

屋外における着衣量の推定に関する研究

大井 元 *1, 斎藤基之 *2, 石井昭夫 *2
*1 三菱電機(株), *2 九州芸術工科大学

A Study on Predictive Method of Clothing Insulation in Outdoor Environment

OI Hajime*1, SAITO Motoyuki*2 and ISHII Akio*3
*1 Mitsubishi Electric Corporation (hajime.ooi@melco.co.jp)
*2 Kyushu Institute of Design (motoyuki@kyushu-id.ac.jp)
*3 Kyushu Institute of Design (ishii@kyushu-id.ac.jp)

This paper describes results of the questionnaires on clothing ensembles interviewed to walkers on the open-space in the central area of Fukuoka. The questionnaires were conducted in January, March, May, July, September and November. The total number of respondents is 1184. The value of clothing insulation in male is larger than in female. The value of clothing insulation in older people is larger than in younger people. Also the equation to predict the clothing insulation in outdoor environment was obtained separately for male and female from the regression analysis of the questionnaires. The equation needs two variables to calculate the value of clothing insulation, and these are the mean air temperature of the day and age. The predicted values by the equation were compared with other surveys on clothing insulation.

1. はじめに

室内では、空調機器により気温・湿度等を調節することで快適な温熱環境を比較的容易に創造できるのに対し、屋外ではこのような制御は難しく、着衣の調節が最も手軽で日常的な温熱的快適性の調整手段となっている。したがって、人々の日常的な着衣状態の現状を把握することは、屋外における温熱的快適性を考える上でも重要となる。

本報では、福岡市において屋外歩行者を対象に行った着衣に関するアンケート調査の結果、及びそれを用いて構築した着衣量推定式について報告する。

2. 調査方法

屋外歩行者を対象としたアンケート調査を福岡市中心部の天神中央公園にて1999年の1年間、約2ヶ月おきに行った(表1)。調査は平日の、原則として正午より後に行った。雨天時には行っていない。以下では各調査を表1内の調査名称で呼ぶこととする。着衣の形態・丈の長さ・生地の高さ等をヒアリング形式で質問し、原則として調査員がアンケート用紙に記入した。

3. 調査結果

3.1 環境条件について

福岡管区気象台で測定された1999年の日平均気温、及び日平均気温の平年値(1961～1990年)を図1に示す。図中縦線は調査日を示す。1月調査は最も寒い時期に、7月・9月調査が最も暑い時期にあっている。

3.2 回答者について

調査日毎に男性と女性の人数を同数(各25人)得ることを目標とし、ほぼ達成できた(表1)。年間の有効

回答者数は男性584人、女性600人の計1184人である。

各月調査における年齢別回答者数の割合を図2に示す。年間を通じて、10代・20代の回答者の占める割合が、他の年齢層に比べて高い傾向がある。

表1 各月調査の調査日と有効回答者数

調査名	1月調査							3月調査				5月調査				
	日付	27	28	29	25	29	31	1*	17	19	20	21	17	19	20	21
男性	26	28	24	22	25	26	25	20	14	25	25	23	25	25	25	25
女性	23	25	26	21	24	26	25	19	26	27	25	25	25	25	25	25
合計	152							194				181				

調査名	7月調査					9月調査				11月調査				
	日付	15	16	19	21	22	2	3	7	8	2	4	5	9
男性	26	26	25	25	25	27	25	25	24	25	24	23	24	24
女性	25	24	26	26	26	27	25	25	26	25	26	27	25	25
合計	254					204				199				

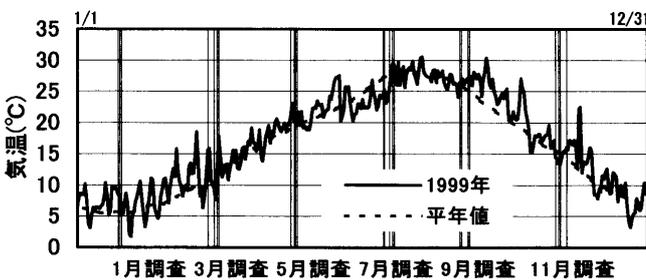


図1 1999年の日平均気温及び平年値(福岡管区気象台)

