

S1-3-4. 乗心地の体感評価と物理量に関する一考察

[機] ○林 哲也(J R 東海) [機] 森下 佳孝(J R 東海) [機] 坂上 啓(J R 東海)

A Study of Relation between Human Sense and Measured Value about Train Ride Comfort
Tetsuya Hayashi (Central Japan Railway Company), Yoshitaka Morishita, Kei Sakanoue

To evaluate train ride comfort, human sense is important but has difficulty in deciding objectively because of its unreliability. In this paper, two examples that show effective method of application using human sense are introduced. The first shows how evaluation of train ride comfort changes according to the attribute of subjects. As a result of the tests using a vehicle dynamic simulator, developers of high speed train can evaluate train ride comfort better than ordinary people with precision. The second shows human sense is effective to evaluate train ride comfort. The results of research about train ride comfort answered by developers of rolling stocks when they ride train have a tendency as measured value.

キーワード：乗心地、体感、物理量、シミュレータ

Keywords: Train ride comfort, Human sense, Measured value, Simulator

1. はじめに

鉄道車両の乗心地評価は、実車を用いた走行試験で計測した測定値と、体感による評価を併せて行われることが多い。

このうち、計測された物理量については、その評価手法が各種考案されており、例えば曲線通過時の左右定常加速度は何 m/sec^2 までなら許容する、といったように客観的な評価を行うことができる。その一方で、体感評価についてはその重要性は認識されながらも、感覚に個人差があること、人間の記憶力に限界があること、表現の難しさなどから、その結果を多くの人に共有できる形で残すことには困難が伴い、最終的な評価を行う場面では補完的な位置づけに置かれることも少なくない。

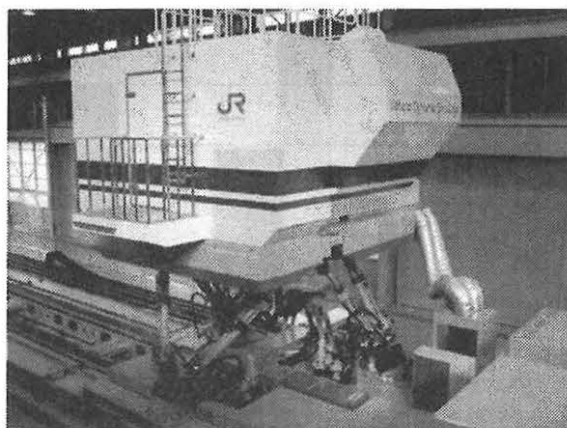


図1 車両運動総合シミュレータ

他方で、鉄道車両の乗心地は従来と比べて改良されているが、これに伴って乗心地を評価する上で考慮すべき現象についても、①何を対象とするか、②どの程度を基準とするか、といった状況が以前とは異なる。また乗客のニーズも変化しており、これからの鉄道車両の乗心地を考える際には、従来の手法を踏襲するだけでは十分とは言えない。

著者らは、乗心地の体感評価を実験室内で行うことができる「車両運動総合シミュレータ」(図1)を開発し、乗心地の評価について新たな指標の導入に向けた研究を行っている。ここでは体感評価が、計測された物理量と比較して、どの程度の精度を有するか調査した結果について、紹介する。

2. 被験者の属性と評価精度の関係

<2.1>被験者の選定における課題

乗心地の評価を行うにあたって、「誰が」それを行うのかは、本来は重要な事項である。しかしながら、従来行われていた実車での走行試験という環境下では、時に長期に渡って行われる試験に継続的に参加できる人間はおのずと限られてしまい、走行試験の関係者が対象となることが多かった。また、平均的な乗客層の評価に近い結果を得ることを狙って、車両開発とは無関係の被験者を集めて走行試験を行うような試みもなされているが、時間的な制約の下で用意できる試験条件は限られていた。前述のシミュレータを用いた実験では、以上のような制約を受けないため、より自由な条件設定が可能となったが、その自由度の高さゆ

えに誰を被験者とするかについては一定の整理が必要となった。

<2.2>一般被験者の体感評価の精度

体感による乗心地評価の精度を検証するために、シミュレータを用いた実験を行った。試験条件は以下に述べる通りである。①：実車で測定された加速度（前後、左右、上下）を元に、曲線通過時の左右定常加速度の値を 1.2 倍から 2.0 倍まで増加させた状況をシミュレータ上に用意する。②：実車の乗心地と①で用意した条件のどれかひとつを、被験者に順序を教えずにランダムに提示して比較させ、大小関係を判定させる。③：条件を変えて②を繰り返す。

