

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300265

研究課題名(和文) 熱中症予防を目的とした機能的ウェア開発のための生理機能評価

研究課題名(英文) Evaluation of physiological responses during thermal stimuli: For development of advanced wear(s)

研究代表者

芝崎 学 (Shibasaki, Manabu)

奈良女子大学・生活環境科学系・准教授

研究者番号：00314526

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円、(間接経費) 4,050,000円

研究成果の概要(和文)：熱中症対策のための機能的ウェアの提案という視点から研究プロジェクトを企画し、今回は赤外線・紫外線に対する温度感覚と皮膚血流反応および熱失神に關与する血流調節を検討するための4つの研究を計画し、実行した：温度感覚スケールの改良、皮膚温度感覚と皮膚血流変化、紫外線による温度感覚変化、暑熱曝露時の血流分布。の成果をとで検証し、その有用性を確認した。今後の脳機能評価に関する研究アプローチへの応用が期待できる。また、では機能的ウェア開発への生理的アプローチの指針を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：We proposed a research project for development of advanced wear(s) prevented heat-related illness. In this study, we measured thermal sensation and skin blood flow responses to infrared and/or ultraviolet stimuli and regional blood flow responses during heat stress. In the process of this project, we proposed a linear model of thermal scale using visual analogue scale, and tested the validity of the scale during several thermal stimuli.

研究分野：環境生理学

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：熱中症 温熱感覚 皮膚血流反応 脳血流反応 下肢血流反応 赤外線照射 紫外線照射

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化やヒートアイランド現象など、我々の屋外における温度環境は上昇傾向にある。一方で屋内では空調設備が整い、快適な温度環境が提供されている。しかし、人が感じる快適な温度環境は個人差が大きく、一般的に衣服によって個人の温熱的快適性は調節されている。行動性体温調節によって調節された快適な衣服内気候では、自律性体温調節機能は主に皮膚血流量のみを調節する温熱的中立な状態になる。しかし、このような温熱的中立な衣服内環境においても、皮膚の温度受容器からの信号が体温調節中枢に入力され、皮膚交感神経が皮膚血流量を調節している。衣服は異なる温度環境下に、例えば屋内外の移動時に快適性を維持するために重要であるが、特に屋外への移動時には環境温度だけでなく、太陽光から皮膚を防御する役割を有する。我々は、熱中症対策を含めた機能性ウェアの提案という視点から研究プロジェクトを企画する。

これまで、我々のグループを含め、多くの研究グループの結果から、皮膚血流量調節には皮膚交感神経による神経性調節だけでなく、内皮細胞からの血管拡張および収縮物質が関与していることが証明され、さらに感覚神経からの入力も皮膚血流量調節に直接反射的に関与することが示された。本研究プロジェクトでは、皮膚温度受容器と皮膚血流量調節が直接反射性に関与していることに注目した。

環境温度はほぼ一定であるにもかかわらず、太陽光(日光)が身体に照射されると温かく感じる。太陽光線に含まれる赤外線、すなわち熱放射が熱を運ぶことはよく知られており、遠赤外線を利用した暖房機器も多く存在する。熱放射によって皮膚に熱が伝えられ、暖かく感じ、皮膚血管は拡張する。一方、同じく太陽光線に含まれる紫外線は、赤外線のような熱的な作用よりもむしろ化学的な作用を持ち、異なるメカニズムで皮膚血管を拡張させる。

皮膚血管が拡張すると、伝熱量が増加し、血液による対流も増加することによって、熱の体内への移動が促進される。すなわち、衣服内の温度は変化しなくとも、皮膚血管が拡張して衣服内温度が上昇し、皮膚血流量の増加とそれによる衣服内温度の上昇に連動して温熱感覚も変化しうることが考えられる。実際に、温度湿度が一定であっても、太陽光線が照射されることによって皮膚血流量は増大し、照射された部位は温かく感じられる。しかし、太陽光線照射による皮膚血管の拡張と温熱感が単なる赤外線による加温なのか、紫外線による刺激にも影響されているのか、また、影響されるとすればその関与はどの程度であるかは不明である。これら放射線の相互作用は行動性体温調節、すなわち着衣の量と

質の調節にも影響すると考えられる。

基礎実験として、赤外線、紫外線、およびその両方が照射される条件下において、生体がどのように反応し、それが我々の温熱感覚にどのように影響するのか明らかにする必要がある。また、温度受容器の活性調節メカニズムを追求することによって、清涼感や温熱感を調節する機能性ウェアの開発も可能になるかもしれない。

