

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—

水田祐美子¹⁾, 久保博子²⁾, 磯田憲生¹⁾

1) 奈良女子大学大学院人間文化研究科 2) 奈良女子大学生生活環境学部

Experimental study on individual variations of thermal comfort

—Correlations with preferred ambient temperature in summer and winter—

Yumiko MIZUTA¹⁾, Hiroko KUBO²⁾, Norio ISODA¹⁾

1) Graduate School of Human Culture, Nara Women's University

2) Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University

Abstract : We assessed seasonal changes in the optimal thermal comfort environment for individuals using an artificial climate chamber. Nine female college-age subjects were given 120 minutes to select their preferred ambient temperatures. Subjects were sedentary and clothed (0.4 clo). Skin, oral and rectal temperatures were recorded, and heart rate, blood pressure, thermal comfort and thermal sensations were also measured for the duration of the experiment. The findings of this study were compared with results obtained using the same subjects in summer. Subjects preferred higher air temperatures in winter, and there was a correlation between preferred air temperature in winter and in summer. Subjects with low mean skin temperatures at an ambient temperature of 28°C in the pretest room preferred high air temperatures. Interestingly, subjects with low abdominal and instep skin temperatures preferred relatively higher air temperatures. In winter, subjects reported feeling 'warm' at the same temperature in summer.

Key Words : Individual variations, Thermal comfort, Skin temperature

要旨 : 至適温熱環境の季節差について把握するため、人工気候室を用いた実験を行い検討した。夏期と冬期に同一被験者による自由選択気温実験を行い、実験結果を比較検討した。被験者は青年女性9名を用い、着衣量は夏期と同じ0.4clo、その他の条件も全て夏期と同じにした。被験者は椅座安静状態で120分間自由に気温を調節し、その間生理反応として皮膚温・直腸温・舌下温・心拍数・血圧・体重を測定、心理反応として快適感・温冷感などを申告した。被験者は冬期の方が高い気温を好み、夏期の好む気温と冬期の好む気温の間には相関関係があった。冬期は前室の28°Cで平均皮膚温が低い人が高い気温を好んだ。末梢部では足背・躯幹部では腹部でその傾向があった。また、心理反応では冬期の方が同じ気温でも暖かく感じられる傾向があった。

キーワード：個人差、温熱的快適性、皮膚温

1. はじめに

日本は四季の変化が明瞭であり、夏は暑く冬は寒く、季節間の温度差が大きい。日本人の好む気温を検討するうえで季節の影響は重要である。これまでの生理学的研究においても、皮膚温の季節差(緒方 1961)(佐々木 1977, Hori 1977)、発汗反射や汗量の季節差(Hori 1959, 緒方 1961)、温度感覚の違い(堀 1981)が議論されている。しかし、既往の若齢者を対象とした冬期の好まれる気温に関する検討(佐々木 1997)では温冷感以外

に季節差はみられず、高齢者の選択室温下における生理・心理反応(衣笠 2006)では、被験者が好む気温に季節差はなかったが、皮膚温、温冷感に季節差がみられたという結果が得られている。そこで、空調設備が普及し、季節に関係なく快適な空間を創造できるようになった現在、個人が好む気温に季節差はあるのか、若齢者を対象とし、被験者自身が気温を調節する選択気温実験を夏期と冬期に行いその結果を比較検討した。

2. 方法

1) 実験条件

実験条件を表 1 に示す。夏期は 2005 年 7 月 14 日～9 月 4 日、冬期は 2006 年 3 月 15 日～4 月 4 日にかけて同一被験者、同一条件で実験を行い、その結果を比較検討した。気温は 28℃一定から被験者自身が随時自由に調節した。被験者は健康な女子大生 9 名、両季節とも着衣量は夏期の標準的な服装を想定し 0.4clo (T シャツ・スカート・ストッキング・ショーツ・ブラジャー) とした。実験中被験者は実験室中央の椅子に座り、椅座安静状態を保った。

