

Directive 98/37/EC	This Directive
Annex I, Section 3.3.3.	Annex I, Section 3.3.3.
Annex I, Section 3.3.4.	Annex I, Section 3.3.4.
Annex I, Section 3.3.5.	Annex I, Section 3.3.5.
Annex I, Section 3.4.	Annex I, Section 3.4.
Annex I, Section 3.4.1., paragraph 1	Annex I, Section 1.3.9.
Annex I, Section 3.4.1., paragraph 2	Annex I, Section 3.4.1.
Annex I, Section 3.4.2.	Annex I, Section 1.3.2.
Annex I, Section 3.4.3.	Annex I, Section 3.4.3.
Annex I, Section 3.4.4.	Annex I, Section 3.4.4.
Annex I, Section 3.4.5.	Annex I, Section 3.4.5.
Annex I, Section 3.4.6.	Annex I, Section 3.4.6.
Annex I, Section 3.4.7.	Annex I, Section 3.4.7.
Annex I, Section 3.4.8.	Annex I, Section 3.4.2.
Annex I, Section 3.5.	Annex I, Section 3.5.
Annex I, Section 3.5.1.	Annex I, Section 3.5.1.
Annex I, Section 3.5.2.	Annex I, Section 3.5.2.
Annex I, Section 3.5.3.	Annex I, Section 3.5.3.
Annex I, Section 3.6.	Annex I, Section 3.6.
Annex I, Section 3.6.1.	Annex I, Section 3.6.1.
Annex I, Section 3.6.2.	Annex I, Section 3.6.2.
Annex I, Section 3.6.3.	Annex I, Section 3.6.3.
Annex I, Section 3.6.3(a)	Annex I, Section 3.6.3.1.
Annex I, Section 3.6.3(b)	Annex I, Section 3.6.3.2.
Annex I, Part 4	Annex I, Part 4
Annex I, Section 4.1.	Annex I, Section 4.1.
Annex I, Section 4.1.1.	Annex I, Section 4.1.1.
Annex I, Section 4.1.2.	Annex I, Section 4.1.2.
Annex I, Section 4.1.2.1.	Annex I, Section 4.1.2.1.
Annex I, Section 4.1.2.2.	Annex I, Section 4.1.2.2.
Annex I, Section 4.1.2.3.	Annex I, Section 4.1.2.3.
Annex I, Section 4.1.2.4.	Annex I, Section 4.1.2.4.
Annex I, Section 4.1.2.5.	Annex I, Section 4.1.2.5.
Annex I, Section 4.1.2.6.	Annex I, Section 4.1.2.6.
Annex I, Section 4.1.2.7.	Annex I, Section 4.1.2.7.
Annex I, Section 4.1.2.8.	Annex I, Section 1.5.16.
Annex I, Section 4.2.	Annex I, Section 4.2.

Directive 98/37/EC	This Directive
Annex I, Section 4.2.1.	—
Annex I, Section 4.2.1.1.	Annex I, Section 1.1.7.
Annex I, Section 4.2.1.2.	Annex I, Section 1.1.8.
Annex I, Section 4.2.1.3.	Annex I, Section 4.2.1.
Annex I, Section 4.2.1.4.	Annex I, Section 4.2.2.
Annex I, Section 4.2.2.	Annex I, Section 4.2.3.
Annex I, Section 4.2.3.	Annex I, Sections 4.1.2.7. and 4.1.2.8.2.
Annex I, Section 4.2.4.	Annex I, Section 4.1.3.
Annex I, Section 4.3.	Annex I, Section 4.3.
Annex I, Section 4.3.1.	Annex I, Section 4.3.1.
Annex I, Section 4.3.2.	Annex I, Section 4.3.2.
Annex I, Section 4.3.3.	Annex I, Section 4.3.3.
Annex I, Section 4.4.	Annex I, Section 4.4.
Annex I, Section 4.4.1.	Annex I, Section 4.4.1.
Annex I, Section 4.4.2.	Annex I, Section 4.4.2.
Annex I, Part 5	Annex I, Part 5
Annex I, Section 5.1.	Annex I, Section 5.1.
Annex I, Section 5.2.	Annex I, Section 5.2.
Annex I, Section 5.3.	—
Annex I, Section 5.4.	Annex I, Section 5.3.
Annex I, Section 5.5.	Annex I, Section 5.4.
Annex I, Section 5.6.	Annex I, Section 5.5.
Annex I, Section 5.7.	Annex I, Section 5.6.
Annex I, Part 6	Annex I, Part 6
Annex I, Section 6.1.	Annex I, Section 6.1.
Annex I, Section 6.1.1.	Annex I, Section 4.1.1.(g)
Annex I, Section 6.1.2.	Annex I, Section 6.1.1.
Annex I, Section 6.1.3.	Annex I, Section 6.1.2.
Annex I, Section 6.2.	Annex I, Section 6.2.
Annex I, Section 6.2.1.	Annex I, Section 6.2.
Annex I, Section 6.2.2.	Annex I, Section 6.2.
Annex I, Section 6.2.3.	Annex I, Section 6.3.1.
Annex I, Section 6.3.	Annex I, Section 6.3.2.
Annex I, Section 6.3.1.	Annex I, Section 6.3.2., paragraph 3
Annex I, Section 6.3.2.	Annex I, Section 6.3.2., paragraph 4
Annex I, Section 6.3.3.	Annex I, Section 6.3.2., paragraph 1

