

# 全身振動の許容基準案

2010年12月4日

## 1. 許容基準

全身振動の許容値は  $0.35 \text{ m/s}^2 A_{sum}(g)$  ( $x, y, z$  軸の3方向の合成振動値の8時間等価周波数補正加速度実効値) とする。

この値以下であれば、ほとんどすべての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される。この値以上の職業的曝露が続いた場合に、非曝露の場合に比べて、背腰部症状のリスクが増大することが疫学的に明らかにされている。

## 2. 適用範囲

通常健康状態にある椅座位の作業者が、座席面からでん部を通して人体全体に伝達する振動（全身振動）に、1日10分以上職業的に曝露される場合に適用する。なお、乗物の衝突時に発生するような激しい単発衝撃に対しては適用しない。

評価する振動の周波数範囲は  $0.5 \sim 80 \text{ Hz}$  とする。

## 3. 適用方法

1) この基準では、全身振動に1日あたり8時間曝露された場合に相当する振動への変換値( $x, y, z$  軸の合成振動値)、すなわち8時間等価周波数補正加速度実効値  $A_{sum}(g)$  をもって評価する。

測定評価された合成振動値が  $a_w$  の場合に許容される時間  $T$  (hour) は、式 (1) を用いて計算する。表に1日あたりの曝露時間別の許容値を示す。

$$T = 0.98 / a_w^2 \quad (1)$$

2) 振動源あるいは振動曝露条件によって全身振動が変動する場合は、異なる振動源あるいは振動曝露条件  $i$  における測定評価された合成振動値  $a_{wi}$ 、1日の曝露時間  $T_i$  (hour) より、式 (2)、(3) を用いて、 $A_{sum}(g)$  を計算する。周波数補正において、前後振動  $a_{wxi}$ 、左右振動  $a_{wyi}$  については  $W_d$  周波数補正特性<sup>1-3)</sup>を、垂直振動  $a_{wzi}$  については  $W_k$  周波数補正特性<sup>1-3)</sup>を用いる。

$$a_{wi} = (1.4^2 \times a_{wxi}^2 + 1.4^2 \times a_{wyi}^2 + a_{wzi}^2)^{1/2} \quad (2)$$

$$A_{sum}(g) = \sqrt{\left( \sum_i^n a_{wi}^2 \times T_i \right)} / 8 \quad (3)$$

## 4. 測定・評価方法

1) 測定装置は JIS B 7760-1:2004 全身振動—第1部:測定装置<sup>3)</sup> (ISO 8041<sup>4)</sup>) を満足するものとする。

2) 測定・評価は、振動源あるいは振動曝露条件ごとに、JIS B 7760-2:2004 全身振動—第2部:測定方法及び評価に関する基本的要求<sup>2)</sup> (ISO 2631-1:1997<sup>1)</sup>) の規定にそって、座席面を通じて人体に伝達する振動が入力すると考えられる位置を原点とした座標系に従って行う。

3) 振動測定が代表値を得る目的の場合、振動源ごとの計測時間は、十分な精度の統計値を得るために、また、対象振動源の振動が典型的な曝露状態である事を確かめるために、十分に長くなければならない。

## 5. 全身振動以外の労働条件との関連

全身振動の許容値は、全身振動にのみ曝露される場合のものである。全身振動の許容値を利用するにあたっては、姿勢、重量物取り扱い、労働強度、温熱条件などを考慮する必要がある。これらの条件が負荷される場合には、全身振動の健康への影響が増強されることがあることに留意する必要がある。

## 提案理由

### 1. 日本産業衛生学会の1975年の基準<sup>5)</sup>の見直しの必要性

日本産業衛生学会の1975年の基準<sup>5)</sup> (以下、1975年基準) は、日本産業衛生学会許容濃度委員会が当時の ISO/DIS 2631 を基にして制定したものである。当時の ISO/DIS 2631 は、その後の見直しにおいて大幅な変更が繰り返され、ISO 2631-1:1997<sup>1)</sup> では当時の ISO/DIS 2631 にあった疲労能率減退境界の考え方も削除されている。

