

博士学位論文

夏季用男子ビジネスウェアの気候適応域
ークールビズ運動の現状と課題ー

2017 年 3 月

文化学園大学大学院
生活環境学研究科被服環境学専攻

李 恩眞

Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy

Climate Adaptation Area for Men's Summer Business Wear

— Current Status and Issues of the Cool Biz Movement —

Eun Jin LEE

Graduate School of Fashion and
Living Environment Studies of Doctoral Program in
Environmental Clothing Studies
Bunka Gakuen University Tokyo, Japan

March, 2017

Ph. D. Thesis

Eun Jin LEE

Graduate School of Fashion and Living
Environment Studies of Doctoral Program in
Environmental Clothing Studies
Bunka Gakuen University Tokyo, Japan
Supervised by Prof. and Ph. D. Teruko Tamura

Abstract

In the field of fashion business, importance is attached to the fashionability of clothing as a means for expressing aesthetic sense and assertion. In recent years, environmental problems such as global warming and resource saving have emerged, and people are starting to pay attention to fashion that emphasizes functional aspects such as sustainable fashion and safety, security and comfort. The Ministry of the Environment promotes "Cool Biz" in summer and "Warm Biz" in winter in an effort to reduce the greenhouse gas CO₂, which is considered to be an influential factor of global warming. It is a campaign to actively wear clothing that can be comfortable in an environment of 28°C in summer and 20°C in winter.

The purpose of this research is to investigate Japanese businessmen's awareness of Cool Biz now, with a view of promoting the Cool Biz movement more aggressively in the future. It will examine its effect from 2001 before the start of the Cool Biz movement to 2011, 10 years later. In addition, it predicts the climate adaptation zone of the Cool Biz suit marketed in 2010, using SET *, which is an evaluation method of a comfortable environment, and the expression of Mecheels and Unbach, which is a prediction method for determining a comfortable climate zone. The study also aims to explore issues that need to be addressed in order to ensure the continuation of the Cool Biz movement in the future.

This paper consists of 6 chapters as outlined below

Chapter 1 Introduction and Literature Background of the Research

Chapter 2 Consciousness Survey on Men's Summer Business Wear

A questionnaire was carried out during a two-month period, from September 2009 to November 2009, on businessmen in their 20's to 60's living in Japan.

As a result of the questionnaire, it was learned that many businessmen commute to work wearing a jacket or necktie. They feel compelled to commute wearing formal wear because they care about their colleagues and the people around him. The climate adaptation limit of formal wear was 24.4°C, and the cooling set temperature of 28°C was suggested to be a hot environment for businessmen.

While consciously welcoming Cool Biz, depending on the office environment, it is difficult to dress down any further, and the suit proved to be an indispensable item to bring out a "neat feeling."

Chapter 3 Change in Wearing Rate of Clothes in Men by Season by fixed-point observation

Using the fixed point observation method by photography, changes in the wearing rate of men's clothes were investigated and analyzed for one year from June 2011 to May 2012. By comparing it with a similar survey in 2001/2 before the start of the Cool Biz and Warm Biz movement, the authors tried to verify the reproducibility and validity of the fixed point observation method and grasp the effect of Cool Biz and Warm Biz.

The relationship between the wearing rate of each set of clothes and its seasonal change was clarified based on the seasonal changes in clothing type, and the change of wearing rate according to the temperature.

As a result of using the ASHRAE recommended temperature index SET * comfort zone, it was found that a climate zone above 25°C is out of the comfort zone. It was confirmed that clothes which exceeded the temperature index SET * comfort zone were tolerated due to social norms

Chapter 4 Dry heat / Evaporative Heat Resistance of Commercially Available Cool Biz fabrics -Using a skin model -

Cool Biz suits (purchased in 2010) and traditional suits (purchased in 2007) were used to evaluate fabric composition, thickness, and dry and moisture properties. As for the composition of the fabric, company C uses hemp, but other companies use mixed wool and polyester blends, although the mixing ratio is different. As a result of the evaluation using a skin model, the dry heat resistance of each fabric ranged from 0.014 to 0.017($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$) and the evaporative heat resistance ranged from 0.626 to 0.892 ($\text{kPa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$). Looking at the results from only the outer material of the suit, it was suggested that traditional suits are cooler than suits developed for Cool Biz because the dry heat resistance and evaporative heat resistance are small.

Chapter 5 Dry heat / Evaporative Heat Resistance of Commercially Available Cool Biz - Using a sweating thermal manikin -

The dry heat resistance of the garments ranged from 0.19 to 0.33 clo, the jacket having the largest clo value, followed by the short-sleeve shirt and the trousers in that order. The results of the evaporative heat resistance of garments ranged from 0.0035 to 0.0063 Re. The value of the trousers was larger than the jacket, so the humidity of the lower body was estimated.

The dry heat resistance of the ensemble ranged from 0.76 to 0.84 clo and the evaporative heat resistance ranged from 0.0095 to 0.0118 Re. In terms of the dry heat/evaporative heat resistance result of clothes, the effect of Cool Biz was recognized because the value was low.

Chapter 6 Summary

The chapters are summarized and further areas for investigation are suggested.

As mentioned above, many businessmen have accepted Cool Biz and the current transition to wearing no jacket or necktie was confirmed.

However, in the business scene, a reality exists that it is difficult to dress down beyond a certain level, despite textile and apparel companies having produced new

types of Cool Biz shirts, suits and so on. In this paper, as a result of investigating the thermal and moisture characteristics of these products and confirming that Cool Biz wear has improved, the fact remains that the climate adaptation limit cannot reach 28°C if a comfortable wearing environment is to be achieved. It may be concluded, therefore, that further improvement is necessary in the future. In addition, Super Cool Biz etc. were also proposed, and further loosening clothing norms of businessmen may be considered in the future as well.

The authors will continue to investigate newly developed Cool Biz products that will be sold in the future, with the aim of determining the optimal clothing environment for businessmen in Japan.

目 次

Abstract

第1章 序論

1.1 緒言	1
1.2 本研究の文献的背景	
1.2.1 地球環境及びエネルギー問題	3
1.2.2 クールビズの提案	6
1.2.3 快適環境の評価	8
1.2.4 サーマルマネキンと衣服評価への応用	16
1.2.5 ビジネスウェアの歴史	19
1.2.6 日本のエアコン（クーラー）の歴史	20
1.3 本論文の構成と概要	22
引用及び参考文献	

第2章 夏季の通勤用男子ビジネスウェアに関する意識調査

2.1 緒言	28
2.2 調査方法	29
2.3 調査結果	
2.3.1 調査対象者	34
2.3.2 通勤時の交通手段	35
2.3.3 夏季にスーツを着用する理由	36
2.3.4 スーツ着用時の不快感の有無と原因	37
2.3.5 スーツ着用時の場面による快適感	38
2.3.6 ビジネスウェアの素材	39
2.3.7 衣服の形状	40
2.3.8 クールビズに関する意識・対策	42
2.3.9 夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの範囲	44

2.3.10	夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの ISO9920 に基づいた clo 値予測	46
2.3.11	夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの clo 値に基づいた SET*予測	49
2.3.12	夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの clo 値に基づいた快適気候域予測値	51
2.4	考察	53
引用及び参考文献		

第3章 定点観測による男子の季節による衣服着用率の変化

3.1	緒言	58
3.2	調査方法	59
3.3	調査結果	
3.3.1	日平均気温の年間変化	61
3.3.2	調査日、調査対象者、調査時間平均気温	62
3.3.3	服種別着用率の変化	63
3.3.4	コート、ジャケット、半袖シャツ、長袖シャツの着用率と当日気温との関係	66
3.3.5	歩行者の着衣量と SET*による推定域と快適着衣量との関係	70
3.3.6	クールビズ効果の検証 (1)全男性を対象として	72
3.3.7	クールビズ効果の検証 (2)ビジネスマンの着衣変化	74
3.4	考察	76
引用及び参考文献		

第4章 市販クールビズスーツ布地の顕熱・潜熱抵抗—スキンモデルを用いて—

4.1	緒言	81
4.2	実験方法	
4.2.1	試料の作製	82
4.2.2	実験項目及び方法	83
4.3	結果	90
4.4	考察	99
引用及び参考文献		

第 5 章 市販クールビズの顕熱・潜熱抵抗－発汗サーマルマネキンを用いて－	
5.1 緒言	103
5.2 実験方法	
5.2.1 発汗サーマルマネキン（JUN）の構造	104
5.2.2 単品及び組み合わせ衣服の顕熱抵抗の測定	105
5.2.3 単品及び組み合わせ衣服の潜熱抵抗の測定	107
5.2.4 対象衣服	109
5.3 実験結果	
5.3.1 単品衣服の顕熱抵抗	112
5.3.2 単品衣服の潜熱抵抗	120
5.3.3 組み合わせ着衣の顕熱抵抗	128
5.3.4 組み合わせ着衣の潜熱抵抗	130
5.3.5 組み合わせ着衣の気候適応域の予測	132
5.4 考察	134
引用及び参考文献	
第 6 章 総括	139
謝辞	

List of Tables

Table	Page
Table 1.1 History of international negotiations on global warming prevention	4
Table 1.2 Examples of Cool Biz apparel from the Ministry of Environment	7
Table 1.3 Thermal index and characteristics	10
Table 1.4 PMV/PPD method	14
Table 1.5 WBGT value	15
Table 1.6 Chronology of air conditioners in Japan	20
Table 2.1 Questionnaire survey	30
Table 2.2 Classification of clothing	39
Table 2.3 Insulation values of garments (ISO9920)	47
Table 3.1 Fixed point observation date and temperature and number of objects	62
Table 4.1 Measurement items	83
Table 4.2 Material characteristics of the garments	91
Table 5.1 Classification of clothing	109
Table 5.2 Regional dry heat resistance values of garments	113
Table 5.3 Regional evaporative heat resistance values of garments	121
Table 5.4 Dry heat resistance values of ensembles	128
Table 5.5 Evaporative heat resistance values of ensembles	130

List of Figures

Figure	Page
Fig.1.1 Relationship of various quantities in thermal environment evaluation	8
Fig.1.2 Standard effective temperature (SET*) diagram by ASHRAE	12
Fig.1.3 Calculation chart of the standard effective temperature (SET*)	13
Fig.1.4 Types of thermal manikins	18
Fig.1.5 Penetration rate of major durable consumer goods in Japan	21
Fig.2.1 Questionnaire survey target	34
Fig.2.2 Number of times the suit is worn during working hours	35
Fig.2.3 Reasons for wearing a suit in the summer	36
Fig.2.4 Discomfort and reasons for wearing a suit	37
Fig.2.5 Comfortable wearing of suit for the situation	38
Fig.2.6 Clothing shape	41
Fig.2.7 Presence or absence of Cool Biz at work	42
Fig.2.8 Measures for Cool Biz	43
Fig.2.9 Acceptable style as business wear	44
Fig.2.10 Age gap from 1st to 5th styles as acceptable business wear	45
Fig.2.11 Acceptable business wear styles in terms of clo values (ISO9920)	48
Fig.2.12 Adaptive air temperature limit prediction based on SET *	50
Fig.2.13 Comfortable climate zone prediction of Mecheels and Unbach	52
Fig.3.1 Classification of clothing (clo value)	60
Fig.3.2 Annual average temperature change in 2001/2002 and 2011/2012 and 30 years from 1981 to 2010	61
Fig.3.3 Change in wearing rate of clothes in 2001 and 2011	65
Fig.3.4 Correlation between wearing rate and temperature in 2001 and 2011	69
Fig.3.5 Relationship between comfort zone and observation clothing volume (SET*)	71

Fig.3.6 Annual variation of average clothing volume and average temperature on observation day	73
Fig.3.7 Comparison of the rate of wearing outer wear and the rate of wearing a tie in July and August of 2001, 2006 and 2011	75
Fig.4.1 Preparation of each sample	82
Fig.4.2 Dial thickness gauge	84
Fig.4.3 Air Permeability Tester (KES-F8-AP1)	85
Fig.4.4 Precise and Fast Thermal Property Measuring Instrument (KES-F7) ..	86
Fig.4.5 Water Vapor Transfer by Cup Method	87
Fig.4.6 Byreck Method	88
Fig.4.7 Thickness	92
Fig.4.8 Air permeability	93
Fig.4.9 Q-max	94
Fig.4.10 Water vapor	95
Fig.4.11 Water absorption rate	96
Fig.4.12 Dry heat resistance value of fabric (R_d)	97
Fig.4.13 Wet heat resistance value of fabric (R_e)	98
Fig.5.1 Part and area of sweating thermal manikin (JUN)	104
Fig.5.2 Experiment protocol (Dry heat resistance)	105
Fig.5.3 Experiment protocol (Evaporative heat resistance)	107
Fig.5.4 Photograph of garments and ensembles used in this study	111
Fig.5.5 Comparison of dry heat resistance value of each company (garments) ..	115
Fig.5.6 Regional dry heat resistance value of garments	119
Fig.5.7 Comparison of evaporative heat resistance value of each company (garments)	123
Fig.5.8 Regional evaporative heat resistance value of garments	127
Fig.5.9 Comparison of dry heat resistance value of each company (ensemble) ..	129
Fig.5.10 Comparison of evaporative heat resistance value of each company (ensemble)	131
Fig. 5.11 Climate adaptation area (ensemble)	133

第 1 章 序 論

1.1 緒言

近年、地球温暖化の進行に伴い猛暑、台風など異常気象が頻繁に起き、我々の生活にも深刻な影響を与えている。地球温暖化対策として 1997 年 12 月京都で行われた COP3 では温室効果ガス排出量の抑制に関する国際条約が結ばれた。これを受けて日本では 2005 年、環境省を中心に「クールビズ」運動が開始された。「クールビズ」は「涼しい」、「格好良い」の cool とビジネスの短縮形 biz をつなげた造語である。ノー上着、ノーネクタイの軽装によって、室温 28℃を維持するよう、冷房エネルギーを節約しようというものである。この運動は、海外にも波及し、イギリス、イタリア、スペインでも同様の試みがなされ、国連本部でも会議室の温度を 21℃から 24℃へ上げる「クール UN」を試行するなど、各国に大きな影響を及ぼした。2007 年地球環境行動会議においてノーベル平和賞のラジェンドラ・パチャウリ議長は、その講演で「技術的改善だけではなくライフスタイルの変化が不可欠。クールビズで日本はすばらしい手本を世界に示した。」とクールビズを称賛したことが伝えられている。一方、三浦はクールビズにおける 28℃という設定温度は「昭和 54 年の第 2 次オイルショックで省エネルギーが重要政策となり、暖房温度は 18℃以下、冷房温度は 28℃以上にするように指導されたことに準拠しているが、これは石油の節約から割り出した数字で、生理学的または衛生学的根拠があったわけではない。」と述べている。

ファッションビジネスの領域においても、従来、ファッションは美意識や主張などを表現する手段としてのファッション性が重視されてきたが、急速に変化する環境すなわち地球温暖化への対応が求められ、企業各社はこれに対応できる新素材・新デザインの開発にしのぎを削っている。

そこで、本研究では、今後のクールビズ運動をより積極的に推進することを視野に

入れて、まず現在、日本のサラリーマンがクールビズをどのように受け止めているかについての意識調査を行うとともに、ビジネスウェアとして許容されるスタイルの快適気候域を Gagge らの標準有効温度 SET* (Standard New Effective Temperature) と Mecheels と Umbach の快適気候域を用いて検討する。また、田村と丸田がクールビズ開始以前の 2001/2 年に行った定点観測結果とこれから 10 年を経た 2011/12 年、同様の方法で 1 年間観察したデータとの比較を行い、クールビズ効果の検証を行う。さらに、クールビズをうたって 2010 年に市場された市販スーツを対象に、そのクールビズ効果すなわち衣服を通しての熱および水分透過特性を定量的に評価・検討する。これらを総合してクールビズの現状を明らかにすると共に今後のクールビズ推進上の課題を探ることを目的とする。

1.2 本論文の文献的背景

1.2.1 地球環境及びエネルギー問題

1) 地球環境問題

近年、世界中で極端な気象現象が観測されている。米国南部やフィリピンは強い台風やハリケーン、日本とブラジル南東部では集中豪雨、アフリカ東部・オーストラリアでは干ばつや熱波などの異常気象による災害が各地で発生し、多数の死者を出したり、農作物に甚大な被害をもたらしたりといったことが毎年のように報告されている。(環境省、2015)

大気中の二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素は、過去 80 万年間で前例のない水準まで増加しているのが地球温暖化の主な原因である。人間活動が 20 世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高いと思われる。温暖化により世界の地上気温は 1880~2012 年の期間で 0.85℃上昇し、1901~2010 年の期間では、世界平均海面水位は 0.19m 上昇したと発表されている (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC)。

温暖化などの気候変動は、動植物だけでなく人間の健康にも大きな影響を与えると予測されている。強力な熱波や火災による負傷、疾病、死亡のリスク、食料生産の減少による栄養不足のリスクは、特に低所得の開発途上国で高まると懸念されている。日本においては、夏季の高温による熱中症患者の数が近年増える傾向にあり、今後も増加すると予測されている。熱ストレスによる死亡リスクは、2050 年代には 1981~2000 年に比べて約 1.8~2.2 倍、2090 年代には約 2.1~3.72 倍に達するといわれている。(環境省、2015)

エネルギー政策における環境問題、とりわけ地球温暖化問題の重要性がその比重を増している。地球温暖化対策はエネルギー政策や経済政策と密接不可分な関係にある。また地球温暖化は、その影響・被害が一国内にとどまらず、地球規模にまで広がる問題であるという特徴がある。1980年代後半以降活発化した地球温暖化問題を巡る国内外のこれまでの動向を振り返る。現在国際的に議論が進められている将来的な国際枠組みやエネルギー政策上の取組のあり方など、気候変動に関する国際的な検討がすでに開始され地球温暖化問題は世界の科学者を中心に議論が行われてきた。地球温暖化防止に関する国際交渉の歩みを表 1.1 に示す（経済産業省・資源エネルギー庁：2011）。

Table.1.1 History of international negotiations on global warming prevention

年 月	会 議 と そ の 内 容
1986 年 10 月	フィラハ会議（オーストリア） （地球温暖化に関する初めての世界会議、科学者が集まって科学的知見を整理・評価した）
1987 年 11 月	ベラジョ会議（イタリア） （地球温暖化防止について初めて行政レベルの検討が行われる）
1988 年 6 月	トロント会議、（カナダ） （先進国は 2005 年までに CO ₂ を 1988 年の 20% 削減の声明を採択）
1988 年 11 月	UNEP/WMO により「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」設置、会合開催 （1990 年夏頃までに科学的知見、影響、対策について検討を行うことを決定）
1992 年 6 月	国連環境開発会議（UNCED） （1972 年の人間環境宣言の 20 周年に開催された会議で、環境と開発をテーマに環境問題を包括的に議論、気候変動枠組条約が採択）
1994 年 3 月	気候変動枠組条約発効（UNFCCC）
1995 年 3 月	気候変動枠組条約第 1 回締約国会議（ドイツ、ベルリン）：COP1 開催 （気候変動枠組条約第 3 回締約国会議を目的に、2000 年以降の目標について検討を行うことを決定“ベルリン・マンデート”）
1997 年 12 月	気候変動枠組条約第 3 回締約国会議（日本、京都）：COP3 開催 （先進国の温室効果ガス排出量を 2008～2012 年の期間平均で、1990 年比少なくとも 5%削減する目標を規定した京都議定書が採択され、日本は 6%削減に同意した）
2000 年 11 月	気候変動枠組条約 第 6 回締約国会議（オランダ、ハーグ）：COP6 開催 （植林や農地などによる二酸化炭素の吸収効果の算定方法めぐり、緩い算定を求める米国、日本と厳しい算定を求める EU が対立し交渉は合意に至らなかった。）
2001 年 7 月	COP6 再開会合（ドイツ、ボン） （京都メカニズム、遵守、吸収源、途上国支援等政治的判断を要する項目について合意（部分合意））
10 月	COP7（モロッコ、マラケシュ） （京都議定書発効に向けた運用細則についての成文に関し合意を得る。）
2002 年 8 月	持続可能な開発に関する世界首脳会議（WSSD）（南アフリカ、ヨハネスブルグ） （UNCED から 10 年間の評価と今後について議論。環境重視から環境と開発重視へ）
10 月	COP8（インド、ニューデリー） （途上国・先進国双方が協調して、双方が共に温暖化対策に取り組んでゆくことの必要性を盛り込んだデリー政治宣言を採択。）
2003 年 12 月	COP9（イタリア、ミラノ） （途上国支援、CDM における森林吸収源の取り扱いについて合意。）
2004 年 12 月	COP10（アルゼンチン、ブエノスアイレス） （適応に関するブエノスアイレス行動計画を採択。）
2005 年 2 月	京都議定書発効
11-12 月	COP11/MOP1（カナダ、モントリオール） （マラケシュ合意を採択、「長期的協力のための行動の対話」の開始。）
7 月	G8 首脳会合（省エネ、クリーン・エネルギーの活用などの具体的行動を含む「グレンイーグルス行動計画」に合意）
2006 年 11 月	COP12/MOP2（ケニア、ナイロビ）

出所：各種資料より作成

2) エネルギー問題

エネルギー問題の歴史を振り返ると、まず、1973 年 10 月 6 日に第 4 次中東戦争により、戦争の影響を受け OPEC (Organization of Pacific Economic Cooperation)加盟産油国の内 6 ヶ国が原油価格を 5.12 ドルから 11.65 ドルに引き上げたため、第 1 次オイルショックが発生した。日本ではこの影響を受け公共事業では新幹線や連絡橋が建設延期されることになり、生活ではトイレットペーパー騒動、洗剤パニックなど買い占め騒ぎになっていた。これらの対策としてデパートのエスカレーターの運転中止や NHK は 23 時以降放送停止などを行った。これを機にエネルギー(石油)のみならず多くの資源を輸入に依存している日本では自給率向上の重要性が指摘されるようになった。

