

炬燵使用時における人体の熱的快適性の検討とその温熱効果の定量化

THERMAL EFFECT OF HEATING LOWER EXTREMITIES OF THE HUMAN BODY USING KOTATSU ON THE HUMAN THERMAL COMFORT

渡邊 慎一*1, 堀越 哲美*2, 三好 結城*3, 宮本 征一*4
Shin-ichi WATANABE, Tetsumi HORIKOSHI, Yuuki MIYOSHI
and Seiichi MIYAMOTO

A well-known heating facility in Japan, KOTATSU, heats the lower extremities of the human body by an infrared heater or wood coal fire in a box. The objective of this paper is to clarify the thermal effect of KOTATSU on the human thermal comfort quantitatively. Experiments were carried out under the following combined conditions: air temperatures were 11°C, 14°C, 17°C, and 20°C and electric power of infrared lamp were to 0W('off'), 87W('low'), 91W('middle') and 181W('high') electric consumption, respectively. Five male and six female subjects participated in those experiments. The following result was obtained: There was significant difference of comfort vote between female and male subjects when subjects reported hotter votes than thermal neutrality. The KOTATSU at 'low' and 'middle' IR heater level has the equivalent effect of 7°C operative temperature rise at the condition of 11°C air temperature, and that at 'high' IR heater level has the equivalent effect of 10°C operative temperature rise at the same condition. Also the KOTATSU has more than 2°C effectiveness at the condition of 14°C air temperature even if the infrared lamp of the KOTATSU is turned off. Its effectiveness decrease gradually with increasing air temperature.

Keywords : heating facility, KOTATSU, human body, physiological response, psychological response, operative temperature
採暖器具, 炬燵, 人体, 生理反応, 心理反応, 作用温度

1. はじめに

日本の住宅は、主として夏季における快適性を実現することを目的として、開放的な構造とされてきた。したがって、冬季において温熱的な快適性を得るには、空間全体を温める暖房はその建築の構造上からも難しく、専ら局所的な採暖で生活してきたと考えられる。採暖器具には、炬燵の他にも行火、火鉢等が広く用いられてきた。また、囲炉裏は炊事の用に供されるとともに、採暖器具としての役割も担っていた。これらの採暖器具の中で、現在もお広く用いられているものの一つが炬燵であると考えられる。さらに、炬燵は椅子座の洋式生活が広く取り入れられている現在においても、なお根強く使用されている¹⁾。

炬燵は、室町時代に中国から日本に伝えられたとされている²⁾。炬燵の語は火榻子の宋音で、室町時代に禅家によって広められた語であるという。これを初め、火榻と書いたが、後には火燵・炬燵の文字が当てられるようになった。伝来当初は現在見られるような形状のものではなく、椅子用の低い檜で囲った足入りだったらしい³⁾。その後、日本の床座生活にあうように改良され、江戸時代に入って現在のような高さの炬燵となった。また、炬燵の掛け布団として使用される綿の普及から判断すると、炬燵が一般に普及したのも江戸時代に入ってからとされている⁴⁾。その後、昭和30年代に家電メーカーから電気式の炬燵が発売され、熱源が炭や練炭などの裸火から

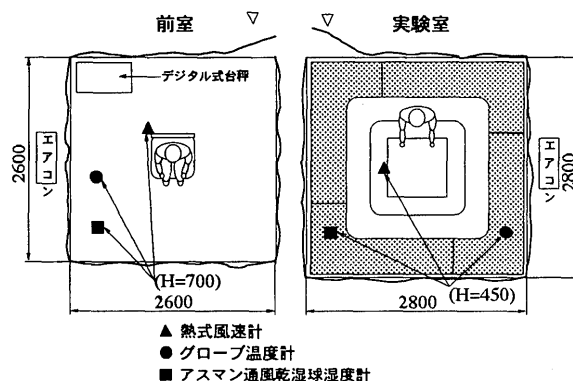


図1 前室及び実験室平面図

赤外線ランプとなり、取り扱いが簡便になったことや、熱放射源が床面から炬燵槽下面に変わり、炬燵内を広く使用できるようになったことなどから、急速に普及した。

このような変遷を経て広く普及した炬燵採暖であるが、その人体へ及ぼす影響を取り扱った研究⁵⁻⁹⁾は数少ない。人体の上半身及び下半身を同時に異なった温熱環境に暴露した研究としては、田中ら¹⁰⁾や坊垣ら¹¹⁾の研究があるが、いずれも炬燵使用を想定したものではなく、また、実際に炬燵を用いた研究ではない。そこで本研究は、炬燵採暖が人体に及ぼす温熱的な影響を明らかにすることを

*1 名古屋工業大学大学院社会開発工学専攻 院生・修士(工学)

*2 名古屋工業大学大学院都市循環システム工学専攻 教授・工博

*3 前田建設工業株式会社(当時 名古屋工業大学 学生)

*4 名古屋工業大学社会開発工学専攻 助手・修士(工学)

Graduate Student, Dept. of Architecture, Nagoya Institute of Technology, M. Eng. Prof., Dept. of Environmental Technology and Urban Planning, Graduate School of Eng., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

Maeda Corporation (ex-Student of N.I.T)

Research Assoc., Dept. of Architecture, Nagoya Institute of Technology, M. Eng.

