

立位・座位姿勢下全身振動ばく露における不快度に関する主観応答 —性別および加振方向依存性に関する検討—

柴田延幸*1

従来、長時間にわたって全身振動ばく露作業に従事する作業者は男性が多かったため、関連する疫学調査や実験的研究もその大半が男性を対象とし、その結果として確立された現在の全身振動ばく露の人体影響を評価する方法は男性に対するデータを根拠としている。全身振動ばく露が想定される職種への女性就業が増加している現在、女性に対する全身振動ばく露の応答を調べて男性に関するデータと比較検討することは、全身振動ばく露の人体影響の評価方法の現状における適用誤差を把握し、今後その問題を改善していく上で極めて重要である。本研究では、心理物理学的手法を用いて全身振動ばく露に対する不快度を指標とした主観応答の性別差および方向依存性の検討を行った。その結果、立位姿勢の場合、男性と比較して女性は中程度の振動に対しては寛容であり、強い振動に対しては敏感であった。一方、座位姿勢の場合、男性と比較して女性は前後・左右方向の振動に対して一貫して寛容であり、鉛直方向の振動に対しては強い振動に対してのみ敏感であった。方向依存性については性別に関係なく、立位姿勢の場合鉛直方向の振動に敏感であり、座位姿勢の場合前後方向に敏感であった。

キーワード: 全身振動, 性別差, 方向依存性, 主観応答, 立位姿勢, 座位姿勢

1 はじめに

長時間にわたって着座姿勢や立位姿勢を維持しながら全身に振動をばく露することにより、さまざまな疾病を引き起こすことが知られている¹⁾⁴⁾。着座姿勢での全身振動ばく露は職業性全身振動ばく露の典型であり、職種としては建設機械、フォークリフト、トラック等の操縦者や農作業用作業車両の操縦者やバス・鉄道等交通機関の運転手などが該当する。これに対して、立位姿勢での全身振動ばく露は従来それほど議論の対象にはなっていないが、航空機や鉄道等のアテンダントや災害・救急車両等の搭乗員などが職種として該当する。より広義に、職業性という分類にこだわらなければ、バスや鉄道の車両内で立っている乗客もすべて立位姿勢での全身振動ばく露の対象者である。

従来、全身振動ばく露作業に従事する作業者は基本的には男性である、という考え方のもと全身振動ばく露の人体影響などの調査もそのほとんどが男性労働者を対象としてきた経緯がある。その結果として、全身振動ばく露の人体影響を評価する方法を定めた国際規格 ISO 2631-1⁵⁾やその前身となった英国規格 BS 6841⁶⁾なども参照元となるデータのほとんどが男性労働者によるものであった。

しかし、近年あらゆる職種で女性の就業促進が加速し、わが国でも1960年から2010年までの間に女性労働者の数は3.1倍に増加、全労働者の42%を占めるまでに至った⁷⁾。厚生労働省の統計によれば、製造・制作・機械運転者及び建設作業員、運輸・通信事業者、採掘作業員など、振動をばく露する環境で就労している女性労働者

の割合は1972年の男女雇用機会均等法施行後21%に増加し、2000年の男女共同参画社会基本法施行後には23%と漸増。2008年には、さまざまな経済要因による社会雇用の悪化等もあり、製造・制作・機械運転者及び建設作業員、運輸・通信事業者、採掘作業員に占める女性労働者の割合は若干の減少を認めたものの21%を占め、数としてはむしろ増加している。

このような状況を考えると、女性に対する全身振動ばく露の応答を調べて男性に関するデータと比較検討することは、全身振動ばく露の人体影響の評価方法の現状における適用誤差を把握し、今後その問題を改善していく上で極めて重要である。

本研究では、立位姿勢および座位姿勢を対象として、前後・左右・鉛直方向からの全身振動ばく露に対する応答を心理物理学的手法を用いて調べることにより、全身振動ばく露に対する不快度を指標とした主観応答の性別差および方向依存性の検討を行った。

2 方法

1) 被験者

本実験では、健康な成人男性および成人女性をそれぞれ12名ずつ被験者として用意した。各被験者群の平均年齢、身長、および体重は表1にまとめたとおりである。

いずれの被験者もこれまでの職業生活および日常生活において高いレベルもしくは長期間にわたる全身振動ばく露の経験はなかった。また、本実験は、独立行政法人労働安全衛生総合研究所に設置された倫理審査委員会の承認のもと、全被験者に対して実験参加に関する十分な説明および質疑応答を経た後、書面によるインフォームドコンセントを得た。