1979 年イラン革命により石油生産が中断され第 2 次オイルショックが発生した。日本はイランからの石油の輸入が最も多かったため、大打撃にも関わらず、第 1 次オイルショックの学習効果と政府の経済政策により傷は軽微に抑えられた。

1997 年地球温暖化に対する対策として京都議定書が採択されこれが 2005 年に批准され、日本は CO₂ 排出量を 1990 年 1.271 (百万トン) に比べて、7.3%抑制することが求められた (環境省)。さらに、2004 年から 2008 年にかけて、中国、インドなど新興国の経済発展による原油需要の増加や産油国の生産能力の低下により原油価格が高騰したため、日本では、省エネルギー (=省エネ) の意識が高まり、クールビズもその一貫として環境省が打ち出した節電政策である。さらに、2011 年 3 月東日本大震災により節電が推進され、節電の方法や省エネ効果の高い機器が注目された。

1.2.2 クールビズの提案

2005 年春、環境省は、地球温暖化対策の一つとして、CO₂削減のため、夏のオフィスの冷房温度を 28 度としても涼しく快適に格好良く働けるビジネススタイルの一般的な愛称を公募した。審査委員による選考の結果、選ばれた愛称が「COOL BIZ」である。「クールビズ」は「涼しい」、「格好良い」の cool とビジネスの短縮形 biz をつなげた造語である。ネクタイを外して、ジャケットを脱ぐと体感温度が 2 度下がる、という研究結果に基づき、ノージャケット、ノーネクタイが夏のクールビズスタイルとして定着した。この運動は、海外にも波及し、イギリス、イタリア、スペインでも同様の試みがなされ、国連本部でも会議室の温度を 21℃から 24℃へ上げる「クール UN」を試行するなど、各国に大きな影響を及ぼした。2011 年 6 月、環境省はこれまでの「COOL BIZ」をさらに進化させた、「SUPER COOL BIZ」を推進した。従来からの「28℃の室温設定」「ノー上着の奨励」「断熱材の利用」といった訴求に加え、「更なる軽装の奨励」「勤務時間の朝型シフト」といったこれまでより一歩踏み込んだ取組が求められた。環境省におけるクールビズの服装の可否を表 1.2 に示す（環境省）。

Table.1.2 Examples of Cool Biz apparel from the Ministry of Environment

	クールビズ	スーパークールビズ (6月1日～)
ノーネクタイ	○	○
ノージャケット	(○)	○
半袖シャツ	○	○
かりゆしシャツ	(○)	○
ポロシャツ	×	○
アロハシャツ	×	○
Tシャツ	×	△
ランニングシャツ	×	×
チノパン	(○)	○
ジーパン	×	△
ハーフパンツ	×	×
スニーカー	×	○
サンダル	×	△

○ …可
 (○) …可だが、徹底されていない
 △ …TPOに応じた節度ある着用に限可
 [例]
 Tシャツ : 無地のもの } →可
 : 執務室のみの着用 }
 ジーパン : 破れてだらしないもの →不可
 サンダル : 執務室のみの使用 →可
 : ビーチサンダル →不可
 × …原則不可

1.2.3 快適環境の評価

衣服は人体を個別に包み、衣服と皮膚の間に微気候（衣服気候）を形成することによって一種の環境制御を行う（田村、1997）。人の寒暑感を左右する因子としては、気温、気湿、気流、放射熱の環境温熱因子、人体側の条件としての着衣量と活動量の因子が挙げられる。人体はこれらの因子を個々に感じるのではなく、総合した 1 つの状態として感じる（田村、2004）ため、各因子を組み合わせた様々な温熱環境評価指標が提案されている。温熱環境評価における着衣量を含む諸量の関連を図 1.1 に示す（社団法人 空気調和・衛生工学会、1997）。

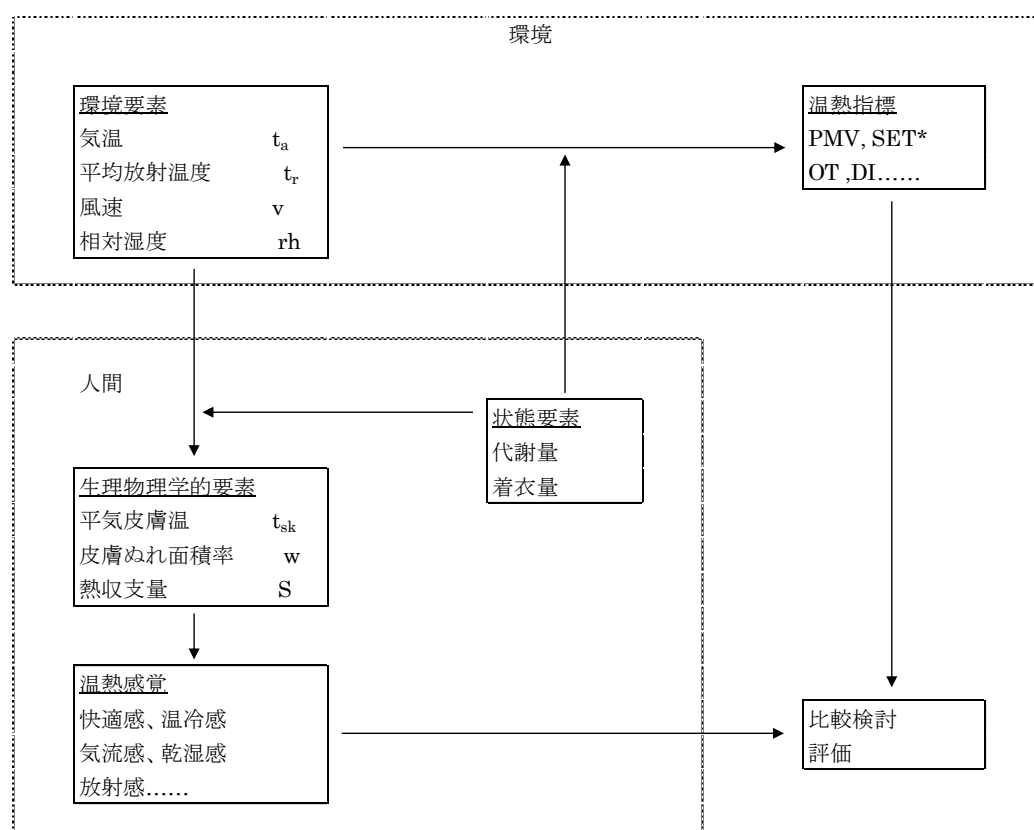


Fig.1.1 Relationship of various quantities in thermal environment evaluation

1) 温熱環境評価

人体は周囲の環境との間で、伝導、対流、放射、蒸発による熱交換を行っている。これらの熱交換量を左右し、ヒトの寒暑感や着衣の快適性を左右する環境の物理性状を環境の温熱条件という。環境の温熱条件は基本的には、気温、気湿、気流、放射熱の4つの温熱因子によって決定される。温熱指数とは4つの温熱因子の物理的測定量を組み合わせたものであるが、人間の感覚や生理反応をもとに定義されているため、生理的温熱指数、体感気候、体感温度などとも呼ばれている。温熱指数としては30種以上提案されている（田村、1985）。各種の温熱指標とその特徴は表 1.3 に示す（中山、1981）。さらに、その中主な温熱指標の説明を述べる。

Table.1.3 Thermal index and characteristics

分類	指標	提案者	物理的・生理的意義と特徴	適用範囲
物理計測に基づく指標	室球温度	Haldane(1905)	水蒸気分圧と気温の評価 $T_{wb}=T_a-2.0 \times [P_{wb}^*-P_a]$	発汗による調節域の上限付近、高温湿度作業環境
	カタ冷却力	Hill(1916)	環境の冷却力の評価。気流の影響を過大に評価する傾向がある $H=(0.2+0.4\sqrt{v})(36.5-T_a)$ ただし v : 風速(m/s)、 H : 冷却力	風速計として利用される
	黒球温度 (グローブ温度)	Vernon(1930)	放射、気温、気流の3因子の総合評価、作用温度TOを近似的に計測するのに用いられている	放射効果、平均放射温(T_r)の算出に用いられる $T_r=T_g+2.37\sqrt{\epsilon} \cdot (T_g-T_a)$
	comfort meter	Madsen(1973)	放射、気温、気流の総合評価をもとに着用量、作業量、湿度を電子回路系の定数として与えPMV(predicted mean vote)を指示する	暖房環境
生理反応	P ₄ SR	McArdle(1947)	発汗量の予測を気温、放射、湿度、気流、作業量を変数とするノモグラムを用いて行う	耐暑限界の予測
主観的経験的指数	有効温度(ET)	Houghten・Yoglou(1923)	気温、湿度、気流の組み合わせを被験者の主観的判断に基づいて比較、等価温度のノモグラムを構成。低温域にて湿度の影響を過大に、高温域にて過小に評価。生理的反応との間に相関が少ない	暖冷房環境
	修正有効温度(CET)	Vernon(1932)	上記ETを求める際、気温の代わりにグローブ温度を用いるものでETに放射の効果を組み入れる効果がある	放射源のある暖冷房環境
	不快指数(THI)	米国気象局 Thom(1959)	温湿度の組み合わせにより上記ET近似値を与える。簡便で理解が容易 $THI=0.72(T_a+T_{wb})+40.6$	冷房環境
	WBGT	YaglouとMinard(1957)	気温、気流、放射、湿度の計測より上記ETの近似値を与える試み $WBGT=1.7T_{wb}+0.2T_g+0.1T_a$	軍における兵士の訓練の限界の予測や作業環境の評価
	Oxford index(WD)	Lind(1964)	$WD=0.15T_a+0.85T_{wb}$ により気温と湿度の評価	暑熱環境
	Windchill index	Siple(1948)	気温と風速を因子とする環境の冷たさの評価 $WCI=(10.45+10\sqrt{v-w})(33-T_a)$	極地における凍傷の予防
熱平衡式に基づく指標	作用温度(TO、STO)	Gagge(1937)	放射、気温、放射熱伝達率、対流熱伝達率を含む等価仮想気温	放射環境、通常室内
	熱ストレスインデックス(HIS)	BeldingとHatch(1955)	気温、放射、水蒸気圧、気流、作業量をもとに蒸発によって失われるべき熱量(Ereq)を算出、蒸発によって調節可能な余地の評価	高温作業環境、耐暑限界の予測
	comfort chart(PMV)	Fanger(1970)	気温、湿度、気流、放射、呼吸放熱量、作業量、着衣量を変数として熱平衡をもたらす環境因子の組み合わせを求める。ただし、発汗による調節は含まない	暖房環境
	新有効温度(ET*STOH)	Gagge、Stolwijk、Nishi(1971)	発汗による体温調節機能を含む熱平衡モデルに基づき気温、放射、湿度、気流、着衣、作業量、気圧、人工空気などの環境変数より、生理因子として皮膚温、発汗量、貯熱などを総合的に評価できる	人工空気、気圧、水中などを含むあらゆる環境

注)ただし、 T_{wb} : 湿球温度(°C)、 T_a : 気温(°C)、 P_{wb}^* : T_{wb} における飽和水蒸気圧(mmHg)、 P_a : 水蒸気分圧(mmHg)、 T_g : 黒球温度(グローブ温度)(°C)

2) 着衣の熱抵抗 (clo 値)

1941 年、Gagge、Burton と Bazett により、換気技術者も物理学者も生理学者も共通に用いることのできる実用単位として提案されたもので、“気温 21.1℃、湿度 50% (RH) 以下、気流 $10\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ の室内で安静椅座位の被験者が快適でいられる程度の衣服の保温力を 1clo とする。”と定義されている。ただし、この条件における代謝の標準値は $50\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ (1met) である。これをうけて Winslow、Gagge と Herrington はクロー単位の標準化を行い、衣服の熱抵抗は衣服表面の空気の熱抵抗と衣服そのものの熱抵抗の和であること、1clo の衣服の熱抵抗は、 $0.18^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ または $0.155^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ の熱抵抗に相当することを示した。現在 ISO9920 : 2007 温熱環境の人間工学—着衣の熱絶縁と蒸発抵抗の推定—では、単品衣服および組み合わせ衣服の熱抵抗の単位として clo と $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ が記されている。

この単位は、衣服で履われていない部分も含まれており、着衣した人の平均皮膚温は着衣表面部分の皮膚温にも影響を受けるだけでなく、着衣していない体の部分の皮膚温によっても影響を受けていることになる。clo 提案時点では、着衣表面積率 fcl の増減による単位体表面積当たりの空気断熱値 la の変動は考慮されていない。そのため現在では着衣の熱抵抗を表す表現がいくつか存在している (ISO9920、1995)。

① SET*（標準新有効温度：Standard new Effective Temperature）

空間の快適性を評価する指標として Gagge らにより提案された指標で、定義は「温熱感覚および放熱量が実在環境におけるものと同等になるような相対湿度 50%の標準環境の気温」であり、人体温熱生理モデルによる熱収支計算により算出される。人体温熱生理モデルは、人体を2層の球に模擬した2ノードモデルを基本とするが、他の人体モデルを計算プログラムに組み込むことも可能である。算出に必要な測定項目は、気温、相対湿度、風速、平均放射温度（MRT）であるが、SET*の算出には人側の着衣量と代謝量の入力も必要である。なお、平均放射温度とは、周囲の全方位から受ける放射熱を平均化した場合の、周辺表面の平均温度表示を言う。SET*は快適感や温冷感、利用人数、滞在時間との関係性が見られることが指摘されている（環境省：2013）。ASHRAE 標準有効温(SET*)の線図を図 1.2 と標準有効温度 SET*の算出プロチャートを図 1.3 にしめす。（社団法人 空気調和・衛生工学会：1997）

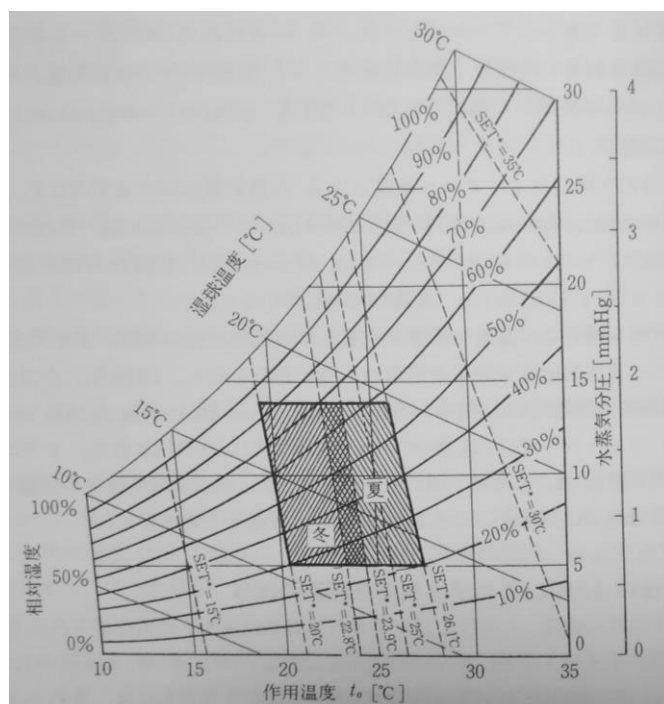


Fig.1.2 Standard effective temperature (SET*) diagram by ASHRAE

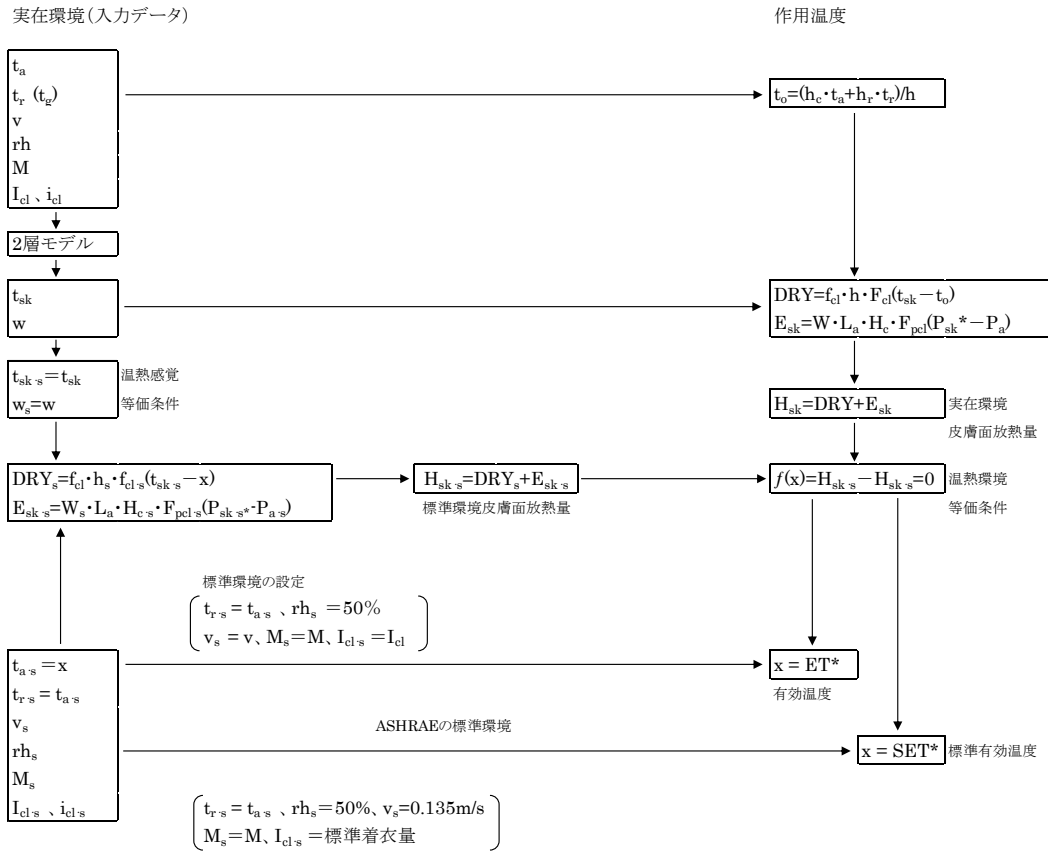


Fig.1.3 Calculation chart of the Standard effective temperature (SET*)

② PMV (予測平均温冷感申告:Predicted Mean Vote)と

PPD(予測不快者率:Predicted Percentage of Dissatisfied)指数

1967 年にデンマーク工科大学の P.O.Fanger 教授が快適方程式を発表した。快適方程式は室温、平均放射温度、相対湿度、平均風速、着衣量、作業量の 6 つの要素が関係进行评估する理論である。PMV 指数は体感温度ではなく、温冷感を予測する目的を持っている。1994 年 ISO7730 規格になった。PPD 指数は人がその環境に対して暑いか寒いかの満足度を表す数値である。快適方程式 7 段階評価尺度による数値で表 1.4 に示す。PMV と PPD 算出式は以下に示す。

$$PMV=0.303\exp(-0.036M)+0.028$$

$$PPD=100-95\exp[-(0.3353PMV^4+0.2179PMV^2)]$$

Table.1.4 PMV/PPD method

	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
PMV	hot	warm	slightly warm	neutral	slightly cool	cool	cold
	暑い	暖かい	やや暖かい	中立	やや涼しい	涼しい	寒い
PPD	99%	75%	25%	5%	25%	75%	99%

③ WBGT（湿球グローブ温度指標:Wet Bulb Globe Temperature Index）

暑熱環境の評価方法である WBGT は熱帯地域における軍事訓練の限界条件を検討する目的で提案されたものである。湿度、輻射熱、気温の3つの因子の関係を評価するものである。現在では暑熱労働環境の評価、スポーツなどの熱中症予防の指標に用いられる。WBGT 値を表 1.5 と算出式は以下に示す（田村照子、2004）。

・ WBGT 算出式

屋外で太陽直射のある場合は

$$WBGT = 0.7 \times t_w + 0.2 \times t_g + 0.1 \times t_a$$

ただし

t_w : 湿球温度

t_a : 乾球温度

太陽直射のない場合は

$$WBGT = 0.7 \times t_w + 0.3 \times t_g$$

t_g : 黒球温度

Table.1.5 WBGT value

気温(参考)	WBGT温度	熱中症予防のための運動指針	
35℃以上	31度以上	運動は原則中止	WBGT温度が31度以上では、皮膚温より気温の方が高くなる。特別の場合以外は運動は中止する。
31～35℃	28～31度	厳重警戒	熱中症の危険が高いため、激しい運動や持久走など熱負担の大きい運動は避ける。運動する場合には積極的に休息をとり水分補給を行う。体力低いもの、暑さに慣れていないものは運動中止。
28～31℃	25～28度	警戒	熱中症の危険が増すので、積極的に休息をとり、水分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休息をとる。
24～28℃	21～25度	注意	熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに運動の合間に積極的に水を飲むようにする。
24℃まで	21度まで	ほぼ安全	通常は熱中症の危険性は小さいが、適宜水分の補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

