

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：24701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23590750

研究課題名(和文) 熱帯地域における手腕系振動障害に係る病態機序の解明

研究課題名(英文) Hand-arm vibration syndrome in a tropical environment

研究代表者

宮下 和久 (Miyashita, Kazuhisa)

和歌山県立医科大学・医学部・教授

研究者番号：50124889

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：熱帯地方における振動障害は、その病態は必ずしも明らかではない。そこで、熱帯地域のマレーシアにおいて、熱帯林の伐木、建設業、自動車組み立て工を対象に振動障害の健康調査を行った。その結果、熱帯地方における振動障害は、神経障害が優勢な症状として認められ、手指の知覚神経機能の悪化が先行して起こることが認められた。熱帯地方における振動工具取り扱い者の知覚神経機能障害の程度は、温帯地域における障害と同程度であると考えられた。循環障害は熱帯地方でも当然起こっていると考えられるが、臨床的にははっきりと現れなかった。量・反応関係においても振動ばく露指標と末梢神経障害の症状、所見との間に関連が認められた。

研究成果の概要(英文)： Hand-arm vibration syndrome (HAVS) has not been clearly demonstrated in the tropical environment. In Malaysia, medical examination was practiced for the forestry workers, construction workers and automobile assembly workers exposed to hand arm vibration in a tropical area. Hand-arm vibration syndrome presents with predominantly neurological symptoms in the tropical environment. Deterioration in the sensory function of the hands is likely to precede the symptoms. The severity of sensory function disorders among the vibratory tool workers in the tropical environment is as bad as the temperate environment. Vascular disturbances do occur in the tropical environment but do not present clinically. In dose-response relationship, the severity of neurological symptoms and vibrotactile threshold was directly related to the vibration exposure dose in a tropical environment.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：社会医学・衛生学

キーワード：振動障害 熱帯地域 温帯地域 循環障害 神経障害 量・反応関係

## 研究成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

振動障害は、温帯ではよく知られた職業病の一つで、とくに冬季にレイノー現象を含む末梢循環障害、しびれやだるさなどの症状が現れる末梢神経障害が現れる。しかしながら、熱帯地方におけるその病態は必ずしも明らかではない。熱帯地方における振動障害の文献レビューにおいては、インドネシア、パプアニューギニア、南ベトナム、マレーシアのいずれの熱帯地域からの報告も典型的なレイノー現象は見られなかったと報告している。そして、症状は、末梢神経障害が優勢であったと報告している。

このレビューに用いられた研究の多くは、米NIOSHから発表された結果と比較しているに過ぎず、ばく露情報や結果指標の収集方法については標準的な方法で行われていない。マレーシアにおいては、国の法律が未整備で、振動工具労働者に対する定期的な健康診断は行われておらず、振動障害の実態は不明である。

本研究においては、診断方法が確立され、症状の特徴もよく研究されている温帯地域（日本）の症例と、熱帯地域（マレーシア）における振動障害の特徴を比較することである。熱帯地域と温帯地域における振動障害の医学的特徴の違いを理解することは重要である。そのことは、熱帯地域における医学的な対策ならびに国の振動障害に対する対策立案についても影響を及ぼすと考えられる。

### 2. 研究の目的

この研究は、マレーシア人（熱帯）と日本人（温帯）の振動障害の医学的特徴を比較するために横断的研究を行った。また、振動障害の量・反応関係についても検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1)対象

##### マレーシア人対象者

対象者は172名の男子労働者で、そのうち31名が伐木夫、31名が建設労働者、110名が自動車組み立て工である。建設労働者は、主にコンクリートブレイカー、グラインダー、インパ