## 2. 研究の目的

本研究では、赤外線および紫外線による皮膚血流量調節と温度受容器の活性化に着目し、生理的反応から衣服内気候の快適性を評価するための指針を提言するとともに、テキスタイルの開発および服飾デザインに貢献しうる非接触型温熱装置を開発し、熱中症対策としての機能性ウェアについて提案することを目的とした。

## 3. 研究の方法

既存のデバイスおよび予算的問題により、非接触型温熱装置ではなく、人工太陽光に数種のフィルタまたは繊維素材を照射部位との間に挿入することによって刺激をコントロールすることを選択した。そのため、熱中症対策としての機能性ウェアを開発に貢献するための生体情報収集を優先し、データ収集を目的として、暑熱曝露時の血流測定を実施した。

### (1) 温度感覚スケールの改良

温度感覚スケールは7段階の温熱スケールを用いることが多いが、本研究では脳機能計測を念頭に、次の2点からも視覚的アナログスケール(Visual Analogue Scale: VAS)を改良して温度感覚を評価することを試みた: 1) 従来の7段階のカテゴリーではそれぞれのカテゴリー間の強度が一定間隔ではないこと、2) ある刺激で最大もしくは最小値を指示したのちに、さらにそれを超えるような温度刺激が与えられた場合に評価が困難になること。

VASは様々な主観的評価の実験に用いられており、複数回刺激を対象とした改良モデルでは最大値を変更することを許可していたため、それを温熱スケールに応用した。温度感覚は「熱い」と「冷たい」の二方向があるため、A4サイズの紙を横長に2分割し、その中央に200mmのスケールを作成し、線の中央を「何も感じない点」とした。また、上限および下限の位置は定めず、直線上および延長線上(申告用紙の複数枚利用を可とした)に自由に温度感覚を書き込めるようにし、「最大に熱いと感じる点(最大温感)」や「最大に冷たいと感じる点(最大冷感)」を、試技中に変更できることとした。この温度感覚の評価スケールを用いて、現在の温度感覚を直線上のど

の位置にあるか申告させた。

#### ( 検証実験 )

健康な若年女性を本実験の対象とした。被験者は実験室に入室後、測定用ベッドに座位になり、一番楽な姿勢になるようにベッドの背の傾きおよび足の高さを調整した。左腕内側部を上面にして机の上に置き、測定プローブが被験者の左腕内側部の中央になるように位置を調整し、サージカルテープで固定した。ここでは前腕内側と外側で検討したが、内側で感覚の変化が顕著であったため、それ以降は内側での測定のみとした。VAS 申告用紙は、ペンと一緒に被験者の右手側に置き、温度負荷中に随時記入させた。

#### 最大温度感覚の変化

33 に設定したプローブを左前腕内側部に置き、被験者に 100mm を最大値として現時点の温度感覚を申告させ、その後プローブ温度を 20 まで冷却した。その際に現時点での最大冷感を申告させた。その後 30 分間、プローブ温度を 20 で維持し、随時温度感覚と最大冷感を申告させた。

#### 加温冷却による温度感覚変化

局所皮膚温度を漸増的および漸減的に変化させた。また、温度の増減は、測定プローブ温度を 33 に設定し、階段状および連続的に変化させた。両試行とも、2 温度が変化するごとに、VAS で温度感覚の申告をさせた。

#### 持続的定温刺激による温度感覚変化

安静時皮膚温度を 33 に設定し、プローブ温度を 2 パターン ( 33 から 40 へ加温, 33 から 19 へ冷却 ) 変化させた。

#### 温度認知に対する安静時皮膚温度の影響

温度感覚刺激計を利用して、冷感覚認知への皮膚温度の影響を検討した ( 熱流速 0 レベル, 安静時皮膚温度を 33, 35 および 37 に設定した後に冷却刺激を与えた ) 。

#### ( 2 ) 皮膚温度感覚と皮膚血流変化

皮膚温度感覚と皮膚血流速度の関係を検討した。皮膚に温度刺激を与えると、直接的および知覚神経から血管作動性物質が放出される。それにより、皮膚血流が変化する。皮膚血流の変化により温度感覚が変化するのかについて検討した。

#### ( 検証実験 )

前出の手順に加え、左腕内側部に設置した測定プローブ中心部に皮膚血流速度測定用プローブ ( シングルファイバー ) を挿入し、皮膚血流速度を連続的に測定した。また、皮膚血流は測定部位の血管網に影響されるため、皮膚血流画像装置を用いて温度刺激部の皮膚血流画像を随時測定した。VAS 申告用紙は、ペンと一緒に被験者の右手側に置き、温度負荷

