

表 2. 振動軽減効果の測定結果 (タイプ A)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
1	M	0.792	0.803	0.837	0.811	OK
		0.791	0.803	0.838		
	H	0.772	0.469	0.506	0.582	OK
		0.772	0.469	0.506		
2	M	0.955	0.934	0.996	0.962	OK
		0.955	0.934	0.997		
	H	0.926	0.931	0.962	0.94	NG
		0.926	0.931	0.962		
3	M	0.982	0.973	1.00	0.985	OK
		0.982	0.973	1.00		
	H	1.00	1.02	1.12	1.05	NG
		1.00	1.02	1.12		
4	M	0.918	0.887	0.994	0.916	OK
		0.918	0.887	0.994		
	H	0.903	0.794	0.841	0.846	NG
		0.903	0.794	0.841		
5	M	0.993	0.92	0.975	0.963	OK
		0.993	0.92	0.976		
	H	0.997	0.891	0.98	0.956	NG
		0.997	0.891	0.98		

表 3. 振動軽減効果の測定結果 (タイプ B)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
6	M	0.964	0.854	0.928	0.916	OK
		0.964	0.855	0.929		
	H	0.886	0.751	0.760	0.799	NG
		0.886	0.751	0.760		
7	M	0.962	0.826	0.898	0.895	OK
		0.962	0.825	0.899		
	H	0.866	0.777	0.791	0.811	NG
		0.866	0.777	0.791		
8	M	0.994	0.765	0.875	0.878	OK
		0.995	0.767	0.875		
	H	0.903	0.676	0.752	0.777	NG
		0.903	0.676	0.752		
9	M	0.961	0.833	0.940	0.911	OK
		0.962	0.833	0.940		
	H	0.882	0.644	0.820	0.782	NG
		0.882	0.644	0.820		

表 4. 振動軽減効果の測定結果 (タイプ A)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
10	M	0.983	0.868	0.865	0.905	OK
		0.983	0.87	0.866		
	H	0.457	0.54	0.462	0.486	OK
		0.457	0.54	0.462		
11	M	0.953	0.873	0.844	0.89	OK
		0.954	0.875	0.843		
	H	0.304	0.522	0.371	0.399	OK
		0.304	0.522	0.371		
12	M	0.963	0.912	0.908	0.937	OK
		1.015	0.914	0.909		
	H	0.566	0.554	0.565	0.562	OK
		0.566	0.554	0.565		
13	M	1.021	0.942	0.921	0.961	OK
		1.021	0.942	0.922		
	H	0.76	0.773	0.815	0.783	NG
		0.76	0.773	0.815		

表 5. 振動軽減効果の測定結果 (タイプ B)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
14	M	0.995	0.928	0.946	0.957	OK
		0.995	0.93	0.947		
	H	0.461	0.512	0.719	0.564	OK
		0.461	0.512	0.719		
15	M	1.05	0.937	0.815	0.935	OK
		1.051	0.938	0.817		
	H	0.531	0.638	0.705	0.625	NG
		0.531	0.638	0.705		
16	M	0.995	0.891	0.858	0.915	OK
		0.996	0.892	0.859		
	H	0.376	0.505	0.405	0.429	OK
		0.376	0.505	0.405		
17	M	1.015	0.91	0.798	0.908	OK
		1.015	0.91	0.798		
	H	0.34	0.471	0.537	0.449	OK
		0.34	0.471	0.537		

厚生労働科学研究補助金（労働安全衛生総合研究事業）

分担報告書

手腕振動障害防止のための振動ばく露リスク評価および低減策に関する研究

－最適作業スケジューリング計画立案方法の検討など－

分担研究者 前田節雄（独立行政法人労働安全衛生総合研究所部長）

研究要旨：本研究では、平成 18 年度に開発したカリキュレータで計算された結果が同じ結果の場合の作業の人体影響が同じであるかは未定である。そこで、計算された結果の中から人体への生理影響が最も少なくなるような最適作業スケジューリング計画を立案方法の検討、複数の工具を各種パターンで使用した場合の生理影響に差があることを明らかにした。また、防振手袋の振動軽減効果に基づいた値から生理影響を最小にする防振手袋選定方法を明らかにした。次に、このような最適スケジューリングの作業の中で、さらなる振動暴露の影響を軽減する方法として、防振手袋振動軽減効果から指先振動感覚閾値の一時的閾値移動を最小にするための、工具の振動の大きさに対する最適防振手袋の選択方法を示した。

