

## 低体温と温冷感・温熱快適性に関する研究

### A Study on the Relationship between Hypothermia, Thermal Sensation and Comfort

会員外 ○富田 麻未(札幌市立大学) 正会員 斉藤 雅也(札幌市立大学)

Asami TOMITA\*<sup>1</sup> Masaya SAITO\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> School of Design, Sapporo City University

\*<sup>2</sup> Graduate School of Design, Sapporo City University

The purpose of this study is to make clear influences which hypothermia gives thermal sensation and comfort. We made two subjective experiments with collegiate 18 students. Followings are the experimental results. Group of hypothermia tends to feel strongly warm in thermal environment over 20 °C compared to the control group. On the other hand, they tend to feel strongly cold in thermal environment under 20 °C. It is thought that these differences of thermal sensation depend on the level of basal metabolic rate. This is because the subjects of low basal metabolism fall rapidly skin temperature by vasoconstriction in cold environment.

#### 1. はじめに

近年、本来は37.0°C程度であるヒトの核心温が、起床時に36.0°C未満となる「低体温」の増加が指摘され、特に小学生にみられることが問題視されている<sup>1)</sup>。低体温者は、一般的に基礎代謝が低下していると考えられ、また、体内で生産される熱(産熱)が少ない、体内の熱が逃げやすい、などの特徴があるといわれている<sup>2)</sup>。

一方、ヒトの温冷感には少なからず個人差があり、それが何に起因するかの定性的な推考はいくつかあるが、定量的に明らかにされている例はほとんどない。

低体温による代謝(産熱)の差がヒトの温冷感や温熱快適性に影響を与えているとするならば、その関係性を明らかにするとともに、それらを踏まえて人体の温熱生理に整合する室内温熱環境を計画することが重要である。

本研究では、低体温が任意の温熱環境下におけるヒトの温冷感・温熱快適性に与える影響を、大学生を対象にした被験者実験によって明らかにした。

#### 2. 研究方法

##### 2-1 一次調査

表-1 に、一次調査の概要を示す。一次調査の目的は、被験者の舌下温の高低による分類と、普段の生活で曝露されている温熱環境と温冷感の調査を行ない、両者の関係性を明らかにすることである。被験者は、大学生18人(男6・女12)とした<sup>3)</sup>。被験者に、舌下体温計、自記温湿度計、記録手帳(図-1)を配布し、2010年10月4日~10月9日の5日間連続で、朝(7時)、昼(14時)、夜(23時)の舌下温の測定を依頼した。自記温湿度計は常に携帯してもらい、被験者周囲の空気温湿度を5分間

表-1 一次調査の概要

[調査期間]	事前調査: 2010年8月上旬 一次調査: 2010年10月4日~2010年10月9日
[被験者]	大学3年生・4年生18人(男6人・女12人)
[調査方法]	・朝(7時)、昼(14時)、夜(23時)の1日3回の舌下温測定 ・自記式温湿度計の携帯による空気温度・湿度の記録 ・長時間(30分以上)滞在している空間の温冷感申告(1日5回程度)
[実験機器]	舌下体温計(テルモ電子体温計 C502) 自記温湿度計(T&D TR-53A)



図-1 実験室の様子

隔で測定・記録した。同時に30分以上滞在している空間では温冷感(7段階)を1日5回程度記録してもらった。

## 2.2 二次調査

表-2に、二次調査の概要を示す。二次調査は、実験室を用いた温熱環境下での温冷感・温熱快適性の調査を目的として行なった。札幌市立大学芸術の森キャンパスの専門教育B棟の一室と実験室前の廊下(図-2)にて、一次調査と同じ被験者に対し、期間①2010年10月18日～10月22日、期間②2010年10月25日～10月29日の2回行なった。期間①では暖房を運転せずに自然室温で20℃以下に、②では暖房を運転して室温を22～23℃付近に保った。周壁平均温度は室温になるべく等しくなるように調整した。

図-3に実験手順を示す。被験者には実験室前廊下で表-3の[質問項目]1)～5)に回答してもらった。実験室へ入室し、ソファで表-3の[質問項目]1)～9)に回答後、ソファに座って5分間くつろぎ実験室の温熱環境に順応してもらった。入室5分後に、赤外線放射カメラで被験者の体表面温度を撮影し、その後ソファで表-3の[質問項目]1)～14)と、女性被験者のみに15)に回答してもらった。また、表-3の[測定項目]1)～6)については、舌下体温計と体組成計で測定・記録してもらった。