2) 実験装置

本実験では、各軸方向に併進および回転いずれの振動も印加可能な全身振動実験装置(VP-476, IMV Corp.)を使用した。本実験装置は重量250kgの高剛性加振台を有

*1 労働安全衛生総合研究所 人間工学・リスク管理研究グループ

連絡先: 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾6-21-1

労働安全衛生総合研究所 人間工学・リスク管理研究 G 柴田延幸

E-mail: shibata@h.jniosh.go.jp

表1 被験者に関するデータ*

性別	人数	年齢 (yr)	身長(cm)	体重(kg)
男性	12人	24.5 (±0.79)	170.7 (±5.87)	61.9 (±8.34)
女性	12人	23.2 (±1.24)	157.9 (±2.58)	52.7 (±5.72)

*いずれも平均値(±標準偏差)を表す。

し、これを合計7台の加振機を用いて駆動する。加振可能な周波数範囲は0.13Hzから150Hzまで、各方向の実現可能な最大加速度は前後・左右方向で3.5m/s²、鉛直方向で5.0m/s²である。加振台上に積載可能な最大重量は200kgであり、今回の実験に参加する各々の被験者の体重と実験用椅子の重量の総和と比較して十分な容量である。

本実験装置は加振軸以外の方向に対する制御性能も良好であり、加振軸が定まった場合、その加振軸と直交する交差軸における振動は極めて小さい。本実験で使用する振動波形において、加振軸と直交する交差軸における振動加速度を測定したところ、対象となる周波数帯域において加振軸の振動加速度の5%以下であった。

3) 振動刺激

本実験で使用した振動刺激は、1-20Hzの周波数帯域をもつ疑似ランダムな振動波形であり、同帯域でパワースペクトル密度が一定になるように設計した。次にパワースペクトル密度の値を調整して、加速度実効値がそれぞれ0.2, 0.4, 0.8m/s²を示す振動波形を作成した。尚、これらの加速度実効値はいずれもISO2631-1に基づく周波数補正を施していない、いわゆる無補正の加速度実効値である。本報では無補正の加速度値をもとに実験・データ解析を行うものとし、特別に断りが無い限り加速度値は無補正であるものとする。これは、ISO 2631-1に定める周波数補正曲線自体が性別差に起因するバイアスを有する可能性があるためであり、本実験ではこの潜在的影響の排除を意図している。

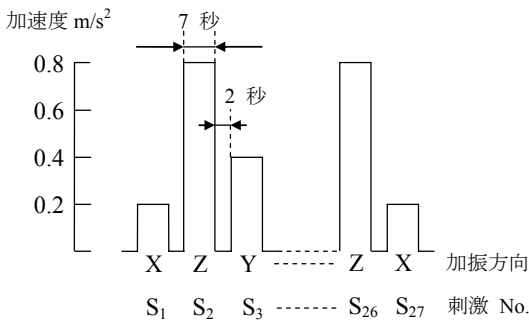


図1 振動刺激シーケンスの概略

実験では、前後、左右、上下方向それぞれについて上述の振動加速度3種類を用意、同一条件の振動刺激を3回実施するとして、合計27個の振動刺激にランダムに順序付けを行った。これらの振動刺激はいずれも持続時間が7秒であり、刺激に関する情報が短期記憶にとどまり、被験者が長期記憶に基づいて先行刺激との比較を行

わないようにとの配慮のもとに決定した。また、前後の振動刺激との間に2秒間のインターバルを設けることにより一連の振動刺激群を構成した(図1参照)。

4) 実験方法

まず被験者は、加振台上の所定の位置に移動した後、立位または座位姿勢のいずれかをとるように指示を受けた。図2に示すように、立位姿勢の場合には、背筋を自然に伸ばした状態で直立し、両足は左右方向に開きその幅は肩幅とした。さらに、両腕は体側においてリラックスした状態で下方にたらしめた状態とした。一方座位姿勢の場合には、背筋を自然に伸ばした状態で背もたれに背面をふれぬように実験用椅子に着座し、両足は左右方向に開きその幅は肩幅とした。さらに、両手はそれぞれ膝の上に開いて置き、それに伴って両腕はリラックスした姿勢を保たせた。いずれの姿勢の場合にも、踵の上下動や膝の屈伸および骨盤の回転等振動刺激に対してバランスをとるような動作および姿勢の変更の一切をとらないように指示を受け、実験中の被験者の姿勢は常にモニターされた。

