

座席の振動を調べる

島宗 亮平

人間科学研究部(人間工学 主任研究員)



しまむね りょうへい

はじめに

座席は腰掛けるための設備であり、人間が直に接するため快適性に大きく影響を与えます。家具などの静的な環境で使われる座席は、体と接触する部分の形状、クッション、各部の寸法、意匠などの要素が快適性を左右します。一方、鉄道車両用の座席は振動環境で使用されるため、振動特性も重要な要素となります。床面の振動に対して、座面や背もたれで観測される振動の大きさは同じではなく、周波数によって増減することが知られています。本稿では鉄道車両用の座席について、振動測定方法および評価法の代表的な方法を紹介します。

振動台による測定

(1)測定方法

座席を振動台に載せた状態で、振動を測定する主な方法

として、国際標準化機構に規定された方法(ISO-10326-2)があります。この評価法では座席を床面(振動台のテーブル)に取り付け、前後、左右および上下の3方向について加振します。振動台の加振条件は、周波数が実際の車両で生じる成分をほぼ満足できる0.5~50Hz、振動の大きさが加速度の実効値で 1.6m/s^2 と定められています。

図1に振動の測定方向を示します。床面、人間の臀部と座面の接触部(以下:座面)および背中と背もたれの接触部(以下:背もたれ)について、それぞれ前後(x)、左右(y)および上下(z)の3方向の加速度を測定します。床面の測定は一般的な加速度の測定と同じように加速度計を接着剤や両面テープで取り付けますが、座面や背もたれの測定には専用の計測機器を用います。座面の測定は、図2(a)に示したシートパンと呼ばれる薄い半硬質の素材でできたプレートを使用し、臀部と座面の間に挟み、被験者へ不快感

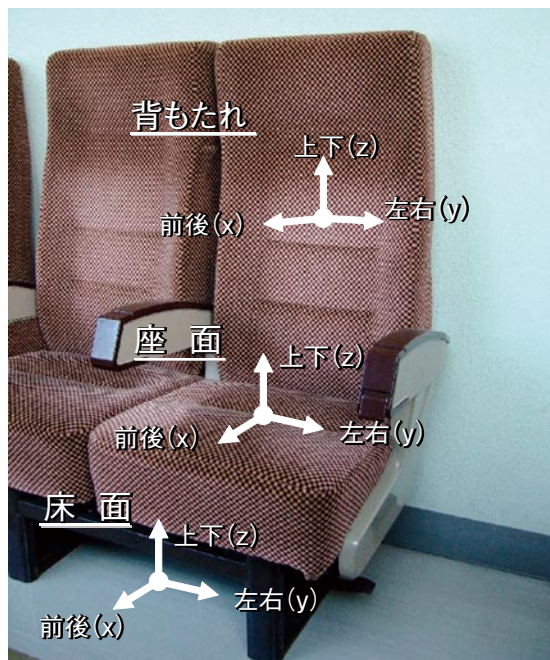


図1 振動測定方向(振動台測定)

