

200733006B

厚生労働科学研究費補助金  
労働安全衛生総合研究事業

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

平成17～19年度 総合研究報告書

主任研究者 前田 節雄

平成20(2008)年 4月

## 目 次

### I. 総合研究報告

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

前田節雄

1

(資料) ザード評価支援データベースの構築及びラベリングの調査及び精神物理学の心理学的  
評価方法によるラベリング方法の具体化に関する研究

前田節雄

19

(資料) 実現場測定調査の実施及び現場調査結果に基づいた工具のリスク評価の為のランキン  
グの具体化に関する研究

細矢直基

28

(資料) アンケート調査方法の決定及びアンケート調査結果に基づいたハザードのランキング方  
法の具体化に関する研究

安藤英雄

50

(資料) 事前リスク評価支援システムおよびノモグラムの研究開発

前田節雄

54

(資料) カリキュレータの研究開発

細矢直基

61

(資料) 有効性の現場での検証実験

榊原久孝

88

(資料) 振動暴露の影響を軽減する方法としての防振手袋の使用方法や選択方法の検討

柴田延幸

95

(資料) 最適作業スケジューリング計画立案方法の検討など

前田節雄

111

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	123
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	129

# I . 総合研究報告

# 厚生労働科学研究補助金（労働安全衛生総合研究事業）

## 総合研究報告書

### 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

主任研究者 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：今だ、毎年、手腕振動障害患者の労働災害認定者数が300人にもものぼっている。第10次労働災害防止計画では、この認定患者数を減らすことが目標として掲げられている。そして、それを実現するためには、事業主や実現場で働く作業者に振動ばく露のリスクを情報として与え振動ばく露作業をコントロールすることは、今後の労働災害患者数を減少させるために非常に有効な手段であると考えられる。そして、このようなシステムの研究開発は急務であると思われる。本研究では、次の4つの具体的な方法を研究開発提案する。①手持振動工具のリスクを事業主や作業者に知らせるために、工具別の振動の大きさが認識できるようなユーザーフレンドリーなラベリング方法の提案、②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支援データベースシステムを提案、③実際の現場での工具の使用を考えると、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支援システムの提案、④リスク軽減のための具体的な対策方法の提案。このような具体的なラベリングや実現場でのリスクが Predetermined Risk Evaluation(事前リスク評価)が出来ることにより、事業主や作業者がリスクを認識し、具体的なリスク軽減策を導入することにより、作業員への振動ばく露が軽減され、問題となっている手腕振動障害の新規認定患者数を減少につなげることが可能になると思われる。また、世の中へ、事前にリスクを容易に知らせることが出来るシステムを研究開発するとともに、具体的な低減策を提供することにより、国民の健康保全に対して有効である。

#### 分担研究者

安藤英雄 久留米大学医学部環境医学  
講座講師

細矢直基 埼玉大学大学院理工学研究  
科助手

榎原久孝 名古屋大学医学部保険学科教  
授

柴田延幸 労働安全衛生総合研究所主任  
研究員

#### A. 研究目的

研究の目的は、次の4つの具体的な方法を研究開発し提案することである。①手持振動工具のリスクを事業主や作業者に知らせるために、工具別の振動の大きさが認識できるようなユーザーフレンドリーなラベリング方法の提案、②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支援データベースシステムを提

案、③実際の現場での工具の使用を考えると、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支援システムの提案、④リスク軽減のための具体的な対策方法の提案。必要性は、今だ、毎年、手腕振動障害患者の労働災害認定者数が700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を考えているが、具体的な方法は示されていない。また、このラベリングの方法が確立されたとしても、多くの市販工具間のリスク比較検討は困難であり、また、1つの工具のリスクが明らかになったとしても、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及び具体的なラベリング方法等を構築することは急務である。またリスク評価が出来、リスクがあると判断された場合、そのリスクを具体的に軽減する方法を示さなければリスク軽減をすることが不可能になる。そのような具体的なリスク軽減策の研究開発も急務である。期待される成果としては、このような具体的なラベリングや実現場でのリスクがPredetermined Risk Evaluation(事前リスク評価)が出来ることにより、事業主や作業者がリスクを認識し、具体的なリスク軽減策を導入することにより、作業員への振動ばく露が軽減され、問題となっている手腕振動障害の新規認定患者数を減少につなげることが可能になると思われる。また、世の中へ、リスクを容易に知り、事前にリス