A. 研究目的

平成 17 年度も手腕振動障害患者の労働災害認定者数が約 300 人にのぼっており、厚生労働省の第 10 次労働災害防止計画においては、この認定患者数を減少のために、手持振動工具のリスクを事業主や作業者に認識させる手段として、工具別の振動の大きさが認識できるようなラベリング方法等を手腕振動障害等の防止のための作業管理のあり方検討会をスタートさせ、具体化を進めてきている。また、このラベリングの方法が確立され、1 つの工具のリスクを明らかにすることが出来ると、多くの市販工具間のリスク比較検討が容易になり、事業主や作業者が工具自身のリスクを把握することが可能になる。しかし、実作業を考えた場合、一度に複数の工具を使用する現場でのリスク評価は困難である。従って、そ

のような事が容易に出来るようなシステムの構築することは急務である。

事業主や作業者が、工具の購入前に、どの工具の振動のリスクが最も少ないかのリスクが評価できる工具リスク評価データベースシステムにて知ることは可能であるが（平成 17 年度事業にて作成したデータベース）、実際の現場での工具の使用を考えると、1 日に 1 人の作業者が複数の工具を用いての作業が考えられるが、そのような作業を行った場合のリスク評価を事前に行えるシステムは存在していない。そこで平成 18 年度には、平成 17 年度のデータベースを発展させ、事前リスク評価（Predetermined Risk Evaluation）が行える方法の検討（ノモグラムの検討：カリキュレータ作成への準備）および複数工具を使用した場合のリスク評価が最適であるかど

うかを Branch and bound 法を用いて検討した。

また、事業主や作業者が、工具の購入前に、どの工具の振動のリスクが最も少ないかのリスクが評価できる工具リスク評価データベースシステムにて知ることは可能であるが(平成18年度事業にて作成したデータベース)、実際の現場での工具の使用を考えると、1日に1人の作業者が複数の工具を用いての作業が考えられるが、工具の使用方法を変えてもカリキュレータの計算結果の A(8)が同じになるような工具使用

B. 研究方法

本分担研究では、複数工具を用いて作業を実施した場合がリスクを最小抑える方法については明らかにされていない。そこで、これまで明らかにされてきている指先振動感覚閾値の一時的閾値移動を指標とした断続振動暴露の考え方を用いて、複数工具を使用した場合の各種パターンにて、生理影響に差が出るかどうかをシミュレーションするとともに、実験室実験にて検証した。

手腕振動周波数補正の一軸加速度実効値

a_{hw} (m/s^2) は以下のように表せる。

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2}$$

ここで、

W_{hi} は i 番目の周波数補正係数；

a_{hi} は i 番目の 1 / 3 オクターブ周波数帯域での加速度 (m/s^2)。

振動大きさは、x 軸、y 軸、z 軸の振動合成値であり、求める式は以下のように表せる。

方法が存在する。そのような場合の生理影響が同じになるのかならないのか、また、そのような場合の生理影響を最小にするような作業方法が存在するののかに関しては何ら明らかになっていない。

そこで、平成19年度は、カリキュレータの結果が同じ場合の生体影響に差があるのかどうか、また、防振手袋の実態を明らかにするとともに、現場での工具のレベルに応じた防振手袋の選択方法を提案した。