表.  $x, y, z$  軸の3方向の合成振動値の曝露時間別許容等価周波数補正加速度実効値

曝露時間/日	等価周波数補正加速度実効値 $\text{m/s}^2$
24 時間	0.20
16 時間	0.25
12 時間	0.29
10 時間	0.31
8 時間	0.35
7 時間	0.37
6 時間	0.40
5 時間	0.44
4 時間	0.49
3 時間	0.57
2 時間	0.70
1 時間	0.99
50 分	1.08
40 分	1.21
30 分	1.40
20 分	1.71
10 分	2.42

さらに、わが国では 2004 年に全身振動の人体影響に関する日本工業標準が初めて制定され、全身振動の人体影響に関する測定・評価は JIS B 7760-1:2004<sup>2)</sup> および JIS B 7760-2:2004<sup>3)</sup>(ISO 2631-1:1997<sup>1)</sup> および ISO 8041:2003<sup>4)</sup> の対応規格。以下、JIS)に従わなければならないとなっている。しかし、JIS に従うならば 1975 年基準 が規定している全身振動の測定・評価・判定を行うことは不可能な状況となっている。

## 2. 全身振動の健康障害として背腰部症状をとりあげる理由

Griffin<sup>6)</sup> は、不快、活動妨害、健康、知覚、動揺病、身体力学について網羅的かつ系統的なレビューを行なっている。同レビューでは、健康影響については、生理学的反応、病理学的反応(動物実験を含む)、労働衛生上の問題の特質(対照群、攪乱要因、徴候と症状)にわたっている。人の健康への影響については、背腰部、頸肩部、胃腸部、女性生殖器、末梢血管、蝸牛前庭系などに対する影響に整理されている。

その後も多数の研究が行われているが、背腰部症状との関連性を焦点にした研究は他を圧倒しており、中でも職業的曝露に関する疫学的研究については背腰部症状以外の健康影響に関する研究は見当たらない<sup>7)</sup>。

ところで、わが国の厚労省によれば、業務上疾病に占める腰痛が過半数という状況が長年にわたって続いており、労働人口における腰痛の疫学的調査<sup>8)</sup>の職種別統計によれば、運輸職の腰痛発症件数は全体の 28.3%を占め、腰痛発症率(労働人口 1 万対)は全職種全体では 1.5 であるのに対して、運輸職は 8.1 とずば抜けて高い。

そこで、全身振動の健康障害として背腰部症状にのみ着目した許容値の検討を行った。

## 3. 全身振動の曝露の有無と背腰部症状の関係

全身振動と背腰部症状の関連に着目したレビューあるいはメタ分析の文献<sup>9-14)</sup>は、全身振動曝露の有無と背腰部症状との関連を明らかにしている。レビューされた文献は重複を除くと 20 件でそのうち有意な関連が認められたのは、19 件<sup>15-33)</sup>であった。いくつかのメタ分析<sup>12-14)</sup>では、背腰部症状の要因として、重量物負荷、不良姿勢、心理社会的要因とともに、全身振動が独立した要因であることが示されている。

## 4. 全身振動の曝露量と背腰部症状の量・反応関係

全身振動の曝露量として 3 方向の合成振動値の周波数補正加速度実効値を指標にして背腰部症状の量・反応関係を検討している文献<sup>16, 34-36)</sup>では、背腰部症状のリスク増大(反応)の最小曝露量、いわゆる閾値を明らかにしようとした文献はない。