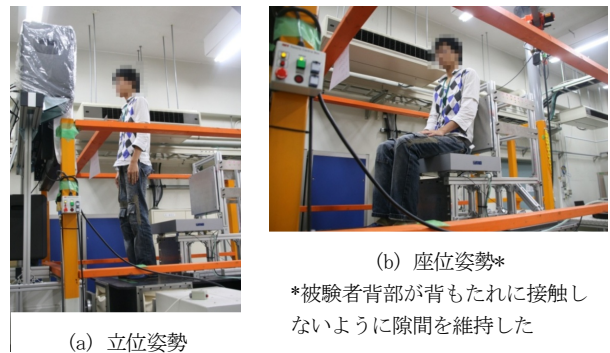


図2 実験中の被験者姿勢

各々の被験者は、上述の姿勢を保持した状態で実験開始の合図とともに2秒間隔で7秒間提示される一連の振動刺激に対して、表2に示す5段階の系列範疇の中から提示刺激に対して自身が感じた不快の程度に最も近いと思われる範疇の数字を口答した。

5) 主観尺度の構成

本研究では、心理物理学的手法の一つである系列範疇法を用いて全身振動ばく露に対する不快度の尺度構成を行った⁸⁾。本手法は、ある刺激に対する主観応答の結果として得られた系列範疇による回答値の分布は正規分布にしたがうと仮定し、意味論上等間隔に仮定された系列範疇の尺度を非等間隔の感覚尺度として再構成するものである。

表 2 5段階系列範疇

系列範疇	不快の程度
1	全く不快でない
2	少し不快
3	不快
4	かなり不快
5	非常に不快

以下に、系列範疇法にもとづいて振動刺激と不快度に関する感覚尺度を関連づける方法を概説する。刺激 V_i に関する回答値の度数分布が得られたならば、系列範疇 $j(j=1\cdots 5)$ に関する累積度数分布 G_{ij} を算出する。回答値の分布が正規分布に従うと仮定すると、系列範疇 j から範疇上限値までのいずれかを回答する確率は各系列範疇 j の偏差比率 Z_{ij} で表される。これを用いると刺激 i に対する系列範疇 j の幅 D_{ij} は次式で表すことができる。

$$D_{ij} = Z_{ij} - Z_{i(j-1)} \quad (1)$$

したがって、例えば同一加振方向の刺激群 $\{V\}$ について各系列範疇の上限値の平均をとることにより、刺激群 $\{V\}$ に対する各系列範疇の上下限値を求めることができる⁹⁾。これを利用することにより、各系列範疇における代表値 U_i (本実験では 50 パーセンタイル値を採用) を内挿することによって求めることができる。

Stevens のパワー則¹⁰⁾によれば、不快度に対する尺度値 U_i は刺激である振動加速度 V と関連づけることが可能であり、その関係は対数表示では次式のようにあらわされる。

$$\log_{10} U_i = \log_{10} c + \beta \cdot \log_{10} V \quad (2)$$

ただし、 β は Stevens のパワー則指数、 c は様々な要因に依存する定数である。

6) データに関する統計解析

最初に、性別および加振軸を第一、第二因子として加速度を被験者内因子とする包括的混合計画分散分析を行った。次節以降に示すように、これらの固定因子間には有意な相互作用が認められたため、層別被験者内分散分析を行い不快度の尺度に対する加振軸および性別の持ちうる特殊効果について調べた。具体的には、まず加速度を被験者内因子、性別を被験者間変数としてそれぞれの加振軸に対して混合計画分散分析を行った。次に、加速度を被験者内因子、加振軸を被験者間変数として男性群および女性群に対して別々に混合計画分散分析を行ったのち、有意差の認められた変数に対して Turkey の HSD 検定による多重比較を行った。