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

ここで、

a_{hv} は周波数補正加速度実効値の振動合成値 (m/s^2) ；

a_{hwx} 、 a_{hwy} 、 a_{hwz} は各軸の周波数補正手腕系振動の一軸加速度実効値である (m/s^2)。

一日の振動暴露量 (A(8)) を求める式は以下のように表せる。

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{t}{T}}$$

ここで、

t は工具の使用時間 (min) ；

T は 8 時間 (480min)。

また、複数の工具を使用した場合の一日の振動暴露量 (A(8)) を求める式は以下のように表せる。

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 t_i}$$

ここで、

a_{hvi} は i 個目の工具の振動合成値 (m/s^2) ;

n は使用工具の数 (個) ;

t_i は i 個目の工具の使用時間 (min) 。

[例] 振動合成値が $3 m/s^2$ と $10 m/s^2$ 、使用時間が 120min と 30min であるとする :

$$A(8)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{480 \text{ min}} [(3m/s^2)^2 \times 120 \text{ min} + (10m/s^2)^2 \times 30 \text{ min}]} = 2.9m/s^2$$

となる。

手腕振動の振動暴露量の評価は以下のよう
に定められている。

- ・ 8 時間に標準化された 1 日暴露限界値 (1 日 8 時間暴露限界値) を $5 m/s^2$ とする。
- ・ 8 時間に標準化された 1 日暴露対策実効値 (1 日 8 時間暴露行動実効値) を $2.5 m/s^2$ とする。

これを基に作製した下記の評価表で手腕振動の振動暴露量を評価する。

以上により、単一工具、および、複数工具使用時のリスク評価を具体的に進める方法が明らかになった。以上のように $A(8)$ が等しい場合には、生理影響が同じになると仮定されている。しかし、このような事が工具使用時において成立するか否かについては、これまで研究例がない。そこで、図

1 に示すような 2 種類の工具を用いるパターンを 8 種類作成した。この時の Acc. 1 (工具 1) の周波数補正振動加速度実効値は $1.49m/s^2$ 、Acc. 2 (工具 2) の周波数補正振動加速度実効値は $0.25m/s^2$ である。この 8 種類の $A(8)$ は全て同じである。

この図 1 中の数字は、暴露時間(分)と休止時間(分)を示している。この 8 パターンに関して、これまで明らかにされてきている断続振動暴露による TTS の Growth 値を下記の式を用いて計算した。

$$TTS = -16.256 + 11.812 \times \log_{10} R + 15.179 \times \log_{10} a_{hw}$$

ここで、 a_{hw} は、周波数補正振動加速度実効値、 R は振動の繰り返しレートである。今回の計算では、 $R=100$ とした。

また、TTS の Recovery 値の計算には、下記の式を用いた。

$$TTS_i = TTS \times (1 - 0.7836 \times \log_{10}(i/0.5))$$

ここで、 TTS_i は、 i 分後の回復 TTS 値である。

これらの式を用いて、8 パターンの最終の TTS を計算した場合と、2 種類の工具を用いて実験を行い TTS を求めた場合の、比較結果を表 1 に示す。この表 1 の結果から、予測計算値と実験による測定値は、非常に近い値が得られていることがわかる。このような複数の工具を使用した場合の振動暴露後の生理影響を予測することが出来ることが明らかになった。この表 1 から、8 パターンの $A(8)$ が同じにも係らず、パターンにより TTS の値が異なることがわかる。従って、今回の結果から、複数の工具を用いた作業を行う場合、作業の

変更が可能であれば、最終の作業に、工具の振動が小さく、かつ、暴露時間の短い作業を持つてくることにより、生理影響を少なくすることが出来ることが明らかになった。

また、防振手袋の振動軽減効果が明らかになっても、手持振動工具の振動の大きさは、図2に示すように工具により異なっているが、それぞれの工具振動に応じた最適防振手袋の選定方法については明らかになっていない。そこで、指先振動感覚閾値の一時的閾値移動を指標として、最適な防振手袋選定方法を検討した。TTSのGrowth値を下記の式を用いて計算した。

$$TTS = -16.256 + 11.812 \times \log_{10} R + 15.179 \times \log_{10} a_{hw}$$

ここで、 a_{hw} は、周波数補正振動加速度実効値、 R は振動の繰り返しレートである。今回

C. 研究結果

複数の工具を使用した場合の振動暴露後の生理影響を予測することが出来ることが明らかになった。この表1から、8パターンのA(8)が同じにも係らず、パターンによりTTSの値が異なることがわかる。従って、今回の結果から、複数の工具を用いた作業を行う場合、作業の変更が可能であれば、最終の作業に、工具の振動が小さく、かつ、暴露時間の短い作業を持つてくることにより、生理影響を少なくすることが出来ることが明らかになった。

