着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響* (実験的研究)

西山修二^{*1}, 武田史郎^{*2}, 竹島透^{*2}

Influences of Sitting Posture on Vibration Characteristics of the Human Body (Experimental Investigation)

Shuji NISHIYAMA, Fumio TAKEDA and Tooru TAKESHIMA

We present the influences of sitting posture on vibration characteristics of the human body in a moving vehicle. The vibration characteristics of a seated human have been measured with both sinusoidal and random vibration in the vertical and fore & aft directions at frequencies up to 20 Hz. Measurement points on the body are the head, chest, hip, thigh, and shin. Six subjects were studied used to elucidate the factors (angle of seat cushion and of seat back) that may affect human dynamic behavior. It was found that the sitting posture exerts a serious influence upon human dynamic behavior. Some results are presented in the form of parametric plots and tables.

Key Words: Human Dynamics, Ride Comfort, Sitting Posture, Experimental Investigation

1. ま え が き

人間が振動状態にある場合の官能評価についての研究は古くから行われている^{(1)~(4)}。人体への振動伝達特性などについての研究も報告されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

金田ら⁽⁷⁾は座席から人体せき柱を伝ばする振動の計測を行っている。入力振動のスペクトルによって振動の影響を受けるせき柱の部分異なる可能性があることを示唆している。

Fairley ら⁽⁸⁾は着座した人体の動質量周波数応答関数を 20 Hz を上限とする上下ランダム加振で測定している。測定位置は尻下部の位置である。フットレスト、背もたれ、姿勢、筋肉の緊張、振動の強度などによる影響について示している。さらに、男性、女性、子供からなるグループに対して応答の個人差についての結果も報告している。

土居ら⁽⁹⁾は車両が空起乗り越しする場合に、人体シート間の座面とシートバックの上下方向加速度を計測している。花井ら⁽¹⁰⁾は、木製の椅子の上に着座した人

体が受ける振動をフロアから頭部、首、胸部への加速度伝達率を測定している。北川ら⁽¹¹⁾は、上肢から下肢までの人体振動特性を計測し、各乗り心地現象に対する人体の敏感な部位を示している。

Varterasian⁽¹²⁾は15人の被験者に対し、種々のシートに対する人体頭部での振動伝達特性を測定している。

以上の研究は尻下部あるいは頭部での計測が大半で、人体各部での詳細な計測データは報告された例がない。

本研究は、人体・シート系の振動特性として三軸振動試験装置の加振台上に乗用車用実シートを設置し、シートに着座した各被験者の人体各部に受ける振動の影響を実測する。着座姿勢が人体挙動に及ぼす影響、人体各部の振動特性の相違、被験者による影響等について検討する。着座姿勢による影響を検討するためにシートの座面角度とシートバック角度を変化させて人体各部の振動伝達特性を実測する。測定位置は着座状態において頭部、胴体部、大腿部、下腿部の重心位置と尻下部とする。被験者は年齢、性別、体型などが異なる6名について実施する。加振入力には正弦波加振および一般路面走行を模擬したランダム加振について実施する。

* 1994年12月8日 第3回交通・物流部門大会において講演、原稿受付 1995年2月17日。

^{*1} 正員、広島市工業技術センター (〒730 広島市中区千田町3-8-24)。

^{*2} デルタ工業(株) (〒735 広島県安芸郡府中町新地1-14)。

2. 実 測

2・1 測定装置の構成 図1は測定に使用した試験装置の構成と測定データの流れを示す。実測に用いた装置は三軸振動加振機、制御器、加速度計測用センサ、アンプ、データレコーダ、FFTアナライザ等で構成されている。測定点が多数あるので測定データは一度データレコーダに記録し、解析する。

2・2 被験者 振動試験は、成人男子1名、成人女子1名、体型の異なる高齢者男子2名、生徒男子1名、児童女子1名からなる計6名の被験者に対して実施した。被験者の人選は、現代人の日本人50パーセンタイル値⁽¹³⁾あるいは平均値⁽¹⁴⁾等を参考にし人選した。被験者の身長および体重等の幾何学的特性は表1のとおりである。

