着衣のゆとりが人体の有効放射面積と形態係数に及ぼす影響に関する研究

1 青年女子被験者を用いた立位姿勢の場合

THE INFLUENCE OF CLOTHING FIT ON THE EFFECTIVE RADIATION AREAS
AND CONFIGURATION FACTORS OF THE HUMAN BODY

Part 1 In the case of young females at standing posture

富田 明美*, 宮本 征一**, 堀越 哲美***, 垣 鐸 直****
Akemi TOMITA, Seiichi MIYAMOTO, Tetsumi HORIKOSHI
and Naoshi KAKITUBA

The purpose of this paper is to clarify the influence of the clothing fits on the effective radiation area and the configuration factor. Clothes with different clothing fits were made based on the body surface area of three female subjects. The clothes were a blouse with long sleeves and a skirt of length under the knee. The effective radiation area and the configuration factors for 3 young female subjects at standing posture were measured by the photographic method. As a result, the effective radiation area factor was found to be 0.75 for the unclothed, 0.86 for the clothing No.0 with not ease, 0.93 for the clothing No.3 with usual ease and 0.98 for the clothing No.6 with double ease. An increase in the effective radiation area gets 1.14 times for the clothing No.0, 1.24 times for the clothing No.3 and 1.31 times for the clothing No.6. Diagrams of configuration factors between the human body at standing posture and rectangular planes were shown by clothing fits. An increase in the configuration factors for front / rear walls when putting on the clothes was found to be about 6%.

Keywords : effective radiation area factor, configuration factor, clothing fit, body surface area,
photographic method, standing posture

有効放射面積率、形態係数、着衣のゆとり度、体表面積、写真法、立位姿勢

1. はじめに

従来は、室内温熱環境の調節について、空間を均一な環境条件として捉えてきたため、人体に関わる係数値の精度は、それらの算出精度・誤差を満たすレベルで資料^{1), 2)}が整えられてきている。しかしながら、人間の生活行動が大きく関わるパーソナル空調や住宅での暖冷房設計を行う際には、既存の研究において、大きな要因ではないとされてきた人体の形態や生理的特性に関する要素について、再度検討する必要があると考えられる。

人体と空間との放射熱授受に関する係数として、有効放射面積率と形態係数が算出されてきている。これらの係数は、体型・体格による違いを除くために、体表面積で除して基準化され、性別、姿勢別、着衣の有無別に算出されている。着衣条件は、主として作業着を用いているが、具体的な記述もなく、着衣の形態を特定することができない場合が多い。垣鐸^{3), 4)}は、日常の着衣に関する資料が不足していることを指摘し、青年男子を対象として、ゆるみ度が異なる着衣の表面積と有効放射面積を写真法により求め、着衣のゆるみ度が有効放射面積に大きな影響を与えることを明らかにした。一方、立位・着衣条件下における女子被験者を用いた研究例は少なく、Bohnenkamp and Pasquay⁵⁾、Bandow and Bohnenkamp⁶⁾、Fanger⁷⁾、

土川⁸⁾にみられるのみで、着衣の形態の影響を定量的に検討した例はみられない。

そこで、本研究は、立位姿勢の女子を対象とし、有効放射面積率、形態係数への着衣の形態の影響について、第一段階としてゆとり度⁹⁾をパラメータとして、写真法¹⁰⁾により検討を行うものである。

着衣の形態は、同一構成法、同一素材であっても、人体との適合度により変化する。従って、着衣のゆとり度をパラメータとする場合には、着衣の体型適合度を明らかにした上で、ゆとり量を的確に捉えることが重要となる。本研究に用いる着衣は、既報⁹⁾と同様、被験者の体表面を基盤としてパターンを作成し、これに通常の着衣のゆとり量、その倍のゆとり量を人体周径方向に対して加えたものとする。着衣のゆとりについての解釈は、種々^{3), 4), 11), 12), 13), 14)}あるが、ここでは、人体との面積的な関係の再現性が高く、測定が容易にできることから、着衣パターン設計過程で意図的に加える量を「着衣のゆとり」と定義する。

2. 測定計画

2-1 被験者

被験者は、体型の異なった青年女子3名とした。身体データを表

* 相山女学院大学生生活科学部生活環境学科
助教授・博士(工学)

** 名古屋工業大学社会開発工学科 助手・博士(工学)

*** 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

**** 足利工業大学建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Human Environment, School of Life Studies, Sugiyama
Jogakuen University, Dr. Eng.

