

温冷感申告における個人差の検討－温冷感の予測に向けて

Study on Individual Difference in Thermal Sensation Vote for Prediction of Thermal Sensation

神戸大学大学院工学研究科建築学専攻
Department of Architecture, Graduate School of Engineering, Kobe University

高田 暁
Satoru Takada

キーワード: 全身温冷感 (Whole-body thermal sensation), 皮膚温 (Skin temperature), 予測 (Prediction), 個人差 (Individual difference), 非定常状態 (Transient state)

1. はじめに

人間の暑さ・寒さの感覚は「温冷感」と言われる¹⁾。温冷感を扱う際、「個人差」について言及されることが非常に多い。同じ空間に居ても温冷感が異なるという経験に基づいてのことと思われる。これは日常生活においても、人間要素に関する研究の場においても同様である。しかし、同じ空間とは言え、物理量(温度・湿度・風速・放射温度)の分布がある。また、個々人の着衣量や活動量の違いもある。温冷感における個人差が語られる場合、いわゆる「温熱環境の6要素」における差がある場合がほとんどではないだろうか。温冷感の個人差は、「その人の置かれている温熱環境条件の差」と、「温冷感評価の仕方の差」を分けて議論するべきであろう。前者は環境や条件が異なるということであり、本質的に人間の性質における差ではない。後者は体外からの刺激を体が検知しそれに対して脳が判断を下す過程の個人差である。「温冷感の個人差」は、温度受容に端を発し、脳での判断を行うまでの過程を温熱感の生起過程と定義した上で、等価な温度受容における差について言うべきであろう(図1)。さらに、温冷感の個人差を認めるだけでなく、個人の特性に関する何らかのパラメーターをもとに、その差を説明することが、個人差を考慮したシステムを構築していく上で重要であると考えられる。

温冷感は、脳に入力される皮膚温度受容器からの情報により形成されると考えられる²⁾。Hensel³⁾は皮膚を中立的状态から加温する場合と冷却する場合について、皮膚の温点・冷点のインパルスの応答を測定し、静的応答(皮膚温の絶対値に依存)と動的応答(皮膚温の変化に依存)の存在を明らかにしている。これを踏まえると、平均皮膚温とその時間変化率が非定常温冷感に関与するという仮説が導ける。すなわち、皮膚温及びその時間変化率の値が大きいほど「暑い」側の感覚となり、逆にそれらの値が小さい(変化率が負値で、その絶対値が大きい)場合に「寒い」側の感覚となる、という仮説である。

これまでに、定常状態における温冷感と皮膚温の関係が小川ら⁴⁾により実験結果として示されている。森ら⁵⁾、Zhangら⁶⁾、Fialaら⁷⁾は非定常状態での温冷感を予測する式を提案しているが、皮膚温だけでなく、深部温や皮膚表面熱流の関数として表現している。筆者らは、先述の仮説に基づき、皮膚温と皮膚温の時間変化率を用いて、非定常温冷感予測式を提案している⁸⁾。

人体各部位の温冷感(局所温冷感)についての研究も見られるが、本稿では、全身温冷感について述べる。まず、温冷感申告値を平均皮膚温およびその時間変化率の回帰式で表した「非定常温冷感予測式」について、その導出過程と複数の被験者に予測式を適用した結果を示す。また、非定常的な挙動を無視して定常状態として扱える条件を、皮膚温の時間変化率により表現する方法を提案する。さらに、定常状態に絞って、温冷感申告値の個人差について、生理量の個人差に由来するものと、温冷感評価構造に由来するものの両方が存在することを示す。生理量の個人差については定

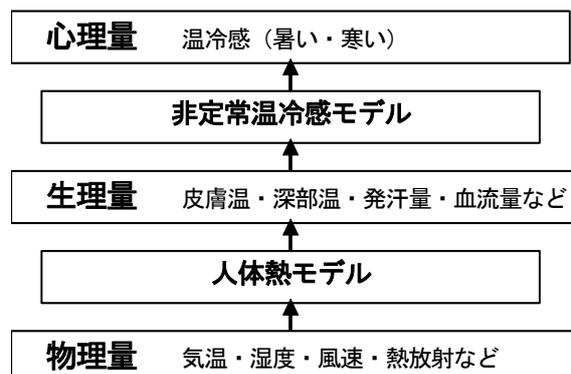


図1 温冷感の評価構造とモデルの概念図
(物理量、生理量、心理量の関係)

常・熱的中立時の皮膚温を用いて基準化した上で、温冷感の評価構造の個人差について、性格特性による類型化を検討した結果を示す。

2. 非定常温冷感予測式⁸⁾

2.1 式の導出過程

室温のステップ変化(図2、計5パターン)に被験者(健康な若年男性15名、表1)を曝露し、その間の平均皮膚温(Hardy & du Boisの7点法)を10秒間隔で測定し、温冷感申告値(図3のスケールを使用)を1分間隔で記録した。実験中、被験者はトランクスのみを着用し、椅座安静を保った。

