

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：14302

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02889

研究課題名(和文) 乳児型発汗サーマルマネキンの開発へ向けて 不感蒸散および発汗の同時再現装置の構築

研究課題名(英文) Development of the device which simulates infant's perspiration and sweating  
-For constructing baby sweating thermal manikin in the future-

研究代表者

深沢 太香子 (Takako, Fukazawa)

京都教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：90423574

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：乳児の形態および熱産生・熱放散を模擬した発汗サーマルマネキンの開発を将来的目標とし、本研究では、乳児人体からの不感蒸散と温熱性発汗を模擬する、不感蒸散再現装置と温熱性発汗再現装置を構築した。調査より、乳児人体からの不感蒸散量は約8 g/m<sup>2</sup>hで、温熱性発汗量は最大でも約25 g/m<sup>2</sup>hと少量であることがわかった。性能評価実験より、不感蒸散再現装置は、乳児体表からの不感蒸散をよく再現することが確認された。また、温熱性発汗再現装置も、拍出された汗が体表ですぐに蒸発する現象をよく再現することが確認された。これらより、本研究で開発した系は、発汗サーマルマネキン構築に応用可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)：Two devices have been developed to simulate perspiration and sweating from infant's body surface in terms of constructing in the future baby sweating thermal manikin, which simulates not only baby's body shape but also heat production and release. Both the devices consisted of mainly two parts, which of the one was a simulating skin and the other was a water supplier. The evaporated water vapour from the device of simulating perspiration was resulted in the rate of approximately 8 g/m<sup>2</sup>h, whose rate was in good agreement with infant's perspiration from the body. In baby, sweat evaporates entirely and quickly because of a smaller amount of sweat rate, e.g. 25 g/m<sup>2</sup>h, even if he/she is exposed to a hot environment. Its phenomenon was also seen in the developed device of simulating infant's sweating with several sweat rate conditions. Therefore, these results indicate that techniques of simulating perspiration and sweating can be able to apply into constructing a baby thermal manikin.

研究分野：被服環境学, 環境人間工学

キーワード：乳児 乳児の安全性 発汗 不感蒸散 体温調節 温熱環境 発汗サーマルマネキン

### 1. 研究開始当初の背景

乳児が熱中症・低体温症や乳幼児突然死症候群に陥る一原因は、乳児の温熱環境が、大人の温度感覚に基づいて設定されることにある [たとえば, 1]。そこで、乳児にとって安全で快適な行動性体温調節、すなわち、良好な温熱環境を維持するためには、暑熱から寒冷環境下での乳児の生理反応や人体表面からの放熱現象について把握しなければならない。しかしながら、乳児を被験者とする実験は、倫理上、技術的にも極めて難しい。

### 2. 研究の目的

よって、乳児の形態および熱産生・熱放散を模擬する乳児型発汗サーマルマネキンが開発されれば、乳児被験者の代替として、乳児における温熱環境評価が可能となるとともに、乳児のための温熱環境評価規準の整備に貢献することができるであろう。そこで、本研究では、乳児型発汗サーマルマネキンを作製する際の構造基盤となる、乳児人体表面からの不感蒸散と温熱性発汗を再現する装置を構築する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 模擬皮膚用特殊金属板の作製

金属は一般に疎水性を示すが、微細構造による高い吸水性能と保水性能を有する金属加工技術が開発された。本研究では、この特殊金属板加工技術を利用して、角質層とほぼ同じ保水性能 [2] と皮膚表面での汗の濡れ広がり再現する金属板4種を作製することとした。

#### (2) 乳児体表からの水分放散 (不感蒸散と温熱性発汗)

乳児を被験者とした体温調節反応に関する研究報告は、極めて少ない。しかしながら、体表からの不感蒸散量をはじめ、暑熱環境暴露による温熱性発汗に関する文献的調査を実施して、データを集積することとした。

#### (3) 温熱性発汗再現装置の作製

ヒトは体温が上昇すると、汗の蒸発による冷却効果を得るために、温熱性の発汗が生じ

る。この汗は、皮膚内のエクリン腺から体表の汗孔より拍出され、皮溝に素早く濡れ広がり蒸発する。また、蒸発せずに、皮膚上に残留する場合もある。これを再現する装置を作製することとした。

