

全身振動に関する許容基準改訂案(3.1版)

日本産業衛生学会・振動障害研究会

2009年5月20日(水)

常習的な曝露に対する全身振動の許容基準を腰痛予防の立場から次のように定める。

1. 許容基準

8時間等価周波数補正加速度実効値 0.5 m/s^2 を許容値とする。

8時間等価周波数補正加速度実効値が $0.5\text{-}1.0 \text{ m/s}^2$ の全身振動への曝露が1日8時間、週40時間常習的に続いた場合、腰痛経験無群が曝露期間1年間の間に腰痛を経験する相対危険度は、 0.5 m/s^2 未満群を対照とすると2を超える。また、曝露3年後以降40年目迄の原職復帰不可腰痛(52週を超える病休LBP)の経験者率の相対危険度は2.0以上の推移を示す。

2. 適用範囲

通常健康状態にある人間が常習的に全身振動に曝露される場合に適用する。

全身振動曝露をとまなう椅座位位の作業者の座席表面から人体に伝播する全身振動に対して適用する。

全身振動の周波数範囲 $0.5\text{--}80 \text{ Hz}$ に対して適用する。

なお、1日の全身振動への総曝露時間が4時間未満への適用は暫定的とする。

また、繰り返し衝撃型の全身振動への適用は暫定的とし、波高率(crest factor)が9以上の全身振動に対しては曝露を過小評価する可能性があるため適用しない。

3. 適用方法

1) この基準では、1日の曝露時間が10分以上の場合、基準曝露時間を8時間として規準化した8時間等価周波数補正加速度実効値 $A(8)$ をもって評価するものとする。

2) この基準では、振動曝露のための基準の選定においては、振動源あるいは振動曝露条件(以下、振動源) i の3方向の振動の周波数補正加速度実効値 (a_{wx_i} , a_{wy_i} , a_{wz_i}) 中の優勢軸の値 a_{vi} 及び一日の曝露時間 T_i (h) より、式(1)又は式(2)を用いて計算する8時間(28800秒)等価周波数補正加速度実効値 $A(8)$ を用いて評価する。周波数補正加速度実効値は水平方向の振動については周波数補正曲線 W_d (JIS B 7760-1:2004³⁾) を、鉛直振動については周波数補正曲線 W_k (JIS B 7760-1:2004³⁾) を用いて求める。その単位はメートル毎秒毎秒 (m/s^2) である。

$$a_{vi} = \text{Maximum} (1.4 \times a_{wx_i}, 1.4 \times a_{wy_i}, a_{wz_i}) \quad (1)$$

$$A(8) = \sqrt{\left(\sum_i^n a_{vi}^2 \times T_i \right) / 8} \quad (2)$$

なお、2軸以上で周波数補正加速度が同程度の場合は、式(3)により求めた合成振動値を a_{vi} とすることを推奨する。

$$a_{vi} = (1.4^2 \times a_{wx_i}^2 + 1.4^2 \times a_{wy_i}^2 + a_{wz_i}^2)^{1/2} \quad (3)$$

4. 測定方法

1) 振動の測定器は JIS B 7760-1:2004³⁾ に規定される性能・構造を持ったものとする。

2) 振動の測定は、振動源ごとに JIS B 7760-1:2004³⁾、JIS B 7760-2:2004⁴⁾ の規定にそって、座面を通じて人体に伝播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3方向について行う。

3) 振動の測定が代表値を得る目的の場合、振動源ごとの振動の計測時間は、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。

4) $A(8)$ を求める際に、振動源の代表値を用いる場合、振動源ごとの振動の1日の曝露時間は、当該振動源から作業者が振動に曝露されている時間の1日の累積値とする。

提案理由

全身振動の人の健康に及ぼす影響については、1975年の基準が制定された後も様々な研究や規格の更新がなされてきたにもかかわらず、まだ未解明な点が多々ある。そのもとでも、許容基準の改訂が必要とされる主な理由としては、1975年の基準にある問題点の解決および全身振動と腰痛に関してこの間になされてきた多数の調査研究の成果が腰痛を主とする健康障害防止に反映されなければならないことがあげられる。

52 1. 1975年の基準¹⁾の問題点

53 1975年の基準¹⁾は、日本産業衛生学会許容濃度委員会がISO/DIS 2631を基にして制定したものであり、安全率をみて、当時のISO/DIS 2631における、痛み¹⁾の閾値のほぼ半分をとった曝露限界と更にそのほぼ半分をとった疲労・能率減退境界を許容値として採用し「1日8時間の作業に従事する際、「健康な成年男子に生理機能の障害や著しい能率の低下をきたさないことが期待されるものである。」としている。当時のISO/DIS 2631はさらに、疲労・能率減退境界の1/3.15を快適減退境界としていた。当時のISO/DIS 2631のような考え方は、その後の研究結果で裏付けられなかったとして、ISO 2631-1:1997²⁾では削除された。ISO 2631-1:1997では、ISO/DIS 2631と異なって、全身振動にさらされる健康な人間に対する脊柱障害などの健康上の危険に直裁に焦点が当てられており、測定・評価・判定の方法も大幅に変更されている。

62 わが国ではISO 2631-1:1997、ISO 8041-2005⁵⁾の対応規格としてJIS B 7760-1:2004³⁾およびJIS B 7760-2:2004⁴⁾が制定されたので、一般の全身振動の測定・評価・判定は同JIS(以下、JIS)に従わなければならないようになった。

65 しかし、JISに従うならば1975年の許容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である。

68 2. 全身振動の人体影響に関する研究で確認された全身振動と腰痛との関連性

69 1975年の基準制定後も、全身振動による障害・影響についての研究はさまざまの領域においてなされてきた。

71 Griffin MJ (1990)⁶⁾により、Handbook of human vibrationにおいて、Discomfort、Activity Interference、Health、Perception、Motion sickness、Body dynamicsについて網羅的なレビューが行なわれている。同レビューで、Healthについては、Physiological responses、Pathological responses (Animal studies、Human studies)、Nature of occupational health problems (Control groups、Confounding factors、Signs and symptoms)にわたってレビューされている。

