

冬季住宅における冷え症者と非冷え症者の生理心理量の比較

Comparison of Physiological and Psychological Responses of People Sensitive to Cold and People Not Sensitive to Cold in Housing during Winter

河田 真理子

Mariko Kawada

要 旨

本研究では、冬季住宅における室内温熱環境が、冷え症者と非冷え症者の心理量および生理量に及ぼす影響を調べた。被験者は、5℃の人工気象室内で30分間身体を冷やされた後で、21℃の暖房室に60分間、および非暖房室（14℃、16℃、18℃の3条件）に15分間暴露された。心理量として全身および手足の温冷感と快不快感を、生理量として甲部/指先皮膚温を各室内で記録した。アンケートに基づいて被験者を冷え症群と非冷え症群に分けて、心理量と生理量の群間比較を実施した。その結果、(1)冷え症群・非冷え症群とも全身および手・足の温冷感と快不快感に強い正の相関があった。(2)甲部よりも指先の皮膚温のほうが手/足末梢(まっしょう)の温冷感との相関が高かった。(3)冷え症者は特に足に強い冷えを感じていた。これらの結果から、冬季住宅の快適性を検討するには、冷え症などの体質による影響を加味する必要があるといえる。

Abstract

In this study, focusing on a comfortable thermal environment for people sensitive to cold in housing during winter, subjective measurements were carried out experimentally. People sensitive to cold and people not sensitive to cold were selected as subjects. They were exposed to a climate chamber controlled to 5°C, heated room controlled to 21°C, and non-heated room controlled to 14°C, 16°C, and 18°C. The results of this study are as follows: (1) the whole body and hand/foot thermal sensation correlates well with thermal comfort in both groups of subjects; (2) in the case of examining the skin temperature of extremities during winter, that of fingers should be measured instead of the back of the hand and instep; and (3) people sensitive to cold felt cold, especially in their feet, during the experiment all the time.

When examining the comfort of residents in housing, it is very important to considering differences in their constitution.

1. はじめに

国土交通省の「スマート・ウェルネス住宅構想」にも見られるように、近年住宅の高性能化・高効率機器の活用による従来の「スマート住宅 (=エネルギー効率の良い住宅)」の概念を広げて、「ウェルネス (健康, 安全・安心)」の価値を創出しようという動きが高まっている[1].

住宅の健康性を考えるうえで、温熱環境の影響は非常に大きいといわれている[2]. しかし日本の住宅では必要となるときに必要な部屋のみ空調を使う間歇 (かんけつ) 冷暖房空調が多く、特に冬季では暖房室と非暖房室の室温差が大きい。これは冷えの症状やヒートショックの大きな原因となる可能性がある[3][4].

1032人 (20歳以上, 男女比率1:1) を対象とした (株) マクロミルによるWebアンケート調査[5]では、普段感じている健康上の悩みとして「冷え症」が上位 (全体の25.0%) であり、特に20歳~40歳の女性の50%程度が冷え症に悩んでいることが報告されている。このような状況を背景に、日本では「冷え症」に関する多くの研究がなされている。しかし既往研究は、いまだ医学的定義が不明瞭である「冷え症」について、「冷え症」かどうかの判断基準の提案[6][7]や鍼灸 (しんきゅう) 手技療法による対策検討[8]のように医学生理学分野のものが多く、実

際に空調制御された住宅環境状況に近い状態において、冷え症者に関する詳細な生理量・心理量を測定し評価した研究は極めて少なく、夏季の冷房使用時の冷えの性差についての報告[9]が見られるのみであった。

