

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25870289

研究課題名(和文) 運動効果促進ウェアに関する設計指針/評価指針の探索

研究課題名(英文) Investigation of Principles For Engineering or For Assessment on Exercise Effect Induced by Wearing Wears

研究代表者

金井 博幸 (KANAI, Hiroyuki)

信州大学・学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号：60362109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、肥満症の予防・改善に資する効果的なアプローチの一つとして期待される運動効果促進ウェアを対象として、運動効果に対する客観的な評価法の構築、および一層の運動効果向上を目的としたウェアの試作、ならびに検証を実施した。成果として市販の運動効果促進ウェアと比較して運動効果を向上するウェアの試作を実現したが、現時点で、要求運動量と日常の運動量との差を補完できる運動効果促進ウェアの開発には至らなかった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research are not only to suggest the assessment methodology on exercise effect induced by wearing wear, but also to find the principles for engineering the improved exercise effect of wears. The wears inducing exercise effect has been expected to promote our daily activity such as the same effect as increasing steps of walking in a day. And it is also expected to prevent of obesity which is well known to cause serious disease. The main outcome obtained through the investigation of the research is to find the principal to improve the exercise effect of wears (both tops and bottoms) which are produced experimentally. However it has still not satisfied the required level for preventing obesity.

研究分野：感覚計測工学および生体機能量計測学

キーワード：運動効果促進ウェア スポーツアパレル コンプレッションウェア エネルギー代謝量 筋電図 動作解析 衣服変形挙動解析 歩容動作解析

## 1. 研究開始当初の背景

老若男女を問わず、我々人類にとって「健康」は何物にも代え難いものである。「健康増進」の考え方は1946年にWHOが提唱した「健康」の定義を基礎とし、現在では「個人の生活習慣だけでなく、周辺環境の整備を合わせたもの」と定義されている。

我が国でもこの定義に従って「国民健康づくり対策」として第1次(昭和53年～)、第2次(昭和63年～)、第3次(平成12年～)をそれぞれ実施しており、平成25年からは第4次国民健康づくり対策が厚生労働省主導のもと、実施されている。

第3次の主眼は、生活習慣病の予防対策として生活習慣改善に取り組むことで「健康寿命の延伸」と「生活の質の向上」を目指し、9分野80項目の具体的な方針に基づく取り組みがなされてきた。特に先進諸国において死因の上位を占める循環系疾患や糖尿病、高脂血症などの慢性疾患は、肥満症との間に強い関連が指摘されており、代表的な日常生活動作の一つである歩行においては1000歩/日という具体的な目標値を設定することで、肥満症の予防・改善が図られてきた。

第3次に実施された80項目は第4次の方針策定に先立ち達成状況が評価されているが、これによると全80項目のうち59.3%は「目標に達した」または「目標に達していないが改善傾向にある」と評価された。その一方「メタボリックシンドロームの該当者・予備群の減少」を含む23.7%の項目では「変わらない」、「日常生活における歩数の増加」を含む15.3%の項目はむしろ「悪化している」と評価されている。実際、20歳以上の男女において1日の平均歩数は6200～7200歩程度とされ、前期高齢者群に至っては4000歩程度との報告もあることから、目標の1000歩には遠く及ばないのが現状である。

この現状を踏まえて第4次の方針が策定されているが、その一つに「科学技術の進歩を踏まえた効果的なアプローチ」を積極的に活用することが明記されている。

このような背景に基づいて、近年歩行動作中のエネルギー代謝と筋活動水準の増大をもたらすウェアやシューズがスポーツアパレル設計工学分野を中心として研究・開発され、製品として市販されるに至っている。これらの製品は運動不足を感じるが多忙な生活の中で十分な運動時間がとれない消費者層から多大な支持を得ており、第4次国民健康づくり対策にある「科学技術の進歩を踏まえた効果的なアプローチ」の一つとしても期待されている。

我々は、これまでに国内のスポーツ・アパレル/メーカー/企画/デザイン/販売を手掛ける5社においてウェア着用によって得られる運動強度を増大させる効果(以下、「運動効果」という)の設計に関してヒアリング調査を実施した。その中で各社が提案するウェアは、いずれも独自の設計思想や設計技術に基づ