目的として、一般に使用されている炬燵を用いた被験者実験を行い、その影響を考察した。特に、炬燵内と炬燵外にある人体部分に対する温冷感の関係、性差による炬燵採暖の影響の相違、炬燵採暖の温熱効果の定量的把握に着目した。

2. 実験計画

2.1. 実験室の概要

実験は1995年10月6日～12月6日及び1996年3月6日～4月6日に、名古屋工業大学の環境実験室にて実施した。前室及び実験室平面図を図1に示す。実験室の床は本畳4.5畳を敷き詰め、その上に炬燵を設置した。前室及び実験室とも周囲壁面及び天井を無彩色の布で覆った。実験には赤外線炬燵（松下電器産業株式会社製、DW-570A）を使用した。

2.2. 設定条件

設定条件は、周囲気温と炬燵赤外線ランプ条件を組み合わせた表1に示す各条件で行った。気温は冬季における至適域²⁾より低い気温である11℃、14℃、17℃、20℃の4段階とし、炬燵側の条件は、赤外線ランプ調節ツマミの「切」、「弱」、「中」、「強」の4段階（以下、「切」をランプ条件N、「弱」をランプ条件L、「中」をランプ条件M、「強」をランプ条件Hと称す。）とした。以下、設定条件を「設定気温・ランプ条件」の組合せで記す。相対湿度は50%の実現を目標にした。気流は全実験を通して前室及び実験室で測定し、その結果0.15m/s以下の静穏気流であることを確認した。前室は、気温25℃（=平均放射温度）、相対湿度50%、静穏気流とした。

2.3. 被験者

被験者は健康な青年の男性5名及び女性6名とした。被験者の身体データを表2に示す。表中の全体表面積は、日本人を対象とした全体表面積の算出式である蔵澄ら³⁾の式を用いた。なお、被験者は実験内容を理解した善意の協力者で適切な報酬が支払われた。

2.4. 着衣

実験に用いた着衣を表3に示す。被験者は下着とTシャツを各自用意し、その他の靴下、カッターシャツ、作業着はあらかじめ験者が用意したものを装着した。作業着は、S・M・L・LLの各サイズを用意し、各自の体型に合わせて無理のないサイズを選択した。各被験者のclo値を表2に示す。表中のclo値の算出には花田ら⁴⁾の式を用いた。また、実験中は炬燵使用時のくつろいだ場面を想定し、カッターシャツの第1ボタンをはずした着衣条件とした。

2.5. 実験スケジュール

被験者は環境実験室に到着後、温度制御された前室にて脱衣し、下着のみのほぼ裸体の状態で体重を測定した。その後、所定の衣服を着け、熱電対及び熱流計を装着した。装着完了後、再び体重の測定を行い、測定後に実験を開始した。前室において椅座安静で30分間滞在後、体重を測定し、実験室に入室した。実験室では、室中央に設置された炬燵に投足⁵⁾の姿勢で60分間、設定条件に制御した環境に暴露した。暴露終了後、再び前室に移動し、体重測定後に熱電対及び熱流計を取り外し、下着のみのほぼ裸体状態で再び体重を測定し、実験を終了した。被験者の座る位置は、各被験者が最も座りやすい位置とし、全条件を通して同一の位置とした。実験中は読書を許可した。また、飲食が実験にできるだけ影響を及ぼさないよう配慮し、実験室到着の1時間前までに食事を済ませるように依

表1 設定条件

気温 ℃	ランプ条件	相対湿度 %	風速 m/s	被験者		赤外線ランプ 消費電力 W
				男性	女性	
11	M H	50	0.1以下	IT,IM,OS FS,KT	AN,AR,OZ TG,GK	N(切): 0W
14	N L M					L(弱): 86.2W
17	N L M					M(中): 31.1W
20	N L M					H(強): 81.4W

表2 被験者身体データ

被験者	年齢	身長 cm	体重 kg	体表面積* m ²	着衣clo値** clo	出身地	性別
IT	22	170.5	59.5	1.69	0.89	愛知県	
IM	23	165.1	59.5	1.65	0.87	愛知県	
OS	21	176.7	56.1	1.69	0.89	愛知県	男性
FS	21	177.5	73.0	1.88	0.92	愛知県	
KT	22	174.2	75.5	1.88	0.89	岐阜県	
AN	21	161.9	50.7	1.53	0.83	岐阜県	
AR	19	162.0	58.0	1.61	0.83	富山県	
OZ	19	149.6	41.7	1.35	0.83	静岡県	女性
MT	20	155.8	44.1	1.41	0.83	岐阜県	
TG	23	155.0	50.8	1.49	0.83	愛知県	
GK	24	157.4	46.8	1.46	0.83	愛知県	