2・3 測定位置 図2は加速度の測定部位と加速度の測定方向を示す。人体の頭部、胴体部、大腿部、下腿部の重心位置と尻下部の5箇所について測定する。測定方向は頭部、大腿部、下腿部は上下、前後、左右方向について測定する。胴体部については、胴体部に沿った方向(z')、胴体部に鉛直方向(x')、および左右方向を測定する。尻下部は上下方向のみとする。測定は人体各部の表層部で測定する。

2・4 測定状態 図3に示すように振動試験台に

実シートを設置し、各被験者に対して最終着座姿勢が人体の振動特性に及ぼす影響を調べる。座面角度が5~20°に対し、シートバック角度を100~120°と変化し、着座姿勢が人体各部の動的挙動に及ぼす影響を実測する。被験者は各角度に設定されたシートのシートバックおよび座面に体が密着するように着座する。両膝間の開き寸法は各被験者の両手の最大手幅⁽¹³⁾として、脚部の位置を決定する。大腿部が座面全域に接するように下腿部の角度を調整する。両手は軽く握り大腿部付根に保持する。視線は前方4.1mの壁を見つめる。頭部は垂直に保持する。被験者は筋肉の緊張をほぐし安楽姿勢(弛緩状態)で着座させる。足とフロア間は現実をなるべく再現するために厚さ30mmのスポンジマットを振動試験台の上に敷き、靴を脱ぎ、靴下をはいた足をその上に置く。被験者6に関しては座面角度が増加すると足がフロアから非接地状態となるのでスポンジマットをさらに厚くし130mmとする。

加振台へのシートの取付けは座面の角度を可変とするために自在ジグを使用して取付ける。

2・5 加速度センサ取付用装置の開発 頭部、胴体部、大腿部、下腿部の三軸方向および尻下部の上下方向の加速度を計測可能とするために、各部専用のセンサ取付用装置を開発した。

図4は頭部の加速度計測用として開発した装置を示す。この装置はトランスイソプレン系樹脂のシート素

Table 1 Characteristics of the six subjects

Subjects	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)
1	Male	30	171.0	62.0
2	Female	23	161.0	50.0
3	Male	60	165.0	54.0
4	Male	60	163.0	62.0
5	Male	12	157.5	46.0
6	Female	9	134.0	29.0

Fig. 1 Apparatus and data flow

Fig. 2 Measurement points and its directions

Fig. 3 Subject attached acceleration sensor

材を使用して作成した。トランスイソブレン系樹脂のシート素材は、室温では半硬質材料であり、約70℃に暖めるとやわらかくなり、型取りが容易な材料である。厚み3mmのトランスイソブレン系樹脂のシート素材100×100mm2枚を重ねたものを外径165mmの球形に押しあて曲面を作成する。頭部へ固定するための布ベルトを作成した曲面2枚の間に密着する。さらに曲面の中心には40×50mmのトランスイソブレン系樹脂のシート素材を張り付け、計測中に加速度センサが水平に保持できるようにする。加速度センサを装着したときの総重量は260gである。

図5は胴体部の加速度を計測するセンサ取付用装置を示す。本装置はシート用の背プラスチック板を250×120mmのサイズに切断したものを用い下面に厚さ2mmのフェルトを張り付け、上面はシートバック曲面と密着するように台形状としている。加速度センサを装着したときの総重量は400gである。胴体部への取付けは布ベルトで行う。

図6は尻下部の加速度を計測するセンサ取付用装置を示す。厚さ8mmのアルミニウム板100×150mmの両側に厚さ10mmのフェルトを置き、下面は厚さ

10mmのスポンジを密着させる。上面は300×200mmのゴム板を張り合わせる。ゴム板の形状は座面形状に密着するように台形状とする。本装置に装着する加速度センサはチャージ式加速度計を使用する。本装置の総重量は1700gである。