3 実験結果

各振動刺激に対しての被験者の年齢の影響を調べるために片側 t 検定を実施したところ、有意差は認められなかったため、これ以降の統計解析では被験者の年齢を変数から除外した。本実験で得られた 3 種類の振動加速度および 3 種類の振動方向に対する 5 段階系列範疇による不快度の主観応答の累積比率の結果を立位姿勢の場合を表 3、座位姿勢の場合を表 4 にまとめて示す。

振動刺激に関する主観応答から得られた分布に対して、基本的な解析として天井効果および床効果の有無を最初

表 3 立位姿勢における全身振動ばく露に対する不快度の主観応答：累積比率

性別	加振方向	加速度 (m/s ²)	系列範疇				
			1 不快でない	2 少し不快	3 不快	4 かなり不快	5 非常に不快
男性	前後(x)方向	0.2	0.528**	0.972	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.139	0.611	0.889	1.00	1.00
		0.8	0.028	0.083	0.278	0.722	1.00
	左右(y)方向	0.2	0.583**	1.00	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.167	0.667	0.972	1.00	1.00
		0.8	0.028	0.139	0.500	0.944	1.00
	鉛直(z)方向	0.2	0.139	0.611	0.944	1.00	1.00
		0.4	0.028	0.139	0.361	0.861	1.00
		0.8	0.000	0.000	0.139	0.361	1.00*
女性	前後(x)方向	0.2	0.806**	1.00	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.167	0.556	0.833	1.00	1.00
		0.8	0.000	0.056	0.444	0.667	1.00
	左右(y)方向	0.2	0.801**	1.00	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.333	0.833	1.00	1.00	1.00
		0.8	0.000	0.278	0.583	0.861	1.00
	鉛直(z)方向	0.2	0.139	0.722	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.306	0.806	0.917	1.00	1.00
		0.8	0.000	0.250	0.583	0.806	1.00*

*天井効果が見受けられた

**床効果が見受けられた

に調べた。ある振動刺激 j に対するすべての被験者の主観評価値の平均値を $\text{mean}(R_j)$ 、標準偏差を $\sigma(R_j)$ とすると、判定基準は次式であらわされる。すなわち、式(3)を満たす場合には天井効果あり、式(4)を満たす場合には床効果ありと判断した。

$$\text{mean}(R_j) > C_{max} - \sigma(R_j) \quad (3)$$

$$\text{mean}(R_j) < C_{min} + \sigma(R_j) \quad (4)$$

ただし、 C_{max} は系列範疇の最大値、 C_{min} は同最小値である。その結果、立位姿勢の場合には性別に関係なく、振動刺激の加速度が 0.2m/s^2 で前後および左右方向の場合に床効果が認められた。一方、天井効果は振動刺激の加速度が 0.8m/s^2 で鉛直方向の場合に認められた。座位姿勢の場合には、男性被験者群では、振動刺激の加速度が 0.8m/s^2 で前後方向の場合に天井効果が認められた。一方、女性被験者群では、振動刺激の加速度が 0.8m/s^2 で前後および鉛直方向の時に天井効果が認められ、振動刺激の加速度が 0.2m/s^2 で左右方向の時に床効果が認められた。

表 5 に包括的混合計画分散分析の結果を示す。立位姿勢に対して得られた主観応答のデータに対して、性別、加振軸および加速度の主効果はいずれも有意であった ($p < 0.001$)。加振軸 \times 加速度および性別 \times 加速度については、有意な相互効果が認められた。一方、座位姿勢の場合、得られた主観応答のデータに対して、性別、加振軸および加速度の主効果はいずれも有意であった ($p < 0.001$)。加振軸 \times 加速度の相互効果 ($p < 0.005$) および性別 \times 加速度の相互効果 ($p < 0.01$) についても同様

に有意性が認められた。

立位姿勢に対して行われた層別分散分析の結果によれば、性別の主効果は前後方向および左右方向で有意差を示した ($F_{1,70} = 4.451$, $p < 0.05$ および $F_{1,70} = 4.309$, $p < 0.05$)。これに対して鉛直方向では性別の主効果に有意差は認められなかった。また、女性群および男性群のいずれにおいても加振軸の主効果に有意性が認められた ($F_{1,105} = 52.888$, $p < 0.001$ および $F_{1,105} = 35.507$, $p < 0.001$)。加速度と加振軸の相互作用は、女性群では認められた ($F_{1,105} = 3.151$, $p < 0.05$) が男性群では認められなかった ($F_{1,105} = 1.727$, $p = 0.183$)。