2) 実験手順

図 1 に実験手順を示す。被験者は椅座安静状態を保ち、28℃一定の室内で 20 分間過ごし、その後 120 分間かけて手元の装置で自由に気温を調節した。その間の温熱環境要素を気温 (160cm, 110cm, 60cm, 10cm)、黒球温度 (60cm)、相対湿度、生理反応は皮膚温 7 点と直腸温を 30 秒間隔、舌下温を 10 分間隔、血圧を 20 分間隔、体重を実験開始時、気温調節開始時、気温調節開始後 60 分、実験終了時の計 4 回測定した。心理反応は快適感・温冷感などの申告を 10 分間隔で行った。実験終了時に選択された気温をその被験者の選択気温とした。

3. 結果

1) 選択気温

図 1(1)に夏期と冬期における選択気温の経時変動を 10 分毎に示す。冬期は夏期よりも、気温調節開始直後から有意に高くなった。選択気温は、夏期は 22.5～30.1℃、冬期は 26.1～31℃の間で選択され、平均値は夏期 26.5、冬期 28.5 であった。

図 2(1)に夏期と冬期の選択気温の関係を示す。夏期に高い気温を選択した被験者は冬期にも高い気温を選択する傾向があり、好む気温の傾向に季節差はないといえる。

今回冬期において湿度の制御がうまくできなかったため、選択気温を ET* に換算した。結果を図 1 と 2 の (2) に示す。冬期における選択気温と ET* の差はほぼ 1℃以内であったため、以後の検討には気温を用いた。

2) 皮膚温と選択気温の関係

気温調節前の 28℃一定のときと選択気温時における部位別皮膚温 7 点、平均皮膚温を図 3 に示す。平均皮膚温は Hardy&DuBois の 7 点法に基づき算出した。28℃において冬期の手背、下腿、足背の末梢部が夏期より有意に低く、また選択気温時には冬期の方が全ての部位において高くなった。

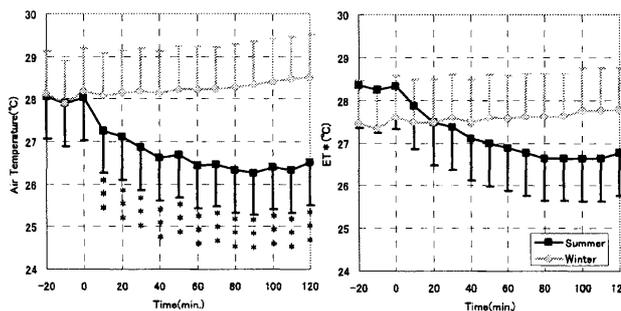
図 5、6、7 に平均皮膚温、腹部皮膚温、足背皮膚温

Table.1 Outline of the experiments

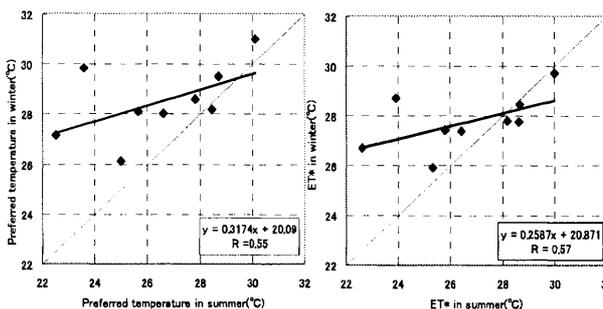
Season	Summer	Winter
Period	from 14 July to 4 September 2005	from 15 March to 4 April 2006
Air Temperature	pre experiment(28°C) the subjects determined directly their preferred air temperature	
Relative Humidity	50%	
Air Velocity	<0.15m/s	
Subject	9 females	
Age	21~23 years old	
Clothing	0.4clo	
Activity	sedentary(1met)	