図7は大腿部および下腿部の加速度を計測するセンサ取付用装置を示す。大腿部および下腿部の計測用装置は同一形状とする。厚さ1.2mm、幅50mmのアルミニウム板を短形状に折り曲げ、布ベルトのバックル上にトランスイソブレン系樹脂のシート素材を挟んで取付ける。各姿勢に応じて加速度センサが水平に保持できるように装置に装着する。総重量は270gである。頭部、胴体部、大腿部、下腿部については、動ひずみ式加速度センサを使用し、各部の三軸方向の加速度を測定する。

2・6 加振入力 加振入力としては、正弦波加振とランダム加振の2種類について実測する。周波数応答特性においては周波数を2～20Hzとし、全振幅5mmの正弦波を対数掃引する。

ISOでは⁽¹⁵⁾、共振周波数 f_r の±10%以内の周波数領域において応答の大きさに5%以上の誤差を生じないために、1分間当たりの掃引速度 df/dt を次のように決めている。対数掃引の場合は式(1)となる。

$$df/dt = 77.6 f_r / Q^2 \quad [\text{オクターブ}/\text{min}] \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 Q は Q 値と呼ばれ、定常に達した共振峰の

Fig. 4 Measurement tool for head

Fig. 5 Measurement tool for chest

Fig. 6 Measurement tool for hip

Fig. 7 Measurement tool for thigh and shin

大きさと静負荷時の応答の大きさとの比として定義されている。共振峰の両側で大きさが頂上のエネルギーが半分になる周波数振幅を Δf_r 、減衰比を ζ とすれば次式が成立する。

$$\Delta f_r = 2f_r \zeta \quad [\text{Hz}] \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = 1/2\zeta = f_r / \Delta f_r \quad \dots\dots\dots (3)$$

成人男子による予備試験で求めた周波数応答関数の図から f_r と Δf_r を読み取り式(3)から Q 値を計算し、式(1)から掃引速度を決定する。本研究では 2~20 Hz の掃引時間を約 90 秒とする。

一般路面走行特性としては、路面の凹凸を有する路面上(国道 188 号線)をセダンタイプの車両が一定速度で走行した場合に車両のフロア上で観測された上下方

向加速度を三軸振動試験装置に入力信号として使用する。

図 8 は入力信号の加速度と周波数の関係を示す。

3. 実 測 結 果

3.1 座着姿勢による影響 図 9 に示すようにシートの座面角度を 5, 10, 20° に対してシートバック角度を 100, 110, 120° と変化させて着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響について測定した。

図 10 は成人男子頭部上下方向加速度比(フロア上下方向加速度との比)を示す。座面角度は 10° とし、シートバック角度を 100°, 110°, 120° と変化した場合の実測結果を示す。

図 11 は成人女子頭部上下方向加速度比を示す。座面角度は 10° とし、シートバック角度を 100°, 110°, 120° と変化した場合の実測結果を示す。

表 2 (a)~(c) は各被験者に対する実測結果を示す。数値は加速度比のピーク値を示し、カッコ内の数値はピークとなる共振周波数を示す。胴体部の値は胴

(a) Sinusoidal

(b) Random

Fig. 8 Vibration magnitude

Fig. 9 Angle of seat cushion and backrest

Fig. 10 Vertical acceleration ratio for subject 1

Fig. 11 Vertical acceleration ratio for subject 2

体に対して鉛直方向(x')の値を示している。

頭部における上下方向加速度比については、各被験者ともシートバック角度が大きくなると、加速度比は減少する傾向を示す。座面角度が小さくなると、被験者1, 2, 4については加速度比は減少する。その他の被験者については顕著な傾向は認められない。胴体部については、シートバック角度が大きくなると、全ての被験者の加速度比は増加する。座面角度による影響は認められない。尻下部については、シートバック角度による影響は認められない。座面角度が小さくなると、被験者1, 2, 4, 5は加速度比が増加する。他は影響が認められない。大腿部はシートバック角度が大きくなると、被験者6は加速度比は増加するが、その他の被験者は影響が認められない。座面角度が小さくなると、被験者1, 2は加速度比が減少する。その他の被験者は変化が認められない。下腿部については、シートバック角度が大きくなると、被験者1, 4, 6は加速度比は減少する。他は変化が認められない。座面角度が小さくなると、すべての被験者の加速度比は減少する。