スケジュール	時間 [min]										
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
1	29℃	35℃			26℃						
2	29℃	20℃	29℃	38℃	29℃						
3	29℃	20℃	29℃	29℃	38℃	29℃					
4	29℃	20℃	29℃		38℃	29℃					
5	29℃	20℃	29℃	29℃	38℃	29℃					

70%rh ※基本の相対湿度は50%

図2 被験者が曝露された室温の条件(5ケース)

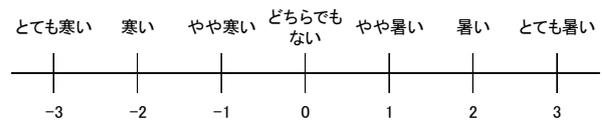


図3 使用した温冷感スケール(TSV)

表1 被験者の属性

被験者	年齢 [才]	身長 [cm]	体重 [kg]	体表面積 [m ²]	体脂肪率 [%]	性別	実験参加回数 [回]				
							1	2	3	4	5
A	24	169	58.8	1.67	17.9	男	4	2	2		
B	24	167	64.4	1.71	19.7	男	4	2	1		
C	23	162	56.7	1.59	12.6	男	4	2	1		
D	24	173	72.1	1.83	17.9	男	3	1	1		
E	30	170	76.8	1.85	26.8	男			1		
F	23	174	74.5	1.86	16.7	男			1		
G	23	170	84.4	1.91	26.0	男			1	1	1
H	23	178	79.0	1.94	16.2	男			1		
I	22	170	56.4	1.65	10.3	男			1	1	1
J	22	162	56.4	1.59	12.0	男			1		
K	22	173	56.7	1.68	13.9	男				1	1
L	23	164	47.1	1.50	16.1	男					1
M	25	177	93.6	2.05	24.6	男					1
N	22	170	59.9	1.69	10.5	男					1
O	23	171	61.6	1.71	11.5	男					1

実験結果より、平均皮膚温、平均皮膚温の時間変化率、温冷感申告値のデータセットを計6082個得た。平均皮膚温とその時間変化率により、温冷感申告値を最もよく説明する関数を最小二乗法にて求めた。用いた関数は、線形の式(式(1))と非線形の式(式(2))、ソフトウェア Table Curve 3D を用いて最適な関数形を選択した⁹⁾の2種類である。さらに、式(2)で平均皮膚温 T_{sk} をその被験者の定常・熱的中立時(皮膚温が一定かつ全身温冷感申告値が「どちらでもない」となる時)の皮膚温 $T_{sk,0}$ で基準化した $T_{sk,n}$ (式(3))に置き換えたものも用いた。

$$TSV = a_1 + a_2 T_{sk} + a_3 \frac{dT_{sk}}{dt} \quad (1)$$

$$TSV = a_1 + a_2 \left[\frac{1}{2} + \frac{\text{atan}\left(\frac{T_{sk} - a_3}{a_4}\right)}{\pi} \right] + a_5 \left[\frac{1}{2} + \frac{\text{atan}\left(\frac{\frac{dT_{sk}}{dt} - a_6}{a_7}\right)}{\pi} \right] \quad (2)$$

$$T_{sk,n}(t) = T_{sk}(t) - T_{sk,0} \quad (3)$$

記号:

TSV : 全身温冷感申告値[n.d.]、 T_{sk} : 平均皮膚温[°C]、 dT_{sk}/dt : 平均皮膚温の時間変化率[°C/min]、 $a_1 \sim a_7$: 回帰係数、 $T_{sk,n}$: 基準化された平均皮膚温[°C]、 $T_{sk,0}$: 平均皮膚温の基準値(定常状態かつ熱的中立状態の皮膚温)[°C]

表 2 回帰式の係数値と相関係数

	回帰式の係数							相関係数
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	
線形(L)	-25.119	0.746	2.255					0.799
非線形(N)	-6.116	35.861	39.484	2.064	3.686	-0.038	0.169	0.839
非線形・基準化(NN)	11.018	-12.511	2.430	-2.791	-3.969	-0.035	-0.203	0.873

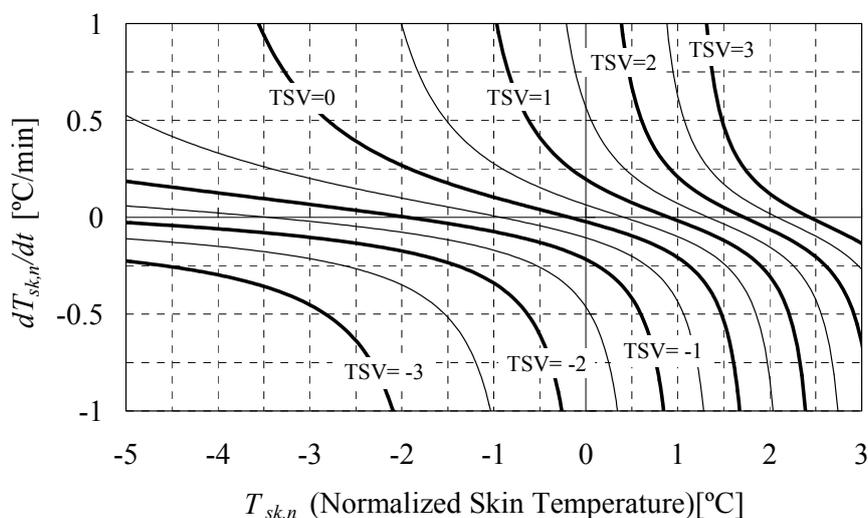


図 4 非定常温冷感予測式⁸⁾(基準化された皮膚温を用いた場合)