クトドリル、動力カッターを毎日使用していた。伐木夫はチェーンソーを、自動車組み立て工は主にインパクトレンチを毎日使用していた。

##### 日本人対象者

日本人対象者は、和歌山医大による振動障害健診を定期的を受診している男子山林労働者385名である。彼らは、主としてチェーンソーや刈り払い機を毎日使用していた。

#### (2)医学的調査方法

マレーシア人の医学的調査方法は、385人の日本人労働者に対する医学的検査法で和歌山医大で行われている手順に準拠した。調査内容は、質問紙法による雇用歴、使用工具の種類、振動ばく露歴（日数、年数、時間）および、振動障害の症状（しびれ、だるさ、白指、手指の冷感、上肢の痛み）についてである。医学的検査（身長、体重、血圧、脈拍、握力、関節可動域）および手指に関しては、手指皮膚温、爪圧迫テスト、指尖振動覚（VPT）、握力、摘み力、それに冷水浸漬テストが行われた。マレーシア人の冷水浸漬テストは5-1分法が用いられた。日本人伐木手で振動障害を有する21人がマレーシア人と比較を容易にするために同様の5-1分法を行った。さらに、マレーシア人および21人の日本人伐木手のばく露振動レベルを測定した。

#### (3)比較検討法

##### マレーシア人と日本人振動工具使用者の比較

日本人と、マレーシア人をマッチングさせるために、工具使用歴 $\pm$ 2.5年の範囲で385名の日本人コホート集団から無作為に抽出した。マレーシア人男子労働者172名（ $30.7 \pm 6.3$ 歳）、日本人労働者172名（ $38.3 \pm 8.6$ 歳）である。2群間で、工具総使用時間、白指、指の冷感、しびれやだるさ、上肢の痛みの有症率、指の皮膚温や振動覚について比較した。

##### マレーシア人労働者の振動障害と日本人伐木手のそれとの比較

振動障害に関連する症状をもつ31人のマレーシア人伐木手と21人の日本人伐木手の振動障害の症状を比較した。基本的な比較のために、同じ森林職場に在籍し、振動工具を用いない15名

のマレーシア人を対照として用いた。工具総使用時間、白指、指の冷感、しびれやだるさ、上肢の痛みの有症率、指の皮膚温や振動覚、さらに冷水負荷試験について両群で比較した。

#### 振動障害の量反応関係

対象者として、マレーシア人振動工具取り扱い者 171 名（自動車工 110 名、建設工 30 名、伐木手 31 名）を用いた。振動ばく露指標として生涯ばく露量（LVD）、総取扱い時間（TOT）、累積ばく露指標（CEI）を用いた。解析にはそれぞれの対数値を用いた。

$$LVD = \left[ \sum_{i=1}^n \sqrt{a_{hvi}^2 t_{hi} \cdot t_{di} \cdot t_{yi}} \right]^2$$

$$TOT = t_{hi} \cdot t_{di} \cdot t_{yi}$$

$$CEI = \sum A(8)_i^2 \cdot t_{di} \cdot t_{yi}$$

$a_{hvi}$ : 工具振動値

$t_{hi}$ : 1 日ばく露時間

$t_{di}$ : 1 年間ばく露日数

$t_{yi}$ : ばく露年数

$A(8)_i$ : 日振動ばく露量

#### (4) 統計学的分析

データ入力、データクリーニング、データ分析は、統計パッケージ（IBM SPSS software ver. 19）を用いて行った。振動障害の症状の出現頻度やその他の尺度データは、カイ 2 乗テスト、量反応関係については、一般線形モデル（STATA Intercooled version 11）を用いて分析した。2 つの量的な関係については、Spearman の相関係数を用いた。

### 4. 研究成果および考察

#### (1) マレーシア人と日本人の振動工具取り扱い者の比較

日本人の取り扱い者のうち 2 名が冬季に白指を発症したのに対し、マレーシア人では発症は見られなかった。指のしびれ、だるさはマレーシア人、日本人それぞれ 25.0%、21.5%に見られたが両群間に有意差はなかった（ $p = 0.444$ ）。指の冷感、上肢の痛みについても両群間で差は認められなかった。マレーシア人は日本人に比

