

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：82629

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750016

研究課題名(和文)防護服着用時の動作性を評価できる標準テスト方法の提案

研究課題名(英文) Suggestion of standard evaluation method for wearer mobility with personal protective

研究代表者

Son Suyoung (Son, Suyoung)

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・人間工学研究グループ・任期付研究員

研究者番号：30723902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：最近、災害現場などで防護服着用は不可欠であるが、防護服着用は着用者に動作性の低下をまねくことが知られている。各種防護服の異なるデザインや重量、着用者の運動能力、労働現場の環境温度を考慮する防護服着用時の動作性標準評価テストが必要と考えられ、防護服着用時の動作性を評価できる標準テスト方法の提案を着想することに至った。本研究では、様々な防護服着用による動作性を検討し、防護服着用時の動作性を評価できる基準値を含む標準評価テスト方法を提案することを目的とした。各種防護服着用時の動作性の検討を行うため、個人装備着用時の関節可動域、作業及び運動能力、バランス能力などの測定を行った。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this study was to examine how differences in PPE weight or design affect users' Range of Motion (ROM) and balance abilities, and to establish the test methods of the present study as suitable for testing mobility with PPE. 10 or eight male volunteers participated in two tests; Series 1: mobility test under non PPE and PPE conditions, and Series 2: mobility test under five PPE conditions (CON: 0.5kg of training clothing, ST: 8.7kg of protective clothing, TA: ST with 13.1 kg of standard SCBA, TB: ST with 6.9 kg of standard SCBA, and TC: ST with 6.9 kg of improved SCBA). The results showed that ROM and balance ability declined with increased PPE weight. Wearing a heavy SCBA affected mobility, as indicated by increased sway parameters for maintaining body balance, but differences were not significant.

研究分野：人間工学

キーワード：防護服 動作性 空気呼吸器 関節可動域 標準テスト

1. 研究開始当初の背景

防護服は外部からの有害物質から作業者の安全を確保するため着用され、軍用服、宇宙服、消防用防護服、放射線防護服、化学防護服、防除衣等多岐に渡る。防護服は外部の危険性から人体を守る機能があるので津波や地震等の自然災害と高層ビルの火災、SARSなどの危険なウイルス、原子力発電所等の環境で働く作業者に個人装備品と共に着用され、最近その重要性が高くなって来た。しかし、防護服は衣服圧や密閉性が高い衣服であるので着用者に温熱負荷が増大することが知られている。また、各種防護服と共に個人装備品も装着することによって重くなる衣服重量は着用者に負荷をかけ、作業者の動作性及び作業能の低下等の身体負担をもたらす。

「次世代消防用防護服の開発に関する研究報告書：平成 19 年」によると消防隊員に「防護性・安全性」、「動作のしやすさ」、「着心地の良さ」の3項目について評価してもらった結果、消防隊員にとって消防用防護服に最も期待する性能は、「動作のしやすさ」であり、消防隊員の持つ使命感の強さから消防用防護服着用による不快感の軽減といった観点より、活動のしやすさが第1位となったものと思われる。しかしながら、現在発表されている防護服に関する研究をみると温熱負荷や防護服性能に関する研究及び規格 防護服着用がどの程度作業者の動作性を低下するかについて、具体的に記述している規格の規定と研究は進んでいない。現在は国際的に標準化され使用できる規格がない状態であり、個々の防護服研究グループが異なる防護服や独自のテスト評価法を使用しているため、防護服着用による動作性や相互性能比較は出来ず、再現性試験も不可能である。

