

### Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
なし							

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
前田節雄	2005年7月EU指令発行後のEU加盟国の動向と手持振動工具のラベリングへの試み	日本産業衛生学会東海地方会振動障害研究会			平成18年2月18日発表
前田節雄, 細矢直基	試験規則から得られた手持振動工具のEmission値の問題点	第79回日本産業衛生学会			平成18年5月10日発表
Maeda Setsuo, Keller Tony	Multi-Axis Hand-Arm Vibration Testing&Simulation at the National Institute of Industrial Health, Kawasaki, Japan	First American Conference on Human Vibration Morgantown, West Virginia, U.S.A.		pp 99-100	2006
Hosoya Naoki, Maeda Setsuo	Establishment of an Experimental System For Measuring Biodynamic Response of Hand-Arm	First American Conference on Human Vibration Morgantown, West Virginia, U.S.A.		pp 136-137	2006
Sakakibara Hisataka, Maeda Setsuo	Measurement of head vibration during operating pneumatic tools in quarry work	14th Japan Conference on Human Response to Vibration T.M.U., Hachioji, Tokyo,		pp 38-41	2006

Shibata Nobuyuki, Maeda Setsuo	Effects of environmental condition on biodynamic response in hand-arm system -Finite element modeling-	14th Japan Conference on Human Response to Vibration T. M. U., Hachioji, Tokyo		pp 84-93	2006
Maeda Setuo, Ozaki Masakazu	Comparison of human vibration measurement by a laser doppler vibrometer and an accelerometer	14th Japan Conference on Human Response to Vibration T. M. U., Hachioji, Tokyo		pp 124-131.	2006
前田節雄	手持動力工具振動値のラベリング方法について	日本産業衛生学会東海地方会、第20回振動障害研究会資料		pp. 1-35	平成 19 年 2 月 24 日
S. Maeda, N. Shibata	Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration	Industrial Health	In press		2008 年 3 月の予定
前田節雄, 柴田延幸	「JIS T8114 (防振手袋) 規格について」	セーフティダイジェスト	53	10-20	2007 年
前田節雄, 柴田延幸	「改正 JIS T 8114(防振手袋)規格と CE マークとの関係」	労働安全衛生研究	印刷中		2008
柴田延幸, 前田節雄	「新 JIS T8114 に基づいた国内流通防振手袋の振動軽減効果の測定・評価」	労働安全衛生研究	印刷中		2008
S. Maeda, N. Shibata	Problems of A(8) Evaluation	Proceedings of 15 <sup>th</sup> Japan Conference on Human Response to Vibration		p158-164	2007

N. Shibata, S. Maeda	Establishment of ISO 10819 based vibration transmissibility measurement system for anti-vibration gloves	Proceedings of 15 <sup>th</sup> Japan Conference on Human Response to Vibration		p87-95	2007
柴田延幸, 前田節雄	防振手袋関連規格 JIS T8114 の ISO 整合化と国内防振手袋の対応状況	日本音響学会 建築音響・振動 騒音研究会			平成 20 年 3 月 11 日発表

## IV. 研究成果の刊行物・別刷

#### IV. 研究成果の刊行物・別刷

- 1: S. Maeda, N. Shibata : Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration. Industrial Health (2008) (in press)
- 2: 前田節雄, 柴田延幸 : 「JIS T8114 (防振手袋) 規格について」セーフティダイジェスト (2007), 53:10-20.
- 3: 前田節雄, 柴田延幸 : 「改正 JIS T 8114 (防振手袋) 規格と CE マークとの関係」労働安全衛生研究(2008), 印刷中
- 4: 柴田延幸, 前田節雄 : 「新 JIS T8114 に基づいた国内流通防振手袋の振動軽減効果の測定・評価」労働安全衛生研究(2008), 印刷中
- 5: 前田節雄 : 2005 年 7 月 EU 指令発行後の EU 加盟国の動向と手持振動工具のラベリングへの試み、日本産業衛生学会東海地方会振動障害研究会 : 平成 18 年 2 月 18 日発表
- 6: 前田節雄, 細矢直基 : 試験規則から得られた手持振動工具の Emission 値の問題点」第 79 回日本産業衛生学会 : 平成 18 年 5 月 10 日発表
- 7: Maeda, Setsuo., Keller, Tony : Multi-Axis Hand-Arm Vibration Testing & Simulation at the National Institute of Industrial Health, Kawasaki, Japan. First American Conference on Human Vibration Morgantown, West Virginia, U.S.A., pp 99-100. (2006)
- 8: Hosoya, Naoki., Maeda, Setsuo : Establishment of an Experimental System For Measuring Biodynamic Response of Hand-Arm. First American Conference on Human Vibration Morgantown, West Virginia, U.S.A., pp 136-137. (2006)
- 9: Sakakibara, Hisataka., Maeda, Setsuo : Measurement of head vibration during operating pneumatic tools in quarry work. 14th Japan Conference on Human Response to Vibration T.M.U., Hachioji, Tokyo, pp 38-41. (2006)
- 10: Shibata, Nobuyuki., Maeda, Setsuo : Effects of environmental condition on biodynamic response in hand-arm system -Finite element modeling-. 14th Japan Conference on Human Response to Vibration T.M.U., Hachioji, Tokyo, pp 84-93. (2006)
- 11: Maeda, Setsuo., Ozaki, Masakazu : Comparison of human vibration measurement by a laser doppler vibrometer and an accelerometer. 14th Japan Conference on Human Response to Vibration T.M.U., Hachioji, Tokyo, pp 124-131. (2006)
- 12: 前田節雄 : 手持動力工具振動値のラベリング方法について、日本産業衛生学会東海地方会、第 20

回振動障害研究会資料、pp. 1-35、平成 19 年 2 月 24 日。

13:S. Maeda, N. Shibata : Problems of A(8) Evaluation. Proceedings of 15<sup>th</sup> Japan Conference on Human Response to Vibration, p158-164, 2007.

14:N. Shibata, S. Maeda : Establishment of ISO 10819 based vibration transmissibility measurement system for anti-vibration gloves. Proceedings of 15<sup>th</sup> Japan Conference on Human Response to Vibration, p87-95, 2007.