一方、座位姿勢に対して行われた層別分散分析の結果によれば、性別の主効果は左右方向で有意差を示した ($F_{1,70} = 11.68$, $p < 0.01$) のに対し、前後方向では若干の差は見受けられたものの有意差は認められず ($F_{1,70} = 3.613$, $p = 0.061$)、鉛直方向では有意差は全く認められなかった ($F_{1,70} = 0.067$, $p = 0.796$)。また、加振軸の主効果は女性群において有意性が認められた ($F_{1,105} = 11.923$, $p < 0.05$) が、男性群においては有意差は認められなかった ($F_{1,105} = 2.570$, $p = 0.081$)。加速度 \times 加振軸の相互作用は、男性群では有意差が認められた ($F_{1,105} = 4.576$, $p < 0.05$) が女性群では有意差が認められなかった ($F_{1,105} = 1.416$, $p = 0.247$)。

主観応答値と被験者の身長および体重の関連性を相関解析に基づいて調べたところ、立位姿勢の場合には体重と主観応答値の間に負の相関が認められた ($p < 0.05$)。これに対して、座位姿勢では、いずれの場合も相関性は認

表 4 座位姿勢における全身振動ばく露に対する不快度の主観応答：累積比率

性別	加振方向	加速度 (m/s^2)	系列範疇				
			1 不快でない	2 少し不快	3 不快	4 かなり不快	5 非常に不快
男性	前後(x)方向	0.2	0.222	0.778	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.000	0.167	0.583	0.972	1.00
		0.8	0.00	0.00	0.167	0.444	1.00*
	左右(y)方向	0.2	0.250	0.833	0.972	1.00	1.00
		0.4	0.056	0.444	0.917	1.00	1.00
		0.8	0.000	0.028	0.139	0.583	1.00
	鉛直(z)方向	0.2	0.167	0.583	0.917	1.00	1.00
		0.4	0.028	0.250	0.611	0.944	1.00
		0.8	0.000	0.028	0.194	0.583	1.00
女性	前後(x)方向	0.2	0.389	0.861	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.083	0.306	0.694	0.972	1.00
		0.8	0.028	0.056	0.167	0.583	1.00*
	左右(y)方向	0.2	0.611**	0.861	1.00	1.00	1.00
		0.4	0.222	0.667	0.972	1.00	1.00
		0.8	0.000	0.139	0.417	0.806	1.00
	鉛直(z)方向	0.2	0.194	0.694	0.889	0.917	1.00
		0.4	0.056	0.306	0.778	0.917	1.00
		0.8	0.000	0.000	0.194	0.500	1.00*

*天井効果が見受けられた

**床効果が見受けられた

表 5 各姿勢ごとの包括的混合計画分散分析の結果

因子	df	立位姿勢		座位姿勢	
		F	p	F	p
性別	2	391.76	<0.001	510.46	<0.001
加振軸	2	216.50	<0.001	31.204	<0.001
加速度	2	664.93	<0.001	491.70	<0.001
加振軸×加速度	4	6.700	<0.001	4.907	<0.005
性別×加速度	2	4.300	<0.001	5.036	<0.01
加振軸×性別	2	1.998	0.137	0.323	0.724

*平均値±標準.

められなかった。

系列範疇法にもとづいて各振動刺激に対する不快度回答分布の 50 パーセンタイル値に対して得られた立位姿勢における主観尺度と振動加速度の関係を図 3 に示す。同様に座位姿勢における不快度的主観尺度と振動加速度の関係を図 4 に示す。得られた値から式(2)に相当する不快度的主観尺度と振動加速度の関係式を回帰分析により求めたところ、いずれも良好な直線性を呈し、回帰係数も 0.92 から 0.98 の高い値を示した。

図 3 および図 4 にもとづいて、不快度の知覚において各系列範疇ごとに求めた振動加速度の上下限界値を図 5 および図 6 に示す。立位姿勢では、前後方向および左右方向からの全身振動ばく露に対する不快度の感覚尺度に性別による有意な差が認められた(p<0.05, Turkey の HSD 検定)。すなわち、各系列範疇の下限値を男女間で比較し