表2(d)はランダム加振の場合の被験者1, 2についての実測結果を示す。正弦波加振の場合に比べて、ランダム加振のほうが加速度比のピーク値が大きくなり、さらに共振周波数も高めとなる傾向を示す。

3・2 被験者の幾何学的特性値による影響 図12(a)~(f)は各被験者の人体各部の振動特性を示す。周波数が増加していくと、共振部が頭部、胴体部、上腕、下腕、大腿部、下腿部へと推移していく様子が観測される。

図13は人体各部における、被験者による影響を示す。人体各部の振動特性は、2 Hz から 20 Hz まで周波数が増加していくと3~6 Hzの帯域で一度ピークとなり、さらに周波数が増加していくと各部の特性は漸減変曲しつつ一定値に減衰していく特性を示す。成人男子・女子および高齢者男子2名については、頭部、胴体部、尻下部において3.5 Hz 周辺でピーク値をとり、大腿部と下腿部は5.5~6 Hz 周辺においてピーク値を示す。

生徒男子と児童女子については、頭部、胴体部、尻

Table 2 Peak value and resonant frequency

(a) Subject 1 and 2

Body	Cu	Sub Bk	1			2		
			100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.		3.20(3.40)	2.81(3.75)	2.92(3.75)	3.06(3.85)	2.93(4.05)	2.66(4.00)
	10		2.80(3.70)	2.72(3.60)	2.43(3.65)	3.21(3.95)	3.01(3.85)	3.01(4.05)
	5		2.46(3.65)	2.41(3.70)	2.32(3.90)	3.17(3.85)	2.88(3.95)	2.48(3.95)
Chest	20 deg.		0.99(3.90)	1.66(3.65)	2.53(3.80)	1.24(3.85)	1.89(3.90)	1.93(4.00)
	10		1.11(3.75)	1.53(3.65)	1.98(3.75)	1.02(4.10)	1.53(4.00)	1.77(4.05)
	5		1.22(3.65)	1.77(3.70)	2.27(3.90)	0.97(3.90)	1.60(3.95)	1.95(3.95)
Hip	20 deg.		2.14(3.40)	2.05(3.60)	2.12(3.80)	2.10(3.70)	2.17(3.85)	2.33(4.05)
	10		2.21(3.40)	2.38(3.55)	2.18(3.75)	2.22(3.85)	2.15(3.85)	2.58(4.05)
	5		2.52(3.60)	2.53(3.65)	2.65(3.75)	2.42(3.90)	2.57(3.90)	2.36(4.00)
Thigh	20 deg.		2.83(5.50)	3.58(5.40)	3.25(5.80)	2.54(4.75)	2.76(5.35)	2.42(5.65)
	10		2.91(5.90)	2.81(5.75)	2.92(5.65)	2.48(5.70)	2.77(6.00)	2.56(6.05)
	5		2.26(6.25)	2.67(5.65)	2.62(5.65)	2.13(5.50)	2.21(5.25)	2.01(5.90)
Shin	20 deg.		2.79(5.30)	3.42(5.35)	3.56(5.75)	2.95(4.75)	3.75(5.35)	4.09(5.70)
	10		2.92(5.90)	2.68(5.60)	2.41(5.60)	3.12(5.65)	3.58(6.05)	3.52(6.20)
	5		2.58(6.25)	2.50(5.60)	2.56(5.55)	2.45(5.30)	2.26(5.00)	2.65(5.95)