15:柴田延幸, 前田節雄 : 「防振手袋関連規格 JIS T8114 の ISO 整合化と国内防振手袋の対応状況」日本音響学会 建築音響・振動騒音研究会 : 平成 20 年 3 月 11 日発表

# Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration

Setsuo MAEDA<sup>1\*</sup> and Nobuyuki SHIBATA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Measurement and Control of Work Environment Research Group, Japan National Institute of Occupational Safety and Health, Nagao 6-21-1, Tama-ku, Kawasaki 214-8585, Japan

Received July 17, 2007 and accepted October 22, 2007

**Abstract:** **OBJECTIVE:** The purpose of this research was to establish a scale for comfort with regard to hand-arm vibration using the category judgment method and to validate the frequency-weighting method of the ISO 5349-1 standard. **METHODS:** Experiments were conducted using random signals as stimuli. These stimuli consisted of three types of signal, namely designated stimulus F, with flat power spectrum density (PSD) ranging from 1 to 1,000 Hz, stimulus H with PSD which became 20 dB higher at 1,000 Hz than at 1 Hz, and stimulus L that had a PSD 20 dB lower at 1,000 Hz. These stimuli were selected from the specific spectrum patterns of hand-held vibration tools. These signals were modified by the Wh frequency weighting in accordance with ISO 5349-1, and the R.M.S. values were adjusted to be equal. In addition, the signal levels were varied over a range of five steps to create 15 kinds of individual stimuli. The subjects sat in front of a vibrator and grasped the mounted handle which exposed them to vertical vibrations after which they were asked to choose a numerical category to best indicate their perceived level of comfort (or otherwise) during each stimulus. **RESULTS:** From the experimental results of the category judgment method, the relationship between the psychological values and the frequency-weighted R.M.S. acceleration according to the ISO 5349-1 standard was obtained. **CONCLUSION:** It was found that the subjective response scaling of hand-arm vibration can be used for design-objective values of hand-held tool vibration.

**Key words:** Subjective comfort, Hand-arm vibration, Category judgment method, ISO 5349-1, Frequency-weighting

## Introduction

Quantitative evaluation of a "degree of comfort" is an important aspect to consider when evaluating the nature of products, or the establishment of a design-objective value during vehicle development. ISO2631-1<sup>(1)</sup>, which defines an acceptable standard of bodily vibration, is the generally accepted evaluation criteria for evaluating whole-body vibration as part of overall in-vehicle comfort. ISO2631-1 defines whole-body vibration in the seated position as the vibration received from the seat and the seat back as well as the vibration to which the feet are subjected from the floor. Meanwhile, the comfort of a seated person is evaluated in the R.M.S. of frequency-weighted R.M.S. acceleration that is calculated as the sum of recorded vibration on a total of twelve axes after weighting based on the frequency-weighting curve. The

twelve axes include translational motion axes for the seat back and feet areas (x, y, and z), translational motion axes for the seat (x, y, and z) and the rotational axes (rx, ry, rz) while the vibrations in question are periodical, random and transient in nature, ranging from 0.5 to 80 Hz. In the attached document C.2.3. entitled Comfort Reactions to Vibration Environments of ISO 2631-1, the following values as shown in Table 1 are given as approximate indications of the likely reaction to various degrees of whole-body vibration experienced in public transport vehicles.

On the other hand, Maeda *et al.*<sup>(2)</sup> have determined the relationship between the comfort and the vibration magnitude of a single frequency of hand-arm vibration by using category judgment method<sup>(3)</sup>. The category judgment method, a subjective scaling method, is used in setting the target characteristics of the design for hand-held tool vibration. When subjects receive stimulus, their reaction is captured in phrases or words, such as "very uncom-

\*To whom correspondence should be addressed.



IV. 研究成果の刊行物・別刷

1: S. Maeda, N. Shibata : Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration. Industrial Health (2008) (in press)

Table 1. Subjective response scale of ISO 2631-1 standard

Subjective response	Frequency-weighted r.m.s. acceleration
Extremely uncomfortable	Greater than 2 m/s <sup>2</sup>
Very uncomfortable	1.25–2.5 m/s <sup>2</sup>
Uncomfortable	0.8–1.6 m/s <sup>2</sup>
Fairly uncomfortable	0.5–1 m/s <sup>2</sup>
A little uncomfortable	0.315–0.63 m/s <sup>2</sup>
Not uncomfortable	Less than 0.315 m/s <sup>2</sup>

comfortable” or “uncomfortable” as shown in Table 1<sup>4)</sup>. Although the comfort curves for the frequency and the vibration acceleration level of the hand-arm vibration were obtained by Maeda *et al.*, the relation of the frequency-weighted R.M.S. acceleration based on the ISO 5349-1 standard<sup>5)</sup> and the comfort of the hand-arm vibration was not shown. Also, although the ISO 2631-1 standard defines the subjective scaling as shown in Table 1, the ISO 5349-1 standard does not define the subjective scaling. No research has been performed to clarify the relation between a sensory scale and frequency-weighted R.M.S. vibration acceleration, which attributes a physical value to hand-arm vibration. Therefore, this research conducted an experiment using the category judgment method<sup>3)</sup> to establish a subjective scale using vibration stimuli with three kinds of spectrum in the direction of the X<sub>h</sub> (vertical) axis in order to obtain the subjective response scaling of hand-arm vibration for a design-objective value of hand-held tool vibration and to validate the frequency-weighting method of the ISO 5349-1 standard.

## Experiment

このままでは評価は出来ず、  
↑  
Experimental conditions are shown in Table 2. conducted using random signals for the duration over a frequency range of 10–1000 Hz, similar to the ISO 5349-1 evaluation range. 1/2倍-3倍

In addition, in order to clarify the individual characteristics of the different spectrums varying degrees of high and low frequency components were used. The stimuli consisted of three kinds of signals, namely designated stimulus F, with a flat PSD from 1 to 1,000 Hz, stimulus H with a PSD, which became 20 dB higher at 1,000 Hz than at 1 Hz and stimulus L with a PSD 20 dB lower at 1,000 Hz. The spectra of these signals are shown in Fig. 1. These stimuli were selected from the specific spectrum patterns of hand-held vibration tools<sup>6, 7)</sup>.