た場合、前後および左右方向の場合には「4：かなり不快」の下限値までは女性群の方が高い値を示したが、「5：非常に不快」の下限値は女性群よりも男性群の方が高い値を示した。また、方向依存性の比較では、性別に関係なく各系列範疇の下限値は、鉛直方向の下限値の方が前後および左右方向の下限値よりも一貫して低い値を示した。

一方、座位姿勢では、左右方向からの全身振動ばく露に対する不快度の感覚尺度に性別による有意な差が認められた(p<0.05, Turkey の HSD 検定)。前後方向では、性別による違いが傾向としては見受けられたが、有意差は認められなかった。前後および左右方向では、各系列範疇の下限値は常に男性群の方が女性群よりも低い値を示した。一方、鉛直方向では、「4：かなり不快」の下限値までは女性群の方が高い値を示したが、「5：非常に不

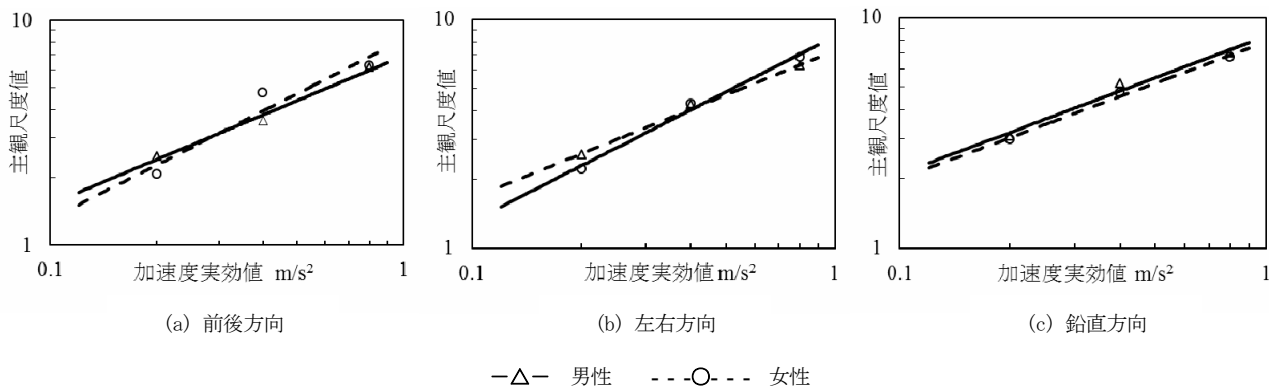


図 3 立位姿勢における不快度的主観尺度と振動加速度の関係

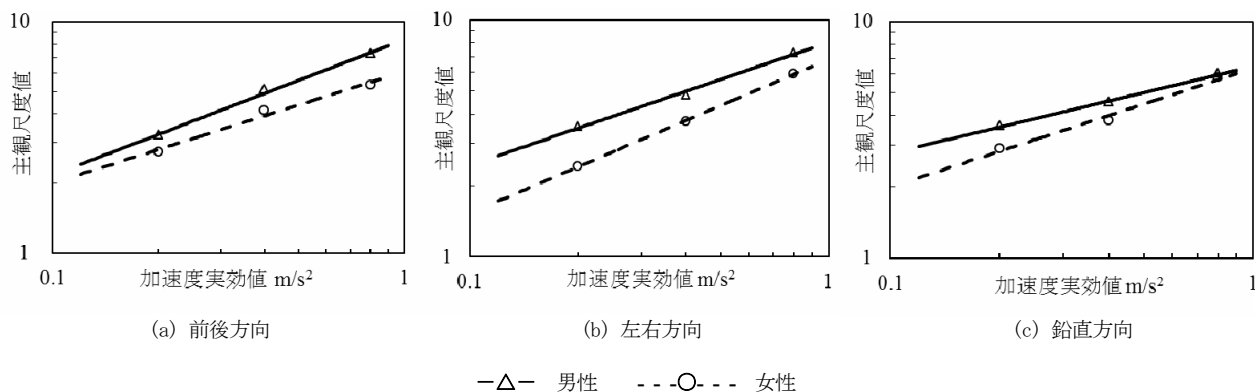


図 4 座位姿勢における不快度的主観尺度と振動加速度の関係

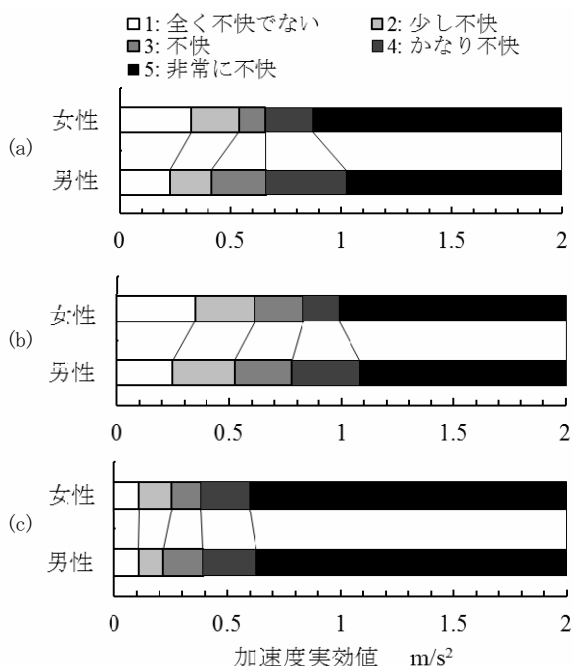


図5 立位姿勢における不快度の主観尺度とその上下限値
(a) 前後方向, (b) 左右方向, (c) 鉛直方向

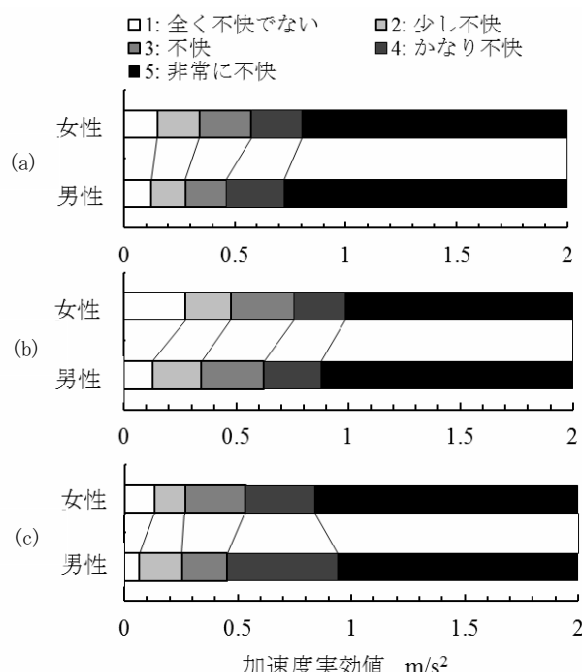


図6 座位姿勢における不快度の主観尺度とその上下限値