2.2 予測式の妥当性確認

最小二乗法により求めた係数値は、表 2 の通りである。表 2 に実験値との相関係数を併せて示す。線形の関数(L)を用いた場合よりも、式(2)の非線形関数を用いた場合(N)の相関が高い。また、非線形関数における T_{sk} として基準化された皮膚温(式(3))を用いた場合(NN)に、さらに相関が高くなった。図 4 に基準化された皮膚温とその時間変化率の関係(非線形関数による回帰式)を示す。皮膚温が高いほど、また皮膚温の時間変化率が大きいほど温冷感申告値が大きいという関係を表している。

実験で得られた温冷感申告値と予測値との比較の一例を図 5 に示す。いずれのケースも、実験で得られた申告値の変動に概ね一致しているが、皮膚温が急激に変化する時間帯の予測値は、非線形関数を用いた場合の方がよりよく一致している。

次に、人工気候室での椅座安静状態に対する実験結果をもとに導いたこの予測式が、日常生活の場面に適用可能かを検討した結果の一例を、図 6 に示す。これは、皮膚温が比較的高い被験者についての結果であり、基準化皮膚温を用いた予測値(NN)が、実験で得られた温冷感申告値に最もよく一致している。皮膚温の上がる部位と下がる部位が共存する場合を除き⁸⁾、この予測式(平均皮膚温を用いた全身温冷感の予測式)は、適用可能であると考えられる。

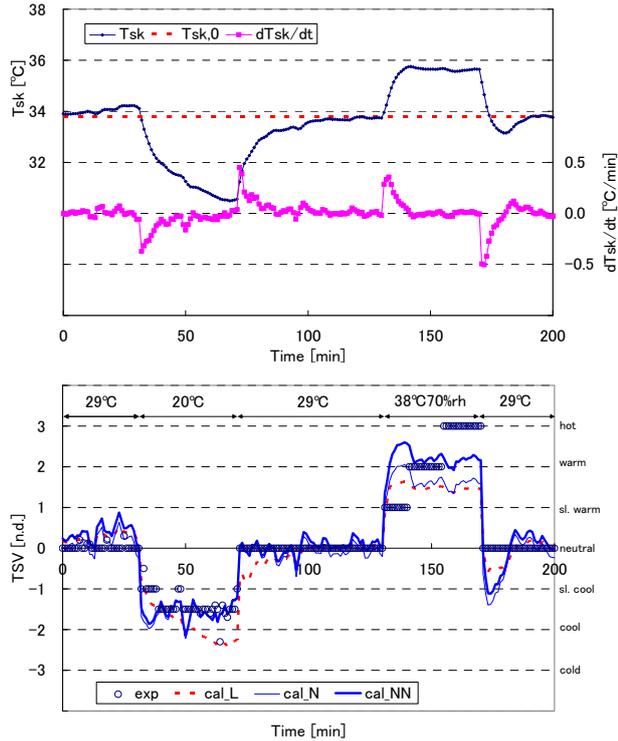


図5 上:平均皮膚温とその時間変化率(点線は定常・中立時の皮膚温)、下:温冷感申告値*(被験者G、表1のスケジュール5の場合)

*実験値 expと予測値 cal の比較、L:線形式を使用した場合、N:非線形式を使用した場合、NN:非線形式かつ基準化皮膚温を使用した場合

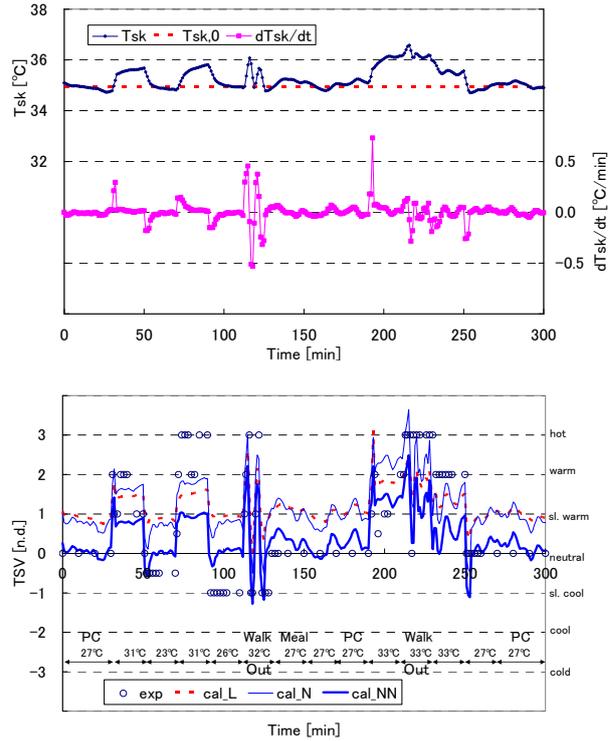


図6 上:平均皮膚温とその時間変化率、下:温冷感申告値(被験者Q:22才、177cm、61.0kg、BSA 1.76m²、男性、着衣量0.5clo、日常生活の場面での検討)