日本体育協会(1994) 熱中症予防のための運動指針より

1.2.4 サーマルマネキンと衣服評価への応用

サーマルマネキンの歴史について田村(2010)の記述を抜粋すると以下のようなものである。

「サーマルマネキン開発の背景は寝袋に始まった。第 2 次世界大戦開始後の 1942 年、アメリカの軍隊は、砂漠での装備や北欧での寒冷気候の問題に直面していた。そこでは戦闘よりも酷暑や寒冷による兵士の疲労・障害のほうが問題だったからである。したがって、ハーバード疲労研究所/米軍気候研究所のチームにとっては、寒冷下で眠ることのできる寝袋の開発が最大の関心事であった。さまざまな寝袋が研究されたが、その過程で被験者実験における大きなばらつきと被験者の負担が問題となり、最初の加熱マネキン Lumpy が開発された。Lumpy はサイズの違う缶をチューブでつなぎ温水を循環させるという単純なもので、残念ながら当初の目標を十分に達成することはできなかった。しかしこれを契機に、また科学技術の発達を背景として、1943 年には、内部にヒータとファンを設置しサーモスタットで温度調節した初の電気加温ダミー（サーマルマネキン）が完成した。その後、米軍でのサーマルマネキン開発はさらに精度を上げ、1946 年には、3000 人の兵士の人体計測値に基づき彫刻家が成形した蠟モデルに、3 mm 厚さの銅めっきを施し（後で蠟は溶かした）、内部を電氣的に加温する方式の Copperman が完成した。平均皮膚温を調節することができ、表面を人体表面の放射率 0.98 に近い黒色に塗装したこの方式のマネキン第 1 号は Belding によって Chauncy と名付けられ寝袋のほか、兵士の衣服・装備、各種防護服の開発、クロー値の研究などにおいて多くの成果をあげた。サーマルマネキンの開発は寝袋や衣服全体の熱抵抗を評価するためには、人体と同様の外形と温熱特性を持つ加温人体模型が必要不可欠だったからである。

日本におけるサーマルマネキンの開発も当初衣服の保温性評価を目的としたものであ

った。1958 年、戸田は和紙の張子に銅の薄板を叩いた初の銅製模型人体を創作し、稲垣らとともに平常着および作業衣のクロール値を測定、衣服の重ね着の効果や男女季節服の評価を行った。これに続き 1977 年には、製品科学研究所の三平らによって、日本人の標準寸法を持つ男女各 1 体のサーマルマネキンが試作された。厚さ 5 mm のアルミ製で全身が 17 部位に分割され、表面温度の制御と一定供給熱量の制御がともに可能であった。1981 年、日本女性の標準的寸法・体型を持つ女子学生からかたどりした、リアル形状を持つアルミ製マネキンが製作された。現在文化・衣環境学研究所に装置されている AYA である。このマネキンは 13 部位に分割された人体各内部にマイクロヒータファンを設置し、温風循環方式により表面温度制御または入力制御するものである。成人女子 30 名から得られた $28^{\circ}\text{C} \cdot 50\% \cdot \text{無風} \cdot \text{安静条件下}$ の皮膚温分布を近似的に再現し、またはこれを満足する各部位供給熱量分布を定入力量として設定し、以降の実験が行われた。

こうして、次第に衣服の保温力評価法として確立したサーマルマネキンは、商業ベース生産も含め世界各国で、銅製・アルミ製・アルミ合金製・強化プラスチック製などさまざまな素材で、またさまざまな分割・熱供給方式、さらに関節可動型のものも製作され今日に至っている。これらは、人体表面から外部環境に向けての全身および局所別 熱移動、これに及ぼす衣服の素材・構造・重ね着の効果、部位特性、また、姿勢・動作・気流・室内温度分布の影響などを、物理的に評価するために有効な装置として用いられている。サーマルマネキンから得た、衣服の熱抵抗を記述する単位としては、 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ のほかに clo という単位が用いられる。

一方、発汗サーマルマネキンは、人体表面から外部環境に向けて潜熱移動、特に暑熱環境下の蒸発熱抵抗を評価する手段として開発された。1970 年、Fonseca は立位の銅製サーマルマネキンの表面を、湿潤させた T シャツ用ニット布で覆うことによって

人体の発汗状態にし、10種の組み合わせ内・外衣の熱移動特性を評価した。これ以降、世界各国で給水・制御システムの異なる各種発汗サーマルマネキンが開発されたが、代表的な方式を上げると次のようである。各種発汗サーマルマネキンを図 1.4 に示す。

(1)コンピュータ制御給水ポンプによる吐水量調節式、(2)スプレー式、(3)水蒸気輸送・放散式、(4)ろ紙利用式、(5)透湿防水風船式などがあり、本研究で使用した日本人成人男子のサイズをもつ発汗サーマルマネキン「JUN」は(1)の方法による式である（田村、2010）。

(1)コンピュータ制御給水ポンプによる吐水量調節式	(2)スプレー式	(3)水蒸気輸送・放散式
		
(4)ろ紙利用式	(5)透湿防水風船式	コンピュータ制御給水ポンプによる吐水量調節式(JUN)
		

Fig.1.4 Types of thermal manikins

1.2.5 ビジネスウェアの歴史

日本人が洋服を着始めてから 140 年あまり経ているが、その洋装化は男性服から始まり、軍服や制服、背広、さらに戦時下の国民服を含め洋装化した（石関亮、2013）。現代社会で広く普及しているビジネス・スーツの原型となったのは 19 世紀後半登場したラウンジ・スーツである。日本では 1920 年代、会社員や専門職の男性が仕事にラウンジ・スーツを着るようになった。これが襟の幅やズボンの太さ、肩パットの厚みなど、その時々流行の変化を取り入れながら、現在でもビジネス・スーツとして広く着用されている。1950 年代に入ると経済が活発になり、パリやハリウッドスタイルが登場し、1960 年代は 50 年代から話題になっていたアイビースタイルが急速に広まった。1960 年ごろから、会社ではスーツとネクタイという服装が定着した（ヘレン・レイノルズ、2014）。1960 年代後半になってヨーロッパ・シルエットのヨーロッパモデルやフレンチ・コンチネンタルが流行った。1970 年代になると精神文化を強く意識した個性化が進むが、1973 年、第 1 次オイルショックにより再び、自然への回帰とベーシックなものが流行り、大きなトレンドもなく多様なスタイルが混雑した時代になる。1980 年代の日本はバブル時代でお金をかけたファッションを楽しむようになり、ビジネスウェアも個性化と差別化が進んだ。1990 年代はバブル崩壊により 80 年代の派手なファッションから落ち着いた雰囲気ファッションであった（ビジネス・ウェア、1989）。2000 年以降は環境問題に関する意識が高まり、クールビズ・ウォームビズに対応可能な機能性に優れたビジネスウェアが注目されている。

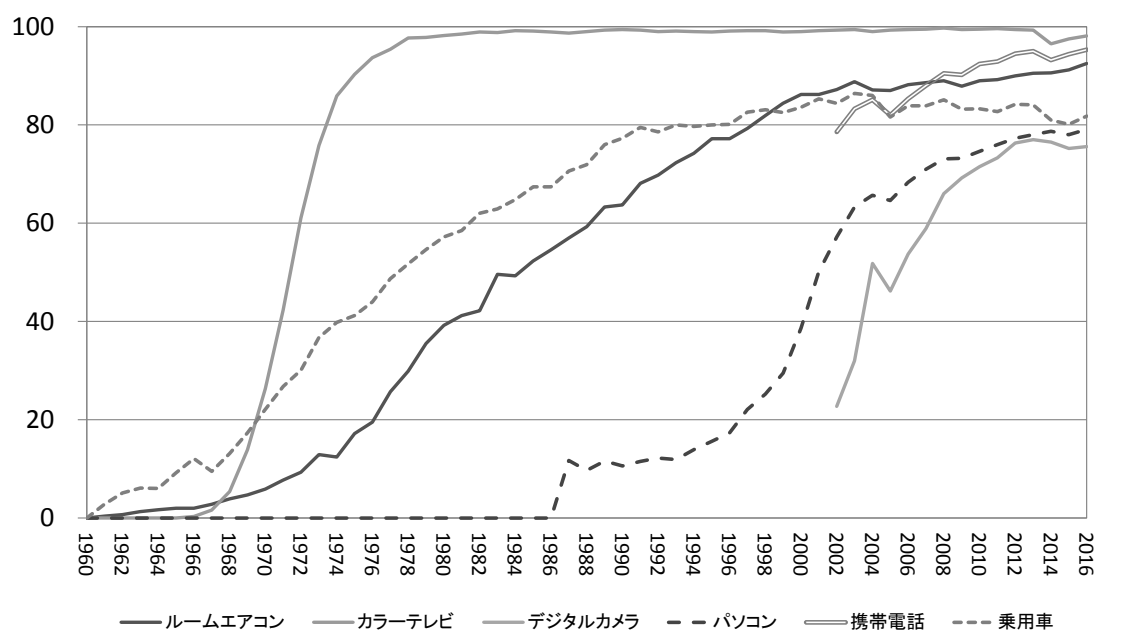
1.2.6 日本のエアコン（クーラー）の歴史

日本では昭和 30 年代（1955 年～）に登場した電気洗濯機、冷蔵庫、テレビは「3種の神器」と呼ばれ、一般庶民のあこがれの耐久消費財であった。その後「3C」といわれたルームクーラー、カラーテレビ、乗用車が、昭和 40 年代に出現した（社団法人日本家政学会 1998）。日本のエアコン（クーラー）の年表を表 1.6 に、日本の主要耐久消費財の普及率を図 1.5 に示す（内閣府）。1935 年、日本発の空気調整機の生産が始まった。1973 年のオイルショック以降省電力型エアコンが発売された。1990 年代はエアコンがコンパクト化し、1997 年京都議定書以降、地球環境を考えた商品が増加し始めた。2011 年 3 月東北地方太平洋沖地震以降、省エネルギーを再認識することになった。日本の主要耐久消費財の普及率を見るとルームエアコンは 1960 年代に発売されてから徐々に増え 2000 年には 90%を超えるに至っている。

Table.1.6 Chronology of air conditioners in Japan

年度	内 容
明治時代	電気の力で風を起こす扇風機が発明
1930	冷凍空調によるエアコンの登場（アメリカ）
1933	フッ素系冷媒の研究に着手（アメリカ）
1935	国産初の空気調整機生産開始
1958	「ルームクーラー」に名称統一
1965	「ルームクーラー」から「ルームエアコン」に名称変
1974	省電力型エアコン発売
1982	床暖房エアコン発売、光センサーエアコン発売、直流インバーター冷暖房3室マルチエアコン発売
2001	快適性と省エネ性を追求した全く新しい空調床暖房システム発売（ダイキン工業）

（参照）ダイキン工業、一般社団法人 家庭電気文化会



(注) 単身世帯以外の一般世帯が対象。1963年までは人口5万以上の都市世帯のみ。1957年は9月調査、1958～77年は2月調査、1978年以降は3月調査。
 (資料) 内閣府「消費動向調査」

Fig.1.5 Penetration rate of major durable consumer goods in Japan

1.3 本論文の構成と概要

本論文は以下の 6 章で構成されている。

第 1 章では本研究の目的・文献的背景及び論文の構成について記述した。研究の背景とする文献については日本のビジネスウェアとクーラーの歴史、地球環境及びエネルギー問題、クールビズの提案・着用効果、サーマルマネキンの歴史に関する、衣服の温熱特性の評価、温熱環境の評価に分けて内容を整理した。

第 2 章「夏季の通勤用男子ビジネスウェアに関する意識調査」では、アンケート法を用いて、現代日本のサラリーマンがクールビズをどのように受け止めているかについての意識調査を行った。その中からビジネスウェアとして許容されるスタイルの気候適衣域を快適環境の評価法である SET*を用いて検討した。

第 3 章「定点観測による男子の季節による衣服着用率の変化」では田村と丸田がクールビズ開始以前の 2001/2 年に行った定点観測結果とこれから 10 年を経た 2011/12 年、同様の方法で 1 年間観察したデータと比較し着用率の変化について検討する。

第 4 章「市販クールビズスーツ布地の顕熱・潜熱抵抗—スキンモデルを用いて—」では、現在各企業が開発の成果を様々な特性、例えば通気性・吸湿性・吸水速乾性、吸湿発熱性などによってうたっているが、本章ではこれら全てを総合し市販ビジネスウェアの布地の顕熱抵抗と潜熱抵抗をスキンモデルにより評価した。

第 5 章「市販クールビズの顕熱・潜熱抵抗－発汗サーマルマネキンを用いて－」では文化衣環境学研究所に設置の発汗サーマルマネキン（JUN）を用いて、市販 3 社の夏季用ビジネスウェアと参考品を比較する。単品 20 種とアンサンブル 4 種についてその顕熱抵抗と潜熱抵抗を測定し、衣服と素材特性との関係について検討する。

第 6 章「総括」では各章を総括し、今後の課題について述べる。

引用及び参考文献

- 社団法人 空気調和・衛生工学会（1997）：快適な温熱環境のメカニズム ― 豊かな生活空間をめざして、社団法人 空気調和・衛生工学会
- 内閣府（2016）：消費行動調査
- 婦人画報社書籍編集部（1989）：ビジネス・ウェア（MEN'S CLUB BOOKS 22）、婦人画報社
- 出石尚三（2010）：スーツの百科事典、有限会社万来舎
- ダイキン工業：<http://cs.daikinaircon.com>
- 一般社団法人 家庭電気文化会：<http://www.kdb.or.jp>
- 社団法人日本家政学会（1998）：日本人の生活－50 年の軌跡と 21 世紀への展望－、株式会社建帛社
- 田村照子（1999）：着心地の追求、放送大学教育出版会
- 人間－生活環境系会議 温熱指標等研究委員会（2002）：PMV、SET*、clo に関する研究報告
- 花田嘉代子、三平和雄（1977）：着衣の熱絶縁性能に関する研究－姿勢・動作を変化するサーマルマネキンの試作－、大阪市立大学生活科学部紀要、Vol25、83 - 93
- 花田嘉代子、三平和雄、大幡久仁子（1981）：婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.22、No.10、430 - 437
- 花田嘉代子、三平和雄、佐藤由美（1983）：男子用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.24、No.8、363 - 369
- 岩崎房子、田村照子（1985）：サーマルマネキンによる被服の熱抵抗に関する研究（第 2 報）、文化女子大学研究紀要、16、231 - 239

- 岩崎房子、丸山康子、笠原さつき、田村照子（1987）：サーマルマネキンによる被服の熱抵抗に関する研究（第3報）、文化女子大学研究紀要、16、22 - 33
- ISO-9920（1995、2004）：Ergonomics of the thermal environment — Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
- ISO-7730（1994）：Moderate Thermal Environment — Determination of PMV and PPD indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort
- 宮本征一（2008）：オフィス空間におけるスーツ着用時の温熱的快適域に関する研究 — その2 夏季の中程度高温環境下における温冷感の男女の差異について、日本建築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、715 - 720
- 竹森利和、中島健、庄司（1995）：人体熱モデルの開発 — 熱的快適性評価のための基本モデル開発、日本機械学会論文集、61、584
- 持田 徹（1977）：平均皮膚温の算出式に関する工学的研究—熱伝導率と皮膚面積で重み付けした平均皮膚温、日本建築学会論文報告集、259
- ヘレン・レイノルズ（文）、徳井淑子（監修）（2014）：世界ファッションの歴史—上着とズボン—、株式会社ほるぼ出版
- 石関 亮 他3名（2013）：日本の男服、神戸ファッション美術館
- 気象庁（2015）：気候系監視年報
- 全国地球温暖化防止活動推進センター：<http://www.jccca.org>
- 田村照子、李恩眞（2011）：低環境負荷型ファッション文化の創成に向けて、低環境負荷型ファッション文化に関する研究、pp5-8
- 山田 巧、岩崎謙次（2010）：綿布の快適性に関わる熱・水分特性の抽出—スキモデルを用いたシミュレーション実験—、東京都立産業技術研究センター研究報告、No.5

- 田村照子（2010）：衣服領域におけるサーマルマネキン利用・研究の現状と課題、
空気調和・衛生工学、pp 84－2
- 田村照子（1998）：皮膚温・発汗サーマルマネキンの開発に関わる研究、科学研究費
補助金研究成果報告書
- Mecheels,J. and Umbach,K.H（1977）：Thermophysiological properties of clothing
system、Melliand Textilberichte、58、73－81
- 丸田直美（2005）：現代社会における各種温熱環境下での快適着衣量に関する基礎
的研究、文化女子大学大学院博士論文
- 榎本ヒカル 他 2 名（2013）：あるクールビズ実施オフィスの温熱環境による人体
影響に関する実態測定、HES37、30
- 奥窪朝子（1982）：着衣量との関係からみた快適環境温度 - 個人要因を踏まえた快適
条件の設定、生活文化研究、15、25-38
- 田辺新一、長谷部ヤエ（1993）：皮膚温度可変型サーマルマネキンによる室内環境評
価法に関する研究、日本建築会計画系論文報告集、448
- Fanger.P.O（1970）：Thermal Comfort、Danish Technical Press、Copenhagen、
Denmark
- ASHREA standard 55-81（1981）：Thermal Environmental Conditions for
Human Occupancy
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 1 報 重ね着に
よる和服保温力基準値の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要 40(2)、
157-168
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 2 報 成人男子
洋服の保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、40(2)、169-176

- 稲垣 和子 (1979) : 衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究 : 第 3 報 成人女子
の各季節別一般的衣服保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、
40(2)、177-188
- 田村照子、酒井豊子 (1999) : 着心地の追究、放送大学
- 内嶋善兵衛 (1996) : 地球温暖化とその影響、生態系・農業・人間社会
- N.R.S. ホリーズ、R.F. ゴールドマン共編、中島利誠訳 (1996) : 着心地の科学－温熱
因子・換気因子・構造因子・評価因子の相互作用－、光生館
- 日本繊維機械学会 (1981) : 被服機能 (被服科学総論、日本繊維機械学会被服学体系
化分科会編、下巻)
- 薩本弥生 (2003) : 快適ライフを科学する
- 斉藤秀子、呑山委佐子 (2003) : 快適服の時代－ヒト・衣服・環境
- 中山昭雄 (1981) : 温熱生理学、理工学社
- 全国地球温暖化防止活動推進センター : IPCC 第 5 次評価報告書特設ページ、
<http://www.jccca.org/ipcc/ar5/wg1.html>
- 環境省 (2013) : 適応策の評価指標の検討
- 環境省 (2015) : STOP The 温暖化 － 緩和と適応へのアプローチ
- 経済産業省・資源エネルギー庁 (2011) : エネルギー白書
- 佐古井智紀 他 2 名 (2010) : 日射を考慮した WBGT 熱平衡理論式の導出-WBGT 熱
平衡理論式への灰色グローブ温度の組込み-日本生気象学会雑誌 47(2)、107-118
- 田村照子 (1985) : 基礎被服衛生学、文化出版社
- 環境省 : <http://www.env.go.jp>
- 田村照子 (2004) : 衣環境の科学、建帛社

第2章 夏季の通勤用男子ビジネスウェアに 関する意識調査

2.1 緒言

2005 年、環境省を中心に開始された「クールビズ」運動は、「涼しい」、「格好良い」の Cool とビジネスの短縮形 biz をつなげた造語である。ノー上着、ノーネクタイの軽装によって、室温 28℃を維持するよう、冷房エネルギーを節約しようというものである。2010 年 9 月の環境省発表データによれば、クールビズの成果は、認知度 93.6%、冷房の設定温度を高く設定している企業は 61.8%、これを基に推計した二酸化炭素削減量は約 172 万トン(約 385 万世帯の 1 か月分の CO₂排出量に相当)とのことである。この運動は、海外にも波及し、イギリス、イタリア、スペインでも同様の試みがなされ、国連本部でも会議室の温度を 21℃から 24℃へ上げる「クール UN」を試行するなど、一方、クールビズにおける 28℃という設定温度は建築物における衛生的環境の確保にかんする法律(通称：建築物衛生法、ビル管理法)の管理基準で定められた範囲(17℃～28℃)の上限に相当し、昭和 45 年に制定されたものである。

そこで、本研究では、今後のクールビズ運動をより積極的に推進することを視野に入れて、まず現在、日本のサラリーマンがクールビズをどのように受け止めているかについての意識調査を行う。また、ビジネスウェアとして許容されるスタイルを抽出し、それらの快適気候域を快適環境の評価法である SET*と着衣による快適気候域の予測法である Mecheels と Umbach を用いて予測し、今後のクールビズ推進上の課題を探ることを目的とする。

2.2 調査方法

調査対象は日本在住の 20～60 歳代男性サラリーマンである。アンケート紙は 120 部を配布、その内 95 部を回収した（回収率 79%）。また、インターネットリサーチサイトに同上のアンケート内容を提示し、5 名の回答を得た。

調査期間は 2009 年 9 月～11 月 2 ヶ月にかけて行った。調査用紙を表 2.1 に示す。質問項目は年齢、住所、勤務地、職業、交通手段のほか、夏用の通勤時衣服の素材、クールビズに関する意識などを重要な順に回答してもらい順位 3 位までを合計した。さらに写真（VOGUE より）を提示しこの中でビジネスウェアとして許される範囲の服装を選択してもらい、理想の服装と実際の服装の差を見るため各アンサンブルの clo 値を求めた。

Table.2.1 Questionnaire survey

夏季の通勤用男子ビジネスウェアに関するアンケート

文化女子大学大学院 生活環境学研究科 被服環境学専攻 被服衛生学研究室

大学院 博士後期1年 イ・ウンジン

(指導教授 田村 照子)

この度博士論文として、クールビズについて研究することになりました。そこで、皆様の着衣の実態を調査させていただきたく、このアンケートを作成しました。ご多忙中、大変恐れ入りますが、ご協力をお願いします。