中に随時記入させた。

前出の実験結果を参考にし、さらに熱いおよび冷たい温度に対する温度感覚の変化を検討するためプローブ温度を、最大皮膚血管拡張を誘発するとされる温度 ( 43 ) および、従来の局所冷却実験よりもさらに低温 ( 最大 5 ) まで変化させて検討した。しかし、対象とする温度変化の幅が大きいため、被験者の皮膚への負担を考慮し、2 段階もしくは 3 段階で温度を変化させた。

#### 加温時の温度感覚と皮膚血流反応

前出の実験結果から、33 からの温度幅は加温側の温度幅の方が冷却側よりも小さいため、加温実験では、皮膚温度を 33 から 40 に加温し一定時間経過した後、43 まで加温して一定時間維持させた。

#### 冷却時の温度感覚と皮膚血流反応

冷却実験では次の 3 種類の負荷を設定した ( 2 段階冷却 : 33 から 19 を経て 10, 33 から 15 を経て 5 ; 3 段階冷却 : 33 から 19 と 10 で定常を経て 5 へ変化 ) 。それぞれ最初に測定プローブ温度を 33 に設定し、5 分間安定させた後、一定速度で温度を変化させ、再度一定温度で安定させた。また全試行で、VAS を用いて感覚の申告をさせた。

#### ( 3 ) 紫外線による温度感覚変化

太陽光線照射による皮膚血管の拡張と温熱感への赤外線および紫外線について検討した。予備実験において、接触性 ( 伝導性 ) 加温と非接触性 ( 赤外線 ) 加温による皮膚血管反応には大きな差は認められなかった。そこで、人工太陽光と接触型温度刺激計を利用することとした。

#### ( 検証実験 )

人工太陽光の特性は提供されたものの、実際にヒトを対象とした実験で刺激レベルを変化させた場合の条件を精査するためには不十分であったため、人工太陽光の特性を再検討した。さらに、紫外線照射による皮内への炎症の影響を検討するために、皮内マイクロダイアリシスを用いて、ヒスタミンの測定を実施した。最後に人工太陽光に偏光レンズを装着し、紫外線の影響を検討した。さらに、紫外線カットウェアの効果も同様に検討した。

#### 人工太陽光の基礎データ

人工太陽光は数社から販売されているが、本研究では安価のセリック社製 SOLAX100 を選択した。本機は小型で照射エリアが小さかったが、照射量を可変的に操作することができなかつたため、照射量は対象部位からの高さにより調節した。放射強度はコニカミノルタ社製のひだまり mini を使用した。同機の受光面は前腕部への照射エリアを考慮して直径 3 cm のものを選択した。受光面からの高さを

変化させた場合の再現性を検討するため、ヒステリシスの影響だけでなく、複数日で複数の験者が実験を繰り返した。照射強度は距離にも依存するため複数点において温度を計測して実測による温度を基準としてヒト実験への基礎データとした。

紫外線照射による皮内のヒスタミン産生

紫外線を照射することによって炎症が起こることが知られている。皮膚への直接加温によって皮膚血流量を増加させる要因としてヒスタミンの関与を指摘されている。そこで、紫外線照射によってヒスタミンがどの程度増加するのかを検討した。

温度感覚への紫外線の影響

紫外線照射による炎症によって痛覚過敏が発症することが報告されている。痛覚と温覚は共有する受容体が存在するため、紫外線照射によって温度感覚も変化する可能性が考えられた。紫外線カットウェアの効果においても共通する課題であるため、人工太陽光を用いて紫外線カットの有無による温度感覚変化を検討した。

#### (4) 暑熱曝露時の血流分布

熱失神は熱中症の1つである。熱失神は体温が上昇することによって熱放散のために多くの血液が皮膚血管へ分配され、中心血流量が低下することによって血圧調節が困難となることに起因している。つまり、高体温時には起立性ストレス時に失神を誘発しやすくなる。起立性失神には脳血流調節が関与していることも指摘されている。本研究では、暑熱負荷時の血液分配を様々な血流測定装置を用いて多角的に評価することを試みた。また、特に起立時の下腿への血液動態を検討することによって起立耐性低下を抑制する方法について検討した。

#### (検証実験)

血流に関する研究では、頭部への血流調節と下肢への血流調節の2つの視点から検討した。血流の評価には皮膚血流だけでなく、さらに深部の血管の血流反応を血管エコー/ドップラーで評価した。