また、任意の周波数補正振動加速度実効値を持った工具に対して、使用しようとする防振手袋が決まった場合、TRの値とから、TTS値を求めることが出来ることを明らかにした。

の計算では、 $R=50$ とした。また、防振手袋の振動軽減効果はTRは、JIS T 8114 : 2007で規程されている。従って、ある軽減効果TRを持った防振手袋を使用した場合、

$$AVG a_{hw} = TR \times a_{hw}$$

となる。ここで、 $R=50$ として、 $TR=1.0, 0.5, 0.1$ の場合と、図2に示される周波数補正振動加速度実効値とTTSの関係を求めた。その結果を、図3に示す。この図3から任意の周波数補正振動加速度実効値を持った工具に対して、使用しようとする防振手袋が決まった場合、TRの値とから、TTS値を求めることが出来る。

D. 考察

事業主や作業者が、工具の購入前に、どの工具の振動のリスクが最も少ないかのリスクが評価できる工具リスク評価データベースシステムにて知ることは可能であるが（平成18年度事業にて作成したデータベース）、実際の現場での工具の使用を考えると、1日に1人の作業者が複数の工具を用いての作業が考えられるが、工具の使用方法を変えてもカリキュレータの計算結果のA(8)が同じになるような工具使用方法が存在する。そのような場合の生理影響が同じになるのかならないのか、また、そのような場合の生理影響を最小にするような作業方法が存在するののかに関しては何ら明らかになっていなかった。そこで、断続振

動暴露によるTTSのGrowth値を下記の式を用いて計算した。

$$\text{TTS} = -16.256 + 11.812 \times \log_{10} R + 15.179 \times \log_{10} a_{hw}$$

ここで、 a_{hw} は、周波数補正振動加速度実効値、 R は振動の繰り返しレートである。今回の計算では、 $R=100$ とした。

また、TTSのRecovery値の計算には、下記の式を用いた。

$$\text{TTS}_i = \text{TTS} \times (1 - 0.7836 \times \log_{10}(i/0.5))$$

ここで、 TTS_i は、 i 分後の回復TTS値である。

これらの式を用いて、8パターンの最終のTTSを計算した場合と、2種類の工具を用いて実験を行いTTSを求めた場合の、比較結果を表1に示す。この表1の結果から、予測計算値と実験による測定値は、非常に近い値が得られていることがわかる。これらの計算式には、工具振動暴露時間が5分間の工具使用時間の限界がある。TTSのGrowthの計算に、さらに長時間振動暴露後のTTSを予測できる式を用いることにより、工具の使用時間が異なった場合も予測することが可能になると考えられる。

また、防振手袋の振動軽減効果TRからTTS値を指標として、任意の周波数補正振動加速度値を持つ工具に対して、選択する方法を示すことが出来たが、この場合の計算も、工具振動暴露時間が5分間の制限がある。この場合も、TTS値を予測する式がどのような暴露時間に対しても用いることが出来れば、防振手袋の振動軽減効果TRから、最適な手袋の選択が可能になると思われる。

E. 結論

1) 事業主や作業者が、工具の購入前に、どの工具の振動のリスクが最も少ないかのリスクが評価できる工具リスク評価データベースシステムにて知ることは可能であるが(平成18年度事業にて作成したデータベース)、実際の現場での工具の使用を考えると、1日に1人の作業者が複数の工具を用いての作業が考えられるが、工具の使用方法を変えてもカリキュレータの計算結果のA(8)が同じになるような工具使用方法が存在する。そのような場合の生理影響が同じになるのかならないのか、また、そのような場合の生理影響を最小にするような作業方法が存在するのかを明らかにした。

2) 現場での工具のレベルに応じた防振手袋の選択方法を提案することが出来た。

G. 研究発表

1. 論文発表

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

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.