76 その後の研究についても多数あり、人の健康への影響としては、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することができる。これらの研究では、LBP(腰痛)との関連性を焦点にした研究が圧倒的に多数を占め、疫学的証拠も豊富である⁷⁾。腰痛との関連性を焦点にした研究のレビューについては以下のものが着目される。

80 Teschke等⁸⁾はMedline(1966-1998)、EMBASE(1988-1998、3500の国際雑誌)、NIOSHTIC(1998年まで)、Ergoweb(1920-1995の3288のオンライン文献カタログ)、Arbline(1980-1998)のデータベースの表題と要約において用語「whole body vibration, WBV, vibration, back, spine, low back, lumbar, disc, vertebral, intervertebral, spondylitis, spondylolisthesis, sciatica, injury, skeletal stress, driver, driving, forklift, coach, crane, pilot, operator, operating, machine, vehicle, tractor, train, subway, heavy equipment, motor vehicle, heavy equipment」を検索している。また、Human Factors Association of Canada、Ergonomics Association of the UK、Human Factors and Ergonomics、International Ergonomics Association等のwebサイトのセミナー情報・会議録や“Musculoskeletal Disorders (MSDs) and Workplace Factors A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back”⁹⁾や“Back Disorders and Whole-Body Vibration in Equipment Operators and Truck Drivers Epidemiology, Pathology, and Exposure Limits”および同付録の参考文献を検索した。最終的に人に関する文献400を抽出してレビューし、疫学的因果関係(関連の一致、関連の強さ、量反応関係、時間性、整合性)を確認し、曝露5年以上の場合にリスクの上昇を認めている。また、実験的研究では座位姿勢やねじり姿勢が振動伝達を増強するという示唆を得ている。

95 BovenziとHulshof¹⁰⁾は、1986-1997年における全身振動の脊柱影響に関する疫学的研究論文83編から37編を抽出し、さらに独自の判定基準を満たした16編のレビューに基づき、「全身振動がLBP(low back painの頭文字)坐骨神経痛、退行性変化、椎間板障害のリスクファクターであることを示しているが、量反応関係の疫学的証拠は不十分である」「とはいっても1986年以前に比べると疫学研究は前進している」と述べている。

100 Lings等¹⁰⁾は、Kjellberg等¹²⁾のレビューを受け継ぎ、1992-1999のMEDLINE、OSH-ROM、TOXLINE、私信の疫学文献をレビューし、抽出された24編中判定基準を満たしたのは7編のみ、さらに、量反応関係を認められたのはその内BovenziとBetta¹³⁾、Schwarze等¹⁴⁾の2編のみであったと述べている。「明確な根拠には欠けるものの、全身振動曝露の低減を可能な最低のレベルにすることが必要な理由は十分あること」「従来以上の新知見を得ようとするのであれば、曝露の反復測定、作業姿勢解析、LBPの明確

105 な定義と細分類を伴う前向き研究が必要である。しかし、「進行中の技術的予防の開発により、全身振
106 動問題の大きさは既に減少傾向にあると思われるので、この領域のその他の研究は断念し、資源をもつ
107 と重要な問題に利用したほうがよい」という論調も見受けられるようになった。

108 Burdorf 等¹⁵⁾は、前掲の Bovenzi 等⁹⁾、Lings 等¹⁰⁾とともに Burdorf と Sorock¹⁶⁾ のレビューに基づ
109 き、全身振動が腰痛発症のリスクファクターであることは文献的に明らかであると述べている。

110
111 **3. 8 時間等価周波数補正加速度実効値 0.5 m/s² を許容値とする根拠について**

112 ISO 2631-1: 1997²⁾、JIS B 7760-1: 2004³⁾、JIS B 7760-2: 2004⁴⁾、ISO 8041: 2005⁵⁾は、乗物旅行、仕
113 事、又はレジャー活動の間に曝露される周期的・不規則的・過渡的な全身振動に対して、健全な人間の
114 健康に与える影響について、立位、リクライニング(背もたれを倒して、それにもたれて座る)、又は仰
115 臥位の状態での健康に対する振動の影響はよく知られていないとして、座位の場合についてのみ、1 日
116 8 時間の振動暴露限界の周波数補正加速度実効値が、0.5 m/s² 以下の値のとき危険はないという考えを
117 示している。

118 ヨーロッパのガイドライン¹⁷⁾は、0.5 m/s² を全身振動が危険となりうる場合と有害でない場合を分け
119 る値とした理由について、前掲の Burdorf 等¹⁵⁾は、曝露 - 反応関係が、周波数、曝露時間、振動の大き
120 さ、振動の方向と腰部障害との関係では文献不足であるけれども、優勢軸において平均的な 1 日の 8 時
121 間等価周波数補正加速度実効値が 0.5 m/s² 以上であると「腰痛」を惹起することは明らかであると述べ
122 ている。