暑熱負荷時の頭部への血流調節

高体温時に中大脳動脈で測定した脳血流は低下することが報告されている。この部位の脳血流の低下が起立耐性の低下と関係している可能性が考えられている。中大脳動脈へは総頸動脈から頸部で分岐した内頸動脈からの血液が多く流入している。本研究では内頸動脈が頸部で外頸動脈分岐している点に注目し、血管エコーを用いて、暑熱負荷時の内頸および外頸動脈の血流および脳へ血液を供給するもう一つの経路である脳底動脈に血液を供給する椎骨動脈の血流量を測定した。

下肢への血液貯留と血流調節

起立時には心臓より下位にある下肢への血液貯留が増大する。下肢への血液貯留が暑熱負荷時に増大するかどうかを検討した。さらに、鼠径部から下大動脈血流を測定し、暑熱負荷時の血流量調節を検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 温度感覚スケールの改良

本研究では、被験者が実験開始時に予測した最大温感または冷感を刺激途中で異なると感じた場合に修正することができるようにしたことが特徴である。そのため、再現性や繰返しによる影響などを検討した。予備実験において、被験者の指示方法を十分に検討した。さらに、予備実験では温度負荷開始前の温度(33)の維持時間を検討し、約5分で温熱感覚が安定することを確認した。

最大温度感覚の変化

皮膚温を20まで冷却することによって最大冷感値が増大する被験者もいれば、その逆もみられた。平均では予測最大冷感値は延伸したが、一度修正された後は刺激温度が一定である場合、最大値に変更はみられなかった。また、温度を一定に保っている間、冷たいと感じるレベルは減弱することが確認された。

加温冷却による温度感覚変化

被験者は最初に示した最大値を基に現時点の温度感覚を相対的に評価しているため、最大値を変化させる場合には現時点の温度感覚に対しての最大値を評価させた。そのため、それまでに示した温度感覚の相対的な変化は大きく変化しなかった。これは、前腕内側および外側を少なくとも2回繰り返したの実験で1回目と2回目以降の温熱感の幅がほとんど変化しなかったことから確認した。また、冷覚においてはほぼ直線的に温度感覚が示されたが、温覚側では40あたりから指数関数的に増加した。また、最大値が変化するのは温覚よりも冷覚の多いことを確認した。

持続的定温刺激による温度感覚変化

の実験で、繰返しによって最大値の変更する程度が小さくなることも確認できたので、事前に温度刺激を近くしたグループとそうでないグループとを比較した。事前に負荷方法と刺激部位が異なっていたとしても、事前負荷によって最大値の修正が小さくなることが確認された。しかし、約2割の被験者では、試技のたびに最大値の修正が一定しないことも確認できた。

温度認知と温度感覚に対する安静時皮膚温の影響

安静時の皮膚温を33, 35, 37, 熱流速0レベルに安定してから急速冷却時の冷覚認知を検討した結果、安静時皮膚温が高いほど自覚時間は遅延した。プローブ設置直後に

はVASに統計的には差があるものの、刺激開始前5分間でVASは低下して安定するため、ほとんど差はみられなかった。また、35 および 37 では冷却速度を毎秒 0.1 , 0.3 , 0.5 と換えても冷感覚認知時の皮膚温は約 34.2 でほとんど変わらなかった。しかし、33 では冷却速度が遅いほど、冷感覚認知時の皮膚温は低くなった。その後の追試で、33 では環境温度によってやや冷たく感じることもあり、冷却負荷開始前から認知ボタンを押してしまう被験者もいた。

## (2) 皮膚温度感覚と皮膚血流変化

### 加温時の温度感覚と皮膚血流反応

40 に到達した直後にVASは最大値を示すが、その後低下した。しかし、皮膚血流の増加はその反応に遅れて増加し続けた。さらに、2段階で皮膚温を 43 まで上昇させた場合、40 では温感覚は減弱したが、43 へ上昇させると、VASも増加した。しかし、その後、VASの減弱は認められなかった。皮膚血流は皮膚温 43 でほぼ最大血管拡張に到達するため、VASの減弱が認められなかったのかもしれない。