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

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

2. 学会発表

S. Maeda, N. Shibata : Problems of A(8) Evaluation. Proceedings of 15th 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 15th 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 日発表予定

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし。

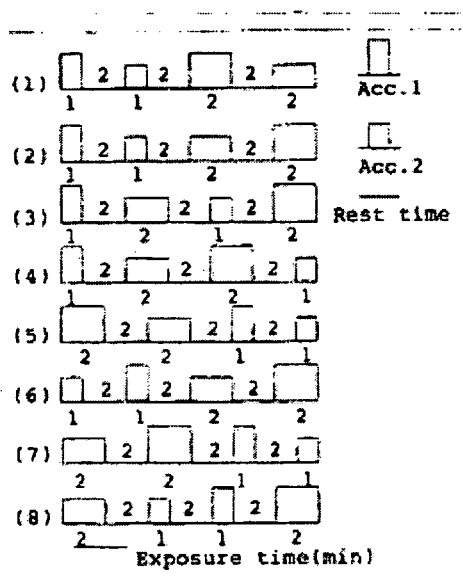
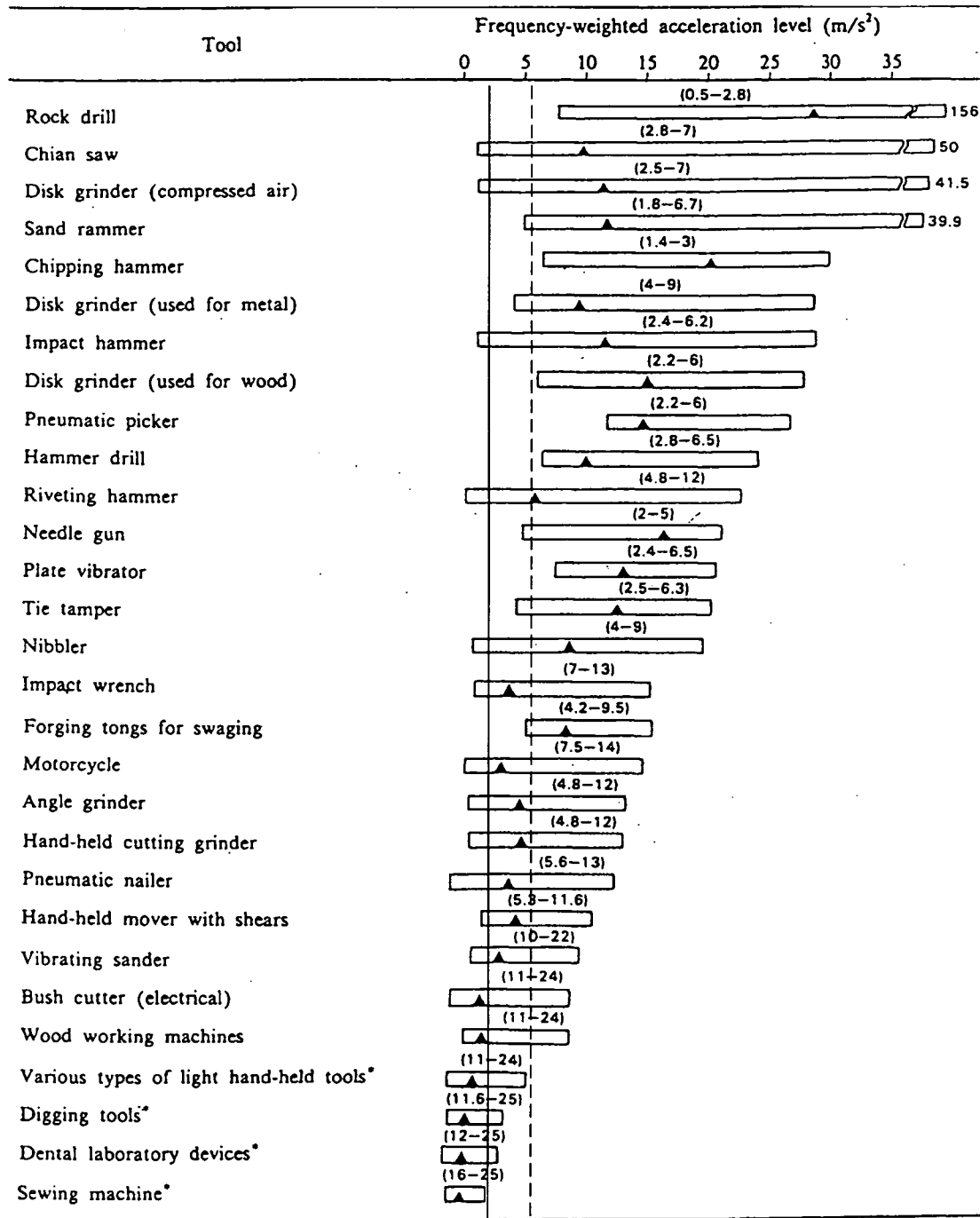