温熱性発汗再現装置は、図1に示すように、模擬皮膚部と水供給部の、2 主要部より構成された。模擬皮膚部は、一定間隔で孔 (1 孔/cm<sup>2</sup>) を持つ特殊金属板とシートヒータからなる。シートヒータは、特殊金属板の下に密着しており、その表面温が乳児体表と同温の約 33 °C を示すように制御された。水供給部からは、33 °C の水が特殊金属板の孔より表面へ供給された。水供給部から模擬皮膚部へ供給する水量は、精密ポンプを用いて、任意で設定・調節できるようにした。

温熱性発汗再現装置による発汗の再現性は、装置の重量変化と、(強制対流によって水分を蒸発させる) 発汗計を使用して、模擬皮膚からの発汗量を測定し、評価することとした。発汗量測定では、9 箇所を対象箇所とした。

#### (4) 不感蒸散再現装置の作製

ヒトは体表から絶えず水分の蒸発である不感蒸散が生じている。これは、皮膚の表皮内角質層の下にある間質液の蒸発であり、温熱性発汗とは異なる。この皮膚内部からの水分蒸発を再現する装置を作成することとした。

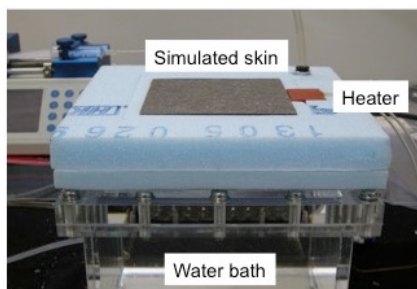
不感蒸散再現装置は、先の温熱性発汗再現装置と基本的に同じ構造で (図1)、2つの主要部、模擬皮膚部と水供給部より構成された。模擬皮膚部は、特殊金属板とその下に密着するシートヒータからなり、このヒータによって、模擬皮膚である特殊金属板の表面温度は、約 33 °C に維持された。水供給部からは、模擬皮膚温と同温の水が特殊金属板下部表面に供給された。その水は、特殊金属板内を素早く拡散して、その内部にて蒸発される構造とした。なお、水供給部から特殊金属板へ供給する水量は、乳児における全身の不感蒸散量と同量とし、精密ポンプによって制御することとした。

模擬皮膚である特殊金属板表面9箇所からの蒸発量を水分蒸散計にて測定するとともに、装置の重量測定より、不感蒸散再現装置による再現性を検証することとした。

### 4. 研究成果

#### (1) 乳児体表からの水分蒸散

乳児の体表からの水分蒸散に関する文献および体温調節に関して文献的調査を行った [たとえば, 3]。温熱的中性域における乳児体表からの不感蒸散量を図2に示す。乳児の体表からの不感蒸散量には、身体部位差が認められた。全身における不感蒸散量は、8 g/m<sup>2</sup>h 程度であった。この量は、成人の全身における不感蒸散量の30%程度の少量であった。



Picture of the device without shell of the thicker thermal insulator

図1 温熱性発汗再現装置の写真。(周囲の断熱材を取り除いた状態)

表 1 特殊金属板の諸物性

Microporous metal plate	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Weight in dry condition (kg/m <sup>3</sup> )	0.78	1.57	2.23	4.05
Apparent volume (g/cm <sup>3</sup> )	1.56	1.57	2.15	1.84
Porosity (%)	80.5	80.3	70	76.9
Water vapour permeability resistance (s/m)	39	79	150	189
Water absorability (%)	47.7	46.2	46.2	35.4
Evaporated water vapour (g/m <sup>2</sup> h)	4.8 ± 4.9	6.6 ± 3.7	7.4 ± 12.7	18.5 ± 18.0

