と評価した箇所であり、現在の管理している動揺加速度よりも小さい値を示し、体感と合致していないことを表している。

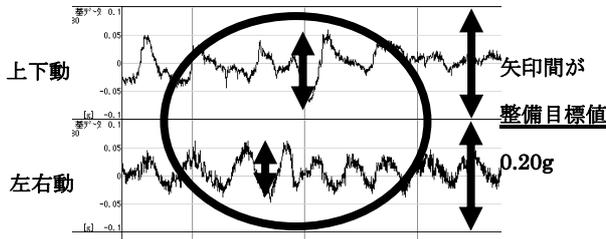


図1 振動加速度チャート図動揺加速度チャート

## IV. 体感の評価指標「乗り心地レベル」について

### IV-1. 乗り心地レベルとは

「乗り心地」は、全身で受ける振動による疲労から振動を評価したもので、これを受けて、国鉄は鉄道車両の振動の性質と実態に応じた拡張を行い、等感覚曲線を提案した。(図2)

「乗り心地レベル」は、振動の大きさ(振動加速度実効値)、振動数、及び振動感覚(応答)に、時間要素を加味し算出される。この指標は、列車動揺加速度を基に、人が感じる周波数帯を強調した「体感」というパラメータを用いた指標である。

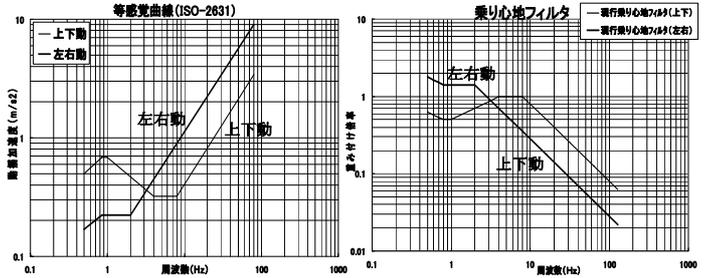


図2 等感覚曲線と乗り心地フィルタ

### IV-2. 等感覚曲線の課題

既往の研究では、この乗り心地レベルの算出に用いる等感覚曲線に課題があるとされている。列車の高速化に伴い、現行用いられている等感覚曲線では、上下動で8Hz、左右動で2Hzを超える振動成分に対し、重み付けが低すぎるというのである。ということは、「乗り心地レベル」を算出する場合、高周波数帯の振動成分に対する重み付けが極めて低く、ここに該当する周波数帯の振動があったとしても、「乗り心地レベル」の評価に反映されず、体感乗り心地と評価値が乖離することとなる。

## V. 研究内容

本研究では、乗り心地レベル算出に用いられている、等感覚曲線に着目し研究を進めていくこととした。

乗り心地レベルは、本来、線区や区間評価に用いられているが、その算出過程であるフィルタにより補正された動揺加速度を用いることにより、体感を加味した列車動揺管理値が実現可能となる。

## VI. 乗り心地データによる乗り心地フィルタの作成

### VI-1. 営業列車による乗り心地の把握

下記要領により、測定試験を実施した。

- ..... 線 区 高崎線、常磐快速線 列車本数 12 本
- ..... 対象車両 231 系、651 系及び 653 系
- ..... 測定機器 可搬式動揺測定器 80Hz までの振動を取得可
- ..... 被 験 者 鉄道関係者 20 名 列車進行方向で立位を基本
- .....

### VI-2. 被験者実験で得られたデータによる等感覚曲線

営業車による実試験データと既往の研究による知見を基に、等感覚曲線を得ることとした。図3は、被験者が不快と評価した箇所を周波数帯毎にプロットしたものである。

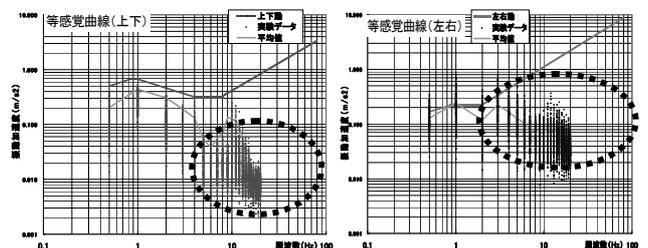


図3 等感覚曲線と実験データ

現在使用している等感覚曲線と比較すると、上下動はプロットされた点が全て下側にきていることがわかる。(丸で囲った部分)また、左右動では、既往の研究で得られた等感覚曲線図に近いものとなっている。以上の結果から、このプロットされた点の平均箇所を線で結び新たに把握した等感覚曲線とした。図4に描画している実線が、実験データから得られたフィルタを表したものである。