### 冷却時の温度感覚と皮膚血流反応

前出の実験より、冷感覚は温感覚よりも温度幅が大きいので、3種類の負荷で比較検討した。前出の実験より皮膚温が 5 近くで冷刺激に耐えることが難しい被験者もいたことから最大冷却は 5 までとした。いずれの負荷においても、冷却直後のVASがそれぞれの温度において最も低くなり、その後VASの減弱が認められた。指先の寒冷刺激では寒冷刺激誘発血管拡張が知られているが、本研究では前腕内側部においても皮膚温が 10 以下に設定した実験において皮膚血管拡張反応が認められた。15 では被験者によっては皮膚血管拡張反応を示した。有毛部における寒冷刺激誘発性皮膚血管拡張反応は 15 近くで発現することが示唆された。また、この反応は皮膚血流画像装置によって確認された。皮膚血管拡張の有無にかかわらず冷感覚は定常状態で減弱した。しかし、続くさらなる低温刺激でVASはより低い値を示し、そしていずれの温度においても減弱した。非常に興味深い現象で今度さらなる検討の必要性を感じた。

## (3) 紫外線による温度感覚変化

### 人工太陽光の基礎データ

#### 特性データのため紙面の都合上割愛

#### 紫外線照射による皮内のヒスタミン産生

皮内マイクロダイアリシスを用いて紫外線照射による皮内におけるヒスタミン産生量を検討した。マイクロダイアリシス留置によってヒスタミン産生量は増加するため、留置2時間後から刺激前、人工太陽光照射(紫外線

カット有・無)で測定し、変化度から比較した。ヒスタミン含有量は人工太陽光照射後に増加し、その増加度は紫外線が含まれる方がより大きい値を示した。

### 温度感覚への紫外線の影響

人工太陽光照射直後には温度感覚は紫外線による影響は認められなかったが、翌日に温度上昇に対する反応性が高くなることが認められた。しかし、皮膚温を 33 および 37 で定常にした場合、紫外線による影響はなかった。温度上昇時も 39 あたりから紫外線カット時よりもVASの値は高くなった。さらに、冷刺激に対しては感受性の変化は認められなかったことから、紫外線による炎症は高温に対する温度受容器の感受性を変化させるもとと示唆された。紫外線をカットする機能性ウェアによる効果は非常に高いことが示された。人工太陽光による照射による温度感覚にも影響することはなかった。

## (4) 暑熱曝露時の血流分布

### 暑熱負荷時の頭部への血流調節

暑熱負荷による体温上昇で、脳への血流配分が変化することが示された。心拍出量が増加しているにも関わらず脳血流が低下することは示されてきたが、本研究によって頸部で外頸動脈側へ多くの血流が分配されることによって脳への血流供給が低下することが示された。このことから頭蓋骨の外側へ送られる血液をいかに内側へ移動させるかが起立耐性維持に貢献できるものと思われる。

### 下肢への血液貯留と血流調節

高体温時の起立耐性低下には、下肢への血液貯留が影響していると考えられている。従来、体温上昇によって下腿の血管のコンプライアンスが増加するためと予測されていたが、本研究によって下腿の血管コンプライアンスはむしろ低下することが示された。高体温時には皮膚血管拡張によって下腿血流量が増加するため、むしろコンプライアンスが低下したと示唆された。下肢陰圧負荷も実施したところ、下腿容積の増加割合は高体温時の方が低下していた。一方で、多段階の加圧で皮膚血流が減少することも確認できたことからコンプレッションウェアの有効性が示唆されたが、いつどの程度の圧を与えるのかは今後の検討が必要である。むしろ、一過性の血圧低下抑制を目的とした予防方法を検討する方が有効的なのかもしれない。今後更なる研究の必要性が感じられた。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 8 件)

1. 芝崎学. 体温調節に関する研究の動向—子どもと高齢者—. 月刊せんい (査読無) 印刷中, 2014.
2. 芝崎学. 暑熱環境下における体温調節. 体育の科学 7月号 (査読無)印刷中, 2014.
3. Ogoh S, Sato K, Okazaki K, Miyamoto T, Hirasawa A, Shibasaki M. Hyperthermia modulates regional differences in cerebral blood flow to changes in CO<sub>2</sub>. J Appl Physiol. (査読有) In print, 2014. DOI: 10.1152/jappphysiol.01078.2013
4. Ogoh S, Sato K, Okazaki K, Miyamoto T, Hirasawa A, Morimoto K, Shibasaki M. Blood flow distribution during heat stress: cerebral and systemic blood flow. J Cereb Blood Flow Metab. (査読有) 33 1915-1920, 2013 doi:10.1038/jcbfm.2013.149. Epub 2013 Aug 14
5. 芝崎学. 発汗研究の新たなツール. 発汗学. (査読無) 20(1): 21-24, 2013
6. Shibasaki M, Okazaki K, and Inoue Y. Aging and thermoregulation. JPFMS. (査読無) 2(1): 37-48, 2013
7. 芝崎学. 高齢者の発汗反応. 発汗学. (査読無) 19(2): 52-55, 2012
8. 芝崎学. 若手から見た生気象学 - 生理学分野から -. 日本生気象学会雑誌 (査読無)日本生気象学会 50 周年記念誌 .59-61, 2012