Research Assoc., Dept. of Architecture, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
Prof., Dept. of Environment Technology and Urban Planning, Graduate School of
Eng., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Ashikaga Institute of Technology, Dr. Eng.

1に示す。なお、体表面積は、非伸縮性の粘着テープを用いて実測した値を表記した。また、HQL¹⁵⁾ 20～24歳の女性平均値を基準としたモリソンの関係偏差折線を図1に示す。

2-2 測定用着衣

測定用着衣は、各被験者の体表面を採取して基本パターンを作成し、人体周径方向に3段階のゆとりを入れて作製した。ゆとりを入れない体表に密着した着衣を「着衣0」、ゆとり量⁹⁾3cm×4箇所(計12cm)の通常ゆとりの着衣を「着衣3」、ゆとり量6cm×4箇所(計24cm)の通常ゆとりの倍の着衣を「着衣6」と称する。着衣の形態は、上衣をスタンドカラー長袖ブラウス、下衣を膝下丈のタイトスカートとした。着衣素材は、上衣を綿100%ブロード、下衣を綿97%ポリウレタン3%デニムとした。測定時には、各自のブラジャーとショーツの下着を付けた上に、測定用着衣を着用させた。

2-3 測定方法

立体角放射カメラ(Nikon F2+Fish-eye Nikkor F=10mm 1:5.6)を用いて測定を行った。測定には、土川ら¹⁶⁾の測定と同様、図2に示されるような被験者の高位100cm、臍点奥10cmを原点とする座標系を用いた。人体から1mと2mの距離の壁面、天井面、床面、床下面の0.5m×0.5mメッシュ上から測定した。また、人体近傍の形態係数の急激な変化を明らかにするために、人体近傍の床面においては、0.125m×0.125mメッシュ上にて測定した。

撮影により得られたネガをフィルムスキャナー(EPSON FS-1300WINS)を用いてBMPファイル化し、そのファイルを画像処理ソフト(Adobe PhotoShop)を用いて、ネガ上に撮影された像の面積と人体部分の面積との比をピクセル量から求め、微小面から人体への形態係数を算出した。これらから相反原理等の諸法則¹⁰⁾を用いて、人体の有効放射面積と人体から面への形態係数を算出した。また、人体の有効放射面積を、被験者毎に測定された体表面積で除して、人体の有効放射面積率を算出した。

3. 測定結果および考察

3-1 立位姿勢の青年女子の有効放射面積

各被験者毎に求められた有効放射面積を図3に示す。図3より、有効放射面積は、被験者3名とも着衣のゆとり量増加に伴い、直線的に増加している。有効放射面積は、裸体と「着衣0」の着衣との間の増加は相対的に大きい、本研究では下衣にスカートを用いているため、「着衣0」であってもスカート裾と大腿との間に空隙が生じ、裸体に比べ面積が大きくなることによるものと考えられる。被験者FKにおいては「着衣0」と「着衣3」との間でも大きく増加しているが、これは、被験者特有の体型と姿勢に依存しているもので、下衣スカートが臀部を支持部として外へ広がったことを測定時に確認している。

図4に、有効放射面積を非伸縮性粘着テープを用いて測定した各被験者の体表面積で除した有効放射面積率を示す。体型・体格の要因を排除した有効放射面積率の平均値と標準偏差は、裸体が 0.75 ± 0.01 、「着衣0」が 0.86 ± 0.01 、「着衣3」が 0.93 ± 0.02 、「着衣6」が 0.98 ± 0.02 となった。土川ら⁸⁾の研究における女子の立位姿勢の有効放射面積率は、裸体時が0.77、着衣時が0.89の値であり、これらと本研究で求められた裸体時の値は、ほぼ同等な値であった。また、着衣時における値は、既存の研究と比較して「着衣