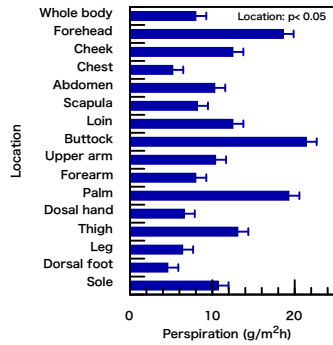


図 2 乳児体表からの全身と身体各部位からの不感蒸散量

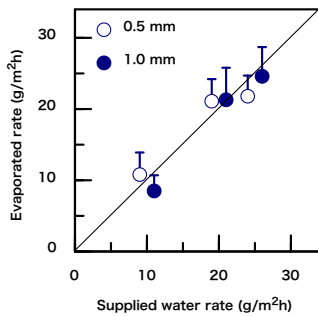


図 3 温熱性発汗再現装置への供給水量に対して発汗計によって測定された模擬皮膚からの発汗量

温熱的中性域下で安静状態にある成人の場合、熱産生量は約 46 W/m<sup>2</sup> で、体表からの放熱に対する不感蒸散の寄与は、約 30 % となる。これに対して、乳児の場合、熱産生量は約 70 W/m<sup>2</sup> と高く、体表からの放熱に対する不感蒸散の寄与は、8 % 程度にとどまるのみであった。

成人が暑熱環境下にある場合、気温の上昇に伴い、不感蒸散量は徐々に増加して、体温上昇を抑制するために、温熱性発汗を生じる。したがって、発汗時における体表からの放熱は、汗の蒸発による潜熱移動に依存することとなる。ところが、乳児の不感蒸散量は、気温が約 36 °C に到達するまで増加することがなく、ほぼ一定値を示す [4]。そして、乳児の汗腺は未発達であるため、体温が 37.2 °C に達すると発汗を生じる [4]。その発汗量は、最大で熱産生量の 25 % 程度となることから [3]、発汗量としては、約 25 g/m<sup>2</sup>h に相当

することがわかった。

これらより、不感蒸散再現装置および温熱性発汗再現装置において、模擬皮膚である特殊金属板への水供給量の設定値は、それぞれ、8 g/m<sup>2</sup>h と 25 g/m<sup>2</sup>h とすることとした。

## (2) 特殊金属板の性能評価

模擬皮膚として使用する特殊金属板の適性について検討するために、諸物性を測定した。その結果を、表 1 に示す。装置作成において重要となる 4 種類の特殊金属板の吸水率は、35-48 % の範囲であった。ヒト (成人) の皮膚角質層中の水分率は、30-45 % であるが [たとえば, 2]、これら特殊金属板の吸水率は、角質層中水分率と近似した値であることが確認された。

表 1 には、水の濡れ広がりについて、特殊金属板 9 箇所からの蒸発量で評価した結果も記した。特殊金属板の厚さ 1.0 mm の場合、各部位からの蒸発量は互いに近い値を示し、厚さ 0.5 mm の場合には、各部位からの蒸発量はややばらつきがみられた。厚さが 1.5 mm と 2.0 mm の場合には、各部位からの蒸発量のばらつきが大きくなった。これらの結果より、濡れ広がり良好な特殊金属板は、0.5 mm と 1.0 mm の板であると判断された。そこで、温熱性発汗の再現装置には、これら 2 種の特殊金属板を用いることとした。

## (3) 温熱性発汗再現装置の性能評価

温熱性発汗再現装置中の模擬皮膚への供給水量は、乳児の温熱性発汗量に関する文献調査の結果に基づき、25 g/m<sup>2</sup>h とした。さらに、発汗量 20 g/m<sup>2</sup>h と 15 g/m<sup>2</sup>h における発汗の再現性についても評価した。発汗計にて測定された模擬皮膚 9 箇所からの蒸発量を発汗量とし、その平均値を図 3 に示す。特殊金属板 2 種 (厚さ: 0.5 mm と 1.0 mm) による模擬皮膚からの平均発汗量は、供給した水量とほぼよく一致した。

前述のとおり、乳児は汗腺が未発達であるため、暑熱環境に暴露されて、温熱性発汗を生じたとしても、発汗量が少ないため、拍出された汗は体表でほぼ全て蒸発する。本装置では、模擬皮膚には 2 種類の特殊金属板を採用したが、図 3 にみられるように、発汗量の測定結果がこれら特殊金属板へ供給した水とほぼ同量であったことは、供給した水が蒸発したことを示唆する。このことから、本研究で作製した温熱性発汗再現装置は、乳児の発汗状態を再現していることが確認された。