123 さらに彼ら¹⁵⁾は、前掲の Bovenzi と Hulshof (61 文献のレビュー、活用されている文献数は 7、延べ
124 サンプルサイズは 42086 である)¹⁰⁾、Schwarze 等(曝露者数は 388、対照数は 65 である)¹⁴⁾の他に、Lotters
125 等(65 文献のレビュー、活用されている文献数は 12、合計のサンプルサイズは 42988 である)¹⁸⁾、Pietri
126 等(曝露者数は 1452、対照数は 192 である)¹⁹⁾、Bongers 等(曝露者数は 743、対照数は 662 である)²⁰⁾、
127 Bovenzi 等(曝露者数は 219、対照数は 85 である)²¹⁾を総括(延べサンプルサイズは 85174)して、男性
128 について、全身振動の 8 時間等価周波数補正加速度実効値の大きさ別に 1 年間の曝露期間中に、腰痛経
129 験無し(No LBP)、「病休を伴わない『腰痛』(LBP)経験有り」、「病休を伴う『腰痛』(病休 LBP)経験有り」
130 別に、No LBP、LBP、病休 LBP、原職復帰不可腰痛(原職復帰不可腰痛、52 週を超える病休 LBP、原職復
131 帰不可・)を経験する者の割合(経験者率)を遷移確率として明らかにした(全身振動と腰痛に関する
132 文献 27 件中 21 件の疫学研究を根拠にしているが、整合性のある数値を得られる文献数が少なく、特に病
133 休 LBP については Bovenzi 等²¹⁾の 1 文献のみ、原職復帰不可腰痛については Bongers 等²⁰⁾の 1 文献のみ
134 であるため、点推定値のみの結果を示している)。この結果を参考に、1 年間に腰痛を経験しなかった
135 群と経験した群の 1 年後の腰痛、原職復帰不可腰痛の経験者率及び相対危険度(対照は無/低度曝露 <
136 0.5 m/s²)を全身振動の 8 時間等価周波数補正加速度実効値別に下表にまとめた。

137

表1. 追跡期間1力年後のWBV-A(8)レベル別腰痛の遷移確率と相対危険度
(Burdorf等¹⁴⁾を著者改変)

		遷 移 確 率			相 対 危 険 度	
		腰痛経験 無	腰痛経験 有	原職復帰 不能腰痛	腰痛経 験有	原職復帰 不能腰痛
無/低度曝 露 <0.5ms ⁻²	腰痛経験無	0.93	0.067	0.000	-	
	腰痛経験有	0.16	0.84	0.015	-	
中度曝露 0.5-1.0ms ⁻²	腰痛経験無	0.86	0.14	0.000	2.1	
	腰痛経験有	0.14	0.86	0.019	1.0	1.3
高度曝露 >1.0ms ⁻²	腰痛経験無	0.83	0.17	0.000	2.5	
	腰痛経験有	0.11	0.89	0.023	1.1	1.5

138

139 表 1 は、腰痛経験無群が、中度 (0.5-1.0 m/s²) の全身振動曝露を受けた場合、それ未満 (無/低曝露)
140 に比べて腰痛を経験する相対危険度は 2 を超えること、高度 (1.0 m/s² 以上) 曝露の場合には、相対危
141 険度は 2.5 と、中度曝露より大きいことを示している。また、腰痛経験群が翌年も腰痛を経験する率は、
142 全身振動曝露にはあまり左右されないことを示している。

143 表 1 は、さらに、腰痛を経験した群のみから翌年に原職復帰不可腰痛に遷移すること、全身振動曝露

144 程度が大きいほど原職復帰不可腰痛の相対危険度が大きくなることを示している。
145 すなわち、表1は、全身振動曝露が、腰痛罹患の危険因子であり、曝露程度が腰痛による原職復帰不
146 可を惹起する、あるいは腰痛を増悪させる危険因子であること、または、腰痛といっても全身振動曝露
147 群ではより重症の腰痛が多いことを示している。

148 ところで、相対危険度が2を超える、あるいは作業関連性が50%を超える曝露を健康影響がある²²⁾と
149 するならば、過去1年間の腰痛経験者率の相対危険度を指標とした場合に中度以上(0.5- m/s²)の曝露
150 は健康影響があると解される。

151 Burdorf等¹⁵⁾は、さらに、得られた遷移確率を用いて腰痛経験のない群について8時間等価周波数補
152 正加速度実効値の大きさに別々にマルコフ連鎖解析を行い、40年間の曝露による病欠を伴わない「腰痛」、
153 病欠を伴う「腰痛」及び原職復帰不可腰痛の経験者率についての年次推移を求めた。

154 この解析方法に準拠すれば、8時間等価周波数補正加速度実効値が0.5-1.0 m/s²であれば0.5 m/s²未
155 満の場合と比べて、1日8時間、週間40時間の曝露が常習的に続いた場合、曝露3年後以降の原職復
156 帰不可腰痛の経験者率の相対危険度は2.6~2.0の推移を示す。すなわち、8時間等価周波数補正加速度
157 実効値0.5-1.0 m/s²は、曝露3年後には、原職復帰不可というかなり重度の健康影響を惹起するといえ
158 る。

159 さらに、高度(1.0 m/s²以上)曝露の場合には、曝露3年後以降の原職復帰不可腰痛の経験者率の相対
160 危険度は3.8~2.8の推移を示し、重度の健康影響の度合いがかなり大きくなる。したがって、このよう
161 な健康への重度な影響を抑制するためには、1.0 m/s²を超えないようにすることが肝要と考えられる。

162 European Commission Research Directorate²³⁾によれば一般人口における非特異的慢性腰痛の有症率は
163 約23%、原職復帰不可腰痛の有症率は11-12%である。Burdorf等¹⁵⁾推測値がこれらの2倍を超えるのは、
164 腰痛では高度曝露(1.0 m/s²以上)において曝露5年後、中度曝露(0.5-1.0 m/s²)において曝露8年後、
165 原職復帰不可「腰痛」では高度曝露(1.0 m/s²以上)において曝露24年後、中度曝露(0.5-1.0 m/s²)
166 において曝露35年後である。

167 ISO 2631-1:1997が示す注意域下限のA(8)値は0.47 m/s²であるが、小数点以下2桁の精度の8時間等価
168 周波数補正加速度実効値については、Burdorf等¹⁵⁾が行ったような研究は見当たらない。

169
170

171 4.1 日の全身振動への総曝露時間が4時間未満への適用は暫定的とする根拠について

172 この間の研究で、振動加速度値を4乗積分値4乗根値により曝露を評価しようとする試みがなされるようになり、
173 4時間未満の全身振動曝露の場合、実効値は、全身振動曝露を過小評価する可能性があるとして指摘されてきた
174 が、この曝露時間域において、Burdorf等¹⁵⁾に匹敵するほど4乗積分値4乗根値について考量した疫学的研究
175 は見あたらない。