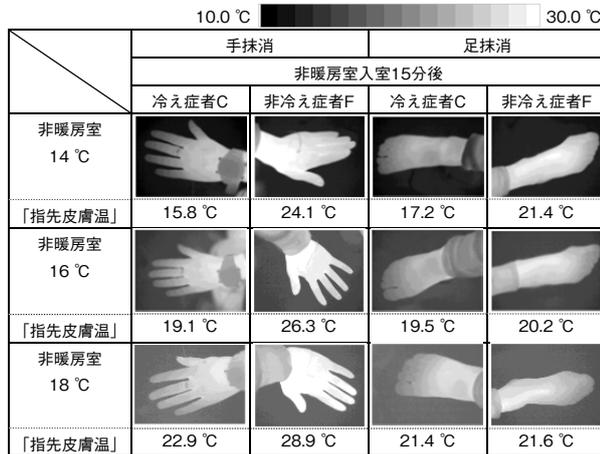
本稿では、特に冷えの症状が出やすい冬季において、対象者を冷え症者と非冷え症者にグループ分けしたうえで被験者実験を行った結果について述べる。本実験の目的は、日常生活で起こりうるパターンでの冬季住宅での曝露 (ばくろ) スケジュールにおける室内温熱環境が両者に与える影響を生理的・心理的側面から詳細に比較検討することである。居住者の意思で室内温熱環境を制御しやすい状態にある住宅では、空調制御法を工夫することで、普段からの冷えの症状を最低限に抑えられる可能性も十分に考えられる。

2. 冬季の冷え症者の実態と非暖房室の室温

2.1 冬季の冷え症者の実態

2013年に実施したWebアンケート (N=93, 冷え症自覚ありの女性) によると、冷え症者の女性が冬に自宅で冷えを感じるシーンのなかで最もつらいものとして「就寝時布団の中でも冷えている部分に戻らない」ことがある。また、冬季に非自宅で特に冷えを感じる部位として

は「足の指先」が最も多く(約60%)、「手の指先」という回答も多数(約30%)見られる。実際に冬季に冷え症者が冷えを訴えた際の手足のサーモグラフィー画像でも、指先の温度が他の部位に比べて極端に低いことがわかる(第1図)。



※「指先皮膚温」：指先5本の最低表面温度を平均した

第1図 冷え症者と非冷え症者の非暖房室入室15分後における手足末梢の熱画像と指先温度

Fig. 1 Thermal image of hand and feet, and skin temperature of fingers after 15 minutes in non-heated room

2.2 暖房を使用していない寝室の室温

前述のように、日本の住宅では個別間歇冷暖房が主であり、全館連続空調の採用は少ない。このため、暖房されている部屋(以降、暖房室)と暖房されていない部屋(以降、非暖房室)には大きな温度差が発生する。次世代省エネ基準を満たしている住宅であったとしても、非暖房室である主寝室の厳冬期の就寝前の室温は13℃程度であり、20℃に暖房された暖房室との温度差は7℃以上になる(注1)。

この環境が就寝前の冷えを引き起こし、2.1節で述べたようにその冷えが回復しないことが冷え症者に苦痛を与えていると考えられる。そのため、本研究では対象室を就寝前の主寝室と想定して検討をすすめる。

3. 被験者実験概要

3.1 実験場所・実験条件・被験者・実験手順

実験は当社の住宅・技術研究所の人工気象室に建設された2階建て実験住宅で行った。

被験者選定には寺澤による『「冷え症」の判断基準』[7]

(注1) 住宅用環境シミュレーションソフトSimHeatを用いてSMASH気象データ大阪で123m²の2階建て住宅プランにて計算した場合の値。

を使用した。この判断基準は、3つの重要項目と5つの参考項目で構成されたアンケート調査により、冷えの自覚や症状に関する各項目を点数化し、冷え症者かどうかを判断するものである。事前に上記アンケート調査を行い、冷え症者と判断された女性3名・非冷え症者と判断された女性3名を被験者として選出した。

実験条件は、冬季に外出から帰宅し、暖房された居室で休憩した後に暖房されていない寝室へ入室することを想定して設定した。具体的には、外気を模した前室の人工気象室内に30分間、暖房室に60分間曝露させた後で、非暖房室に15分間曝露させた。実験中の姿勢は全てにおいて椅座位安静とした。実験中の移動は、実験者が付き添いなるべくすばやく行うようにした。第1表に実験で用いた各部屋の温度と着衣条件を示す。人工気象室の気温は5℃とした。暖房室の気温は、エアコンを20℃設定としたが、実際には21℃であった。非暖房室の温度の違いが温熱感に及ぼす影響を調べるために、非暖房室の気温は14℃、16℃、18℃の3条件とした。第2表に温熱環境測定項目を示す。それぞれの項目について、暖房室・非暖房室とも中央1点で測定を行った。実験は条件ごとに被験者を3グループに分けて計3回行い、条件間の影響に考慮して1日に実施する条件は1条件とし3日間連続で実施した。なお、食物摂取による影響を統一するため、毎回実験30分前に軽食を取らせた。