鉄道車両の開発とは無関係な一般の被験者 28 名に対して、上記の実験を行った結果を図 2 に示す。比較する加速度の比が大きいほど、判定は容易になると予想していたが、本実験結果からは実車の 2 倍の左右加速度との比較においても、正しい回答をしない被験者が 25% 存在した。

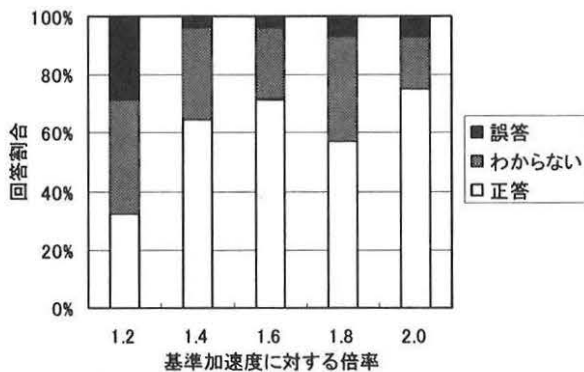


図 2 一般被験者が行った加速度の大小判定結果

そこで、加速度に対する体感の個人差が、回答精度に影響している可能性について検証するため、上記の実験結果を体感の鋭い被験者と鈍い被験者に分類して集計した（図 3）。

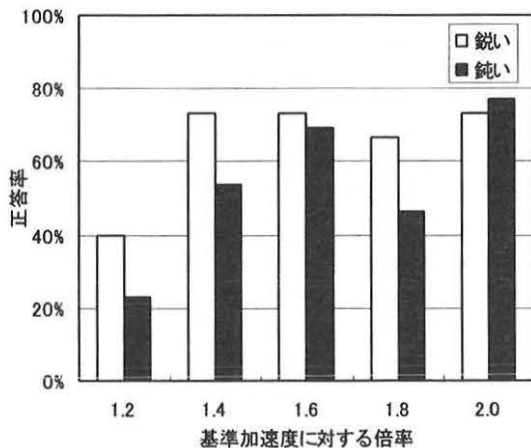


図 3 体感の鋭さによる乗心地の判定精度の差

ここでの「鋭い／鈍い」の判定は、以前筆者が提案した加速度に対する感覚閾値の試験方法²⁾を被験者らに適用して行っている。これは、シミュレータ上で振幅が漸増する単一周波数の正弦波状の加速度を体感させ、加速度を感じ始めたタイミングを回答装置により答えさせ、そのタイミングの早さによって体感の鋭さを判定するものである。

図 3 に示す通り、感覚が鋭い者が必ずしも鉄道車両の乗心地の良し悪しを正確に判定しているとはいえない。

<2.3>開発関係者の体感評価の精度

被験者が車両開発に近い立場の場合に、回答精度が一般の被験者とどの程度異なるかについて検証した。前節と同じ実験手順で、社員（10 名）を対象にして試験を行った結果を図 4 に示す。

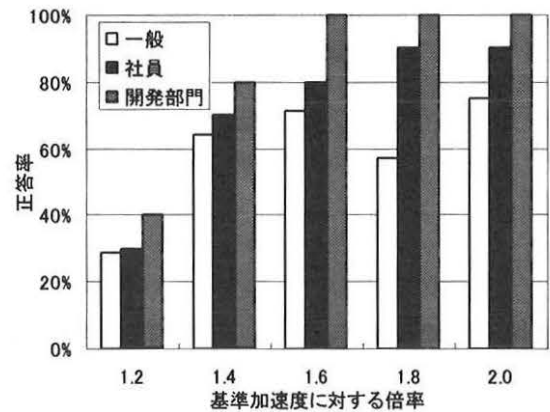


図 4 被験者の属性による解答精度の比較

図 4 から、社員の方が一般の被験者より回答精度が高い傾向を示している。特に社員のうち直接車両開発に携わっている者（5 名：再掲）について注目すると、正答率がより高くなっている。