* 蔵澄らの式 $S=100.315W^{0.383}H^{0.693}$ W: 体重 kg H: 身長 cm
** 花田らの式 $Y=0.000558W+0.068$ W: 着衣の総重量 g

表3 着衣データ

着衣	重量 g
作業着 (上下)	S 950 M 1020 L 1060 LL 1110
Yシャツ	210
Tシャツ	95
トランクス (男性)	60
パンティー (女性)	15
ブラジャー (女性)	43
靴下	50

表4 測定項目及び測定機器

環境側		測定項目	測定機器	測定位置
炬燵	気温	アスマン通風乾球湿度計	床上45cm	
	相対湿度	0.2mmφT型熱電対	床上10cm 床上100cm 床上180cm	
外	グローブ温度	アスマン通風乾球湿度計	床上45cm	
	風速	0.2mmφT型熱電対		
	表面温度	グローブ温度計	床上45cm	
炬燵内	気温	熱式風速計	床上45cm	
	風速	0.3mmφT型熱電対	床・壁・天井・炬燵掛け布団・天板	
	表面温度	アルミ箔による放射遮蔽を施した0.2mmφT型熱電対	床上9cm 床上14cm 床上24cm	
内	気温	グローブ温度計	床上9cm	
	風速	熱式風速計	床上9cm	
	表面温度	0.3mmφT型熱電対	炬燵内部床・壁・天井 アルミ反射板・赤外線ランプ表面	
		使用電力量	電力量計	

人体側

測定項目	測定機器	測定位置
皮膚温	0.2mmφT型熱電対	Hardy-DuBoisの12点の各部位
舌下温	0.2mmφT型熱電対	舌下
着衣温	0.2mmφT型熱電対	皮膚温測定位置と対応する着衣表面
熱流量	熱流計	Ramanathanの4点+大腿後
体重減少量	デジタル台秤	

頼した。

2-6 測定項目及び測定方法

2-6-1 温熱環境条件

温熱環境条件の測定項目及び測定機器を表4に示す。測定高さは、前室においては椅座人体の体中心に近い床上70cmとし、実験室においては、人体の座高の約1/2である床上45cmとした。

2-6-2 人体反応

人体の皮膚温はHardy-DuBoisの12点法¹⁶⁾における各部位について、0.2mmφ T型熱電対を透気性テープで直接皮膚面に貼付して測定を行った。舌下温は、消毒した0.2mmφ T型熱電対を直接口腔舌下に留めて測定した。着衣温は、Hardy-DuBoisの12点法の各部位に対応する着衣表面に、0.2mmφ T型熱電対をセロハンテープで貼付し測定を行った。皮膚温及び着衣温ともに30秒毎に自動計測した。熱流計はRamanathanの4点¹⁷⁾に、床との接触部である大腿後の1点を加えた計5点で測定した。熱流計は透気性テープを用いて直接皮膚表面に貼付した。

被験者の心理的な反応は、全身、上半身、下半身のそれぞれの温冷感、快適感、放射感を直線評定尺度¹⁸⁾及び数値評定尺度を用いて測定した。また、全身に対しては乾湿感、気流感、涼暖感も合わせて測定した。直線評定尺度により得られた反応は、直線の全長を100として数値に換算し処理した。本論文では、温冷感及び快適感を取り扱う。

3. 炬燵使用時の温熱環境表現方法

炬燵使用時には、人体は炬燵内における高温環境と炬燵外における低温環境に同時に曝される。したがって、炬燵使用時の温熱環境を評価する上で、従来の温熱環境指標をそのまま適用することは適当ではない。そこで、本論文では炬燵使用時の炬燵内外両方の温熱環境を一つの指標で表現できる炬燵作用温度⁹⁾を用いた。

また、炬燵使用時の温熱環境を評価する上で、最も重要となる伝熱経路として熱放射が考えられる。そこで、熱放射による熱授受を的確に評価する上で必要となる、人体有効放射面積率及び人体とその周囲空間構成面との間の形態係数を、実測により求めた。実測は立体角放射法則に基づく写真法¹⁹⁾により行い、被験者は男女1名ずつとした。実測に使用した着衣は暴露実験と同一のものである。炬燵外部分の撮影には、2m×2m×2mの仮想空間を想定し、50cm×50cmの格子点から撮影した。また、炬燵内部分の撮影は、暴露実験に用いた炬燵とほぼ同等の空間(72cm×72cm×24cm)を想定し、12cm×12cmの格子点で撮影した。さらに、炬燵内において人体により強い放射の影響を及ぼすと考えられる赤外線ランプおよびアルミ反射板の部分は、6cm×6cmの格子点で撮影した。実測により得られた炬燵内外の有効放射面積率及び形態係数を表5に示す。人体と床との接触部では伝導により熱移動が起こるので、接触部の形態係数は0として取り扱った。炬燵外部分の有効放射面積率は、男性が0.669、女性が0.688となった。一方、炬燵内部分の有効放射面積率は、男性が0.891、女性が0.832となった。

