高齢者の選択気温からみた心理生理反応特性

THE CHARACTERISTICS OF PSYCHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL RESPONSE BY PREFERRED AIR TEMPERATURE OF THE ELDERLY

佐々尚美*, 久保博子**, 磯田憲生***

Naomi SASSA, Hiroko KUBO and Norio ISODA

The purpose of this study is to investigate the individual variations of preferred air temperature and the characteristics of psychological and physiological response by preferred air temperature of the elderly. The subjects who were 94 healthy elderly regulated air temperature for themselves for 120 minutes. The preferred air temperature were from 24.3°C to 29.3°C. The average of the preferred air temperature was 26.9°C. There were differences in skin temperature and heat loss by preferred air temperature. The temperature the subjects regulated lower than 25°C were thought too cold from the physiological response.

Keywords : Elderly, Preferred air temperature, Skin temperature, Thermal Comfort, Thermal sensation,
Individual variations

高齢者, 好まれる気温, 皮膚温, 快適感, 温冷感, 個人差

1. はじめに

高齢者の体温調節機能に関して多数研究されており、入来¹⁾や栃原²⁾は高齢者の体温調節の特徴をまとめ、寒冷に対して皮膚血管収縮や熱産生の開始が遅れ、体内温の低下が大きく、高温に対しては発汗や皮膚血管拡張の開始の遅れが見られ、体内温の上昇が大きいとしている。更に、徳田ら³⁾や Tochihara ら⁴⁾は高齢者の暑さ寒さの感受性が劣ること、Ohnaka ら⁵⁾は寒さに対する感受性の遅れがみられ、高齢者ほど暑熱暴露後の過冷房、寒冷暴露後の過暖房を行ないやすいとし、榎本ら⁶⁾は気流により高齢者の軀幹部皮膚温の低下度が若齢者より大きいとし、環境の変化に応じて皮膚温などの生理量を快適と言われている範囲に保つ様に冷暖房器具を用いて調節することが上手く出来なくなると考えられる。しかし、高齢者の快適な室内温熱環境に関しては、P.O.Fanger⁷⁾や F.H.Rohles ら⁸⁾、K.J.Collins ら⁹⁾などにより、実験室での実験では、高齢者の好む室温は若齢者の好む室温と差はないとしたが、実生活では、高齢者の方が低い室温で生活しているなど、配慮する必要があると言われている。¹⁰⁾ 日本では川島ら^{11) 12)}により高齢者の季節に応じた快適温湿度範囲が提案されている。しかし、老化による機能低下は個人による差が大きく¹³⁾ なるともいわれており、個人差が少ないと考えられる若齢者においても、ちょうど良いとする気温には季節を問わず約 7°C の差^{14) 15)} が認められており、個人差が大きいと考えられる高齢者を画一化してとらえて提案された環境にいても、快適

と感じる高齢者ばかりではないと考えられる。高齢者の好む気温に関しては、K.J.Collins ら¹⁶⁾や Ohnaka ら⁵⁾による室温制御を被験者自身の手で行い快適温度を検討する実験では、快適温度の最高温度や最低温度の検討がなされ、平均快適温度は若齢者とはほとんど異ならないが、高齢者の快適温度の個人差は大きく、快適温度範囲も広いことが示されている。以上からも、画一的に評価した快適温熱環境の提案のみではなく、高齢者の特性に応じた快適な室内温熱環境を提案する必要があると考えられる。

そこで、本報告では佐々ら¹⁴⁾が実施した若齢者の好む気温の個人差の検討と同じ実験を実施し、まず高齢者の好む気温の個人差および好む気温別の心理生理反応の特徴を把握することを目的として、実験を実施した。

2. 方法

2-1 実験室

実験室内の気温操作ボタンを押すことにより気温を自由に調節することができる奈良女子大学環境調節室(W3.0×H2.3×D4.0m)にて実施した。気温は室外の操作盤によっても室内の設定器によっても調節可能である。気流は全面床吹き出し、全面天井吸い込み方式である。なお、被験者には直接風が当たらない様に絨毯を敷いた。

2-2 実験条件

温熱環境条件として、気温は気温調節前を 28°C とし、気温調節を

* 武庫川女子大学生生活環境学部生活環境学科 講師・学博

** 奈良女子大学生生活環境学部 准教授・学博

*** 奈良女子大学生生活環境学部 名誉教授・工博

Lecturer, The School of Human Environmental Science, Mukogawa Women's University, Ph. D.