(c) Subject 5 and 6

Body	Cu	Sub Bk	5			6		
			100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.		2.55(3.85)	2.56(3.65)	2.40(3.95)	1.42(4.00)	1.23(4.35)	1.08(4.55)
	10		2.79(3.90)	2.59(3.65)	2.30(4.00)	1.33(4.00)	1.31(4.05)	1.31(4.10)
	5		2.66(3.80)	2.45(4.05)	2.49(3.90)	2.26(4.00)	2.59(4.05)	1.11(4.25)
Chest	20 deg.		1.06(4.65)	1.47(4.00)	2.03(3.95)	1.11(4.05)	1.37(4.35)	1.38(4.50)
	10		1.51(4.05)	1.62(3.80)	2.16(3.95)	0.96(4.75)	1.32(4.00)	1.73(4.30)
	5		1.24(4.15)	1.33(4.15)	1.72(3.90)	1.34(4.50)	1.96(4.25)	1.24(4.35)
Hip	20 deg.		1.70(3.85)	1.65(3.65)	1.71(3.70)	1.63(3.95)	1.84(4.30)	1.91(4.50)
	10		1.92(3.65)	1.73(3.55)	1.96(3.80)	1.76(4.00)	1.70(3.95)	1.91(4.05)
	5		1.99(4.00)	1.96(4.00)	1.85(3.90)	2.03(4.20)	1.80(4.00)	1.86(4.35)
Thigh	20 deg.		5.01(6.35)	2.14(6.35)	2.52(6.45)	2.08(5.50)	2.55(5.60)	2.75(5.90)
	10		2.47(5.55)	2.70(5.15)	2.31(6.20)	2.80(6.30)	3.16(6.25)	3.35(6.00)
	5		2.99(4.45)	3.04(4.80)	2.99(5.40)	2.31(5.50)	2.42(5.15)	2.87(5.60)
Shin	20 deg.		3.98(6.35)	3.74(6.40)	3.95(6.20)	5.16(5.80)	4.78(5.65)	3.19(6.00)
	10		2.94(5.40)	2.79(5.10)	3.32(6.20)	3.71(6.25)	3.77(6.20)	3.82(5.80)
	5		2.43(4.40)	2.46(4.75)	2.53(5.25)	4.11(5.50)	3.73(6.10)	3.55(6.00)

(b) Subject 3 and 4

Body	Cu	Sub Bk	3			4		
			100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.		3.29(3.70)	2.96(3.65)	2.33(4.05)	3.12(3.80)	3.07(4.00)	2.90(4.10)
	10		3.20(3.90)	2.92(4.05)	2.65(4.20)	3.38(3.75)	2.72(4.00)	2.64(4.00)
	5		3.30(3.65)	3.26(3.75)	3.19(3.90)	3.09(3.75)	2.27(3.90)	2.31(4.00)
Chest	20 deg.		1.28(3.75)	1.83(3.70)	1.59(4.15)	1.10(3.80)	1.43(4.05)	2.06(4.00)
	10		1.47(3.95)	1.92(4.05)	2.16(4.25)	0.99(3.80)	1.62(4.00)	1.75(4.00)
	5		0.85(3.85)	1.25(3.90)	1.46(3.90)	1.25(3.80)	1.43(4.00)	1.41(4.05)
Hip	20 deg.		2.32(3.75)	2.04(3.60)	1.83(3.95)	2.38(3.85)	2.21(4.05)	2.44(4.05)
	10		2.31(3.85)	2.29(3.95)	2.34(4.15)	2.54(3.75)	2.36(4.05)	2.44(4.05)
	5		2.24(3.60)	2.25(3.75)	2.13(3.75)	2.48(3.75)	2.52(3.95)	2.52(4.05)
Thigh	20 deg.		2.41(6.15)	2.38(5.90)	2.60(6.00)	1.91(5.40)	2.17(5.40)	2.38(5.55)
	10		2.47(6.60)	2.75(6.40)	2.47(6.35)	2.34(6.20)	2.51(6.45)	2.38(6.50)
	5		2.16(6.90)	2.30(6.85)	2.39(6.65)	2.30(6.00)	2.28(6.20)	2.19(6.50)
Shin	20 deg.		3.63(6.25)	4.08(5.90)	3.54(6.05)	3.64(5.40)	4.11(5.45)	4.50(5.60)
	10		3.62(6.65)	3.62(6.45)	3.05(6.80)	3.77(6.20)	3.56(6.50)	2.99(6.90)
	5		3.30(6.90)	3.49(6.85)	3.66(6.70)	3.47(5.85)	3.23(6.00)	2.83(6.55)