表1 被験者の身体データ

被験者	性別	身長mm	体重kg	Rohrer指数	体表面積m ²
FK	女性	1568	50.0	130	1.49
FY	女性	1620	48.5	114	1.48
FM	女性	1445	46.0	152	1.37
平均		1544	48.2	132	1.45
標準偏差		89.87	2.02	19.08	0.07

図1 各被験者のモリソンの関係偏差折線

図2 被験者と測定座標系との関係

図3 着衣のゆとりの増加に伴う有効放射面積の増加

0」で小さく、「着衣6」で大きくなり、着衣のゆとりの増加と有効放射面積率の増加との間には、正の相関があることがわかった。

人体と環境との熱収支を考察する際、その境界面である露出した体表面積と着衣表面積の和 (A_{cl}) を体表面積 (A_d) で除した着衣表面積増加率 (f_{cl}) は、多くの研究者^{3), 17), 18), 19)}により算出されている。三平¹⁷⁾は、着衣マネキンの裸出部を含む表面積をヌードマネキンの平均表面積で除し、この値は1.1~1.5の値をもち、通常の市民の服は、1.2以下の値になると述べている。Herrington¹⁸⁾は、衣服1 kg ごとにDuBois 人体表面積に0.13m² ずつ加えることを示唆した。ASHRAE¹⁹⁾では、膝丈スカートと長袖シャツの場合1.29の値が示されている。着衣表面積増加率 (f_{cl}) については、決定的な算出法がなく、本研究では、裸出部体表面積と着付けによる重なり分を差し引いた着衣パターン面積との和を A_{cl} とし、これを体表面積 (A_d) で除して算出した。得られた f_{cl} の値は、「着衣0」が 1.03 ± 0.02 、「着衣3」が 1.14 ± 0.03 、「着衣6」が 1.24 ± 0.04 である。

一方、放射熱授受に関する着衣表面積増加率は、人体と環境との熱収支を経路別に算出する際の放射熱授受項に用いる係数として必要である。本研究では、着衣による有効放射面積 (率) の増加率を f_{cl-rad} として、次式により算出した。

$$f_{cl-rad} = A_{cl}/A_r = f_{eff-cl}/f_{eff} \quad \dots(1)$$

ここに、 f_{cl-rad} : 着衣による有効放射面積増加率 [n.d.]

f_{eff} : 裸体時有効放射面積率 $= A_r/A_d$ [n.d.]

f_{eff-cl} : 着衣時有効放射面積率 $= A_{cl}/A_d$ [n.d.]

A_{cl} : 着衣表面積 (裸出部を含む) [m²]

A_d : 体表面積 [m²]

A_r : 裸体時有効放射面積 [m²]

A_{cl} : 着衣時有効放射面積 [m²]

3種の着衣における f_{cl-rad} 算出結果を図5に示す。 f_{cl-rad} は、体表に密着した「着衣0」で 1.14 ± 0.01 、また、通常のゆとり量である「着衣3」においては 1.23 ± 0.02 、通常の2倍のゆとりである「着衣6」では 1.30 ± 0.03 の値となり、着衣のゆとりは有効放射面積増加率に寄与することが確認できた。これらを本研究と同様、写真法で求めた着衣時有効放射面積率を裸体時の有効放射面積率で除して f_{cl} を求めた垣鍔ら³⁾の値と比較すると、被験者間の差異が小さい。これは、被験者の体表シェルからパターンを作成し、上衣、下衣の形態と素材を同一にし、着衣の変化面をパターン設計上のゆとり量だけに一元化していることによるものと考えられる。また、「着衣0」の f_{cl-rad} は、垣鍔らのぴったりした着衣の値よりも小さく、「着衣3」は垣鍔らのゆったりした着衣の値と近似であり、「着衣6」はゆったりした着衣よりもやや値が大きくなる傾向がみられる。これらは、前述の着衣パターン面積のほか、被験者の性別、着衣の形態および着衣素材による差異であると考えられる。こうした f_{cl-rad} の値は、着衣パターン面積から算出した f_{cl} の値よりも大きく、着衣面積増加率 (f_{cl}) と着衣有効放射面積増加率 (f_{cl-rad}) とは必ずしも一致しない。しかしながら、 f_{cl-rad} を得るためには煩雑な手続きが必要である。そこで、着衣パターン面積と体表面積で f_{cl-rad} を予測するため、パターン面積 (A_p)、体表面積 (A_d) をパラメータとした重回帰分析を行った。その結果、次式を得た。(重相関係数 $r=0.961$)

