

平成 22 年 5 月 26 日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20700579  
 研究課題名（和文）生化学物質による心理量計測に基づいた着衣における局所と全身の温熱的快適性の研究  
 研究課題名（英文） Relevance of thermal comfort in location to the whole body in terms of cortisol and salivary  $\alpha$ -amylase  
 研究代表者  
 深沢 太香子（FUKAZAWA TAKAKO）  
 福岡女子大学・人間環境学部・講師  
 研究者番号：90423574

研究成果の概要（和文）：唾液中コルチゾールとアミラーゼ活性が、ヒトの温熱的快適性の客観的評価法となり得るか否か、実験的に検討した。その結果、ホルモン作用の時間的遅延により、唾液中コルチゾールは、温熱的快・不快感を反映しにくいことがわかった。一方、交感神経の直接作用を受ける唾液中アミラーゼ活性は、温熱的に快適な状態下では低値を示すものの、不快感の増加に応じて、上昇する傾向を示した。これより、アミラーゼ活性は温熱的快適性の客観的評価値と成り得る可能性のあることが示された。

研究成果の概要（英文） The aim of this study is to discuss experimental relevance of thermal comfort in location to the whole body in terms of cortisol and  $\alpha$ -amylase activity in saliva. Sixteen young Japanese female subjects participated in the experiments. As for the target locations, three body regions of trunk, arms, and thighs were selected all with almost identical body surface area of about 17 %. The relation of the local thermal comfort limit with the local skin wettedness differed depending upon the individual location. The comfort limit in the arms and the thighs were  $0.16 \pm 0.08$  and  $0.17 \pm 0.10$ , respectively. On the other hand, the comfort limit in the trunk was  $0.28 \pm 0.16$ , which was found to be significantly larger than those of limbs. It was observed that thermal discomfort in the whole body wasn't induced if its skin wettedness stayed within  $0.22 \pm 0.10$ , even if the local skin wettedness indicated much higher value than the local comfort limit. Cortisol in saliva did not reflect thermal comfort sensation in the whole body, while amylase activity did. The salivary amylase activity remarkably increased with decreasing thermal comfort when the whole body felt slightly discomfort.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：生活科学一般

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：着衣の温熱的快適性、生化学物質、交感神経系、内分泌系、唾液、アミラーゼ活性、コルチゾール、身体部位差、ストレスマーカー

## 1. 研究開始当初の背景

良好な労働環境や温熱的に快適な生活の実現は、着衣の熱および水分移動性が関与している。そこで、着衣における人体からの熱と水分移動の機構と、温熱的快適性との関連性に関する研究が世界的にも盛んに行われている。その際、温熱的快適感という心理量の計測において、国際規格などの定める尺度（スケール）の採用されることが多い。しかしながら、主観的評価には個人差が大きく、定量的評価には依然問題のあることが指摘されている。

近年、ヒトの心理計測技術が確立されてきている。それによると、負のストレスを受けることにより、内分泌系ではコルチゾールは増加して、交感神経系ではアミラーゼ活性が亢進する。特に、唾液中に含まれる生化学物質を用いる評価方法は、生体への心理的・身体的負担が低いという利点がある。

## 2. 研究の目的

高いパフォーマンスを発揮するスポーツウェアや、安全・快適な作業性能を向上させる防護服などの設計に貢献することを目的として、全身と局所における温熱的快適性の相互関連について、被験者実験より検討する。

その際、唾液中に含まれる生化学物質より、温熱的不快感に起因する生体のストレス反応を客観的・定量的に評価し得るか否かを検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 生化学物質の日内変動および性周期による変動

健康な日本人成人女性を被験者として、性周期2サイクルにおける唾液中コルチゾール（被験者5名、 $27.8 \pm 7.9$ 歳）と唾液アミラーゼ活性（被験者10名、 $24.9 \pm 6.4$ 歳）を測定することとした。

被験者は、卵胞・排卵・黄体・月経期間中の各期において1日以上、静穏かつ温熱的に中立状態に維持された実験室内に滞在した。滞在時間は9:00から17:00までであり、この間、9:30から1時間ごとにアミラーゼ活性の測定を行い、同時に唾液を採取した。採取した唾液よりコルチゾールの分析を、後日まとめて行った。