(a) 前後方向, (b) 左右方向, (c) 鉛直方向

快」の下限値は女性群よりも男性群の方が高い値を示した。また方向依存性に関する比較では、女性群の場合の各系列範疇の下限値は、左右方向の下限値が前後および鉛直方向の下限値よりも一貫して高い値を示した。男性群の場合には、「4: かなり不快」の下限値までは同様の傾向が認められ、「5: 非常に不快」の下限値では鉛直方向の下限値が最も高い値を示した。

4 考 察

本実験の結果、立位姿勢において前後方向および左右方向の全身振動ばく露に対する不快度の主観応答に有意な性別差が認められた。これらの加振方向では、比較的低い振動加速度に対して、女性が知覚した不快度の主観応答の方が男性が知覚した不快度の主観応答よりも低くなり、振動加速度が大きくなるにつれてこの関係は逆転した。一方、座位姿勢では前後方向および左右方向の全身振動ばく露に対する不快度の主観応答に性別による違いが傾向として見受けられ、左右方向にのみ有意差が認められた。以上のことから、鉛直方向よりも前後および左右方向からの全身振動ばく露に対して不快度の知覚に関する応答に性別による差が顕著にあらわれやすいといえる。

これまで、立位姿勢における全身振動ばく露に対する不快度の知覚に関して性別依存性を検討した研究は、鉛直方向の全身振動ばく露を対象としたものしかなく、その報告によれば2.4Hzから60Hzの範囲の正弦波振動に対して性別依存性は認められなかった^{11,12)}。本研究は、この関係が1-20Hzのより現実的なランダム振動に対しても成り立つことも示した。