$$f_{cl-rad} = 0.534A_p + 0.684A_d - 0.351 \quad \dots(2)$$

図4 裸体時および異なるゆとりの着衣時有効放射面積率

図5 着衣による有効放射面積増加率 (f_{cl-rad})

図6 人体近傍の床面から人体への形態係数 (被験者FK 裸体)

図7 人体近傍の床面から人体への形態係数 (被験者FK 着衣6)

図8 人体から正面1mへの形態係数(立位・女性)

図11 人体から背面2mへの形態係数(立位・女性)

図9 人体から正面2mへの形態係数(立位・女性)

図12 人体から側面前方1mへの形態係数(立位・女性)

図10 人体から背面1mへの形態係数(立位・女性)

図13 人体から側面前方2mへの形態係数(立位・女性)

図14 人体から側面後方1mへの形態係数(立位・女性)

図17 人体から天井面後方への形態係数(立位・女性)

図15 人体から側面後方2mへの形態係数(立位・女性)

図18 人体から床面前方への形態係数(立位・女性)

図16 人体から天井面前方への形態係数(立位・女性)

図19 人体から床面後方への形態係数(立位・女性)

3-2 立位姿勢の青年女子の形態係数

床面の0.125 m×0.125 mメッシュ上から測定された床面の微小面から人体への形態係数の例として、被験者F Kの裸体の場合を図6に、着衣6の場合を図7に示す。着衣の有無により、人体近傍0.25 mにおいては、約0.06の差がみられた。また、裸体に比較して、着衣6の等形態係数線の形状は、人体を中心とした同心円に近い形状になった。これは、下衣スカートの裾周りの形状に影響されたためと推測される。

青年女子の立位姿勢における被験者から各矩形面への形態係数を図8～図19に示す。人体からの距離が1 mと2 mの場合を比較すると、距離が1 mである場合の形態係数は、距離が2 mである場合の形態係数のほぼ2倍の値となった。正面と背面1 m (X=2 m、Y=1 m)における形態係数は、ゆとりの増加に伴い小さくなる傾向がみられ、裸体時と比較して「着衣0」の場合0.002、「着衣3」の場合、0.003、「着衣6」の場合0.004小さい値となり、最大で約6%の差が認められた。天井面における形態係数は、裸体時と着衣時の間に0.001の差がみられたが、着衣のゆとり量の違いによる差はみられない。床面前方においては、裸体と「着衣3」の差が0.005、即ち6%になった。土川ら⁹⁾が、同じ床面前方において、裸体時と着衣時の差は5%以下であることを示したが、これとほぼ同等の値が得られた。「着衣6」では、裸体時の方が0.006大きい値となり、その差は約9%となった。

人体と着衣パターン面積との関係を指標とした着衣のゆとりは、人体と空間構成面との形態係数に影響を及ぼすことが確かめられた。

4. 結論

体型・体格の異なる青年女子3名を被験者として、立位姿勢において、ゆとり量の異なる3種の着衣(ゆとり量0 cm、12 cm、24 cmとして、各々「着衣0」「着衣3」「着衣6」と称する)を用いて、立体角放射法則に基づいた写真法により、有効放射面積率および形態係数を求めた。

有効放射面積率は、裸体で0.75、体表に密着した着衣「着衣0」で0.86、通常のゆとり量の着衣「着衣3」で0.93、通常のゆとり量の2倍の着衣「着衣6」で0.98の値を得た。着衣による有効放射面積率の増加率(f_{cl-rad})は、「着衣0」で1.14、「着衣3」で1.23、「着衣6」で1.30の値を得た。そして、日常的なブラウスとスカート着用時の f_{cl-rad} を、体表面積と着衣面積から予測する回帰式を求めた。