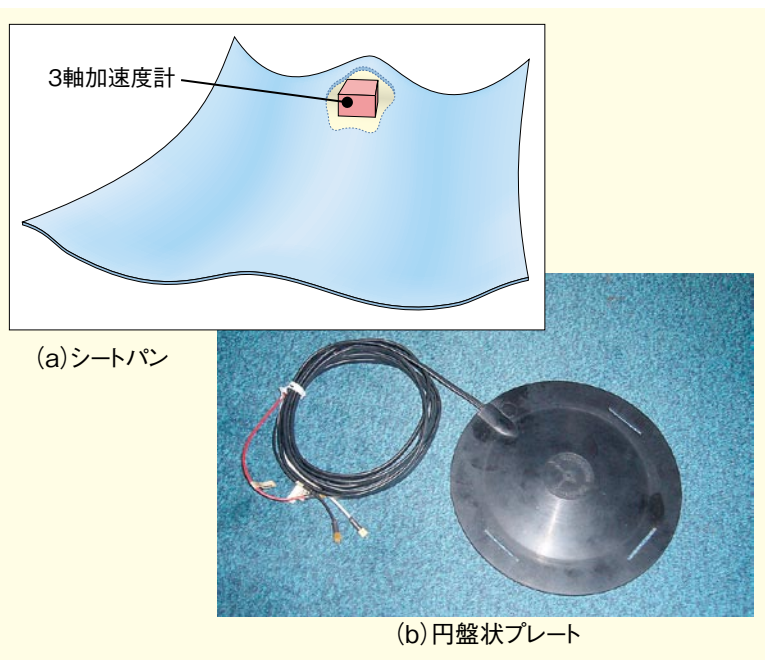


図2 座席の振動を測定する計測機器



図3 振動台による測定風景

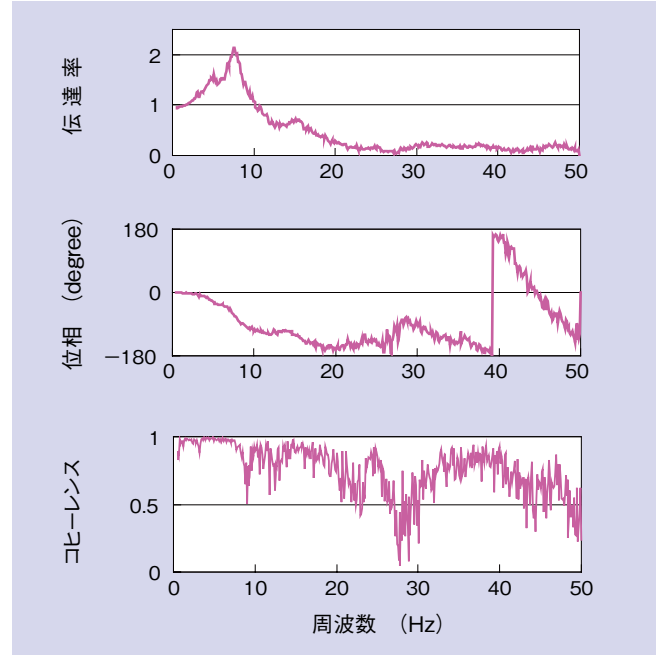


図4 振動台による測定結果の例
(上下加振に対する座面上下(z)方向)

を与えないようにします。一方、背もたれの測定には、図2(b)に示した円盤状のプレートを使用し、人間の背中と背もたれの上に配置します。シートパン、円盤とも3方向の測定が可能な加速度計が内蔵されています。なお、測定中に着席する被験者は体重55kg(女性5パーセンタイル^(注1))に相当と90kg(男性95パーセンタイルに相当)の2名が規定されていますが、同じパーセンタイルの日本人の体重がそれぞれ43kgと82kg程度であるため、かなり大きな体格の被験者だと言えます。

3方向の床面加速度に対して座面および背もたれで測定された各方向の加速度の組合せ(全部で18通り)について、伝達率、位相、コヒーレンス^(注2)などを求めて振動特性の評価を行います。

(2) 測定例

図3に振動台で座席の振動測定を行った際の様子を例示します。この測定では被験者の代わりに衝突試験で用いるダミー人形を使用しています。両腕が取り外されているのは人形の体重を調整するためです。

図4に測定結果の例として、上下方向に加振した際の座面の上下(z)方向の振動特性を示します。上段のグラフは

伝達率と周波数の関係で、床面加速度に対する座面加速度の大きさの比を表しています。試験を行った最も低い周波数の0.5Hz付近では1程度で、座面と床面の加速度はほぼ等しい大きさであることが解ります。ここから周波数の増加とともに伝達率が増加して7~8Hzで最大となります。この周波数はダミー人形が振動しやすい固有振動数で、座面加速度は床面加速度の2倍以上となっています。更に周波数が高くなると伝達率が低下し、10Hz以上では座面加速度が床面加速度より小さくなることが解ります。

中段のグラフは位相と周波数の関係で、床面振動に対する座面振動の遅れの程度を表しています。0.5Hz付近では位相がほぼ0で、座面振動は床面振動に対して遅れることなく同相の動きをしていることが解ります。周波数が増加すると位相が負となり、座面振動は床面振動に対し遅れていることを示しています。そして、45Hz付近で位相は-360度となり、座面振動は床面振動に対して1周期の遅れとなります。

下段のグラフは、コヒーレンスと周波数の関係を示しています。本測定法ではコヒーレンス0.6以上の周波数領域を有効な振動特性としています。

(注1) **パーセンタイル** データを小さいものから大きいものへと順番に並べ、全体を100とした場合に何番目であるかを表したものの。例えば、データが60個の場合、95パーセンタイルは57番目となります。

(注2) **コヒーレンス** 二つのデータ、例えば、床面加速度と座面加速度との相関の強さを表す指標で、相互に完全な相関がある(全く同じ相互関係が繰り返される)場合は1、相関が全く無い(繰り返しの類似性が全く無い)場合は0となります。