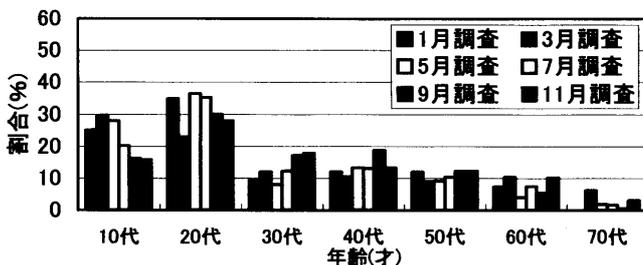


図2 各月調査における年齢別回答者数の割合

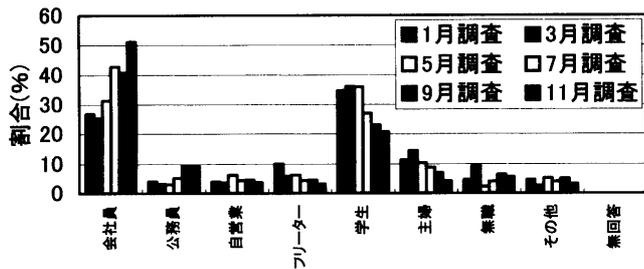


図3 各月調査における職業別回答者数の割合

各月調査における職業別回答者数の割合を図3に示す。年間を通して会社員・学生の回答が多いが、調査を重ねるごとに学生の割合は減少し、会社員・公務員の割合が増加する傾向にある。

3.3 着衣量について

アンケートにより得られた着衣に関するデータをもとに、文献1)を参照して着衣量を算出した。

1) 気温および性別による違い

各月調査における着衣量の平均値・標準偏差を図4に示す。気温(図1)との対応を見ると、気温が高い時期ほど着衣量は小さい。また、男女別に見ると、どの月調査においても男性は女性よりも着衣量が大きい。なお、気温の高い時期ほど男女の差は大きくなった。

各月調査における着衣の着用枚数について図5に示す。男女ともに気温の高い時期ほど着用枚数が少なくなる傾向が見られる。また、年間を通して、男性の方が女性よりも着用枚数が多い。これらは上述の着衣量における傾向と対応しており、着衣による温熱的快適性の調整方法のひとつとして、着用枚数による調整があることが分かる。

2) 年齢による違い

各月調査における着衣量の年齢別平均値を男女別に図6*・図7*に示す。男女ともに、全ての月調査で年齢が高くなるほど着衣量が大きくなる傾向が見られる。また、男性(図6)では、気温の高い時期の方が年齢による着衣量の差が大きい傾向がみられるのに対し、女性(図7)では男性とは逆に、気温の低い時期の方が年齢による着衣量の差が大きくなる傾向にある。

3) 職業による違い

各月調査における着衣量の職業別平均値について、男性の会社員・公務員と学生を例に図8に示す。年間を通じて会社員・公務員の方が学生より着衣量大きい。また、この差は気温の高い時期ほど大きくなる。今回の調査では会社員・公務員の平均年齢は43.4歳、学生は20.4歳であり、職業を年齢に置き換えて考えると、これらは上記2)の検討結果と似た傾向になる。なお、女性についても同様の傾向がみられた。