Directive 98/37/EC	This Directive
Annex I, Section 6.4.1.	Annex I, Sections 4.1.2.1., 4.1.2.3. and 6.1.1.
Annex I, Section 6.4.2.	Annex I, Section 6.3.1.
Annex I, Section 6.5.	Annex I, Section 6.5.
Annex II, Parts A and B	Annex II, Part 1, Section A
Annex II, Part C	—
Annex III	Annex III
Annex IV.A.1 (1.1. to 1.4)	Annex IV.1 (1.1. to 1.4)
Annex IV.A.2	Annex IV.2
Annex IV.A.3	Annex IV.3
Annex IV.A.4	Annex IV.4 (4.1 and 4.2)
Annex IV.A.5	Annex IV.5
Annex IV.A.6	Annex IV.6
Annex IV.A.7	Annex IV.7
Annex IV.A.8	Annex IV.8
Annex IV.A.9	Annex IV.9
Annex IV.A.10	Annex IV.10
Annex IV.A.11	Annex IV.11
Annex IV.A.12 (first and second indent)	Annex IV.12 (12.1 and 12.2)
Annex IV.A.12 (third indent)	—
Annex IV.A.13	Annex IV.13
Annex IV.A.14, first part	Annex IV.15
Annex IV.A.14, second part	Annex IV.14
Annex IV.A.15	Annex IV.16
Annex IV.A.16	Annex IV.17
Annex IV.A.17	—
Annex IV.B.1	Annex IV.19
Annex IV.B.2	Annex IV.21
Annex IV.B.3	Annex IV.20
Annex IV.B.4	Annex IV.22
Annex IV.B.5	Annex IV.23
Annex V, Section 1	—
Annex V, Section 2	—
Annex V, Section 3, first subparagraph, point (a)	Annex VII, Part A, Section 1, first subparagraph, point (a)
Annex V, Section 3, first subparagraph, point (b)	Annex VII, Part A, Section 1, first subparagraph, point (b)
Annex V, Section 3, second subparagraph	Annex VII, Part A, Section 1, second subparagraph
Annex V, Section 3, third subparagraph	Annex VII, Part A, Section 3

Directive 98/37/EC	This Directive
Annex V, Section 4(a)	Annex VII, Part A. Section 2, second and third subparagraphs
Annex V, Section 4 (b)	Annex VII, Part A. Section 2, first subparagraph
Annex V, Section 4(c)	Annex VII, Part A, Introduction
Annex VI, Section 1	Annex IX, Introduction
Annex VI, Section 2	Annex IX, Sections 1 and 2
Annex VI, Section 3	Annex IX, Section 3
Annex VI, Section 4, first subparagraph	Annex IX, Section 4, first subparagraph
Annex VI, Section 4, second subparagraph	Annex IX, Section 7
Annex VI, Section 5	Annex IX, Section 6
Annex VI, Section 6, first sentence	Annex IX, Section 5
Annex VI, Section 6, second and third sentences	Article 14(6)
Annex VI, Section 7	Annex IX, Section 8
Annex VII, Section 1	Annex XI, Section 1
Annex VII, Section 2	Annex XI, Section 2
Annex VII, Section 3	Annex XI, Section 3
Annex VII, Section 4	Annex XI, Section 4
Annex VII, Section 5	Annex XI, Section 5
Annex VII, Section 6	Annex XI, Section 6
Annex VII, Section 7	Annex XI, Section 7
Annex VIII	—
Annex IX	—

(資料2) 旧 EU Directive と新 EU Directive との比較表

Requirement	98/37/EC	2006/42/EC
<p><i>General principles of safety integration (applicable to vibration risks)</i></p>	<p>1.1.2 (b) The manufacturer must apply the following principles, in the order given:</p> <ul style="list-style-type: none"> • eliminate or reduce risks to health and safety, so far as is possible (inherently safe machinery design and construction) • take the necessary measures in relation to risks that cannot be eliminated • inform users of residual risks ..., indicate whether any particular training is required, ... <p>(c) When designing or constructing machinery, and when drafting instructions, the manufacturer must envisage not only normal use of the machinery but also uses which could reasonably be expected.</p> <p>The machinery must be designed to prevent abnormal use if such use would engender a risk. In other cases the instructions must draw the user's attention to ways – which experience has shown might occur – in which the machinery should not be used.</p> <p>(f) Machinery must be supplied with all the essential special equipment and accessories to enable it to be adjusted, maintained and used without risk.</p>	<p>1.1.2 (b) The manufacturer must apply the following principles, in the order given:</p> <ul style="list-style-type: none"> • eliminate or reduce risks to health and safety, so far as is possible (inherently safe machinery design and construction) • take the necessary measures in relation to risks that cannot be eliminated • inform users of residual risks ..., indicate whether any particular training is required, ... <p>(c) When designing or constructing machinery, and when drafting instructions, the manufacturer or his authorised representative must envisage not only the intended use of the machinery but also any reasonably foreseeable misuse thereof.</p> <p>The machinery must be designed and constructed in such a way as to prevent abnormal use if such use would engender a risk. Where appropriate, the instructions must draw the user's attention to ways – which experience has shown might occur – in which the machinery should not be used.</p> <p>(f) Machinery must be supplied with all the essential special equipment and accessories to enable it to be adjusted, maintained and used safely.</p>
<p><i>Design and construction for minimum vibration risk</i></p>	<p>1.5.9 Machinery must be so designed and constructed that risks resulting from vibration are reduced to the lowest level, taking account of technical</p>	<p>1.5.9 Machinery must be designed and constructed in such a way that risks resulting from vibration are reduced to the lowest level, taking account of technical</p>

Requirement	98/37/EC	2006/42/EC
	<p>progress and available means of reducing vibration, in particular at source.)</p> <p>[See also 1.1.2 (b)(first bullet) and (c)]</p>	<p>progress and available means of reducing vibration, in particular at source.)</p> <p>The level of vibration emission may be assessed with reference to comparative emission data for similar machinery.</p> <p>[See also 1.1.2 (b)(first bullet) and (c)]</p>
<i>Driving position and seating</i>	<p>[applicable only to mobile machinery]</p> <p>3.2.1 Where the machinery is fitted with a cab, this must be designed and constructed and/or equipped to ensure that the driver is protected against excessive noise and vibration.</p> <p>3.2.2 The (driving) seat must be designed to reduce vibrations transmitted to the driver to the lowest level that can be reasonably achieved.</p>	<p>[generally applicable]</p> <p>1.1.8 If the machinery is subject to vibrations, the seat must be designed and constructed in such a way as to reduce the vibrations transmitted to the operator to the lowest level that is reasonably possible.</p>
<i>Warning of residual risk</i>	<p>1.7.2 Where risks remain, ... the manufacturer must provide warnings.</p> <p>[See also 1.1.2 (b)(third bullet)]</p>	<p>1.7.2 Where risks remain, ... the necessary warnings ... must be provided.</p> <p>1.7.4.2(l) [In the instructions] information about the residual risks that remain despite the inherent safe design measures, safeguarding and complementary protective measures adopted.</p> <p>[See also 1.1.2 (b)(third bullet)]</p>