第1表 実験条件

Table 1 Experimental conditions

条件名	非暖房室_14℃	非暖房室_16℃	非暖房室_18℃
外気条件	人工気象室設定温度5℃		
暖房室条件	エアコン設定温度20℃		
非暖房室条件	室内設定温度 14℃	室内設定温度 16℃	室内設定温度 18℃
被験者	冷え症者：女性3名、非冷え症者：女性3名、 (『「冷え症」の判断基準』[7]より)		
着衣条件	下着上下+キャミソール+長袖Tシャツ +スウェット上下+靴下+スリッパ (人工気象室外気暴露中は上記に加えて防寒着を着用)		
代謝量	1.0 met (注2) (椅座位安静)		

第2表 温熱環境測定項目

Table 2 Measurement items of thermal environment

測定項目	測定点数・高さ	測定間隔
空気温度	1F暖房室・2F非暖房室 (ともに床上0.6m) 計2点	1 min
相対湿度		
平均放射温度		
気流速度		

(注2) 1 metは着座安静時の人体代謝量。1 met=58.15 W/m²。

3.2 測定項目

第3表に心理量測定項目を示す。冷え症者は特に手/足末梢(まっしょう)に冷えが出やすいことがわかっていて[10]ことから、全身に加えて手/足末梢の温冷感・快不快感についてそれぞれ7段階スケールの任意の場所にチェックをつける方法で申告させた。

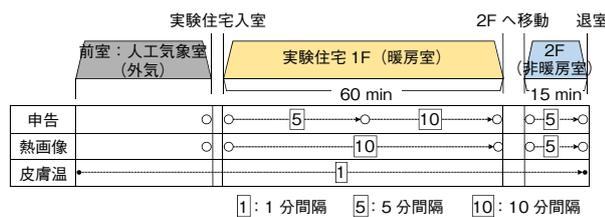
生理量測定項目として、皮膚温をHardy-DuBoisの7点法測定点[11]に足裏を加えた8点で測定した。また、冷え症者は特に手/足末梢が冷えることから、手/足末梢の熱画像を撮影した。

心理量申告および皮膚温・熱画像測定のスケジュールを第2図に示す。心理量申告は、暖房室入室後30分間は5分間隔、その後10分間隔で行い、非暖房室入室後は5分間隔とした。熱画像撮影は暖房室では10分間隔、非暖房室では5分間隔で行った。また、皮膚温は実験を通じて1分間隔で記録した。

第3表 心理量測定項目(申告項目とスケール)

Table 3 Measurement items of psychological responses

	温冷感	快不快感	適温感
	全身・手抹消・足抹消		全身
+3	暑い	非常に快適	今より暖かいほうがよい
+2	暖かい	快適	
+1	やや暖かい	やや快適	
0	どちらでもない	どちらでもない	このままでよい
-1	やや涼しい	やや不快	今より涼しいほうがよい
-2	涼しい	不快	
-3	寒い	非常に不快	