## (4) 不感蒸散再現装置の性能評価

不感蒸散再現装置中の模擬皮膚には、4 種類の特殊金属板を採用して、不感蒸散の再現性について検証した。模擬皮膚、すなわち、特殊金属板下面への供給する水量には、乳児体表からの不感蒸散量 8 g/m<sup>2</sup>h を設定した。特殊金属板 4 種を模擬皮膚とした際の、特殊金属板表面 9 箇所からの蒸発量を図 4 に示す。

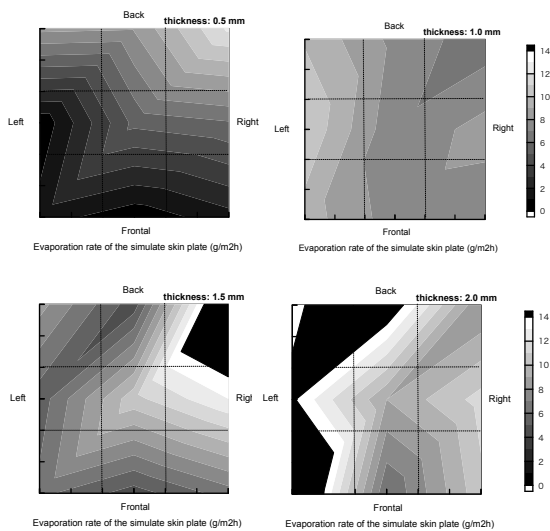


図4 不感蒸散量  $8 \text{ g/m}^2\text{h}$  条件時における模擬皮膚からの蒸発量

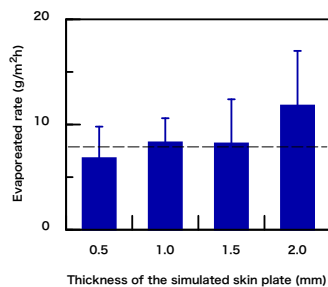


図5 不感蒸散量  $8 \text{ g/m}^2\text{h}$  条件時における模擬皮膚4種類からの平均蒸発量

特殊金属板への水供給量は、同一であったにもかかわらず、蒸発量は金属板の厚さによってやや異なった。

各特殊金属板における平均蒸発量を図5に示す。模擬皮膚からの平均蒸発量は、金属板の厚さが  $0.5 \text{ mm}$  の場合、約  $7 \text{ g/m}^2\text{h}$  であった。金属板の厚さが  $1.0 \text{ mm}$  と  $1.5 \text{ mm}$  の場合には、約  $8 \text{ g/m}^2\text{h}$  の平均蒸発量を示した。しかしながら、金属板の厚さが  $2.0 \text{ mm}$  になると、平均蒸発量は約  $12 \text{ g/m}^2\text{h}$  にまで増加するとともに、不均一な蒸発量となる傾向であった。

これらの結果より、乳児の不感蒸散を再現するには、厚さ  $0.5 \text{ mm}$ ,  $1.0 \text{ mm}$ ,  $1.5 \text{ mm}$  の特殊金属板が、不感蒸散再現装置中に用いる模擬皮膚として適切であると考えられた。

本研究で作製した不感蒸散再現装置と温熱性発汗再現装置は、乳児の不感蒸散と発汗を再現することが確認された。そこで、今後の課題として、模擬皮膚への温度制御性能を向上する改善・改良を行った上で、乳児型発汗サーマルマネキンの構築に応用する。

#### <引用文献>

1. 藤田 利治:わが国における乳児の乳幼児突然死症候群 (SIDS) および窒息死の概

況, 母子保健情報, 53, 2006, 25-29

2. 李 吉英, 島上 和則: 20代・日韓女性の皮膚水分量の季節変動について, 日本生理人類学会誌, 11, 2006, 33-37
3. E. N. Hey and G. Kats: Evaporative water loss in the new-born baby, J. Physiol., 200, 1969, 605-619
4. 平田 耕造, 井上 芳光, 近藤 徳彦 編著: 体温 運動時の体温調節システムとそれを修飾する要因, ナップ, 2002, 180-186