しかし、3 方向の合成振動値の周波数補正加速度実効値を指標にして背腰部症状の量・反応関係を検討している Boshuizen ら<sup>16)</sup>の横断的研究では、耕作・道路・堤防・運河・建築現場などでトラクタ・収穫機などの運転に従事する者 326 人について、等価振動曝露値の大きさ 0.3-0.55 m/s<sup>2</sup> (n=66), 0.55-0.7 m/s<sup>2</sup> (n=121), 0.7-0.9 m/s<sup>2</sup> (n=117), > 0.9 m/s<sup>2</sup> (n=22) で区分し、ロジスティック解析(年齢、曝露年数、身長、喫煙、姿勢、重量物負荷、精神的負荷などについて調整、対照は非曝露群)を行っている。その結果によれば、back pain の頻発あるいは持続の有症者についてのオッズ比は、3.9 (90 % CI=1.19-13, 以下 90 % CI 略), 5.2 (1.64-16), 6.1 (1.97-19), 5.3 (1.8-20)であり、傾向性の検定結果は示されていないものの量反応関係が推察され、0.3-0.55 m/s<sup>2</sup>において有意な差が認められるものの、1 日の曝露時間を示していないので 0.3 m/s<sup>2</sup>  $A_{sum}$  (8) を許容値とすることが妥当とまでは言い難い。

Bovenzi<sup>35)</sup>は、ホイールローダー、掘削機、岩盤破碎機、連結式ダンプカー、オフロード車、クレーン車、フォークリフト、ブルドーザー、コンテナ・トラクタ、ゴミ収集車、バスなどの運転に従事する者 317 人を 2 年間追跡し、 $A_{sum}$  (8) の 4 分位値で分割(< 0.30, 0.30-0.34, 0.35-0.45, > 0.45 m/s<sup>2</sup>)し、自己回帰ロジスティック分析(ベースライン・1 年目・2 年目に観察、年齢、姿勢、重量物負荷、精神的負荷などについて調整、対照は < 0.30 m/s<sup>2</sup>)を行い、直近 12 ヶ月以内における low back pain の経験についてのオッズ比は 0.79 (95 % CI=0.48-1.29, 以下 95 % CI 略), 1.61 (1.05-2.47), 1.46 (0.94-2.26)、傾向性に関する尤度比検定で P=0.027、直近 12 ヶ月以内における強い low back pain の経験についてのオッズ比は、1.68 (1.00-2.82), 2.06 (1.31-3.23), 0.94 (0.57-1.54)、傾向性に関する尤度比検定で P=0.54、直近 12 ヶ月以内における low back pain による disability episode の経験についてのオッズ比は、1.32 (0.72-2.41), 2.66 (1.60-4.41), 1.40 (0.82-2.40)、傾向性に関する尤度比検定で P=0.043 という有意な量反応関係を認めている。

また、Bovenzi<sup>36)</sup>は、上記研究と同一の対象集団から直近 12 ヶ月以内において low back pain の経験を有しない者 202 名を抽出して 1 年間追跡した結果を、 $A_{sum}$  (8) を < 0.30 (n=70), 0.30-0.4 (n=68), > 0.4 m/s<sup>2</sup> (n=64)に分割し、過渡ロジスティック分析(年齢、姿勢、重量物負荷、精神的負荷、1 年前の過去 12 ヶ月以内における low back pain の経験などについて調整、対照は < 0.30 m/s<sup>2</sup>)を行い、直近 12 ヶ月以内における low back pain の経験についてのオッズ比は 2.32 (95 % CI=1.22-4.44, 以下 95 % CI 略), 1.64 (0.82-3.29)、傾向性に関する尤度比検定で P=0.086、直近 12 ヶ月以内における強い low back pain の経験についてのオッズ比は、2.38 (1.24-4.55), 1.79 (0.89-3.60)、傾向性に関する尤度比検定で P=0.048、直近 12 ヶ月以内における low back pain による disability episode の経験についてのオッズ比は、4.08 (1.31-12.7), 2.58 (0.94-7.05)、傾向性に関する尤度比検定で P=0.020 という有意な量反応関係を認めている。

以上の Bovenzi<sup>35, 36)</sup>の研究より  $A_{sum}$  (8) を指標にした場合の背腰部症状発症の閾値は、0.35 m/s<sup>2</sup>にあると判断さ