下記、質問に対する回答として該当するものに○印又は空欄に記号、番号等を記入して下さい。

1. 年 齢: 10代、 20代、 30代、 40代、 50代、 60代以上
2. 配偶者: 有 、 無
3. 現住所: 都、道、県、郡
4. 勤務地: 都、道、県、郡
5. 職 業: 営業職、事務職、その他()
6. 通勤時の交通手段はなんですか。多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
電車[]、自動車[]、自転車[]、徒歩[]、その他() []
7. 貴方は夏季の通勤時、週に何回ぐらいスーツを着用しますか。○印をつけてください。
全く着ない、 1～3日、 4～5日、 6～7日
7-1. 良く着用するスーツの素材は何ですか。分かる範囲で結構ですので、多い順に
[]の中に番号を記入して下さい。
綿 100%[]、 綿・ポリエステル混[]、 麻 100%[]
麻・ポリエステル混[]、 ウール 100%[]、 ウール・ポリエステル混[]
ポリエステル 100%[]、 その他() []
7-2. 夏季の通勤用のスーツは何着ぐらい持っていますか。○印をつけてください。
1着も持っていない、 1～3着、 4～5着、 6～7着、 その以上()
8. 貴方が夏季にスーツを着用する理由について伺います。
重要な順に[]の中に番号を記入して下さい。
会社で決められているから[]、 見栄えがいいから[]、 好きだから []
着心地がいいから[]、 オフィスの冷房がきいているから []
相手または周囲に失礼だから[]、 その他() []

9. 貴方は夏季にスーツを着用している時、不快感を感じたことがありますか。

○印をつけてください。

はい、いいえ

9-1. どのような不快感を感じましたか。大きい順に[]の中に番号を記入して下さい。

暑い[]、蒸れる[]、動きにくい[]、肌触りが悪い[]

肌に貼り付く[]、その他() []

9-2. 不快感の原因になった服種は何ですか。

大きい順に[]の中に番号を記入して下さい。

ジャケット[]、スラックス[]、シャツ[]、ネクタイ[]

アンダーウェア[]、靴下[]、靴[]、その他() []

10. スーツ着用時の快適感(温冷感)について、以下に場面別にお答えください。

○印をつけてください。

10-1. ラッシュの電車の中

暑い、暖かい、丁度良い、涼しい、寒い

10-2. ラッシュ時以外の電車の中

暑い、暖かい、丁度良い、涼しい、寒い

10-3. オフィス内

暑い、暖かい、丁度良い、涼しい、寒い

10-4. 日中の戸外

暑い、暖かい、丁度良い、涼しい、寒い

10-5. 日中以外の戸外

暑い、暖かい、丁度良い、涼しい、寒い

11. 貴方の勤務先ではクールビズを実施していますか。○印をつけてください。

はい、いいえ

12. 貴方はクールビズ対策として何をしていますか。

重要な順に[]の中に番号を記入して下さい。

ジャケットを着ない[]、ネクタイをつけない[]、カジュアルシャツを着る[]

アンダーウェアを着ない[]、靴下をはかない[]

靴をスリッパなどにはきかえる[]、その他() []
















13. 夏季通勤時のシャツの形はどれですか。多い順に[]の中に番号を記入して下さい。

長袖Y-シャツ[]、半袖Y-シャツ[]、T-シャツ[]、ポロシャツ[]

その他() []

14. シャツの素材は何ですか。多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
綿100%[]、 綿・ポリエステル混[]、 麻100%[]、 麻・ポリエステル混[]
ポリエステル100%[]、 その他() []
15. 貴方はジャケットなしで、シャツのみ着用している時、どのような不快感を感じたことがありますか。多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
暑い[]、 蒸れる[]、 動きにくい[]、 肌触りが悪い[]
肌に貼り付く[]、 その他() []
16. 貴方が夏季によくするネクタイはどれですか。
多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
ネクタイ[]、 蝶ネクタイ[]、 紐ネクタイ[]、 しない[]
その他() []
17. 今年の夏はどのようなアンダーウェア(パンツ)を着用しますか。
多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
ブリーフ[]、 トランクス[]、 ボクサー[]、 その他() []
- 17-1. パンツの素材は何ですか。多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
綿100%[]、 綿・ポリエステル混[]、 麻100%[]、
麻・ポリエステル混[]、 その他() []
- 17-2. パンツの布地はどちらが多いですか。＜、＞印をつけてください。
ニット(編地) 、 ふはく(織り地)
18. 今年の夏はどのようなアンダーウェア(肌シャツ)を着用しますか。
多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
半袖[]、 袖なし[]、 ランニング[]、 着ない[]
その他() []
19. アンダーウェア(肌シャツ)の素材は何ですか。
多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
綿100%[]、 綿・ポリエステル混[]、 麻100%[]
麻・ポリエステル混[]、 その他() []
20. 今年の夏はどのような靴下をはきますか。多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
はかない[]、 綿100%[]、 綿・ポリエステル混[]、 麻100%[]、
麻・ポリエステル混[]、 その他() []
21. 今年の夏はどのような靴をはきますか。
多い順に[]の中に番号を記入して下さい。
革靴[]、 革ブーツ[]、 スニーカー[]、 サンドル[]
その他() []

22. 貴方が夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思う範囲の写真に○をつけて下さい。(いくつでも)

				
1	2	3	4	5
				
6	7	8	9	10
				
11	12	13	14	15

ご協力ありがとうございました。

2.3 調査結果

2.3.1 調査対象者（問 1～5）

回答者は日本在住のサラリーマン 100 名である。年齢構成は 20(32%)、30(31%)、40(10%)、50(23%)、60(4%)歳代であり、既婚者 42%、未婚者 58%であった。職業は営業職 35 名、事務職 46 名、その他 19 名であった。現住所は東京が 100 名の中 71 名で最も多く、勤務地も 91 名で最も多かった（図 2.1）。

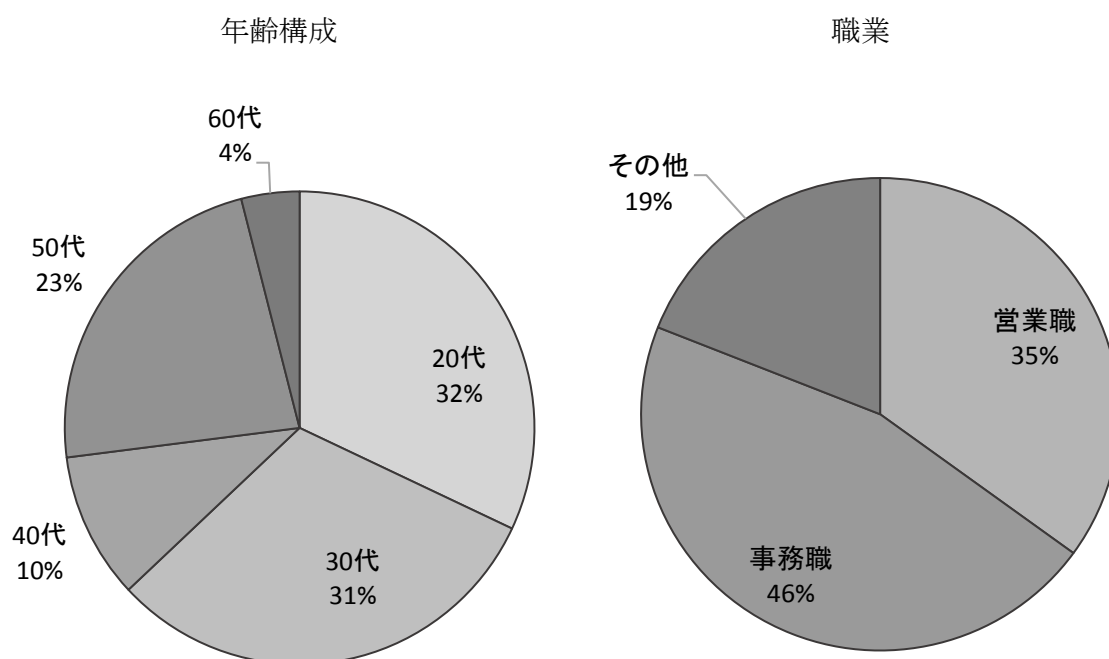


Fig.2.1 Questionnaire survey target

2.3.2 通勤時の交通手段（問 6～7）

通勤時の交通手段では電車 84 名、自動車 8 名、自転車 4 名、徒歩 1 名、その他 3 名で、電車を利用して通勤する人が多く、夏季の通勤時スーツの着用回数に対しては「全く着ない」25 名、「週 1～3 日」15 名、「週 4～5 日」51 名、「週 6～7 日」7 名、無回答者は 2 名であった。「週 4～5 日」が 51 名と最も多かった（図 2.2）。

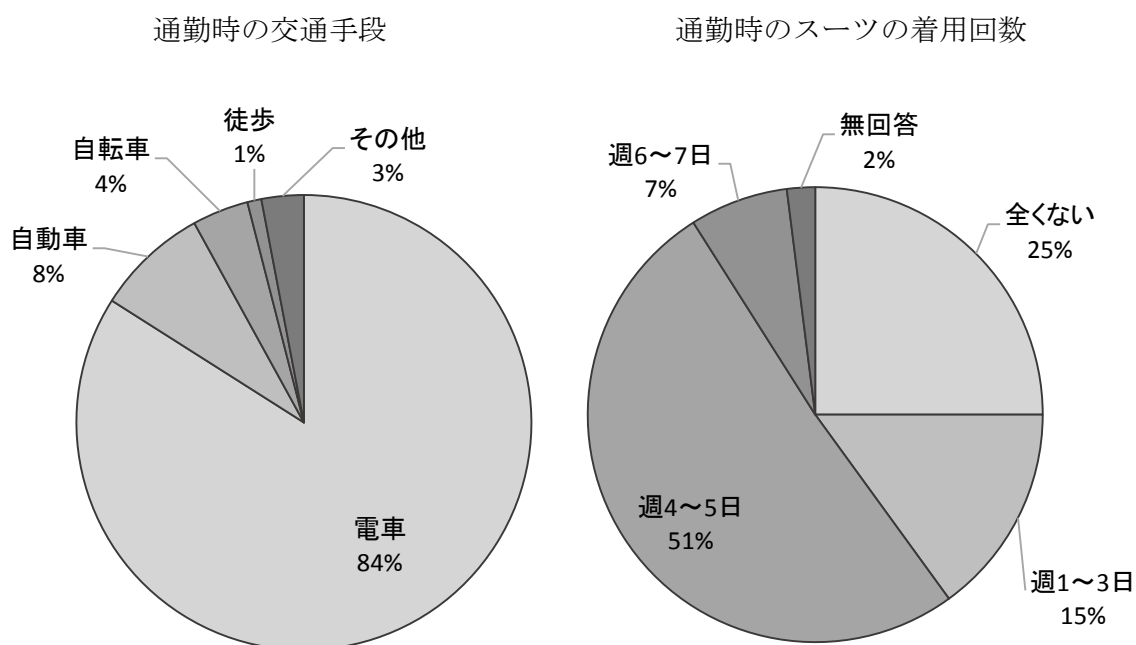


Fig.2.2 Number of times the suit is worn during working hours

2.3.3 夏季にスーツを着用する理由（問 8）

夏季にスーツを着用する理由としては1位「相手または周囲に失礼だから」と思っている人が62名で最も多く、2位に「会社で決められているから」54名、3位は「見栄えがいいから」27名の順であった。この結果の1位と2位を見ると能動的行動の「相手または周囲に失礼だから」と受動的行動の「会社で決められているから」の傾向が見られた。行動の差を年齢別にみると大きな意識の差が見られる。「相手または周囲に失礼だから」は50代が16%、40代7%、30代12%、20代4%、60代3%で役員の位置になると社会的に礼儀を大事にしているからだと思われる。「会社で決められているから」は20代21%、30代15%、50代4%、40代1%で主な新入社員から若い社員の20～30代はスーツを好きで着ている訳ではなく決められているからであった（図2.3）。（複数回答）

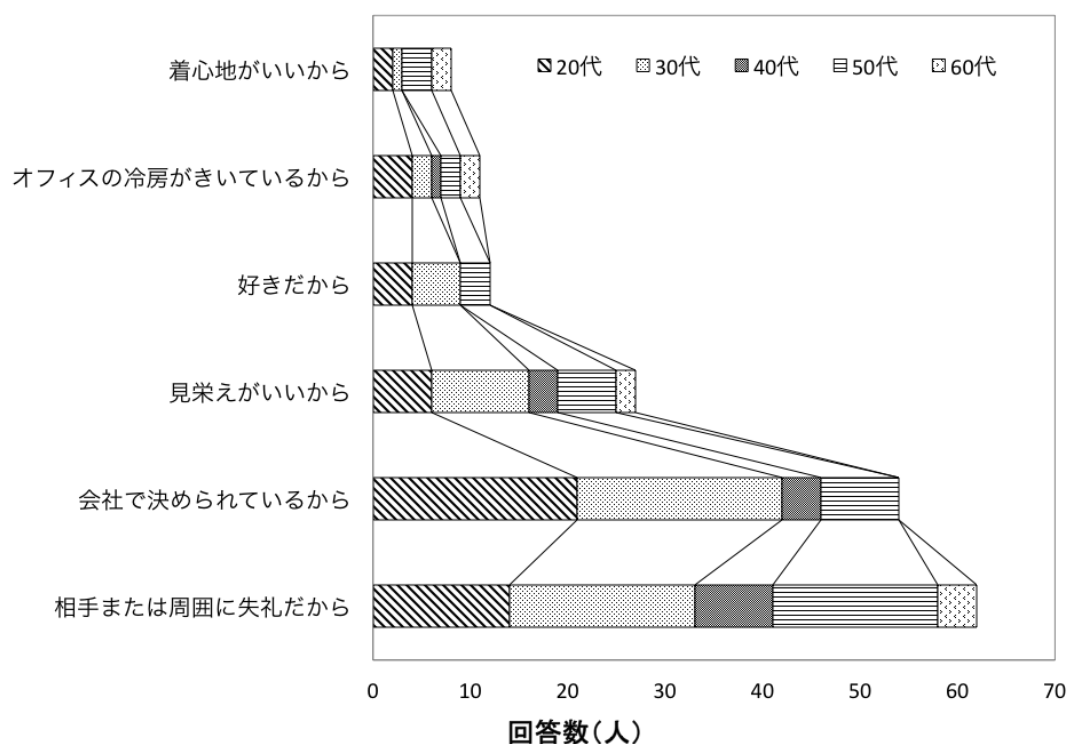


Fig.2.3 Reasons for wearing a suit in the summer

2.3.4 スーツ着用時の不快感の有無と原因（問 9）

スーツ着用時の不快感の有無では、「はい」 87%、「いいえ」 11%、「無回答」 2%であった。 80%以上のサラリーマンが夏にスーツを着用するときに不快感を感じていることがわかった。理由としては「暑い」が 39%、「蒸れる」 32%が最も多く、「動きにくい」 17%、「肌に貼り付く」 11%の順であった。原因だと思う服類は「ジャケット」 32%、「ネクタイ」 24%、「スラックス」 17%、「シャツ」 14%の順で不快感を感じている事がわかった（図 2.4）。

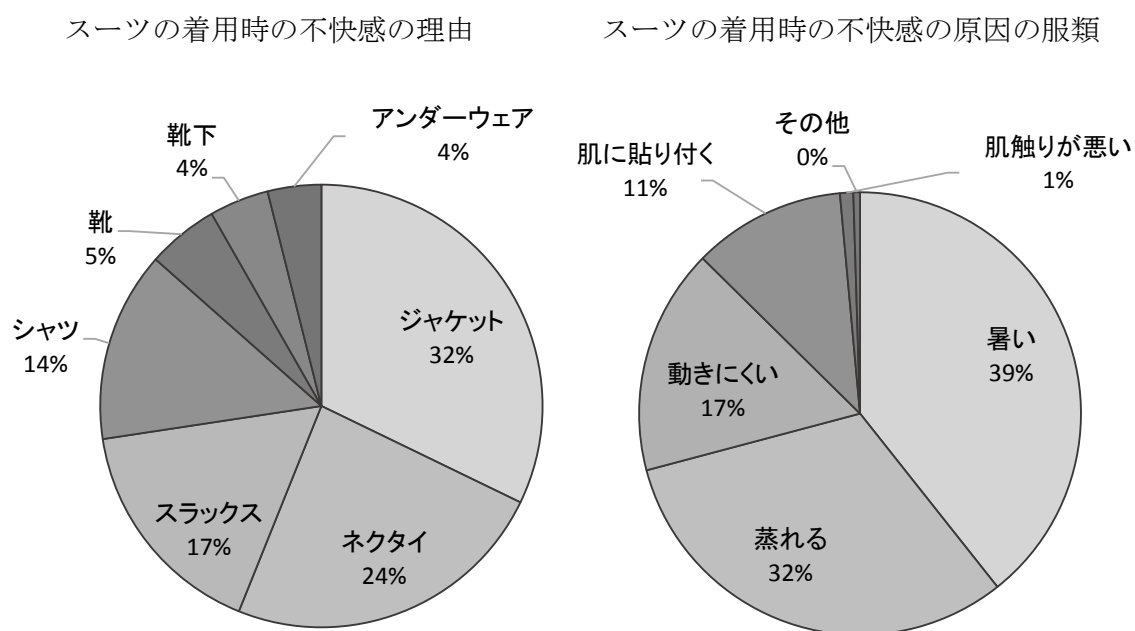


Fig.2.4 Discomfort and reason for wearing a suit

2.3.5 スーツ着用時の場面による快適感（問 10）

スーツの着用時の場面による快適感に関する質問に対して、ラッシュの電車の中では「暑い」が最も多い 87%で、ラッシュ時以外の電車の中は「丁度良い」35%、「暑い」34%、「暖かい」23%の順であった。オフィス内では「暑い」・「暖かい」・「丁度良い」が各々29%であった。日中の戸外は「暑い」85%で最も多く、日中以外の戸外は「暑い」49%、「暖かい」26%、「丁度良い」23%の順であった（図 2.5）。

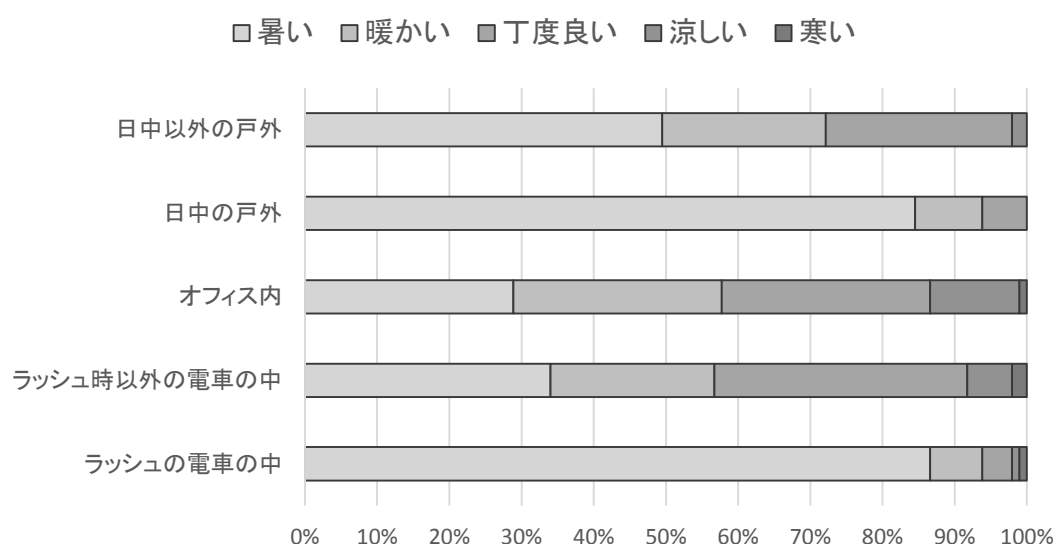


Fig.2.5 Comfortable wearing of suit for the situation

2.3.6 ビズネスウェアの素材

スーツの素材は「綿・ポリエステル混」26%、「綿 100%」が 25%、「ウール 100%」17%、「ウール・ポリエステル混」13%の順であった。

シャツは「綿 100%」44%、「綿・ポリエステル混」36%で混紡されたものが最も多かった。パンツ（アンダーウェア）は「綿 100%」58%と「綿・ポリエステル混」30%が多く、肌シャツ（アンダーウェア）は「綿 100%」69%、「綿・ポリエステル混」25%で混紡されたものが最も多かった。 服類の特性はほとんど綿を使っている。外衣は繊維が強くしわになりにくいポリエステルと混ざった「綿・ポリエステル混」と「綿 100%」が、シャツ、アンダーウェアは吸水性と肌触りが良い「綿 100%」が最も多かった（表 2.2）。

Table.2.2 Classification of clothing

	スーツ	シャツ	パンツ (アンダーウェア)	肌シャツ (アンダーウェア)
綿100%	25%	44%	58%	69%
綿・ポリエステル混	26%	36%	30%	25%
麻100%	6%	3%	6%	1%
麻・ポリエステル混	7%	8%	2%	3%
ウール100%	17%	—	—	—
ウール・ポリエステル混	13%	—	—	—
ポリエステル100%	4%	6%	—	—
その他	1%	2%	4%	3%

2.3.7 衣服の形状

衣服の形状を図 2.6 に示す。 シャツは「長袖 Y-シャツ」53% > 「半袖 Y-シャツ」35% > 「ポロシャツ」8% > 「T-シャツ」5%の順であった。 パンツ（アンダーウェア）は「トランクス」50% > 「ボクサー」35% > 「ブリーフ」14%の順でゆったりしたがトランクスが最も多かった。肌シャツ（アンダーウェア）半袖肌シャツが最も多かった。