### (2) 局所と全身における温熱的快適性の関連性

本研究では、対象の局所として、体表面積がほぼ同一の約17%となる、体幹（胸、腹、背、腰）、腕（上腕と前腕）、大腿の計3部位を選定した。これらの局所ならびに全身からの汗の蒸発量を同時に制御することにより、一定の皮膚表面の濡れ状態（以後、皮膚濡れ率という）を実現した。実験は、全65分間であり、局所ならびに全身の皮膚濡れ率をモニタすると同時に、5分ごとに局所と全身の温熱的快適性に関する主観申告を行わせた。なお、被験者は、日本人女子学生16名（年齢 $22.1 \pm 0.3$ 歳、身長 $160.8 \pm 3.0$ cm、体重 $51.8 \pm 6.2$ kg、BMI $20.0 \pm 2.1$ kg/m<sup>2</sup>）であった。(1)で行った研究成果に基づいて、被験者は、卵胞期間中の3日間（1回/日）、10:00から12:00あるいは13:00から15:00までのいずれかに統一した時間に、実験に参加した。

### (3) 全身の温熱的快適性評価における生化学物質による評価の有用性

日本人女子学生16名（前出と同一）を対象とした。被験者は、(1)の研究成果に基づいて、卵胞期間中の計4回、実験に参加した。実験は、10:00からあるいは13:00からのいずれかに統一した時刻より開始した。実験では、全身の皮膚濡れ率を低値から高値まで大きく変動させて、定期的に全身における温熱的快適性について主観申告を行わせた。同時に、唾液を採取して、後日、アミラーゼ活性とコルチゾールの濃度を分析した。

なお、全ての被験者は、事前に研究目的および実験内容に関する説明を受けており、実験への参加に同意を示した。

## 4. 研究成果

### (1) 生化学物質の日内変動および性周期による変動

唾液中のコルチゾールとアミラーゼ活性の結果について、それぞれ図1と図2に示す。時間と性周期を独立変数とする二元配置の分散分析を行った結果、コルチゾールの場合、時間による主効果のみが認められた。したがって、本研究の範囲において、コルチゾールは性周期による影響はないものの、時間変動のあることが示された。下位検定の結果、朝と昼頃におけるコルチゾールは、特に高値を示すことが明らかとなった（ $p < 0.01$ ）。

一方、アミラーゼ活性の場合、時間と性周期による主効果ならびに交互作用に有意性は

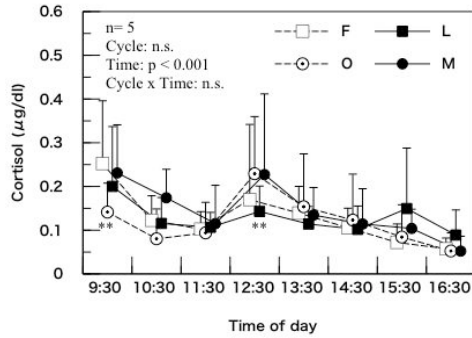


図1 実験時間内における唾液コルチゾールの変動。シンボルは F: 卵胞期, O: 排卵期, L: 黄体期, M: 月経期を表す。図中の\*は, 下位検定の結果を表す (\*\*:  $p < 0.01$ )。

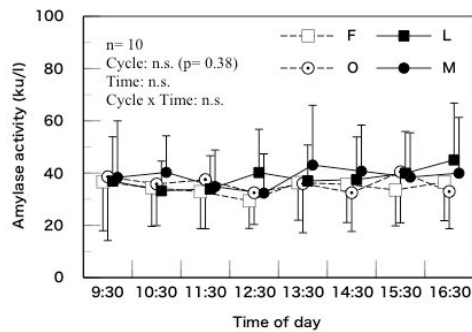


図2 実験時間内における唾液アミラーゼ活性の変動。シンボルは F: 卵胞期, O: 排卵期, L: 黄体期, M: 月経期を表す。

認められなかった。しかしながら, 黄体期 (L) と月経期 (M) 中のアミラーゼ活性値は, 卵胞期 (F) と排卵期 (O) よりもやや高値を示す傾向があるものと思われた ( $p = 0.38$ )。