The signals were modified using a frequency weighting of W<sub>h</sub> based on the ISO 5349-1 standard, and the frequency-weighted R.M.S. acceleration was adjusted to be equal. Furthermore, the levels of the signals were varied over a range of five steps to make 15 kinds of stimuli.

Table 2. Experimental conditions

Waveform (Spectrum)	3 Spectrums (Flat (F), High(H), Low (L))
Frequency-weighted R.M.S. acceleration	5 levels (0.28, 0.56, 1.12, 2.24, 4.48 (m/s <sup>2</sup> ))
Repetition	3 times
Signal duration	5 s
Pause time	2 s
No. of signal applications	45 times (Random)

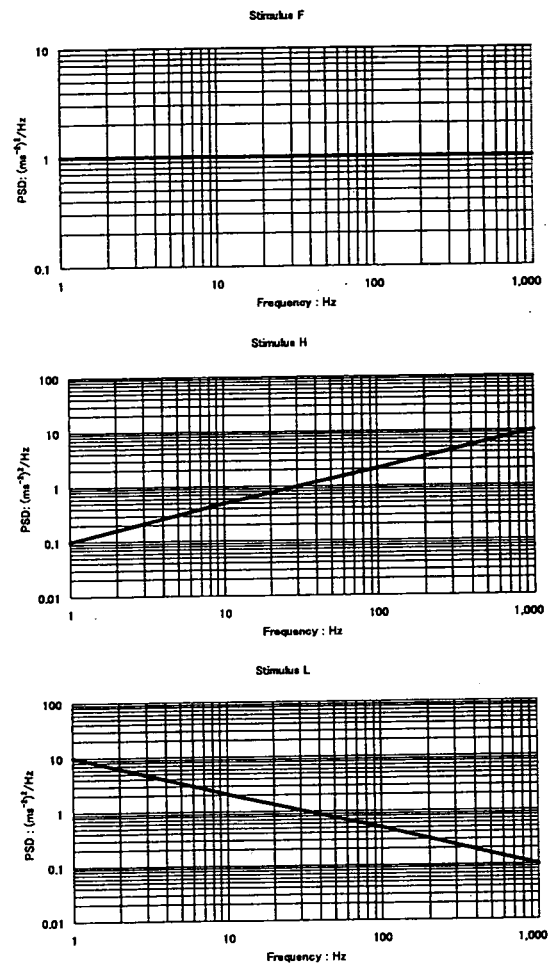


Fig. 1. Spectrum of stimuli used in the experiment.

In order to enable comparison with the ISO 5349-1 values, accelerations of 0.28, 0.56, 1.12, 2.48 and 4.48 m/s<sup>2</sup> R.M.S. were used for the five steps. These stimuli were selected from the specific vibration magnitudes of hand-held vibration tools<sup>8)</sup>. These signals were each used three times, comprising a total of 45 stimuli applied in random order, as shown in Fig. 2, each signal was applied for a duration of five seconds with a two-second pause between stimuli for each subject in the experiment. Miwa<sup>9)</sup> clarified that five seconds of stimulus was felt by humans as a continuous vibration. Therefore, in this experiment, the

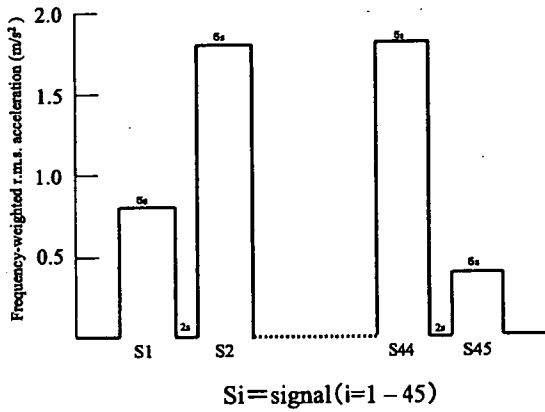


Fig. 2. Series of stimuli.

duration of the stimulus was set as 5 s.

This meant that each subject was exposed to a total of 225 s of vibration, which even when the exposure time is considered, is within the acceptable range for the ISO 5439-1 standard.

**Experimental apparatus**

A shaker with a power amplifier (VA-ST-03, IMV corporation) and signal processing unit (F2 SPU, IMV corporation) were used in the experiment. The apparatus is shown in Fig. 3. All vibration stimuli generated on the handle and the frequency-weighted R.M.S. vibration acceleration of Table 1 were feedback controlled by the F2 SPU controller and the computer.

**Subjects**

The subjects were twelve healthy subjects in their twenties, six males and females with mean ages of 23.2 and 24.5-yr old, respectively. All the subjects were non-smokers. None of the subjects had been exposed to high levels or long periods of hand-arm vibration (HAV) occu-

pationally or in their leisure time activities. The experiments were approved by the Research Ethics Committee of Japan National Institute of Occupational Safety and Health. All the subjects underwent an explanation of the test procedure and gave their written informed consent to participate in this study.

**Experimental procedure**

A series of 15 vibration stimuli (three times for each of the five levels of vibration stimuli), each of which was ordered randomly, were applied in the  $X_h$  axis to the right hand of each subject, seated in a relaxed posture in a chair. All vibration stimuli had a duration time of five seconds with a two-second pause between them as shown in Fig. 2. The vibration load was applied in the direction of the  $X_h$  axis with a predetermined stimuli program input into the vibrator, then applied to the subject who grasped the vibration handle. A force sensor was mounted on the center of the handle. The diameter of the handle was 0.03 m and the length was 0.12 m. The grasping force was about 2-3 N. Real time display of the grasping force was provided via a meter so that the subject could adjust the grasping force to the desired force level. The subjects issued verbal responses to each vibration stimulus, selected from the five evaluation categories shown in Table 3, using a designated numeric value (1 to 5) for each category.