Requirement	98/37/EC	2006/42/EC
<p><i>Declaration of vibration emission (portable hand-held and hand-guided machinery)</i></p>	<p>2.2 The instructions must give ... the weighted r.m.s. acceleration to which the arms are subjected, if it exceeds 2.5 m/s², as determined by the appropriate test code.</p> <p>If there is no applicable test code, the manufacturer must indicate the measurement methods and conditions.</p>	<p>2.2.1.1 The instructions must give ... the vibration total value to which the hand-arm system is subjected, if it exceeds 2.5 m/s², and the uncertainty of measurement.</p> <p>If harmonised standards are not applied, the vibration data must be measured using the most appropriate measurement code for the machinery.</p> <p>The operating conditions and measurement method, or reference to the harmonised standard applied, must be specified.</p>
<p><i>Declaration of vibration emission (mobile machinery)</i></p>	<p>3.6.3(a) The instruction handbook must contain ...:</p> <ul style="list-style-type: none"> • the weighted r.m.s. acceleration to which the arms are subjected, if it exceeds 2.5 m/s² • the weighted r.m.s. acceleration to which the body (feet or posterior) is subjected, if it exceeds 0.5 m/s² <p>Where the harmonised standards are not applied, the vibration must be measured using the most appropriate method for the machinery concerned. The manufacturer must indicate the operating conditions ... and which methods were used for taking the measurements.</p>	<p>3.6.3.1 The instruction handbook must contain ...:</p> <ul style="list-style-type: none"> • the vibration total value to which the hand-arm system is subjected, if it exceeds 2.5 m/s² • the highest r.m.s. value of weighted acceleration to which the whole body is subjected, if it exceeds 0.5 m/s² • the uncertainty of measurement <p>Where the harmonised standards are not applied, the vibration must be measured using the most appropriate measurement code for the machinery concerned.</p> <p>The operating conditions during measurement and the measurement codes used must be described.</p>
<p><i>Information for safe use</i></p>	<p>1.7.4 (a) All machinery must be accompanied by instructions including at least the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • foreseen use within the meaning of 1.1.2(c) 	<p>1.7.4 All machinery must be accompanied by instructions 1.7.4.1 The contents of the instructions must cover not only</p>

Requirement	98/37/EC	2006/42/EC
	<ul style="list-style-type: none"> • instructions for safe use • where necessary, training instructions • where necessary, the essential characteristics of tools which may be fitted to the machinery <p>Where necessary ... draw attention to ways in which the machinery should not be used.</p> <p>[See also 1.1.2 (b)(third bullet), (c), (f)]</p>	<p>the intended use of the machinery but also take into account any foreseeable misuse thereof.</p> <p>1.7.4.2</p> <p>Each instruction manual must contain, where applicable, at least the following information:</p> <p>(h) warnings concerning ways in which the machinery must not be used that experience has shown might occur</p> <p>(k) instructions for the putting into service and use of the machinery and, if necessary, instructions for the training of operators.</p> <p>(m) instructions on the protective measures to be taken by the user ...</p> <p>(n) the essential characteristics of tools which may be fitted to the machinery</p> <p>(r) the description of the adjustment and maintenance operations that should be carried out by the user and the preventive maintenance measures that should be observed</p> <p>[See also 1.1.2 (b)(third bullet), (c), (e)]</p>

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
—カリキュレータの研究開発—

分担研究者 細矢直基（埼玉大学大学院理工学研究科助手）

研究要旨：本研究では、事業主や現場の作業者が容易に振動暴露量を計算できるカリキュレータについて検討する。過去の研究において、公開されている工具の振動値データベースである NIWL データベースを利用し、工具をランク分けするための基礎検討を行った。現存する全ての工具の振動値を個々にランク分けせず、国際的な整合性を考慮し ISO 8662 に準拠して大まかな工具の分類ごとにランク分けすることが有効であることを示した。本研究では、PDA をベースとしたカリキュレータに対して NIWL データベースを ISO 8662 に準拠してランク分けした工具の振動値を搭載することで、事業主や現場の作業者が容易に振動暴露量を計算できるカリキュレータの作成を試みる。また、PDA をベースとすることで本カリキュレータは小型軽量である、長時間駆動できる、操作が容易である等の特徴を有する。また、PDA 上で動作するカリキュレータを PC 上で実行することも検討する。

A. 研究方法

手腕振動障害の新規認定患者数を減らすためには、事業主や現場の作業者がどの工具がどの程度の振動値であるのかを事前に知り、振動ばく露量をコントロールすることが重要であり、これが実現できれば第 10 次労働災害防止計画の目標である労働災害者数の減少に貢献できる。

工具の振動値データベースが存在すれば工具をランク分けすることができ、事業主や現場の作業者が事前に工具の振動値を容易に把握することができる。しかし、日本においては工具の振動値を表示したり、特定の機関へ提出したりする法律はないため、各工具メーカーから振動値を得ることは困難である。また、事業場に対するアンケート調査、実振動レベルを把握するための実

現場測定の実施による工具の振動値の把握を、実施することは困難であると考えられる。

この問題点を解決するために過去の研究において、公開されている工具の振動値データベースであるスウェーデン NIWL (<http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/default.lasso>) を利用し、工具をランク分けするための基礎検討を行った。NIWL データベースは、2213 種類の工具に関する ISO8662 や EN50144 による試験規則値と ISO5349 による実現場測定値が掲載されていることが特徴として挙げられる。過去の研究では、NIWL データベースを労働省通達基発第 11 号（以下、基発 11 号と略記）、および ISO8662 を基準に分類し、工具のランク分けのための基礎的な検討を行った。現存する全ての工具の振動値を入手して