Assoc. Prof., Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University, Ph. D.

Prof., Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University, Dr. Eng.

である。高齢者の選択気温は $24.3^{\circ}\text{C} \sim 29.3^{\circ}\text{C}$ の範囲であり、約 5 割の高齢者の選択気温はこの基準値¹²⁾より高い側であった。若齢者の選択気温は $21.1^{\circ}\text{C} \sim 30.1^{\circ}\text{C}$ の範囲であり、高齢者の方が個人差は小さく、ちょうど良い範囲が若齢者より狭かった。これは、K.J.Collins¹⁶⁾による室温制御を被験者自身の手で行い快適温度を検討する実験では、若齢者に比べ制御回数が少なくなっていた事と同様に、高齢者の方が、温熱感覚が鈍くなっておりその環境を良いと考えあまり気温調節しない傾向にある事が考えられる。年代別に平均すると、高齢者は $26.9 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 、若齢者は $26.5 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$ であり、平均選択気温は高齢者の方が高く、有意差が認められた。ASHRAE²⁷⁾では夏期は作用温度約 $23 \sim 27^{\circ}\text{C}$ であることと、既往の着衣量 0.6clo での高齢者の快適気温は Fanger⁷⁾ ²⁸⁾は 25.7°C および 25.4°C や、Rohles and Johnson⁸⁾は 24.5°C である。また、住宅熱環境評価基準値¹²⁾の中央値は 25°C であり、SET*に換算すると 23.6°C となり、同様に本実験での高齢者の平均選択気温は SET* 25.8°C となり、 2.2°C 高くなっていた。

3-2 性差

(1) 性別の好む気温の分布

図 4 に選択気温の分布を性別に示す。性別では、高齢男性の選択気温は $24.8^{\circ}\text{C} \sim 28.5^{\circ}\text{C}$ の範囲、個人差は 3.7°C 、平均すると $26.7 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ であった。高齢女性の選択気温は $24.3^{\circ}\text{C} \sim 29.3^{\circ}\text{C}$ の範囲、個人差は 5.0°C 、平均すると $27.0 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ であり、個人差は高齢男性の方が高齢女性より小さく、平均選択気温では有意差は認められなかったが高齢男性の方が若干低かった。前述の住宅熱環境評価基準値 ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$)¹²⁾の上限の 27°C より高く調節したのは女性では約 6 割が、男性では約 5 割であり、女性の方がその割合は高かった。

(2) 選択気温と平均皮膚温の関係

図 5 に高齢者の選択気温と平均皮膚温の関係を性別に示す。男性も女性も気温の影響を受け、気温が低いと平均皮膚温も低く、気温が高いと平均皮膚温も高くなる傾向を示した。男性の方が女性より、低い選択気温において平均皮膚温が若干低くなる傾向を示したが、選択気温時の平均皮膚温は、女性は $33.9^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、男性は $33.7^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ でありほぼ同じであった。既往の研究では快適な平均皮膚温は磯田ら²⁹⁾は 33°C や志村ら³⁰⁾は $33^{\circ}\text{C} \sim 34^{\circ}\text{C}$ 、P.O.Fanger³¹⁾は、裸体でも着衣でも平均皮膚温度は $33 \sim 34^{\circ}\text{C}$ で発汗のない状態とし、この範囲から高齢者の約 4 割が外れていた。

(3) 温冷感と快適感の関係

図 6 に選択気温時の温冷感と快適感の関係を性別に示す。選択気温および性別に関わらず、多くが温冷感は「涼しい」～「どちらでもない」の範囲であり、最も「やや涼しい」で「快適」とする割合が高く、多くの被験者は「涼しい」側となるように気温調節をしたと考えられる。これは、同様の若齢者の結果¹⁴⁾や久保ら³²⁾による夏期は「涼しい」環境を好むこととほぼ同様の結果であった。