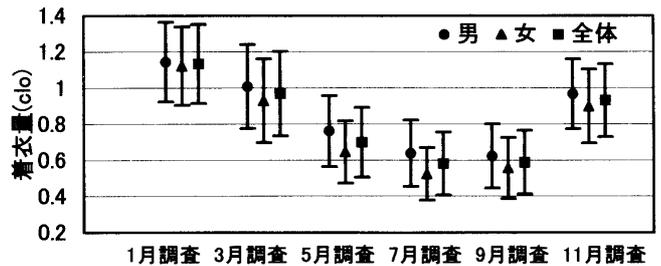


図4 各月調査における着衣量の平均値・標準偏差

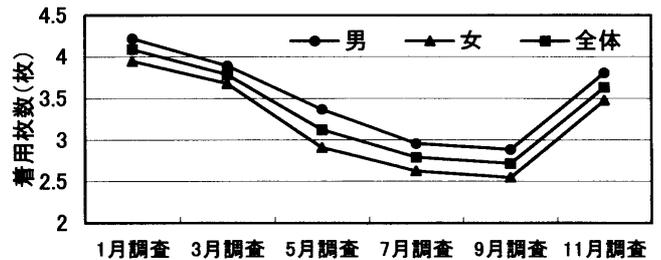


図5 各月調査における着衣の着用枚数(下着等を除く)

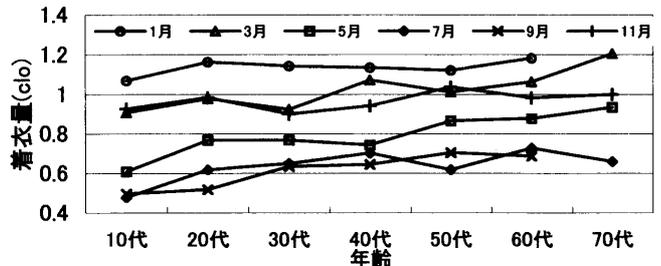


図6 各月調査における着衣量の年齢別平均値(男性)*1

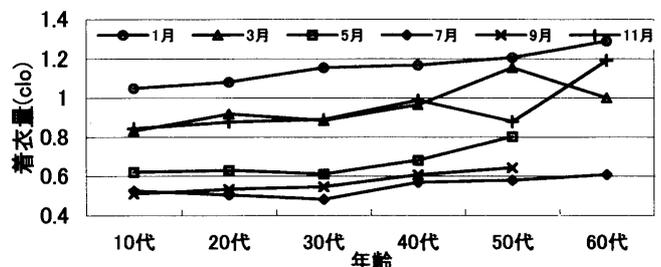


図7 各月調査における着衣量の年齢別平均値(女性)*1

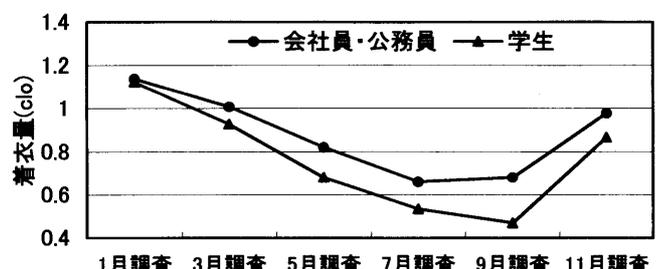


図8 各月調査における着衣量の職業別平均値(男性)

4. 着衣量推定式の構築

前節におけるアンケートの調査結果に基づき、屋外の日中における着衣量推定式の構築を行う。

4.1 推定式構築の方針

1) 性別について

前節で示したように、男女では着衣量の傾向が異なる

ため、男女別に着衣量推定式を構築する（条件①）。

2) 気温について

前節で示したように、着衣量は気温の低い時期に大きい。図9に福岡管区気象台で観測された日平均気温と各調査日の平均着衣量との関係について示す。男女とも、日平均気温と着衣量との間には相関係数0.9以上の高い負の相関が認められる。そこで「着衣量は気温に対し直線で回帰できる（条件②）」として扱う。