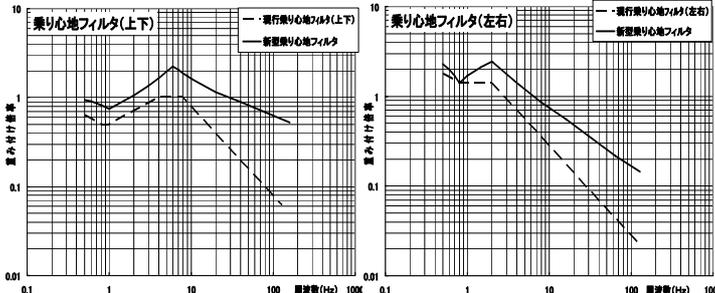


図4 乗心地フィルタの比較

**VII. 乗心地管理の新たな提案と検証**

前章で得られた乗心地フィルタにより、乗心地を加味した管理指標を提案することとした。新たに作成したフィルタで算出した乗心地レベルと重み付け動揺値(以後、**体感動揺値**と表記)の関係を図5に示す。

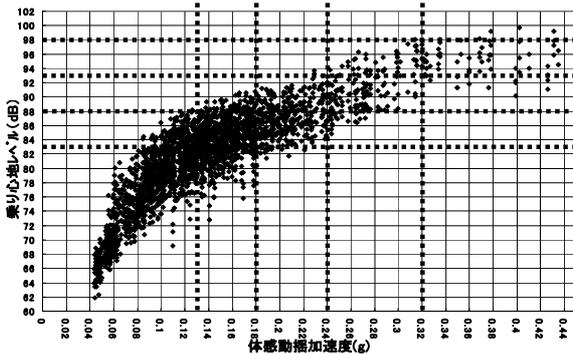


図5 体感動揺値と乗心地レベル

データによりバラツキはあるが、評価が「悪い」以上にならないことを基準に区分を決定した。これを基に、乗心地向上の指標を表1に示す。これは、あくまでも体感動揺値であることに注意が必要であり、現在の整備基準値整備により、列車の走行安全性が確保されていることが大前提である。

そして、この指標の妥当性について検証する。作成したフィルタは、特定の線区による取得データであったことから、検証用に別の線区で再度、被験者データの取得を実施した。

線区 東北線 上下線 列車本数 4本  
 対象車両 231系  
 測定機器 可搬式動揺測定器 80Hz までの振動を取得可  
 被験者 鉄道関係 9名

表1 体感動揺値による指標

体感動揺値	評価
0.13g 未満	非常に良い
0.13g~0.18g	良い
0.18g~0.24g	普通
0.24g~0.33g	悪い
0.33g 以上	非常に悪い

被験者が「乗心地が悪い」と評価した箇所(49箇所)に対する指標値の把握率により、評価を行った。指標値とは、現行動揺管理に用いる整備目

標値であり、乗心地レベルでいう「悪い」に相当する各体感動揺値を指している。

表2 把握率による比較

	「悪い」箇所	指標値以上(箇所)	把握率
現在の動揺管理	49	19	38.7%
現行乗心地解析		12	24.5%
新型乗心地解析		31	63.2%

現行動揺管理では、被験者評価の悪い箇所を19箇所把握しているということに対し、現行乗心地解析による指標では12箇所、新たに作成した乗心地フィルタを用いた乗心地解析による指標では、31箇所となる。

把握率は、表2の通りであるが、現在用いられている乗心地解析法の把握率が最も低い結果となった。これにより、現行の乗心地レベル算出方法に課題があることが明らかといえる。また、現行の動揺管理は、4割程度乗心地が悪い箇所を把握可能という結果となった。

この結果から、現行の整備目標値を厳しくするという方法でも、比較的容易に乗心地向上が図れる可能性がある。しかし、このような方法を用いた場合、乗心地という評価において、「悪くない」箇所も整備対象となることもありうる。であれば、新たに提案する指標の乗心地把握率が最も高いことから、整備対象箇所の優先順位を明確にするという点で有効であると考えられる。また、表2の結果から、新たな乗心地フィルタの妥当性が確認できたといえる。

**VIII. まとめと今後の課題**

今回、高崎線・常磐線の一部区間を用いて等感覚曲線を作成したが、本来ではあれば、様々な線区でデータ取得し更に精度の高い乗心地レベルの算出ができたのではないかと考えられる。また、車両形式においても、通勤車両、特急車両を用いて今回はデータを取得したが、多くの車種によりデータを取得するといった方法もある。このように、乗心地フィルタを唯一のものとして定めるといより、主要線区の主要車種により回数を重ねて等感覚曲線の精度を高め、各線区の乗心地フィルタ(線区に適した等感覚曲線)を求め管理するという手法があっても良いのではないかと考える。

人間の感じ方は、一つであるから等感覚曲線は、一つという考え方もある。しかし、走行する車両の種類、列車速度により、体感は変化すると考えると、等感覚曲線を変化させるか若しくは、列車速度、車両特性により補正をかけるといった方法で、より「体感」に近い管理値となると考えられる。

キーワード:

等感覚曲線、乗心地フィルタ、乗心地レベル、体感動揺値

連絡先:

〒370-8543 群馬県高崎市栄町 6-20

東日本旅客鉄道株式会社 高崎支社 設備部 施設課

TEL 027-320-7130