

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：34517

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00804

研究課題名(和文)個人差を考慮した省エネで快適な室内温熱環境調節に関する研究

研究課題名(英文)The Study on indoor thermal environmental regulation for thermal comfort and energy-saving in consideration of individual variation

研究代表者

佐々 尚美 (Sassa, Naomi)

武庫川女子大学・生活環境学部・准教授

研究者番号：50379525

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：個人の温熱的特性に応じた、省エネかつ快適な冷暖房器具の使用法を提案することを目的に、アンケート調査および人工気候室実験、実測調査を実施した。その結果、冷え症は全体の冷え軽減に関する暖める部位の満足度は足元が平均して高く、腹は個人差が大きく、暖める部位により冷え軽減効果が異なっていた。暑さ軽減に関して、上半身が冷えることなくできたのは脛に風をあてた時であり、下半身が冷えることなくできた風のあてる部位は評価が分かれた。また、省エネ行動実施につながる方法として「行動一覧表を家の目につきやすい場所に貼る」や「省エネ行動に関する情報を発信するSNSをフォローする」が取り組みやすく、効果が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで多数提案されている環境に配慮した住まい方の多くは、標準的な人を対象に提案されている場合がほとんどである。しかし、それほど差が無いと考えられる女子大学生でも快適な気温には約7℃の違いが認められる事からも、冷え症などの多様な居住者がいる中、これからは多様な居住者を考慮した指針が必要である。また、室内温熱環境に関しては室内の設定温度の提案が多く、エアコンや床暖房以外に販売されている様々な冷暖房器具の使用の検討は少ない。

本研究において、冷え症など個人による違いと省エネばかりでなく快適性も考慮することは、より環境に優しい住まい方となることにつながり、有意義であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to propose the method for using the air conditioning in consideration of the energy saving and the thermal comfort, by the thermal individual variation. The experiments were carried out in climate chamber and in everyday life. And we carried out the questionnaire survey.

The results were as follows;

For sensitivity to the cold, when heating her footing, the improvement of the cold of her whole body was high. The effect of the improvement of the cold changed with parts to warm. Without cooling at upper half of the body, when exposing her shin to wind, the improvement of the heat was high. And without cooling at lower half of the body, the effect of the improvement of the heat changed with parts of exposing wind.

研究分野：住環境学

キーワード：省エネルギー 冷暖房器具 快適感 個人差 温熱環境 人工気候室実験 実測調査 住まい方

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告では、経済成長やエネルギー構造などについて複数のシナリオに基づく将来予測として、21世紀末までの日本の平均気温は約2~4℃上昇¹⁾とし、民政部門における一人当たりのエネルギー消費量は以前と比べ増加²⁾しており、家庭での早急かつ適切な対応が求められる。世帯当たりの用途別エネルギー消費の推移をみると、家庭では冷暖房器具の使用に最も多く電力を消費しており、この点を如何に工夫するかが、より省エネにつながると考えられる。これまでも、環境にやさしい省エネルギーな住まい方に関して様々検討され、パンフレット配布やHP上への掲載など、広く住まい方の提案がなされている。また、冷暖房器具の購入の際には、電化製品の省エネ性能が分かる資源エネルギー庁による「省エネ性能カタログ」や省エネ製品買換ナビゲーション「しんきゅうさん」³⁾等で家電を選ぶ際に参考にできる様になっている。しかし、これらは一般的な情報であり、多種生産されている冷暖房器具の中から、暑がりや冷え症など個人の温熱的特性が異なる人達が、どれを選び、どのように使用したら、自身の温熱的特性に合い、快適で省エネとなるか、十分な情報は提供されていない。また、冷暖房に関する既往研究は設定温度の提案⁴⁾などが多く、個人の温熱的特性を考慮して多種ある冷暖房器具を比較検討されている研究は少ない。健康な女子大学生でも快適な室温には約7℃の違いがある⁵⁾など個人差は大きく、個人の温熱的特性を考慮して、これからの環境に配慮した住まい方の検討する事が必要である。