Table 3. Categories used in the experiment

Category No	Subjective response
1	Not uncomfortable
2	A little uncomfortable
3	Fairly uncomfortable
4	Uncomfortable
5	Very uncomfortable

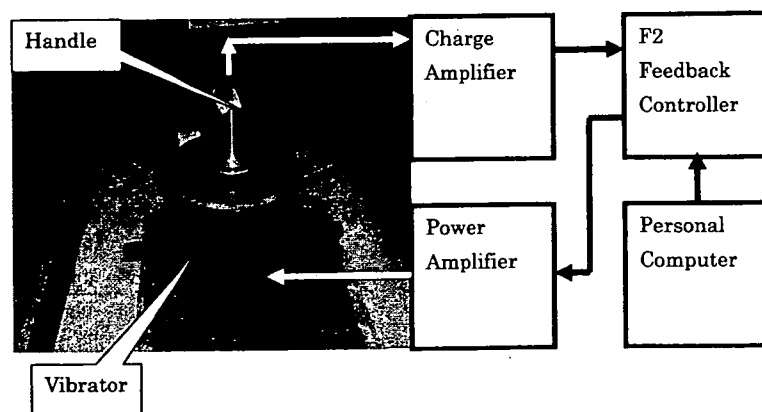


Fig. 3. Hand-arm vibration shaker.

## Results and discussion

Although the subjective scaling of whole-body vibration is defined by the ISO 2631-1 standard, the subjective scaling of hand-arm vibration has not been determined and no solution had yet been presented to resolve this problem. In this research, using the category judgment method, a subjective scale for the evaluation of comfort, namely an ordinal scale with unequal intervals, was established to associate physical values with psychologically continuous categories, resolving this problem, the inability to specify a measured vibration stimulus of a certain magnitude on a scale of comfort.

The order of the stimuli applied to the subjects  $S_n$  ( $n=1-45$ ) and the evaluation reported by the subjects to each stimulus  $P_i$  ( $i=1-12$ ; Male;  $i=1-6$ , Female;  $i=7-12$ ) are shown in Table 4. The numerical values represent the evaluations given by the subjects in response to the stimuli using the numerical categories corresponding to those shown in Table 3, while the stimulus name indicates the type of stimulus used. For example, the first stimulus "Flat 1.12" indicates stimulus F with a frequency-weighted R.M.S. acceleration of 1.12 m/s<sup>2</sup> (Fig. 1). Similarly, High 4.48 indicates stimulus H of the 4.48m/3 and Low 1.12 indicates stimulus L of 1.12 m/s<sup>2</sup>.

The scaling was carried out using the category judgment method based on the results in Table 4. First, a frequency distribution matrix  $F_{ij}$  of the evaluation for each category  $j$  ( $j=1-5$ ) versus 15 types of stimuli  $R_i$  ( $i=1-15$ ) was created (Table 5), derived from the experiment results (Table 4) with the frequencies being totaled in terms of individual vibration stimuli.

Next, the formula  $G_{ij} = \left( \sum_{k=1}^j F_{ik} \right) / (r \times N)$   $\rightarrow j$  "シエイズ".

$$G_{ij} = \left( \sum_{k=1}^j F_{ik} \right) / (r \times N)$$

各数値はすべて両入力しておけるのでこの算式で下され。

was used to convert the frequency distribution  $F_{ij}$  into the accumulation ratio  $G_{ij}$  for  $R_i$  with regard to categories 1 to  $j$ . Here,  $r$  ( $=3$ ) represents the repetitions of each stimulus and  $N$  ( $=12$ ) is the number of subjects. Next, the deviation ratio  $Z_{ij}$  ( $j=1-5$ ) corresponding to the accumulation ratio  $G_{ij}$  was obtained using the following equation (2). This is based on the approximation equation by Hastings *et al.*<sup>10)</sup>, simplified to satisfy the required degree of precision in the calculation for the experiment, deriving  $Z_{ij}$  that corresponds to a given upper probability  $G_{ij}$  ( $0 < G_{ij} < 0.5$ ) on a normal distribution.

$$Z_{ij} = x - \frac{a_1 + a_2 x}{1 + b_1 x + b_2 x^2} \quad (2)$$

where

$$a_1 = 2.516 \quad b_1 = 1.433$$

$$a_2 = 0.803 \quad b_2 = 0.189$$

$$x = \sqrt{\log(1/G_{ij}^2)}$$

Next, an estimated value for the width of adjacent categories for each stimulus was derived using equation (3).

$$d_{ij} = Z_{ij} - Z_{i(j-1)} \quad (j=2-5) \quad (3)$$

Here, the values  $-3.75$  and  $+3.75$  were adopted for the lower and upper limit of the deviates, which correspond to percentage points of 0.01% and 99.99% respectively. Then, using the result of equation (3), the average estimated value for the width of each category was obtained, taking the mean for 15 stimuli as the origin using equation (4).

$$D_j = \left( \sum_{k=1}^{15} d_{kj} \right) / 15 \quad (4)$$

Next, using the result of equation (4), a scale value  $L_j$  for the upper limit of each category was obtained using equation (5).

$$L_j = \sum_{k=1}^j D_k \quad (j=1-5) \quad (5)$$

From the result of equation (5) a median value  $C_j$  for each interval of every category was obtained as a typical per-category value using equation (6).

$$C_j = (L_{j-1} + L_j) / 2 \quad (j=2-5, L_0=0) \quad (6)$$

Then, according to the general operation method of the category judgment method,  $C_j$  was converted to the absolute scale value  $A_j$  using equation (7) based on the idea that the median point of the central category 3, represents a significant zero,

$$A_j = C_j - C_3$$

The limit values and medians were obtained in this way for each category of vibration stimulus.

Next, in order to position the vibration stimuli used in the experiment on the remodeled scale, the scale value for the median frequency distribution for each individual vibration stimulus  $R_i$  was obtained using equation (8), with the upper limit scale value  $L_j$  and accumulated ratio  $G_{ij}$

$$M_i = L_{m-1} + \frac{L_m - L_{m-1}}{G_{im} - G_{i(m-1)}} \times (0.5 - G_{i(m-1)}) \quad (8)$$

where

$m$ : median category

$$L_0 = 0, G_{i0} = 0$$

Furthermore, an absolute scale value  $U_i$  was obtained using equation (9).