場所	空調室	非空調室	空調室	非空調室	空調室	屋外	空調室	屋外	空調室
行動(METs)	PC作業(1.0)	椅座安静(1.0)	椅座安静(1.0)	歩行(3.0)	食事(1.0)	椅座安静(1.0)	PC作業(1.0)	椅座安静(1.0)	歩行(3.0)
気温	27°C	31°C	23°C	31°C	26°C	32°C	27°C	27°C	27°C
日射	—	—	—	—	—	あり	—	—	なし

3. 定常状態の温冷感¹⁰⁾

前節で示した非定常温冷感予測式は、皮膚温の時間変化率(dT_{sk}/dt)を導入することで、非定常状態の温冷感を表現しているが、 dT_{sk}/dt が0の場合は定常状態に対応する。定常状態としては、温熱環境の6要素(気温、湿度、風速、熱放射、着衣量、代謝量)を長時間一定に保ち、皮膚温や深部温などの生理量、温冷感申告値の両方が一定となっている状態を想定したいところであるが、それを厳密に満たす状態を作ることが現実には難しい。定常状態の温冷感は重要であるが、実際に評価すべき温冷感の多くは、温熱環境条件のステップ変化直後のような極端な非定常状態ではなく、完全な定常状態でもなく、強いて言えば、準定常状態のものであると考えられる。

ここでは、非定常状態の実験結果から、 dT_{sk}/dt が温冷感申告値にどの程度影響しているかを評価し、 dT_{sk}/dt の影響を無視し、 T_{sk} のみで温冷感申告値を予測できる条件を検討する。

図2の「スケジュール3」で行われた実験の一例について、図7に平均皮膚温と全身温冷感申告値の経時変化、図7に平均皮膚温と全身温冷感申告値の関係を、 $|dT_{sk}/dt|$ の大小で分けて示す。白丸は $|dT_{sk}/dt|$ が $0.1^\circ\text{C}/\text{min}$ より大きい場合である。室温の変化後、皮膚温は大きく変化し、その変化幅は次第に小さくなる。温冷感申告値はステップ状の変化をし、その後、一定の値を示す。図8より、全データを対象とした場合には、平均皮膚温と全身温冷感申告値の相関関係は見られない。一方、 $|dT_{sk}/dt|$ の小さい範囲に限定すれば、比例関係があると見ることができる。著者ら¹¹⁾は、同じ皮膚温の時に、 $|dT_{sk}/dt| \leq 0.005^\circ\text{C}/\text{min}$ の場合の温冷感申告値との差が十分に小さくなる条件として、 $|dT_{sk}/dt| \leq 0.06^\circ\text{C}/\text{min}$ を提案している。

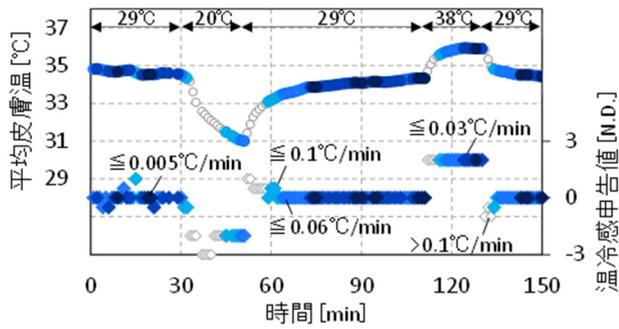


図7 平均皮膚温と温冷感申告値の経時変化 (dT_{sk}/dt に応じた場合分け、スケジュール3 の一例)

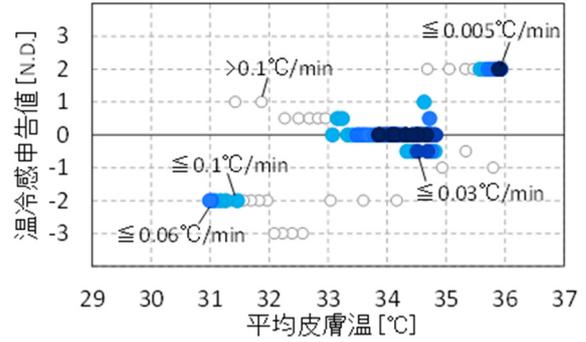


図8 平均皮膚温と温冷感申告値の相関 (dT_{sk}/dt に応じた場合分け、スケジュール3 の一例)