アミラーゼ活性の亢進は, 交感神経の興奮によって副腎皮質から分泌されるノルエピネフリンの血中濃度増加による作用と, 交感神経の直接的作用による。このことから, 月経および黄体期間中は, 他期間よりも交感神経活動は亢進しやすいものと考えられた。その要因として, 黄体期の場合, 月経前症候群として現れるような, 身体的および精神的な緊張によって, 交感神経活動が亢進したと考えられた。他方, 月経期の場合には, 交感神経の興奮によって血管収縮が生じるため, 経血処理による痛みが, 交感神経活動をより亢進させる。特に, 月経困難症にある女性は, 副腎皮質の反応がより敏感であるため, 月経によって, アミラーゼ活性は亢進しやすくなったものと考えられる。

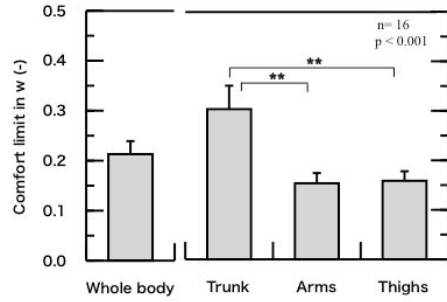


図3 皮膚濡れ率を指標とした際の, 全身と対象部位における温熱的快適性の閾値。

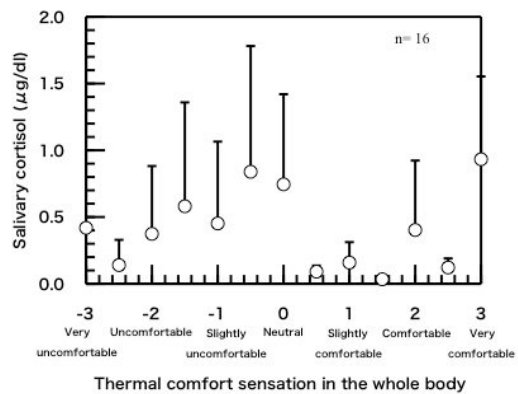


図4 全身の温熱的快適感に対する唾液コルチゾール。温熱的快適感の評価尺度は, 3: とても快適, 2: 快適, 1: やや快適, 0: どちらでもない, -1: やや不快, -2: 不快, -3: とても不快, の7段階スケールを採用した。

以上のことから, 本研究において唾液コルチゾールとアミラーゼ活性を用いる際, 性周期と唾液採取時間を考慮しなければならないことが示された。

## (2) 局所と全身における温熱的快適性の関連性

全身と対象部位とした各局所における温熱的快適性の閾値について, 皮膚濡れ率 ( $w$ ) を指標として図3に示す。各対象部位が温熱的に不快感を覚え始める皮膚濡れ率は, 体幹:  $0.28 \pm 0.16$ , 腕:  $0.16 \pm 0.08$ , 大腿:  $0.17 \pm 0.10$  であった。一元配置分散分析の結果, 温熱的快適性の閾値は身体部位で異なることが明らかとなった ( $p < 0.001$ )。下位検定の結果より, 体幹における温熱的快適性の閾値は, 腕と大腿のそれよりも大きく, 不快感を覚えにくい部位であることがわかった ( $p < 0.01$ )。つまり, 局所の温熱的快適性は, 部位によって異なることが示された。

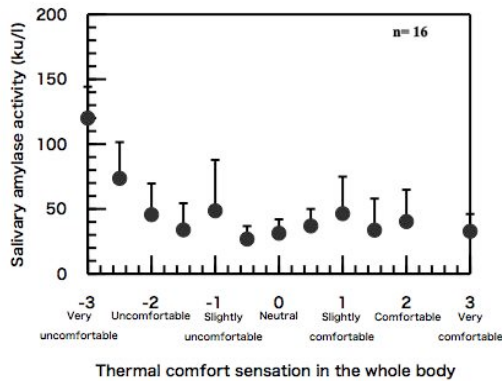


図 5 全身の温熱的快適性に対する唾液アミラーゼ活性. 採用した温熱的快適感の評価尺度は, 図 4 と同じ.

一方, 全身の温熱的快適感, 局所における温熱的快適感の影響を受けず, 全身の皮膚濡れ率が  $0.22 \pm 0.10$  に達すると, ヒトは温熱的な不快感を覚えることがわかった.