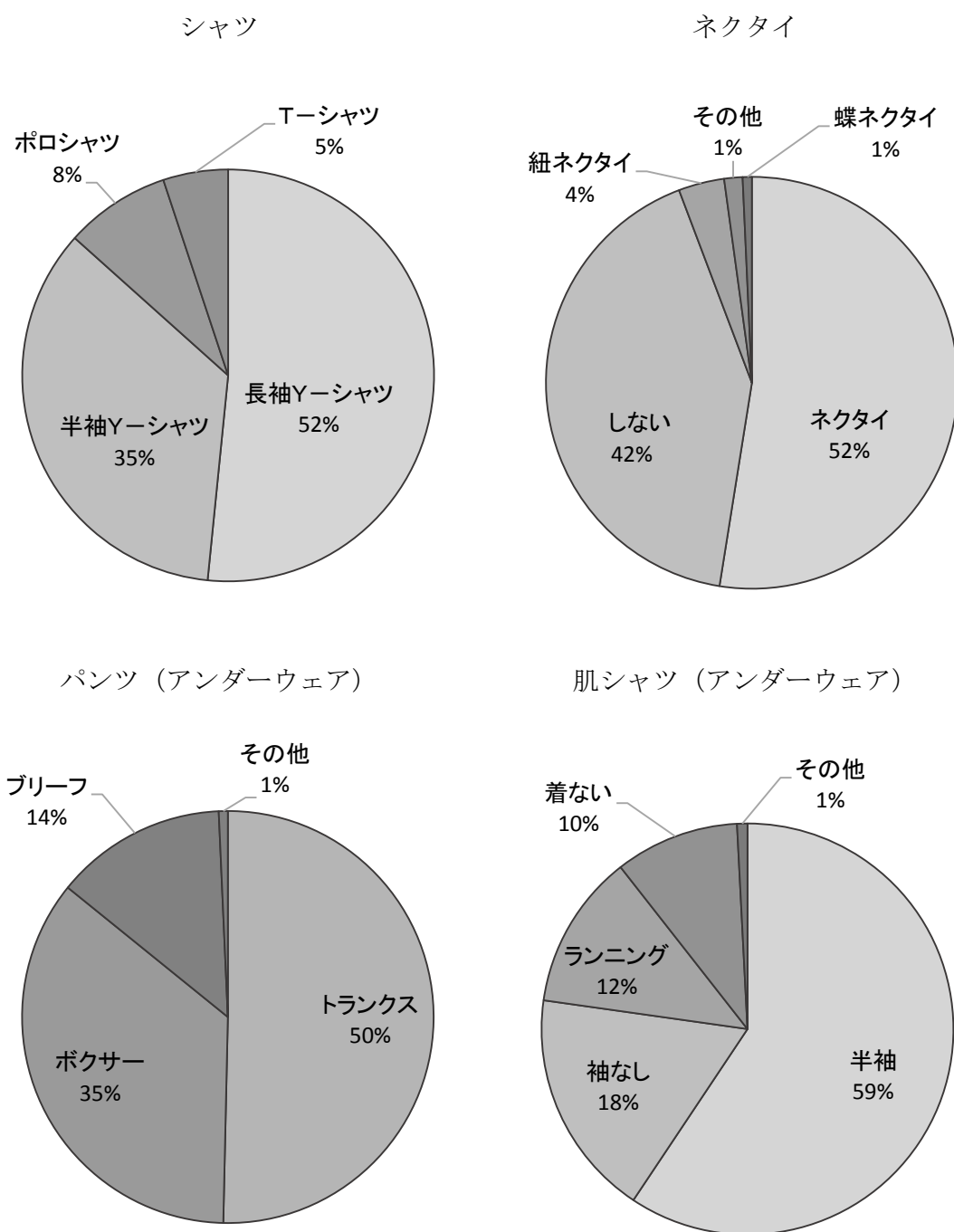


Fig.2.6 Clothing shape

2.3.8 クールビズに関する意識・対策（問 11~12）

クールビズに関する意識に関する結果を図 2.7 に示す。勤務先におけるクールビズ実施の有無に関しては「はい」が 89%と「いいえ」が 10%、無回答 1%であった。多くの会社でクールビズを実施していることがわかった。その、クールビズの対策としては「ネクタイをつけない」が 43%で最も多く、次に「ジャケットを着ない」38%、「カジュアルシャツを着る」が 10%であった。スーツ着用時の不快感の原因だと思うアイテムでも「ジャケット」32%、「ネクタイ」24%であり、対策として多くのサラリーマンはノーネクタイ、ノー上着の軽装をし、クールビズ運動を実施していることがわかった。（複数回答）

勤務先のクールビズ実施の有無

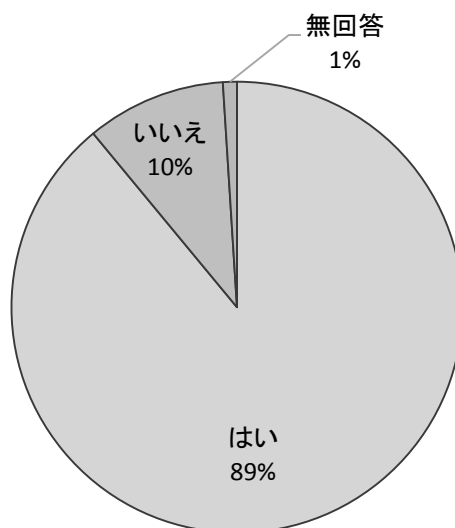


Fig.2.7 Presence or absence of Cool Biz at work

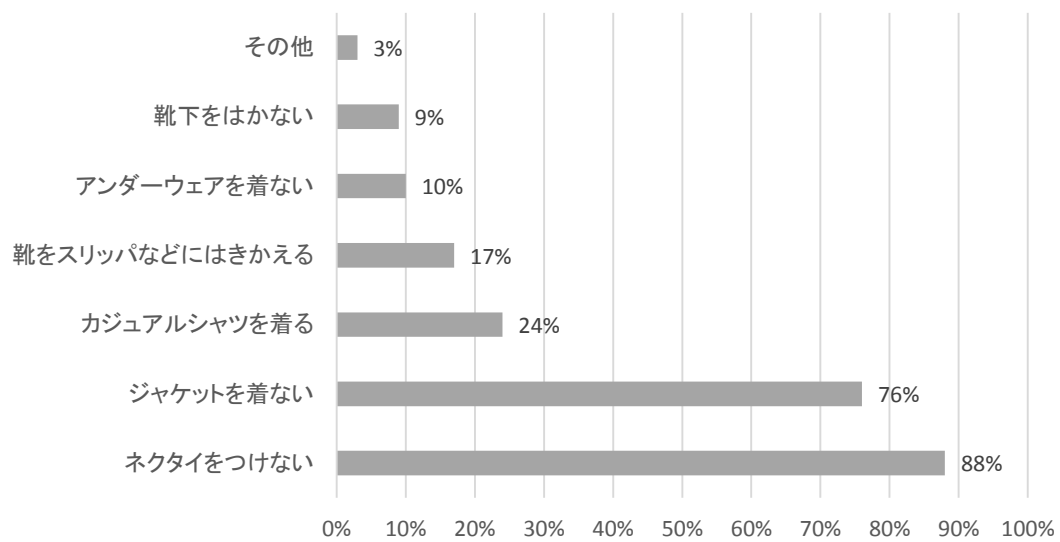


Fig.2.8 Measures for Cool Biz

2.3.9 夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの範囲

(問 22)

図 2.9 に提示した写真の中夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思う範囲を示してもらったところ、3 番が最も多く、次に 2 番>8 番>1 番>4 番順でいずれもフォーマルな服装であった。これに対し、半ズボンやタンクトップを含むカジュアルな服装の 12 番>14・15 番は 30 代以上の年代では全く支持されなかったが、20 代では 9~13%が許容範囲だと答えた (図 2.10)。年代による社会的地位や役割が異なることに加え、ファッションの社会規範に対する意識の差を示唆するドレスコードに対する年代格差が示された。

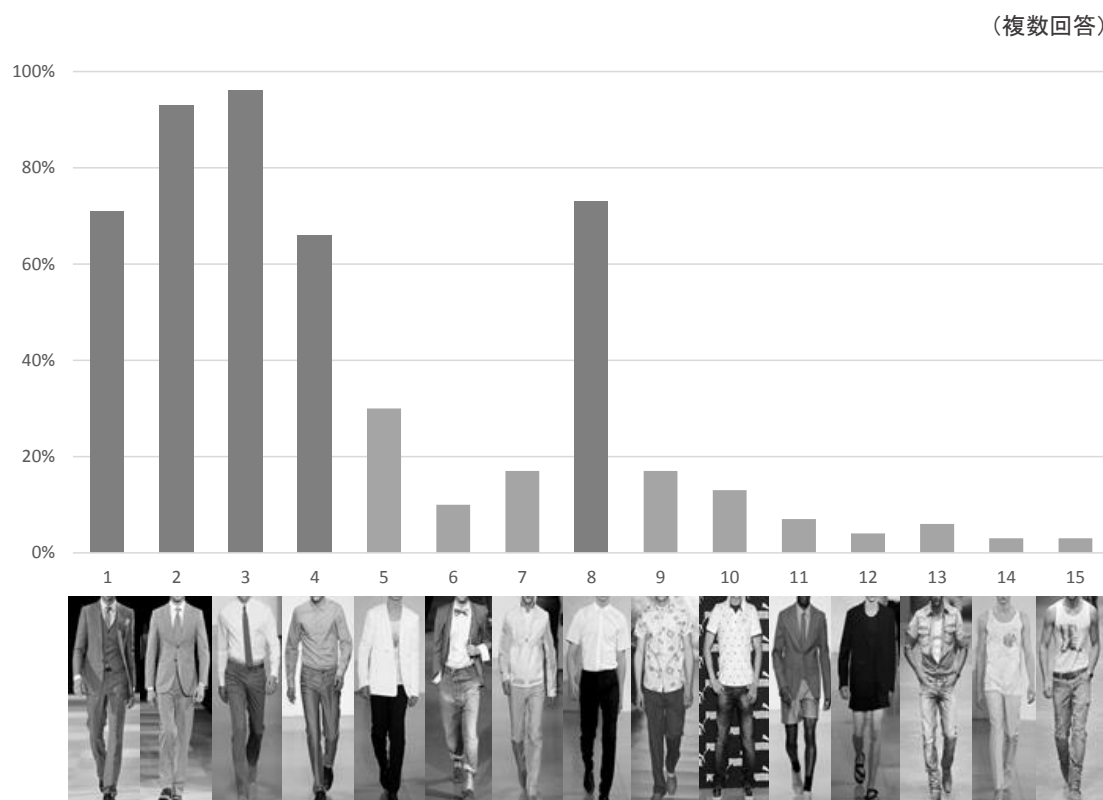


Fig.2.9 Acceptable style as business wear

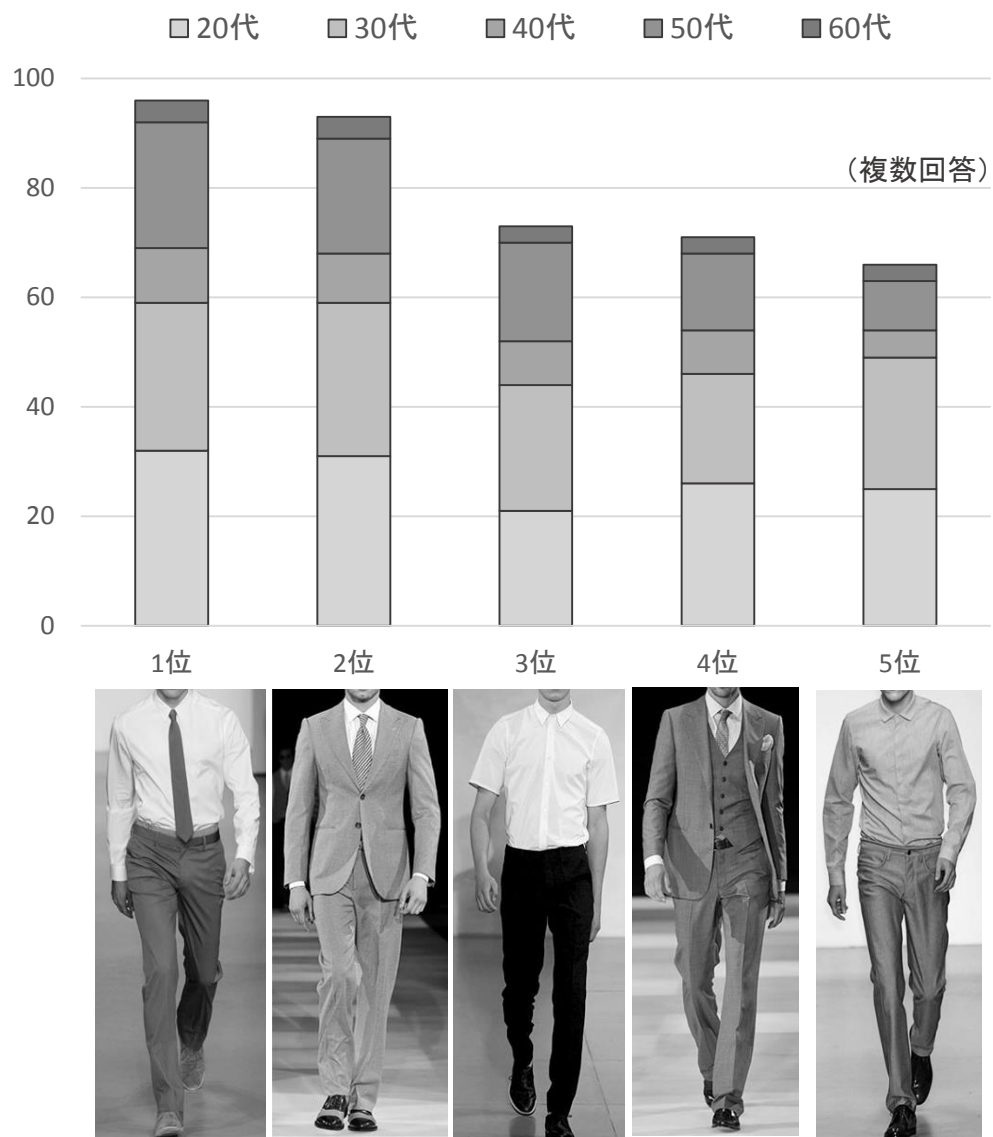


Fig.2.10 Age gap from 1st to 5th styles as acceptable business wear

2.3.10 夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの ISO9920 に基づいた clo 値予測

ビジネスウェアの許容スタイルで室内椅座位の事務作業をしたときの適応気温限界を予測するため、ISO9920 に基づいて clo 値（熱抵抗）を予測した。単品の服種、clo 値、面積、等を衣服の熱抵抗値を表 2.3 に示す。服種は下着（アンダーウェア）3 点、長袖シャツ、半袖シャツなどの上衣 5 点、パンツ、ジーンズなどの下衣 5 点、ジャケット、ベストなどアウター4 点、靴 3 点、靴下、ファッションアクセサリ5 点の構成になっている。その単品の値を組み合わせた値を図 2.11 に示す。アンダーウェアは共通とした組み合わせ clo 値の幅は 1.04～0.31 である。その中、上位 5 位までに挙げられたスタイルの clo 値をみると 0.53（3 番）、0.86（2 番）、0.50（8 番）、1.04（1 番）、0.52（4 番）となった。

Table.2.3 Insulation values of garments (ISO9920)

ensemble		clo	surface area	fibre content	garment mass (g)	thickness (mm)
underwear	boxer briefs	0.04	16%	cotton 100%	91.98	0.23
	T-shirt	0.08	40%	cotton 26%、polyester 74%	147.35	0.45
	sleeveless	0.05	30%	cotton 100%	80.30	0.43
shirts	long sleeves,shirt collar	0.21	51%	cotton 100%	303.48	0.20
	short sleeves,shirt collar	0.19	43%	cotton 45%、polyester 55%	144.58	0.24
	tank top	0.13	30%	cotton 100%	137.99	0.51
	polo shirt	0.17	40%	cotton 100%	261.21	0.66
	jeans shirt	0.25	51%	cotton 100%	428.20	0.55
trousers	pants(s)	0.17	45%	wool 50%、polyester 50%	306.92	0.26
	pants(s/s)	0.21	45%	wool 100%	378.16	0.29
	chinos	0.21	45%	cotton 100%	547.45	0.52
	half pants	0.08	25%	cotton 78%、polyester 22%	257.48	0.33
	jeans	0.19	45%	cotton 100%	769.34	3.62
jacket	jacket(s)	0.32	50%	wool 50%、polyester 50%	551.94	0.28
	jacket(s/s)	0.36	50%	wool 100%	591.04	0.28
	jumper	0.35	49%	cotton 100%	384.11	0.19
	vest(s/s)	0.10	21%	wool 100%	174.67	0.21
shoes	oxford shoes	0.03	9%	cow leather	737.12	2.51
	sneakers	0.02	9%	cotton、合成底	754.50	2.17
	sandals	0.01	4%	EVA	380.54	—
acc	necktie	0.01	—	silk 100%	42.60	1.49
	butterfly tie	0.01	—	silk 100%	11.24	0.73
	belt	0.01	—	cow leather	1.42	4.11
	suspenders	0.01	—	—	2.12	1.83
	socks	0.03	14%	cotton 100%	48.68	0.82
















1		boxer briefs	0.03	2		boxer briefs	0.03	3		boxer briefs	0.03
		sleeveless	0.05			sleeveless	0.05			sleeveless	0.05
		long sleeves,shirt collar	0.21			long sleeves,shirt collar	0.21			long sleeves,shirt collar	0.21
		pants(s/s)	0.21			pants(s)	0.17			pants(s)	0.17
		vest(s/s)	0.10			jacket(s)	0.32			socks	0.03
		jacket(s/s)	0.36			socks	0.03			oxford shoes	0.03
		socks	0.03			oxford shoes	0.03			necktie	0.01
		oxford shoes	0.03			necktie	0.01			ISO	0.53
		necktie	0.01			belt	0.01				
		belt	0.01			ISO	0.86				
	ISO	1.04									
4		boxer briefs	0.03	5		boxer briefs	0.03	6		boxer briefs	0.03
		sleeveless	0.05			tank top	0.05			sleeveless	0.05
		long sleeves,shirt collar	0.21			jacket(s)	0.32			long sleeves,shirt collar	0.21
		pants(s)	0.17			pants(s)	0.17			Jeans	0.19
		socks	0.03			oxford shoes	0.03			jacket(s)	0.32
		oxford shoes	0.03			shoes	0.03			oxford shoes	0.03
		ISO	0.52			ISO	0.63			butterfly tie	0.01
										suspenders	0.01
										ISO	0.85
7		boxer briefs	0.03	8		boxer briefs	0.03	9		boxer briefs	0.03
		T-shirt	0.12			sleeveless	0.05			sleeveless	0.05
		jumper	0.35			short sleeves,shirt collar	0.19			short sleeves,shirt collar	0.19
		chinos	0.17			pants(s)	0.17			pants(s)	0.17
		socks	0.03			socks	0.03			oxford shoes	0.03
		oxford shoes	0.03			oxford shoes	0.03			ISO	0.47
		ISO	0.73			ISO	0.50				
10		boxer briefs	0.03	11		boxer briefs	0.03	12		boxer briefs	0.03
		T-shirt	0.12			sleeveless	0.05			T-shirt	0.12
		polo shirt	0.17			short sleeves,shirt collar	0.19			jacket	0.32
		Jeans	0.19			jacket	0.32			short pants	0.08
		socks	0.03			short pants	0.08			sandals	0.01
		sneakers	0.02			socks	0.03			ISO	0.56
		ISO	0.56			sneakers	0.02				
						ISO	0.72				
13		boxer briefs	0.03	14		boxer briefs	0.03	15		boxer briefs	0.03
		sleeveless	0.05			tank top	0.05			tank top	0.05
		jeans shirt	0.25			chinos	0.17			Jeans	0.19
		Jeans	0.19			socks	0.03			socks	0.03
		socks	0.03			oxford shoes	0.03			oxford shoes	0.03
		oxford shoes	0.03			ISO	0.31			belt	0.01
		ISO	0.58							ISO	0.34

Fig.2.11 Acceptable business wear styles in terms of clo values (ISO9920)

2.3.11 夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの clo 値に基づいた SET*予測

許容スタイル上位 5 位 (1.04~0.50clo) までを着衣し、室内椅座位の事務作業をしたときの快適な気温を新標準有効温度 (SET*=22.2~25.6℃) を用いて予測した。結果を図 2.12 に示す。仕事量 1met、放射熱 0℃、風速 0.1 m/s、相対湿度 50%の条件下の SET*快適範囲は 1 位 0.53clo で 21.4~24.5℃、2 位 0.86clo で 19.5~22.7℃、3 位 0.50clo で 21.6~24.7℃、4 位 1.04clo で 18.5~21.8℃、5 位 0.52clo で 21.3~24.4℃であった。この結果はクールビズ運動の 28℃という冷房設定温度ではサラリーマンにとって暑い環境であることが推測される。