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計16件)

- (1) 芝崎 学, 暑熱環境下における脳循環調節, 被服衛生学, 査読有, 第33巻, 2018, 2-6
- (2) 芝崎 学, 中田 大貴, 暑熱環境下における認知機能, 繊維製品消費科学, 査読有, 第58巻, 1号, 2017, 50-54
- (3) Nakata H, Namba, M, Kakigi R, Shibasaki M., Effects of face/head and whole body cooling during passive heat stress on human somatosensory processing, American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 査読有, Vol. 312, No. 6, 2017, R996-R1003 DOI: 10.1152/ajpregu.00039.2017
- (4) Ono, J., Hashiguchi, N., Sawatari, H., Ohkusa, T., Miyazono, M., Son, S.-y., Magota, C., Tochihara, Y., Chishaki, A., Effect of water bath temperature on physiological parameters and subjective sensation in older people, Geriatrics & Gerontology International, 査読有, Vol. 17, 2017, 2164-2170 DOI: 10.1111/ggi.13053
- (5) Hitoshi Wakabayashi, Takayuki Nishimura, Titis Wijayanto, Shigeki Watanuki, Yutaka Tochihara, Effect of repeated forearm muscle cooling on the adaptation of skeletal muscle metabolism in humans, International Journal of Biometeorology, 査読有, Vol. 61, No. 7, 2017, 1261-1267 DOI: 10.1007/s00484-016-1303-z
- (6) Titis Wijayanto, Sayo Toramoto, Yasuhiko Maeda, Su-Young Son, Sonomi Umezaki, Yutaka Tochihara, Cognitive performance during passive heat exposure in Japanese males and tropical Asian males from Southeast Asian living in Japan, Journal of Physiological Anthropology, Vol. 36, No. 8, 2017, 1-11 DOI: 10.1186/s40101-016-0124-4
- (7) Shibasaki M, Namba, M, Oshiro M, Kakigi R, and Nakata H.,