4. 定常状態における温冷感申告の個人差の要因¹⁰⁾

4.1 平均皮膚温に対する温冷感申告値の個人差

得られている実験データ(表1)の中から、定常状態とみなしたデータ ($|dT_{sk}/dt| \leq 0.06^\circ\text{C}/\text{min}$) を皮膚温のカテゴリ一別に抽出し、温冷感申告値の被験者間での違いを検討する。図9に平均皮膚温 31.0°C ($30.75 \sim 31.25^\circ\text{C}$) に対する各被験者の温冷感申告値を示す。被験者 G、I、J、M が「-1: やや寒い」に近い申告をするのに対し、被験者 C、K、N は「-3: とても寒い」に近い申告をしている。異なる皮膚温について同じ検討を行っても、被験者によって温冷感申告値に差が見られた。図10に、15名の被験者それぞれに対する回帰曲線を示す。なお、回帰曲線は $|dT_{sk}/dt| \leq 0.06^\circ\text{C}/\text{min}$ のデータに対し、非定常温冷感予測式(式(2))において $dT_{sk}/dt = 0$ と置いて決定した。温冷感申告値が0となる平均皮膚温には、被験者によって 2°C 程度の差がある。平均皮膚温 33.0°C 以下で、温冷感申告値の被験者間の差は大きい。被験者 F、O が、平均皮膚温 32°C 程度で「-3: とても寒い」となるのに対し、被験者 J、M は平均皮膚温 29°C であっても「-1: やや寒い」～「-2: 寒い」となる。

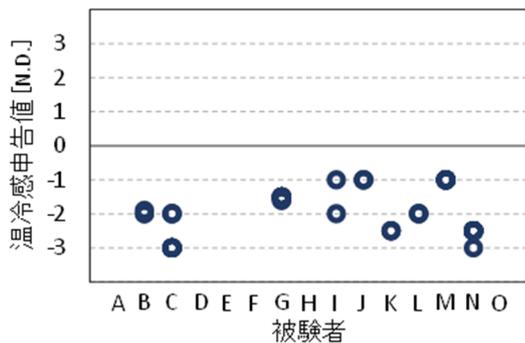


図9 平均皮膚温 31.0°C に対する温冷感申告値

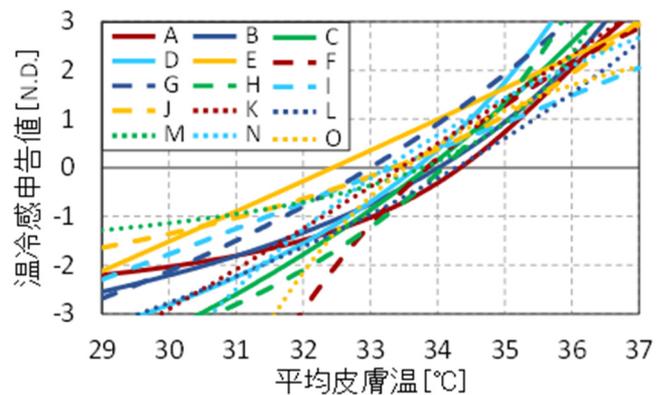


図10 平均皮膚温と全身温冷感申告値の関係 (定常状態、被験者ごとに決定された回帰式に基づく)

4.2 皮膚温に対する温冷感の感度

図10より、温冷感申告値が0となる平均皮膚温だけでなく、回帰曲線の形状が被験者により異なる。回帰曲線の形状は、皮膚温が上昇/低下した時に温冷感申告値がどの程度暑い/寒い側へ移行するかで決まる。そこで、温冷感申告値が0となる平均皮膚温により平均皮膚温を基準化し、平均皮膚温の変化に対する温冷感の感度における個人差をみる。なお、ここでは、図10で求めた回帰曲線が温冷感0を通る時の平均皮膚温を基準化平均皮膚温とした。図11に基準化平均皮膚温 -2.0°C ($-2.25 \sim -1.75^\circ\text{C}$) に対する各被験者の温冷感申告値を示す。なお、 $|dT_{sk}/dt| \leq 0.06^\circ\text{C}/\text{min}$ のデータのみを示す。依然として、被験者 A、G、I、J、M のように「-1: やや寒い」に近い申告

をする被験者もいれば、被験者 E、F、K、N、O のように「-3:とても寒い」に近い申告をする被験者もいた。図 12 に、15 名の被験者それぞれに対する回帰曲線を示す。回帰曲線は、式(2)の平均皮膚温を基準化平均皮膚温に置き換え、 $dT_{sk}/dt=0$ と置いて決定した。多くの被験者について、基準化平均皮膚温のマイナス側よりも、プラス側の勾配が大きく、下に凸の形を示すのに対し、被験者 F、N、O については、基準化平均皮膚温のマイナス側の勾配が大きく、上に凸の形を示した。また、被験者 E、I については、基準化平均皮膚温のプラス側とマイナス側で同等の勾配であり、直線に近い形を示した。一方、被験者 J、M については、基準化平均皮膚温のマイナス側での勾配が、他の被験者と比べて小さい。温冷感を評価する際の基準の平均皮膚温を揃えてもなお、皮膚温と温冷感申告値の関数が異なるのは、温冷感の評価構造における個人差が存在していることを示していると言える。