## 3. 結果と考察

### 3.1 舌下温の高低による分類

被験者18人を「低体温群」(朝7時の平均舌下温が36.0℃未満)と「対照群」(朝7時の平均舌下温が36.0℃以上)に分類した結果、低体温群4人(男4)、対照群14人(男2・女12)となった。低体温群の朝の平均舌下温は $35.83 \pm 0.21^\circ\text{C}$ で、対照群の $36.43 \pm 0.22^\circ\text{C}$ に比べ $0.60^\circ\text{C}$ 低かった。

図-4に、一次調査で得られた各温冷感に対応する空気温度を示す。両群で「どちらでもない」、「やや暑い」、「暑い」に対応する空気温度に有意差( $p < 0.05$ )が認められ、低体温群は対照群よりも温熱的中立の状態から「暑い」と感じるときの空気温度がそれぞれ「どちらでもない」で約 $1^\circ\text{C}$ 、「やや暑い」で約 $1.5^\circ\text{C}$ 、「暑い」で約 $2.5^\circ\text{C}$ 低い。一方、両群の「やや寒い」、「寒い」に対応する空気温度に有意差がないことから、両群の任意の空気温度に対する温冷感の差は、空気温度が $20^\circ\text{C}$ 以上の温熱環境で表れると考えられる。

以上の温冷感の差には低体温の原因の一つである「自律神経のバランスの崩れ」が影響し、自律神経による発汗などの体温調節が上手く行なわれていないためと考えられる。低体温群は夏に冷房に頼らなければ体温調節を行なえずに、温熱快適性を得ることが難しい生理状態にあると考えられる。

図-5に、二次調査の実験室入室5分後の室温と手甲の

表-2 二次調査の概要

[調査期間]	期間①2010年10月18日～2010年10月22日 期間②2010年10月25日～2010年10月29日
[被験者]	大学3年生・4年生18人(男6人・女12人)
[実験場所]	札幌市立大学芸術の森キャンパス専門教育B棟の一室(札幌市南区)
[実験方法]	①実験室前廊下にて実験説明、質問回答後、実験室へ入室。 ②実験室にて質問回答後、5分間ソファでくつろぐ。 ③実験室にて赤外線放射カメラによる体表面温度撮影(撮影3回)の後、質問回答。質問回答終了後、舌下体温計・体組成計による測定。
[実験機器]	自記温湿度計(T&D TR-53A) 照度計(T&D TR-74Ui) グローブ温度計(黒球150mm・灰色ピンポン球38mm:T&D TR-51A+自作) 赤外線放射カメラ(NEC Avio TVS-200EX) 体組成計(TANITA インナースキャン50 BC-306)