炬燵使用時の平均皮膚温は、実験に参加した全被験者が床と接触した面積を実測し、Hardy-DuBoisの12点¹⁶⁾の重み係数を修正して算出した⁹⁾。以下、これを修正平均皮膚温と称す。

表5 炬燵内外における人体と空間構成面との形態係数及び有効放射面積率

有効放射面積率					
炬燵外			炬燵内		
	男性	女性	男性	女性	
	0.669	0.688	0.891	0.832	
形態係数					
炬燵外			炬燵内		
人体から	男性	女性	人体から	男性	女性
側面(右)	0.161	0.160	側面(右)	0.085	0.086
側面(左)	0.161	0.160	側面(左)	0.085	0.086
前面	0.066	0.075	前面	0.084	0.089
背面	0.335	0.342	背面	0.115	0.136
天井	0.098	0.097	床	0.167	0.146
床	0.179	0.166	天井	0.385	0.367
			赤外線ランプ	0.016	0.018
			アルミ反射板	0.063	0.072
合計	1	1	合計	1	1

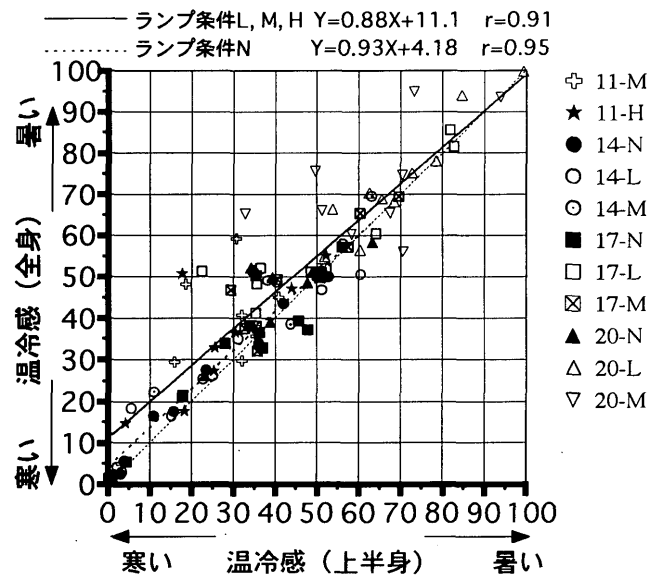


図2 上半身温冷感と全身温冷感との関係

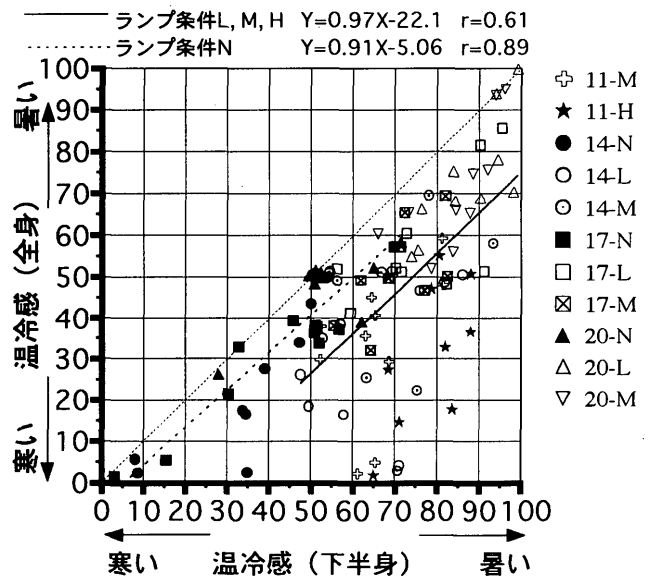


図3 下半身温冷感と全身温冷感との関係

4. 実験結果及び考察

以下の実験結果及び考察には暴露60分後の測定値を用いた。

4-1 炬燵内外の関係

図2に上半身温冷感と全身温冷感との関係を示す。赤外線ランプを点灯していないランプ条件Nと点灯したランプ条件L, M, Hとの間の回帰の同質性の検定を行ったところ、有意水準1%で有意な差が認められた。また、ランプ条件Nの全身温冷感と上半身温冷感の有意差検定を行ったところ、有意な差は認められなかった。したがって、点灯しない場合、上半身温冷感と全身温冷感是对応すると考えられるが、赤外線ランプを点灯すると全身温冷感に上半身温冷感より暑い側の反応となる。また、上半身温冷感が寒い側であるほど全身温冷感に暑い側の反応となる。