Table.2 Experiment schedule

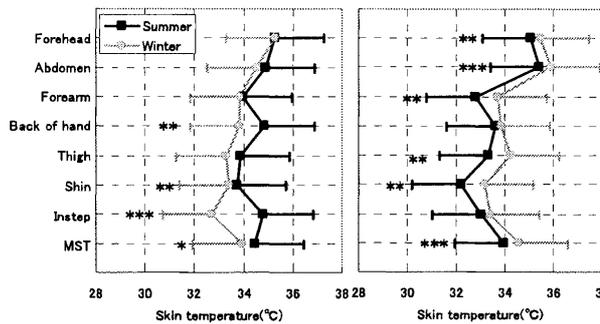
Time(min.)	-20	0	20	40	60	80	100	120	
Air Temperature	28°C		Preferred Temperature						
Skin Temperature	← per 30sec. →								
Rectal	← per 10min. →								
Oral Temperature	← per 10min. →								
Sensation Vote	← per 10min. →								
Blood Pressure	■	■	■	■	■	■	■	■	
Weight	△	△		△				△	



(1) Preferred temperature (2) ET*
Figure.1 Change of preferred temperature and ET*



(1) Preferred temperature (2) ET*
Figure.2 Relationship between preferred temperatures and ET* in summer and in winter.



(1) at 28°C (2) at preferred temperature
Figure.3 Skin Temperature

と選択気温の関係をそれぞれ示す。皮膚温は 28℃一定の気温下と選択気温時の 2 分間の平均を用いた。

冬期においては 28℃一定の気温下で平均皮膚温が低い人ほどその後高い気温を選択する傾向があり、腹部皮膚温と足背皮膚温においてその傾向が顕著であっ

た。特に足背は気温の28℃近くまで低下した被験者もあり、その後高い気温を選択した大きな要因になったと考えられる。120分後の選択気温時にはどの被験者も腹部皮膚温・足背皮膚温ともに皮膚温は上昇し、平均皮膚温も上昇していた。足背皮膚温は気温に伴い高い気温を選択した被験者ほど上昇していたが、腹部皮膚温は選択気温に関わらずどの被験者も上昇していた。夏期においてはどの部位の皮膚温も120分後の選択気温時には気温に従い変動し、気温との相関がみられた。

以上より、冬期は夏期に比べ躯幹部の皮膚温を保つ体温調節が行われたと考えられる。

3) 直腸温と選択気温の関係

図8に直腸温と選択気温の関係を示す。直腸温も皮膚温と同様に2分間の平均を用いた。

冬期において皮膚温は28℃において低く選択気温時には上昇する傾向がみられたが、直腸温は気温に関係なく一定温度を保っており、深部の温度を保つ体温調節が行われたと考えられる。

4) 心拍数・血圧

図9(1)に夏期と冬期における心拍数の関係、図9(2)に夏期と冬期における収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧の関係を示す。どちらも選択気温時のものを用いた。心拍数は夏期と冬期で相関が見られたが、冬期の方が高い傾向があった。冬期の方が選択気温が高かった影響を受けたと考えられる。血圧は夏期と冬期で相関があり、夏期に血圧が高かった被験者は冬期も高い血圧を示しており、季節や気温の影響よりも個人差の影響の方が大きかったと考えられる。

5) 心理反応と選択気温の関係

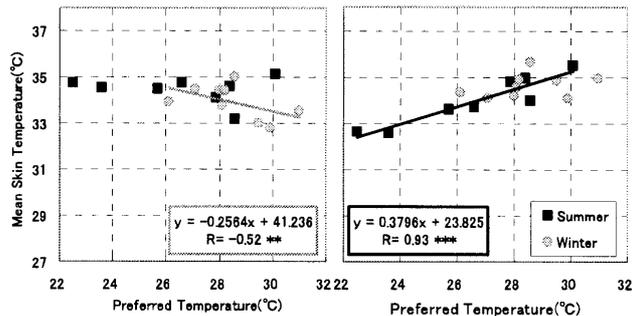
図10に選択気温と快適感・温冷感の関係を示す。

快適感は、夏期においては気温との相関がみられなかったが、冬期は気温と相関があり、気温が高くなるほど快適に感じる傾向があった。

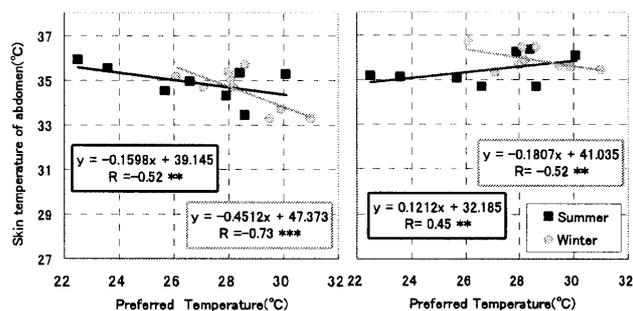
温冷感は、夏期においては「-1:やや涼しい~2:暖かい」、冬期においては「0:どちらでもない~2:暖かい」の範囲で選択されていた。同じ気温でも冬期の方が暖かく感じられる傾向があり、快適感・温冷感は季節の影響を受けていた。