個々にランク分けするのではなく、国際的な整合性を考慮し IS08662 に準拠し大まかな工具の分類ごとにランク分けする手法が有効であることを示した。これにより、対象工具の振動値が存在しない場合にも対応が可能となる。また、IS08662 などの試験規則値 (1 軸加速度値) を 1.5-2.0 倍 (prCENTR 15350_HAV)、または 1.7 倍 (IS05349-1) することで 3 軸加速度に変換し、IS05349 による実現場測定値 (3 軸加速度の合成値) と比較したが、多くの場合において試験規則値の方が実現場測定値よりも大きくなることを示し、試験規則値では実現場測定値を再現することができないことを明らかにした。

しかしながら、実現場においては、1 日に 1 人の作業者が単一の工具を用いて作業することは稀であり、多くの場合、1 人の作業者は複数の工具を使用して作業を行い、その作業日数も複数となることが考えられる。単一の工具であれば振動値がどの程度であるのかを評価することは NIWL データベースなどを利用することで可能であることを示したが、複数の工具を複数の作業日に使用した場合に事前に振動暴露値を把握するためのシステムは存在しない。また、英国の Health & Safety Executive (HSE) (<http://www.hse.gov.uk/vibration/hav/vibrationcalc.htm>) や NIWL データベースに単一の工具の振動値を入力することで A(8) を計算するカリキュレータが存在する。しかし、HSE のカリキュレータは工具の振動値データベースがない。NIWL データベースのカリキュレータは、NIWL データベースに工具の振動値が掲載されているが、事業主や現場の作業者が振動値を探しにくいと

いう問題点がある。また、これらのカリキュレータは複数の作業日を想定していない。事業者や作業者が事前に振動値を把握することができる、複数の作業日に対応し振動値データベースを搭載したカリキュレータを作ることは、手腕振動障害の新規認定患者数を減少させるために必要であると考えた。

そこで本研究では、事業主や現場の作業者が容易にリスクを評価することが可能なカリキュレータの試作検討を行う。携帯情報端末 (Personal Digital Assistant: PDA) をベースとしたカリキュレータを開発することで、(a) 小型軽量、(b) 長時間駆動、(c) 操作が容易 (グラフィカルユーザーインターフェース (Graphical User Interface: GUI) が使用可能)、(d) 表示画面が大きい、(e) 多機能 (PDA の OS である Windows Mobile 5.0 は Windows の機能縮小版であるため) などの利点が得られる。また、本カリキュレータに NIWL データベースを IS08662 に準拠してランク分けされた工具の振動値を搭載することで、作業者が容易に A(8) が計算できるように配慮する。さらに、PDA 用のカリキュレータを PC 上で動作させることも検討する。

B. 研究方法

本研究では、試作するカリキュレータに振動値データベースを搭載するため、NIWL データベースを利用する。まず、はじめに、NIWL データベースの特徴、掲載されている工具の種類と数について調べる。次に NIWL データベースをどのような基準でランク分けを行い、それをカリキュレータに搭載すれば、事業主や現場の作業者が事前に振動

暴露量の把握が容易になるのかを検討する。

1. NIWL データベース

公開されている手持工具の振動値データベースとして、スウェーデン NIWL (<http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/default.lasso>)を利用することができる。NIWL データベースは、113 種類 2213 機種の工具の振動値が、ISO8662 や EN50144 による試験規則値と ISO5349 による実現場測定値に分類されて掲載されていることが特徴として挙げられる。

NIWL データベースのトップページを図 1 に示す。トップページからもわかるように NIWL データベースは手腕振動だけではなく全身振動のデータも公開している。手腕振動のページを開くと図 2 が表示され、さらに開くと図 3 の検索画面となる。この画面で所望の手持動力工具やメーカー名などを選ぶことで工具の振動値の検索ができる。図 4 はインパクトレンチを検索した例を示している。NIWL データベースでは、工具の種類、メーカー名、品番、動力源、測定規格の種類、振動値、音圧レベル、音響パワーレベルの順に掲載されている。本図よりインパクトレンチでは 31 種類の工具の振動値が掲載され、全て試験規則値であることがわかる。しかし、対象としている工具が存在しない場合、表示された振動値のどれを使うべきか、また、試験規則値 (CE) と現場測定値 (Field) が共に存在する場合どちらの振動値を使うべきか、事業主や現場の作業者などあらゆるユーザーが判断することが困難という問題点がある。

2. NIWL データベースのランク分け

NIWL データベースを ISO 8662 に準拠してランク分けし、これを本研究で試作するカリキュレータに搭載するための基礎検討を行う。

2.1 ISO 8662 に準拠したランク分け

過去の研究において、基発 11 号、及び ISO 8662 を基準に NIWL データベースをランク分けしたところ、ISO 8662 では、表 1 に示すように 13 項目で工具を分類しており、これに準拠してランク分けすることで国際的な整合性を確保したランク分けが可能になることを示した。NIWL データベースを ISO 8662 に準拠して分類したところ、NIWL データベースに掲載されている工具は図 5 に示すように分類された。Part 4, 6, 7, 8, 10 12 の工具が全体の約 95%を占めている。

本研究では、NIWL データベースを ISO 8662 に準拠してランク分けを行い、それをカリキュレータに搭載することとする。NIWL データベースを ISO 8662 に準拠してランク分けした結果を表 2 に示す。NIWL データベースには試験規則値と現場測定値が掲載されており、試験規則値は 1 軸加速度データであるため、これを 1.5-2.0 倍 (prCEN TR 15350_HAV を参考)、もしくは 1.7 倍 (ISO 5349-1 を参考) して、3 軸加速度データである現場測定値と比較を可能にした。また、本表には試験規則値そのものも掲載している。