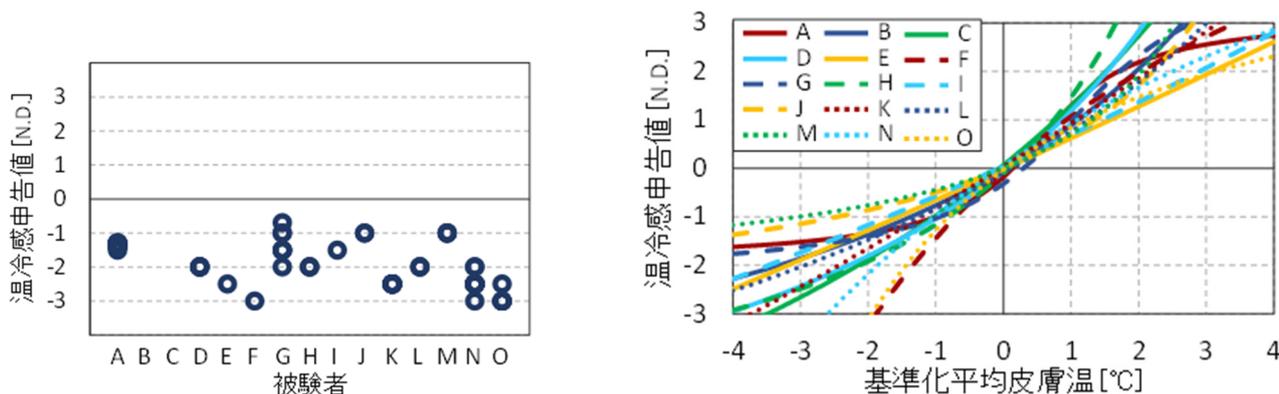


図 11 基準化平均皮膚温-2.0°Cに対する温冷感申告値 図 12 基準化平均皮膚温と全身温冷感申告値の関係 (定常状態、被験者ごとに決定された回帰式に基づく)

5. 性格特性による温冷感申告特性の類型化¹⁰⁾

以下では、ここまでの検討に用いたものとは別の実験(2015年11月~2016年1月に実施)より、全身温冷感に個人差が生じる要因を被験者の特性から探った。

5.1 被験者実験の方法と結果

人工気候室を用いて、設定室温が中低温→低温→中高温→高温と変化する実験を行った。実験スケジュールを図 13 に示す。被験者は若年男性、若年女性、中年男性、中年女性、各群 4 名、計 16 名とした。着衣は 0.7clo、椅座安静条件とした。13 点(Hardy & du Bois の 12 点+上腕)の皮膚温を 10 秒間隔で測定し、全身および 7 部位の温冷感を ASHRAE の 7 段階スケールの和訳(図 3)に従って 1 分間隔で申告させた。なお、平均皮膚温の算出には Hardy & du Bois の 7 点法を用いた。また、被験者の特性を調べるために、身体測定(身長、体重、体脂肪率など)・属性に関するアンケート調査(暑がり・寒がり、冷え症など)・性格診断検査(YG 性格検査¹²⁾、¹³⁾を行った。被験者の属性を表 3 に示す。

時刻	12:30	13:00	13:40	14:50	16:00	17:10
条件	*	中低温	低温	中高温	高温	
設定室温	21°C	21°C	16°C ~20°C	25°C	30°C ~33°C	

*: 人工気候室内で着替えと皮膚温センサーの貼付け

図 13 実験のスケジュール

表 3 被験者の属性

項目	若年男性	若年女性	中年男性	中年女性
年齢*	22.8(1.0)	22.0(0.8)	48.0(6.7)	43.3(2.6)
[才]	24/22	23/21	55/39	46/41
身長*	174(3)	157(5)	171(8)	162(7)
[cm]	176/170	161/150	181/164	171/154
体重*	64.3(6.8)	51.5(10.9)	73.6(10.9)	52.3(6.3)
[kg]	74.0/58.2	65.2/40.1	86.0/63.8	58.3/44.5
体脂肪率*	16.4(3.9)	24.9(3.2)	22.8(7.4)	25.3(3.1)
[%]	20.1/11.2	28.4/21.5	29.3/12.8	29.8/23.1
性格検査 型判定**	A'/A''/B'/E'	C'/D'/D'/E'	A''/A''/B/C'	C/C/D/D'

*上段:平均(標準偏差)、下段:最大値/最小値
 **:A型(平均型),B型(独善型),C型(平穩型),
 D型(管理者型),E型(異色型)
 ○'型:準型-その型の性格特徴がやや薄くなった型
 A''型:混合型-A'型よりもさらに平均的傾向が薄くなった型
 A○型:混合型-A型よりはもう一方の型の傾向がある型