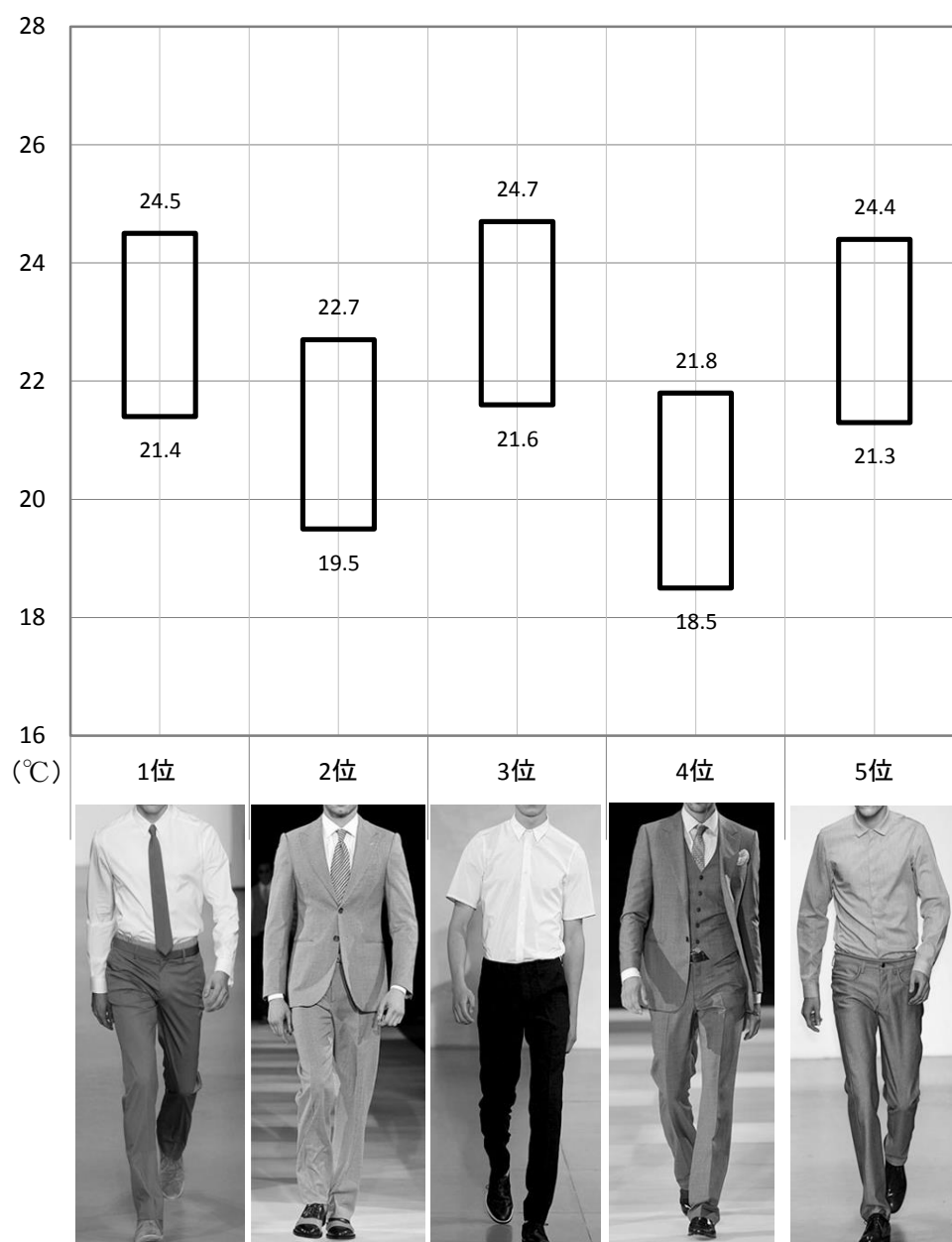


Fig.2.12 Adaptive air temperature limit prediction based on SET *

2.3.12 夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思うスタイルの clo 値に基づいた快適気候域予測値

許容スタイル上位 5 位の快適気候域を Mecheels と Umbach の式を用いて予測した。結果を図 2.13 に示す。各着衣の快適域から、相対湿度 50%RH の時の環境温とみると、快適域の下限は、4 位で 20.1℃、2 位 21.4℃、1 位 23.9℃、3・5 位 24.0℃である。一方、快適域の上限は 4 位で 20.9℃、2 位 22.9℃、1 位 26.7℃、5 位 26.9℃、3 位 27.1℃となっている。5 つのスタイルの中では半袖シャツとパンツの 3 位が最も高く、快適域が広いといえる。しかし、いずれも 28℃という冷房設定温をクリアするには至らなかった。

快適気候域を予測式は下記に示す。

$$ta \cdot min = 32 - Rd[H - 0.06(35.7 - Pa)/Re] \quad (\text{運動時})$$

$$ta \cdot max = 36 - Rd'[H' - 0.3(44.6 - Pa)/Re'] \quad (\text{安静時})$$

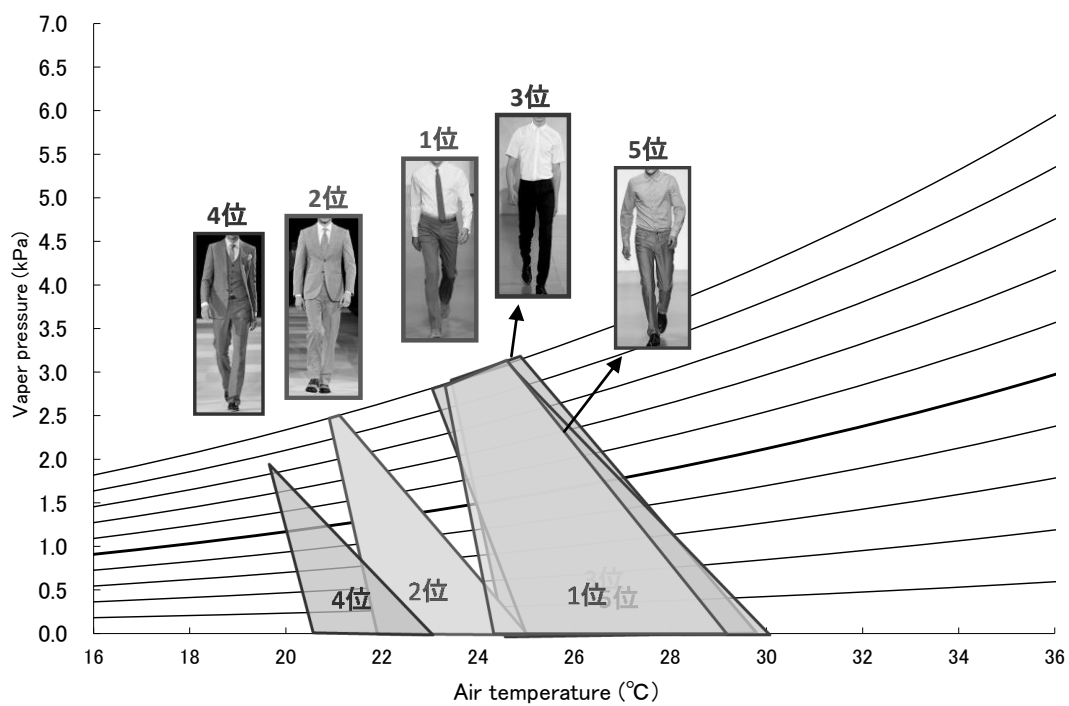


Fig.2.13 Comfortable Climate Zone Prediction of Mecheels and Umbach

2.4 考察

2005 年、開始された「クールビズ」運動を今後積極的に推進することを視野に入れ、現在、日本のサラリーマンがクールビズをどのように受け止めているかについての意識調査を行った。ビジネスウェアとして許容されるスタイルを抽出し、快適環境の評価法である SET*と着衣による快適気候域を予測法である Mecheels と Umbach を用いてそれらの快適な気温環境を予測し、今後のクールビズ推進上の課題を探ることを目的とした。

まず、アンケートでは、日本在住の 20～60 歳代男性サラリーマンを対象に 2009 年 9 月～11 月 2 カ月にかけてアンケートを行った結果、電車を利用して通勤する人が多かった。夏季の通勤時スーツの着用回数は「週 4～5 日」が多く、スーツを着用する理由としては 1 位「相手または周囲に失礼だから」、2 位に「会社で決められているから」、3 位は「見栄えがいいから」があげられた。この結果の 1 位と 2 位を見ると能動的行動の「相手または周囲に失礼だから」と受動的行動の「会社で決められているから」の傾向が見られた。行動の差を年齢別にみると大きな意識の差が見られる。スーツ着用時の不快感では、「はい」が 87%大半を占め、不快感の理由としては暑い>蒸れる>動きにくい>肌に貼り付くの順で原因の服種類としてはジャケット>ネクタイ>スラックス>シャツの順であった。スーツの素材は綿・ポリエステル混>綿 100%>ウール 100%>ウール・ポリエステル混の順で、外衣は繊維が強くしわになりにくいポリエステルが混ざった「綿・ポリエステル混」と「綿 100%」が、シャツ、アンダーウェアは吸水性と肌触りが良い「綿 100%」が多かった。

勤務先のクールビズ実施に関しては「はい」が 89%に達し、クールビズの対策としてノーネクタイ、ノー上着の軽装のクールビズ運動が実施されている。一方、正装か

ら軽装までの写真 15 スタイルを呈示しこの中で夏季の通勤用男子ビジネスウェアとして、許されると思う範囲を回答させたところ、1 位から 5 位までがいずれもフォーマルな服装であった。これに対し、半ズボンやタンクトップを含むカジュアルな服装は 30 代以上の年代では全く支持されず、年代による社会的地位や役割が異なることに加え、ファッションの社会規範に対する意識の差が示唆された。次に呈示した 15 種のスタイルの clo 値を ISO9920 の単品データに基づいて予測した結果、1.04~0.31clo の範囲に分布したが、その中、上位 5 位までに挙げられたスタイルの clo 値は 1 位 (3 番) 0.53clo、2 位 (2 番) 0.86clo、3 位 (8 番) 0.50clo、4 位 (1 番) 1.04clo、5 位 (4 番) 0.52clo となっている。その快適気候適応域を予測した結果、仕事量 1met、放射熱 0℃、風速 0.1 m/s、相対湿度 50%の条件下の SET*快適範囲は最高適応気温でも 21.3~24.4℃となり、クールビズ運動の 28℃という冷房設定温度には届かないことが示された。28℃ではサラリーマンにとって暑い環境であると推測された。

以上、アンケート結果から、サラリーマンの多くは必ずしもノー上着・ノーネクタイで通勤することが出来ず、相手や周囲に気兼ねして暑い思いをしていること、また許容限界の最も涼しいスタイルであっても、その気候適応限界は 24.4℃となり、28℃という冷房設定温度は、サラリーマンにとって暑い環境であることが示唆された。これに対して、意識としてはクールビズを歓迎しながらも、オフィスの場面によってはこれ以上のドレスダウンがしにくい、スーツは「きちんと感」を出すために欠かせないアイテムであることがわかった。したがって、今後クールビズを推進するためには、まずより新しい新素材の開発、あるいは、涼しい構造・デザインのビジネススーツの開発が求められる。もう一つの方向としては、現状の社会規範をゆるめて、例えば、半ズボンや T シャツ、サンダル等が受け入れられるような社会背景を醸成することも考えられる。

今後ますます深刻化する地球温暖化に対してはおそらく、この両方が必要不可欠ではないだろうか。

引用及び参考文献

ISO9920 (2007) : Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble

田村照子 (1985) : 基礎被服衛生学、文化出版局

田村照子 (1997) : 快適な温熱環境のメカニズムー豊かな生活空間を目指してー、
社団法人空気調和・衛生工学会

田村照子 (2004) : 衣環境の科学、建帛社

大井元 他 3 名 (2000) : 屋外における着衣および温熱的快適性に関するアンケート
調査その 2 : 着衣量の予測方法の検討および心理量に関する調査結果、日本建築会
九州支部研究報告、第 39 号

今村律子 他 3 名 (1997) : 通学・通勤時の電車内温熱環境 と着衣行動、大阪教育
大紀要第 11 部門、45-2

榎本ヒカル 他 2 名 (2013) : あるクールビズ実施オフィスの温熱環境による人体影
響に関する実態測定、HES37、30

宮本征一 (2008) : オフィス空間におけるスーツ着用時の温熱的快適域に関する研究
ーその 2 夏季の中程度高温環境下における温冷感の男女の差異について、日本建
築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、715 - 720

仲松亮他 4 名 (2003) : 亜熱帯沖縄における着衣量の实態調査とその推定式、日本建
築学会九州支部研究報告、第 42 号

大井元 他 3 名 (2000) : 屋外における着衣および温熱的快適性に関するアンケート
調査その 2 : 着衣量の予測方法の検討および心理量に関する調査結果、日本建築
会九州支部研究報告、第 39 号

- 木内豪（2001）：屋外空間における温冷感指標に関する研究、天気、日本気象学会、48、9
- 石井昭夫 他 4 名（1988）：屋外気候環境における快適感に関する実験的研究、日本建築会計画系論文報告集、386
- 高橋優子、宮本征一（2008）：夏季におけるスーツを着用した青年女性の温熱的快適域に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集、4076
- 榎本ヒカル 他 3 名（2009）：「クールビズ」導入オフィスにおける勤務者の温熱環境評価、労働安全衛生研究、Vol.2、No.1、pp5－10
- VOGUE： <http://www.vogue.com/fashion-shows/>
- 社団法人 空気調和・衛生工学会（1997）：快適な温熱環境のメカニズム - 豊かな生活空間をめざして、社団法人 空気調和・衛生工学会
- 田村照子 他 12 名（2002）：PMV・SET*、clo に関する研究報告 - 温熱指標等研究委員会報告書一、人間－生活環境系会議温熱指標等研究委員会
- 斉藤秀子、呑山委佐子（2003）： 快適服の時代－ヒト・衣服・環境
- Mecheels,J. and Umbach,K.H（1977）：Thermophysiological properties of clothing system、Melliand Textilberichte、58、73－81

第 3 章 定点観測による男子の季節による 衣服着用率の変化

3.1 緒 言

ファッションビジネスの領域においては、衣服のファッション性、すなわち個人の美意識や主張などを表現する手段としてのファッション性が重要視される。しかし、近年、地球温暖化や省資源などの環境問題が浮上する中で、人々はサステナブル・ファッション、また安全・安心・快適などの機能面を重視したファッションに関心を向け始めている。その契機となったのは、2005 年の京都議定書の発効であり、この年 6 月以降環境省は、地球温暖化の影響要因とされている温室効果ガス CO₂ を減らす一環として、夏のクールビズ(Cool Biz)、冬のウォームビズ(Warm Biz)の推進を提唱した。オフィスの冷暖房に使用されるエネルギー、これによる CO₂ 排出を抑制するために、夏は 28℃の環境で快適でいられる軽装を、冬は 20℃で快適でいられる服装を積極的に活用しようというキャンペーンである。

カメラによる通行人着衣の観察については 1969 年の安田ら、並びに 1989 年の内田らの研究があり共に気温を中心とする環境と着衣との関係を報告している。

田村と丸田はクールビズ開始以前の 2001/2 年、街角にカメラを設定し、10 日間隔で 1 年間、通行人は延べ 10831 名(内、男性 7132 名、女性 3699 名)の服装を撮影、これを詳細に分析して人々の服装と気候との関連を把握するための研究を実施した。本研究はこれから 10 年を経た 2011/12 年、同様の観察を 1 年間実施し、この観察方法の妥当性を検証するとともに、中間に 2005 年のクールビズ開始というエポックメイキングな時期を挟む 10 年間の変化から、クールビズ効果の検証を試みたものである。この研究では男女の服装が対象となっているが、本章ではクールビズの主たるターゲットとなった男性の服装に焦点を絞り 2001/2 年の田村と丸田による既報データとの比較を行った。

3.2 調査方法

観測方法は田村と丸田の調査方法に準じ、通行人を無作為に写真撮影した。観測は東京都内新宿駅周辺の交差点際に建つショップ 2 階で、交差点を渡る通行人の全身が観察できる地点である。新宿駅は JR・私鉄・地下鉄の多くの路線が周辺地域を結び、ギネスの世界記録に認定された世界一 1 日平均乗降者数の多い(約 326 万人 2011 年調べ)ターミナル駅であり、日本最大のビジネスタウンでもある。観測点とした交差点は多くの通勤者に利用されるため、撮影時刻は一定の通勤者に偏らないように朝夕の通勤時間帯を避け、午後 2 時より 30 分間とした。撮影は 2011 年 7 月 7 日から 2012 年 6 月 27 日の 1 年間、雨の日を避け、約 10 日間隔で実施した。1 日の撮影枚数は無作為に 30 枚とした。撮影時の気象データは気象庁の観測データを用いた。

分析対象は、頭から足元まで明確に撮影され、着衣が判定できる状態の通行人中、女性と子供を除いた成人男性とした。着衣の分析に当たっては、あらかじめ服種を図 3.1 のように分類し、最外層を覆う衣服の種類、着丈、袖丈等を一定の基準に基づいて判定した。服種別にその日の全観察対象者中に占める各服種着用者の百分率を計算し、これを服種別着用率とした。図 3.1 に示した各服種の clo 値は衣服の保温力を示す数値で、ISO9920 の数値を参考に設定したものである。これを用いて各通行人の着衣のクロ値合計を丸田と田村の方法に基づいて推定し、当該日時の気象庁観測気温との関係を検討した(丸田、2004)。なお、比較した 2001(丸田、2004)と 2006 年のデータについては文献値を用いた(丸田、2006)。

上 衣						下 衣				服飾雑貨・靴								
No	アイテム	clo	No	アイテム	clo	No	アイテム	clo	No	アイテム	clo	No	アイテム	clo				
1	コート(長袖)	0.67	5	ジャンパー(長袖)	0.53	18	Y-シャツ(長袖)	0.27	1	長ズボン	0.23	3	キャップ	0.01				
			6	パーカ(長袖)	0.36													
			7	パーカ(7分袖)	0.32													
			8	ポロシャツ(長袖)	0.27													
			9	ポロシャツ(半袖)	0.22													
			10	カーデガン(長袖)	0.32													
			11	カーデガン(7分袖)	0.29													
			12	カーデガン(半袖)	0.26													
2	コート(半袖)	0.65	13	ベスト	0.13	19	Y-シャツ(7分袖)	0.25										
		14	セーター(長袖)	0.35	20	Y-シャツ(半袖)	0.22											
		15	セーター(7分袖)	0.32	21	T-シャツ(長袖)	0.27	2						7分ズボン	0.10			
		16	タートルネック	0.35	22	T-シャツ(7分袖)	0.25	3						半ズボン	0.08	6	ロング・ブーツ	0.06
				23	T-シャツ(半袖)	0.22	4	オーバーオール						0.26	7	ハーフ・ブーツ	0.06	
				25	T-シャツ(袖無)	0.08	服飾雑貨・靴							8	アンクル・ブーツ	0.06		
						1	手袋	0.02						9	紳士靴	0.04		
																		
		3	ジャケット(長袖)	0.34														
4	ジャケット(7分袖)	0.31	10	スニーカー			0.04											
5	ジャケット(半袖)	0.28	17	アロハシャツ(長袖)			0.27			2	ハット	0.01	11	サンダル	0.02			

Fig.3.1 Classification of clothing (clo value)

3.3 調査結果

3.3.1 日平均気温の年間変化

気象庁データに基づく各年の日平均気温の変化と、参考として 1981 年~2010 年までの 30 年間の平均日平均気温変化を重ねて図 3.2 に示す（気象庁：www.jma.go.jp）。これによれば、2011/12 年はほぼ平年に近いが 7 月は 1~2℃高く冬は 1~2℃低い気候となっている。これに対し 2001/2 年は 7 月が 34℃と平年より 4℃程度高く、冬の 1 月から 4 月にかけても 2~3℃高い傾向を示し、夏冬共に温かく、結果として 2011/12 年の方が夏は 1~2℃、冬は 4℃内外低いことが示されている。

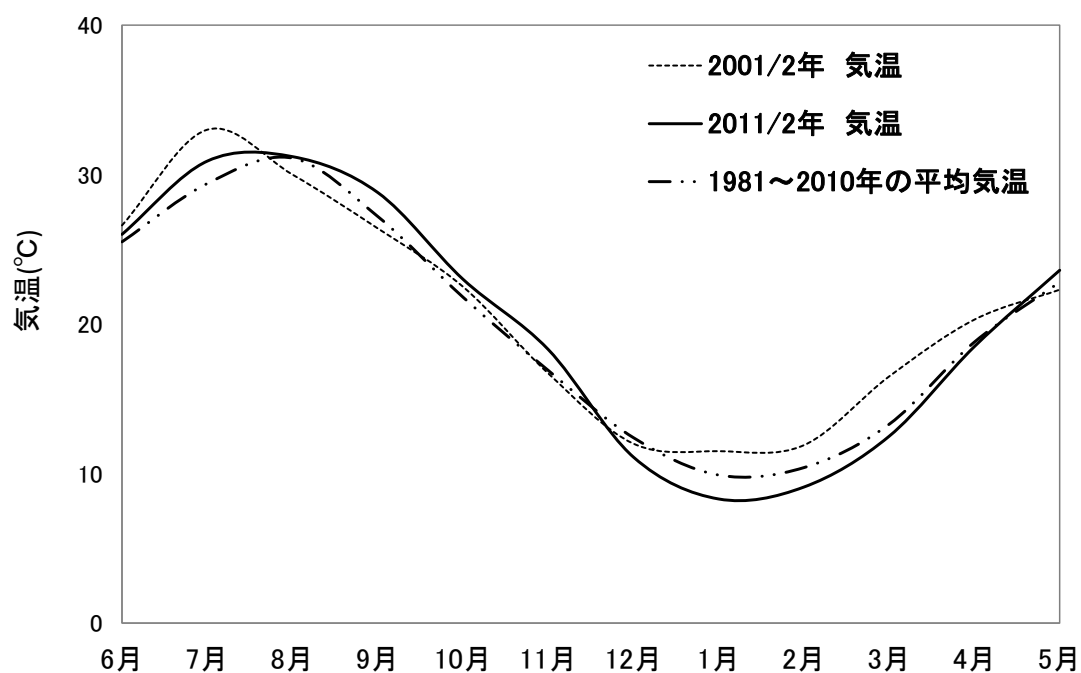










Fig.3.2 Annual average temperature change in 2001/2years and 2011/12years
And 30 years from 1981 to 2010