(3) 全身の温熱的快適性における生化学物質による評価の有用性

全身の温熱的快適性に対する, 唾液中コルチゾールとアミラーゼ活性を図 4 と図 5 に示す. コルチゾールは, 温熱的快適性に対して, 不安定な値を示した. 一方, アミラーゼ活性は, 快適な状態からやや不快となるまでは, 40 kU/l 近傍の値を示し, 大きな変動はみられなかったものの, やや不快からより不快な状態となるにつれて増加した.

本研究で採用した唾液中コルチゾールとアミラーゼ活性は, 典型的なストレスマーカーであるものの, 温熱的不快感に対する反応が異なった. その理由として, 副腎皮質より分泌される内分泌系ホルモンであるコルチゾールは, 刺激は負荷されてから分泌までには時間的遅れがある. しかも, 急性のストレスに対するコルチゾールのピークは, ストレス負荷後 20 分から 30 分後に現れるため, 唾液に反映されるまでにも時間的遅れが生じる. このことが, コルチゾールは温熱的快適性に対して連動しなかった理由として考えられた.

一方, アミラーゼ活性は, 副腎皮質から分泌されるノルエピネフリンのホルモン作用を受ける系と, 交感神経の直接的作用を受ける系の 2 つがある. 交感神経の直接的作用は, ホルモン作用よりも反応が極めて速く, ストレスによって, 急激に増加を示す. 本研究において, 温熱的快適感が維持された状態下での変動は小さいものの, 温熱的に不快な状態下では不快感が増すにつれて上昇する傾向を示したのは, 交感神経系の直接的作用によ

るものであると考えられる. このことから, 唾液アミラーゼ活性は, 温熱的快適性評価の指標となる可能性のあることが示された.

## 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 3 件)

- (1) 深沢 太香子, 柘原 裕, George Havenith: コルチゾールとアミラーゼ活性を指標とした局所と全身の温熱的快適性評価, デザントスポーツ科学, 第 30 巻, 2009, pp. 87-95. (査読有)
- (2) 深沢 太香子, 池田 幸世, 金 聖淑, 柘原 裕: 九州地域における乳幼児の着衣状態季節変動とその衣服熱抵抗, 日本家政学会誌, 第 60 巻, 2009, pp. 635-644. (査読有)
- (3) Takako Fukazawa, George Havenith: Differences in comfort perception in relation to local and whole body skin wettedness, European Journal of Applied Physiology, vol. 106, 2009, pp. 15-24. (査読有)

[学会発表] (計 21 件)

- (1) 夜久 あゆみ, 福山 理絵, 清水 紡, 柘原 裕, 深沢 太香子: 唾液アミラーゼ活性とコルチゾールを用いた全身の温熱的快適性評価の試み, 日本生理人類学会第 4 回研究奨励発表会, 2010 年 2 月 13 日, 福岡.
- (2) 渡邊 慶子, 柘原 裕, 深沢 太香子: 冬季フィンランドにおける乳幼児用衣服の熱抵抗とその環境適応, 日本生理人類学会第 4 回研究奨励発表会, 2010 年 2 月 13 日, 福岡.
- (3) 藤井 亜由美, 西島 美加, 深沢 太香子: 腹部・大腿における快適圧が覚醒度および知的生産性作業に及ぼす影響, 日本生理人類学会第 4 回研究奨励発表会, 2010 年 2 月 13 日, 福岡.
- (4) 深沢 太香子, 安藤 朋子, 渡邊 慶子, 柘原 裕: サーマルマネキンを用いた乳幼児と成人体表からの放射および自然対流熱伝達率の測定, 第 33 回人間-生活環境系シンポジウム, 2009 年 11 月 29 日, 福岡.
- (5) 渡邊 慶子, 深沢 太香子, 柘原 裕: ベビーサーマルマネキンを用いた寒冷環境における乳幼児用衣服の熱抵抗測定, 第 33 回人間-生活環境系シンポジウム, 2009 年 11 月 29 日, 福岡.
- (6) 夜久 あゆみ, 福山 理絵, 清水 紡, 深沢 太香子: 能動的温・湿度刺激に対する温熱的快適感の身体部位差, 第 33 回人間-生活環境系シンポジウム, 2009