クを知り、具体的な低減策を取り入れることが出来るシステムを提供することは国民の健康保全に対して有効である。

## B. 研究方法

### ラベリング方法の具体的な方法及びリスクに基づいた工具選択支援システムの提案

平成17年度には次の4つの研究を実施する。①メーカーから提供される工具の取扱説明書やカタログに工具自体のリスク度が把握しやすいようなラベリング表示方法を検討、②我が国のJISマークや欧州のCEマークなどの調査を行い、心理実験に基づいたラベリングのサイズ・文字の大きさ・カラーなど、各種現場でわかりやすいラベリング表示方法についての検討、③工具をランク分けの検討の為に、事業場に対するアンケート調査及び実振動レベルを把握するための測定を実施し、ランク分けの基礎データの検討、④工具メーカーの試験規則から得られた宣言値に基づいたデータベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築する。実現場での工具使用を想定したリスク評価支援システムの提案事業主や作業員が、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、実際の現場での工具の使用を考えると、1日に1人の作業員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年度は、次の3つの研究を実施する。①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

るシステムの提案②事業主や作業者が容易にリスクを評価することが可能なノモグラムやカルキュレーターを試作検討、③このシステムの有効性を確認するために、各種事業場にて確認実験を実施する。リスク軽減のための具体的な対策方法の提案平成19年度では、平成17、18年度に構築したシステムでリスクの見積もり評価した結果、リスクが許容出来る場合は、その工具やその作業方法で、事業主や作業者はその方法に準拠した形で作業を進めることにより、振動ばく露量を低減でき、振動障害患者の発症を低減できると考えられるが、リスクが許容できない場合には、そのリスクを低減する具体的な方法を示す必要が出てくる。そこで、平成19年度は、次の3つの研究を実施する。①P.P.E.の選択方法の検討および提案、②最適作業スケジューリング方法について検討し、具体的な方法を提案、③実現場での今回提案の方法の有効性の検証実験の実施。特に、①では、防振手袋は全ての周波数帯域に対して振動軽減効果は万能ではないので、使用する工具の振動特性に対応して防振手袋を選択する必要があるが、現時点ではそのような方法は構築されていない。そこで、平成17年度に構築したデータベースと防振手袋の振動軽減特性とから最適なP.P.E.の防振手袋選択システムを構築する。さらに、手に入る振動ばく露量を最も減らすことが可能となる最適作業スケジューリング方法を、Industrial Engineering の分野におけるジョンソン法や待ち行列理論を実際の作業現場に適用し、指先振動感覚閾値等を指標とした実験室実験を実施し、その結果から、振動ばく露量低減最適作業スケジューリング方法を提案する。そして、これらの振動軽減策の

有効性の現場での検証実験を実施する。

### C. 研究結果

本研究では、ラベリング方法の具体的な方法及びリスクに基づいた工具選択支援システムを提案するために、試験規則から得られた工具メーカーの宣言値に基づいたデータベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築することが目的であった。

その結果、わが国の代表的な工具メーカーの工具の振動の実態を明らかにし、試験規則から得られた工具メーカーの宣言値に基づいたデータベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築することが出来た。また、実際に使用している工具の使用時間からの振動障害発病の危険度の検討の結果、以下の事が明らかとなった。

- 1) 工具を使用する労働者が実際に工具を使用している時間は規制の2時間を大きく越えている。
- 2) 工具の使用限度時間から見ても労働者が実際に工具を使用している時間は限度を大きく越えている。
- 3) 工具の3軸周波数補正振動加速度実効値が小さければ工具の使用限度時間が長く、危険度も少ない。しかし、8時間等価振動加速度値が少ない(安全率が高い)と工具の使用限度時間が短くなる。その代わり、安全度は高い。
- 4) 以上の点から手持動力工具の使用者の振動障害の発病の可能性は高く、長時間続けられれば発症する恐れがある。よって、使用時間を減らす等の対策を早

急に練る必要があると考えられる。

トラフィックライトシステムは、振動工具がもつ振動に関する情報を作業者に認知させることを容易に可能にさせると考えられる。また作業者がこの情報に基づき適切な使用方法をとることにより振動障害を減少させることができると考えられる。したがって日本においてもこのトラフィックライトシステムを導入し、工具の振動加速度と使用限界時間を作業者に対して、容易に認識させることにより、作業者への振動曝露の影響を小さくし、振動障害患者の発生を減少させることが期待できるものと考えられる。