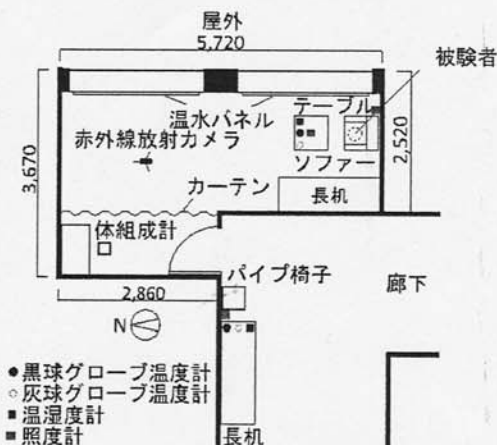


図-2 実験室の平面図・実験器具配置

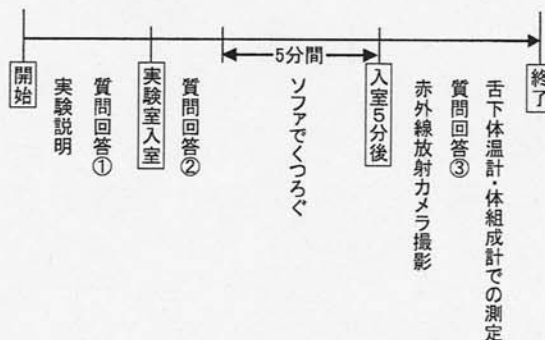


図-3 実験手順

表-3 二次調査の質問・測定項目

[質問項目]		
1) 明るさ感	2) 想像温度	3) 温冷感
4) 乾湿感	5) 手・足の温冷感	6) 温熱快適性
7) 着衣の増減欲求	8) 飲み物の欲求	9) 温度調節の欲求
10) 自宅暖房の設定温度	11) 服装	12) 就寝時刻
13) 睡眠時間	14) 朝食の習慣	15) 月経周期
[測定項目]		
1) 舌下温	2) 体重	3) 基礎代謝量
4) 筋肉量	5) 体脂肪率	6) BMI

表面温度の関係を示す。手甲の表面温度は、両群ともに室温と比例関係にある。この結果は、有意差がなかったが、低体温群の手甲の表面温度は対照群よりやや高めである。

### 3.2 低体温群内の手甲の表面温度による分類

低体温群4人の実験室入室5分後の手甲の熱画像を見ると、暖房なし室(室温平均17.5℃)での手甲の表面温度は、低体温群内でも個人差がある。低体温者○・△が低め(以降、「低手甲温群」)、低体温者◇・□が高め(以降、「高手甲温群」)を示し、両者の手甲の表面温度には4℃程度の差がある(図-5)。低体温群内でも、室温が20℃以下の温熱環境で手甲の表面温度に差が表れる傾向がある。

以上の差には、低体温者の特徴とされる2つの生理的特徴が関係していると考えられる。1つ目は、体内で生産される熱(熱産生)が少ないタイプである。産熱量は少なくとも寒冷環境下で核心部体温を維持するために、血管収縮が優先された結果、手甲の表面温度が低下していると考えられる。低手甲温群の2人はこのタイプの可能性がある。2つ目は、体外への放熱量が多いタイプである。手足の火照りは、体内の熱がむしろ外に放出されている状態であり、その結果、手足の表面温度が高くなる状態である。寒冷環境下で手甲の表面温度が低下しないのは、皮膚の血管収縮による体温維持機能が上手く働いていないからと予想され、高手甲温群の2人はこのタイプに相当すると考えられる。

図-6に、低手甲温群・高手甲温群の各温冷感に対応する空気温度を示す。両群の「やや寒い」のみに対応する空気温度に有意差がある。低体温群では、高手甲温群が低手甲温群よりも「やや寒い」に対応する空気温度が2℃ほど低いので、寒冷環境に耐性があると考えられる。この差には、体外への放熱量や基礎代謝量の大小が影響している可能性がある。「やや寒い」と感じる際の温熱環境の違いは、暖房の運転方法を決定する重要なところで、本研究ではデータ数が少ないが、今後の検証が待たれる。

### 3.3 基礎代謝量の高低による分類

被験者18人を二次調査で得られた基礎代謝量に基づいて新たに分類した。基礎代謝量は男女で異なるので、男女別の基礎代謝量の平均値を算出し、基礎代謝量が平均値から標準偏差を減じた値より低値を「低代謝群」、平均値に標準偏差を加えた値より高値を「高代謝群」、それ以外を「中代謝群」とした。その結果、低代謝群は3人(男1・女2)、中代謝群は12人(男3・女9)、高代謝群は3人(男2・女1)となった。3.1での低体温群の4人は、低代謝群に1人、中代謝群に1人、高代謝群に2人、分類された。