176 ISO 2631-1:1997²⁾、JIS B 7760-2:2004⁴⁾は、実効値と4乗積分値4乗根値を用いた8時間等価周波数
177 補正加速度実効値を用いて、両者を満足する範囲である4時間以上8時間以下の範囲のみで注意域を規定し、
178 10分未満の8時間等価周波数補正加速度実効値を3.5 m/s²と上限を規定し、4時間未満における8時間等
179 価周波数補正加速度実効値の適用は、データが少ないので慎重に考慮するのがよいとしている。

180 なお、ISO 2631-1:1997²⁾、JIS B 7760-1:2004³⁾、JIS B 7760-2:2004⁴⁾は、公共交通機関における種々の
181 の全体合成値(各点又は各方向における補正実効値の合成値の二乗和平方根)に対して旅行中の旅客に
182 起こり得る反応を近似的な与えるものとして、振動環境と快適性との対応を示している。すなわち、
183 0.315m/s²未満:不快ではない、0.315~0.63 m/s²:少し不快、0.5~1 m/s²:やや不快、0.8~1.6 m/s²:不
184 快、1.25~2.5 m/s²:かなり不快、2 m/s²以上:極度に不快であるとしている。この基準によれば0.5 m/s²
185 は、「少し不快」あるいは「やや不快に」、3.5 m/s²は「極度に不快である」に対応している。

186 5. 繰り返し衝撃型の全身振動への適用は暫定的とし、波高率(crest factor)が9以上の全身振動に対しては 187 曝露を過小評価する可能性があるため適用しないとする根拠について

188 等価周波数補正加速度実効値が同じでも、繰り返し衝撃型の全身振動は、他の全身振動に比べて影響が大
189 きいといわれている。健康障害もいわゆる腰痛だけでなく、場合によっては、脊柱骨の疲労骨折を惹起する場合
190 もあるとして疫学的のみならず生体力学的な調査研究がなされている。

191 ISO 2631-1:1997²⁾、JIS B 7760-2:2004⁴⁾は、振動に対する人間の応答の評価に加速度実効値が適用で
192 きるかどうかを、波高率で決定する方法には、あいまいな点があるとして、疑わしい際には、波高率(crest
193 factor)が9以上の全身振動については、4乗積分値4乗根値などの評価値を参照することを備考で述べている。

194 ISOは、2004年に、繰り返し衝撃型の全身振動の腰椎への生体力学的影響について、6乗和6乗根値を用
195 いて評価する規格ISO 2631-5:2004²⁴⁾を定めている。そこで示されている許容値は、ISO 2631-1:1997²⁾、
196 JIS B 7760-1:2004³⁾、JIS B 7760-2:2004⁴⁾が示す注意域にあるが、ISO TC108/SC4ではその根拠とな

197 った生体力学的モデルの再検討が進められており、6乗積分値6乗根値の量反応関係に関する疫学的文献も
198 見あたらない。

199

200

改訂案に関する補足説明

201

1. 改訂の背景

202

全身振動の現行許容基準が日本産業衛生学会において提唱されたのは1975年である。すなわち、日
203 本産業衛生学会許容濃度等委員会(1974年6月26日)から「全身振動の許容基準」が提案され、翌年
204 の学会で許容濃度等の勧告(1975)に「全身振動の許容基準」が初めて加えられた。

205

同基準は、当時ISOにおいて全身振動の測定と評価についての国際規格が制定されようとしており、
206 その内容、すなわち当時のISO/DIS 2631を基に策定されたものである。その後ISO 2631は改訂を重ね
207 た。2000年には、日本産業衛生学会振動障害研究会(以下、研究会)は、許容濃度等委員会に対し「全
208 身振動の許容基準」の見直しを提起し、同年4月に、全身振動に関する許容基準案作成ワーキング・グ
209 ループを設置し、許容基準案の作成を進めてきた。

210

本提案は、同ワーキング・グループによる2008年6月の改訂骨子の提案、同審議結果に基づく改訂
211 原案のワーキング・グループでの審議、同審議結果に基づく改訂案(第2次案)の同月開催の許容濃度
212 等委員会における審議、同審議結果に基づく改訂案の同年10月の研究会における審議、同審議結果に
213 基づく改訂案(第3次案)の2009年3月開催の許容濃度等委員会における審議、同審議結果に基づく
214 改訂案(第4次案)の2009年5月の研究会で審議の上、許容濃度等委員会に対する正式提案として2010
215 年春の研究会まで研究会会員の検討に付した後、許容濃度等委員会に対し、「全身振動の許容基準」の
216 改訂を本提案する予定である。

217

218

2. JIS^{2,3)}と対照させた場合の1975年の基準¹⁾の問題点

219

1) 曝露される全身振動の測定位置などの測定方法が明示されていない。

220

1975年の基準は曝露される全身振動の測定位置などの測定方法が明示されていないが、基にした
221 ISO/DIS 2631が心臓付近としているので、心臓付近であることを含意しているとも考えられる。ISO/DIS
222 2631は心臓付近の振動の測定評価法を記載していないという指摘されてきたが、JISは、健康につい
223 ての適用範囲は座位、基本中心座標系・測定位置は座席表面としている。

224

2) 1975年の基準は「1 Hz以下は動揺病に関係し」「ここでは問題にしない」としている。

225

JISは健康についての適用範囲を0.5~80 Hzとし、0.4~100 Hzの帯域制限フィルターの使用を定め
226 ている。また動揺病についてもJIS B 7760-2:2004は規定している。