2.2 NIWL データベースの振動値のばらつきに関する検討

図 6, 7 は NIWL データベースを ISO 8662 を基準にランク分けし、各工具に最大値、平均値、最小値を示しており、図 6 は振動

値を 1.5-2.0 倍 (prCEN TR 15350_HAV を参考) した試験規則値、図 7 は現場測定値をそれぞれ示している。各工具の振動値は正規分布にならず、工具の種類によりばらつきが異なることがわかる。

2.3 試験規則値と現場測定値の違い

試験規則値で得られた振動値を 1.5-2.0 倍 (prCEN TR 15350_HAV)、または 1.7 倍 (ISO 5349-1) することで、現場測定値で得られた振動値と比較することができる。各工具の平均値の試験規則値と現場測定値を比較したものを図 8, 9 に示す。図 8 は試験規則値を 1.5-2.0 倍、図 9 は試験規則値を 1.7 倍している。これらの図より、ほぼ全ての工具の振動値において現場測定値よりも補正した試験規則値の方が大きくなっていることから、prCEN TR 15350_HAV や ISO 5349-1 を参考に 3 軸加速度に補正しても実現現場測定値を再現できないことがわかる。

3. カリキュレータ

過去に作成されたカリキュレータの使用法や特徴を述べ、どのようなカリキュレータを作成すべきかを検討する。

3.1 過去に作成されたカリキュレータ

HSE と NIWL データベースに公開されているカリキュレータについて簡単に説明する。

3.1.1 NIWL データベースのカリキュレータ

図 10 に NIWL データベースで公開されている手腕振動の Exposure calculator を示す (<http://umetech.niwl.se/eng/havcalculator.lasso>)。図 11~13 は計算例を示して

いる。図 11 に示すように、カリキュレータの A 欄に工具の振動値 2.5m/s^2 を入力し Calculate ボタンをクリックすると B 欄に暴露対策値までの時間、C 欄に暴露限界値までの時間が表示される。図 12 のように 1 日の暴露時間を D 欄に 1h と入力し Calculate ボタンをクリックすると、E 欄に各工具の A(8)、F 欄に A(8)の合計が計算される。図 13 は工具の A 欄に振動値 5.0m/s^2 を入力し、D 欄に 1 日の暴露時間 30min を入力した場合の計算例である。本図に示すように E 欄と F 欄にそれぞれ A(8)が計算される。

このカリキュレータに工具の振動値を入力するためには、NIWL データベースから対象工具の振動値を探すことになる。しかし、分類されている工具の種類が多く、事業主や現場の作業者が対象工具の振動値を容易に探すことは困難である。また、このカリキュレータはオンラインのみで使用可能である。

3.1.2 HSE のカリキュレータ

図 14 に HSE の Hand-arm vibration exposure calculator のトップページを示す。本図の Hand-arm vibration calculator の Excel ファイルをダウンロードして使用する。HSE のカリキュレータは、NIWL のカリキュレータと同じ機能を有しているが、工具の振動値データベースを持たない、Excel で作成されている、ホームページよりダウンロードできる、という特徴を有する。図 15 に HSE で公開されているカリキュレータを示す。起動時の注意として、マクロを有効にしなくてはならない。図 16~18 は計算例を示している。図 16 の a 欄に工具の振動値 2.5m/s^2 を入力し Enter を押すと、

b 欄に exposure point、c 欄に振動対策値までの時間、d 欄に振動限界値までの時間が表示される。b 欄の exposure point は HSE 独自のものである。図 17 のように暴露時間を e 欄に 1h と入力し Enter を押すと、f 欄に各工具の A(8)、g 欄に各工具の exposure point、h 欄に 1 日の A(8)、i 欄に全 exposure point が計算される。図 18 は、a 欄に工具の振動値 5.0m/s^2 を入力し、e 欄に暴露時間 30min を入力した場合の計算例で、本図のように f 欄に各工具の A(8)、h 欄に A(8) の合計が表示される。

このカリキュレータは、工具の振動値データベースを持っていないため、事業主や現場の作業者が事前に振動暴露量を把握することは難しい。

4. カリキュレータの選定

カリキュレータの本体として、PDA、ラップトップコンピュータ、ポケットコンピュータ、関数電卓が考えられる。本節では、それぞれの特徴を述べ、カリキュレータに最も適しているものを決定する。

4.1 PDA

PDA とは、Windows の機能縮小版である Windows Mobile 5.0 を OS とする携帯情報端末のことをいい、Word Mobile, Excel Mobile などがインストールされている。OS が Windows Mobile 5.0 であることから、非常に多機能であるだけでなく、大きな画面、長時間駆動、CF カードや SD メモリなどによるデータの移動が可能、GUI を利用可能、無線 LAN を搭載、など多くの利点を有している。現在、PDA としては、DELL^{*1}、HP^{*2} から市販されているが、他には、シャープのザウルス (OS: Linux) やウィルコム

のスマートフォン (OS: Windows Mobile 5.0) などもある。PDF ファイルや Word ファイルを読むことができるため、カリキュレータのマニュアルを電子化し、カリキュレータ本体に搭載することもできる。作業現場への携帯性や GUI を利用した操作性などを考慮すると、カリキュレータとして最も適しているといえる。

^{*1}(<http://www1.jp.dell.com/content/products/compare.aspx/pda?c=jp&cs=jpgeml&l=ja&s=gem>)

^{*2}(<http://h50157.www5.hp.com/is-bin/INTERSHOP.enfinity/eCS/Store/ja/-/JPY/BrowseCatalogForBusiness-Start?CategoryName=DPBiPAQ>)

4.2 PC (ラップトップコンピュータ)

入手が容易であり、国内外のメーカーから市販され、大きさや性能などあらゆる使用に対応することが可能である。現場で使用するカリキュレータとしては、その大きさや重さが不適當であるが、作業前に事務所などで振動暴露量を計算するためのカリキュレータとしては適切である。