図 14 にある若年女性に対する実験結果を示す。平均皮膚温は絶えず変化しているが、室温の変化直後を除くと、変化率としては比較的小さかった。

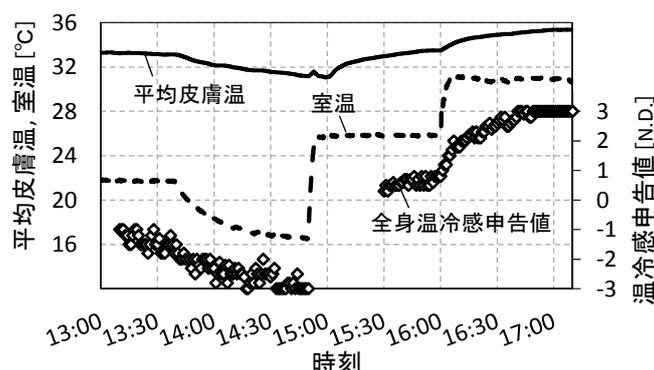


図 14 室温、平均皮膚温、全身温冷感申告値の経時変化(若年女性被験者の一人の例)

5.2 男女差、年齢差による温冷感評価構造の差異

平均皮膚温に対する全身温冷感申告値の回帰曲線を、各群に対して 4.1 と同じ方法で決定し、群間の比較を行う(図 15)。なお、ここでも定常状態に近いデータに絞るため、 $|dT_{sk}/dt| \leq 0.06^\circ\text{C}/\text{min}$ のデータのみを用いた(全体の 90~95%)。温冷感申告値が 0 となる平均皮膚温は、若年者、中年者ともに男性の方が低い傾向にあった。特に若年男性は平均皮膚温が 33.5°C 以下では、他群よりも暑い側の温冷感申告値となった。男性と比較して女性は、平均皮膚温 $31.0\sim 33.5^\circ\text{C}$ ではより寒い側に、 34.0°C 以上ではより暑い側に、温冷感を申告する傾向にあった。図 16 に基準化平均皮膚温と全身温冷感申告値に対する回帰曲線を示す(4.2 と同じ方法)。女性の方が、基準化平均皮膚温 0°C 近傍での勾配が大きく、温冷感が中立となる皮膚温の幅が狭いこと、皮膚温変化に対する温冷感申告値の感度が高い(温冷感申告値の変化が大きい)ことを示している。

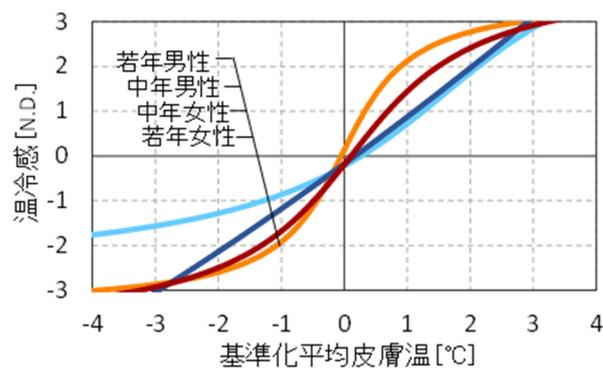
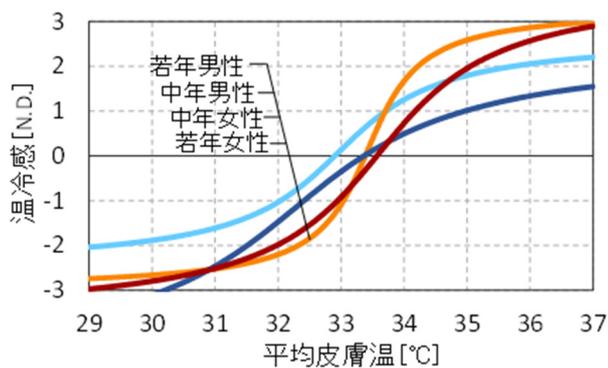


図 15 平均皮膚温と全身温冷感申告値の回帰曲線 図 16 基準化平均皮膚温と全身温冷感申告値の回帰曲線
(被験者の群間での比較) (被験者の群間での比較)

5.3 性格による温冷感評価構造の差異

YG 性格検査¹²⁾は、120 項目の質問を被験者に行い、その結果から人間の性格特性を測定する検査で、人の性格の 12 因子の強弱を 5 段階の標準点で評価するものである。ここでは、各因子の標準点と「全身温冷感申告値が中立となる平均皮膚温の幅」、「平均皮膚温変化に対する全身温冷感申告値の感度」との関係を見た。前者は、温冷感申告値の絶対値が 0.5 未満となる平均皮膚温の最大値と最小値の差とし、後者は、平均皮膚温に対する全身温冷感申告値の回帰直線の勾配とした。表 4 に各性格因子の標準点と「温冷感申告値が中立となる皮膚温の幅」および「皮膚温変化に対する温冷感申告値の感度」との相関係数を示す。男女共通して「思考的に外向」の傾向が強いと中立時の皮膚温の幅が大きく、「主観的」傾向が強いと皮膚温に対する温冷感の感度が高い。男性に限定すると、「主観的」「活動性」「のんき性」傾向が強いと中立時の皮膚温の幅が小さくなり、「主観的」傾向が強くと皮膚温に対する温冷感の感度が高い。女性に限定すると、「気分の変化性」の傾向が強くと中立時の皮膚温の幅が小さくなり、「抑うつ性」「気分の変化性」「劣等感」の傾向が強くと皮膚温に対する温冷感の感度が高いという傾向がみられた。これらは少ない母集団に対する分析によるものであり、今後の検証を要するが、性格により温冷感の評価構造が説明される可能性をうかがわせる結果である。