れる。

## 提案基準と諸基準の比較

1975年基準の見直しの必要性は提案理由で述べたとおりであるが、数値上の比較のみに絞るならば、本提案の許容値 $0.35\text{ m/s}^2$ は、1975年基準のz軸振動で最も影響の大きい帯域4~8Hz (1/3 オクターブバンドの中心周波数)における、ある1/3オクターブバンド幅の振動の許容曝露時間8時間値 $0.315\text{ m/s}^2$ におよそ相当(1 dB以下の差)する。

なお、ACGIHのTLVs and BEIsの現行基準<sup>37)</sup>は、1分から8時間までについては、1975年基準とほぼ同じであるが、ISO 2631-1:1985<sup>38)</sup>に準じた周波数補正加速度実効値と3方向の合成振動値による能率・疲労減退時間を許容値としているので、提案理由で述べた1975年基準の見直しの必要性で指摘したのと同じ問題がある。

ISO 2631-1:1997<sup>1)</sup>(対応規格JIS B 7760-1:2004<sup>2)</sup>)は、警告域下限の $A(8)$ 値として $0.47\text{ m/s}^2$ を示している。しかし、引用されている文献の中には、 $A(8)$ を指標にした文献はなく、周波数補正加速度実効値を指標にしている引用文献でも1日の曝露時間を明記しているのは1件(平均曝露時間のみ)<sup>19)</sup>しかなく、引用されているBoshuizenら<sup>16)</sup>、その他の文献が警告域下限の決定にどのよう適用されたかは明らかでない。

欧州指令<sup>39)</sup>では、優勢軸方向の全身振動の8時間等価振動加速度実効値 $0.5\text{ m/s}^2$ がaction valueとして、同 $1.15\text{ m/s}^2$ がlimit valueとして定められているが、その妥当性を証する文献、その他の学術的根拠は明記されていない。

## 引用文献

- 1) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements, ISO 2631-1, 1997.
- 2) 日本工業規格. JIS B 7760-2:2004. 全身振動—第2部：測定方法及び評価に関する基本的要求. 2004.
- 3) 日本工業規格. JIS B 7760-1. 全身振動—第1部：測定装置. 2004.
- 4) International Organization for Standardization. Human response to vibration – Measuring instrumentation, ISO 8041, 2003.
- 5) 日本産業衛生学会. 許容濃度等の勧告, 全身振動の許容基準. 1975.
- 6) Griffin MJ. Handbook of human vibration. London, San Diego: Academic Press, 1990.
- 7) 西山勝夫. 全身振動の生体影響研究の進歩と許容基準改訂の課題. 労働科学 2005; 81(2): 72–84.
- 8) 中央労働災害防止協会. 腰痛の予防対策に関する調査研究委員会報告書. 1994.
- 9) Bovenzi M, Hulshof CTJ. An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). International Archives of Occupational and Environmental Health 1998; 72: 351-365.
- 10) Lings S, Leboeuf-Yde C. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999. International Archives of Occupational and Environmental Health 2000; 73: 290-97.
- 11) Burdorf A, Hulshof CTJ. Modelling the effects of exposure to whole-body vibration on low-back pain and its long-term consequences for sickness absence and associated work disability. Journal of Sound and Vibration 2006; 298(3): 480-91.
- 12) Burdorf A, Sorock G. Positive and negative evidence for risk factors of work-related back disorders. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 2003; 23: 243-56.
- 13) Lötters F, Burdorf A, Kuiper J, Miedema H. Model for the work-relatedness of low-back pain. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 2003; 29(6): 431–40.
- 14) Barondes JA (Chair National Research Council). Musculoskeletal disorders and the workplace: low back and upper extremities. Panel on Musculoskeletal Disorders and the Workplace, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council and Institute of Medicine. Washington (DC): National Academy Press; 2001.
- 15) Brendstrup T, Biering-Sorensen F. Effect of fork-lift truck driving on low-back trouble. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 1987; 13: 445-452.
- 16) Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof TJ. Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole body vibration. International Archives of Occupational and Environmental Health 1990; 62: 109-115.
- 17) Bongers PM, Boshuizen HC, Hulshof CTJ. Self-reported back pain in drivers of wheel-loaders. Academisch Proefschrift. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, 1990.
- 18) Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CTJ. Self-reported back-pain in fork-lift truck and freight-container tractor drivers exposed to whole-body vibration. Spine 1992; 17: 59-65.
- 19) Bovenzi M, Zadini A. Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole body vibration. Spine 1992; 17(9): 1048-1059.
- 20) Bovenzi M, Betta A. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and