(d) Subject 1 and 2 (random)

Body	Cu	Sub Bk	1			2		
			100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.		3.49(4.05)	3.37(4.00)	3.15(4.05)	3.15(4.25)	2.74(4.45)	2.49(4.48)
	10		2.40(4.00)	2.28(4.05)	2.18(3.95)	3.34(4.25)	3.28(4.30)	3.61(4.85)
	5		1.96(4.20)	2.03(4.25)	2.08(4.35)	2.73(4.55)	2.78(4.45)	1.05(5.00)
Chest	20 deg.		1.43(3.95)	1.75(4.05)	2.18(4.35)	1.21(4.30)	1.80(4.65)	2.00(4.80)
	10		1.34(4.00)	1.86(4.25)	2.14(3.95)	1.30(4.20)	1.82(4.40)	2.10(4.90)
	5		1.35(4.30)	1.65(4.25)	2.49(4.50)	1.23(4.50)	1.85(4.45)	2.21(4.75)
Hip	20 deg.		2.34(3.95)	2.32(4.00)	2.29(4.05)	2.10(4.30)	2.07(4.50)	2.39(4.90)
	10		2.30(3.90)	2.33(3.85)	2.50(3.95)	2.37(4.20)	2.33(4.30)	2.52(4.95)
	5		2.36(4.20)	2.48(4.25)	2.50(4.50)	2.50(4.45)	2.53(4.45)	2.21(4.95)
Thigh	20 deg.		3.92(8.05)	3.37(8.55)	3.23(7.90)	2.73(5.95)	2.86(6.65)	2.19(7.85)
	10		3.20(8.10)	3.12(8.20)	3.02(7.85)	2.19(8.40)	2.35(8.85)	2.64(8.30)
	5		2.74(9.05)	2.70(7.75)	2.57(8.10)	1.76(8.20)	2.11(8.30)	2.21(8.00)
Shin	20 deg.		3.85(8.00)	3.58(8.00)	3.28(7.45)	3.26(6.00)	3.30(6.85)	3.56(8.20)
	10		3.09(8.15)	2.75(8.35)	2.51(7.20)	3.70(8.45)	3.65(7.85)	3.68(8.15)
	5		3.43(8.10)	2.63(7.75)	2.47(7.75)	3.00(7.95)	2.90(8.00)	2.85(8.00)

下部での共振周波数は成人および高齢者の場合とほぼ一致するが、大腿部および下腿部は5~6 Hzで一度ピーク値をとり、さらに9 Hz周辺で加速度比は小さいがピークが認められる。

4. あとがき

本研究では性別、年齢、体型等が異なる6名の被験者による振動実測を行い、着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響、人体各部の位置による影響、および被験者による影響等を検討した。6名のみの被験者

Fig. 12 Vertical acceleration ratio for each subjects

の試験結果から一般的な結論を導き出すことは必ずしも妥当とはいえないが、人体振動の特性は把握できたものと思える。明らかとなった結果をまとめると次のとおりである。

(1) 人体各部の振動計測は容易ではなく、各部の

振動計測を可能とする加速度センサ取付用装置を開発した。開発した装置を使用して計測を行ない、信頼できる測定値が得られた。

(2) シートバック角度および座面角度を種々変化させて、着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響を測定した。