図3に下半身温冷感と全身温冷感との関係を示す。下半身温冷感に赤外線ランプを点灯した場合ほとんど暑い側の反応となっている。赤外線ランプを点灯しない条件および点灯した条件での全身温冷感と下半身温冷感の有意差及び点灯条件間の検定を行ったところ、有意水準1%で有意な差が認められた。したがって、炬燵使用時には赤外線ランプを点灯するしないに関わらず、下半身温冷感に全身温冷感より暑い側の反応となると考えられる。これは、赤外線ランプを点灯してなくても、人体からの発熱と炬燵の保温性により炬燵内の気温が炬燵外の気温に比べて高くなるためと考えられる。

図4に上半身と下半身との温冷感差と全身快適感との関係を示す。かなりばらつきがみられるが、上半身と下半身の温冷感の差が大きくなるにしたがって、快適感が不快側の反応となるおおよその傾向が認められる。さらに、気温11℃、14℃でランプ条件M, Hの場合に着目するとこの傾向はより顕著である。したがって、上半身と下半身に極端に異なった温熱環境に同時に曝されると、不快感が増すと考えられる。

4-2 性差についての検討

図5に修正平均皮膚温と全身温冷感との関係を示す。修正平均皮膚温が上昇するにしたがって、全身温冷感が暑い側の反応となる傾向が認められる。回帰直線に着目すると熱的中立である温冷感50における修正平均皮膚温は、男性で34.2℃、女性で33.9℃、男女あわせると34.0℃となる。熱的中立における平均皮膚温は男性の方が、若干高い傾向である。全身を均一な気温の環境に暴露させた磯田ら²⁰⁾の研究によると、熱的中立における平均皮膚温は33.5℃~34.5℃であり、本研究で得られた値はその範囲内にある。したがって、炬燵使用時のように炬燵内外において極端に異なった温熱環境に人体が曝された場合でも、温熱的に中立と感じる時の平均皮膚温は、修正平均皮膚温を用いることで均一な環境に曝されたときとほぼ等しく表現されたと考えられる。また、性差による回帰式の差を共分散分析によって検定したところ、男女間での有意な差は見られなかった。

図6に全身温冷感と全身快適感との関係を示す。全身温冷感に男性では熱的中立付近で最も快適感が高くなる傾向で、女性ではやや暑い側で高い。全身温冷感で暑い側(温冷感0~50)と寒い側(温冷感50~100)に分けて回帰直線を引いた。性差による快適感の反応の違いを、共分散分析を用いて検定したところ、寒い側においては男女間の有意な差は認められなかった。しかし、暑い側において