227

3) ISO/DIS 2631には許容波高率は3程度と規定していたが、1975年の基準は「暫定的に連続衝撃型
228 振動にも適用する」しているものの、許容波高率を示していない。

229

過度な波高率の全身振動の場合、1975年の基準の方法では曝露を過小評価する可能性があり、衝撃振
230 動として測定評価する必要がある。許容波高率は、ISO 2631:1982においては6程度、JIS B 7760-2:2004
231 においては9程度と規定している。

232

4) 1/3オクターブバンド分析結果をもとに優勢成分を同定し評価することとしている。

233

1/3オクターブバンド分析結果をもとに、1/3オクターブバンド成分別に基準値と比較することとし
234 ているので広帯域ランダム振動に曝露されている場合は、過小評価(場合によってはレベルでは1/4.5、
235 許容時間では100倍)となる。ISO 2631:1982において、快適性、作業性について周波数補正フィルタ
236 ーの使用を可とした。その頃から全身振動の大きさは周波数補正フィルター通過後の値で示される調査
237 研究が主となり、1975年の基準の評価指標を用いて全身振動による健康障害のメタ解析、レビューなど
238 を行うことは困難となった。

239

さらに、JISでは、全体として周波数補正フィルターを使用することを可としているので、普及する
240 市販の周波数補正フィルターを用いた測定機器では、1975年の基準に基づく全身振動の測定評価はでき
241 ないか困難となっている。

242

5) 「三方向振動成分が同時に存在するときは、各方向別々に「評価する」としているが、優勢軸がな
243 い場合の評価法が示されていない。

244

ISO 2631:1982において、快適性、作業性について全身振動のベクトル和が提案された。その頃から
245 ベクトル和を指標にした調査研究が増加した。それに伴い、1975年の基準の評価指標を用いて全身振動
246 による健康障害のメタ解析、レビューなどを行うことが困難な調査研究が増加した。

247

JIS B 7760-2:2004は、「健康、安全性に対する評価の差、主要な振動方向を決定できないときには、
248 各方向の補正加速度を合成した振動合成、又はベクトル和を用いること推奨する」としている。

249

単軸評価を前提としている1975年の基準では、主要な振動方向を決定できない場合の評価値は過小

250 評価となる可能性がある。

251 6) 「等価全曝露時間」の計算手続きは実用上複雑すぎる。

252 80～90年代の1日間の全身振動曝露量に関する研究の大部分は等価周波数補正加速度実効値を指標

253 にしており、1975年の基準の等価全曝露時間を指標にした調査研究は殆どない。

254 JISは、等価周波数補正加速度実効値、等価振動量(4乗積分値4乗根値)を用いて、8時間換算値

255 A(8)を用いて評価することとし、全身振動にさらされる健康な人間に対する健康に危険がない周波数補

256 正振動加速度実効値を 0.47 m/s^2 、危険がある周波数補正振動加速度実効値を 0.8 m/s^2 と規定している。

257 7) 1日間の許容時間の下限は1分である。

258 大振動・衝撃振動(鉛直軸: 2.8 m/s^2 、水平軸: 2 m/s^2)を健康への影響を過小評価する危険性

259 がある。JIS B 7760-2:2004 (ISO 2631-1:1997)は、振動暴露量値(4乗積分値4乗根値)については

260 上限を定めていないが、等価周波数補正加速度実効値については10分以下では同一レベルに制限し、

261 大振動・衝撃振動過小評価の危険性を避けている。

262 8) 1日間の許容時間の上限が8時間である。

263 ISO/DIS 2631等は24時間まで基準を示しているにもかかわらず、1975年の基準の上限時間は8時間

264 とされている(8時間以上は曝露されてはならないということが前提にされていたのかもしれない)。

265 JIS B 7760-2:2004 (ISO 2631-1:1997)は1日間の曝露が8時間以上の場合でも8時間換算値A(8)

266 を用いて評価することが含意されていると考えられる。

267 9) 1975年の基準は、当時のISO/DIS 2631の疲労・能率減退境界を許容基準としている。

268 1975年の基準は、安全率をみて、当時のISO/DIS 2631における、痛みの閾値のほぼ半分をとった曝

269 露限界と快適減退境界の中間にある疲労・能率減退境界を採用し、ISO 2631:1985までこの考え方は踏

270 襲された。ところがISO 2631-1:1997では削除され、全身振動にさらされる健康な人間に対する健康上

271 の危険に直裁に焦点を当てられている。すなわち、健康に関する指針の根拠については

272 「生体力学的調査及び疫学的調査に基づく研究によって、強い全身振動に長期間曝露されると、健康

273 障害が発生する危険性が高いことが知られている。主として腰椎とそれに関連する神経系に影響を与

274 えると考えられる。これらの内的因子は腰椎神経系の変成を促す恐れがある。身体の姿勢、気温の低下、

275 空気の乾燥などの環境因子は、しばしば筋肉痛の原因であるとされている。しかし、これらの因子が、

276 果たして椎間板や椎骨の変成の原因となるかどうかは不明である。

277 1日又は年間を通じて曝露期間が長いとか、強い振動を受けるとかいうことは、振動暴露量が大い

278 ことを示し、それだけ危険度は高くなる。もっとも、休息時間の割合が多ければ危険度は減少する。

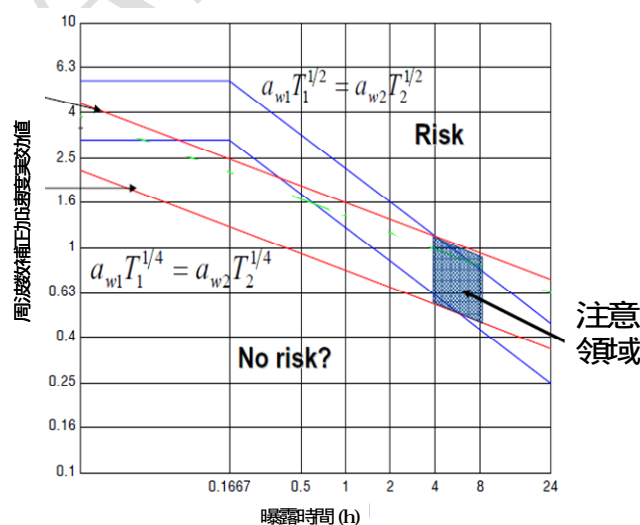
279 振動暴露量と健康影響との量的関係についてのデータは十分であるとはいえない。従って、現段階で