して、指の皮膚温が低値で、振動覚閾値が高値を示していた（図 1）。爪圧迫テスト、握力、摘み力には両群間で差は認められなかった。

#### (2) 日本人伐木手とマレーシア人伐木手の振動障害の比較

日本人伐木手のうち振動障害患者 31 名を対象者として採用したので、振動障害の症状（指のしびれ、だるさ、白指、指の冷感、手指の痛み等）の有症率は最も高率であった。彼らは、高齢集団で、長い工具使用歴を有していた。しかし、マレーシア人に比べ、1 年のばく露日数は少なかった。マレーシア人伐木手（21 名）は、マレーシア人の対照群（15 名）に比して、指のしびれ、だるさ、白指、指の冷感、上肢の痛みの症状は高率であった（表 1）。

マレーシア人の指の皮膚温は日本人に比較して一貫して低値であり、対照群とも比較すると何本かの指で有意に低値であった。マレーシア人、日本人ともに振動感覚閾値は、対照群に比してほとんどの指で有意に高値であった（図 2）。マレーシア人の握力は対照群に比して低値であったが、日本人に比して高値であった。冷水浸漬における皮膚温の動きは、冷水負荷中、回復期を含め 3 群ともほぼ同じ動きを示した（図 3）。マレーシア人、日本人両群とも、対照群に比して、冷水浸漬終了後の振動感覚閾値が有意に上昇していた（図 4）。

#### (3) 振動障害の量・反応関係

生涯ばく露量（ $\ln LVD < 16 \ln m^2 s^{-4}$ ）に対する生涯ばく露量（ $\ln LVD \geq 2 \ln m^2 s^{-4}$ ）の指のしびれ、だるさの調整発症率は 3.34（95%CI = 1.27 to 8.98）であった。累積ばく露指標（ $\ln CEI$ ）に関する量反応関係も同様な結果が得られた。総取扱い時間（ $\ln TOT$ ）に関しては一定の関係は認められなかった。指先の冷感、 $\ln LVD$ 、 $\ln CEI$  との間に有意な関係は認められなかったが、振動感覚閾値の上昇と  $\ln LVD$ 、 $\ln CEI$  との間には中等度の有意な関係が認められた。

#### (4) 考察

本研究において、日本人伐木手とマレーシア人振動工具取り扱い者のマッチングした 2 群を比較すると、後者の群が若干年齢が若かったが振動障害の症状の有症率がほぼ同じ程度であった。マレーシア人労働者では、手指の皮膚温は低値で、振動感覚閾値は高値であった。これは、