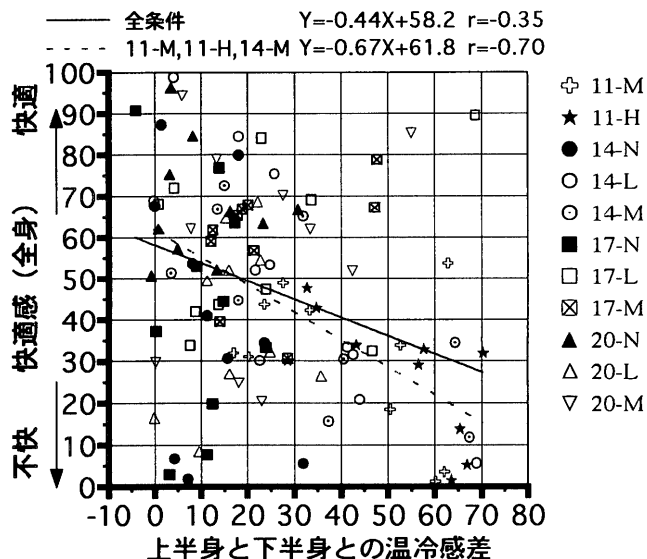


図4 上半身と下半身との温冷感差と全身快適感との関係

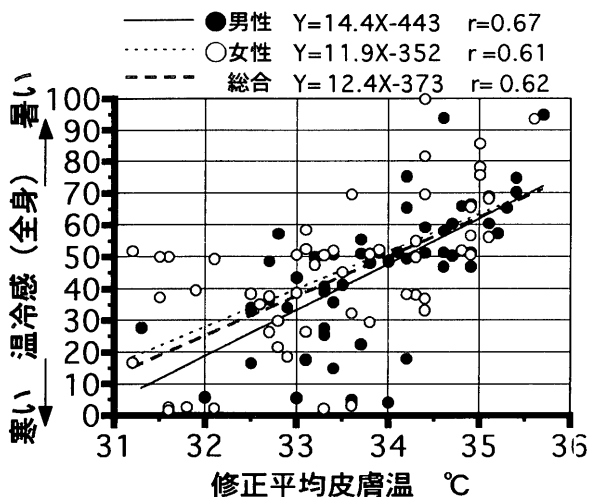


図5 修正平均皮膚温と全身温冷感との関係

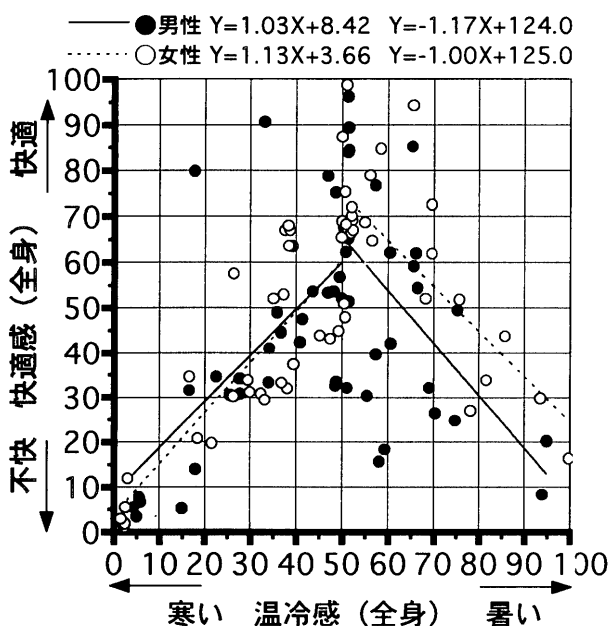


図6 全身温冷感と全身快適感との関係

は5%の有意水準で男女間で有意な差が認められた。したがって、女性は全身温冷感が暑い側で男性よりも高い快適感が得られる傾向が示されたと考えられる。

次に炬燵使用時の人体の生理反応としての平均皮膚温と心理反応としての全身温冷感を、炬燵使用時の温熱環境を一つの値で表現できる炬燵作用温度を用いて、その関係を考察する。

図7に炬燵作用温度と修正平均皮膚温との関係を示す。炬燵作用温度が上昇するにしたがって修正平均皮膚温が上昇する傾向が認められる。また、相関係数に着目すると男性で0.84、女性で0.79であり、比較的相関が高いことから、炬燵作用温度と人体の生理反応である修正平均皮膚温は良く対応するものと考えられる。性差による両者の関係の違いを共分散分析によって検定したところ、男女間で有意な差は認められなかった。したがって、性差によらず炬燵作用温度を用いることによって炬燵使用時の平均皮膚温を予測できるものと考えられる。

図8に炬燵作用温度と全身温冷感との関係を示す。全身温冷感の反応にばらつきがあるものの、炬燵作用温度が上昇するにしたがって、全身温冷感が暑い側の反応となる傾向が認められる。回帰直線に着目すると、熱的中立である温冷感50における炬燵作用温度は、男性で23.7℃、女性で23.2℃、男女あわせると23.4℃であった。これらの値は、加藤ら¹²⁾による冬季の至適域と数値的に一致する。したがって、炬燵作用温度は、炬燵使用時の特殊な熱的環境を気温換算して表現できると考えられる。また、性差による全身温冷感の反応の違いを、共分散分析によって検定したところ、性差による有意な差は認められなかった。

4.3 炬燵の温熱的效果

図9に各気温段階に対する炬燵作用温度と作用温度との差との関係を示す。ここで、炬燵作用温度と作用温度との差は、炬燵を使用することによって、どの程度人体に温熱的な効果を及ぼすかを表現するものと考えられる。各ランプ条件毎に回帰直線を引き、傾向をみると全てのランプ条件で気温が上昇するに従って、温熱的な効果が減少する傾向が認められる。回帰直線に着目すると、ランプ条件L, Mでは気温11℃において7℃を越える温熱的な効果が認められる。ここで、ランプ条件Lとランプ条件Mとの間で共分散分析による検定を行ったところ、ランプ条件L, M間で有意な差は認められなかった。ランプ条件L, Mでは、その電力消費量の違いは小さいので暴露60分経過時点では人体への温熱的な効果はほぼ等しいと考えられる。また、ランプ条件Hでは、11-Hの1条件でしか実験を実施していないため気温との関係を論じることはできない。しかし、気温11℃におけるランプ条件M, H間で、平均値の差の検定を行ったところ有意水準1%で有意な差が認められた。したがって、ランプ条件Hではランプ条件Mより高い温熱的な効果がある。そこで、11-H条件での温熱的な効果の平均を求めると10.0℃となり、ランプ条件Mより約3℃高い効果があると考えられる。また、赤外線ランプを点灯しないランプ条件Nに着目すると、気温14℃において2℃を越える温熱的な効果が認められる。これは、赤外線ランプが点灯してなくても、人体からの発熱と炬燵の保温性により炬燵内の気温が炬燵外の気温より高くなるためと考えられる。