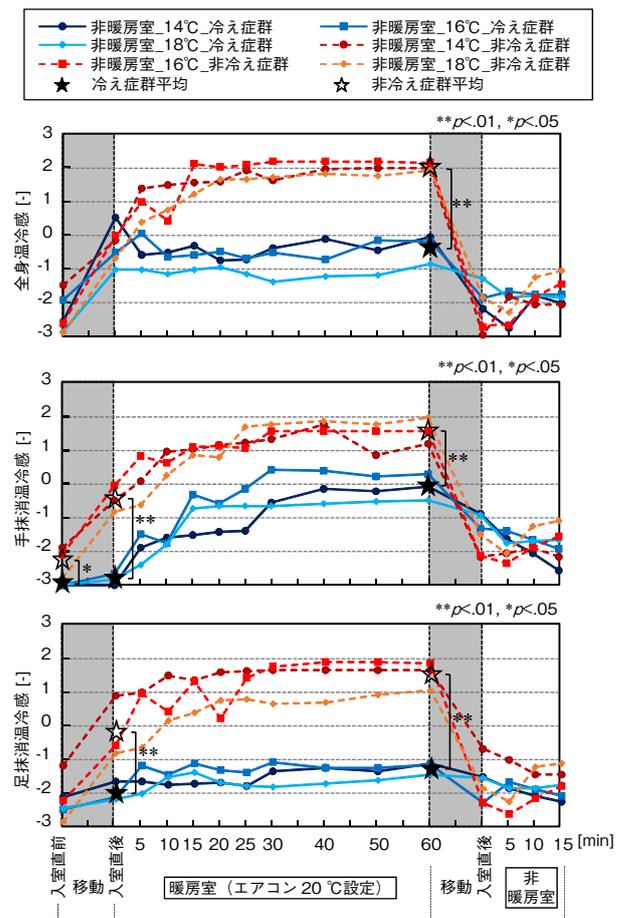
第2図 実験手順
Fig. 2 Experimental procedure

4. 心理量測定結果

第3図に全身・手/足末梢における温冷感の経時変化をそれぞれ示す。条件ごとに冷え症者、非冷え症者それぞれ3名の申告結果を平均値で示した。また、暖房室入室直前(人工気象室での曝露30分後)、暖房室入室直後、申告が定常に近づいた暖房室入室60分後において、非冷え症者と冷え症者それぞれの全条件での申告値を平均し、対応のない検定により有意差判定を行った。

暖房室入室直後は、全身温冷感には2群で大きく差が見られなかったのに対し、手/足末梢温冷感には明らかに差があった。特に手末梢については冷え症群が入室直前から変わらずに-3に近い申告であったのに対し、非冷え症群は-0.5程度の申告となっていた($p < .01$)。その後、手末梢温冷感については両群で暖かい側へ回復したが、足末梢については暖房室入室60分後においても冷え症群では1程度の回復しか見られず、両群で温冷感の申告に明らかな差が確認できた($p < .01$)。全身温冷感については非冷え症群では暖房室入室60分間で2程度申告が上昇しているのに対し、冷え症群ではあまり回復が見られず、-0.5程度のままの申告となった($p < .01$)。

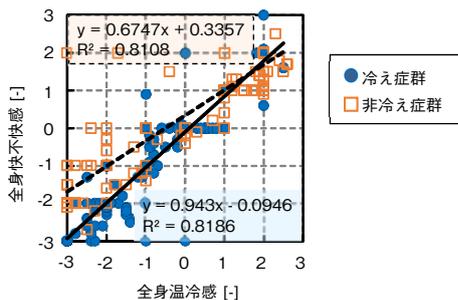
非暖房室入室直後の温冷感申告については、非暖房室18℃を除く全条件で非冷え症群のほうが冷え症群よりも寒い側の申告となり、急激な温冷感の低下が確認された。このことから、非冷え症群のほうが気温の低下に敏感に反応しやすいと考えられる。その後の滞在時間で冷え症群は申告の変化はあまり見られなかったが、非冷え



第3図 全身・手/足末梢における温冷感の経時変化
Fig. 3 Temporal changes in thermal sensations of body, hand and feet

症群では全条件で暖かい側へ上昇した。非暖房室滞在時の手/足末梢温冷感では、冷え症群は経時的に寒い側に低下する傾向があるのに対し、非冷え症群では非暖房室16℃、非暖房室18℃では経時的に暖かい側へ上昇した。