280 は危険率をもとに、種々の曝露量、曝露時間について評価することはできない。」

281 とし、「振動の評価」は、人体反応はエネルギーに比例するものとして行うこととし、下図の注意領域

282 を規定している。

283



JIS B 7760-2:2004 (ISO 2631-1:1997)
健康に対する注意領域

284
285
286

3. 提案基準と1975年の基準¹⁾等との比較

287 1975年の基準¹⁾問題点は上述したとおりであり、本提案と比較には難点があるものの、数値上の比較
 288 のみに絞るなら、本提案の許容値 0.5 m/s² は、1975年の基準¹⁾の垂直振動では、最も影響の大きい帯域 4
 289 ~9 Hz(1/3 オクターブバンドの中心周波数)におけるあるバンドの許容暴露時間 4 時間、水平振動では、最も影
 290 響の大きい帯域 1~2 Hz(1/3 オクターブバンドの中心周波数)におけるあるバンドの許容暴露時間 4 時間に相
 291 当する。また、1.0 m/s² は垂直振動では、それぞれ許容暴露時間 1.5 時間、水平振動では、最も影響の大きい
 292 帯域 1~2 Hz(1/3 オクターブバンドの中心周波数)におけるあるバンドの許容暴露時間 90 分にほぼ相当する。
 293 なお、ACHIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)の TLVs and BEIs の現行
 294 基準²⁵⁾は、1分から8時間までについては、1975年の基準¹⁾とほぼ同じであるが、ISO 2631 に準じた振動ス
 295 ベクトルと振動方向による加重の方法を示している。

296 ISO 2631-1:1997 は、前述したように、警告域下限の A(8)値として 0.47 m/s² を示しているが、小数
 297 点以下 2 桁の精度の 8 時間等価振動加速度実効値については、Burdorf 等¹⁵⁾ が行ったような研究は見
 298 当たらない。しかし、0.47 m/s² は四捨五入すれば 0.5 m/s² となり、また、小数点以下 2 桁目は測定な
 299 どにおける誤差の範囲といわれる⁶⁾。その意味で、本提案の許容値 0.5 m/s² は、ISO 2631-1:1997 の警告
 300 域下限と同等ともみなせる。本提案では「特に、1.0 m/s² 以上の曝露の影響は大きいので、1.0 m/s² を超え
 301 ないようにする」とされている。これは、ISO 2631-1:1997 の警告域上限 0.87 を若干上回っている。しかし、
 302 ISO 2631-1:1997 の警告域上限 0.87 m/s² についても Burdorf 等¹⁵⁾ が行ったような研究は見当たらない。

303 EU (ヨーロッパ連合) 指令¹⁷⁾では、8 時間等価振動加速度実効値 0.5 m/s² が要対策値として、同 1.15
 304 m/s² が限界値として示されている。その妥当性を証する学術的根拠は明記されていないものの、要対策値は
 305 本提案の許容値 0.5 m/s² と同等である。

306

307

4. 提案基準と諸文献との比較

表2. 諸文献における全身振動曝露と腰痛に関する研究結果の比較

筆頭著者	発表年	標本の職種とサイズ	振動の測度	非曝露群 の振動の 大きさ	曝露群 の振動 の大きさ	OR	CI=95% confidence interval
Lotters等(2003)引用文献							
Alcouffe	1999	7010 workers (male & female)				1.3	1.7-2.2
Boshuizen	1990	450 tractor drivers & 110 agriculture workers (male)	years m ² /s ⁴	0-0.5	> 0.5	1.5	1.0-2.1
Boshuizen	1992	242 drivers & 210 operators (male)	years m ² /s ⁴	0-2.5	> 2.5	1.3	0.6-2.6
Bovenzi	1992	234 bus drivers & 125 maintenance workers (male)	years m ² /s ⁴	0	> 1.0	3.6	1.6-8.2
			m/s ²	0.5	> 0.5		
Bovenzi	1994	1155 tractor drivers & 220 office workers (male)	years m ² /s ⁴	0	> 15	1.6	1.0-2.4
			m/s ²	0	> 0.5		
Burdorf	1991	114 concrete workers & 52 maintenance workers (male)				3.1	1.3-7.5
Kumar	1999	50 tractor driving farmers & 50 nontractor driving farmers				2.6	1.1-6.2
Linton	1990	22180 Swedish workers (male & female)				1.8	1.5-2.2
Magnusson	1996	228 drivers & 137 sedentary workers (male)				1.8	1.2-2.8
Pietri	1992	1709 commercial travellers (male & female)	週間乗務時間(h)	< 10	10	2.0	1.3-3.1
Saraste	1987	2872 Swedish population (male & female)				2.1	1.3-3.5
Xu	1997	5940 workers (male & female)				1.8	1.2-2.7

308

注: 文献を更に追加し、説明を挿入する予定である。

309

5. 提案基準と日本の全身振動曝露の実態

310 西山²⁶⁾は、全身振動の健康影響についてレビューした際に、日本における全身振動の曝露実態とその
 311 件好影響に関する調査研究はヨーロッパ諸国に比べて極めて少ないと述べているが、以下では、本提案
 312 基準の実現可能性についての示唆をえるために、8 時間等価振動加速度実効値との関連で比較考量できる文
 313 献をレビューする。