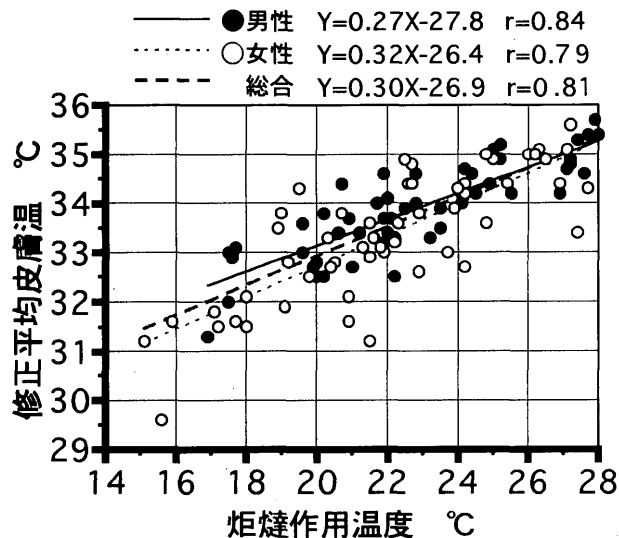


図7 炬燵作用温度と修正平均皮膚温との関係

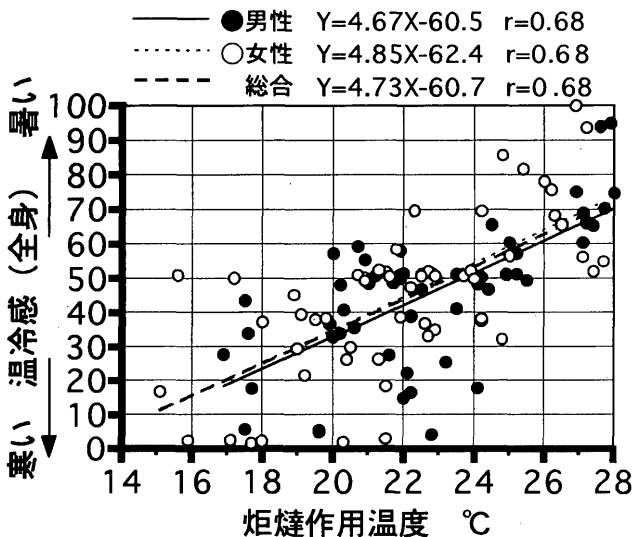


図8 炬燵作用温度と全身温冷感との関係

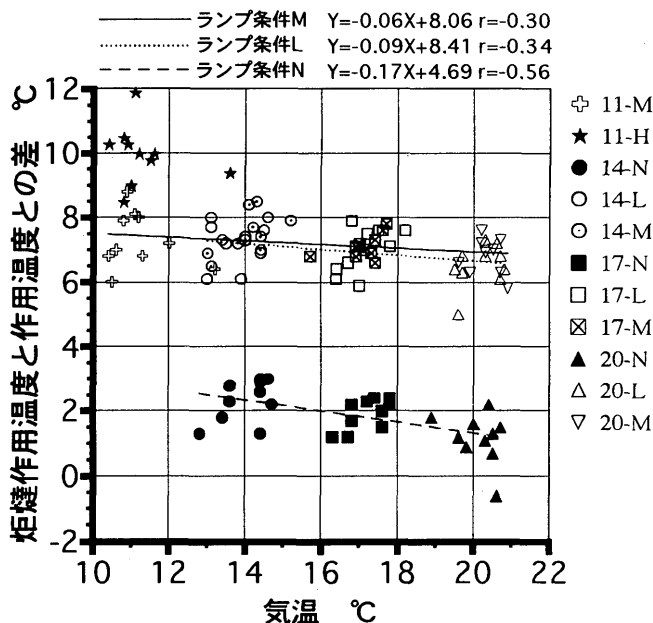


図9 気温に対する炬燵作用温度と作用温度との差との関係

5. 結論

炬燵採暖が人体に及ぼす影響を把握するため、男女の被験者を用いた実験を行い以下の知見を得た。

1. 炬燵内外における人体と環境との間の有効放射面積率及び形態係数を、立体角投射法則に基づく写真法により実測し、その値を示した。有効放射面積率は炬燵外で男性が0.669、女性が0.688であり、炬燵内で男性が0.891、女性が0.832である。
2. 赤外線ランプ点灯時には、上半身温冷感には寒い側の反応となり、下半身温冷感には暑い側の反応となる。また、ランプを点灯しない時には上半身と全身の温冷感には等しい反応となるが、下半身温冷感には暑い側の反応となる。
3. 上半身と下半身に極端に異なった温熱環境に同時に曝されると、不快感が増す。
4. 修正平均皮膚温と全身温冷感との関係において性差による違いは認められず、熱的中立における修正平均皮膚温は34.0℃である。
5. 女性は男性に比べやや暑い側で快適感が最も高くなる。
6. 炬燵作用温度は修正平均皮膚温と良く対応し、性差による反応の違いは認められない。
7. 炬燵作用温度と全身温冷感とは相関があり、両者の関係において性差による違いは認められない。熱的中立における炬燵作用温度は23.4℃であり、既存の気温による至適温度域と一致する。したがって、炬燵作用温度は炬燵使用時の温熱環境を気温換算して表現し得る指標である。
8. 通常の炬燵使用により、赤外線ランプ電力消費量約90Wで、気温11℃において7℃を越える温熱的な効果があり、気温が高くなるにつれてその効果が低下する。赤外線ランプ電力消費量約180Wでは、約10℃の温熱的な効果がある。また、赤外線ランプを点灯しない条件でも、気温14℃で2℃程度の気温上昇と同程度の温熱的な効果が認められた。

【謝辞】

被験者実験を行うに当たり、ご協力して頂いた福岡 真由美氏（地域計画建築研究所、当時名古屋工業大学学生）、渡邊 里佐氏（フリー）並びに、被験者の方々に感謝の意を表します。

【引用文献】

- 1) 沢田：イス坐家具導入過程からみた起居様式の指向性 現代住宅における起居様式の変容過程に関する研究（その1）、日本建築学会計画系論文報告集 第438号、33/42,1992.
- 2) 宮本：民具入門、慶友社、1990.
- 3) 新穂：ストーブ博物館、北海道大学図書刊行会、1990.
- 4) 清水：窓のうちそと、ダヴィッド社、1957.
- 5) 渡邊、宮本、堀越：炬燵使用時の人体に対する温熱環境評価に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、693/696,1995.
- 6) 三好、渡邊、宮本、堀越：室内空間における炬燵使用時の人体に対する温熱環境評価に関する研究 その1 皮膚温変動への影響：秋季実験、日本建築学会東海支部研究報告、361/364,1996.