立位姿勢の人体から各矩形面への形態係数の図を作成した。人体から1 m離れた正面と背面における形態係数は、着衣のゆとりの増加に伴い減少し、裸体時と通常のゆとりの2倍のゆとりを加えた着衣では約6%の差が認められた。天井面における形態係数は、裸体時と着衣時との間には差がみられたが、着衣のゆとり量の違いによる差は認められなかった。床面前方における形態係数は、他の矩形面よりも大きく、裸体と最もゆとり量の多い着衣では、約9%の差が認められた。

謝辞

本研究を行うにあたり、被験者としてご協力頂いた相山女学園大学学生の方々に深く感謝致します。

引用文献

- 1) 日本建築学会編：建築設計資料集成 単位空間Ⅰ、丸善、1980
- 2) 小原二郎編：デザイナーのための人体・動作寸法図集、彰国社、1984
- 3) 垣舘直、鈴木健次：着衣のゆるみ度が有効放射面積に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会計画系論文集、500、pp.37-41、1997
- 4) Kakitsuba, N., Michna, H. and Mekjavic, I. B.: Clothing surface area as related to body volume and clothing microenvironment volume, Aviat. Space Environ. Med., 58, pp.411-416, 1987
- 5) Bohnenkamp, H. und Pasquay, W.: Untersuchungen zu den Grundlagen des Energie- und Stoffwechsels. III. Mitteilung. Pflüger's Archiv für die Gesamte Physiologie, Bd. 228, p. 79, 1931
- 6) Bandow, F. und Bohnenkamp, H.: Über die Bestimmung der Strahlungsfläche des Menschen aus seiner Elektrischen Kapazität. Pflüger's Archiv für die Gesamte Physiologie, Bd. 236, p. 427, 1935.
- 7) Fanger P. O.: Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark, 1970
- 8) 土川忠浩、堀越哲美、蔵澄美仁、平山慶太郎、小林陽太郎：実測による人体の有効放射面積および人体と矩形面との間の形態係数に関する研究 その2 青年女子に対する実測および青年男子の部位に対する実測、日本建築学会計画系論文報告集、428、pp.67-75、1991
- 9) 富田明美、宮本征一、堀越哲美：着衣のゆとり度が立位姿勢の人体投射面積に及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.409-410、1998
- 10) 堀越哲美、宮原英男、小林陽太郎：人体と矩形面との間の形態係数および人体の有効放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、日本建築学会計画系論文報告集、268、pp.109-120、1978
- 11) 渡辺ミチ、茂木朋子：熱遮断能からみた衣服の着方、第3報、衣服下空気層の厚さの最適値、日本家政学会誌、5,3、pp.1-3、1955
- 12) 三平和雄：被服科学総論(下巻)－被服機能－、日本繊維機械学会被服学体系化分科会編、pp.7、1981
- 13) 小池美枝子：Clothing Construction、日本衣料管理協会、pp.88、1976
- 14) 平沢和子：家政学事典、朝倉書店、pp.730-732、1990
- 15) 人間生活工学センター：日本人の人体計測データ、1997
- 16) 土川忠浩、小林陽太郎、堀越哲美、三輪恵美、蔵澄美仁、平山慶太郎：実測による人体の有効放射面積および人体と矩形面との間の形態係数に関する研究 その2 青年女子に対する実測および青年男子の部位に対する実測、日本建築学会計画系論文報告集、428、pp.67-75、1991
- 17) 三平和雄：着衣の熱抵抗測定法の諸問題、第11回人間・熱環境系シンポジウム報告集、1987
- 18) Herrington, L. P.: Basic Procedures in the Calculation of the Heat Exchange of the Clothed Human Body, Yale J. Biol. Med., 19, pp.735-755, 1947
- 19) ASHRAE handbook: Fundamentals Handbook (SI), American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, 1993

(1999年4月7日原稿受理、1999年9月9日採用決定)