314 Miyashita et al.²⁷⁾は、ISO 2631-1:1989 に基づき、垂直軸の振動加速度値がパワーシヨベルでは
 315 0.5-2.3 (平均 1.1)、ブルドーザーでは 0.4-1.3 (平均 0.9) m/s²、フォークリフトでは 0.4-2.8 (平均
 316 1.0) m/s² であったと報告しているが、1日 8 時間、週 40 時間の曝露の常習的状態については明らかでない。
 317
 318

319 Futatsuka et al.²⁸⁾は農業用乗用機械 10 車種の全身振動を、8 時間等価振動加速度実効値ではなく、
 320 30 秒間観察している。その結果、大多数で優勢軸を認めず、ベクトル和で 0.351~1.628 m/s² の曝露振
 321 動の大きさを得、ISO 2631-1:1997 に適用して、許容曝露時間が 0.006~24.89h に相当するとしている。
 322 わが国における農業乗用機械運転の場合、1日 8 時間、週 40 時間常習的に行われるという労働実態の報告
 323 はなく、同測定結果のわが国における農業労働者の腰痛などの健康影響について評価判定するには更なる
 324 検討が必要と考えられる。しかし、測定された農業用乗用機械の全身振動の 30 秒値でも、11 時間、

325 12時間、24時間乗務可能な車種もあることは、全身振動の低減が可能であることを示している。
326 Nishiyama et al.²⁹⁾は、海上コンテナトラック運転手の全身振動の約20年間の推移を観察し、前後振
327 動の0.25 m/s²未満への大幅な改善とともに、上下振動においても0.5 m/s²未満を達成しているトラク
328 ター製造会社のあることを明らかにしている。

329 Funakoshi et al.³⁰⁾は、福岡市某タクシー会社のタクシー12台の1日の運転業務中の全身振動を測定
330 し求めた8時間等価振動加速度実効値が0.37-0.52(平均0.44) m/s²であったと報告している。

331 欧州では全身振動のリスクファクターが最大の車両としてフォークリフトがあげられ、集中的な研究が行われて
332 きた。その過程で開発されたフォークリフトの全身振動評価法に準拠して辻村ら³¹⁾は47台の港湾フォークリフト
333 の全身振動を評価し最近10年間での全身振動の低減が有意に進んでいるとはいえないことを明らかにしてい
334 る。さらに辻村ら³²⁾は、日本の代表的フォークリフト製造会社4社のフォークリフトを抽出して1週間に及ぶ日常
335 運転下での全身振動を測定し8時間等価振動加速度実効値を得ている。その結果によれば、垂直軸方向の振
336 動がほぼ0.5 m/s²であるが、必ずしも優勢軸があるわけでないのでベクトル和で評価すると0.5 m/s²を上回るこ
337 とになるとして、全身振動低減に向けての研究を進めている。

338 用語と定義

339 周波数補正加速度実効値 人体の応答特性を反映させた周波数補正を行った加速度の実効値。m/s²で表し、
340 次の式による。

$$342 \quad a_w = \sqrt{\left(\int_0^T a_w^2(t) dt \right) / T}$$

343 ここに、 $a_w(t)$: 周波数補正を行った加速度の瞬時値

344 T: 積分時間 (s)

345
346 周波数補正加速度4乗積分値4乗根値 人体の応答特性を反映させた周波数補正を行った加速度の瞬時値
347 の4乗積分値4乗根値。ISO 2631-1:1997では振動暴露値(VDV, vibration dose value)。m/s^{1.75}で表し、次の
348 式による。

$$349 \quad a_w = \sqrt[4]{\left(\int_0^T a_w^4(t) dt \right) / T}$$

350 ここに、 $a_w(t)$: 周波数補正を行った加速度の瞬時値

351 T: 積分時間 (s)

352
353 周波数補正加速度6乗積分値6乗根値 人体の応答特性を反映させた周波数補正を行った加速度の瞬時値
354 の6乗積分値6乗根値。m/s^{1.5}で表し、次の式による。

$$355 \quad a_w = \sqrt[6]{\left(\int_0^T a_w^6(t) dt \right) / T}$$

356 ここに、 $a_w(t)$: 周波数補正を行った加速度の瞬時値

357 T: 積分時間 (s)

358
359 波高率(クレストファクター、CF、crest factor) 周波数補正加速度のピーク値と実効値の比で、ピークの状況を
360 表す指標。このピーク値(波高値)は計測時間すなわち積分時間Tを通じての最大値とする。

361
362 優勢軸 周波数補正加速度実効値が最大となる軸方向の値の66%の範囲内に、残りの軸の周波数補正加速
363 度実効値が入らない場合、周波数補正加速度実効値が最大の軸を優勢軸とする³³⁾。

364 繰り返し衝撃

365
366 腰痛(LBP) 腰部の痛みの自覚症状。症状の程度、期間、頻度、医師の診断、他覚所見の有無を問わない。

367
368 病休腰痛(病休LBP) 腰痛(LBP)が原因で仕事を休む状態

370

371 原職復帰不可腰痛 前年度に病休腰痛(病休 LBP)が 52 週以上連続した状態

372

373 文献

374 1) 日本産業衛生学会. 許容濃度等の勧告 (1975) 全身振動の許容基準.

375 2) International Organization for Standardization. ISO 2631-1: 1997. Mechanical vibration and
376 shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part1 : General requirements. 対
377 応 JIS : JIS B 7760-2

378 3) 日本規格協会: JIS B 7760-1: 2004 全身振動 - 第 1 部: 測定装置.. ISO 2631-1:1997.

379 4) 日本規格協会: 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

380 5) International Organization for Standardization. ISO 8041: 2005. Human response to vibration-
381 Measuring instrumentation 対応 JIS : JIS B 7760-1.