き手段は様々であるが、実現しようとする効果は先行製品の追従である、いわゆるネガティブな製品展開の実態が見出された(例えば「立位姿勢」の改善を訴求する製品が他社から販売された場合、各社はそれに追従して同様の訴求点をもつ製品をラインナップする)。このような背景には近年のアパレル関連産業を取り巻く状況変化(1製品当たりの開発期間の短縮化、開発コスト削減)が少なからず影響しているものと考えられる。すなわち、歩行学や生理学等の異分野における科学的成果の調査不足(運動効果を促進するウェア設計のための基盤的設計指針の欠如)や科学的根拠に基づいた効果検証事例の不足(効果に関する客観的評価の指針欠如)が運動効果を促進させるウェアを広く社会に認知・浸透させるうえで重大な障壁となっていることが示唆された。

## 2. 研究の目的

以上で述べた社会的背景とアパレル産業界の抱える課題を考慮して、本研究では「現在市販されている「運動効果を促進させるウェア」の効果科学的視点から検証し、生活習慣病の元凶となる肥満症の予防・改善に資するための要求レベルに対して現段階のウェア群が有する実効性を明らかにすること、一層の効果向上を実現し得る基盤的な設計指針を見出すこと、肥満症の予防・改善に資する要求レベルを満たすウェアに対しては、仮に「特定保健用衣料」のように認定できる実効的な制度構築を将来の目標に見据え、判定基準を得るための客観的な評価指標の構築における計測・解析学上の課題や要件を見出すこと」の3点について3年間の研究期間内に有用な知見を得ることとする。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究環境の構築期・測定/解析課題の検討期(平成25年度)の実施内容および方法

#### 実験試料の調査・選定・調達

国内外を問わずスポーツアパレルを中心とする既成のアパレル製品の中からコンプレッションウェアに焦点を絞って「運動効果の促進」や「痩身効果」を訴求する上衣/下衣を網羅的に調査し、選定・収集することとした。

#### 新規測定装置の選定・調達と測定環境構築

呼吸代謝測定装置の新規導入を計画し、導入後は既存の筋電図計測装置および動作解析装置との同期環境を構築することとした。

#### 予備実験の実施

調達ウェアを着用し、歩行した時のエネルギー代謝、歩容解析、筋活動水準の各測定を実施することとした。これにより、安静条件、歩行速度、勾配、歩行時間、歩行姿勢に対する注意指示項目、プロトコールについて適切な条件を見出すこととした。

#### 予備的解析の実施

エネルギー代謝の評価指標として最大酸

素摂取量を検証することとした。また、筋電図は単一歩行周期に合わせて分割し、さらに、振動計を用いて歩行周期に含まれる代表的な姿勢を特定することとした。これにより各姿勢における主働筋の筋活動を比較することを可能とする。

## (2) データ集積期・解析実施期(平成 26 年度)の実施内容および方法

平成 25 年度に構築した計測環境において、同じく平成 25 年度に調達したウェアを着用し、歩行した時の(ア)エネルギー代謝、(イ)筋活動水準、(ウ)歩容解析、(エ)筋活動水準の測定を実施することとした。解析では、一層の運動効果向上を実現し得る基盤的な設計指針を見出すべく、以下の2つの観点について考察することとした。すなわち、「エネルギー代謝を高める誘因となるウェア低伸縮部のパターンとそのメカニズムの理解」、「運動効果促進ウェア着用による歩容、筋活動水準、およびエネルギー代謝量への影響」である。

## (3) 試料検証期・総括期(27 年度)の実施内容および方法

### 運動効果促進ウェアの試作

平成 26 年度の測定・解析から、運動効果促進の誘因を考慮、特に低伸縮生地の要件を満たすよう配慮した上衣・下衣ウェアの試作を実施した。

### 運動効果促進ウェアの客観評価法への展開

仮に「特定保健用衣料」のように認定できる実効的な制度構築を将来の目標に見据えた場合、生活習慣病の元凶となる肥満症の予防・改善に資するための要求レベルに対して、市販の運動効果促進ウェアおよび上記で試作したウェアの効果がもつ効果の格付けを想定した客観評価を実施した。