- Suppression of cognitive function in hyperthermia; From the viewpoint of executive and inhibitive cognitive processing, *Scientific Reports*, 査読有, Vol. 7:43528, 2017, 1-8  
DOI: 10.1038/srep43528
- (8) 深沢 太香子, 衣服・着衣の温熱的快適性と温熱生理反応, *繊維製品消費科学*, 査読有, 第 58 巻, 1 号, 2017, 20-25
- (9) 深沢 太香子, 谷 明日香, 温度弁別能と温度感受性の身体部位差と加齢による変化, *繊維製品消費科学*, 査読有, 第 58 巻, 1 号, 2017, 108-114
- (10) Nakata H, Oshiro M, Namba, M, and Shibasaki M., Effects of aerobic exercise under different thermal conditions on human somatosensory processing, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 査読有, Vol. 311, No. 4, 2016, R629-R636  
DOI: 10.1152/ajpregu.00153.2016
- (11) Shibasaki M., Namba, M, Oshiro M, Crandall CG, and Nakata H., The effects of elevations in internal temperature on event-related potentials during a single cognitive task in humans, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 査読有, Vol. 311, No. 1, 2016, R33-R38  
DOI: 10.1152/ajpregu.00086.2016
- (12) 深沢 太香子, 低温・低圧環境における体温調節と衣服—高所で着用する衣服—, *繊維機械学会誌*, 査読有, 第 68 巻, 10 号, 2015, 585-590
- (13) Takako Fukazawa, Yutaka Tochihara. The Thermal Manikin; a Useful and Effective Device for Evaluating Human Thermal Environments, *Journal of the Human-Environment System*, 査読有, Vol. 18, No. 1, 2015, 21-28
- (14) Nakata H, Oshiro M, Namba, M, and Shibasaki M., Effects of passive heat stress on human somatosensory processing, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 査読有, Vol. 309, No. 11, 2015, R1387-R1396  
DOI: 10.1152/ajpregu.00280.2015
- (15) Shibasaki M., Umemoto Y, Kinoshita T, Kouda K, Ito T, Nakamura T, Crandall CG, Tajima F., The role of cardiac sympathetic innervation and skin thermoreceptors on cardiac responses during heat stress, *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2015, 査読有, Vol. 308, No. 11, H1336-H1342  
DOI: 10.1152/ajpheart.00911.2014
- (16) 芝崎 学, 加齢に伴う体温調節機能の変化と衣服への提案, *日本衣服学会誌*, 査読無, 第 58 巻, 2 号, 2015, 67-70
- [学会発表](計 30 件, うち招待講演 10 件)
- (1) 深沢 太香子, 高尾 結, 三野 たまき, 若年女性における下部胸囲圧迫時の体表面からの蒸散と発汗, 人間-生活環境系学会 第 41 回人間-生活環境系シンポジウム, 2017
- (2) 深沢 太香子, アパレル製品の衛生機能的着心地の評価, (一社) 日本繊維機械学会 テキスタイルカレッジ, 2017
- (3) Takako FUKAZAWA. En-gyo Qui, Relevance between thermal comfort limit by metabolism in Japanese young female and male, The 17th International Conference on Environmental Ergonomics, 2017
- (4) 芝崎 学, 脊椎損傷者の体温調節と循環調節, 日本家政学会第 2 回家政学夏季セミナー, 2017
- (5) 深沢 太香子, 日本人若年者における温熱的快適感, 日本衣服学会第 69 回(平成 29 年度)年次大会, 2017
- (6) 深沢 太香子, 高尾 結, 三野 たまき, 若年女性における下部胸囲圧迫時の生理・心理反応, 日本繊維製品消費科学会 2017 年度年次大会, 2017
- (7) 芝崎 学, ヒートアイランド化と熱中症, 日本家政学会第 69 回大会, 2017
- (8) 芝崎 学, 加齢に伴う体温調節機能の変化と衣服-熱中症予防のために-, 「衣服と健康の科学, 最前線 -シニアの健康を支える衣生活-」(一社) 日本家政学会被服衛生学部会, 2016
- (9) 深沢 太香子, 衣服と健康・基礎講座 寒冷環境下での体温調節と衣服による寒さ対策, 「衣服と健康の科学, 最前線 -シニアの健康を支える衣生活-」(一社) 日本家政学会被服衛生学部会, 2016
- (10) Shibasaki, Manabu. Cerebral blood flow and cognitive function during heat stress, The 6th International Sports Network Forum in Nagano 2016, 2016
- (11) 永富 和音, 岡村 さくら, 上條 義一郎, 田島 文博, 芝崎 学, 皮内マイクロダイアリスを用いた日老け感収縮神経刺激時の神経伝達物質の測定, 第 55 回日本生気象学会, 2016
- (12) 岡村 さくら, 永富 和音, 芝崎 学, 温熱負荷に対する総頸動脈コンプライアンスの変化, 第 55 回日本生気象学会, 2016
- (13) 大城 岬, 芝崎 学, 中田 大貴, 高体温時の認知機能低下に対する頭部冷却および全身冷却の効果, 第 55 回日本生