第4図に全身の温冷感と快不快感の関係を示す。グラフには実験中の全申告を冷え症群・非冷え症群に分けてプロットした。全身温冷感が1以下の範囲では非冷え症群のプロットの多くが冷え症群のプロットよりも快適側に分布していた。前述の温冷感の経時変化と合わせて考えると、非冷え症群は温冷感について周囲温熱環境の変化に伴って敏感に反応するが、冷え症群と比べて全身の寒さを不快に感じにくいといえる。快適感が最も高いときの温冷感冬季では暖かい側である[12]といわれており、本被験者実験でも同様の結果となったが、冷え症群と非冷え症群で上記のような明らかな差が出たことから、同様な傾向のなかでも、体質差や温熱環境への好みの違いでかなりの個人差があるということが示された。



第4図 温冷感－快不快感の関係

Fig. 4 Relationship between thermal sensations and comfort sensations

5. 甲部皮膚温と「指先皮膚温」の検討

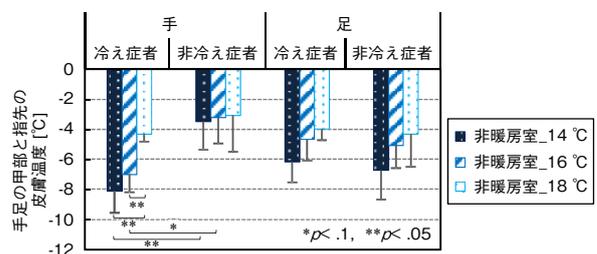
5.1 手/足末梢の熱画像の考察と指先皮膚温の読み取り

第1図に条件別に冷え症者Cと非冷え症者Fの代表者2名の非暖房室入室15分後における手/足末梢の熱画像を示した。第1図からも明らかなように、冷え症の最も特徴的な現象は手足末梢の極度の冷えであるため、本報では熱画像から手/足指先のそれぞれ5本の最低表面温度を読み取り、それを平均した値を「指先皮膚温」として定義した。第1図のように、冷え症者Cは非暖房室に曝露されると、非冷え症者Fに比べて手/足指先が極度に冷える結果となった。

5.2 甲部皮膚温と「指先皮膚温」の違い

第5図に非暖房室入室15分後における手/足の甲部皮膚温と「指先皮膚温」の差を示す。条件ごとに冷え症者3

名と非冷え症者3名の結果をそれぞれ平均値で示した。また、条件間・非冷え症群と冷え症群間で対応のない検定により有意差判定を行った。第5図より、手/足甲部皮膚温より手/足「指先皮膚温」が低いことがわかる。特に手の非暖房室_14℃において冷え症群では8℃差があった。また、手においては条件間、冷え症群と非冷え症群間でそれぞれ有意差が確認された。足においては、冷え症群と非冷え症群間では違いは出なかったが、条件間では非暖房室の室温が低いほど温度差が大きくなる傾向が見られた。



第5図 手/足の甲部皮膚温－「指先皮膚温」の比較
(非暖房室入室15分後)

Fig. 5 Comparison of the skin temperature of insteps with fingers
(15 minutes after going in non-heated room)

5.3 手/足「指先皮膚温」の経時変化

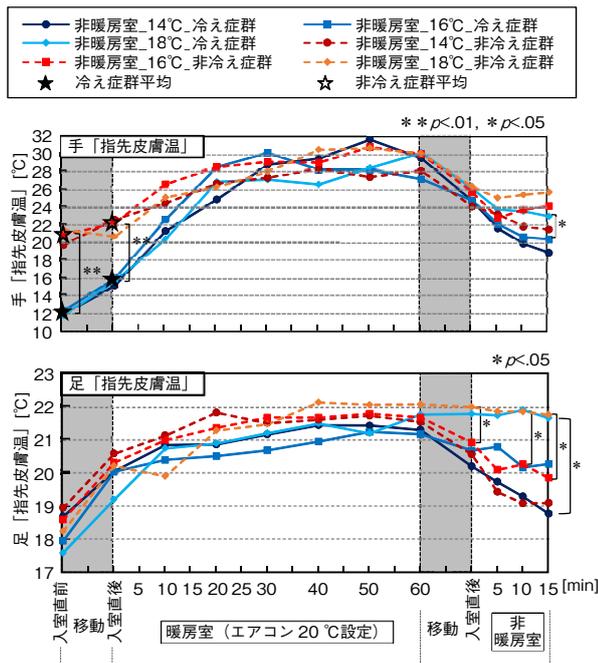
第6図に手/足「指先皮膚温」の経時変化を示す。条件ごとに冷え症群と非冷え症群3名ずつの測定値をそれぞれ平均値で示した。このデータについて暖房室入室直前・暖房室入室直後・暖房室入室60分後の3時点で、冷え症群と非冷え症群それぞれの全条件での「指先皮膚温」を平均し、対応のない検定を、各条件での温熱環境が異なる非暖房室への入室後からの皮膚温の有意差については各条件別に有意差判定を行った。