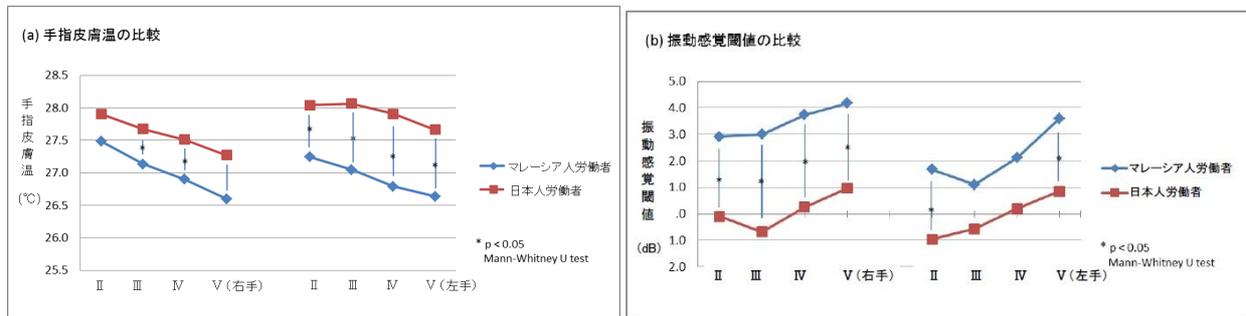


図1. マレーシア人と日本人振動工具取扱い労働者における手指皮膚温と振動感覚閾値の比較

表1. 振動障害における日本人伐木手とマレーシア人伐木手の症状出現頻度の比較

振動障害の症状	マレーシア人伐木手 (n = 31)	日本人伐木手 (n = 21)	P 値 <sup>a</sup>	マレーシア人対照者 (n = 15)	P 値 <sup>b</sup>
しびれ、だるさ			<0.001		0.037
はい	20 (64.5)	3 (14.3)		14 (93.3)	
いいえ	11 (35.5)	18 (85.7)		1 (6.7)	
白指			<0.001		NA
はい	31 (100)	13 (61.9)		15 (100)	
いいえ	0	8 (38.1)		0	
手指の冷感			0.048		0.004*
はい	19 (61.3)	7 (33.3)		0	
いいえ	12 (38.7)	14 (66.7)		15 (100)	
手指の痛み			<0.001		0.482
はい	30 (96.8)	8 (38.1)		15 (100)	
いいえ	1 (3.2)	13 (61.9)		0	
上肢の痛み			0.147		0.013
はい	21 (67.7)	10 (47.6)		15 (100)	
いいえ	10 (32.3)	11 (52.4)		0	
背中への痛み			0.089		0.242
はい	22 (71.0)	10 (47.6)		13 (86.7)	
いいえ	9 (29.0)	11 (52.4)		2 (13.3)	

<sup>a</sup>P-値: 日本人伐木手に対するマレーシア人伐木手の比較(カイ2乗テスト)

<sup>b</sup>P-値: マレーシア人対照者に対するマレーシア人伐木手の比較(カイ2乗テスト、フィッシャー直接確率法による)