- 年 11 月 29 日, 福岡.
- (7) 深沢 太香子: 東アフリカの民族服カンガの環境適応域, 日本衣服学会第 61 回年次大会, 2009 年 11 月 7 日, 東京.
- (8) 西島 美加, 深沢 太香子: 腹部・大腿部における快適圧がヒトの覚醒レベル・知的生産性作業に及ぼす影響, 日本衣服学会第 61 回年次大会, 2009 年 11 月 7 日, 東京.
- (9) 福山 理絵, 深沢 太香子, 栃原 裕: 全身の温熱的快適性評価におけるアミラーゼ活性とコルチゾールの有用性に関する検討, 日本家政学会第 61 回大会, 2009 年 8 月 31 日, 西宮.
- (10) Takako Fukazawa, Tomoko Ando, Sachiyo Ikeda, Ayu Yamaguchi, Ingvar Holmér, Yutaka Tochihara: Convective heat transfer coefficient from baby is larger than that from adult, The 13th International Conference on Environmental Ergonomics, 2009 年 8 月 6 日, ボストン, 米国. (査読有)
- (11) 深沢 太香子, 福山 理絵, 清水 紡, 栃原 裕: 温熱的快適性評価におけるストレスマーカーの有用性に関する検討, 日本家政学会被服衛生学部会 第 28 回被服衛生学セミナー, 2009 年 8 月 28 日, 福岡.
- (12) 住吉 可奈子, 深沢 太香子: 温熱的中立状態における四肢の湿り感, 日本繊維製品消費科学会 2009 年年次大会, 2009 年 6 月 14 日, 京都.
- (13) 深沢 太香子, 福山 理絵, 清水 紡, 栃原 裕: 温熱的快適感閾値における身体部位差, 日本生理人類学会第 60 回大会, 2009 年 6 月 7 日, 北海道.
- (14) T. Fukazawa, S. Ikeda, A. Yamaguchi, I. Holmér, K. Kuklane, Y. Tochihara: Differences in Convective and Radiative Heat Transfer Coefficients between Adult and Infant, 2008 Korea-Japan Joint Conference on Wellness @ Living Environment, 2008 年 11 月 30 日, 済州島, 韓国. (査読有)
- (15) 深沢 太香子, 池田 幸世, 金 聖淑, 栃原 裕: ベビーサーマルマネキンを用いた乳幼児服の熱抵抗, 第 32 回人間-生活環境系シンポジウム, 2008 年 11 月 29 日, 済州島, 韓国.
- (16) 深沢 太香子, 清水 紡, 栃原 裕: 皮膚湿润状態の変化に伴う唾液アミラーゼ活性とコルチゾールの変動, 日本生理人類学会第 59 回大会, 2008 年 10 月 18 日, 日野.
- (17) T. Fukazawa, T. Shimizu, Y.

- Tochihara, G. Havenith: Difference in local thermal comfort and humidity sensations between trunk and limb in Japanese young female, 18th International Congress of Biometeorology, 2008 年 9 月 25 日, 東京.
- (18) 清水 紡, 深沢 太香子, 栃原 裕, G. Havenith: 温熱的な快・不快感の部位依存性について, 日本繊維製品消費科学会 2008 年年次大会, 2008 年 6 月 21 日, 名古屋.
- (19) 清水 紡, 深沢 太香子, 栃原 裕, G. Havenith: 能動的温熱刺激に対する温熱的快適性の部位差, 繊維学会 2008 年, 2008 年 6 月 20 日, 東京.
- (20) 池田 幸世, 深沢 太香子, 金 聖淑, 栃原 裕: 乳幼児における衣服の着用実態とその熱抵抗, 日本家政学会第 60 回大会, 2008 年 5 月 31 日, 東京.
- (21) G. Havenith, C. Smith, T. Fukazawa: The skin interface-where physiology and clothing science meet, SMART-TBIS Joint Symposium 2008, 2008 年 8 月 15 日, 香港, 中国.

〔図書〕(計 1 件)

- (1) 彼末 一之 (監修), 朝倉書店, からだと温度の事典, 2010, 全 640p. (担当: pp. 266-268, pp. 274-276)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

深沢 太香子 (FUKAZAWA TAKAKO)

福岡女子大学・人間環境学部・講師

研究者番号：90423574

(2) 研究協力者

栢原 裕 (TOCHIHARA YUTAKA)

九州大学大学院・芸術工学研究院・教授

研究者番号：50095907

George Havenith (GEORGE  
HAVENITH)

Loughborough University・Human  
Sciences・教授 (英国)

研究者番号：なし