382 6) Griffin MJ (1990) Handbook of human vibration. Academic Press. 1-988

383 7) VIBRISKS. (2007) Final Technical Report. FP5 Project No. QLK4-2002-02650, European
384 Commission, Quality of Life and Management of Living Resources Programme Key Actio
385 4-Environment and health. 1-158.

386 8) Teschke K, Nicol A-M, Ju S (1999) Whole body vibration and back disorders among motor vehicle
387 drivers and heavy equipment operators. 1-21.

388 9) Bernard B (1997) Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the
389 Neck, Upper Extremity, and Low Back. National Institute for Occupational Safety and Health,
390 Cincinnati, OH.

391 10) Bovenzi M, Hulshof CTJ. (1998) An updated review of epidemiologic studies on the relationship
392 between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). International
393 Archives of Occupational and Environmental Health 72: 351-365.

394 11) Lings S, Leboeuf-Yde C (2000) Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical
395 review of the epidemiological literature 1992-1999. International Archives of Occupational and
396 Environmental Health. 73: 290-297.

397 12) Kjellberg A, Wikstrom BA, Landstrom U (1994) Itturies and Injuries and other adverse effects
398 of occupational exposure to whole-body vibration. A review for criteria documentation. Arbete och
399 Hälsa 41.

400 13) Bovenzi M, Betta A. (1994) Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to
401 whole-body vibration and postural stress. Applied Ergonomics 25: 231-240.

402 14) Schwarze S, Notbohm G, Dupuis H, Hartung E (1998) Dose-response relationships between
403 whole-body vibration and lumbar disk disease-A filed study on 388 drivers of different vehicles.
404 Journal of Sound and Vibration 215(4): 613-628.

405 15) Burdorf A, and Hulshof CTJ. (2006) Modeling the effects of exposure to whole-body vibration on
406 low-back pain and its long-term consequences for sickness absence and associated work disability.
407 Journal of Sound and Vibration. 298(3), 480-491. Special Issue on the Third International
408 Conference on Whole-body Vibration Injuries.

409 16) Burdorf A. Sorock G. (2003) Positive and negative evidence for risk factors of work-related back
410 disorders. Scandinavian Journal of Work Environment & Health. 23: 243-256.

411 17) European Parliament and of the Council. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and
412 of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the
413 exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual
414 Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) - Joint Statement by the
415 European Parliament and the Council.

416 18) Lötters F, Burdorf A, Kuiper J, Miedema H. (2003) Model for the work-relatedness of low-back
417 pain. Scand J Work Environ Health. 29(6): 431-440.

418 19) Pietri F, Lecerc A, Boitel L, Chastang JF, Mocret JF, Blondet M. (1992) Low-back pain in
419 commercial travelers. Scand J Work Environ Health. 18: 52-58.

420 20) Bongers PM, Boshunizen HC, Hulshof CTJ, Koemeester AC. (1988) Back disorders in crane
421 operators exposed to whole-body vibration. International Archives of Occupational and
422 Environmental Health. 60: 129-137.

423 21) Bovenzi M, Pinto I, Stacchini. (2002) Low back pain in port machinery operators. Journal of
424 Sound and Vibration. 253, 9-20.

425 22) 西山勝夫、毛利一平訳. (1991) 作業関連疾患及び作業関連災害の疫学. Joint ILO/WHO Committee
426 on Occupational Health (1987) Epidemiology of work-related disease and accident, WHO. 労働

- 427 基準調査会.
- 428 23) European Commission Research Directorate (COST Action B13 Working Group on Guidelines
429 for Chronic Low Back Pain). (2004) General European guidelines for the management of chronic
430 non-specific low back pain. 1-207.
- 431 労働者健康状況調査(厚生労働省、2007)によれば、医師から診断された持病「腰痛」が「ある」とす
432 る労働者の割合は、24.1% (男 25.6%、女 21.4%)であり、国民生活基礎調査(厚生労働省、2004)によ
433 れば、腰痛の自覚症状のある者(有訴者)は人口千人あたり、男 82.0、女 80.8である。
- 434 24) International Organization for Standardization. ISO 2631-5: 1997. Mechanical vibration and
435 shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5: Method for evaluation
436 containing multiple shocks
- 437 25) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2007) TLVs and BEIs based on the
438 documentation of the threshold limit values for chemical Substances and physical agents and
439 biological exposure indices.
- 440 26) 西山勝夫 .(2005) 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 81(2) : 72
441 - 84 .
- 442 27) Miyashita K, Iwata H, Takeda S. (1992) Symptoms of construction workers exposed to whole body
443 vibration and local vibration. International Archives of Occupational and Environmental
444 Health 64: 347-351.
- 445 28) Futatsuka M, Maeda S, Inaoka T, Nagano M, Shono M, Miyakita T. (1998) Whole-body vibration
446 and health effects in the agricultural machinery drivers. Industrial Health 36: 127-132.
- 447 29) Nishiyama k, Taoda K, Kitahara T. (1998) A decade Improvement in whole-body vibration and
448 low back pain for freight container tractor drivers. Journal of Sound and Vibration 215(4):
449 635-642.
- 450 30) Funakoshi M, Taoda K, Tsujimura H, Nishiyama K. (2004) Measurement of whole-body
451 vibration in taxi drivers. Journal of Occupational Health 46:119-124.
- 452 31) 辻村裕次、埜田和史、西山勝夫 .(2005) 全身振動曝露低減のための港湾フォークリフトの評価 . 産
453 業衛生学雑誌 47:55-66.
- 454 32) 辻村裕次、埜田和史、西山勝夫 (2006) 港湾におけるフォークリフト運転手の全身振動曝露 - 日本
455 における曝露実態と EN13059 を用いた評価 - . 産業衛生学雑誌 48:157-68.
- 456 33) European Committee for Standardization. (1996) Mechanical vibration-testing of mobile
457 machinery in order to determine the whole-body vibration emission value-General. European
458 Standard. EN 1032.
- 459
460
461