2. 研究の目的

防護服に関する規格発表や研究は進んで

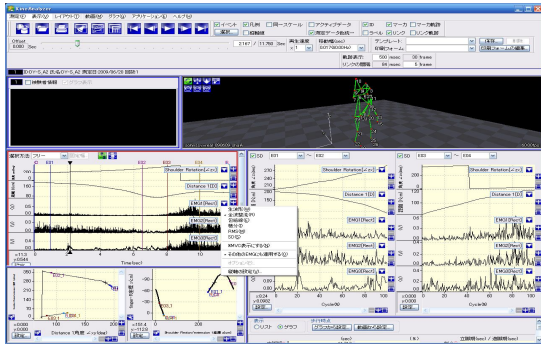
いるが、防護服の物理特性に関する研究に集中している。したがって、各種防護服の異なるデザインや素材や重量、被験者群、環境条件等を考慮する防護服着用時の動作性標準評価テストが必要と考えられ、「防護服着用時の動作性を評価できる標準テスト方法の提案」を着想することに至った。本研究では、様々な防護服着用による動作性を検討し、防護服着用時の動作性を評価できる基準値を含む標準評価テスト方法を提案することを目的とした。

3. 研究の方法

まず、防護服着用によって低下する動作性を測定するため、防護服を着用しない場合と防護服着用する場合の関節可動域と重心動揺を測定した(図1)。



被験者は訓練されていない健康な一般男子大学生 10 名 (Mean \pm SD: Age 25.7 \pm 3.9 yrs, height 170.4 \pm 6.1 cm, Body mass 64.3 \pm 10.1 kg, Body mass index 22.1 \pm 3.0 kg \cdot m⁻²) にした。実験動作は肩の内転・外転、肩の屈曲・伸展、肩の水平屈曲・伸展、体幹屈曲・伸展、体幹側屈とした。関節可動域は三次元動作解析システムを用いて測定した。本システムでは、9 台の赤外線デジタルカメラを用いて人体の動きを表面に貼り付けた光学式マーカーによってリアルタイムで計測できる(図2)。関節可動域測定後、補足データとして床反力系を用いて各着衣条件の重心動揺も計測した。上記の実験を実験1とする。

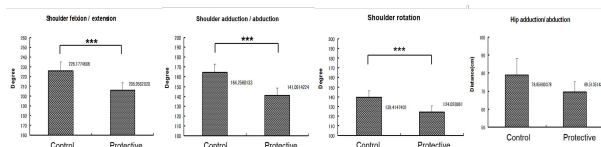


実験 2 では、訓練されていない健康な一般男子大学生 8 名 (Mean ± SD: Age 24.8 ± 3.2 yrs, height 171.1 ± 6.1cm, Body mass 62.4 ± 10.5kg, Body mass index 22.1 ± 0.6 kg·m⁻²) を被験者として測定を行った。着用条件は以下の 4 つの条件であった ; 1) ST-消防用防護服と防火帽と長靴、2) TA-ST+13.1kg のスタンダードストラップの個人呼吸器、3) TB-ST+6.9kg のスタンダードストラップの個人呼吸器、4) TC- ST+6.9kg の改善されたストラップの個人呼吸器 (図 3)。実験動作は肩の内転・外転、肩の屈曲・伸展、肩の水平屈曲・伸展、体幹屈曲・伸展、体幹側屈、胸部の回旋とした。

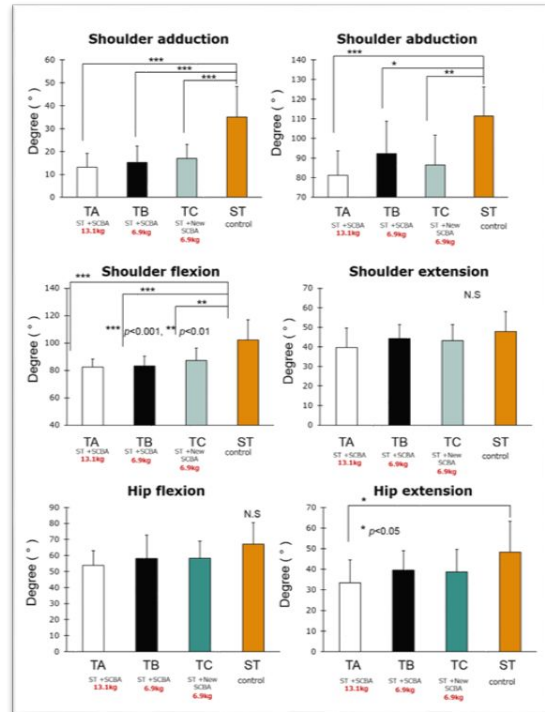
消防服とヘルメットと手袋とブーツ (呼吸器なし) (8.7kg)		ST+	
ST	TA	TB	TC
	スタンダードハーネスの呼吸器 (13.1kg)	スタンダードハーネスの呼吸器 (6.9kg)	改善ハーネスの呼吸器 (6.9kg)