Table 4. Category judgments of the subjects (Numbers in the table correspond to the category number shown in Table 3.)

Signal number	Stimulus name	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
S <sub>1</sub>	Flat 1.12	2	1	1	1	2	2	3	2	4	1	1	1
S <sub>2</sub>	High 4.48	4	2	4	4	4	4	5	4	5	4	4	3
S <sub>3</sub>	Low 1.12	2	1	2	1	2	2	2	1	2	3	2	1
S <sub>4</sub>	Low 4.48	4	3	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4
S <sub>5</sub>	High 0.28	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
S <sub>6</sub>	Flat 4.48	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4
S <sub>7</sub>	Flat 2.24	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	4	2
S <sub>8</sub>	High 2.24	3	1	3	2	3	2	3	3	2	3	4	2
S <sub>9</sub>	Low 0.56	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>10</sub>	Low 0.28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>11</sub>	High 1.12	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
S <sub>12</sub>	Low 2.24	4	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3
S <sub>13</sub>	High 0.56	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
S <sub>14</sub>	Flat 0.56	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
S <sub>15</sub>	Flat 0.28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>16</sub>	Flat 1.12	3	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
S <sub>17</sub>	High 4.48	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4
S <sub>18</sub>	Low 0.56	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>19</sub>	Flat 4.48	4	4	5	4	5	4	5	4	4	4	5	4
S <sub>20</sub>	Low 4.48	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	5	3
S <sub>21</sub>	Flat 2.24	3	2	3	2	2	2	2	3	2	3	4	2
S <sub>22</sub>	Low 2.24	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	4	2
S <sub>23</sub>	Low 1.12	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
S <sub>24</sub>	High 0.56	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>25</sub>	High 1.12	3	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	2
S <sub>26</sub>	Low 0.28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>27</sub>	Flat 0.28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>28</sub>	High 2.24	4	2	4	2	3	3	3	4	3	3	3	3
S <sub>29</sub>	High 0.28	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>30</sub>	Flat 0.56	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2
S <sub>31</sub>	Flat 1.12	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
S <sub>32</sub>	Low 2.24	3	2	3	2	3	3	3	3	4	4	3	3
S <sub>33</sub>	High 2.24	4	2	4	2	4	3	4	4	4	3	4	4
S <sub>34</sub>	Low 1.12	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2
S <sub>35</sub>	Low 0.28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>36</sub>	Flat 0.56	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1
S <sub>37</sub>	Low 4.48	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4
S <sub>38</sub>	Flat 0.28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>39</sub>	Flat 2.24	3	3	4	2	4	2	3	3	3	4	4	3
S <sub>40</sub>	High 1.12	2	1	3	1	2	2	2	2	2	3	3	3
S <sub>41</sub>	High 0.56	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2
S <sub>42</sub>	High 0.28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S <sub>43</sub>	High 4.48	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4
S <sub>44</sub>	Flat 4.48	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	3
S <sub>45</sub>	Low 0.56	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2

Mi: Male subject i; Fi: Female subject i.

Table 5. Frequency distribution matrix for 5 stimuli

Signal No.	Frequency-weighted r.m.s. acceleration m/s <sup>2</sup>	Male Category					Female Category				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F1	0.28	18	0	0	0	0	18	0	0	0	0
F2	0.56	12	6	0	0	0	14	4	0	0	0
F3	1.12	7	10	1	0	0	3	13	1	1	0
F4	2.24	0	10	6	2	0	0	6	8	4	0
F5	4.48	0	0	1	13	4	0	0	1	10	7
H1	0.28	16	2	0	0	0	17	1	0	0	0
H2	0.56	15	3	0	0	0	14	4	0	0	0
H3	1.12	6	9	3	0	0	1	14	3	0	0
H4	2.24	1	6	6	5	0	0	2	9	7	0
H5	4.48	0	1	0	10	7	0	0	1	8	9
L1	0.28	18	0	0	0	0	18	0	0	0	0
L2	0.56	13	5	0	0	0	15	3	0	0	0
L3	1.12	9	9	0	0	0	7	9	2	0	0
L4	2.24	1	8	8	1	0	0	5	8	5	0
L5	4.48	0	0	3	10	5	0	0	2	10	6

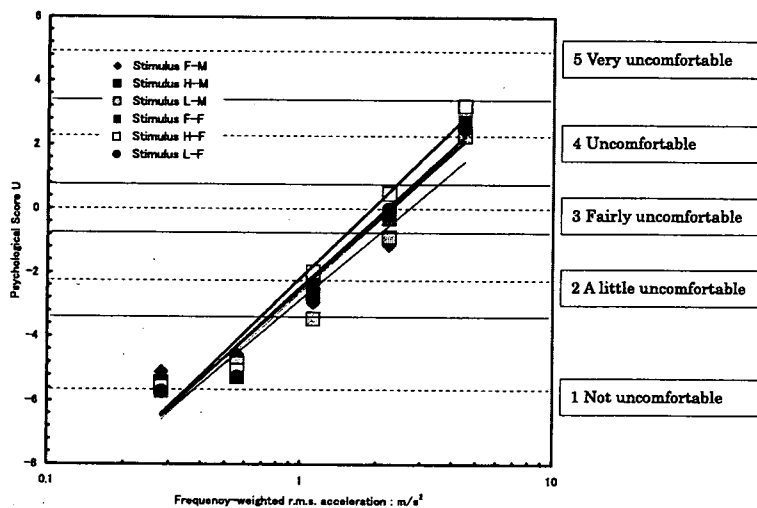


Fig. 4. Psychological evaluation scores given as a function of frequency-weighted R.M.S. acceleration.

$$U_i = M_i - C_3 \tag{9}$$

$U_i$  is the value given by 50% of the 12 subjects as their psychological evaluation of the vibration stimulus  $R_i$ .

The category judgment method calculation applied to Table 5 to obtain the relationship between subjective response and the frequency-weighted R.M.S. vibration acceleration. Fig. 4 shows the results from the category judgment method of the relationship between subjective scaling and the frequency-weighted R.M.S. acceleration based on the ISO 5349-1 standard. From Figure 4, it is seen that the physically measured value can predict the psychological value.