4.3 ポケットコンピュータ

ポケットコンピュータとは、BASIC や C 言語でのプログラミングや PIC を利用した制御が可能な小型のコンピュータをいう。一般的には、小型軽量、長時間駆動が可能、関数が豊富などの利点があるものの、表示画面が小さい、記憶容量が小さく CF カードや SD メモリなどによるデータの移動が困難、GUI が利用できないなどの欠点がある。メーカーとしては、シャープ、テキサスインスツルメンツ (米国) (日本での代理店は (株) ナオコ) が販売しているが、シャープのポケットコンピュータ (PC-G850V)^{*3}

は、学校技術教育用として販売されているため、入手は困難である。また、テキサスインスツルメンツのポケットコンピュータ (Voyage200)^{*4} は、市販されているため入手可能ではあるが、海外製品で日本語環境に対応していないため、日本人の作業者が使いやすいカリキュレータの作成が困難である。また、これらのポケットコンピュータは上述の問題点があるため、現場の作業者に対して理解しやすいカリキュレータの作成が困難になることが予想される。従って、本研究で考案するカリキュレータとしては不適切である。

^{*3}(<http://www.sharp.co.jp/calc/lineup/education/index.html>)

^{*4}(<http://www.naoco.com/calc.htm>)

4.4 関数電卓

現在、多くの関数電卓 (例えば、カシオ^{*5}、キャノン^{*6}、シャープ^{*7}、シチズン^{*8} など) が市販されており、低価格で簡単に入手ができる。一般的には、100 以上の関数を有しており、簡単なプログラムの作成やグラフの作成などが可能な機種も存在する。しかし、このプログラム機能は、あくまでもよく使う計算式や公式を記憶するためのものであり、本格的なプログラム機能ではない。また、ポケットコンピュータと同様の問題点を有する。以上のことから、本研究で考案するカリキュレータには不適切であるといえる。

^{*5}(http://dentaku.casio.co.jp/lineup/fn_program.html)

^{*6}(<http://cweb.canon.jp/calc/lineup/function.html>)

^{*7}(<http://www.sharp.co.jp/calc/index.html>)

^{*8}(http://www.citizen-systems.co.jp/electronic/calculator/calculator_01.html#kansu)

5. カリキュレータ開発ソフトウェアの選定

カリキュレータの作成に適しているプログラミング言語を選定するために、各プログラミング言語、ソフトウェアについて検討する。

5.1 Visual Basic、Visual C

GUI ベースのアプリケーションが作成可能であり、PC や PDA で動作するアプリケーションが作成できる。また、PDA 用に作成したソースコードを若干修正する、もしくは .NET Framework 3.0 を PC にインストールすることにより、PC 上で動作させることができることから、カリキュレータ開発に適している。

5.2 Microsoft Excel

Microsoft の表計算ソフトで、汎用の表計算ソフトの 1 つである。多くの関数を持ち、グラフを作成することも可能なだけでなく、マクロ機能を利用することでユーザーフレンドリーなアプリケーションとすることができる。ソフトウェア自体が低価格であることも利点である。PC 用のカリキュレータとしては十分であるが、PDA 上で動作する Excel Mobile は、PC 版の Excel より機能が少なくマクロが使用できないため、PDA 用のカリキュレータとしては不適切である。

5.3 他のプログラミング言語

5.3.1 MATLAB

MATLAB は、数値計算、データの可視化などを C 言語、FORTRAN、BASIC などと比較して非常に使いやすいプログラミング言語で

ある。作成したアプリケーションは、通常 MATLAB 上で動作させるが、再頒布可能な実行形式ファイルを作成することも可能である。しかしながら、PDA 上で動作するアプリケーションは作成できない。

5.3.2 C 言語、FORTRAN、BASIC など

一般的に普及しているプログラミング言語であり、無償で使用できるものもあることが利点として挙げられる。しかし、MATLAB と同様に PDA 上で動作するアプリケーションを開発することができない。

6. 開発環境

PDA 上で動作するソフトウェアを構築するための開発環境について述べる。PDA 用のソフトウェアを開発するための必要な開発環境を表 3 に示す。カリキュレータとして使用する PDA はできるだけ大画面のものが好ましい。効率的に開発するためには、開発用 PC として高性能 PC と大画面 LCD (推奨は 19 インチ、SXGA 以上) を用いることが望まれる。開発用ソフトウェアには表 3 に示した(1)～(4)までが必要であり、(2)以外は本表に示した URL から無料でダウンロードできる。この環境で開発したソフトウェアを PDA 上で動作させるためには、.NET Compact Framework 2.0 が必要になる (PDA にインストールされているものは、.NET Compact Framework 1.0 SP3 である。)。また、PDA 用に開発したソフトウェアを PC 上で動作させるためには、.NET Framework 3.0 を PC にインストールすることで実行可能になる。これにより、PDA 用に開発したソフトウェアを全く変更することなく PC 上で動作させることが可能になる。

C. 研究結果と考察

カリキュレータを PDA、プログラミング言語を Visual Basic として、PDA 上で動作するカリキュレータを試作検討する。

1. カリキュレータに使用した PDA とプログラミング言語

本研究でカリキュレータの試作検討に使用した PDA、プログラミング言語について説明する。図 18 に示すように、カリキュレータを動作させるための PDA として、最も高性能な 2 機種を選択した。異なる PDA で動作することを確認するために、iPAQhx2790b (HP) と Axim X51v (DELL) の 2 機種とした。

プログラミング言語は、PDA 上での動作や GUI による操作を可能にするために、Visual Basic を選択した。

2. カリキュレータに搭載した工具の振動値

カリキュレータに搭載した振動値について述べる。カリキュレータに搭載するための振動値データベースとして NIWL データベースを用いた。しかし、前章において NIWL データベースは、(i) 全ての工具の振動値を持たない、(ii) 対象としている工具の振動値を容易に探すことが困難、(iii) 工具の種類により振動値にばらつきがある、(iv) 3 軸加速度データに補正した試験規則値と現場測定値を比較すると現場測定値の方が小さい傾向がある、という問題点を有することを示した。そこで、本研究では、表 2 に示すように NIWL データベースを ISO 8662 に準拠してランク分けした工具の振動値をカリキュレータへ搭載することとした。