表 4 性格因子の標準点¹²⁾と「中立時平均皮膚温の幅」「皮膚温変化に対する温冷感申告値の感度」との相関係数

性格因子	中立時平均皮膚温の幅との相関係数			皮膚温変化に対する温冷感申告値の感度との相関係数		
	男性	女性	全体	男性	女性	全体
抑うつ性	-0.07	-0.47	0.23	-0.48	0.65	-0.29
気分の変化性	-0.44	-0.79	-0.05	-0.28	0.78	-0.26
劣等感	0.45	-0.56	0.36	-0.33	0.80	-0.24
神経質	-0.34	-0.45	0.18	-0.29	0.58	-0.26
客観的・主観的	-0.94	-0.21	-0.14	0.63	0.71	0.32
協調性	0.38	-0.31	0.18	-0.49	0.26	-0.27
攻撃性	-0.51	0.48	0.26	0.19	-0.11	-0.16
活動性	-0.69	-0.02	-0.34	0.45	-0.38	0.18
のんき性	-0.60	0.31	0.13	-0.02	-0.04	-0.19
思考的内向・外向	0.75	0.61	0.55	-0.31	-0.02	-0.21
服従的・支配的	-0.47	-0.12	-0.13	0.52	-0.28	0.08
社会的内向・外向	-0.38	-0.06	-0.33	0.38	-0.10	0.28

6. まとめ

全身温冷感の予測とその個人差について、これまでに筆者が検討した内容について述べた。

- 1) 平均皮膚温とその時間変化率から非定常状態の全身温冷感申告値を予測する式の導出過程について説明した。室温のステップ変化に椅座安静状態の被験者を曝露する実験に基づく回帰式であることを説明し、その式による予測値と実験結果を比較して、両者が概ね一致することを示した。
- 2) 皮膚温の時間変化率の絶対値が 0 に近い場合、定常状態とみなし、全身温冷感申告値が平均皮膚温のみで説明可能な「準定常状態」の皮膚温変化率の条件を被験者実験から「絶対値が 0.06°C/min 以下」と提案した。
- 3) 定常状態に限定して、温冷感申告値の個人差の要因について検討を行った。皮膚温(生理量)における個人差と、温冷感の評価構造(心理量)における個人差の両方が存在することを若年男性被験者 15 名の実験結果より示した。
- 4) 定常状態における温冷感の評価構造の個人差を、若年男性・若年女性・中年男性・中年女性の 4 群、各 4 名に対する被験者実験の結果より検討した。また、性格により温冷感の評価構造の違いが説明される可能性を示した。

注) 本稿は、既発表論文(参考文献 8)および 10))をもとに、加筆・修正を行い、再構成したものである。

参考文献

- 1) 日本建築学会, 温熱心理・生理測定法規準・同解説 AIJES-H0004-2014, 2014
- 2) 中山昭雄編, 温熱生理学, 理工学社, pp.246-263, 1981
- 3) H. Hensel, Thermoreception and temperature regulation, Monographs of Physiological Society No. 38, Academic Press, pp.33-35, 1981
- 4) 小川庄吉ら, 至適温度条件に関する実験的研究, 公衆衛生研究報告 23(2), pp. 72-87, 1974
- 5) 森郁恵ら, 非定常状態における温冷感予測に関する実験的考察, 日本建築学会計画系論文集 563, pp.9-15, 2003
- 6) H. Zhang et al., Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part III: whole-body sensation and comfort, Building and Environment 45, pp.399-410, 2010
- 7) D. Fiala et al., First principles modeling of thermal sensation responses in steady-state and transient conditions, ASHRAE Transaction, pp.179-187, 2003
- 8) S. Takada et al., Prediction of Whole-Body Thermal Sensation in the Non-Steady State Based on Skin Temperature, Building and Environment 68, pp. 123-133, 2013
- 9) HULINKS 社ホームページ (Table Curve 3D, 2017.10.5 にアクセス)
<https://www.hulinks.co.jp/software/tablecurve3d/>
- 10) 高田暁ら, 非定常温冷感予測に関する研究(その 3) 全身温冷感に個人差が生じる要因の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, pp.323-324, 2016
- 11) 小川裕之ら, 皮膚温変化率が全身温冷感に与える影響, 第 39 回人間-生活環境系シンポジウム報告集, pp.5-8, 2015
- 12) ウイズダムマネジメント社ホームページ (2016.3.3 にアクセス) <http://www.wisdom-mng.co.jp>
- 13) 高橋祐樹ら, 環境変化に敏感な性格傾向を持つ執務者の日中の活動・夜間の睡眠についての検討 サーカディアンリズムを考慮したオフィスの温熱環境制御が執務者の深部体温とその他生理・心理・作業効率に与える影響 (その 2)日本建築学会環境系論文集 79, pp. 11-17, 2014