3) 年齢について

前節で示したように、着衣量は年齢が高くなるほど大きくなる傾向があり、その傾向は季節により異なる。図10に年齢と着衣量との関係の例を示す。図11に、日平均気温と、各月調査における年齢に対する着衣量の増加率（=図10における回帰直線の傾き：以下、着衣量増加率という）との関係を示す。男性では、気温が高くなるほど着衣量増加率が大きくなる傾向が見られるのに対し、逆に女性では気温が高くなるほど小さい値となっている。特に女性では、気温と着衣量増加率との間に、相関係数0.9以上の高い負の相関が認められた。そこで「気温が同じであれば着衣量は年齢に対し直線で回帰でき、その傾き（着衣量増加率）は気温に対し直線で回帰できる（条件③）」として扱う。

以上1)～3)の検討結果より、着衣量Icloの推定式は気温:Ta[°C]と年齢:Age[歳]を入力変数とする式(1)とし(条件②, ③)、男女別に構築することとする(条件①)。

$$Iclo = a1*Ta + a2 + (a3*Ta + a4) * Age$$

$$= a1*Ta + a3*Ta*Age + a4*Age + a2 \dots \text{式(1)}$$

4.2 推定式の定量化

Ta, Age, Ta*Ageの3つを変数とし、全回答者のデータを用いた重回帰分析により式(1)中の係数a1～a4を求める。

はじめに、Taとして扱うデータについて検討を行う。Taは使い勝手の面から気象台データから得られる値とし、ここでは福岡管区気象台にて測定された日平均・最低・最高気温の3つについて比較を行った。Taとして、当日・前日・2日前のそれぞれの気温を用いたときに得られる重相関係数を比較したところ、当日の日平均気温を用いたときに、男女とも高い重相関係数が得られた。このことからTaには当日の日平均気温を用いることとし^{*2}、そのときの重回帰分析により得られるa1～a4を予測式の係数として採用した。下記の式(2)(3)を、屋外の日中における着衣量の推定