図1 A(8)が同じ場合の8つの暴露パターン

表1 TTSの計算結果と実測結果の比較

No.	Measured TTS	Predicted TTS (dB)
(1)	7.53±2.65	8.98
(2)	12.67±1.13	12.07
(3)	12.12±1.62	11.76
(4)	6.59±1.57	7.28
(5)	6.02±1.33	6.83
(6)	11.50±1.09	12.05
(7)	6.87±0.87	6.78
(8)	12.81±1.43	11.53



(*) shows that the results of present study were included.

暴露対策値 (2.5ms⁻²r. m. s.)

暴露限界値 (5ms⁻²r. m. s.)

図2 各種振動工具の周波数補正振動加速度実効値

Seyed Mohammad MIRBOD, Ryoichi INABA and Hirotoishi IWATA: A Study on the Vibration-Dose Limit for Japanese Workers Exposed to Hand-Arm Vibration, Ind Health, 30, pp.1-22, 1992.

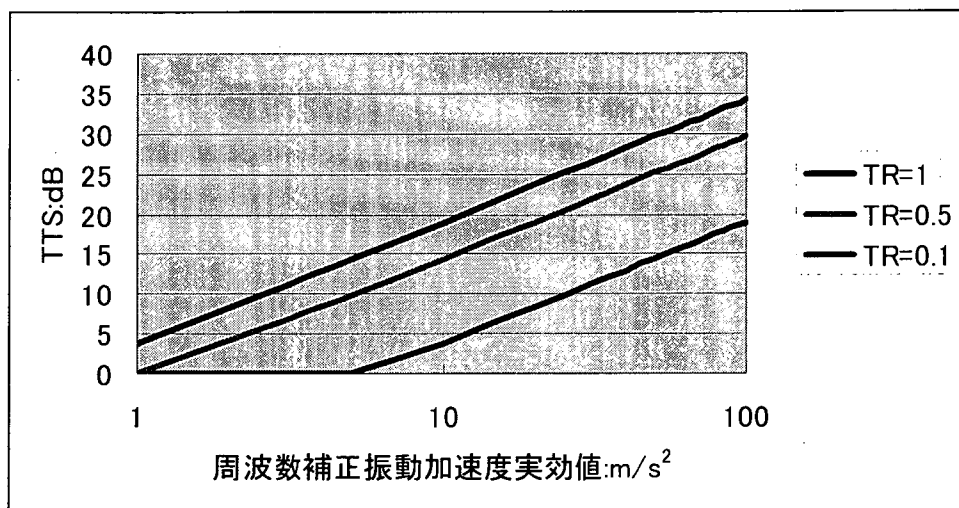


図3 防振手袋の振動軽減効果 TR と工具周波数補正振動加速度実効値と TTS の関係

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
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 th 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 th 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: S. Maeda, N. Shibata : Problems of A(8) Evaluation. Proceedings of 15th Japan Conference on Human Response to Vibration, p158-164, 2007.
- 6: N. Shibata, S. Maeda : Establishment of ISO 10819 based vibration transmissibility measurement system for anti-vibration gloves. Proceedings of 15th Japan Conference on Human Response to Vibration, p87-95, 2007.
- 7: 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

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

Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration

Setsuo MAEDA^{1*} and Nobuyuki SHIBATA¹

¹Measurement 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. ISO2631-1¹⁾, 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.*²⁾ have determined the relationship between the comfort and the vibration magnitude of a single frequency of hand-arm vibration by using category judgment method³⁾. 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.