3-3 好む気温群別の検討

以上より、選択気温および平均皮膚温、全身温冷感において性別には有意な差が認められなかった為、以後は性差を考慮せずに検討することとした。また、好む気温別の特徴を検討する為に、選択気温を 1°C 範囲毎に分けると、 24°C 台は 9%、 25°C 台は 9%、 26°C 台は 24%、 27°C 台は 43%、 28°C 台は 15%、 29°C 台は 1% となった。以後の検討では、 24°C 台～ 27°C 台をそれぞれ $24^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$ と表記し、 28°C

日本建築学会高齢者熱環境研究会による住宅熱環境評価基準値 '91 改定

図 4 性別の選択気温の分布

図 5 性別の選択気温と平均皮膚温の関係

図 6 性別の全身温冷感と快適感の関係

注) 有意差検定 *: $p < 0.05$

図 7 選択気温と平均皮膚温

図8 部位別皮膚温および舌下温の分布

図9 軀幹部および末梢部皮膚温

図10 部位別温冷感の分布

台と29℃台を併せて28℃以上とすることとした。

(1) 選択気温と平均皮膚温

図7に選択気温と平均皮膚温を選択気温群別の平均値と標準偏差で示す。各選択気温群の平均選択気温は、24℃は24.7℃、25℃は25.5℃、26℃は26.5℃、27℃は27.4℃、28℃以上は28.3℃であり、平均選択気温は各選択気温群間全てに有意差が認められた。平均皮膚温は、選択気温が高いと平均皮膚温も高い傾向を示したが、24℃と25℃の間および26℃と27℃の間では各々平均選択気温には約1℃の有意な差が認められたが、平均皮膚温はそれぞれ約33℃および約34℃とほぼ同じであり有意な差は認められなかった。これは、26℃および27℃は血流調節領域であったためと考えられる。28℃以上では34.5℃となり、他の選択気温群と有意差が認められ、高い気温に調節した被験者の多くは平均皮膚温が高くなり、気温の影響を受けていることが示された。また、24℃および25℃は26℃以上の選択気温群より有意に低くなっていた。

(2) 部位別皮膚温の分布

図8に選択気温時の部位別皮膚温および舌下温の分布を選択気温群別の平均値で示す。選択気温が高いと各部位の皮膚温は高く、選択気温が低いと各部位の皮膚温は低くなる傾向を示し、脚部の皮膚温において選択気温群による差が大きかった。24℃と25℃の間、および26℃と27℃の間は同傾向となる部位が多かった。また、気温が低い方が各部位の温度差が大きく、気温が高い方が各部位の温度差が小さい傾向を示し、選択気温により皮膚温の分布は異なっていた。舌下温は28℃以上が他群よりやや高くなったが、有意な差は認められなかった。

図9に軀幹部の代表として前額および胸を、末梢部の代表として手背および足背の皮膚温を選択気温群別の平均値および標準偏差で示す。選択気温群により皮膚温は異なり、前額および胸は気温が

低いほど皮膚温も低くなり、低い選択気温群と高い選択気温群では有意な差が認められた。手背は選択気温群による差は小さかったが、足背は24℃と27℃および28℃以上と、28℃以上と24℃～26℃までの間に有意差が認められた。佐々ら¹⁵⁾の若齢女性の気温24℃下での皮膚温分布と比較すると、高齢者の軀幹部の皮膚温は低く、末梢部の皮膚温は高い傾向を示し、高齢者の体温調節能力の低下が認められた。これらは、榎本ら⁶⁾による各部位の皮膚温の差が若齢者と比較して小さくなっている傾向を示したことや、都築³³⁾による気温が同じで着衣量が多くても高齢者の方が手背皮膚温は低いことや渡辺ら³⁴⁾による高齢者は青年者より軀幹部皮膚温は低温であり、逆に四肢部は23℃下において高齢者は高いことと同様であった。特に24℃、25℃において軀幹部の皮膚温の低さおよび末梢部の皮膚温の高さが認められた事は、放熱過多の恐れが考えられる。