2. 研究の目的

現在、地球環境の悪化や供給電力の不確定さ、エネルギー消費量の増加など様々な問題が生じており、環境に配慮して暮らす事が求められている。住まいの中では冷暖房器具に関するエネルギー消費量が最も多く⁶⁾、この点を如何に工夫するかが重要である。既に多数の環境に配慮した住まい方が提案されているが、快適な室温には約7℃の差⁵⁾が認められる様に個人差は大きく、例えば、提唱されている「夏は28℃、冬は19℃に温度設定」では実行が難しい場合も考えられる。また、様々な冷暖房器具が販売されているが、その中から、暑がりや冷え症など温熱的特性が異なる人が、どれを選びどのように使用したら、省エネかつ快適となるか十分な情報は提供されていない。そこで、個人の温熱的特性に応じた、省エネかつ快適な冷暖房器具の使用法を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 日常生活での冷暖房使用状況および温熱環境の実態の把握

「アンケート調査」および「実測調査」により検討した。アンケート調査の質問項目は、回答者の属性（冷え性の有無など）、省エネ行動の取り組み（環境問題への関心の有無、省エネルギーのイメージなど）などとした。2016年9~10月に91名の女子大生を対象に実施した。

実測調査は、人体周囲温及び生活行動（居場所など）、冷暖房器具使用状況、主観申告（温冷感・快適感など）などを測定した。被験者には普段通りの生活を1日（冬期は2日間）送ってもらった。2016年8~9月に12名の、2017年2月に9名の女子大生を対象に実施した。

(2) 省エネ行動実施につながる方法の検討

「アンケート調査」および「実測調査」により検討した。アンケート調査の質問項目は、回答者の属性（冷え性の有無など）、省エネ行動の取り組み（環境問題への関心の有無、省エネルギーのイメージなど）、省エネ意識継続（エアコン設定温度の伝え方、省エネ行動促進方法評価など）とした。2016年7~8月に134名を対象に実施した。

実測調査は、(1)にて2016年8~9月に12名に実施した実測調査において普段通りの生活の測定を実施後に、省エネ行動一覧表を参考にするとともに、省エネ行動実施による効果などの情報をSNSによるメッセージ受信群と非受信群に分けて省エネを心がけた生活（省エネ条件）を送ってもらった後、できるだけ省エネを意識した生活を数週間送ってもらい、2日間普段通りの生活での調査を実施した。尚、メッセージ受信群は調査終了まで同様にメッセージを受信し続けた。

(3) 各種冷暖房器具の使用法の検討

① 風を当てる部位の検討

気温30℃、相対湿度50%に設定した人工気候室に入室後、スポット扇風機を用いて風をあてる部位を胸（扇風機の中心を床上高さ80cm・前面から）および脛（同様に床上高さ30cm・前面から）、上腕（同様に床上高さ80cm・横から）の3条件と、扇風機の高さと被験者からの距離を10分置きに自由に変更する条件を実施した。風の強さは10分置きに快適となる様に被験者自身が30分間調整し、生理心理反応を測定した。2019年8~9月に健康な女子大学生11名に実施した。

② 暖房器具別の暖める部位の検討

暖房器具はファンヒーター及びカーボンヒーターを用い、いずれも縦向きあるいは横向きの2条件とし、更に気温のみ調節するエアコン条件の合計5条件実施した。暖房器具の設定はファンヒーターは弱、カーボンヒーターは省エネモードとした。前室は気温24℃、相対湿度50%とし、気温15℃、相対湿度50%に設定した人工気候室に入室後は、暖房器具条件の場合は人工気候室の運転を停止し、以後、快適になる様に、10分おきに暖房器具の距離を自由に移動させながら、心理生理反応を測定した。2018年2~3月に健康な女子大学生11名（冷え症および冷え症でな