3.3.2 調査日、調査対象者、調査時間平均気温

表 3.1 に 2001/2 年並びに 2011/12 年の調査日と調査対象者数、並びに当該日の平均気温及び四季の観察写真例を示す。総調査対象数は、2001/2 年述べ 10831 名(内、男性 7132 名、女性 3699 名)、2011/12 年、9644 名(内、男性 7203 名、女性 2411 名)で 1 観察日あたり 137 名から 251 名であった。本章では成人男性を分析の対象とした。

Table.3.1 Fixed point observation date and temperature and number of objects

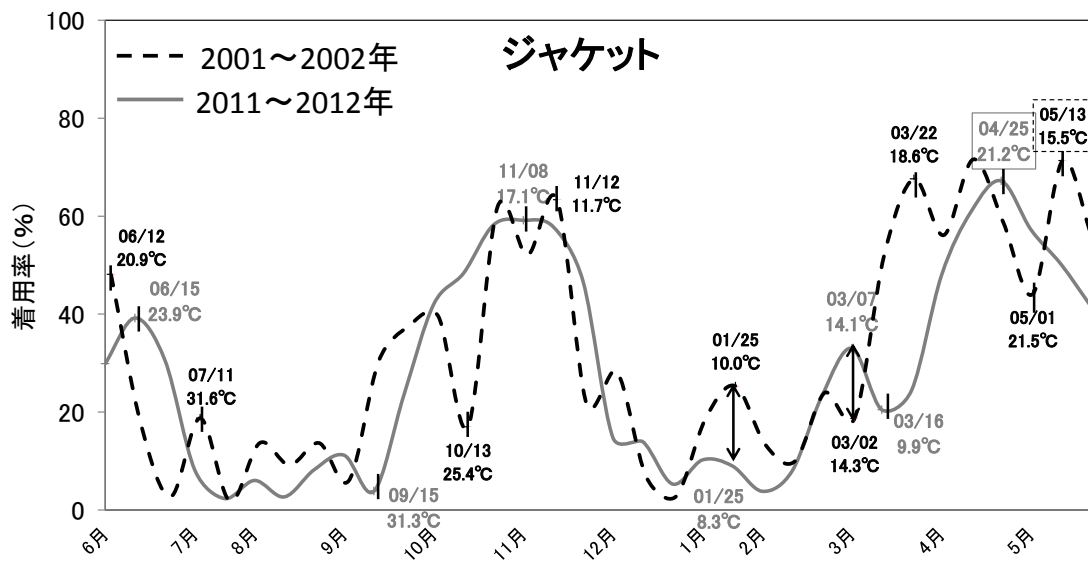
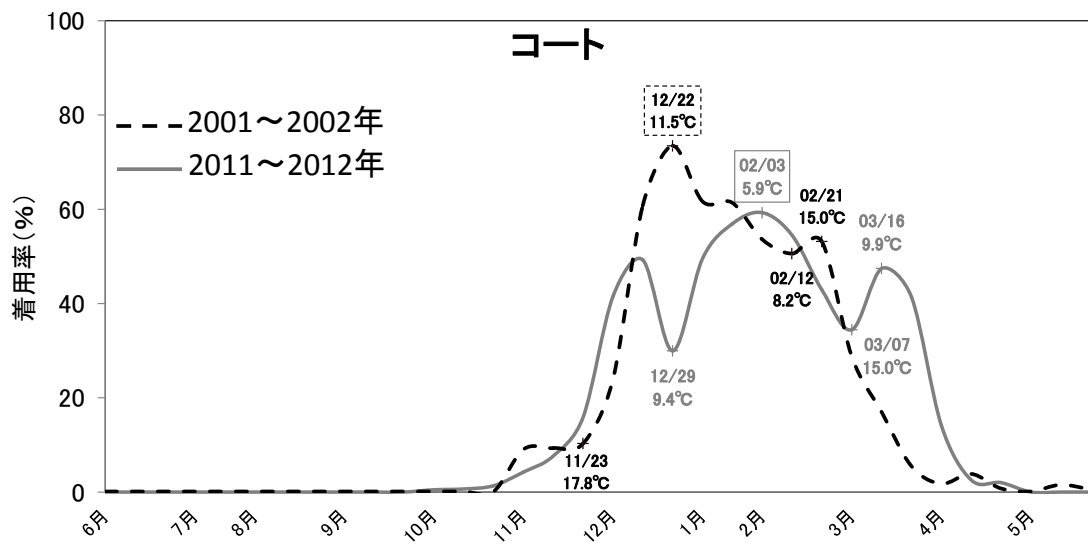
2001/2				2011/12			
調査時間 平均気温(℃)	対象者数(人)	調査日	調査日	対象者数(人)	調査時間 平均気温(℃)		
	20.9	137	20010612	20120608	251	26.3	
	30.2	207	20010626	20120615	227	23.9	
	35.5	204	20010701	20120627	242	24.1	
	31.6	172	20010711	20110707	209	28.3	
	32.0	197	20010720	20110725	172	30.3	
	33.4	224	20010731	20110805	166	29.6	
	29.7	214	20010815	20110816	187	32.2	
	32.3	147	20010823	20110826	170	31.2	
	28.3	247	20010901	20110906	179	27.4	
	25.2	202	20010913	20110915	182	31.3	
	19.1	171	20010921	20110927	162	23.5	
	27.9	244	20011002	20111007	207	25.3	
	25.4	234	20011013	20111018	153	20.2	
	18.2	207	20011019	20111028	225	19.1	
	15.2	179	20011105	20111108	213	17.1	
	11.7	228	20011112	20111118	249	13.3	
	17.8	246	20011123	20111129	240	17.0	
	14.3	206	20011201	20111209	217	6.2	
	10.7	234	20011208	20111220	201	10.5	
	11.5	199	20011222	20111229	227	9.4	
	14.4	216	20020111	20120111	225	10.5	
	10.0	248	20020125	20120125	195	8.3	
	8.6	198	20020201	20120203	210	5.9	
	8.2	206	20020212	20120213	201	8.6	
	15.0	228	20020221	20120224	210	14.4	
	14.3	212	20020302	20120307	212	15.0	
	14.6	177	20020311	20120316	215	9.9	
	18.6	203	20020322	20120326	225	13.2	
	18.4	182	20020401	20120406	234	14.1	
	15.0	214	20020412	20120418	236	19.2	
	19.3	153	20020423	20120425	250	21.2	
	21.5	191	20020501	20120509	243	21.6	
	15.5	212	20020513	20120517	247	26.4	
	21.9	208	20020521	20120528	221	24.0	
	23.5	185	20020531				
合計		7132人	35回	34回	7203人	合計	

3.3.3 服種別着用率の変化

服種別着用率の変化をみると、年間着用率がほとんど変化しない服種、例えばズボンなどがみられる一方、季節によって着用率が大きく変化する服種がみられた。季節変化が見られた、コート、ジャケット、半袖シャツの年間着用率変化を時系列に図 3.3 に示す。2001/2 年の変化を点線で、2011/12 年の変化を実線で示している。同時期でありながら着用率に顕著な差が見られた日については図中に測定日の気温を記入した。これを見るとコートの着用率は 12 月に入ると急増しピークでは 60~70%に達し、3 月に終焉する年間単峰型の変化を示した。これに対し、ジャケットの着用率は、9 月末から 10 月にかけて増加し 11 月に 60%に達するピークを示した後減少に転じ、再び 3 月から増加し 6 月に着用率 70~80%のピークを示す 2 峰型を示した。ジャケットの着用は冬期も続いていることが推測されるが、今回観察の対象とした着衣はあくまでも最外層着衣であることがこの 2 峰型の要因と考えられる。

季節の端境期である 3 月では、コートの着用率が高い日はジャケットのそれが低いというように当日の気温によって両者間に相補的な関係が認められる。半袖シャツの着用率は、7 月に入ると急増し特に 7 月の平均気温が高かった 2001 年では 7 月当初からいきなり 80%を超える着用率が示されている。2011 年には時期が少しずれるが 8 月には同様に 80%の着用率がみられ、9 月から 10 月で終焉している。半袖シャツは夏型の単峰型変化を示す代表的な服種といえる。

このように 10 年間を隔て、かつその年によって日々の実測気温にはかなりの差があり、着用率は詳細には日々気温の影響下にあるものの、服種の着用率の年間変動は、おおむね類似した季節に応じた着用率を示して変化していることが示された。



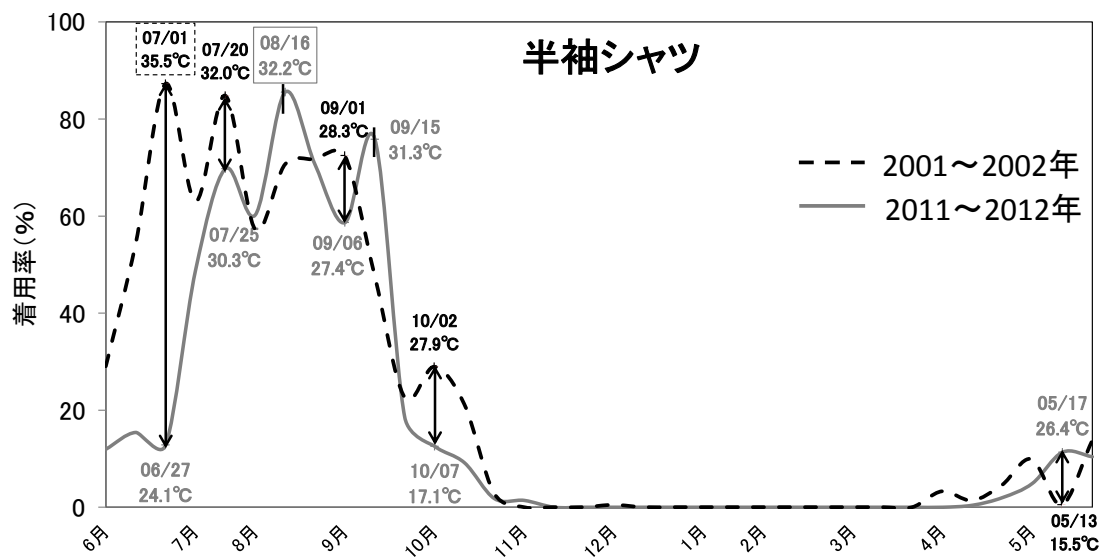
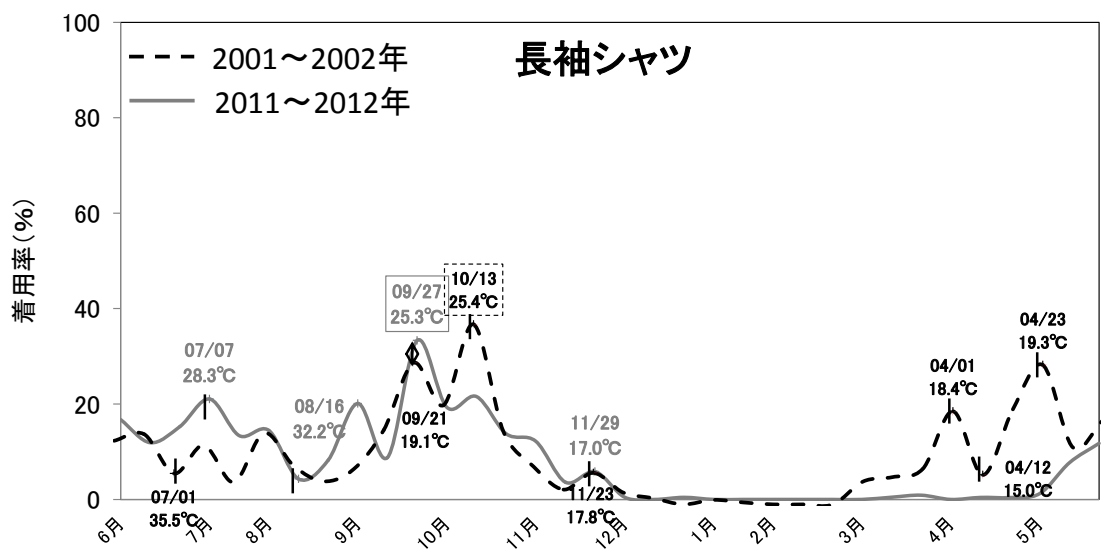


Fig.3.3 Change in wearing rate of clothes in 2001 and 2011

3.3.4 コート、ジャケット、半袖シャツ、長袖シャツの着用率と当日気温との関係

季節により大きな着用率変化を示したコート、ジャケット、半袖シャツ、長袖シャツの着用率が当日の気温とどのような関係にあるかを、気象庁から得られた当該日の日平均気温を用いて検討した（気象庁：www.jma.go.jp）。日平均気温と服種別着用率の関係及び得られた関係式を決定係数と共に図 3.4 に示す。

服種別着用率と気温の相関をみると、コートの着用率は気温低下とともに増大し両者間には有意な相関がみられた。2001/2 年の決定係数は $R^2=0.47$ とやや低いが、2011/12 年の結果では $R^2=0.72$ の高い決定係数が得られている。両年の関係式の x 軸切片を見ると 19.8℃、19.9℃と近似し、気温が約 20～21℃を下回るとコートの着用が増加し始め、1℃低下する毎に着用率が 4%～5%増加することが示されている。

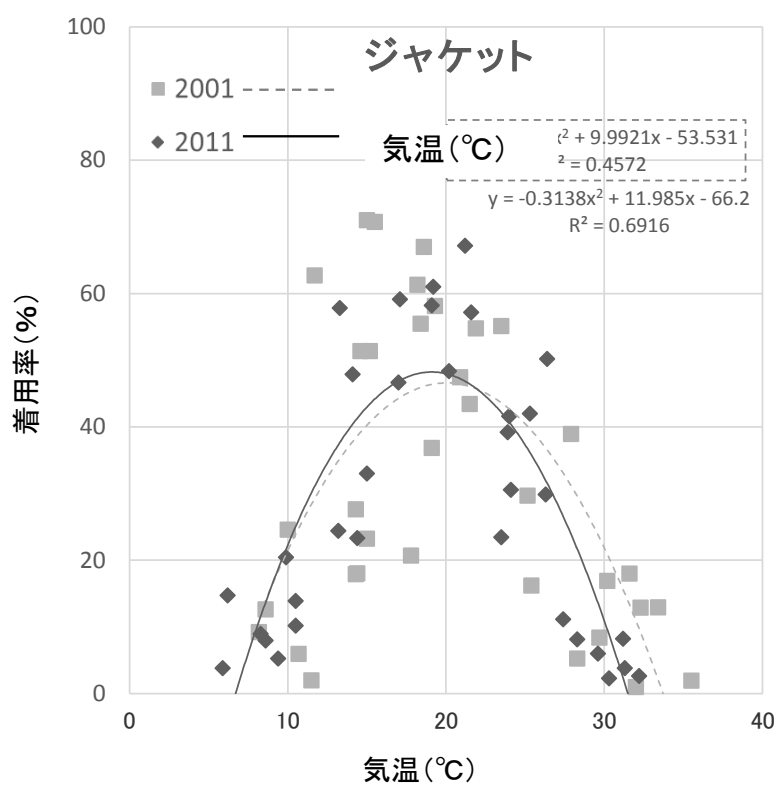
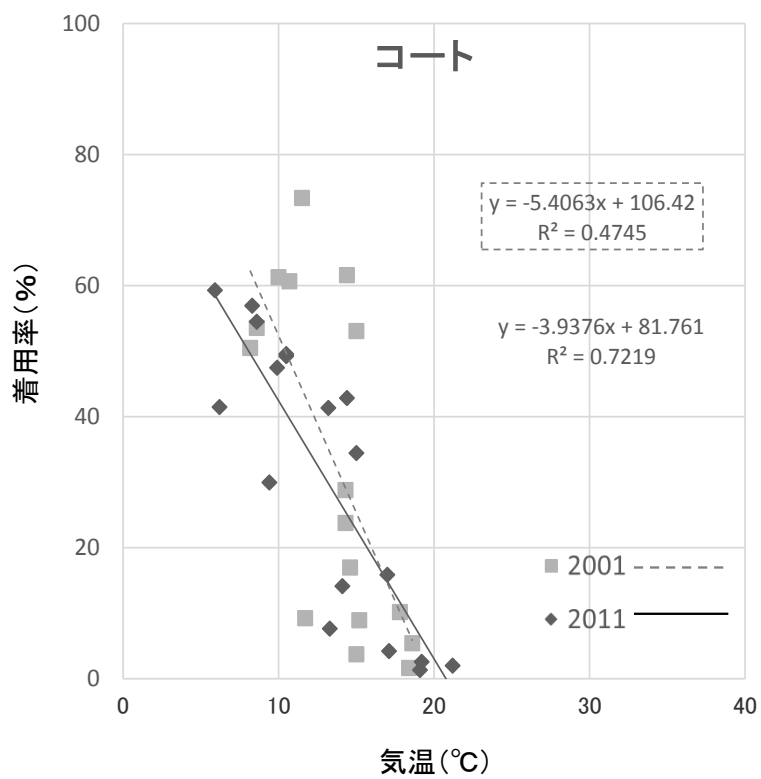
反対に半袖シャツの着用率は気温の上昇と共に増加し、2001/2 年 2011/12 年共に両者間には $R^2=0.80$ 内外の高い有意な決定係数が得られている。両年の x 軸切片は、16.7、20.4℃と差があるが気温が 18.5℃以上で半袖シャツ着用が増加し、気温 1℃上昇ごとに着用率が 5～6%増加することが示されている。切片の差は着用率の低い時期にみられるばらつきが影響したものと考えられるが、分布及び回帰直線はほぼ近似している。

長袖シャツの着用率と気温の関係は、25℃付近にピークを持つゆるやかなドーム型分布を示し、 $R^2=0.32\sim0.46$ と低い。関係曲線の x 軸切片を見ると、長袖シャツの着用は 10～30℃以上という広い範囲に分布している。2001/2 年より 2011/12 年着用率は低くなっている。これはクールビズ対策の軽装化による変化が見られたともいえる。ジャケットの着用率と気温の関係は、20℃付近にピークを持つドーム型分布を示し、両者間には 2 次の関係式が得られ、 $R^2=0.46\sim0.69$ の比較的高い有意な決定係数が示さ

れている。関係曲線の x 軸切片を見ると、ジャケットの着用は 6.7℃から 30℃以上という広い範囲に分布しているが、これはジャケットの素材が関係し、冬には保温性の高い素材のジャケットが、また夏には単衣の薄手ジャケットなどが選択されることによると推定される。ジャケット着用率の上限は 2001/2 年が 33.8℃であるのに対し、2011/12 年には 31.5℃と 2.3℃の低下が見られる。

これは、本法の再現性を疑わせるものではなく、後述のクールビズに伴う夏季ジャケット着用率の低下が反映された結果と考えられる。

以上の定点観測法により得られた着用率の年間変動は、10 年の隔たりにも拘らずほぼ近似した変動を示すことが示唆された。



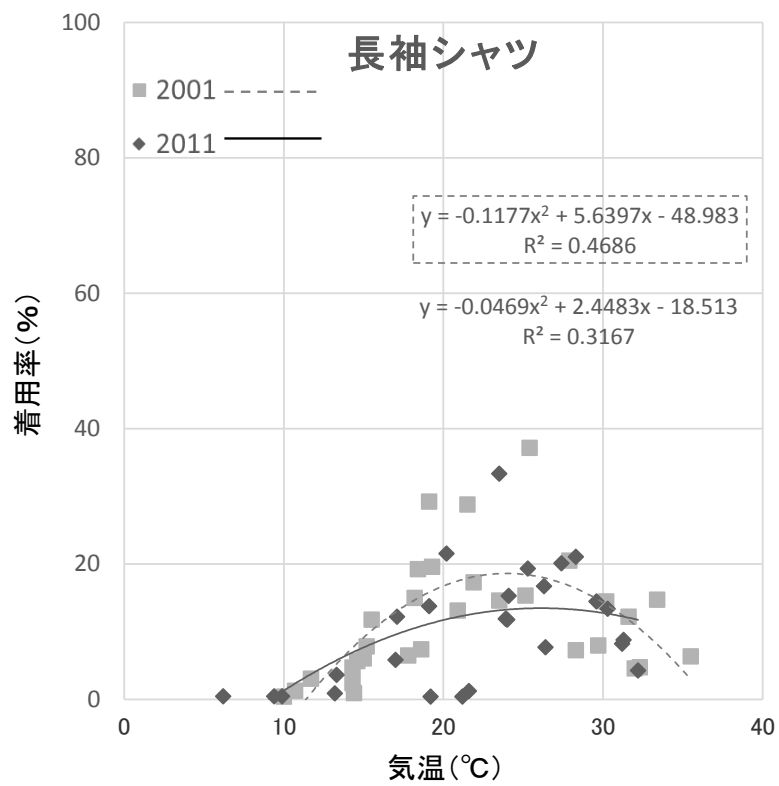
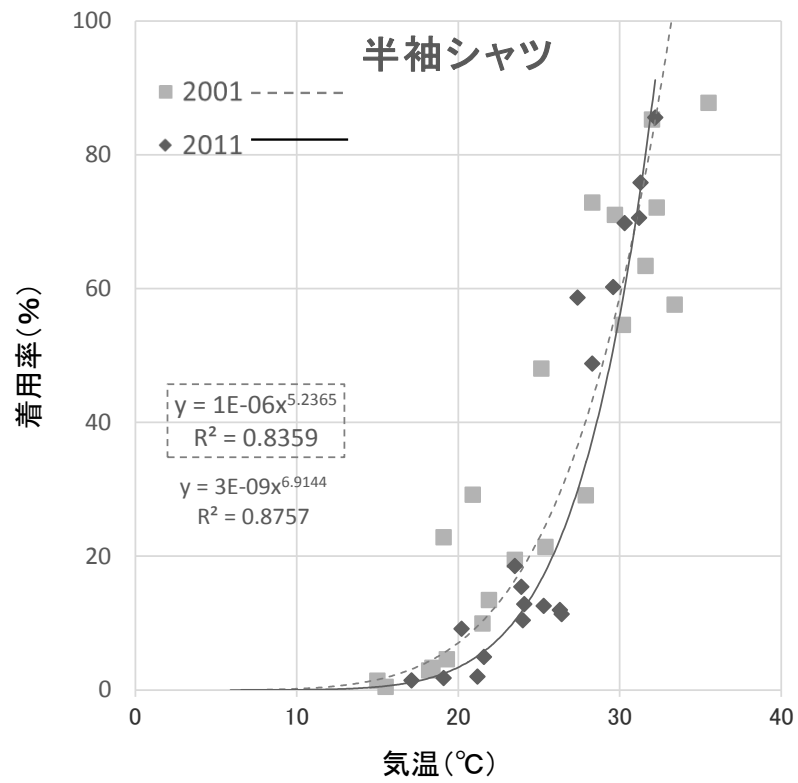