(3) 部位別温冷感の分布

図10に選択気温時の部位別温冷感の分布を選択気温群別の平均値で示す。各部位の温冷感は、24℃において他群より涼しい側が多く、顔および胸・腹に有意差は認められたが、選択気温に関わらずほぼ「やや涼しい」～「どちらでもない」の範囲であり有意差は認められなかった。前述の部位の皮膚温分布は選択気温群別に異なり、特に脚部の差が大きかったが、温冷感には差が認められなかった。これは、徳田ら³⁾やTochiharaら⁴⁾と同様に加齢による温冷感覚の鈍化とも考えられる。また、高齢者の足部の冷点が若年者と比べ約半分まで減少となることが報告³⁵⁾されており、この点との関係も検討する必要がある。

(4) 放熱量

今後の課題として概略を検討する為に、放熱量を求めた。既報¹⁴⁾と同様に算出し、「総放熱量」は「水分蒸発放熱量」と「対流+放射放熱量」との合計で求めた。用いた数値は、体重減少量は実験前後

の値しか得られなかった為、その差から求め、気温および皮膚温は選択気温時の値を用いて算出した。

図11に「水分蒸発放熱量(E)」および「対流+放射放熱量(R+C)」、「総放熱(E+R+C)」を選択気温群別の平均値および標準偏差で示す。「水分蒸発放熱量」は選択気温群別に有意差は認められなかった。

「対流+放射放熱量」は気温の影響を受け、気温が低いと多く、逆に気温が高いと少ない傾向を示し、選択気温群別に有意差が認められた。「総放熱量」も同様に気温の影響を受け、気温が低いと多く気温が高いと少ない傾向を示し、平均すると24℃では64W/m²、25℃では58W/m²、26℃では56W/m²、27℃では54W/m²、28℃以上では50W/m²であり、28℃以上と24℃～26℃と、24℃と27℃の間に有意差が認められた。既報の若齢女性を対象とした選択気温実験¹⁴⁾では、25℃より低い気温に調節した低温群では59W/m²、27±2℃の範囲に調節した中温群では49W/m²であり、ほぼ同様の選択気温であっても高齢者の方が放熱量は多かった。また、舌下温は気温調節前と選択気温時と比較すると、24℃では0.29℃低下しており、実生活では長時間自身が調節した環境に滞在すると考えると、高齢者の放熱過多が懸念される。また、Fanger⁷⁾は高齢者と若齢者の快適な気温には差がないとする理由として、高年者は一般に若年者よりも代謝量は低いものの、それにみあって蒸泄量も低く、産熱と放熱の均衡がとれ、高齢者の快適温が若年者よりも高くなることはないとしたが、本結果では24℃の選択気温群では高齢者の放熱過多が懸念される。

(5) 血圧の分布

図12に気温調節前および選択気温時の血圧を選択気温群別の平均値および標準偏差で示す。気温調節前後で大きな差は認められず、ほぼ同様であった。また、選択気温時の最高血圧および最低血圧は選択気温群別に有意な差は認められなかった。

3-4 好む気温群別の特徴

以上より、好む気温群別に、皮膚温の分布は異なっていたが、部位の温冷感²⁾は24℃のみ他群よりやや涼しい側であるが、25℃以上はほぼ同じ温冷感を示していた。特に脚部の皮膚温は最も選択気温群別に差が認められていたが、いずれも温冷感はほぼ同じであった。24℃と25℃の間、および26℃と27℃の間は、皮膚温は同様の傾向を示していた。また、24℃と25℃は、26℃以上の選択気温群と比べ、平均皮膚温は有意に低く、部位では躯幹部の皮膚温の低さおよび末梢部の皮膚温の高さが認められ、放熱過多の恐れが考えられる。これらの事より、特に24℃の選択気温群は、調節した気温が低すぎると考えられる。