- 7) 渡邊、三好、宮本、堀越：室内空間における炬燵使用時の人体に対する温熱環境評価に関する研究 その2 修正平均皮膚温と心理反応の関係：秋季実験、日本建築学会東海支部研究報告、365/368,1996.
- 8) 渡邊、堀越、宮本：炬燵採暖が人体に及ぼす影響とその評価方法 その1. 男性被験者の場合、日本建築学会大会学術講演梗概集、363/364, 1996.
- 9) 渡邊、堀越、宮本：炬燵採暖が人体に及ぼす影響とその評価方法 その1. 女性被験者の場合、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、105/108,1996.
- 10) 田中、大中、山崎、伊香輪、吉田、栃原：上下気温差と体温、第9回 人間・熱環境系シンポジウム報告集、136/137,1985.
- 11) 坊垣、今川、伊藤、大森、山田：上下温度差のある環境の人体影響に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集 第417号、31/42,1990.
- 12) 加藤、梅村、崔、鄒、堀越、山岸、山下、天野、岡村：室内温熱環境条件の至

適範囲に関する研究 一実測に基づくオフィスの場合一、日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、857/858, 1992.

13) 藏澄、堀越、土川、松原：日本人の体表面積に関する研究、日本生気象学会雑誌 31 (1)、5/29,1994.

14) 花田、三平、佐藤：男子用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維製品消費科学会誌 Vol. 24 No. 8, 31/37, 1983.

15) 日本建築学会編：建築設計資料集成 単位空間1、丸善.

16) Hardy, J. D. & DuBois, E. F. : The Technic of Measuring Radiation and Convection, Journal of Nutrition Vol. 15 No. 5, 461/475, 1938.

17) Ramanathan, N. J. : A new weighting system for mean surface temperature of the human body, Journal of Applied Physiology 19, 531/533, 1964.

18) 堀越、磯田、小林：風洞内温熱条件の人体に及ぼす影響に関する実験的研究（男子裸体） その2. 夏期一平均皮膚温と温冷感申告、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、27/30, 1974.

19) 堀越、宮原、小林：人体と矩形面との間の形態係数及び人体の有効ふく射面積に関する研究 1. 算出理論と椅座着衣の場合の実測、日本建築学会論文報告集、第268号、109/119, 1978.

20) 磯田、小林、堀越、池田：風洞内気流と人体皮膚温との関係に関する実験的研究（着衣） 中間期・暖房期および冷房期の場合、日本建築学会論文報告集、第229号、121/128, 1975.

(1996年12月10日原稿受理、1997年2月25日採用決定)