い) に実施した。

③温風を当てる部位の検討

暖房器具はファンヒーターを用い、風量を弱にして用い、暖気が脛あるいは腹、腰にあたる様に調整した3条件に加え、温風の当たる高さ及び被験者からの距離を10分おきに自由に調節する条件の合計4条件実施した。冬服(1c1o)を着用し、前室は気温24℃、相対湿度50%とし、気温15℃、相対湿度50%に設定した人工気候室に入室後は、人工気候室の運転を停止し、各条件において30分間、心理生理反応を測定した。また、冷え状況を確認する設定気温評価実験も実施した。2019年2~3月に冷え症の自覚があり冷え症と判定された健康な女子大学生11名に実施した。気温15℃、相対湿度50%に設定した人工気候室に入室後、10分置きに30分間自由に暖房器具を移動する条件と、この30分後の暖房器具の位置から始め、10分置きに30分間自由に暖房器具を移動する条件の2条件を協力が得られた冷え症の女子大生2名に、2020年2月に実施した。

(4) 省エネかつ快適な冷暖房器具の使用の実空間での検証

①省エネを考慮した実験結果の実生活への効果

省エネを考慮した人工気候室実験の結果を開示して、実生活でその効果が得られるかを検討した。気温32℃、相対湿度50%に設定した人工気候室に夏服着用にて入室後、省エネを考慮しつつ快適になる様に気温と気流を60分間10分置きに自由に調整した人工気候室実験での最終的に調節した気温と扇風機の使用有無を各被験者に開示し、実測調査において普段通りの生活と、実験結果を参考に周囲気温を気にしながら省エネを心がけた生活を各々2日間を送ってもらい、生活行動及び冷房器具使用状況、省エネ行動の取り組みの評価、人体周囲温等を測定した。2017年7~9月に健康な女子大学生8名に実施した。

②省エネ意識のみを考慮した場合と省エネを考慮した人工気候室実験結果を考慮した場合の実生活への効果の比較

①と同じ条件の気温32℃、相対湿度50%に設定した人工気候室に夏服(0.2c1o)着用にて入室後、「普段通り」および「省エネを考慮しつつ快適」になる様に、気温と気流を60分間10分置きに自由に調整し、皮膚温や温冷感等の主観申告等を測定した。実測調査では、1日目は普段通り、2日目は省エネを考慮、3、4日目は実験結果を参考に省エネを考慮した生活を送ってもらい、生活行動及び冷房器具使用状況、省エネ行動の取り組みの評価、人体周囲温等を測定した。2018年7~9月に健康な女子大学生11名に実施した。

4. 研究成果

(1) 日常生活での冷暖房使用状況および温熱環境の実態の把握

アンケート調査では、夏期は9割弱がエアコンと扇風機の併用使用であり、扇風機は約8割が「暑いと感じたらすぐ」使用し、「弱」や「微」と設定する割合が9割弱と高かった。クーラーは約5割が「暑いと感じたらすぐ」使用するが、約3割は「限界まで我慢する」とし、25~28℃の範囲に設定する割合が約9割と高かったが、23℃の低温に設定する者も見られた。いずれも毎日使用が多かった。エアコン使用時は「電気代」「乾燥」「体が冷えすぎる」が、扇風機使用時は「風が一部しかあたらない」「部屋が涼しくならない」「風が直接あたる」を問題とする割合が高く、異なる傾向を示した。暖房器具の使用はエアコンが最も多く、次いでファンヒーター、電気ストーブの順に多く、いずれも「寒いと感じたらすぐ」使用する割合が高かった。暖房器具を求める性能は「すぐ暖かくなる」や「室内全体が暖かくなる」などが多く、局所暖房器具は前者を、エアコンは後者を選んだ理由として挙げており、「省エネ性」はあまり重視されていなかった。

実測調査では、普段通りの夏期は睡眠以外の在宅時にエアコンは0~10割、扇風機は0~約8割の間使用しており、人体周囲温は約27~33℃の範囲であり、個人差が大きかった。冬期は、約3~9割の間使用しており、様々な局所暖房器具を使用する事が多かった。