4 . 研究成果

実験 1 では、防護服を着用することによる有意な関節可動域の変化が見られた (図 4)。



関節可動域の結果、コントロールとした ST 条件 (消防用防護服着用) と呼吸器装着条件間に有意差が認められた (図 5)。肩の内転と外転、肩の屈曲、体幹伸展、時に呼吸器の重量による有意な差が見られる。しかし、呼吸器の条件間では有意な差が見られなかった。



重心動揺の結果は表 1 に示している。最も重い重量である TA 条件では他の条件に比べ重心動揺の動きが激しくなることが見られた。重心動揺幅の前後方向では、開眼時の TA 条件は TB 条件より広くなることが明らかになった ($P < 0.05$)。また、本研究結果から見ると重心動揺は全体的に左右方向より前後方向の幅が広がることも明らかになった。重心動揺奇跡長と重心動揺面積も TA 条件で増加する傾向が見られたが、統計的な有意な差は見られなかった。重量が重い個人式呼吸器によって、消防用防護服と個人装着時の動作性が低下することが本研究で明らかになった。消防用防護服と重い自給式呼吸器をフル装着する場合 (TA) に関節可動域とバランス能力の有意な低下が見られた。

		ST	TA	TB	TC
(a)Sway	EC	23.9(9.4)	27.9(9.5)	25.8(7.9)	25.6(9.4)
Length	EO	18.1(5.6)	26.3(9.1)	19.5(8.1)	19.7(7.7)
(b)Sway	EC	2.9(2.8)	4.5(3.7)	3.3(3.5)	3.1(2.5)
area	EO	1.8(1.5)	4.2(3.8)	1.7(1.3)	2.3(2.5)
(c)ML	EC	1.0(0.6)	1.2(0.7)	1.2(0.7)	1.1(0.4)
Excursion	EO	0.9(0.4)	1.3(0.8)	1.0(0.4)	1.1(0.8)
(d)AP	EC	2.3(1.1)	3.0(1.4)	2.4(1.1)*	2.7(0.9)
excursion	EO	1.7(0.8)	2.7(0.7)	1.6(1.2)	1.7(0.8)

動作性は衣服着用より、個人呼吸器等の重い装備の重量によって動作性が低下することか明らかになった。しかし、ハーネスデザインによる統計的有意差(TB と TC)は本研究で認められなかった。このことによって、ハーネスデザイン(スタンダードタイプと改善タイプ)による動作性変化を証明するためには客観的指標のみでは難しいことが示唆される。重心動揺測定でも重量が増える個人呼吸器によってバランス能力が低下する傾向が見られた。本研究では動作性を測定した結果、個人呼吸器の重量差によるバランス能力の変化を測定することが出来た。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

Effects of protective clothing with Self-contained breathing apparatus on wearer's balance ability and joint range of motion, 2014 Asian Protective Clothing Conference.

Occupational safety and health issues in Japan on personal protective equipment, 2015 International Symposium on Fire fighters and Heat strain.

Personal protective equipment and safety, Seminal for trend of protective clothing technology, 2015 Busan International techtextile & material exhibition.

The effect of range of motion from different design and materials of PPE for fire fighters, 2016 Asia protective clothing conference.

Personal protective clothing in Japan, Workshop from The Korean society of clothing and textiles.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

Son Suyoung (Son, Suyoung)
独立行政法人労働者健康安機構
労働安全衛生総合研究所
任期付き研究員
研究者番号: 30723902

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

栃原 裕 (Tochihara, Yutaka)

Joo-Young Lee (Lee, Joo-Young)
Seoul National University

村木里志 (Muraki, Satoshi)
九州大学芸術工学研究院