走行試験による測定

(1)測定方法

前章で述べた振動台による振動測定は、定められた加振方法に基づき座席の振動特性を評価するため、異なる座席を比較するには適していますが、実際に走行している車両の乗り心地を評価することは出来ません。座席を含めた走行中の振動に関する乗り心地の評価法としては、さまざまな快適性の評価法を規定した欧州暫定規格 (ENV12299)

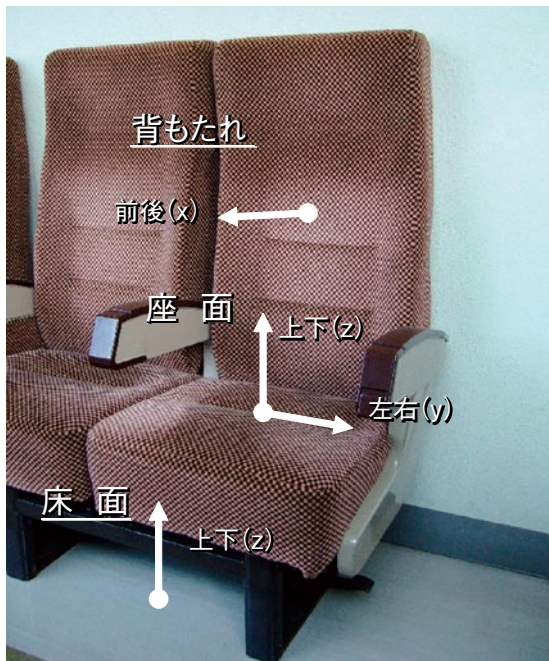


図5 振動測定方向(走行試験)

に記載されている「完全法」があります。

この評価法は、図5に示した床面上下(z)、座面左右(y)、座面上下(z)および背もたれ前後(x)の4種類の加速度を評価に用います。座席の測定には振動台による測定と同じ計測機器(図2参照)を使用し、被験者は振動台による測定とほぼ同じ体重の2名もしくは50パーセントの体重の2名を必要とします。4種類の加速度を5分単位で測定し、以下の手順で処理を行います。

- ①人間の感覚に合うようフィルタで重み付けを行う。
- ②5秒ごとに加速度の実効値を算出する(60個の加速度実効値のデータが得られる)。
- ③加速度実効値のデータの中から95パーセント値を求める。
- ④4種類の加速度実効値の95パーセント値を計算式に代入して快適性を表す N_{VA} 評価値を算出する。

このようにして求めた N_{VA} 評価値を次の評価区分に当てはめると、我が国の乗り心地評価に使われている「乗り心地レベル」のように5段階で快適性の程度を表すことが出来ます。

$N_{VA} < 1$	非常に快適
$1 \leq N_{VA} < 2$	快適
$2 \leq N_{VA} < 4$	普通
$4 \leq N_{VA} < 5$	不快
$5 \leq N_{VA}$	非常に不快