4. まとめ

夏期における高齢者の好む気温の個人差および好む気温別の生心理反応の特徴を検討した結果、以下の様にまとめられる。

- 1) 高齢者の好む気温は、「やや涼しい」～「どちらでもない」と感じる時であり、選択気温は24.3℃～29.3℃の範囲であり、約5割の高齢者の選択気温は住宅熱環境評価基準値(25±2℃)²⁾より高い側であった。
- 2) 高齢者の平均選択気温は26.9±1.1℃であり、若齢者より高く、

図11 放熱量

図12 最高血圧および最低血圧

個人差が小さかった。

- 3) 性別では、男性の方が女性より選択気温の範囲は狭かったが、性別の平均選択気温、平均皮膚温および全身温冷感には有意な差は認められなかった。
- 4) 選択気温群別に、平均皮膚温は有意に異なり、部位の皮膚温差は大きく、躯幹部および末梢部の皮膚温に差が認められ、低い気温に調節した被験者の躯幹部皮膚温の低さおよび末梢部皮膚温の高さが示され、放熱過多の恐れが考えられた。
- 5) 放熱量は、24℃の選択気温群に放熱過多の傾向が示された。
- 6) 選択気温群別に、部位別温冷感は、躯幹部に差が認められたが、多くは選択気温に関わらずほぼ「やや涼しい」～「どちらでもない」の範囲であり、特に足部はほぼ同じ温冷感である傾向が認められた。
- 7) 好ましい温度としては、25℃以下に調節することは望ましくない事が示された。

今後は更に、好む気温と高齢者の温熱的特性の関係に関して詳細に検討する予定である。

謝辞

ご協力頂きました被験者の方々に深く感謝の意を表します。また、本研究を遂行するにあたり、多大なる協力を得た衣笠奈々恵さん、寺田留美さん(当時、奈良女子大学院生)、中田知佳さん、松野美咲さん、上野明日香さん、川越絵美さん(当時、武庫川女子大学)に深謝を表します。本研究の一部は、財団法人 住宅総合財団の助成を受け実施した。

参考文献

- 1) 入来正躬: 体温生理学テキスト、pp. 146-248、文光堂、2003
- 2) 柝原裕: 快適温度と加齢、The Annals of physiological anthropology, 4(1), pp.87-90, 1985
- 3) 徳田哲男、他: 環境温度の変化と高齢者の心身諸機能に関する研究、人間工学、25(4)、pp. 197-206、1989
- 4) Tochihara, Y. et al: Physiological responses and thermal sensations of the elderly in cold and hot environments, J. Therm. Biol., 18, pp.355-361, 1993
- 5) Tadakatsu Ohnaka, Yudaka Tochihara, et al: Preferred Temperature of the elderly after cold and heat exposures determined by individual self-selection of air temperature, J. therm. Biol. Vol.18, No.5/6, pp.349-353, 1993
- 6) 榎本ヒカル、他: 高齢者の夏期における選択気流速度に関する研究、空気調和・衛生工学、56、pp. 69-76、1994
- 7) P.O.Fanger: Thermal comfort, pp.75-86, McGraw-Hill Book Company, New