手持動力工具のリスク評価のために NIWL で公表されているデータベースを用いて工具のランク分けの基礎検討をした。本研究で得られたことを以下にまとめる。

- (1) 調査の対象とした NIWL のデータベースは、すべての手持動力工具の振動値を掲載していないため、ランク分けできない工具の分類が存在した。
- (2) 工具のランク分けの第1段階としては、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、IS08662 や基発 11 号に従って大まかな工具の分類ごとにランク分けする手法は有効であると考えられる。大まかな工具の種類でランク分けを行うことで、その工具の振動値が存在しない工具への対応も可能となること考えられる。
- (3) IS08662 などの試験規則値 (1 軸加速度値) を 1.5-2.0 倍 (prCEN TR 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が明らかとなった。このことより、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がいえる。また、試験規則値でランク分けすると実現場測定値でランク分けした場合と比較して、作業時間が相対的に短くなる。これは、より安全になっているものと考えられるが、作業時間の減少は作業者、雇用者にとって好ましいものとはいえないことも考えられる。今後、試験規則の見直しや実現場測定値の利用を検討していく必要がある。

事前リスク評価支援システムを PDA (Personal Digital Assistance) で操作・算出できるようにするためにノモグラムの検討のためには、ISO 5349-1 での要求事項の理解が必要であるので、その内容について精査した。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。また、工具振動の大きさと工具使用時間とからその作業のリスク評価の方法を、事前に評価するために図 1 のようなノモグラムの採用を考えた。計算することにより最終的な A(8) を求めることによりその作業が許容されるかどうかを判断することが可能になることを明らかにした。今回の暴露様式での準備時間は全て同じで、かつ、振動曝露のエネルギーも同じであるにもかかわらず、各暴露様式後の TTS の値に差がでることがわかる。従って、総準備時間が同じであっても、最適解の開始位置を変更することによって振動の人体への影響が異なる事が明らかになった。今回の実験結果から、作業時間が等しく準備時間が異なるジョブショップ・スケジューリングの場合、得られた最適解の結果か



ら、準備時間が長い仕事を最後にする事で、低いTTSが得られることが明らかになった。A(8)が同じ値の場合の人体影響を最小にするための方法である解決方法を明らかにすることが出来た。現在販売されてきている防振手袋の実態については、一般の技術雑誌にデータを公表し防振手袋使用者が、安全な防振手袋が購入できるようにした。また、この防振手袋の振動軽減効果と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応じた選択方法を明らかにすることが出来た。

#### D. 考察

今回のEU加盟国の調査結果から、EU加盟国の多くは、1日8時間の等価振動加速度として、振動暴露限界値(exposure limit value)を $5 \text{ m/s}^2 \text{ rms}$ とし、振動暴露対策値(exposure action value)を $2.5 \text{ m/s}^2 \text{ rms}$ とするEU Directiveを採用し、その指令を守るべく法制化が進んでいることが明らかになった。このことから、わが国の工具メーカーの振動の大きさがこの基準を満足しているのかどうかの実態を明らかにすることは非常に重要であることが明確になった。そこで、資料1に示したアンケート調査を実施し、工具メーカー各社の工具別の宣言値を収集した。9社はEU Directiveに準拠した試験規則で工具の試験を実施していることが明らかになった。

また、わが国の代表的な工具メーカーの工具の振動の実態は、決してEU Directiveの1日8時間の等価振動加速度として、振動暴露限界値(exposure limit value) $5 \text{ m/s}^2 \text{ rms}$ を下回る工具は少なく、更なる振動低減対策が必要であることが明らかになった。

次に、試験規則から得られた工具メーカーの宣言値に基づいたデータベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築することが出来た。今回、構築したデータベースでは、任意の工具やメーカーや1日8時間の等価振動加速度として、振動暴露限界値(exposure limit value) $5 \text{ m/s}^2 \text{ rms}$ や振動暴露対策値(exposure action value) $2.5 \text{ m/s}^2 \text{ rms}$ を超える、あるいは、超えない工具の選択が、事業主や作業者に容易に行えるものである。

表3及び表4に記した工具の使用時間のみに注目する。労働安全衛生法基発第608号において規制された工具使用時間の2時間以内だったものは3月1日のNo.4ただ1つのみであり、他は全て2時間以上越えて工具を使用している結果となった。さらに、3月1日を除き他の日のほとんどは倍の4時間以上を使用していることもある。この工具の使用時間は明らかに超過しているため、振動障害の発病の恐れが極めて高い。ただ、この数値は比計算により算出されているため、休憩時間を省いて計算してしまっている可能性がある。そのため、8時間以上録音している3月10日のデータが一番信用できると考えられる。しかし、その3月10日のデータも工具の使用時間がおよそ4時間と規制の2倍の時間工具を使用しているため、危険性が高い事に変わりはない。