[学会発表](計 18 件)

1. 芝崎学. 高齢者・子どもの体温調節. 日本繊維機学会学会講演会. 大阪, 2013.12.3
2. 芝崎学. 環境温度と生体機能調節—温度感覚と生体反応—. 第 4 回健康運動科学懇話会. 奈良, 2013.11.23
3. 吉澤秋奈, 森本恵奈, 芝崎学. 視覚的評価スケール(VAS)を用いた局所温度感覚評価. 第 52 回日本生気象学会. 米子, 2013.11.1
4. 森本恵奈, 吉澤秋奈, 芝崎学. 暑熱負荷時の下腿血管評価. 第 52 回日本生気象学会. 米子, 2013.11.1
5. Shibasaki M (他 7 名) Cardiac systolic and diastolic functions in spinal cord injured patients during lower body heating. IUPS2014, Birmingham, 2013.7.25
6. 芝崎学. 局所温冷感覚に影響する刺激前コンディション. 日本繊維製品消費科学会 2013 年次大会. 名古屋, 2013.6.23
7. Shibasaki M(他 5 名)Distribution of internal and external cranial blood flows during whole body heating. Experimental Biology 2013, Boston, 2013.4.22
8. Hirasawa A, Shibasaki M (他 5 名) Blood flow response to carbon dioxide in human

internal and external carotid arteries during hyperthermic condition. 日本生理学会. 東京, 2013.3.28

9. Sakamoto R, Shibasaki M (他 5 名) Cutaneous vascular responsiveness to carbon dioxide in hyperthermic humans. 日本生理学会. 東京, 2013.3.27
10. 平澤愛 (他 5 名, 6 番目) 暑熱負荷時における二酸化炭素分圧 (PCO<sub>2</sub>) 変化に対する外・内頸動脈血流反応. 第 51 回日本生気象学会. 松本, 2012.11.9
11. 佐藤耕平 (他 5 名, 6 番目) 暑熱負荷における脳血流量低下に対する外頸動脈血流量の関係性. 第 51 回日本生気象学会. 松本, 2012.11.10
12. 芝崎学. 高齢者の発汗反応. 第 20 回日本発汗学会総会. 奈良, 2012.8.25
13. 芝崎学. 発汗研究の新たなツール. 第 20 回日本発汗学会総会・第 21 回睡眠環境学会合同シンポジウム. 奈良, 2012.8.24
14. Shibasaki M (他 4 名) Release of acetylcholine during whole-body heating in aged skin. Experimental Biology 2012, San Diego, 2012.4.
15. Shibasaki M (他 6 名). Release of acetylcholine during whole body heating. 日本生理学会. 松本, 2012.3.
16. 芝崎学. 運動時の末梢循環調節 - 特に皮膚循環に注目して -. 日本体力医学会第 26 回近畿地方会. 奈良, 2012.1.28
17. 芝崎学. 若手から見た生気象学 - 生理学分野から -. 第 50 回日本生気象学会. 京都, 2011.11.5
18. 青田江未, 芝崎学. 暑熱負荷時の皮内アセチルコリン放出量の加齢差. 第 50 回日本生気象学会. 京都, 2011.11.4

[図書](計 3 件)

1. 芝崎学. 朝倉書店, 被服学事典 担当: 体温調節機構, 重力(姿勢変化)と体温調節反応, 運動と体温調節反応. 印刷中, 2014.
2. 芝崎学. 真興交易(株)医書出版部, ニュー運動生理学 担当: 第 12 章 3.皮膚における体温調節. 印刷中, 2014.
3. 朝山正己(他 10 名, 7 番目)東京教学社, イラスト社会・環境と健康 2011, 495 頁

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

芝崎 学 (SHIBASAKI, Manabu)  
奈良女子大学・生活環境科学系・准教授  
研究者番号: 00314526

### (2)研究分担者

森本 恵子 (MORIMOTO, Keiko)  
奈良女子大学・生活環境科学系・教授  
研究者番号: 30220081