Furthermore, Fig. 4 reveals the existence of a linear relationship between the logarithm of the frequency-weighted R.M.S. acceleration ( $m/s^2$ ) and the corresponding psychological value ( $U_i$ ) for each vibration stimulus. However, the nature of this line changes according to the particular vibration stimuli within the different vibration stimulus spectra. The difference between the different spectrum groups and the gender groups was tested by Mann-Whitney's U test at  $p \leq 0.05$ . No significant difference was noticed in response to the  $< = 1 \pm \leq ?$  Fig. 4.

Also, there were no statistical difference in psychological evaluation between males and females at the same

197.172  
 $U_i \rightarrow 19$

$< = 1 \pm \leq ?$

$= 4.2 \times 10^{-7}$

Table 6  
区別が不明(平均)は2.5  
≥, < が不明  
2.5, 3.07, 3.5  
2.5, 3.07, 3.5

# SCALING OF HAND-ARM VIBRATION

Table 6. Subjective response scaling of hand-arm vibration

Category	Frequency-weighted R.M.S. acceleration: $a_{hw}$ ( $m/s^2$ )
1. Not uncomfortable	$a_{hw} < 0.747$
2. A little uncomfortable	$0.747 \leq a_{hw} < 1.73$
3. Fairly uncomfortable	$1.73 \leq a_{hw} < 3.06$
4. Uncomfortable	$3.06 \leq a_{hw} < 6.59$
5. Very uncomfortable	$a_{hw} \geq 6.59$

frequency-weighted R.M.S. acceleration with different spectrums. There was no difference with the psychological evaluation to HAV exposures in females and in males, even when the frequency-weighted R.M.S. acceleration by ISO 5349-1 was the same value. Therefore, the results obtained from the experiments suggest that gender differences in response to HAV should not be taken into consideration in ISO 5349-1.

The subjective scaling values obtained from the current experimental results (Fig. 4) are shown in Table 6.

The subjective response scaling of hand-arm vibration as shown in Table 6 can be used for design-objective values of hand-held tool vibration.

In this study the experiments were conducted only in the single axis of  $X_h$ . However, since the results were arrived at with a limited number of subjects, their validation for gender, age, race, etc, are subject for further research. Also, further research is needed to examine multi-axis effects of HAV on gender differences in response to HAV exposure.

## Conclusion

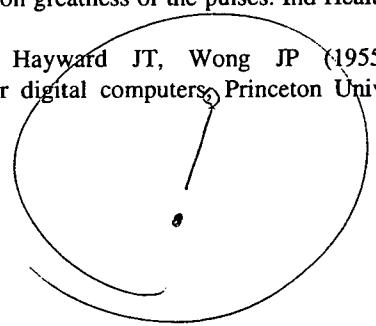
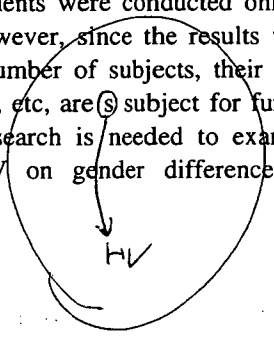
In the present study:

- 1) we derived the subjective response scaling for design-objective values of hand-held tool vibration relationship between frequency-weighted R.M.S. acceleration according to the ISO 5349-1 standard and psychological evaluation by using the category judgment method; and

- 2) there are no statistical differences in psychological evaluation between males and females at the same frequency-weighted R.M.S. acceleration with different spectrums.

## References

- 1) International Organization for Standardization (1997) Mechanical vibration and shock Evaluation of human exposure to whole-body vibration Part 1: General requirements. ISO 2631-1.
- 2) Maeda S, Kume Y, Iwata Y (1983) Evaluation of localized vibration using the method of category judgment. J. Japan Industrial Management Association 34, 200-5 (In Japanese).
- 3) Guilford. J (1954) Psychometric methods, McGraw-Hill, New York.
- 4) Maeda S (2005) Necessary research for standardization of subjective scaling of whole-body vibration. Ind Health 43, 390-401.
- 5) International Organization for Standardization (2001) Mechanical vibration measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements. ISO 5349-1.
- 6) Miwa T, Yonekawa Y (1974) Measurement of vibrations generated from portable vibrating tools. Ind Health 12, 1-21.
- 7) Maeda S, Iwata Y (1981) The fundamental study on the effects of noise and vibration upon human body and working efficiency —The vibration frequency patters of air tools—. Research Report of Environmental Science Institute of Kinki University 9, 123-56 (In Japanese).
- 8) Maeda S, Iwata Y (1982) Pattern of the vibration level by air tools. Research Report of Environmental Science Institute of Kinki University 10, 165-75 (In Japanese).
- 9) Miwa T (1968) Evaluation methods for vibration effects Part 7. The vibration greatness of the pulses. Ind Health 6, 143-64.
- 10) Hasting C Jr., Hayward JT, Wong JP (1955) Approximation for digital computers, Princeton Univ. Press, Princeton.



研究成果の刊行物・別刷

2: 前田節雄, 柴田延幸: 「JIS T8114 (防振手袋) 規格について」セーフティダイジェスト (2007),53:10-20.