工具の使用限度時間と比較して検討する。ここでA(8)についての比較をしておく。表3、表4の工具の使用限度時間が同じ工具を使用している。よって3軸周波数補正振動加速度実効値が同じである。しかし1日の工具使用限度時間が異なっているのは8時

間等価振動加速度値が異なっているためである。この場合、8時間等価振動加速度値が小さい $A(8) = 2.5m/s^2$ の方が条件が厳しく、工具の使用限度時間が短い。

まず、表3の $A(8) = 2.5m/s^2$ の方に注目する。およそ2/3もの工具が工具の使用限度時間を超えて使用している。越えているものは3倍というやや大きな数字から始まり、中でも3月7日のコンクリートブレーカーの比率は大きく、工具がおよそ10分しか使えないのに対し4~5時間使用している。およそ25~30倍もの時間使用していることになり、大変危険度が高い。ただ、3月10日のパイプレーターは使用限度時間が15時間、倍率0.25とかなり少ない。工具の振動の大きさ $A_{mv}$ に注目すると $A_{mv}$ が大きいほど許容振動暴露時間が短く危険度が高いことが分かる。工具の種類による差が見える。

また、条件の緩い $A(8) = 5m/s^2$ の方であっても、およそ半数の工具が工具の使用限度時間を超えて使用している。3月1日の電動ドリル2種類目は比率で言うと1前後であるためあまり問題がないが、3月7日のコンクリートブレーカーの比率は大きく、工具がおよそ43分しか使えないのに対し4~5時間使用している。およそ6~7倍もの時間使用していることになる。こちらも、3月10日のパイプレーターの使用限度時間が63時間、倍率0.064と非常に少ない。

1日の使用限度時間が大きいということは、その工具が人体（手腕）に及ぼす影響が少ないと考えられているからであるが、人体（手腕）に危害が及ぶかもしれないと慎重に考えているものは $A(8) = 2.5m/s^2$ であるため、こちらの方が安全率は高い。よってその $A(8) = 2.5m/s^2$ の方での使用限度時間以内

であることが一番望ましい。しかし、 $A(8) = 5m/s^2$ の範囲内であれば問題はないと思われる。基発第608号に基づく検証でも使用した工具別の使用限度時間に基づく検証でも、どちらも工具の使用限度を大きく上回っていた。基発第608号で2時間以内だった3月1日も工具の種類から見れば $A(8) = 2.5m/s^2$ の場合、電動ドリル2種類目で工具の使用限度時間を超えているため、絶対に安心とは言い難い。3月10日のパイプレーターについては使用可能時間が15時間以上とどちらも倍率が0.25以下とかなりの余裕があるが、工具の使用時間が規則の2時間を大きく越えて3~4時間ほど使用しているため安心は出来ない。このことから、現在の工事現場における振動障害の発病の可能性は極めて高く、迅速に対策を練る必要があると思われる。または、工具の使用を抑える、もしくは振動の少ない工具を選んで使用するなどの管理が必要であると思われる。

英国でのトラフィックライトシステムにおいて振動工具の分類の根拠となっている振動曝露限界値 $5m/s^2$ は、振動による健康障害を考える場合に、いかなる振動工具取扱業者も一日8時間の等価振動加速度として、この振動のレベルを超えて曝露してはならないというものである。したがって、この振動加速度を基に振動工具の分類を行うことは妥当であると考えられる。我が国においてもこのようなシステムを導入する際には、EU同様、一日8時間の等価振動加速度として、 $5m/s^2$ の振動曝露限界値を基準に分類することが必要であろう。

このシステムを我が国に導入する上でさらに注意する点があると考えられる。英国のレンタル会社は、振動工具メーカーがISOに基づき測定し提出した振動の宣言値

を基に工具の分類を行っている。我が国においても同様なシステムを導入する際には、各振動工具メーカーがISOなどの一定の規則に則り振動加速度を測定する必要がある。また、ラベリングを実施する機関が必要である。各メーカーが独自にトラフィックライトシステムによりラベリングすることも考えられるが、ラベリングの正確さを担保するためには、各メーカーから独立した第3者機関が提出された振動の宣言値を集計し、ラベリングを行うことが望ましいと考えられる。