4. 考察

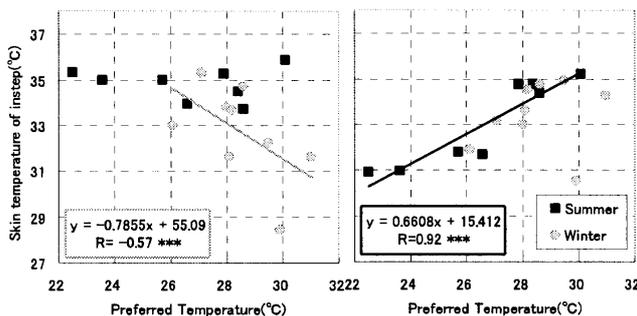
冬期は同じ気温下でも夏期に比べ末梢部皮膚温が低くなる傾向がみられた。特に足背皮膚温は気温調節前の28℃の気温において低い値を示した。足背皮膚温は、28℃の気温で低い値を示した被験者も120分後の選択気温時には上昇し被験者間の差が少なくなったが、腹部皮膚温は28℃以下を選択した被験者でも上昇し被験者間の傾向は変わらなかった。冬期は直腸温においても気温の影響が少なかったことから、深部体温を保



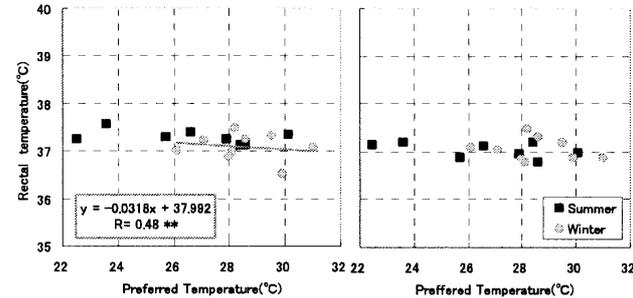
(1) at 28°C (2) at preferred temperature
Figure 5 Relationship between preferred temperatures and mean skin temperatures



(1) at 28°C (2) at preferred temperature
Figure.6 Relationship between preferred temperatures and skin temperatures of abdomen.



(1) at 28°C (2) at preferred temperature
Figure 7 Relationship between preferred temperatures and skin temperatures of instep.



(1) at 28°C (2) at preferred temperature
Figure 8 Relationship between preferred temperatures and rectal temperatures.

つ体温調節が行われたと考えられる。また心理反応においても、冬期は気温が高いほど快適と感じられており、同じ温度でも夏期より暖かく感じられており、季節の影響を受けていた。

以上より、好む気温の傾向、心拍数、血圧はあまり季節の影響を受けず、個人差の影響の方が大きい、体温調節反応や心理反応は季節の影響を受けており、既往の研究と一致した。しかし、今回の実験では既往の結果より冬期の選択気温の範囲が狭く高めの傾向があり、また末梢部の冷えが著しい被験者に過暖房の傾向がみられたこと、さらに皮膚温が低下しても直腸温は一定に保たれることが新たに分かった。