図-7は、実験室入室5分後の室温と手甲の表面温度の関係である。高代謝群の手甲の表面温度は室温の影響をあまり受けておらず、暖房なし時は他群と比べ有意にその

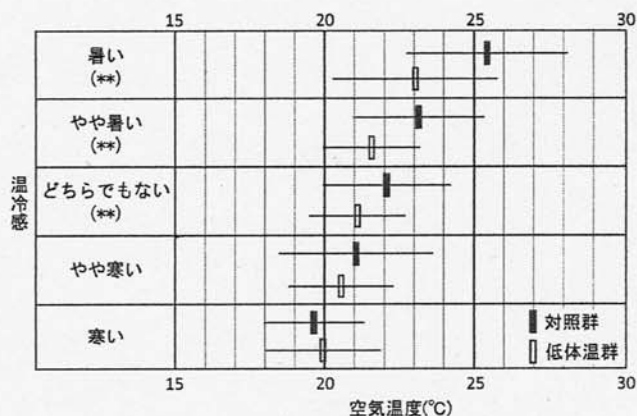


図-4 各温冷感に対応する空気温度

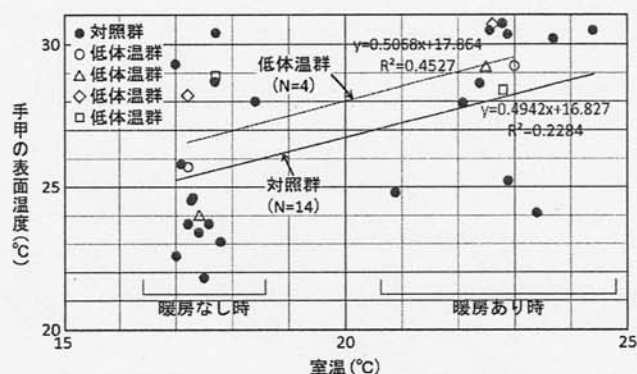


図-5 実験室入室5分後の室温と手甲の表面温度

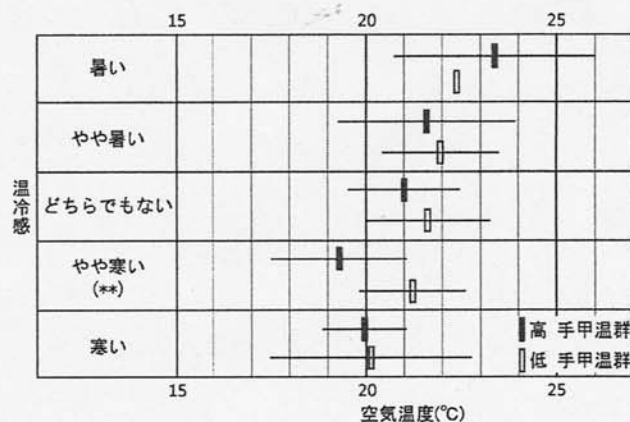


図-6 各温冷感に対応する空気温度(低体温群4人)

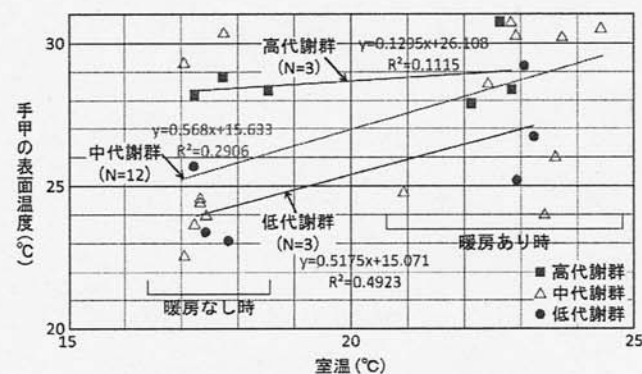


図-7 実験室入室5分後の室温と手甲の表面温度



傾向が強かった。低・中代謝群の手甲の表面温度は室温の影響を受けていて、低代謝群は中代謝群よりやや低い。以上から、20℃以下の温熱環境下では、低代謝群は他群に比べて代謝量が少ないため人体末端の血管収縮が強く働き、結果として手甲の表面温度が低くなる。一方、高代謝群は皮膚血管の収縮が起こらず放熱状態が続いているために手甲の表面温度が高い状態を保つと考えられる。

図-8に、一次調査で得られた各温冷感に対応する空気温度を基礎代謝量の分類に基づいて示す。「やや寒い」に対応する空気温度は、それぞれの群の間で有意差があり、基礎代謝量が高くなるにつれて室温は低くなる。高代謝群は低代謝群よりも「寒い」と感じる空気温度が2.5℃以上低い。すなわち、20℃以下の温熱環境では、高代謝群は低代謝群よりも「寒さ」への耐性があると考えられる。これは、寒冷環境下でのヒトの温冷感に代謝量（基礎代謝+運動による熱代謝）が影響していることを示唆している。