暖房室入室直前の手「指先皮膚温」は非冷え症群が20℃～21℃であるのに対し、冷え症群は12℃となり明確な差が確認された ($p < .05$)。足指先については有意差は確認されなかった。

暖房室入室滞り時は冷え症群・非冷え症群ともに手/足指先の皮膚温が回復した。特に冷え症群の「指先皮膚温」の回復は大きく、入室60分後には非冷え症群とはほぼ同等の皮膚温となった。

非暖房室入室後は手/足「指先皮膚温」は冷え症群・非冷え症群ともに低下し、非暖房室14℃、非暖房室16℃、非暖房室18℃の順に低下の度合いが大きかった。また、非冷え症群では非暖房室16℃・非暖房室18℃条件において入室10分後からは手「指先皮膚温」が上昇する傾向が見られた。足「指先皮膚温」については、非暖房室18℃

条件では冷え症群・非冷え症群ともにほぼ皮膚温は低下しなかった。非暖房室入室15分後について、手「指先皮膚温」では冷え症群で非暖房室_16℃条件と非暖房室_18℃条件間で有意差 ($p<0.05$) が、足「指先皮膚温」では非冷え症群の非暖房室_16℃条件と非暖房室_18℃条件間で、また冷え症群の非暖房室_14℃条件と非暖房室_18℃条件間でそれぞれ有意差 ($p<0.05$) が確認できた。