上記の結果は、同一条件での比較可能なデータ数が限られているため、より多くのサンプル数がそろっている条件について、比較を試みた（図 5）。

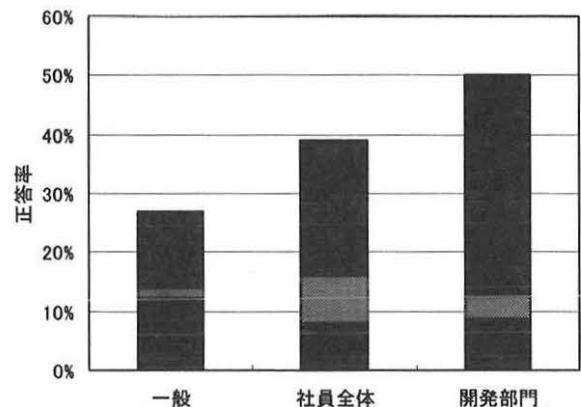


図 5 定常加速度 1.2 倍を正しく判別した人の割合

図5に示すように、一般被験者(41名)と比較して、社員(41名)の方が正答率が高くなる。また社員のうち開発部門の者(22名)に限って再掲すると、正答率は更に高くなる。

<2.4>被験者の属性に関する考察

以上の結果から、一般の被験者が乗心地を体感評価した場合の精度は、感覚の鋭いか鈍いかに関わらず、必ずしも高いとは言えず、開発関係者の評価の方が精度よく評価を行えることが示された。評価を開発関係者が行うと、当事者として望ましい結果が得られるように回答することが危惧されるが、本実験のようにシミュレータを使用して被験者に分からないように試験順序をランダムに提示すれば、そのような心配はない。これらのことから、試験手続きを適正に踏めば、乗心地の体感評価は鉄道車両の開発関係者を対象とすることで、より高い精度で行うことができるという。

3. 実車における体感評価の有効性

<3.1>実車に対する体感評価の適用例

実際の線区における乗心地の評価を、体感によって行った例を示す。調査方法は、営業線の中から8箇所を調査区間として定め、開発部門の社員が移動で列車を利用する際に、アンケート用紙に記入する方式で行った。記入項目は、各調査区間における乗心地を5段階評価で行うほか、乗車位置や調査区間通過時の対向列車の有無などである。

<3.2>調査結果

ここでは得られた回答のうち、車両形式がそろっている105件について述べる。

調査区間ごとの乗心地を集計したものが、図6(a)である。ここでは乗心地がよい方を1点とし、わるい方を5点として各回答の平均値を求めており、点数が低いほど乗心地が

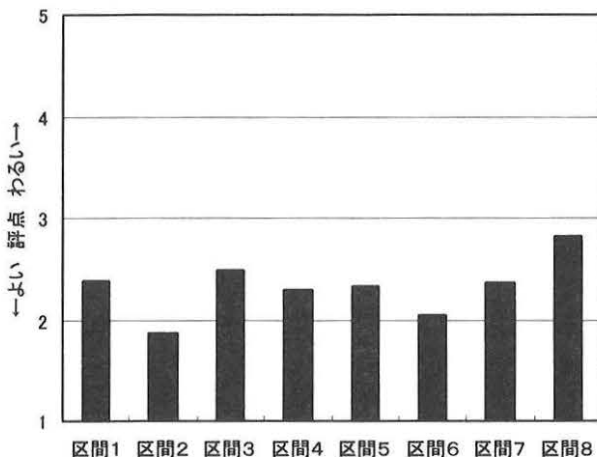


図6(a) 体感評価による調査区間ごとの乗心地

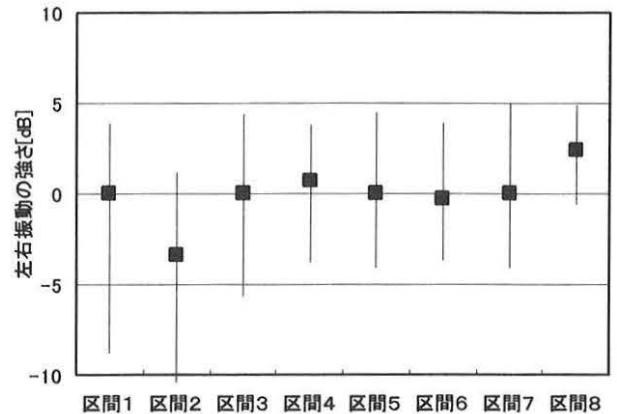


図6(b) 計測データによる調査区間ごとの乗心地

よいことを示している。これらの区間について、営業列車に付けたセンサーにより加速度を計測した結果が図6(b)である。

この結果から体感による評価は、実測データによる調査区間ごとの乗心地の傾向と、よく合っていることが分かる。

また、乗車位置に注目して回答結果を集計したものを、図7(a)に示す。ここでは乗心地について特徴的な傾向を示す、最後尾車とパンタグラフ搭載車、その他の車両の3通りの分類としている。同様に、実車で計測された乗心地を図7(b)に示す