注) HAVS: 手腕系振動症候群, NA: 該当なし, ( )内数字は%値

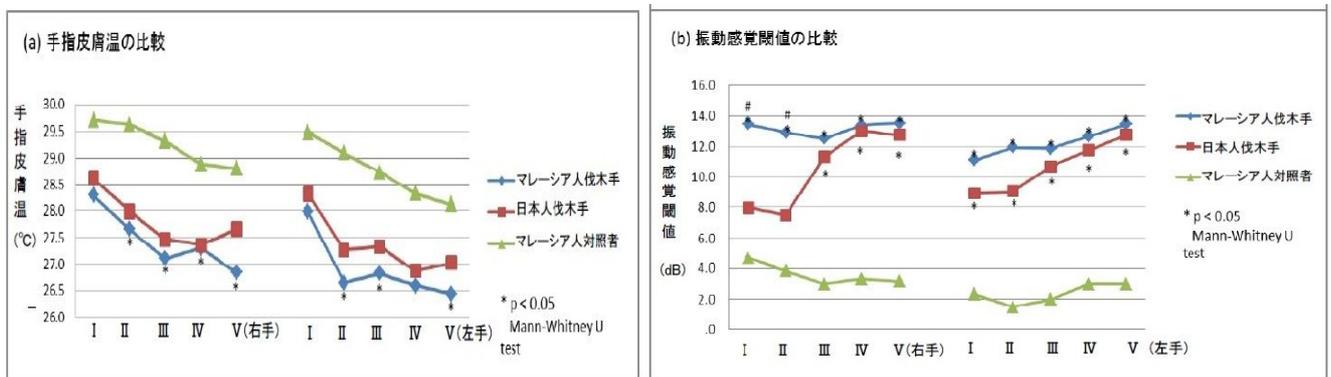


図2. マレーシア人労働者(伐木手と対照者)と日本人伐木手の振動障害に関する手指皮膚温と振動感覚閾値の比較

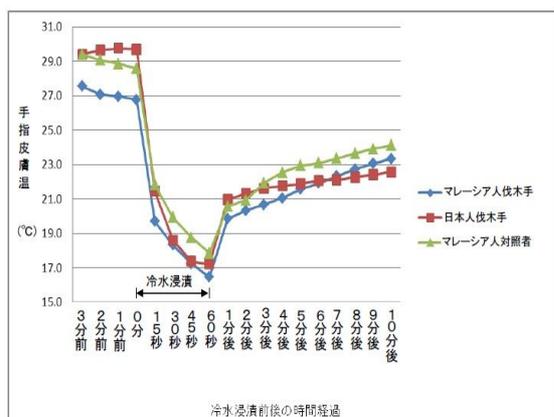


図3．マレーシア人労働者（伐木手と対照者）と日本人伐木手の振動障害に関する冷水浸漬テスト（5 1分法）における中指の手指皮膚温の比較

マレーシア労働者は特に建設作業工は、日本人労働者に比べて、振動値の高い工具を長時間（使用年数、使用日数、1日使用時間）使用していることが原因であろうと思われる。また、皮膚温値が低いのは、マレーシアでの検査会場の室温設定が低いことに起因するかもしれない。一方、対照群におけるすべての指において、伐木手よりも皮膚温が高かった。このことは、伐木手は、対照群よりも低室温に敏感であることを示しているかもしれない。

マレーシア人伐木手と日本人伐木手を比較すると、末梢神経障害に関連する（しびれ、だるさ等）の有症率は、日本人伐木者のおよそ半分であったが、対照群より有意に高率であった。末梢循環障害、末梢神経障害の機能検査としての、手指皮膚温、振動感覚閾値は、日本の伐木手と同程度に障害されていた。しかし、冷水浸漬（5 1分法）の機能検査では、対照群に対しても有意な変化は認められなかった。

また、手指の筋力に関しては、マレーシア人伐木手において、小神経線維の初期の変性に起因する障害が、熱帯地方では比較的短い振動ばく露であっても起こり、日本人のそれと同様な症状が惹起されることを示唆する結果であった。このように、熱帯地方における振動ばく露による病像は、神経障害は明確であったが、循環障害は存在ははっきりしなかった。神経障害は、比較的振動ばく露歴の早い時期に出現し、温帯における伐木手よりも悪化する所見が認め

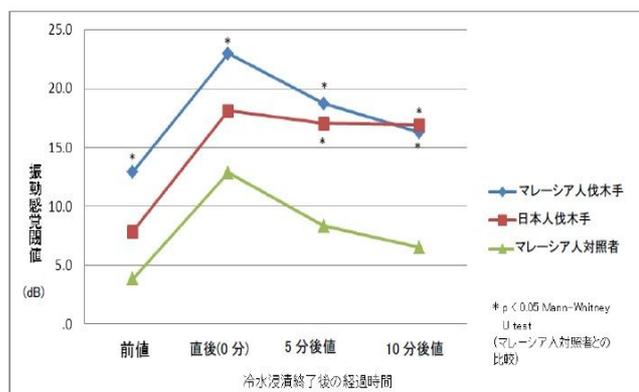


図4．マレーシア人労働者（伐木手と対照者）と日本人伐木手における冷水浸漬後の人差し指の振動感覚閾値の比較．P 値は3組比較における Bonferroni で調整法を適応した。

られた。このことは、作業条件、環境の違い、高い振動ばく露値、頻回の使用頻度、振動ばく露対策の遅れなどの要因に起因するかもしれない。

熱帯地域における振動障害の量・反応関係を検討したところ、手腕系振動ばく露量と熱帯地域における振動障害の症状との関連は、末梢神経症状において見られた。手指のしびれ、だるさの症状の程度、振動感覚閾値は振動ばく露量と関連していた。一方、末梢循環障害の症状、所見とは関連性が認められなかった。ばく露量の評価には、工具の振動値に加え、工具の使用時間の要素が加味されるべきであろう。