図-9に、基礎代謝量の低・中・高による想像温度<sup>3)</sup>と実際温度の関係を示す。低代謝群は、入室前・入室時・入室5分後の全ての申告で、想像温度が実際温度を下回り、実際温度よりも低い温度を想像する。想像温度の高低は、ふだんの生活における温熱履歴の影響を強く受けていると考えられるが、基礎代謝量の高低とヒトの想像温度についても何らかの対応関係があると考えられる。

#### 4. まとめ

- 1) 舌下温の高低によるヒトの温冷感の差は、室温20℃以上の温熱環境で生じやすく、低体温群は対照群よりも「暑い」と感じる室温が2℃ほど低く、暑さを感じやすい。低体温群は対照群よりも「暑さ」への耐性がないと考えられる。
- 2) 低体温群では、室温20℃以下の温熱環境で手甲の表面温度に最大4℃の差があり、手甲の表面温度が高い者は「寒い」と感じる室温が2℃ほど低い。手甲の表面温度が高い者は低い者より「寒さ」への耐性があり、これは基礎代謝量の高低が影響を与えていると考えられる。
- 3) 室温 20℃以下の温熱環境では、高代謝群に比べて低代謝群の血管収縮による皮膚温の低下が著しく、結果として低代謝群は高代謝群に比べて「寒さ」を強く感じると考えられる。
- 4) 低代謝群は中・高代謝群よりも任意の温熱環境下での室温を低く想像する傾向がある。ふだんの温熱履歴（暴露される熱環境）の影響が強くと考えられる。

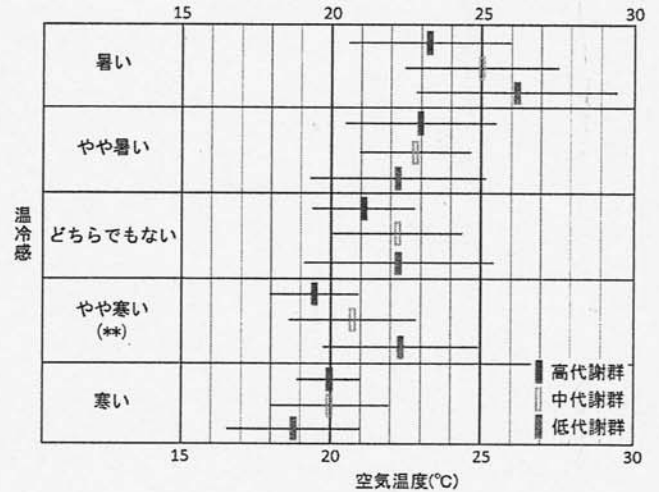


図-8 基礎代謝量の違いによる各温冷感に対応する空気温度

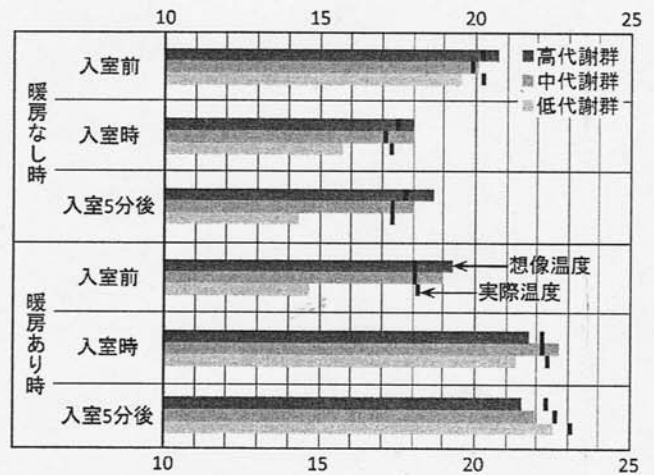


図-9 基礎代謝量の違いによる想像温度と実際温度(℃)

注) 本研究は、公立大学法人札幌市立大学倫理委員会に研究倫理の申請を行ない、審査・承認された内容について実施したものである。

#### 参考文献

- 1) 柴田真志・鶴木秀夫・土肥隆・松村浩貴・神吉賢一：起床時体温低値男子児童の身体活動、心臓自律神経活動動態および体温概リズム特性、2004。
- 2) 石原結實：「体を温める」と病気は必ず治る、pp. 24-25、三笠書房、2003. 9。
- 3) 齊藤雅也：ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究夏季の札幌における大学研究室を事例として、日本建築学会環境系論文集 第74巻 第646号、2009. 12。