## 4. 研究成果

### (1) 研究環境の構築期・測定/解析課題の検討期(平成 25 年度)の成果

#### 実験試料の調査・選定・調達

国内外を問わず、既存のアパレル製品の中からコンプレッションウェアに焦点を絞って「運動効果の促進」を訴求する上衣9種類(9社)、下衣3種類(3社)を収集できた。

#### 新規測定装置の選定・調達と測定環境構築

運動効果促進の有無を判定するため、(ア)呼吸代謝測定装置(V02000)を新規に導入し、既存の(イ)筋電図計測装置および(ウ)動作解析装置と同期して計測可能な環境を構築できた。但し、以下の(3)の予備実験を実施した結果、(ア)エネルギー代謝の測定で用いるべき実験プロトコルが必ずしも(イ)筋活動水準の測定や(ウ)歩容動作解析の実験プロトコルとして適切とはいえないと判断したことから、今後は(イ)筋電図計測装置と(ウ)動作解析装置の2装置を同期して

計測するよう当初の計画を一部見直した上で計測環境を構築した(図1参照)。

### 予備実験の実施

一部の調達ウェアを着用し、歩行した時のエネルギー代謝、歩容解析、筋活動水準の各測定を実施した。この際、各測定項目に適した歩行条件およびプロトコルを決定できた。

### 予備的解析の実施

エネルギー代謝の指標として酸素摂取量の解析を実施した。また、筋電図は単一歩行周期に含まれる4姿勢((a)踵接地、(b)足底接地、(c)踵離地、(d)足底離地)を振動計の出力波形から正確に同定し、各姿勢で主働筋となる筋肉の活動水準が比較可能であることを確認できた。

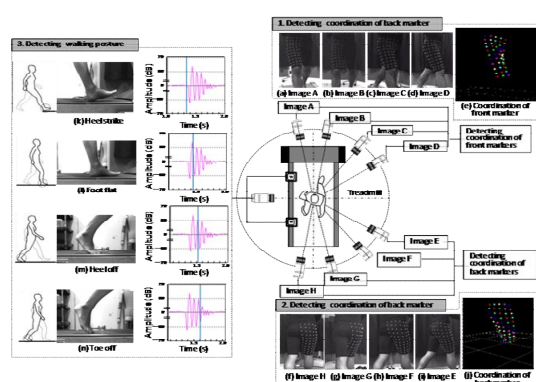


図1 衣服変形および歩容のための動作解析と筋電図測定システム概要

## (2) データ集積期・解析実施期(平成 26 年度)

### (ア) エネルギー代謝、(イ) 筋活動水準、(ウ) 歩容変化の測定の成果

平成 25 年度に選定・調達したウェア上衣を着用してトレッドミル上を歩行した時の(ア)エネルギー代謝、(イ)筋活動水準、(ウ)衣服変形挙動および歩容の動作解析を実施した。被験者は健康な成人男子 10 名とした。

### ウェアの変形挙動解析 酸素摂取量の因果関係解析

運動効果を促進するウェアでは肩甲骨周辺における衣服変形が顕著に抑制されていることが分かった。この範囲の伸長率の平均値と酸素摂取量との間には有意な負の相関がみられた。

### 歩容解析 筋活動水準 エネルギー代謝との因果関係解析

歩行周期の 30-60%( 上肢が前方に振り出された状態)では、肩甲骨周辺の低伸長生地が伸縮することで上肢の降り出しに要する筋活動が促進された。一方、歩行周期の 80-20%( 上肢が後方に振り出された状態)では、肩甲骨周辺の生地が伸縮することによって生じる張力が上肢を後方に振り出す動作に作用して振り出し角度が増大し、筋活動が促進されることが分かった。

これらの結果から、歩行中の運動効果を促進するためのキー動作として、腕振り動作の

促進が重要であり、これに寄与するウェア上衣の特徴として肩甲骨周辺の衣服変形挙動が顕著に抑制されていることがあげられる。また、衣服変形が小さいウェアほど、運動効果が促進される傾向が確認された。