#### (5) 結論

熱帯地方における振動障害は、神経障害が優勢な症状として認められた。手指の知覚神経機能の悪化が先行症状としておこることが認められた。熱帯地方における振動工具取り扱い者の知覚神経機能障害の程度は、温帯のそれと同程度であると考えられた。循環障害も熱帯地方でも当然起こっていると考えられるが、臨床的にははっきりと現れない。熱帯地域の手指の冷感、循環障害を表わしているかもしれない。量反応関係は、指のしびれ等、末梢神経障害で証明された。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計2件)

Su T A, Maeda S, Fukamoto J, Darus A, Hoe V CW, Miyai N, Isahak M, Takemura S, Bulgiba A, Yoshimasu K, Miyashita K: Dose-response Relationship between Hand-transmitted Vibration and Hand-arm Vibration Syndrome in a Tropical Environment. *Occup Environ Med*. 査読有, 70; 2013, 498-504

Su T A, Fukamoto J, Darus A, Hoe V CW, Miyai N, Isahak M, Takemura S, Bulgiba A, Yoshimasu K, Maeda S, Miyashita K: A Comparison of Hand-arm Vibration Syndrome between Malaysian and Japanese Workers. *J Occup Health* 査読有, 55; 2013, 468-477

### 〔学会発表〕計4件

Fukamoto J, Maeda S, Su T.A, Nakajima R, Takemura S, Yoshimasu K, Miyashita K: Total Operation Time (TOT) of Vibratory Tools and Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS) in Japanese Wakayama Forestry Workers. The 20th Japan Conference on Human Response to Vibration (JCHRV2012) (第20回日本人体振動学会), 4-6 September, 2012, Kinki University, Osaka, Japan

Fukamoto J, Takemura S, Yoshimasu K, Miyashita K, Maeda S, Su T.A, Nakajima R, Tatenno M, Yoshikawa K, Miyai N, Nasu Y: Comparison of Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS) among Foresters between Tropical and Temperate Climate. Inter-noise 2012 (国際騒音・振動学会 2012), 19-22 August, 2012, New York, USA  
Takemura S, Maeda S, Fukamoto J, Yoshimasu K, Nakajima R, Tatenno M, Yoshikawa K, Miyai N, Nasu Y, Miyashita K: Measuring Conditions of Cold Provocation Tests: A Review of the Literature. The 12th International

Conference on Hand-Arm Vibration, 13-17 June, 2011, THE WESTIN OTTAWA, CANADA  
Anselm T S, Miyashita K, Maeda S: A Systematic Review of Hand-arm Vibration Syndrome in Tropical Countries. Inter-noise 2011 (国際騒音・振動学会 2011), 4-7, September, 2011, Osaka Japan

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宮下 和久 (MIYASHITA Kazuhisa)  
和歌山県立医科大学・医学部・教授  
研究者番号: 5 0 1 2 4 8 8 9

### (2) 研究分担者

吉益 光一 (YOSHIMASU Koichi)  
和歌山県立医科大学・医学部・准教授  
研究者番号: 4 0 3 8 2 3 3 7

福元 仁 (FUKUMOTO Jin)

和歌山県立医科大学・医学部・助教  
研究者番号: 3 0 5 1 1 5 5 5  
(現在、厚生労働省医薬食品局勤務)

竹村 重輝 (TAKEMURA Shigeki)  
和歌山県立医科大学・医学部・助教  
研究者番号: 7 0 5 1 1 5 5 9

森岡 郁晴 (MORIOKA Ikuharu)  
和歌山県立医科大学・医学部・教授  
研究者番号: 5 0 1 2 4 8 8 9

宮井 信行 (MIYAI Nobuyuki)  
和歌山県立医科大学・医学部・教授  
研究者番号: 5 0 1 2 4 8 8 9

### (3) 連携研究者

前田 節雄 (MAEDA Setsuo)  
近畿大学・総合社会学部・教授  
研究者番号: 7 0 1 2 2 1 0 8

坂口 俊二 (SAKAGUCHI Shunji)  
関西医療大学・保健医療学部・准教授  
研究者番号: 4 0 2 4 9 4 6 2