(2) 省エネ行動実施につながる方法の検討

「冷房器具は不要な時はつけっぱなしにしない」等の「省エネ行動」の実施を促す方法として取り組みやすいと、約60%が「行動一覧表を家の目につきやすい場所に貼る」を挙げ、次いで約50%が「省エネ行動に関する情報を発信するSNSをフォローする」を挙げた。またメッセージ内容は、省エネ行動による効果を具体的な金額にて示す方が取り組みやすいとした。

個人差は認められたが、メッセージ受信群の方が普段通りでも省エネを心がけた生活でも人体周囲温は高く、省エネを心がけた方がその差が大きくなった。実験前後の省エネに対する意識は、全員が実験前より実験後の方が省エネに対する意識が高まり、特にメッセージありにその傾向が認められた。図1に示す省エネに対する意識や取り組みについて100点満点での自己評価は、5日間を通して、メッセージなしは多くはほぼ一定か低下する傾向を示したが、メッセージありはほぼ上昇する傾向を示し、平均して1日目より約25点高くなり、評価が上がった。更に、メッセージの効果

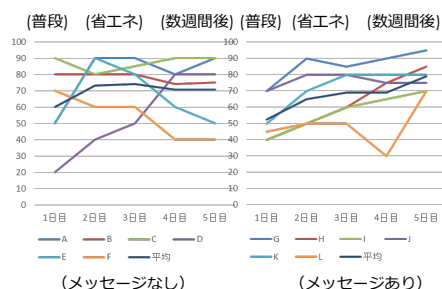


図1 省エネルギーに対する意識や取り組みについての自己評価 (100点満点)

として、「省エネに対する知識が深まった」や「省エネに取り組みたいと思った」「省エネを身近に感じた」などメッセージによる効果が多く認められた。

(3) 各種冷暖房器具の使用方法的検討

①風を当てる部位の検討

風を当てる部位の検討では、30分後の胸と上腕にあてた場合の気流の上下分布は、平均して床上高さ60～100cmは約0.5～1m/s、脛にあてた場合の床上高さ10～40cmは約1～1.5m/sと、異なっていた。各部位の平均皮膚温は、脛にあてた場合の下腿は約1℃低下したが、全体的に大きな低下は認められなかった。各部位の温冷感、頭部と躯幹部前面は胸と上腕にあてた時が最も涼しい側であり、同様に腕部は上腕に、脚部は脛にあてた時であった。自由調整条件では、風を前から7名、横から4名であり、前からは床上高さ10～40cmが、横からは床上高さ40～60cmの気流を速くする傾向を示し、風をあてる方向によりあてたい部位が異なっていた。4条件の中で暑さ軽減に関して、全身が冷えることなくできたのは自由調整が、上半身が冷えることなくできたのは脛にあてた時であり、下半身が冷えることなくできたのは評価が分かれた。

②暖房器具別の暖める部位の検討

入室10分後はファンヒーター縦が最も快適となった。60分後は、ファンヒーター縦が全身温冷感最も暖かい側であったが、カーボンヒーター縦が最も快適となった。冷え症では、全身温冷感が暖かく、快適感も高かったのは、ファンヒーター横およびカーボン縦であった。

③暖める部位の検討

足元に当てると下半身が、腹に当てると上半身の冷え軽減効果の評価が高く、全体の冷え軽減に関する満足度は足元が平均して高く、腹は個人差が大きく、当てる部位により冷え軽減効果が異なっていた。各部位の皮膚温は、手先はいずれの条件でも上昇し、「脛」条件では下半身が、「腹」条件では腕部が、「腰」条件では腰が他条件よりも上昇し、部位別温冷感でも、皮膚温が上昇した部位は暖かい傾向を示したが、腕部はいずれの条件でもほぼ「やや暖かい」であり、条件による差は認められなかった。全実験後の評価では、冷え軽減に効果が高かったのは、全身および上半身の冷えでは「腹」、下半身の冷えでは「脛」であった。冷えを軽減したい部位により、暖める部位を変更する効果が認められた。また、30分間移動した後も30分後に移動した場所から開始した場合も、いずれも冷える部位の冷えは改善し快適であった。