従って、ISO 8662では、例えばインパクトレンチとバイブレーションドリルは別の種類の工具と分類するなど適切に細かく工具を分類していることが挙げられる。このことから、試験規則を基にランク分けを行う場合には、基発11号では22種類の工具でランク分けを行い、ISO 8662では13項目の工具でランク分けを行うことで、工具を大まかにランク分けすることが可能であるといえる。しかし、国際的な整合性を確保するためには、ISO 8662の13項目の工具の種類を基にランク分けする方が好ましいといえる。

このように、ノモグラムやISOの式により作業別の周波数補正振動加速度実効値やばく露時間の推定や測定を明確に行うことが出来る場合は、このような方法で、振動作業管理や製作した工具や機器が許容基準を満足しているかどうかのリスクを事前に確認することは可能になることを示すこと、および、そのようなリスク評価を行った後の作業方法の中から生理的な影響を最小にするような作業方法も示すことが今回の分担研究で明らかにすることが出来た。

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、対象としていない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員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。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。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<sup>\*1</sup>、HP<sup>\*2</sup> 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。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相当であるが、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。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)<sup>\*3</sup> 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)<sup>\*4</sup> 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。

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。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工具により異なっているため、それぞれの工具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。

新 JIS T8114 施行前に行った、国内流通している防振手袋に対する新 JIS T8114 準拠評価試験では、すべての防振手袋がスペクトル H に対する評価基準を満足することができなかった。これらのうち国内メーカー製の防振手袋は、いずれも旧 JIS を念頭に開発されたものである。同一の防振手袋について、旧 JIS に基づいた防振性能の評価試験の結果と ISO10819 (新 JIS T8114 に対応) に基づいた防振性能の評価試験の結果を比較あるいは片方から他方を予測することは困難であることが報告されており [3]、今回得られた測定結果は、新 JIS T8114 を念頭に置いた新たな防振手袋開発の必要性を示すものとなった。

新 JIS T8114 施行の前後に新 JIS 適合を目指して行われたプロトタイプの開発では、

各社とも新 JIS 適合の防振手袋を開発することができた。これらはその防振構造の実現方法により大きく二つに分けられた。特にゴム系高分子材料を掌に突起状に配置させたタイプの防振手袋では、優れた防振性能のみならず、良好な使用性も実現できていた。

これらの新 JIS 適合防振手袋では、比較的廉価な開発を可能にしておき、対価格性能が極めて高い。これに対して、米国等で国際規格 ISO10819 の評価基準を満足している防振手袋は、防振材にジェルやエアを用いるタイプの物が多く、ジェルタイプはジェルの製造コストや固定などにコストがかかりエアタイプでは、エア調節用に小型ポンプを必要とするなどともにコスト面での大きな問題があった。防振手袋使用者としては、手袋を選択する上で価格は重要であり、この点において今回開発された新 JIS 適合防振手袋は、振動工具等使用者への普及が大いに期待される。

プロトタイプの開発過程において、当初見受けられた新 JIS 評価基準の満足を第一義とする開発姿勢も、徐々に防振手袋ユーザが求める使用性や操作性を十分考慮したり、さらなる高防振性を追及したり、と大きな変化が見られ、新 JIS 適合防振手袋にも多様性が見受けられるようになった。複数の国内防振手袋メーカーが複数の新 JIS T8114 適合の防振手袋の開発に成功したことで、ユーザサイドから見れば選択の余地が広がる。したがって、ユーザは新 JIS 適合防振手袋の中からより使用性の良好なものを選ぶことも可能である。一方、メーカーサイドから見れば複数社からの新 JIS 適合防振手袋が供給可能になったことで、適合の可否だけでは自社製品を差別化するこ

とができなくなる。したがって、更なる高防振性能の手袋の開発や高度な使用性の追求、あるいはより廉価な供給を可能にすることにより対価格性能を向上させる等、何らかの特徴化を指向することにより自社製品の差別化を図る必要がある。

## E. 結論

本研究では、ラベリング方法の具体的な方法及びリスクに基づいた工具選択支援システムを提案するために、試験規則から得られた工具メーカーの宣言値に基づいたデータベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築することが目的であった。

その結果、わが国の代表的な工具メーカーの工具の振動の実態を明らかにし、試験規則から得られた工具メーカーの宣言値に基づいたデータベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築することが出来た。また、実際に使用している工具の使用時間からの振動障害発病の危険度の検討の結果、以下の事が明らかとなった。