これにより、(i)、(ii)については、13種類にランク分けされているため容易に対象工具の振動値を探することができるだけでなく、対象工具の振動値そのものがデータベースに存在しない場合に対応させた。(ii)については、ランク分けされた各工具の振動値における最大値、平均値、最小値をカリキュレータに搭載し、カリキュレータのユーザーが $A(8)$ の計算に利用できる振動値のデータを増加させることで対応した。(iii)については、3軸加速度データに補正した試験規則値 (prCEN TR 15350_HAV、ISO 5349-1 により補正) と現場測定値を共に搭載することで、両方の規則に従って測定された振動値を $A(8)$ の計算に利用することを可能にした。

3. Visual Basic による PDA 用のカリキュレータの試作

本研究で試作したカリキュレータが有する機能、使用方法について説明する。

3.1 記号

カリキュレータで使用した記号、計算式について説明する。

3.1.1 $A(8)$ の計算

a_{hv} : 振動合成値 [m/s^2]、 T_0 : 基準暴露時間 8 時間 (28800 秒)、 T_i : i 番目の作業における (1 日の) 合計振動暴露時間とすると $A(8)$: 単一工具による日振動暴露量 [m/s^2] は、式(1)により求めることができる。

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \quad (1)$$

3.1.2 $\Sigma A(8)$ の計算

複数の工具を用いて作業した場合の $A(8)$ [m/s^2] を $\Sigma A(8)$ [m/s^2] とすると、 $\Sigma A(8)$ は次式で求められる。

$$\Sigma A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hv}^2 T_i} \quad (2)$$

3.1.3 $A_{typical}(8)$ の計算

1 日の振動暴露量の見積もりを $A_{typical}(8)$ [m/s^2]、 d 日における日振動暴露量を ΣA_d 、見積もりが行われる日数を N とすると、 $A_{typical}(8)$ は式(3)により計算できる。

$$A_{typical}(8) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{d=1}^N \Sigma A_d^2} \quad (3)$$

3.1.4 振動暴露対策値、振動暴露限界値までの時間

振動暴露対策値 ($2.5 m/s^2$) を EAV 、振動暴露限界値 ($5.0 m/s^2$) を ELV とすると、振動暴露対策値 ($2.5 m/s^2$) に到達するまでの時間 T_{EAV} 、振動暴露限界値 ($5.0 m/s^2$) に到達するまでの時間 T_{ELV} は、式(4)、(5)によって求めることができる。

$$T_{EAV} = \left(\frac{EAV_i}{a_{hvi}} \right)^2 T_0 \quad (4)$$

$$T_{ELV} = \left(\frac{ELV_i}{a_{hvi}} \right)^2 T_0 \quad (5)$$

3.2 カリキュレータの表示画面

図 19(a) に試作したカリキュレータを示す。本図に示すように A: 工具の振動値 [m/s^2]、B: 作業時間 [hour : minute]、C: 暴露対策値までの時間 [hour : minute]、D: 暴露限界値までの時間 [hour : minute]、E: $A(8)$ [m/s^2]、F: $\Sigma A(8)$ [m/s^2]、G: $A_{typical}(8)$ [m/s^2] で構成されており、計算に使用した工具、作業時間、計算された $A(8)$ はそれぞれ、H, I, J に記録される。画面の下のソフトメニューとして、NIWL と File 用意した。計算のためのボタンとして、計算、追加、削除、挿入、作業日の追加 を用意した。

3.3 PDA 用カリキュレータの PC 上での実行

本研究で試作した PDA 用のカリキュレータは、.NET Framework 3.0 を PC にインストールすることで PC 上で実行可能となる。図 19(b)に PC 上で実行した PDA 用のカリキュレータを示す。PDA と PC で実行した場合の違いは、NIWL、File メニューの位置だけであり、他は全て同じである。そのため、複数のカリキュレータの使い方を学ぶ必要がなく、ユーザーの負担を軽減することを可能にした。

以下、PC 上で実行したカリキュレータを説明のための図として使うこととする。

3.4 工具の振動値の選択

図 20 に示すように NIWL をクリックすると ISO 8662 に準拠してランク分けした NIWL データベースが選択できる。ISO 8662 の Part 2 - Part 14 だけの表示では、ユーザーがどの工具がどの規格に分類されているかを知ることが難しいため、ソフトメニューには代表的な工具を併記した。図 21 は ISO 8662 の分類をクリックした状態を示しており、NIWL データベースに掲載されている試験規則値 (CE) と現場測定値が選択できる。また、試験規則値を prCEN TR 15350_HAV と ISO 5349-1 のどちらの規格を基に 3 軸加速度データに補正した振動値を用いるのか選択できるようにした。さらに、Field をクリックすると図 22 のように最大値、平均値、最小値が選択できる。ここで、ユーザーが加速度の大きさを見て計算に使用する振動値を選択できるように、括弧内に振動値を併記した。図 23 に示すように最大値、平均値、最小値のどれかをクリックすることで、A 欄に工具の振動値が入力さ

れる。

3.5 A(8)の計算

図 24 に示すように、B 欄に作業時間を入力し、計算ボタンを押すことで C 欄に暴露対策値までの時間、D 欄に暴露限界値までの時間、E 欄に $A(8)$ が表示される。作業時間は 5 分であれば 00:05、1 時間 20 分であれば 1:20 と入力する。図 25 は工具の振動値 14.62m/s^2 (Part 2、Field、平均値)、作業時間 5 分として計算した例である。他の工具 (または振動値)、作業時間で $A(8)$ を計算する場合は、NIWL メニューから振動値を選択し作業時間の入力後、『計算』ボタンを押せばよい。