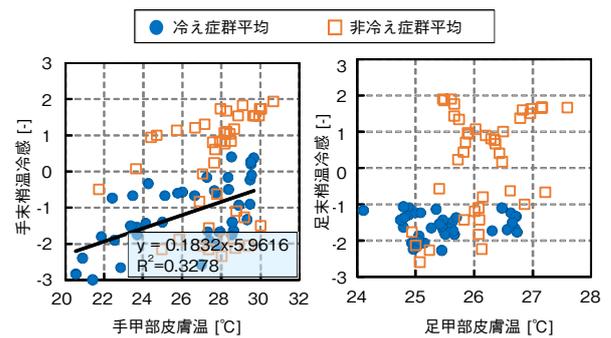


第6図 手/足「指先皮膚温」の経時変化

Fig. 6 Temporal changes in skin temperature of fingers/toes

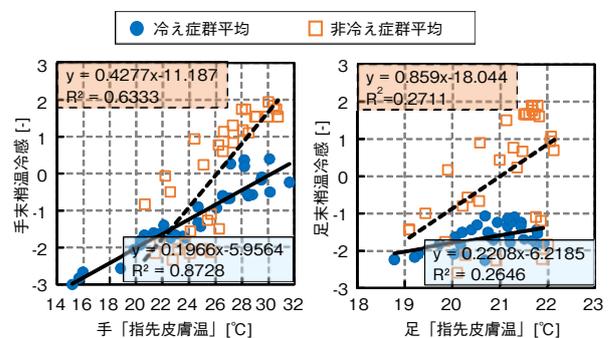
5.4 甲部/「指先皮膚温」と温冷感の相関関係

第7図に手/足甲部皮膚温と手/足末梢温冷感の相関関係を、第8図に手/足「指先皮膚温」と手/足末梢温冷感の相関関係をそれぞれ示す。グラフには実時間における申告とその時間の皮膚温を冷え症群・非冷え症群に分けてプロットした。これらは冷え症者3名と非冷え症者3名の測定値をそれぞれ測定時間ごとに平均してプロットした。第7図より、冷え症群の手甲部皮膚温-手末梢温冷感において弱い正の相関があるものの、他においては相関関係が確認できなかった。一方で、第8図に示したように、手「指先皮膚温」と手末梢温冷感との間には冷え症群で $R^2=0.87$ 、非冷え症群で $R^2=0.63$ と、ともに正の相関関係が確認された。手末梢温冷感が0の中立申告のとき、手「指先皮膚温」はそれぞれ冷え症群で30℃、非冷え症群で26℃となり、手末梢温冷感に大きな違いがあることがわかった。4章で示した温冷感申告同様、非冷え症者のほうが冷え症者に比べて、手「指先皮膚温」につ



第7図 手/足甲部皮膚温-手/足末梢温冷感の相関関係

Fig. 7 Relationship between thermal sensation of hands/feet and comfort sensation on the back of the hands/insteps



第8図 手/足「指先皮膚温」-手/足末梢温冷感の相関関係

Fig. 8 Relationship between thermal sensation of fingers/toes and comfort sensation on the back of the hands/insteps

いても敏感に反応していると考えられる。足「指先皮膚温」と足末梢温冷感との間にも冷え症群で $R^2=0.26$ 、非冷え症群で $R^2=0.27$ と、弱い正の相関関係が確認された。以上のように、冬季における手足末梢の温冷感には、それぞれの甲部の皮膚温ではなく、甲部よりも低くなりやすい指先の皮膚温とのほうが関係性が強いことが示された。

冷え症群は手「指先皮膚温」が15℃~32℃の広範囲に分布し、手末梢温冷感と正の相関関係があるものの、手末梢温冷感にはほぼ寒い側のみとなっている。また、足末梢に関しても、冷え症群と非冷え症群ともに19℃~22℃の範囲に分布しているが、冷え症群は温冷感が-1以下の申告値しかない。それに対して、非冷え症群は手/足の「指先皮膚温」と温冷感にそれぞれ正の相関関係があり、温冷感も暖かい側から寒い側まで大きく分布がある。よって、冷え症者は冬季住宅での生活において、一度手/足の指先が冷えて「冷たくて不快」だと感じた後、皮膚温が回復した場合でも終始手末梢の温冷感を不快に感じている可能性が推測される。

温冷感や熱的快不快感などの体感温と密接な関係をもつ平均皮膚温の算出方法はHardy-DuBoisの7点法[11]を

はじめさまざまな式が提案されている。しかしこれらの提案式に必要な皮膚温の測定部位として、手/足の指先皮膚温を必要としているものは皆無に近い。氷水浸漬や氷点下以下の寒気曝露での指先皮膚温を検討した研究[13][14]はあるものの、本実験のように日常生活環境下での実験において指先の皮膚温を測定・考察すること自体あまりされていないと考えられる。一般的に手/足末梢の皮膚温として測定されている部位は甲部であるが、今回の実験結果より、冷えが慢性的に出やすい冬季の寒冷環境においては、手/足末梢の皮膚温を検討する場合には甲部の皮膚温ではなく、指先の皮膚温について検討する必要があることが示された。

6. まとめ

日常の生活パターンに近い冬季住宅において、室内温熱環境と室間温度差が冷え症者と非冷え症者それぞれに与える影響を生理的・心理的側面から詳細に比較検討することを目的として、複数の室間温度差条件の下で被験者実験を行った。以下に得られた知見を述べる。

(1) 全身温冷感と快不快感を検証した結果、冷え症群は各部位で終始にわたり寒い側、不快側の申告が大半を占めた。一方非冷え症群は全身温冷感が-3のとき、快不快感は-1.8程度であり、各温冷感に対する快不快感の感じ方は冷え症者と非冷え症者で異なる傾向がある。