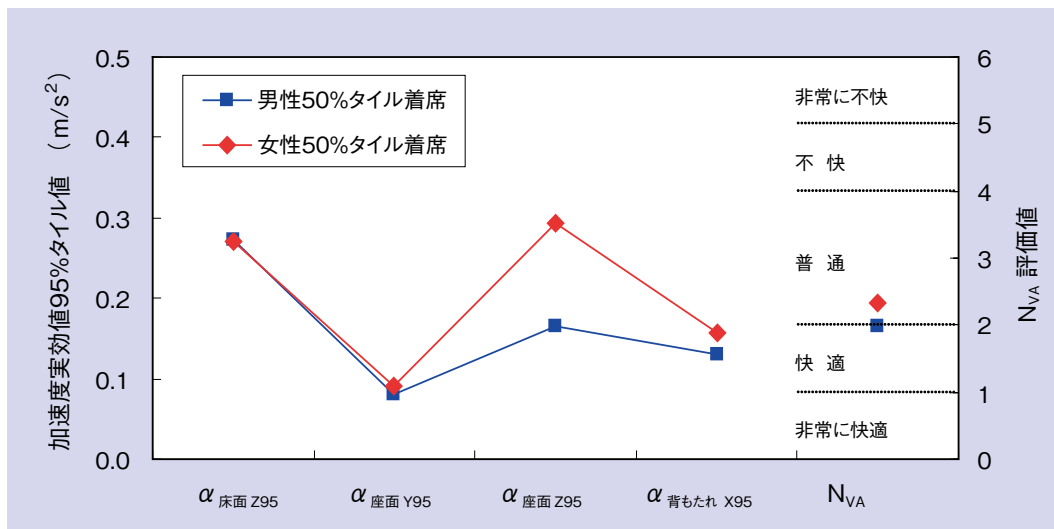


図6 走行試験による測定結果の例

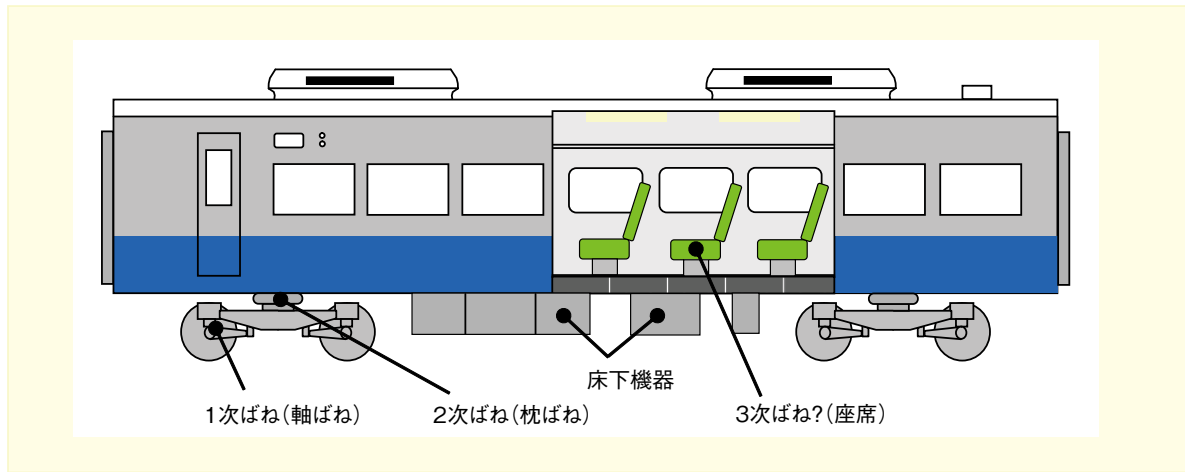


図7 車両のサスペンションのイメージ図

(2)測定例

図6に測定例として、同じ座席に50パーセントの男女各1名が被験者として座った場合の測定結果を示します。ここでは、前項の手順③で求めた4種類の加速度実効値の95パーセント値(左側スケール)と手順④で求めた N_{VA} 評価値(右側スケール)を1つのグラフに記載しています。

この例では、 N_{VA} 評価値は男性50パーセントが被験者の場合は「快適」と「普通」の境界付近に、女性50パーセントが被験者の場合には「普通」に区分され、わずかながら女性の方が乗り心地が悪くなる結果となりました。 N_{VA} 評価値の算出に使用した加速度実効値の95パーセント値を見ると、男女の被験者間で床面上下($\alpha_{床面Z95}$)、座面左右($\alpha_{座面Y95}$)および背もたれ前後($\alpha_{背もたれX95}$)は同程度の値となっていますが、座面上下($\alpha_{座面Z95}$)に差があることが解ります。体重が軽い女性が被験者となった時の方が、座面の上下方向については大きな加速度が生じていたことが主な理由です。

おわりに

本稿で紹介した方法などで座席の振動を調べてみると、座席のクッションは周波数によって振動を低減する効果を持っていますが、一方で座席の構造によっては想定してない共振などにより不快な振動を発生させていることが解ってきました。座席の振動に関しては、まだ明らかにされて

ないことも多く、今後はさらに知見を集め、この振動特性を上手く利用して乗り心地改善へ役立てていくのが課題と言えます。例えば、現在の旅客車両は乗り心地を確保するため、図7に示すような1次ばねと2次ばねの2元系のサスペンションで構成されていますが、これらばね系でも取り除けない振動や、これらばね系では対処が難しい床下機器などから発生する振動などに対して、座席を3次ばねのように活用することができれば、さらに乗り心地の改善を図れる可能性があります。[RRR]

文献

- 1) ISO 10326-2 : Mechanical vibration - Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration Part2 Application to railway vehicles, 2001
- 2) ENV 12299 : Railway applications - Ride comfort for passenger - Measurement and evaluation, 1999