(4) 省エネかつ快適な冷暖房器具の使用方法的実空間での検証

①省エネを考慮した実験結果の実生活への効果

被験者の半数がこれまでに室温を気にしていなかったが、測定中は7名が「努力すれば」「容易に」でき、今後も同様にとできるとした。人工気候室実験では、最終的に気温は27.7℃～30.9℃の範囲に調整し、風速は扇風機を使用した場合は0.24～0.81m/sとなった。この気温と扇風機の使用有無を各被験者に開示した。クーラーを使用した者の使用時間は省エネを心がけた方が短くなる傾向を示した。省エネに繋がる取り組みへの意欲及び実施度の自己評価(100点満点)も省エネを意識すると高く、実測終了後の今後の取り組みへの意欲も同じか10～35点高くなった。

②冷え症の有無別と、省エネ意識のみと省エネを考慮した実験結果の実生活への効果の比較

実験前の日常生活では、被験者の半数がクーラーと扇風機を併用し、残りは併用しておらず、気流を意識した使用は3名であり、残りは意識して使用してなかった。実験では、省エネを意識する方が平均して気温は1.4℃高く、風速は約0.1m/s早くなった。実測調査では、普段通りより、省エネを考慮、実験結果を参考に省エネ考慮の方が、平均してエアコンの設定温度が高く、扇風機の使用率が高くなった。

省エネを意識して扇風機の使用と気温調節を実際に行い、更に結果を具体的に示すことにより、「冷房28℃に温度設定を心がける」や「エアコンと扇風機をうまく組み合わせて使用する」が、「やりたくなかった」が減り「容易にできる」が増え、更に一度、省エネを意識して生活する事により、工夫次第で快適にできる事の気づきになり、実際の行動に繋がるなどが示唆された。

謝辞 実験にご協力頂きました被験者の方々に深謝いたします。また、出野希美さん、辻川千菜美さん、近田光さん、稲葉裕香さん、山浦真唯さん(当時 武庫川女子大学)に謝意を表します。

<引用文献>

- 1) 省エネルギー便覧2009、省エネルギーセンターpp. 32-38
- 2) 内閣府国民生活局：豊かな地球環境を次世代に引き継ぐためのエコライフ・ハンドブック、内閣府国民生活局企画課、2009. 3
- 3) 環境省 “省エネ製品買換ナビゲーション「しんきゅうさん」”
<https://ondankataisaku.env.go.jp/shinkyusan/> (参照2020. 7. 10)
- 4) 松前 他:快適性を考慮した異なる暖房方式のエネルギー評価手法に関する研究 その3 被験者実験による床暖房とエアコンの比較、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 439-440、2007
- 5) 佐々他:夏期における好まれる気温の個人差に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第531号、pp. 31-35、2000. 5
- 6) エネルギー白書2015、経済産業省編、pp. 117、2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐々 尚美・稲葉 裕香・山浦 真唯
2. 発表標題 局所暖房器具使用による冷えの軽減に効果的な温める部位の検討
3. 学会等名 日本家政学会第72回大会研究発表
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々尚美・辻川千菜美・近田光
2. 発表標題 省エネルギーを考慮した住まい方に関する研究 - 省エネを考慮した実験結果が実生活へ及ぼす効果 -
3. 学会等名 日本家政学会第71回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々尚美
2. 発表標題 電気式暖房器具の使用による快適かつ省エネな温熱環境に関する研究
3. 学会等名 第43回人間 - 生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々尚美
2. 発表標題 省エネ意識および省エネ行動実施の推進に関する研究
3. 学会等名 第42回 人間 - 生活環境系シンポジウム報告集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々尚美
2. 発表標題 省エネルギーを考慮した住まい方に関する研究 - 省エネ行動実施に繋がる方法の検討 -
3. 学会等名 日本家政学会第69回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----