今後はさらにデータ数を増やし、検討を進める必要がある。

5. まとめ

本研究では、夏期と冬期に被験者自身が自由に調節する選択気温実験を同一被験者で行い、好む気温に季節が及ぼす影響について検討した。

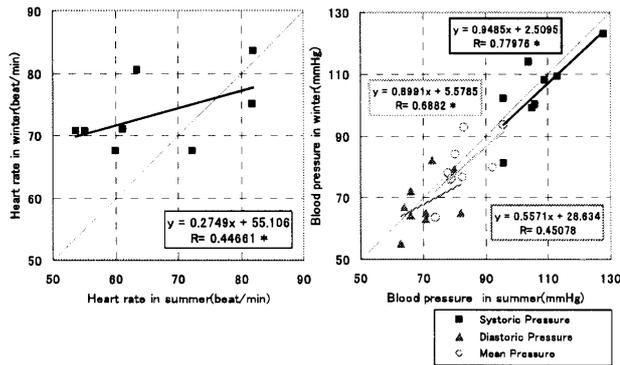
- (1) 被験者の好む気温は冬期の方が高かった。夏期に高い気温を選択した被験者は冬期も高い気温を選択した。
- (2) 皮膚温と選択気温の関係は、冬期は前室で皮膚温が低かった被験者ほど高い気温を選択した。選択気温時には全ての被験者の皮膚温が上昇した。
- (3) 直腸温は冬期において皮膚温が低下していても、一定の温度を保っていた。
- (4) 心拍数・血圧はあまり気温と相関はなく季節より個人差の影響の方が大きかった。
- (5) 心理反応では、夏期より冬期のほうが高い気温で快適と感じ、同じ気温でも暖かく感じていた。

以上より、好む気温の傾向は季節の影響を受けなかったが、体温調節反応や心理反応は季節の影響を受けていた。

謝辞 実験にご協力いただきました被験者の皆様に感謝の意を表します。

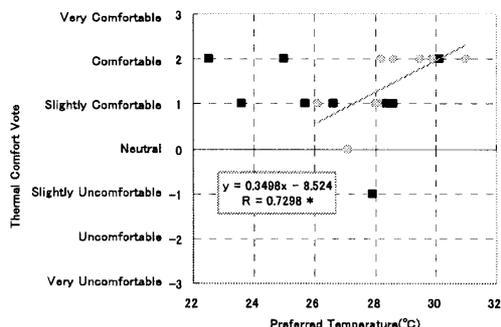
6. 文献

- ・ Hori,S,et.al.:1959:Studies regulation of cutaneous circulation,Physiol.Rev.,39,280/306
- ・ Hori,S,et.al.:1977:Comparison of physical characteristics body temperature and basal metabolism between Thai and Japanese neutral temperature zone,Jap.J.Physiol.,27,525/538
- ・ 堀清記 1981:温度適応 6-2 暑熱適応,温熱生理学,第6章, 499
- ・ 衣笠奈々恵他 2004:高齢者の選択室温下における生理・心理反応-その2. 夏期・冬期の季節差に関する検討,日本建築学会大会学術講演梗概集,155/156
- ・ 緒方維弘 1961:体温とその調節,新生理学下巻,第10編, 709
- ・ 佐々尚美他 1996:冬期の好まれる気温に関する検討,空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集,101/104
- ・ 佐々木隆 1977:基礎代謝の面からみた日本人の特質,日本体質誌,41,17/23

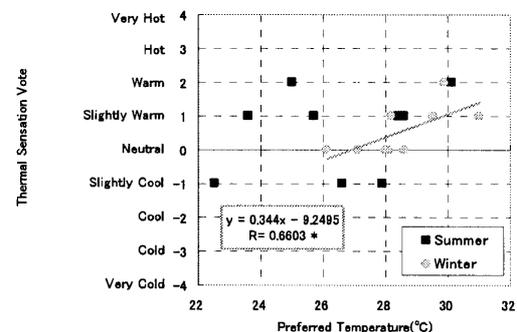


(1)Heart rate at preferred temperature (2)Blood pressure at preferred temperature

Figure.9 Relationship between heart rate and blood pressure in summer and in winter.



(1)Relationship between preferred temperatures and thermal comfort vote at preferred temperature.



(2)Relationship between preferred temperatures and thermal sensation vote at preferred temperature.

Figure10 Relationship between psychological responses and preferred temperatures.

*** p<0.01
** p<0.05
* p<0.1

<連絡先>

著者名 水田祐美子
住所 奈良市北魚屋東町
所属 奈良女子大学大学院
E-mail アドレス cay.mizuta@cc.nara-wu.ac.jp