- 気象学会, 2016
- (14) 深沢 太香子, 谷 明日香, 日本人男性における温冷覚感受性, 日本衣服学会第66回(平成28年度)年次大会, 2016
- (15) Takako FUKAZAWA, Yuino SHIBATA, Sachiyo IKEDA, Keiko WATANABE, Yutaka TOCHIHARA, Evaluation of thermal resistances of individual clothing and clothing ensembles for infant, The Fifth International Conference on Human-Environmental System, 2016
- (16) 栃原 裕, 生活環境の快適性と健康—人類進化の視点より, (一社)日本繊維製品消費科学会30周年記念 第52回快適性・健康を考えるシンポジウム, 2016
- (17) 深沢 太香子, ショートスピーチ①温熱生理, (一社)日本繊維製品消費科学会30周年記念 第52回快適性・健康を考えるシンポジウム, (一社)日本繊維製品消費科学会, 2016
- (18) 芝崎 学, 暑熱環境下における循環調節「循環系とその調節機構の重要性を再認識する」, 第24回日本運動生理学会大会, 2016
- (19) 難波 真理, 芝崎 学, 中田 大貴, 暑熱暴露による認知機能の低下に対する頭部冷却および全身冷却による効果, 日本運動生理学会第24回大会, 2016
- (20) 深沢 太香子, 栃原 裕, 乳児体表からの不感蒸散を模擬したモデル装置の試作, (一社)日本繊維製品消費科学会2016年度年次大会, 2016
- (21) 芝崎 学, 暑熱負荷時の脳血流と認知機能「ヒト脳機能と脳循環調節の連関研究におけるクロストーク」, 第93回日本生理学会大会, 2016
- (22) 深沢 太香子, 高尾 結, 三野 たまき, 諸岡 晴美, 下部胸囲圧迫時における若年・高齢女性の体表面からの水分蒸散, 人間生活環境系学会 第39回人間生活環境系シンポジウム, 2015
- (23) 金丸 櫻子, 野間 あゆみ, 佐藤 耕平, Craig Crandall, 芝崎 学, 暑熱負荷時の頸動脈血管反応性, 第54回日本生気象学会, 2015
- (24) 野間 あゆみ, 佐藤 耕平, 小河 繁彦, Craig Crandall, 芝崎 学, 高体温時における下肢陰圧負荷時の脳血流反応, 第54回日本生気象学会, 2015
- (25) 大城 岬, 難波 真理, 芝崎 学, 中田 大貴, 脳波事象関連電位を用いた高体温時の認知機能評価, 第54回日本生気象学会, 2015
- (26) 深沢 太香子, 栃原 裕, 乳児体表からの不感蒸散を模擬した平板装置の作製, (一社)日本家政学会関西支部第37回研究発表会, 2015
- (27) 難波 真理, 大城 岬, 中田 大貴, 芝崎 学, 受動的暑熱ストレスによる高体

- 温が認知処理機能に及ぼす影響, 第71回日本体力医学会大会, 2015
- (28) 深沢 太香子, 高尾 結, 三野 たまき, 高齢女性における下部胸囲圧迫時の生理・心理反応, 日本繊維製品消費科学会2015年度年次大会, 2015
- (29) 芝崎 学, 高体温時の認知機能評価と皮膚冷却の効果, 日本繊維製品消費科学会2015年次大会, 2015
- (30) 深沢 太香子, 三野 たまき, 下部胸囲圧迫時におけるヒトの生理・心理反応, 日本家政学会第67回大会, 2015

[図書] (計3件)

- (1) 芝崎 学, 深沢 太香子 全158名, 牛腸ヒロミその他7名編, 「被服学事典」第1章1.4人体生理, 1.4.3体温調節, 1.4.5重力(姿勢変化)と体温調節, 1.4.6運動と体温調節, 第4章4.3.3防護機能と着装, 朝倉書店, 2016, 516(35-40, 44-46, 46-47, 429-432)
- (2) Shibasaki M and Davis SL., eds., Meyer F, Szygula Z, Boguslaw W, CRC Press, Taylor & Francis Group, Fluid Balance Human Perspiration and Cutaneous Circulation, Hydration, and Athletic Performance, Sec I, chapt 3, 2015, 457 (33-58)
- (3) 深沢 太香子 全124名, 日本家政学会編, 丸善出版, 「衣服の百科事典」1.1環境と衣服 世界の気候と民族衣装, 2015, 650 (2-5)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

深沢 太香子 (FUKAZAWA, Takako)  
京都教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 90423574

### (2) 研究分担者

栃原 裕 (TOCHIHARA, Yutaka)  
九州大学・芸術工学研究科(研究院)・名誉教授  
研究者番号: 50095907

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

### (3) 研究協力者

Kalev Kuklane (KUKLANE, Kalev)  
Lund University (スウェーデン)・Faculty of Engineering, LTH, Division of Ergonomics and Aerosol Technology・Senior lecturer

Marjo Tourula (TOURULA, Marjo)  
University of Oulu (フィンランド), Thule Institute Research Centre・Resercher