頭部における上下方向加速度比については、各被験者ともシートバック角度が大きくなると、加速度比は減少する傾向を示した。

胴体部については、シートバック角度が大きくなると、すべての被験者の加速度比は増加した。座面角度による影響は認められない。

尻下部については、シートバック角度による影響は認められない。座面角度が小さくなると、被験者 1, 2, 4, 5 は加速度比が増加した。他の被験者は影響は認められない。

大腿部はシートバック角度による影響が認められない。座面角度が小さくなると、被験者 1, 2 は加速度が

Fig. 13 Acceleration ratio for human body parts

減少した。他の被験者は変化が認められない。

下腿部については、シートバック角度が大きくなると、被験者 1, 4, 6 は加速度比は減少する。他の被験者は変化が認められない。座面角度が小さくなるとすべての被験者の加速度比は減少した。

(3) 人体の振動特性は位置により多少異なる。振動数が増加していくと、共振部が頭部、胴体部、上腕、下腕、大腿部、下腿部へと推移していく特性が観測された。

(4) 成人男子と成人女子の場合について正弦波加振とランダム加振の場合について比較した。その結果、ランダム加振のほうが共振時の加速度比と共振周波数は高くなる傾向がある。

(5) 被験者による影響として、生徒男子、児童女子については大腿部および下腿部において、5~6 Hz 周辺で加速度比は一度ピークが発生し、さらに 9 Hz 近辺においても小さなピークが認められた。

今後の課題として、さらに多数の被験者に対する試験データを蓄積して体系化することが望まれる。加速度センサ等を使用して人体の振動特性を計測することは容易ではなく、再現性も十分とはいえない。計測技術が向上し、非接触で人体各部の加速度が計測可能となれば、再現性が増し高精度の計測が可能となろう。

本研究にあたり、被験者としてご協力いただいた(財)広島市産業振興センター・山田利春氏、野村孝雄氏、デルタ工業(株)・松本光之氏、迫 智美氏、修道中

学・西山幸生氏、大洲小学校・石原佳奈氏には長時間にわたる実測にご協力いただいた。ここに付記し感謝の意を表す。

文 献

- (1) Janeway, R. N., Human Vibration Tolerance Criteria and Application to Ride Evaluation, *SAE Paper*, No. 750166, (1975), 1-24.
- (2) *ISO2631/1*, Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration Part 1, (1985), 1-17.
- (3) *ISO2631/2*, Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration Part 2, (1989), 1-18.
- (4) *ISO2631/3*, Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration Part 3, (1985), 1-4.
- (5) 三輪, 振動と人体, 土木学会誌, **62**-3(1977), 32-36.
- (6) H. デュビィ・G. ツェレット, 全身振動の生体反応, (1989), 11-109, 名大出版会.
- (7) 金田・ほか 2 名, 人間工学, 第 24 巻特別号, (1975), 158-159.
- (8) Fairley, T. F. and Griffin, M. J., The Apparent Mass of the Seated Human Body: Vertical Vibration, *J. Biomech.*, **22**-2(1989), 81-94.
- (9) 土居・ほか 4 名, 機講論, No. 920-98(1992-11), 267-272.
- (10) 花井・加藤, 機講論, No. 930-63, A(1993-10), 288-290.
- (11) 北川・ほか 2 名, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 924(1992-10), 137-140.
- (12) Varterasian, J. H., *SAE Paper*, No. 820309, (1982), 1-15.
- (13) 河内・ほか 7 名, 生命工学工業技術研究所研究報告, **2**-1(1994), 1-188.
- (14) 平成 5 年度学校保健統計調査結果報告, (1993), 27-28, 広島市教育委員会・広島市学校保健会発行.
- (15) 長松, モード解析入門, (1993), 255-256, コロナ社.