(2) 手/足末梢の熱画像から、冬季の寒冷環境下(18℃以下)では甲部皮膚温より「指先皮膚温」のほう明らかに低かった。また、手/足末梢温冷感(手/足甲部皮膚温とは相関が見られないが手/足「指先皮膚温」とは正の相関があり、冷えが生じやすい冬季においては、手/足末梢皮膚温として甲部ではなく指先の皮膚温について検討する必要性が示された。

(3) 冷え症群は実験を通じて終始足の強い冷えを感じていた、また同じ温冷感であっても冷え症者のほうが非冷え症者より快適感が不快側となっており、住宅の設計や空調設備計画の際に居住者の快適性を考慮する場合、冷え症などの体質による影響を加味する必要があることが示唆された。

日本の住宅は一般的に欧州などと比べて断熱性能が低く、また間歇冷暖房が多く採用されているため、日常生活において上記のように冷え症者が不快を感じていることは多いと考えられる。居住者が冷え症などの体質にかかわらず健康・快適な生活を送るためにはいわゆる暖房室のみの室温を高く保つのではなく、高断熱化もしくは連続空調を採用して家全体の温熱環境を改善する必要がある。

本研究は早稲田大学創造理工学部建築学科田辺新一研究室との共同研究成果の概要を報告したものであり、図表は既発表論文[15]を引用した。田辺新一教授、都築弘政氏(当時早稲田大学大学院)をはじめ関係各位より多大なご指導、ご助言、ご協力をいただきました。ここに謝辞を表します。

参考文献

- [1] 村上周三 他, "住生活における新しい価値の創出と新しい社会への対応～スマートウェルネス住宅研究開発委員会における検討状況の報告～," IBEC, vol. 35, no. 5 2015
- [2] 岩前篤 他, "住宅温熱環境の居住者健康性に与える影響に関する研究," 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2011, pp.7-8 2011.
- [3] 伊香賀俊治 他, "健康維持増進に向けた住環境評価," 第43回熱シンポジウム「居住環境における寒さと健康・快適」, 日本建築学会, 東京, 2013.
- [4] 岩前篤 他, "居住温度の人体健康性に及ぼす影響の検討(その1)神戸市救急搬送データによる低温の影響評価," 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 65-66, 2007.
- [5] (株)マクロミル, 2014年度健康意識に関する調査 結果報告書.
- [6] 物部博文, "心理学的手法による冷え性定量評価の提案～冷え性傾向尺度の作成と関連要因の検討～," 日本生理人類学会誌, vol. 14, no. 2, pp.43-50, 2009.
- [7] 寺澤捷年, "漢方医学における「冷え症」の認識とその治療," 生薬学雑誌, vol. 41, no. 2, pp.85-96, 1987.
- [8] 和田清吉, "冷え症と鍼灸手技療法," 関西鍼灸短期大学年報4, pp.61-66, 1989.
- [9] 磯田憲生 他, "夏季の冷房仕様による冷えの性差に関する研究," 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.513-514, 2010.
- [10] 宮本教雄 他, "若年女性における四肢の冷え感と日常生活の関係," 日本衛生学雑誌, vol. 49, no. 6, pp.1004-1012, 1995.
- [11] Hardy, J. D. et al., "The Technique of Radiation and Convection," J. Nutrition, vol. 15, pp. 461-465, 1938.
- [12] 久保博子 他, "温冷感と快適感の季節差に関する実験的研究," 人間と生活環境, vol. 1, no. 1, pp.51-57, 1994.
- [13] 東隆暢, "手冷水浸漬が指尖皮膚温ならびに寒冷痛におよぼす影響の季節変動に関する研究," 産業医学, vol. 22, no. 1, 1980.
- [14] 菅原正志, "寒気曝露による寒冷血管反応の吟味," 日本体力科学, vol. 37, no. 3, pp.33-40, 1988.
- [15] 都築弘政 他, "冬季住宅における冷え症者と非冷え症者の生理心理量の比較," 日本建築学科環境系論文集, vol. 80, no. 709, pp. 211-219, 2015.

執筆者紹介



河田 真理子 Mariko Kawada
パナホーム(株)住宅・技術研究所
Technology and Housing Research Institute,
PanaHome Corp.