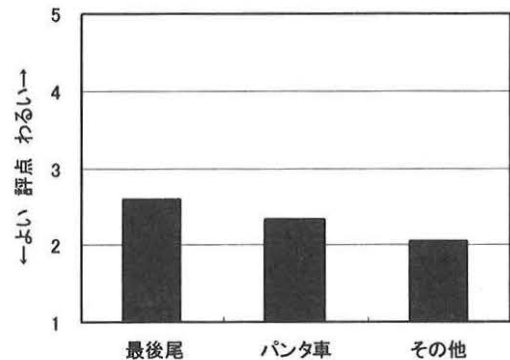


図7(a) 体感評価による乗車位置ごとの乗心地

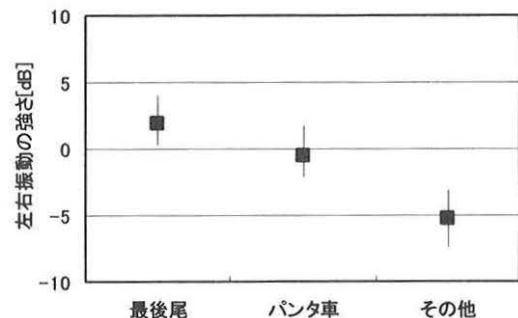


図7(b) 計測データによる測定位置ごとの乗心地

この結果から、乗車位置の違いによる乗心地の差についても、体感評価は実測データとよく似た傾向を示していることがわかる。

更に、対向列車の有無に着目して、集計を行ったものを図 8 (a) に示す。実車における計測データは図 8 (b) の通りである。

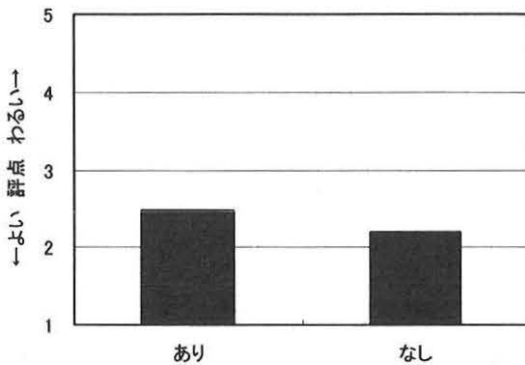


図 8 (a) 対向列車の有無と乗心地の関係

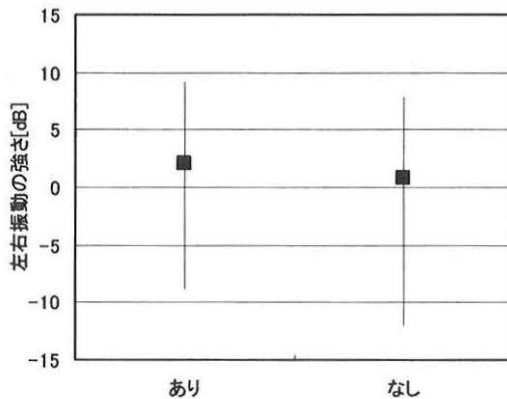


図 8 (b) 計測データからみた対向列車の有無の差

この結果から、対向列車の有無による乗心地の差についても、体感評価は実測データとよく似た傾向を示していることがわかる。

<3.3> 物理量と比較した体感評価に関する考察

前節で示したように、体感による評価は実測データと比較して、区間や号車、対向列車の有無など様々な違いについて、よく傾向を表しているといえる。このことから、営業列車を対象とした場合でも、調査方法を適切に定めることにより、実測に匹敵する精度で乗心地の傾向をつかめることが分かった。

4. まとめ

乗心地の評価を体感で行うことについて、2つのケーススタディを示した。これらのことを通じていえるのは、適切な調査方法をとれば、体感評価は計測された物理量と比

較して遜色ない精度で、その傾向をつかむことができるということである。また、鉄道について知識を多く持った人間の対象とすれば、より精度が高い評価を行えることが示された。

今回得られた知見を元に、より快適な車両の開発に向けて引き続き取り組んでいく。

参考文献

- (1) 林他、機械学会年次大会講演論文集、2003、211-212
- (2) 林他、機械学会第 11 回交通・物流部門大会講演論文集、2002、171-174