York.,1970

- 8) F.H.Rohles,Jr, M.A.Johnson:Thermal Comfort in the Elderly, ASHRAE Transactions, pp.131-137, 1972
- 9) K.J.Collins:Hypothermia and Thermal Responsiveness in the Elderly, 819-833,Danish Building Research Institute, 1979
- 10) 2005 ASHRAE Handbook Fundamentals, CHAPTER 8 Thermal Comfort,8.15
- 11) 川島美勝、後藤滋、大平通泰：住宅熱環境の調査と評価法（４）環境体温計の開発と住宅熱環境法、第7回人間-熱環境系シンポジウム報告集、pp. 104-107、1983. 12
- 12) 川島美勝 編著：高齢者の住宅熱環境、p239、理工学社、1994
- 13) 川島美勝 編著：高齢者の住宅熱環境、p56、p72、理工学社、1994
- 14) 佐々尚美、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
- 15) 佐々尚美、他：冬期における好まれる気温に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第541号、pp. 17-22、2001. 3
- 16) K.J.Collins, A.N.Exton-Smith, Caroline Dore : Urban hypothermia:Preferred temperature and thermal perception in old age,British Medical Journal, Vol.282,pp.175-177,1981
- 17) 榎本ヒカル、久保博子、磯田憲生、梁瀬度子、高齢者の居住温熱環境の特徴—関西地区における夏期および冬期の住まい方に関する調査研究—、日本家政学会誌、Vol. 46 No. 11、pp. 1091-1100、1995
- 18) 花田、他：婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維製品消費科学、vol. 22, No. 10、pp. 34-41、1981
- 19) 磯田憲生：生活と衣服に関する一考察、衣生活研究、No. 6、pp. 15-20、1980
- 20) J.D,Hargy et al. : The technic of measuring radiation and convection,Journal of Nutrition,15,pp.461-475,1987
- 21) 国立天文台編：理科年表、丸善株式会社、p819、2005
- 22) 大中忠勝：高齢者の住宅熱環境、理工学社、pp. 128-142、1994
- 23) Natsume K, Ogawa T, Ohnishi N et al: Preferred ambient temperature for old and young men in summer and winter, International journal of biometeorology, 36, pp.1-4,1992
- 24) 水田、他：至適温熱環境の個人差に関する研究—夏期と冬期における好ましい気温の比較—、第30回人間-生活環境系シンポジウム報告集、pp. 97-100、2006
- 25) 水田、他：夏期における至適温熱環境の個人差に関する研究 異なる気温下での生理・心理反応の男女差について、社団法人日本化成学会第59回大会 研究発表要旨集、p. 221、2007
- 26) 水田、他：夏期における至適温熱環境に関する研究-異なる気温下での生理・心理反応の性差について- 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 1271-1274、2007
- 27) ASHRAE 2005 Fundamentals, Chapter 8, 2005
- 28) P.O.Fanger: Assessment of man's thermal comfort in practice, British Journal of Industrial Medicine, 30, pp.313-324, 1973
- 29) 磯田憲生、他：風洞内気流と人体皮膚温との関係に関する実験的研究、日本建築学会論文報告集、第229号、pp. 121-128、1975. 3
- 30) 志村欣一、他：日本人を対象とした室内温湿度条件の至適域に関する実験研究-夏季至適域の提案-、日本建築学会計画系論文集、第480号、pp. 15-24、1996. 2
- 31) P.O.Fanger: Assessment of man's thermal comfort in practice, British Journal of Industrial Medicine, 30, pp.313-324, 1973
- 32) 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、第1巻第1号、pp. 51-57、1994
- 33) 都築和代：高齢者の温熱感覚特性に関する簡易温冷覚刺激装置を用いた検討、人間と生活環境、第2巻第1号、pp. 43-47、1995
- 34) 渡辺ミチ、他：女子高齢者における体温調節反応、家政学会誌、32（3）、pp. 204-209、1981
- 35) 村田成子、他田：老人の体温 - 皮膚感覚点分布頻度に及ぼす加齢の影響、pp. 100、2005、日本老年医学会雑誌 11（3）、pp. 157-163、1974

注

注1)「対流+放射放熱量」は以下の式を用いた。また、本研究では気温と周囲壁面温度が等しいので、 $T_o=T_a$ とした。

$$C+R=h/(1+0.155h \cdot I_{clo}) \times (T_s \cdot T_o)$$

$$h=hr+hc$$

$$hr: \text{放射熱伝達率} (=4.65) \quad (W/m^2\text{℃})$$

$$hc: \text{対流熱伝達率} (=3.7) \quad (W/m^2\text{℃})$$

I_{clo} : 衣服の熱抵抗

T_s : 平均皮膚温 (℃)

T_o : 作用温度 (= T_a : 気温) (℃)

(2010年1月10日原稿受理、2010年6月1日採用決定)