本実験の結果、全身振動ばく露に対する不快度の知覚は、男女ともに振動ばく露の方向の影響を顕著に受けることが示された。具体的には、立位姿勢の場合、前後および左右方向からの全身振動ばく露よりも鉛直方向からの全身振動ばく露に対してより鋭敏に不快を知覚した。これに対して座位姿勢の場合、左右および鉛直方向からの全身振動ばく露よりも前後方向からの全身振動ばく露に対してより鋭敏に不快を知覚した。現行の規格 ISO 2631-1 にもとづいた評価方法によれば、立位・座位の姿勢を問わず前後・左右・鉛直方向に対して設けられた方向係数はいずれも1.0であり方向依存性はないとしているが、本結果によれば不快度を指標とした振動知覚における方向依存性が示されており、この点においても現行の評価方法を改善する必要がある。

これまで全身振動ばく露に対する人体応答に関する研究の大半が座位姿勢によるものであったが、日常生活に目を向けてみれば、立位姿勢で全身振動ばく露を受けているケースは少なからずあり、例えばバスや都市部の鉄道などの公共交通機関を利用して移動する場合が考えられる。また、職業として見た場合には、列車、船舶、航空機などの客室乗務員や救急車両の搭乗員などが該当し、むしろ女性の乗務員の方が多い場合も十分に想定される。一方、座位姿勢での全身振動ばく露の典型である建設、運輸等の職種においても女性就業者数は明らかに増加している。このような背景のもと、本実験で得られた全身振動ばく露に対する不快度による主観尺度の性別依存性を考えると、男性労働者のデータに基づいた現行の全身振動ばく露の評価方法に対する改善の必要性を指摘せざるを得ない。

5 結 論

本研究では、立位姿勢および座位姿勢を対象として、前後・左右・鉛直方向からの全身振動ばく露に対する主観応答を心理物理学的手法を用いて調べることにより、全身振動ばく露に対する応答の性別差および方向依存性について調べた。その結果、以下のことが明らかとなった。

・立位姿勢の場合、男性と比較して女性は中程度の振動に対しては寛容であり、強い振動に対しては敏感であった。一方座位姿勢の場合、男性と比較して女性は前後・左右方向の振動に対して一貫して寛容であり、鉛直方向の振動に対しては強い振動に対してのみ敏感であった。

・全身振動ばく露に対する不快度の知覚は、男女ともに振動ばく露の方向の影響を顕著に受けやすく、立位姿勢の場合、前後および左右方向からの全振動ばく露よりも鉛直方向からの全身振動ばく露に対してより鋭敏に不快を知覚した。

・座位姿勢の場合、左右および鉛直方向からの全身振動ばく露よりも前後方向からの全身振動ばく露に対してより鋭敏に不快を知覚した。

参 考 文 献

- 1) Bredstrup T Biering-Sorensen F. Effect of fork-lift truck driving on low-back trouble. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1987; 13 (5): 445-452.
- 2) Boshuizen HC, Bongers PM Hulshof CT. Self-reported back pain in fork-lift truck and freight-container tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Spine* 1992; 17 (1): 59-65.
- 3) Boshuizen HC, Hulshof CT Bongers PM. Long-term sick leave and disability pensioning due to back disorders of tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 1990; 62 (2): 117-22.
- 4) Bovenzi M. Zadini A. Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration. *Spine* 1992; 17 (9): 1048-59.
- 5) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part1: General requirements. ISO2631-1, 1997.
- 6) British Standards Institution. Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock. BS 6841,1987.
- 7) 働く女性の実情（平成 22 年度版），厚生労働省；2010.
- 8) Guilford JP. Psychometric methods. McGraw-Hill, New York; 1954.
- 9) Kaneko C, Hagiwara T Maeda S. Evaluation of whole-body vibration by the category judgment method. *Industrial Health*. 2005; 43(1): 221-232.
- 10) Stevens SS. On the psychophysical law. *Psychological Review*. 1957; 64: 153-181.
- 11) Osborne DJ. The stability of equal sensation contours for whole-body vibration. *Ergonomics*, 1978; 21(8): 651-658.
- 12) Osborne DJ, Heath TO, Boarer P. Variations in response to whole-body vibration: intensity dependent effects. *Ergonomics*, 1981; 24(4): 301-313.