### (3) 試料検証期・総括期(27年度)の成果

#### 運動効果促進ウェアの試作

一層の運動効果を促進し得るウェアの提案を目標として、歩行時に観測される身体動作、すなわち上肢の腕ふり動作、並びに下肢の前後運動・股関節の回旋運動に起因して生じる衣服変形(図2参照)を詳細に解析し、ウェアの変形に対して、動作拘束感を感じない程度の低伸長特性を有する編物を地編物に対して層状に縫製したウェアを試作・提案した。

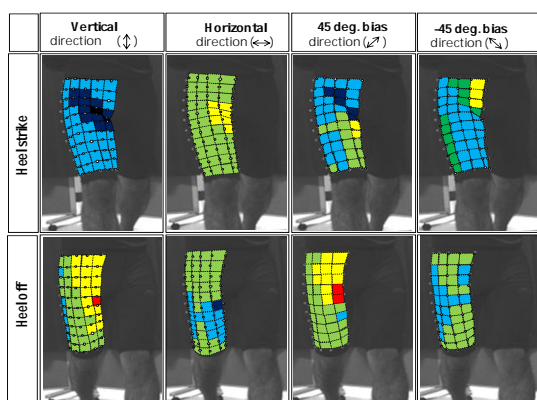


図2 特定の歩行姿勢におけるウェア下衣の衣服変形計測結果

#### 運動効果促進ウェアの客観評価法への展開

運動効果促進を訴求点とする国内外で市販されている上下衣の計11種類のウェアに対して、述べ57人の被験者がウェアを40分間着用し、時速4km/hで12分間歩行した時のE<sub>max</sub>-消費量を測定した(計110トライアル、図3参照)。脂肪蓄積抑制が期待できるエネルギー代謝は、通常のウェアを着用した場合と比較して相対的に22%増加させることだと試算できるので、この値を肥満症改善のための要求レベルとした。これに対し、試験に供した市販ウェア上衣では1.2~5.0%の増加、市販ウェア下衣では0~3.5%の増加となり、いずれもどちらか単一のウェア着用では要求レベルを充足するような効果には至らないことを明らかにした。

一方、試作ウェアについても同様の検証をした結果、縫製した編物の伸長率を低下させるに従って、歩行中のエネルギー代謝が増大し、最大で上衣4.9%、下衣11.3%増加させることを確認した(計101トライアル)。これは、市販の運動効果促進ウェアと比較して、より脂肪蓄積抑制が期待できる結果であることが分かった。しかしながら、いずれの試作ウェアにおいても要求レベルとなる22%の増大は達成されなかった。

本研究は、肥満症の予防・改善に資する効果的なアプローチの一つとして期待される運動効果促進ウェアを対象として、運動効果に対する客観的な評価法の構築、および一層の運動効果向上を目的としたウェアの試作、ならびに検証を実施した。成果として市販の運動効果促進ウェアと比較して運動効果を向上するウェアの試作を実現したが、現時点で、要求運動量と日常の運動量との差を補完できる運動効果促進ウェアの開発には至らなかった。

今後は一層の効果向上技術を検討するとともに、継続的な着用を促すための快適性への配慮、特に歩行時の発汗作用に伴う熱や水分の移動特性と運動効果促進を両立するウェアについての検討が重要となる。

最後に本研究を円滑に推進するために科研費助成事業による支援が非常に有効であった。ここで深謝の意を表します。



図3 エネルギー代謝測定による運動効果促進ウェアの効果検証実験の様子

#### <引用文献>

厚生労働省 健康日本 21 計画策定検討会、21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21)について、2000

Fox M, Physical activity and the prevention of coronary heart disease, Preventive Med., 1, 92-120, 1972

厚生労働省 運動所要量・運動指針の策定検討会、健康づくりのための運動指針2006、2006

厚生労働省 次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会、健康日本21(第2次)の推進に関する参考資料、2012