- 1) 工具を使用する労働者が実際に工具を使用している時間は規制の 2 時間を大きく越えている。
- 2) 工具の使用限度時間から見ても労働者が実際に工具を使用している時間は限度を大きく越えている。
- 3) 工具の 3 軸周波数補正振動加速度実効値が小さければ工具の使用限度時間が長く、危険度も少ない。しかし、8 時間等価振動加速度値が少ない(安全率が高い)と工具の使用限度時間が短く

なる。その代わり、安全度は高い。

- 4) 以上の点から手持動力工具の使用者の振動障害の発病の可能性は高く、長時間続けられれば発症する恐れがある。よって、使用時間を減らす等の対策を早急に練る必要があると考えられる。

トラフィックライトシステムは、振動工具がもつ振動に関する情報を作業者に認知させることを容易に可能にさせると考えられる。また作業者がこの情報に基づき適切な使用方法をとることにより振動障害を減少させることができると考えられる。したがって日本においてもこのトラフィックライトシステムを導入し、工具の振動加速度と使用限界時間を作業者に対して、容易に認識させることにより、作業者への振動曝露の影響を小さくし、振動障害患者の発生を減少させることが期待できるものと考えられる。

手持動力工具のリスク評価のために NIWL で公表されているデータベースを用いて工具のランク分けの基礎検討をした。本研究で得られたことを以下にまとめる。

- (1) 調査の対象とした NIWL のデータベースは、すべての手持動力工具の振動値を掲載していないため、ランク分けできない工具の分類が存在した。
- (2) 工具のランク分けの第 1 段階としては、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、ISO8662 や基発 11 号に従って大まかな工具の分類ごとにランク分けする手法は有効であると考えられる。大まかな工具の種類でランク分けを行うことで、その工具の振動値が存在しない工具への対応も可能となること考えられる。
- (3) ISO8662 などの試験規則値 (1 軸加速度

値) を 1.5-2.0 倍 (prCEN TR 15350\_HAV), または 1.7 倍 (ISO5349-1) することで 3 軸加速度に変換し、ISO5349 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が明らかとなった。このことより、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がいえる。また、試験規則値でランク分けすると実現場測定値でランク分けした場合と比較して、作業時間が相対的に短くなる。これは、より安全になっているものと考えられるが、作業時間の減少は作業者、雇用者にとって好ましいものとはいえないことも考えられる。今後、試験規則の見直しや実現場測定値の利用を検討していく必要がある。

本分担研究では、ISO 5349-1 で考えられてきている方法から検討できるノモグラムの作成に関して検討を加え、そして、複数工具を用いて作業を実施した場合がリスク評価方法に関して Branch and bound 法を用いて検討も実施した。その結果、次のことを明らかにすることができた。

- 1) ノモグラムや ISO の式により作業別の周波数補正振動加速度実効値やばく露時間の推定や測定を明確に行うことが出来る場合は、このような方法で、振動作業管理や製作した工具や機器が許容基準を満足しているかどうかのリスクを事前に確認することは可能になることを示すことが出来た。
- 2) 総準備時間が同じであっても、最適解の開始位置を変更することによって振動の人体への影響が異なる事が明

らかになった。今回の実験結果から、作業時間が等しく準備時間が異なるジョブショップ・スケジューリングの場合、得られた最適解の結果から、準備時間が長い仕事を最後にする事で、低いTTSが得られることが明らかになった。

本分担研究では、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。
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。

振動暴露管理として、EU 振動指令の振動暴露対策値の  $A(8)=2.5\text{m/s}^2\text{ rms}$  を導入した場合には、日本産業衛生学会の  $A(8)=2.8\text{m/s}^2\text{ rms}$  より低い値であり、10年間の振動暴露でもレイノー現象有症率は2.3%で、日本人男性の調査報告をまとめて求められた推測値(男性1.9%(95%信頼区間:1.4-2.3%))の95%信頼区間の最大値と同程度であった。したがってEU振動指令の  $A(8)=2.5\text{m/s}^2\text{ rms}$  の振動暴露対策値を振動暴露管理の目標とすることは、わが国の振動暴露管理の指針としても妥当性を有すると考えられる。一方、EU振動指令の振動暴露限界値の  $A(8)=5.0\text{m/s}^2\text{ rms}$  の場合には、10年間の振動暴露でレイノー現象有症率は4.4%となり、非振動性レイノー現象有症率の最大3%を若干超える危険性を有していた。EU振動指令では、この振動暴露限界値は超えてはならない、越える場合には暴露低減対策を即刻とることとされている。わが国でもこうしたレイノー現象有症率を若干増す危険性を有することを配慮しながら、振動暴露限界値として振動暴露管理を実施することは、実際的対応であると考えられた。