# JIS T 8114 (防振手袋) 規格について

About Standard of New JIS T 8114 (Vibration isolation gloves)

前田 節雄\*<sup>1</sup>、柴田 延幸\*<sup>2</sup>

## 1. まえがき

1987年に制定・発行、その後、1994年、2002年に改定・廃止などの確認がなされたが、そのまま継続されてきていた JIS T 8114 (防振手袋) の規格が、2007年5月25日に1996年に制定・発行されてきている ISO 10819 (Mechanical vibration and shock - Hand-arm vibration - Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand) 規格を取り入れて JIS T 8114 として改正・発行された。

本報告では、旧 JIS T 8114 の問題点および JIS T 8114 が改定に至った経緯と新 JIS T 8114 の内容と我が国の防振手袋の現状について概説する。

## 2. JIS T 8114:1987(防振手袋)の問題点

手腕振動暴露から手腕振動障害を軽減する方法としては一般的に次の3つの方法が効果的であると考えられます。

- 1 : 出来るだけ振動の小さい工具の選択 (低振動工具の選択)
- 2 : 作業時間の制御
- 3 : P.P.E. (Personal Protective Equipment) 防振手袋の使用

1 の出来るだけ振動の小さい工具の選択 (低振動工具の選択) を行うためには、低振動工具を選択することを作業員や事業主が容

易に出来るため、振動工具のラベリングが必要であるが、我が国にはいまだ、工具製造メーカーに対して、工具から発生する振動の大きさを提供してもらい、振動の大きさを比較できるような状況には至っていないので、振動の小さい工具の選択は困難な状況にあると思われます。2 の作業時間の制御も、1 のように、工具の周波数補正振動加速度実効値がカタログなどに表示されることにより、リスクの低い手持振動工具を選択することは可能になるが、実作業現場で作業をしている作業員に対して、許容基準を満足した作業を行っているかどうかの情報をフィードバックすることは不可能であると思われるので、なかなか簡単に実作業時の作業時間の制御に関しては、まだまだ考えなければならないことがあると思われます。この1や2に比べ、手腕振動暴露から手腕振動障害を軽減する最も簡易的な方法としては、P.P.E. (Personal Protective Equipment) 防振手袋の使用であると考えられてきています。

鉱業、林業、土木建設業、製造業などの事業場において、工具、機械などから作業員の手に伝わる振動を軽減するための防振手袋の振動軽減効果の評価を行う規格として、我が国では JIS T 8114 が1987年に制定・発行されてきていました。しかし、我が国にはこの JIS 規格に準拠した形で防振手袋の防振性能を評価することが出来る測定システムが存在しなかったため、この規格策定時に参画したときの企業の防振手袋の振動軽減特性は測定

\* 1 労働安全衛生総合研究所 環境計測管理研究グループ (工博・医博)  
\* 2 労働安全衛生総合研究所 環境計測管理研究グループ (工博)

されていましたが、その後、保護具製造業者、手袋製造業者などから防振を目的として市販されてきている防振手袋がどのような防振特性を持っているかは明確ではありませんでした。それゆえ、防振手袋の使用が推奨されているが、作業員や事業主が何を基準に防振手袋を選定すればよいかは明らかではない状況でした。

防振手袋の振動軽減効果を評価する必要性から、平成13年度に JIS T 8114規格に準拠した防振手袋振動軽減効果を測定できる装置が産業医学総合研究所人間工学特性研究部に納入されました。図1に産医研に設置された防振手袋の防振効果を測定する装置を示します。この装置の特徴は、人の手腕の駆動点機械インピーダンス特性に合わせた人工手を用いて、振動台の上に置かれた防振手袋を一定の力で押し付けることが出来るようになった点であります。



図1 JIS T 8114：1987準拠の防振手袋振動軽減効果測定装置

JIS T 8114規格では、加振器上に置いた防振手袋への入力振動加速度と出力振動加速度との比、すなわち振動伝達率を実験的に求め、デシベルで表示したものを減衰値としています。加振台に取り付けた振動加速度ピックアップからの振動加速度値を入力振動加速度  $a_1$ 、人工手に取り付けた振動加速度ピックアップからの振動加速度値を出力振動加速

度  $a_2$  と考え、この比  $a_1/a_2$  を減衰量と考えます。

$$\text{減衰量(dB)} = 20\log_{10}(a_1/a_2) \quad (1)$$

加振方向は、試料に対し垂直の方向とし、63Hz、125Hz、250Hzの正弦振動又は1/3オクターブバンドランダム振動で加振する。試験振動加速度は各試験周波数とも実効値3Gとなっている。また、各防振手袋の防振効果の評価は、JIS T 8114に示されている63、125、250Hzでそれぞれ6、10、10dB以上とされています。現在、国内で防振手袋として販売されている手袋がどのような特性を持っているのかを、国内外の22種類の手袋の防振性能について調べてみました。今回の測定に用いました手袋は、次の5つのグループを用いました。

A：国産手袋 (No.1～5)

国産で手袋の手のひらの部分にスポンジや柔らかいゴムなどの吸収剤が入っているもの。

B：外国産手袋 (No.6～12)

外国産で手袋の手のひらに吸収剤が入っており、国産と違いすべての手袋内にジェルといったゼリー状のものが入っているのが一番の特徴である。

C：国産エア注入型 (No.13～15)

手のひらの部分に空気を入れるチューブが入っており、形こそ違うものの製造元が同一であるためチューブの基本的な構造は同じである。

D：外国産エア注入型 (No.16～18)

こちらも手のひらにチューブが入っているが、Cの国産エア注入型に比べてチューブの形状が複雑になっており空気が手のひらと指先に同じように入るようになっている。

E：外国産 Palm 型 (No.19～22)

外国産の Palm (手のひら) のみの手袋で指部分がない。手のひら側にそれぞれ吸収剤が入っておりジェルまたはエアが入るチューブが入っている。

JIS T 8114の装置を用いて測定した結果を表1に示します。表1から、2, 12, 22番目の手袋を除いて、すべての手袋において250 Hzで10dB以上の防振効果が得られていないことがわかります。

人工手の駆動点機械インピーダンス特性の250Hz付近が、人の手の甲の共振周波数と一致していることからこのような結果になったと思われます。また、63Hzと125Hzで10 dB以上の防振効果はゴムの分厚いタイプとゴムの特性を工夫していると考えられる手袋で効果が得られていると思われます。その他は、ジェルタイプと空気注入式のタイプの手