- 179 postural stress. *Applied Ergonomics* 1994; 25: 231-40.
- 180 21) Schwarze S, Notbohm G, Dupuis H, Hartung E. Dose-response relationships between whole-body vibration  
181 and lumbar disk disease—A field study on 388 drivers of different vehicles. *Journal of Sound and Vibration*  
182 1998; 215(4): 613-28.
- 183 22) Alcouffe J, Manillier P, Brehier M, Fabin C, Faupin F. Analysis by sex of low back pain among workers from  
184 small companies in the Paris area: severity and occupational consequences. *Occupational and Environmental*  
185 *Medicine* 1999; 56: 696–701.
- 186 23) Burdorf A, Govaert G, Elders L. Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated  
187 concrete elements. *Ergonomics* 1991; 34: 909–18.
- 188 24) Kumar A, Varghese M, Mohan D, Mahajan P, Gulati P, Kale S. Effect of whole-body vibration on the low  
189 back: a study of tractor-driving farmers in north India. *Spine* 1999; 24: 2506–15.
- 190 25) Liira JP, Shannon HS, Chambers LW, Haines TA. Long-term back problems and physical work exposures in  
191 the 1990 Ontario Health Survey. *American Journal of Public Health* 1996; 86: 382–7.
- 192 26) Linton S. Risk factors for neck and back pain in a working population in Sweden. *Work Stress* 1990; 4: 41–9.
- 193 27) Magnusson ML, Pope MH, Wilder DG, Areskoug B. Are occupational drivers at an increased risk for  
194 developing musculoskeletal disorders? *Spine* 1996; 21: 710–7.
- 195 28) Pietri F, Lecerc A, Boitel L, Chastang JF, Mocret JF, Blondet M. Low-back pain in commercial travellers.  
196 *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 1992; 18: 52–8.
- 197 29) Saraste H, Hultman G. Life conditions of persons with and without low-back pain. *Scandinavian Journal of*  
198 *Rehabilitation Medicine* 1987; 19: 109–13.
- 199 30) Xu Y, Bach E, Orhede E. Work environment and low back pain: the influence of occupational activities.  
200 *Occupational and Environmental Medicine* 1997; 54: 741–5.
- 201 31) Bongers PM, Hulshof CTJ, Dijkstra L, Boshuizen HC, Groenhout HJM, Valken E. Back pain and exposure to  
202 whole body vibration in helicopter pilots. *Ergonomics* 1990; 33: 1007-26.
- 203 32) Johanning E. Back disorders and health problems among subway train operators exposed to whole-body  
204 vibration. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 1991;17:414-9.
- 205 33) Boshuizen HC, Hulshof CT, Bongers PM. Long-term sick leave and disability pensioning due to back disorders  
206 of tractor drivers exposed to whole-body vibration. *International Archives of Occupational Environmental Health*  
207 1990, 62(2): 117-122.
- 208 34) Bovenzi M, Ruia F, Negroa C, et al. An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *Journal*  
209 *of Sound and Vibration* 2006; 298(3): 514-39.
- 210 35) Bovenzi MJ, Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in  
211 professional drivers: a prospective cohort study. *International Archives of Occupational and Environmental*  
212 *Health* 2009; 62: 893-917.
- 213 36) Bovenzi M. A longitudinal study of low back pain and daily vibration exposure in professional drivers.  
214 *Industrial Health* 201048(5):584-95.
- 215 37) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human  
216 exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements, ISO 2631-1, Geneva, 1985
- 217 38) European Parliament and of the Council. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council  
218 of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks  
219 arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of  
220 Directive 89/391/EEC) - Joint Statement by the European Parliament and the Council.

221  
222  
223