沢井史穂、他、高齢者の日常活動能力と脚伸展バリエーションの実態調査、日本体力医学学会誌 47(6)、774、1998

富山大学、諸岡晴美、特開 2011-168904、2011-09-01

#### 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1件)

金井博幸、感性計測に基づく繊維製品の付加価値創造、SEN'I GAKKAI SHI、査読有、70巻、8号、2014、253-260、2014

〔学会発表〕(計 11 件)

近藤祐平, 久田涼平, 金井博幸, 西松豊典, トレーニングインナーウェアが歩行中の筋活動及び歩容に及ぼす影響, 2015 年日本繊維消費科学学会年次大会・研究発表要旨, p. 91, 2015 年 6 月 27 日, 国内: 「信州大学(長野県上田市)」

岸本純輝, 西松豊典, 金井博幸, 岩寄徹治, 山田裕之, フィット性肌着の温熱快適性評価について, 日本繊維機械学会 第 68 回年次大会 研究発表論文集, pp. 180-181, 2015 年 6 月 5 日, 国内: 「大阪科学技術センター(大阪府本町)」

金井博幸, 被服構成材料を対象とした視覚的印象の客観評価の試み, 日本家政学会色彩意匠学部会, 2014 年 8 月 21 日, 国内: 「信州大学(長野県上田市)」, 招待講演

Ryouhei Hisada, Kouta Kimura, Hiroyuki Kanai, Toyonori Nishimatsu, Verification of Gait and Exercise Effect on Training Inner Wear, Proceedings of the 7th Textile Bioengineering and Informatics Symposium 2014 年 8 月 7 日, 国際会議: 「Kowloon (Hong Kong)」

岸本純輝, 高橋恭平, 西松豊典, 金井博幸, 岩寄徹治, 山田裕之, フィット性肌着の「べたつき感」と物理特性との関係, 日本繊維機械学会 第 67 回年次大会 研究発表論文集, pp. 130-131, 2014 年 5 月 30 日, 国内: 「大阪科学技術センター(大阪府本町)」

金井博幸, 生理的機能量計測に基づく感性評価・設計の試み, 応用福祉工学研究会 第 3 回感性重視型技術分科会, 2014 年 3 月 14 日, 国内: 「信州大学(長野県上田市)」, 招待講演

久田涼平, 金井博幸, 西松豊典, トレーニングインナーウェアの運動効果に関する筋電図学的検証, 第 15 回日本感性工学会大会 予稿集, A49, 2013 年 9 月 6 日, 国内: 「東京女子大学(東京都杉並区)」

久田涼平, 木村航太, 金井博幸, 西松豊典, トレーニングインナーウェアの運動効果に関する筋電図学的検証, 第 30 回センシングフォーラム論文集, 1A2-1, 2013 年 8 月 29 日, 国内: 「信州大学(長野県上田市)」

Hiroyuki Kanai, Kouta Kimura, Ryouhei Hisada, Toyonori Nishimatsu, Verification on Exercise Effect of Training Inner Wear using Electromyogram, The 42nd Textile Research Symposium, Vol.1, pp.231-233, 2013 年 8 月 28 日, 国際会議: 「Shizuoka (Japan)」

金井博幸, 生理的機能量計測に基づく感性評価・設計の試み, 日本家政学会被服材料部会・被服衛生学部会合同セミナー要旨集, pp.10-13, 招待講演, 2013 年 8 月 24 日, 国内: 「アクトシティ浜松(静岡県浜松市)」

木村航太, 金井博幸, 西松豊典, 生理的機能量計測に基づくトレーニングインナーウェアの運動効果の定量評価, 繊維学会予稿集

2013, Vol.68, No.1, 3G05, 2013 年 6 月 13 日, 国内: 「タワーホール船堀(東京都江戸川区)」

〔図書〕(計 1 件)

西松豊典, 金井博幸, 他, 繊維社, 最新テキスタイル工学, 2014, 全 216 頁 (pp. 87-116)

〔その他〕

ホームページ等

<http://fiber.shinshu-u.ac.jp/kanai/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

金井 博幸(KANAI, Hiroyuki)

信州大学学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号: 60362109

### (2) 研究協力者

木村航太(KIMURA, Kota)

久田涼平(HISADA, Ryohei)

近藤祐平(KONDO, Yuhei)