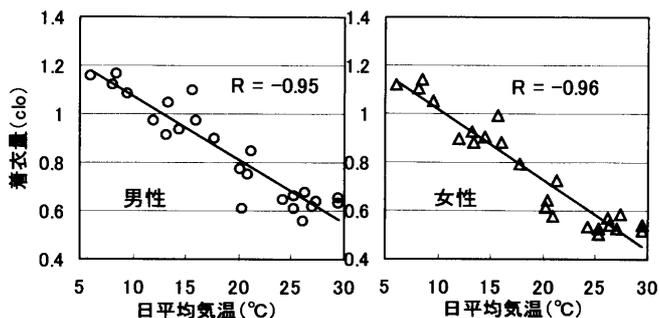


図9 日平均気温と着衣量との関係

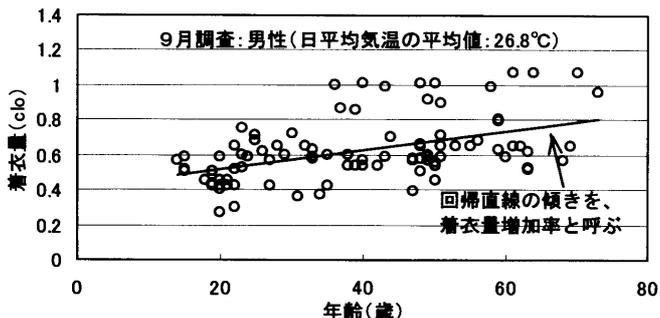


図10 年齢と着衣量との関係の例

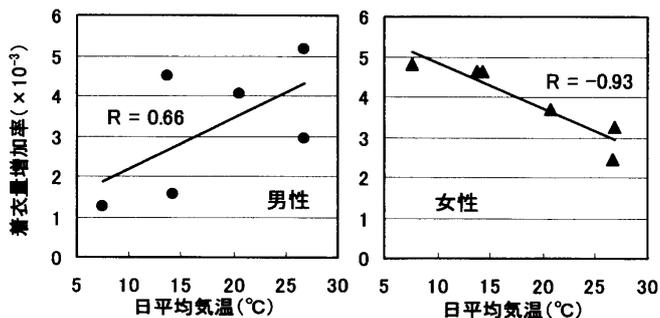


図11 日平均気温と着衣量増加率との関係

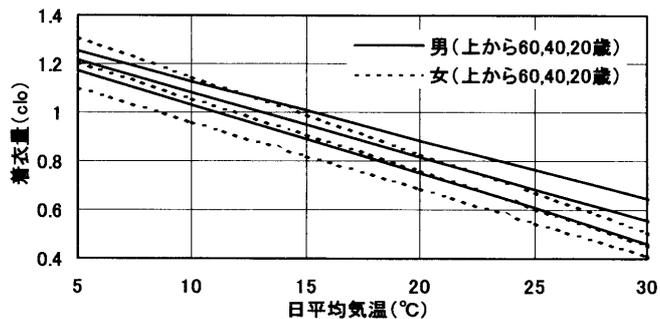


図12 推定式(2)(3)による着衣量の推定値

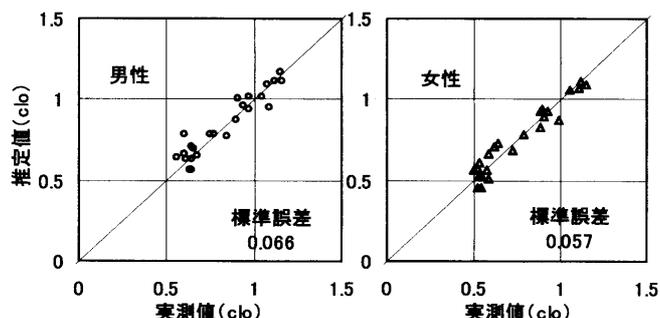


図13 着衣量の実測値と推定値との関係

式として提案する^{*3}。また、式(2), (3)による着衣量の推定値を図12に示す。

男性: $l_{clo} = -3.04 \cdot 10^{-2} \cdot T_a + 1.29$
 $+ (+1.02 \cdot 10^{-4} \cdot T_a + 1.42 \cdot 10^{-3}) \cdot Age$..式(2)
 女性: $l_{clo} = -2.54 \cdot 10^{-2} \cdot T_a + 1.12$
 $+ (-1.02 \cdot 10^{-4} \cdot T_a + 5.63 \cdot 10^{-3}) \cdot Age$..式(3)

4.3 推定式の検証

1) 実測値との比較

図13に調査日ごとの着衣量の実測値と推定値との関係を示す。推定値の算出には式(2)(3)を用い、年齢については各調査日における回答者の平均値を入力した。標準誤差は男性:0.066clo、女性:0.057cloとなり、実測値と推定値とがおおむね一致した。

図14に調査日ごとの着衣量の実測値と推定値の変動を示す。推定値としては、図13で求めた男女別の調査日毎の値を、各調査日の男女比に応じて重み付け平均したものをを用いた。年間を通じて、実測値と推定値の動きの傾向やその値が比較的良好に対応している。

2) 他の調査例との比較

他の調査例との比較として、持田らによる屋外の着衣に関するアンケート調査(全国の会社員(20~30歳)にアンケート用紙を郵送し、各季節における屋外での着衣について記入を依頼する方法で行われた²⁾)、および南野らによる室内における着衣量の調査(東京の専門学校生(18~20歳)を対象とし、専門学校の教室においてその時に着ている着衣をアンケート用紙に記入させる方法で行われた³⁾)と、本論文で提案した推定式による推定値との比較をそれぞれ図15^{*4}・図16^{*5}に示す。調査方法・着衣量の算出方法等の違いにより一概には比較できないが、春・夏・秋では各調査結果と本研究における推定値とがおおむね一致した。これに対し冬季では、各調査結果と本研究における推定値との差が大きく、本研究の推定値は持田らの調査結果より小さく、南野らの調査結果より大きい。持田らの調査では、朝家を出るときの服装を多くの回答者が答えていると考えられ、冬季は日中に比べ朝の着衣量が大きい可能性がある。また、南野らとの比較では、コートの脱着などにより冬季には屋外と室内の着衣量に差があることが考えられる。