$A(8)$ が同じ値の場合の人体影響を最小にするための方法である解決方法を明らかにすることが出来た。②現在販売されてきている防振手袋の実態については、一般の技術雑誌にデータを公表し防振手袋使用者が、安全な防振手袋が購入できるようにした。また、この防振手袋の振動軽減効果と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応じた選択方法を明らかにすることが出来た。

防振手袋の防振性能評価に関する測定・評価方法を規定した国際規格 ISO10819 に

完全に整合した国内規格である新 JIS T8114 が 2007 年 5 月に施行されたことにもない、国内流通防振手袋の新 JIS 適合の有無について、新 JIS 施行前と後で調査を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 新 JIS 施行前の国内流通防振手袋では、新 JIS T8114 において定められているスペクトル M および H においてともに同規格の評価基準を満足する防振手袋はなかった。
- ・ 新 JIS 施行前の国内流通防振手袋では、スペクトル H に対する評価基準を満足する防振手袋は皆無であった。
- ・ 新 JIS 施行をにらんで行われた、国内防振手袋メーカー数社による次世代防振手袋開発により、最終的に 6 双のプロトタイプが新 JIS T8114 に定める評価基準を完全に満足した。

## F. 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

前田節雄 : 2005 年 7 月 EU 指令発行後の EU 加盟国の動向と手持振動工具のラベリングへの試み、日本産業衛生学会東海地方会振動障害研究会 : 平成 18 年 2 月 18 日発表

前田節雄, 細矢直基 : 試験規則から得られた手持振動工具の Emission 値の問題点」第 79 回日本産業衛生学会 : 平成 18 年 5 月 10 日発表

Maeda, Setsuo., Keller, Tony : ulti-Axis Hand-Arm Vibration Testing&Simulation at the National Institute of Industrial Health, Kawasaki, Japan. First American Conference on Human Vibration Morgantown, West Virginia, U. S. A., pp 99-100. (2006)

Hosoya, Naoki. , Maeda, Setsuo : stablishment of an Experimental System For Measuring Biodynamic Response of Hand-Arm. First American Conference on Human Vibration Morgantown, West Virginia, U. S. A., pp 136-137. (2006)

Sakakibara, Hisataka., Maeda, Setsuo : easurement of head vibration during operating pneumatic tools in quarry work. 14th Japan Conference on Human Response to Vibration T.M.U., Hachioji, Tokyo, pp 38-41. (2006)

Shibata, Nobuyuki., Maeda, Setsuo:Effects of environmental condition on biodynamic response in hand-arm system -Finite element modeling-. 14th Japan Conference on Human



Response to Vibration T.M.U., Hachioji, Tokyo, pp 84-93. (2006)

Maeda, Setuo., Ozaki, Masakazu: Comparison of human vibration measurement by a laser doppler vibrometer and an accelerometer. 14th Japan Conference on Human Response to Vibration T.M.U., Hachioji, Tokyo, pp 124-131. (2006)

前田節雄: 手持動力工具振動値のラベリング方法について、日本産業衛生学会東海地方会、第20回振動障害研究会資料、pp. 1-35、平成19年2月24日。

S. Maeda, N. Shibata : Problems of A(8) Evaluation. Proceedings of 15<sup>th</sup> 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<sup>th</sup> 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

G. 知的財産権の出願・登録状況 なし。  
なし。

# 資料

資料 ザード評価支援データベースの構築及びラベリングの調査及び精神物理学の心理学的  
評価方法によるラベリング方法の具体化に関する研究

主任研究者 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、ラベリング方法の具体的な方法及びリスクに基づいた工具選択支援システムを提案するために、工具メーカーがある試験規則に準拠した形で宣言値を提出しなければならない根拠となった EU Directive について調査した。その EU Directive に基づいた形で工具メーカーが宣言値として欧州に工具を輸出している場合のデータを提供してもらう為にデータ記入用のデータフォーマット用紙を作成した。そして、その用紙をわが国の工具メーカーに配布し、工具メーカーからの工具別の試験規則に準拠したデータを収集した。工具メーカーの試験規則から得られた宣言値に基づいたデータベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築した。

