

IX. 全身振動の許容基準（暫定）

$$0.35 \text{ m/s}^2 A_{sum}(8)^\dagger$$

1. 許容基準

全身振動の許容値は $0.35 \text{ m/s}^2 A_{sum}(8)$ (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

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行値

曝露時間/日	等価周波数補正加速度実行値 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

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0.5-80 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 $A_{sum}(8)$ 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、 $A_{sum}(8)$ 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¹⁻³⁾ を、垂直振動 a_{wzi} については W_k 周波数補正特性¹⁻³⁾ を用いる。

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

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

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³⁾ (ISO 8041⁴⁾) 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²⁾ (ISO 2631-1:1997¹⁾) 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⁵⁾の見直しの必要性

日本産業衛生学会の1975年の基準⁵⁾ (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 2631-1:1997¹⁾ 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。

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 7760-1:2004²⁾ および JIS B 7760-2:2004³⁾ (ISO 2631-1:1997¹⁾ および ISO 8041:2003⁴⁾ 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理由

Griffin⁶⁾ 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⁷⁾。

ところで、わが国の厚生労働省によれば、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⁸⁾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⁹⁻¹⁴⁾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¹⁵⁻³³⁾であった。いくつかのメタ分析¹²⁻¹⁴⁾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^{16, 34-36)}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¹⁶⁾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 $0.3-0.55 \text{ m/s}^2$ ($n = 66$), $0.55-0.7 \text{ m/s}^2$ ($n = 121$), $0.7-0.9 \text{ m/s}^2$ ($n = 117$), $> 0.9 \text{ m/s}^2$ ($n = 22$) 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、 $0.3-0.55 \text{ m/s}^2$ 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 $0.3 \text{ m/s}^2 A_{sum}(8)$ を許容値とすることが妥当とまでは言い難い。

Bovenzi³⁵⁾ 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 , $0.30-0.34$, $0.35-0.45$, $> 0.45 \text{ m/s}^2$) 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 $< 0.30 \text{ m/s}^2$) 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、Bovenzi³⁶⁾ 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 ($n = 70$), $0.30-0.4$ ($n = 68$), $> 0.4 \text{ m/s}^2$ ($n = 64$) 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 $< 0.30 \text{ m/s}^2$) 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^{35, 36)} 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^2 であると判断される。

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 m/s^2 は、1975年基準のz軸振動で最も影響の大きい帯域4-8 Hz (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 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³⁷⁾は、1分から8時間までについては、1975年基準とはほぼ同じであるが、ISO 2631-1: 1985³⁸⁾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: 1997¹⁾ (対応規格 JIS B 7760-1: 2004²⁾) は、警告域下限のA(8)値として 0.47 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)¹⁹⁾ しかなく、引用されているBoshuizenら¹⁶⁾、その他の文献が警告域下限の決定にどのような適用されたかは明らかでない。

欧州指令³⁹⁾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 m/s^2 が action value として、同 1.15 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。

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: 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). Int Arch Occup Environ Health 1998; 72: 351-65.
- 10) Lings S, Leboeuf-Yde C. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999. Int Arch Occup Environ Health 2000; 73: 290-7.
- 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. J Sound Vib 2006; 298: 480-91.
- 12) Burdorf A, Sorock G. Positive and negative evidence for risk factors of work-related back disorders. Scand J Work Environ Health 2003; 23: 243-56.
- 13) Lötters F, Burdorf A, Kuiper J, Miedema H. Model for the work-relatedness of low-back pain. Scand J Work Environ Health 2003; 29: 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. Scand J Work Environ Health 1987; 13: 445-52.
- 16) Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof TJ. Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole body vibration. Int Arch Occup Environ Health 1990; 62: 109-15.
- 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: 1048-59.
- 20) Bovenzi M, Betta A. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. Applied Ergonomics 1994; 25: 231-40.
- 21) Schwarze S, Notbohm G, Dupuis H, Hartung E. Dose-response relationships between whole-body vibration and lumbar disk disease - A field study on 388 drivers of different vehicles. Journal of Sound and Vibration 1998; 215: 613-28.
- 22) Alcouffe J, Manillier P, Brehier M, Fabin C, Faupin F. Analysis by sex of low back pain among workers from small companies in the Paris area: severity and occupational consequences. Occup Environ Med 1999; 56: 696-701.
- 23) Burdorf A, Govaert G, Elders L. Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated concrete elements. Ergonomics 1991; 34: 909-18.

- 24) Kumar A, Varghese M, Mohan D, Mahajan P, Gulati P, Kale S. Effect of whole-body vibration on the low back: a study of tractor-driving farmers in north India. *Spine* 1999; 24: 2506-15.
- 25) Liira JP, Shannon HS, Chambers LW, Haines TA. Long-term back problems and physical work exposures in the 1990 Ontario Health Survey. *Am J Public Health* 1996; 86: 382-7.
- 26) Linton S. Risk factors for neck and back pain in a working population in Sweden. *Work Stress* 1990; 4: 41-9.
- 27) Magnusson ML, Pope MH, Wilder DG, Areskoug B. Are occupational drivers at an increased risk for developing musculoskeletal disorders? *Spine* 1996; 21: 710-7.
- 28) Pietri F, Lecerc A, Boitel L, Chastang JF, Mocret JF, Blondet M. Low-back pain in commercial travellers. *Scand J Work Environ Health* 1992; 18: 52-8.
- 29) Saraste H, Hultman G. Life conditions of persons with and without low-back pain. *Scand J Rehabil Med* 1987; 19: 109-13.
- 30) Xu Y, Bach E, Orhede E. Work environment and low back pain: the influence of occupational activities. *Occup Environ Med* 1997; 54: 741-5.
- 31) Bongers PM, Hulshof CTJ, Dijkstra L, Boshuizen HC, Groenhout HJM, Valken E. Back pain and exposure to whole body vibration in helicopter pilots. *Ergonomics* 1990; 33: 1007-26.
- 32) Johanning E. Back disorders and health problems among subway train operators exposed to whole-body vibration. *Scand J Work Environ Health* 1991; 17: 414-9.
- 33) 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: 117-22.
- 34) Bovenzi M, Ruia F, Negroa C, et al. An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *J Sound Vib* 2006; 298: 514-39.
- 35) Bovenzi MJ, Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study. *Int Arch Occup Environ Health* 2009; 62: 893-917.
- 36) Bovenzi M. A longitudinal study of low back pain and daily vibration exposure in professional drivers. *Ind Health* 2010; 48: 584-95.
- 37) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements, ISO 2631-1, Geneva, 1985.
- 38) European Parliament and of the Council. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) - Joint Statement by the European Parliament and the Council.