3.6 複数の工具を用いた作業における $A(8)$

複数の工具を用いた作業における $A(8)$ を計算するためには、まず、はじめに $A(8)$ 計算後『追加』ボタン押し、計算した $A(8)$ をリストに追加する。図 26 は工具の振動値 14.62m/s^2 (Part 2、Field、平均値)、作業時間 5 分として計算した $A(8)$ をリストに追加した例である。次に 3.5 節と 3.6 節を繰り返すことで複数の工具の $A(8)$ を計算することができる。各工具の $A(8)$ はリストに表示され、 $\Sigma A(8)$ は E 欄に表示される。暴露対策値までの時間と暴露限界値までの時間は、計算している工具の振動値に対する時間であり、複数の工具の振動値に対する暴露対策値までの時間と暴露限界値までの時間は同時に表示されない。図 27 は、工具の振動値 17.71m/s^2 (Part 3、Field、平均値)、作業時間 2 分の作業、工具の振動値 4.66m/s^2 (Part 4、Field、平均値)、作業時間 5 分の作業を追加した例である。

$A(8)$ 、または $\Sigma A(8)$ のどちらかが暴露対策値 2.5m/s^2 、暴露限界値 5.0m/s^2 を超えた

場合は、ウィンドウによるメッセージが表示され、ユーザーに知らせるようにした。図 28 は、工具の振動値 10.03 m/s^2 (Part 6、Field、平均値)、作業時間 3 時間 30 分の作業を計算し、リストに追加した例で、本図のように $A(8)$ が 6.63 m/s^2 、 $\Sigma A(8)$ が 6.91 m/s^2 であり、暴露限界値を超えているためウィンドウによるメッセージが表示されている。

3.7 作業内容の変更 1

複数の工具を用いた作業において、 $A(8)$ や $\Sigma A(8)$ が小さくなるような作業内容に変更する場合は、図 29 に示したように計算した工具のリストを選択し、『削除』ボタンをクリックすることでリストから削除することができる。この作業内容に対して作業を追加する場合は、3.6 節と同様に工具の振動値の選択、作業時間の入力後、『計算』ボタンをクリックし、『追加』ボタンをクリックすればよい。

3.8 複数の作業日における作業

複数の作業日の $A(8)$ や $\Sigma A(8)$ を計算する場合は、『作業日の追加』ボタンをクリックすることで図 30 に示すように作業日を追加できる。作業日 2 日目に作業内容を追加する場合は、3.5、3.6 を繰り返すことで $A(8)$ や $\Sigma A(8)$ の計算できるようにした。

作業日が複数日の場合、各作業日における $\Sigma A(8)$ は異なるため、F 欄に表示することはできない。そこで、リストの区切りをクリックすることで各作業日の $\Sigma A(8)$ をウィンドウにより表示するようにした。図 31 はリストの作業日 1 日目の区切りをクリックした例、図 32 はリストの作業日 2 日目の区切りをクリックした例をそれぞれ示している。

3.9 $A_{typical}(8)$ の計算

作業日が複数日の場合の $A_{typical}(8)$ は G 欄に表示される。図 32 に示した例では、作業日 1 日目の $\Sigma A(8)=1.94 \text{ m/s}^2$ 、作業日 2 日目の $\Sigma A(8)=1.45 \text{ m/s}^2$ であるため、 $A_{typical}(8)=1.71 \text{ m/s}^2$ と表示されている。

3.10 作業内容の変更 2

作業日が複数日の場合における、作業内容の削除、及び挿入について説明する。削除は 3.7 節と同様に、削除するリストを選択して『削除』ボタンをクリックする。図 33 に示すようにユーザーが作業日の区切りを誤って削除しないように工夫した。作業内容を追加する場合は、まず、はじめに、3.5 節と同様に工具の振動値の選択、及び作業時間の入力後、『計算』ボタンをクリックする。その後、挿入したい作業日の区切りを選択した後、『挿入』ボタンを押す。図 34 は、工具の振動値 2.4 m/s^2 (Part 8、Field、平均値)、作業時間 30 分の作業を作業日 2 日目に追加した例を示しており、確認のウィンドウを表示させることでユーザーに作業内容を追加したことを知らせるようにした。図 35 に示すようにリストが増えた場合には、リストにはスクロールバーが表示され、それを動かすことでリスト内の計算結果全てを確認することができる。区切り以外を選択せずに挿入ボタンをクリックした場合は、図 36 のようにウィンドウを表示してユーザーに知らせるようにした。

3.11 新規作成、計算結果の保存、終了

File メニュー (図 37) には、新規作成、名前を付けて保存、終了を用意した。新規に計算する場合は新規作成を選択する。計算した $A(8)$ 、 $\Sigma A(8)$ 、 $A_{typical}(8)$ は、File メニューから名前を付けて保存を選択するこ

とで、ファイル名を入力して『保存』ボタンをクリックすることで、図 38 のように計算結果がテキスト形式で保存される。終了をクリックすれば、カリキュレータが終了する。

D. 結論

本研究では、振動暴露量を事前に把握するためのカリキュレータの検討を行い、以下の結論を得た。

1. NIWL データベースを ISO 8662 に準拠してランク分けした振動値を搭載した、PDA 上で動作するカリキュレータを Visual Basic により試作した。このカリキュレータは、GUI で操作することができ、簡単な操作で $A(8)$, $\Sigma A(8)$, $A_{typical}(8)$ を計算することができることを確認した。また、カリキュレータを PDA としたことで、小型軽量とすることができた。本カリキュレータは PDA 上で動作させるため、操作方法などは電子マニュアルとしてカリキュレータ本体に搭載することも可能である。
2. PDA 上で動作するカリキュレータが PC で実行できることを確認した。これにより、PDA と PC で動作する同じユーザーインターフェイスのカリキュレータを開発することができたため、事業主や現場の作業者が容易に振動暴露量を計算できる環境を提供することができた。
3. NIWL のデータベースを ISO 8662 に準拠して分類し、これをカリキュレータに搭載することで、対象工具の振動値の選択が容易で、データベースに存在しない工具の振動値の補間することができ、データベースの振動値のばらつきや試験規

則値、現場測定値の違いを考慮できるカリキュレータを作成することができることを示した。

E. 研究発表

なし

F. 知的所有権の取得状況

なし