#### A. 研究目的

我が国の日本産業衛生学会や ISO 規格や欧州連合指令などにおいて、振動の1日のばく露基準値を決めてきているが、事業主や作業者が選択・使用する手持動力工具の振動そのもののリスクがどれくらいであるかを示すための方法はいまだ具体的にはなっていない。また、作業者の振動作業に伴う振動ばく露によるリスクがいかなるものであるかを見積もるための方法も具体化されていない。このように、事業主や作業者が事前に振動工具のリスクを認識し、想定作業による事前リスクを把握することが出来るシステムの構築及び具体的なリスク低減方法を明らかにする研究は、国内外を通じて行われておらず、このような方法を世界に先駆けて確立することは急務である。

本研究の目的は、ラベリング方法の具体的な方法及びリスクに基づいた工具選択支援システムを提案するために、試験規則から得られた工具メーカーの宣言値に基づいたデータ

ベースを構築し、事業主や作業者が事前に工具のリスク度が把握できるような検索システムを構築するとともに、実現場での工具使用実態を把握することである。

#### B. 研究方法

まず、工具メーカーがある試験規則に準拠した形で宣言値を提出しなければならない根拠となった EU Directive について調査した。その EU Directive に基づいた形で工具メーカーが宣言値として欧州に工具を輸出している場合のデータを提供してもらう為にデータ記入用のデータフォーマット用紙を作成した（資料1）。この記入用紙をわが国の代表的な工具メーカー9社に配布し、おのおのの工具メーカーで行っている試験規則により得られた工具別の振動値などを記入し提出してもらった。そのデータをデータベースデータとして、各種条件で必要なデータを得ることが出来る検索システムを構築するために Excel を用いることにした。

次に、工具メーカーからのデータは、工具の Emission 値であることから、わが国の実現場で使用されている実振動レベルや作業時間の実態、すなわち、Exposure 値については明らかにされていないので、建設現場での実態調査を実施し、工具使用実態についても検討した。実際に工事現場で働いている労働者に録音機を付けて 1 日仕事をしてもらい、録音データを得た。その録音データを分析解析し、工具を使用している音がする部分を抜き出しその日使用した工具の使用時間を調べる。1 日 8 時間労働を基準としているため、録音時間を 8 時間に換算し、同時に工具使用時間もそれに合わせて比率計算により換算する。この方法により 1 日 8 時間労働での実際に使われた 1 日の工具使用時間を求める。

### C. 研究結果

EU Directive の調査の結果、2 つの Directive が EU 加盟国にて採択されていることが明らかになった。

#### **(a) Directive 98/37/EC of the European Parliament and of the council of 22 June 1998 on the approximation of the laws of Member States relating to machinery. (Machinery Safety Directive)(資料 2)**

“Vibration: Machinery must be designed and constructed that risks resulting from vibrations produced by the machinery are reduced to the lowest level, taking account of technical progress and the availability of means of reducing vibration, in particular at source.”

“振動：機械の設計・製作は、特に振動源での振動低減技術の発展とその方法の利用可能性を考慮の上、振動による危険を最低レベルに抑えるようにすること。”

“Apart from the minimum requirements set out in 1.7.4 of this Directive, the instruction handbook must contain the following

information: regarding the vibration emitted by the machinery, either the actual value or a figure calculated from measurements performed on identical machinery: the weighted root mean square acceleration value to which the arms are subjected, if it exceeds  $2.5 \text{ m/s}^2$ , should it not exceed  $2.5 \text{ m/s}^2$ , this must be mentioned. The weighted root mean square acceleration value to which the body (feet or posterior) is subjected, if it exceeds  $0.5 \text{ m/s}^2$ , should not exceed  $0.5 \text{ m/s}^2$ , this must be mentioned.

暴露対策値である  $2.5 \text{ m/s}^2$  を越しているかいないかの表示が義務付けられている。

#### **(b) 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)(資料 3)**

この指令は、評議会指令 89/391/EEC 第 16 条

(1) の目的における個別指令であり、機械的振動曝露から生じる、あるいは生じる可能性のある安全と健康への危険から労働者を保護するための最低必要条件を定めている。

#### **EC 指令 (2002/44/EC)**

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) では、手腕振動について次のように規定している。

1) 加盟国は、2005 年 7 月 6 日までに、この指令に適合するために必要な法律・規則・政令を実施しなければならない。現時点で、EU 加盟国のイギリス(資料 4)が法制化したものを資料として示した。

2) 1 日 8 時間の等価振動加速度として、振動暴露限界値 (exposure limit value) を 5