表1 JIS T 8114の装置で測定した防振手袋振動軽減効果

手袋番号	製造国	63Hz	125Hz	250Hz
1	日本	7.6	16.8	1.2
2	日本	9.91	16.24	16.95
3	日本	.	.	.
4	日本	7.1	15.5	1.2
5	日本	8.1	15.4	1
6	英国	7.4	14.8	-1.6
7	日本	1.9	10	1.1
8	日本	1.7	6.4	2.1
9	英国	2.2	10.4	0.5
10	英国	2.4	9.4	0.1
11	英国	4.6	12.6	-1.1
12	泰州	0.4	20.7	12.6
13	日本	5.5	9.6	0.3
14	日本	7.3	12.2	-0.4
15	日本	7.8	11.4	0.4
16	米国	7.9	14.6	-2.6
17	米国	8	13.9	-0.2
18	カナダ	4.2	11.5	-0.1
19	米国	6.9	13.3	-1.9
20	カナダ	1.2	5.1	0.7
21	カナダ	0.3	5.7	0.4
22	泰州	0.5	21.5	11.5
	評価基準	6以上	10以上	10以上

袋で効果が得られていると思われます。それ以外の手袋に関しては効果が得られていないと思われます。このようにJIS T 8114においては、63, 125, 250Hzの単一の周波数での防振手袋の振動軽減効果を規定しようとしているが、実際の手持振動工具の振動は、連続的な周波数スペクトル成分を持っているので、このような離散周波数での試験では、実際の工具振動に対して有効な振動軽減効果が得られるかどうかは不明であると思われます。

### 3. JIS T 8114の改定作業の趣旨及び経緯

振動障害を防止するためには、低振動工具の使用、作業時間の規制、作業環境の整備、健康診断の実施などと併せて、工具のハンドルから作業者の手へ伝搬する振動を低減するため防振用保護手袋の使用が考えられます。防振手袋の評価方法として、国際的には、ISO 10819が制定され、我が国ではJIS T 8114が制定されています。しかし、JIS規格では、防振手袋の振動軽減効果を63, 125, 250 Hzの3つの単一の周波数で測定評価しているために、実際の手持振動工具はスペクトル振動であるがゆえに、実際の工具に対しての防振手袋の効果が得られているかどうかについては不明でした。しかし、1996年に制定発行されましたISO 10819の規格では、手持振動工具のスペクトルに対しての振動軽減効果を評価する方法を規定しました。実手持振動工具に対しての防振手袋の振動軽減効果と防振手袋の輸出入を考えた場合、JIS T 8114規格をISO 10819規格に整合させることが急務でありました。今回のJIS規格改定により、日本においても国際的に整合の取れた防振手袋の振動軽減効果の測定・評価が可能になると同時に、国際的整合をもつことにより輸出が容易となることが期待されました。また、作業や事業主が何を基準に防振手袋を選定すればよいかは明らかではありませんでしたが、今回のJIS T 8114の改訂により、振動軽減効果を持った防振手袋の選定も容易になると思われました。それは、今回のJIS T 8114規格で評価し、合格した防振手袋に

は、「JIS T 8114適合品」とした自己認証が可能になることでした。

そこで、平成17年度 JIS 原案作成に応募する規格内容の概要調査書を平成16年10月30日の公募期限に向けて日本保安用品協会を事務局として、JIS T 8114の規格内容を1996年に制定された ISO 10819の内容に改定する JIS 規格策定作業を行いたいとして申請しました。申請しました本委員会と分科会委員会のメンバーを表2に示します。年度内に、本委員会は2回、分科会は7回開催し、改正 JIS 規格を策定しました。

表2 JIS T 8114(防振手袋)改正原案作成委員会構成表

	氏名	所属
(委員長)	○ 前田 節雄	独立行政法人労働安全衛生総合研究所
(幹事)	○ 米岡 宗臣	住商アンセル株式会社
(委員)	○ 永井 克尚	財団法人日本規格協会
	吉川 敏彦	厚生労働省労働基準局
	根岸喜代春	経済産業省産業技術環境局
	武井 利行	国土交通省住宅局
	鈴木 正勝	林野庁
	○ 平 雄一郎	アトム株式会社
	○ 江上 壮輔	株式会社カミキ
	○ 桑貝 毅	株式会社シモン
	○ 渡辺 則夫	丸五産業株式会社
	荒川 輝雄	中央労働災害防止協会
	藤丘 育生	建設業労働災害防止協会
	真覚 正武	港湾貨物運送事業労働災害防止協会
	福田 章史	林業・木材製造業労働災害防止協会
	山下 芳久	鉱業労働災害防止協会
	○ 松村不二夫	ミドリ安全株式会社
	○ 吉川 教治	リオン株式会社
(関係者)	鎌倉 正義	住商アンセル株式会社
(事務局)	角田 脩	社団法人日本保安用品協会

注記 ○印は、分科会委員を示す。

この改定規格は、手腕系振動暴露に起因する振動障害のリスクから人々を保護することの要求の増大に対応し、防振手袋の振動伝達率の実験室での、しかし可能な限り実際の作業場での標準的な条件下での測定方法を規定した ISO 10819:1996 (Mechanical vibration and shock - Hand-arm vibration - Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand) を基に作成した日本工業規格であるが、製品規格にするため技術的内容を変更して作成した日本工業規格である。この規格の作成にあたっては、ISO 規格と整合をはかることを主眼として審議を行い、その意図を忠実に翻訳し、旧 JIS T 8114の製品規格に対応できるように ISO 10819 翻訳内容との整合性を図りました。この規格は防振手袋の振動伝達率の測定及び評価を ISO 規格に整合した方法で行うことを目的に改正しました。また、旧規格の測定周波数(範囲)、測定に用いる振動、把持力、測定に用いる手、測定結果の評価方法、被験者の手の規定は、作業場での標準的な条件下での測定方法を規定している ISO 規格に整合させました。

やっと、我が国においても、国際的に整合の取れた防振手袋の振動軽減効果の評価が可能になると同時に、CE マーク製品として国際的整合を持つことによって輸出が容易になることが期待されるようになってきました。

今回の改正中に特に次の内容が問題になりました。

#### 1) EN420の取扱い

ISO 10819に引用されている EN420はあくまでも被験者の選択条件を示すもので、手袋の規格を規定するものではない。従って、選択条件に該当するところだけを抜粋して、作業用手袋の一般要件(日本グローブ工業会標準規格 JRV-018:2005)を参考に被験者の手の寸法として独自に制定した。

#### 2) 手袋サイズ

測定結果に対応したサイズを表1から選