5. まとめ

福岡市において、日中における屋外歩行者を対象として行った、着衣に関するアンケート調査結果について報告した。また、これらの調査結果をもとに、日中の屋外における着衣量推定式を構築・提案した。今後、推定式の信頼性や他の地域への適用について、さらに検討を進めていく所存である。

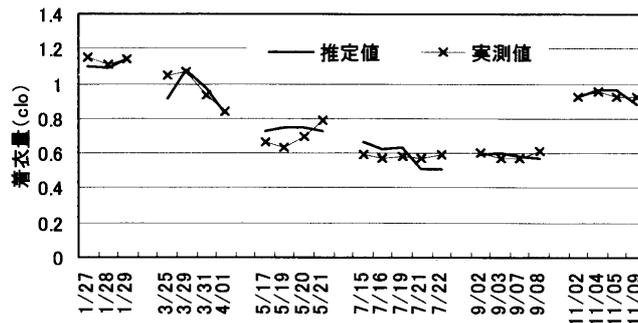


図14 着衣量の実測値と推定値の推移

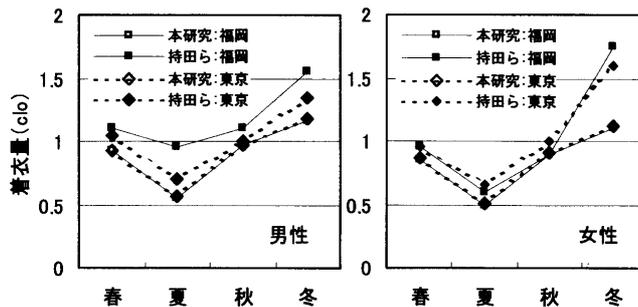


図15 持田らの調査結果と本研究の推定値との比較

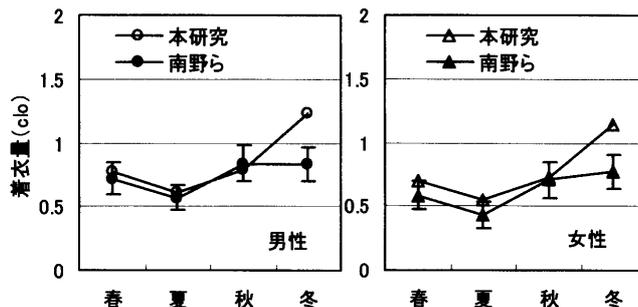


図16 南野らの調査結果と本研究の推定値との比較

- ※1 各分類でデータ数が3人以上のものを使用した。
- ※2 過去の履歴が影響する可能性も考慮して、当日を含む過去n日間 (n=1~5) の日平均気温の平均値をTaとして用いた場合に対しても検討を行ったが、男性ではn=2, 3でn=1(当日のみの日平均気温)の場合より重相関係数がわずかに大きくなるものの、女性ではn=1での重相関係数が最も高かった。
- ※3 式の算出に用いたデータが、 $5 \leq T_a \leq 30$ 、 $15 \leq Age \leq 70$ 程度であったことから、この範囲を適応範囲とする。
- ※4 気温としては文献2)でそれぞれの季節が想定している月の各都市における平均気温(平年値)を入力し、年齢は調査対象の20~30歳の中間をとり25歳として算出した。持田らの調査結果は単品着衣量の累積値から求めた着衣量を引用した。
- ※5 気温としては調査期間に東京管区气象台で観測された日平均気温の平均値を入力し、年齢については調査対象の大部分を占める18~20歳の中間をとり19歳として算出した。

[参考文献]

- 1) ISO/DIS 9920, Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of clothing ensemble, 1991
- 2) 持田徹ほか「屋外での着衣量と温熱感に関する検討」空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集II pp965-968, 1998
- 3) 南野脩ほか「青年男女を対象とした実際の建物における温熱環境と温冷感・衣服量の調査研究その2」第2回人間-熱環境系シンポジウム報告集 pp. 89-92, 1978