Fig.3.4 Correlation between wearing rate and temperature in 2001 and 2011

3.3.5 歩行者の着衣量と SET*による推定域と快適着衣量との関係

2011/12 年度の調査対象者の中、成人男性 7203 名全員について個人別に、下着を含む全着衣を丸田と田村の方法を用いて推定し（丸田、2005）、図 3.1 に示した単品衣服のクロ値を加算して着衣全体のクロ値を試算した。この個人別着衣のクロ値と気温との関係の妥当性について標準新有効温度（New Standard Effective Temperature、以下 SET*と略す）による妥当性の検証を試みた。

SET*は、1972 年 Gagge らによって提案された環境温熱指標であり、現在米国の空調和衛生工学会（ASHRAE）の空調基準として採用されている。SET*は、人体の温熱的快適性に影響を及ぼす 6 要素、すなわち、気温、湿度、気流、放射熱、および作業量（活動量）、着衣量を含む人体・環境間の熱出納方程式に代入することによって、この環境と体熱平衡が等価であるような、すなわち皮膚温・濡れ率・皮膚表面熱流が等しくなると仮想される、湿度 50%、気流は 0.1m/s、平均放射温度が気温と等しく、代謝は 1 メット（人間が座っている時の発熱量）で、着衣の熱抵抗が 0.6clo という条件下の気温を予測するものである。その温度が 22.2℃~25.6℃の範囲に入ると人間は快適に感じるということが報告されている。また石井らは屋外環境での推奨域を SET*=27~28℃まで広げている。

この快適域から求めた気温とクロ値の関係、すなわち理論的に熱的中立が得られる気温と衣服クロ値との関係と、今回定点観測法を用いて捉えた通行人の着衣が乖離していないことを確認できれば、結果の妥当性を検証することができる。

今回の調査対象となった歩行者は戸外を歩いていることから、快適域条件として、運動量 2met、相対湿度 50%、風速 2.0 m/s、有効放射温度 0℃とし、ASHRAE 推奨の快適域 SET*=22~26℃と石井らの推奨域 SET*=27~28℃の関係線を図 3.5 に示す

ると図中の斜線部のようなものである。この上に今回の観測で得られた測定日毎の平均着衣量と日平均気温の関係をプロットすると、ほとんどの点が SET* から得られた快適域の上に分布し、歩行者の選択が、SET* による快適衣服の予測に一致していることが示された。ただし気温 25℃ 以上では快適域から乖離する人の割合が増加している。

体温調節という生理的要求からは、夏の暑熱下では 0.5clo 以下のさらなる軽装が求められることになるが、社会的規範からはこれが許容されず、路上での着用実態が最適着衣量を上回っていることはむしろ当然の結果である。

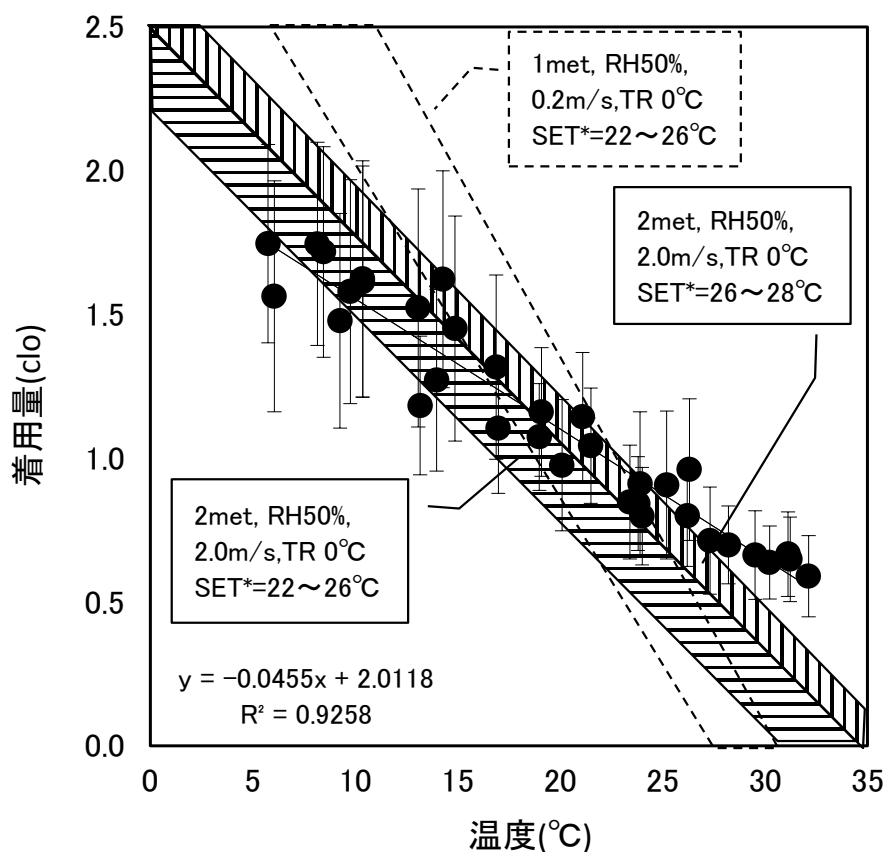


Fig.3.5 Relationship between comfort zone and observation clothing volume (SET*)

3.3.6 クールビズ効果の検証 (1)全男性を対象として

2005 年のクールビズ、ウォームビズ実施によって、生活者の着用衣服がどのように変化したか。その効果を検証する目的で、2005 年をはさんだ 2001/2 年、2011/12 年各調査日における通行人の着衣量の年間変化を比較した。図 3.6 の棒グラフは各調査日の平均着衣量を、折れ線グラフは当該日の日平均気温を示している。また図中に各年の 6~8、9~11、12~2、3~5 月分を平均した季節別平均着衣量を示した。季節別に両年の平均値の差の検定を行ったところ、有意な差は認められず、クールビズ、ウォームビズによる夏の軽装化、冬の重装化を確認することはできなかった。

この結果は、各年の気候条件が一定ではないことと、この対象が学生を含む大人の男性全体であったことによるものと考えられる。そこで次に、撮影画面からクールビズの主な対象と考えられるビジネスマンと判定される男性を対象として再度検討を加えた。

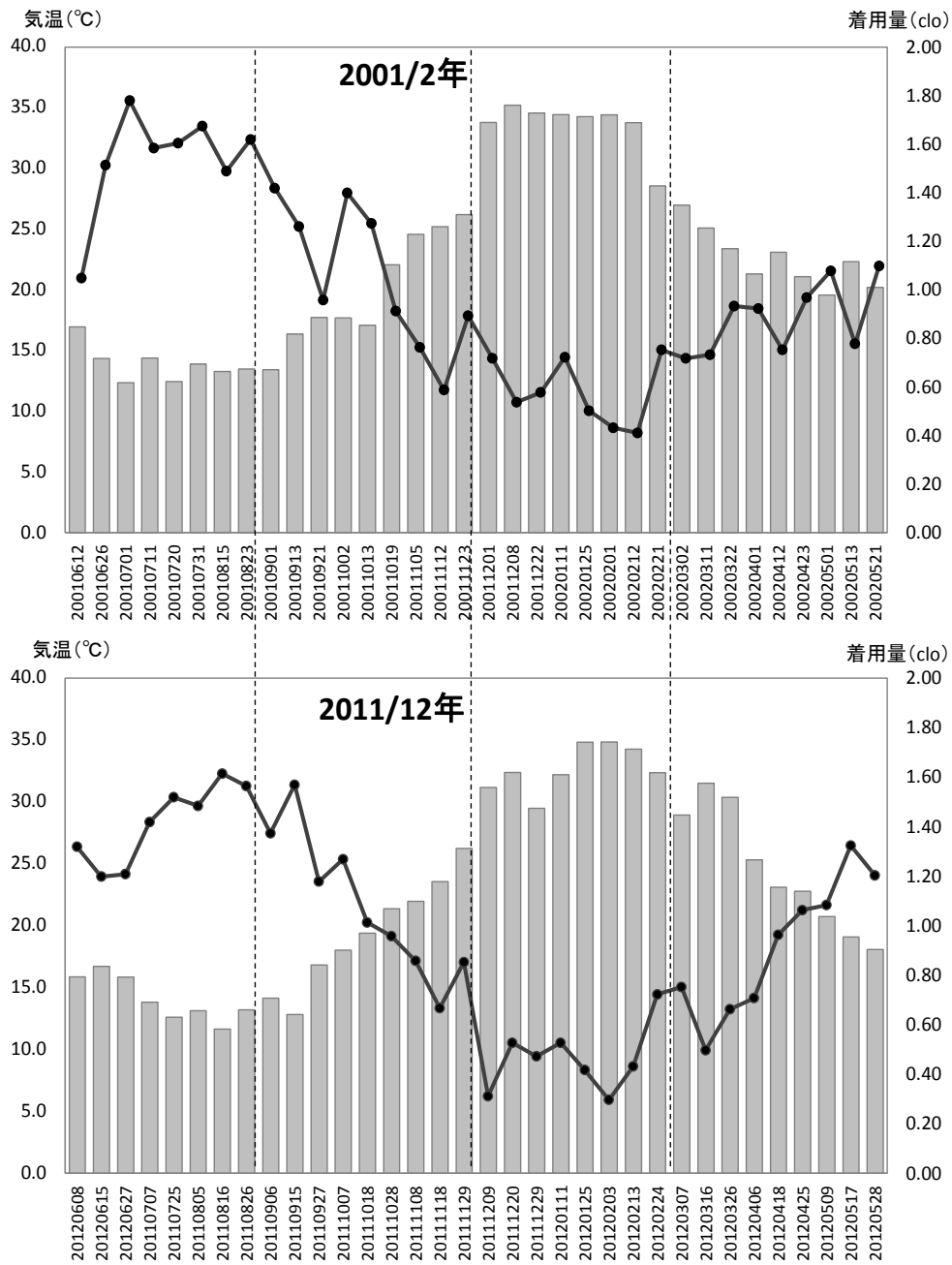


Fig.3.6 Annual variation of average clothing volume and average temperature on observation day

3.3.7 クールビズ効果の検証 (2) ビジネスマンの着衣変化

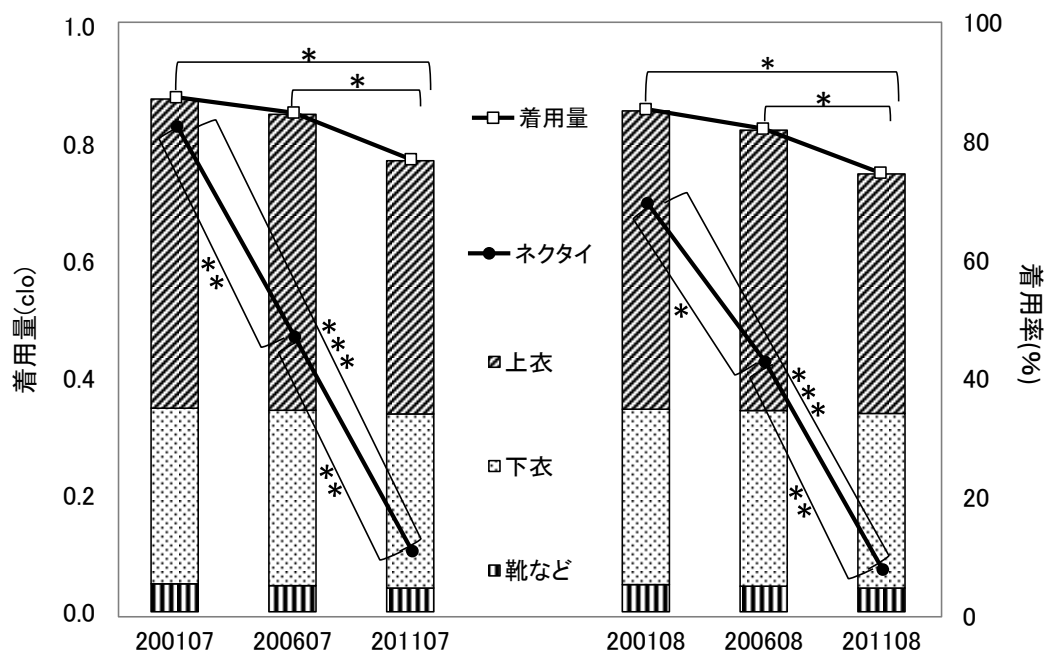
2001、2006、2011 年の 7 月 8 月におけるビジネスマンの全着衣のクロ値 (clo) 及びネクタイ着用率 (%) を比較すると図 3.7 に示す通りである。

図に示す通り着衣のクロ値は、クールビズ前の 2001 年の 0.88 clo に比べ、キャンペーン開始後一年の 2006 年には 0.85clo とやや低下し、2011 年になると 0.75 clo と 2001 年に比べて 0.1 clo 減っている。0.1 clo の差は薄い半袖 T-シャツ 1 枚程度に相当するが、下衣のズボン着用率にはほとんど変化がなかったため、この変化は上衣、特にジャケット着用者の減少によるものと考えられる。この事実は前述の図 3.4 に示した通りジャケット着用率を見ると 2001 年には 30℃以上の気温条件下のジャケット着用率が 20%みられるのに対し、2011 年にはほぼ 0%である。

さらに気温とジャケット着用率の関係曲線の上限が 2001 年は 33.8℃であるのに対し 2011 年には 31.5℃に低下している。いずれも夏季におけるジャケットの着用が減少したことを示す結果である。

一方、ネクタイの着用率を見ると 2001 年 7 月には 82.5%であったのに対し、2006 年には 47.1%、さらに 2011 年には 11%にまで減少している。8 月も同様の傾向を示し、クールビズに伴う脱ネクタイ効果が顕著に捕えられている。

本調査を通してクールビズの脱ジャケット、脱ネクタイ効果は明瞭に検証することができた。しかし、写真撮影という外観観察法の限界もある。特に下着の着用、素材の進化等は本法で捉えることができない。その検証についてはより詳細な実験等が必要である。



* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Fig.3.7 Comparison of the rate of wearing outer wear and the rate of wearing a tie
in July and August of 2001, 2006 and 2011

3.4 考察

本章では、写真撮影による定点観測法を用いて、2011 年 6 月から 2012 年 5 月までの 1 年間にわたり、成人男性の年間衣服着用率変化を調査分析した。クールビズやウォームビズ開始以前の 2001/2 年の同様な調査との比較を通して、定点観測法の再現性と妥当性を検証するとともに、クールビズ、ウォームビズの効果を把握しようと考えた。調査対象者は 2001/2 年 7132 名、2011/12 年 7203 名である。結果は以下のようである。

代表的な季節衣料であるコート、ジャケット、半袖シャツの着用開始時期と気温、着用終結時期と気温、気温上昇に伴う着用率の増減速度等、各服種の着用率とその季節変化との関係を明らかにした。10 年間を隔てて実施された調査の結果は、年度ごとの気候変化にもかかわらず、年間変動がほぼ類似し、本法の再現性を確認することができた。

調査対象の通行人は、基本的にその日の気候に応じた快適な着装をしていると考えられる。そこで ASHRAE が推奨している環境温熱指標 SET*の快適域を用いて、今回の結果を検討した結果、両者ほぼ一致することが明らかとなり、本法の妥当性が検証された。ただし気温 25℃以上の気候帯では気温の上昇とともに快適域からの乖離が増加した。暑熱下では社会規範による制約の下、快適着衣以上の着衣で我慢を強いられている状況が確認された。

クールビズ、ウォームビズ効果確認のために、1 年を春夏秋冬に分けてそれぞれの着衣量の平均値を求め、2001/2 年と 2011/12 年の差を検討した結果、有意な差は認められなかった。しかし、調査対象をビジネスマンと判断される通行人に絞り、2001、2006、2011 年の 7 月と 8 月の着衣量及びネクタイ着用率を調査、検討した結果、ジ

ジャケット着用率の減少、これに伴う着衣量の減少は平均 0.1clo、さらにネクタイの着用率は 82.5%、47.1%、11%と急激な減少を示した。ジャケットとネクタイに関するクールビズ効果は顕著であったことが確認できた。

以上、定点観測法による着衣の年間変動観察が、再現性・妥当性ともに優れ有効な手法であることが検証された。しかし、写真撮影という観察手法は、外観観察にとどまり、下着の着用や各服種の素材については推定にとどまっている。現在のクールビズ開発は脱ネクタイ、脱ジャケットにとどまらず、むしろ素材開発にしのぎが削られている。その効果については、別途さらに精度の高い評価手法が必要であることは言うまでもない。

引用及び参考文献

田村照子、丸田直美（2004）：現代社会における衣服着用率の季節変化

第一報定点観測法の試み、日本気象学会誌、40(s)、pp 351-360

丸田直美、田村照子（2004）：現代社会における衣服着用率の季節変化

第二報気象データによる予測、日本気象学会誌、32-2、pp 361-368

丸田直美、田村照子（2009）：歩行者の外観に基づく clo 値推定の試みー定点観測結果

を用いてー、日本気象学会誌 46-4、pp149-158

安田 武、山階克子（1969）：衣かえの生態学的研究ー1966～1967 年の大阪における

観察ー、人類誌、pp 36-44

丸田直美、田村照子、有泉知英子（2006）：2006 年春夏衣服着用率にみるクールビズ

の影響ー都心における定点観測よりー、第 30 回人間ー生活環境系シンポジウム

報告集、pp 105-108

気象庁：www.jma.go.jp

内田直子 他 3 名（1989）：都市環境における成人男子の着装形態に対する気温の

影響、生活衛生、33、pp266-268

環境省：<http://www.env.go.jp>

ISO9920（2007）：Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal

insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble

石井昭夫 他（1988）：屋外気候環境における快適感に関する実験的研究、日本建築

学会環境系論文集、第 386 号、28-37

Fanger.P.O（1970）：Thermal Comfort、Danish Technical Press、Copenhagen、

Denmark

ASHREA standard 55-81 (1981) : Thermal Environmental Conditions for
Human Occupancy

社団法人空気調和・衛生工学会 (1997) : 快適な温熱環境のメカニズムー豊かな生活
空間をめざして

丸田直美 (2005) : 現代社会における各種温熱環境下での快適着衣量に関する基礎的
研究、文化女子大学大学院博士論文

宮本征一 (2008) : オフィス空間におけるスーツ着用時の温熱的快適域に関する研究
ーその 2 夏季の中程度高温環境下における温冷感の男女の差異について、日本建
築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、715 - 720

榎本ヒカル 他 2 名 (2013) : あるクールビズ実施オフィスの温熱環境による人体影
響に関する実態測定、HES37、30

奥窪朝子 (1982) : 着用量との関係からみた快適環境温度 - 個人要因を踏まえた快適
条件の設定、生活文化研究、15、25-38

人間ー生活環境系会議 温熱指標等研究委員会 (2002) : PMV、SET*、clo に関する
研究報告

田村照子、酒井豊子 (1999) : 着心地の追究、放送大学

内嶋善兵衛 (1996) : 地球温暖化とその影響、生態系・農業・人間社会

N.R.S. ホリーズ、R.F. ゴールドマン共編、中島利誠訳 (1996) : 着心地の科学ー温熱
因子・換気因子・構造因子・評価因子の相互作用ー、光生館

日本繊維機械学会 (1981) : 被服機能 (被服科学総論、日本繊維機械学会被服学体系
化分科会編、下巻)

薩本弥生 (2003) : 快適ライフを科学する

斉藤秀子、呑山委佐子 (2003) : 快適服の時代ーヒト・衣服・環境

- 田辺真一（2004）：人間－熱環境系快適性数値シミュレータの開発、平成 12~15 年度
科学研究費補助金（基盤研究（A）（2））研究成果報告書
- 持田徹 他（1999）：暑熱領域における温熱感に及ぼす影響、空気調和・衛生工学会
論文集、No.72、p67~71

第 4 章 市販クールビズスーツ布地の

顕熱・潜熱抵抗

— スキンモデルを用いて —

4.1 緒言

地球の温暖化が進行する現在、世界中を支配しているヨーロッパ発のドレスコードを見直し、世界各地の気候に適した新たなドレスコードのファッション文化を模索しようとするクールビズの思想は広く受け入れられている。

第2章ではクールビズ開始5年後の2009年9月、ビジネスマン120名を対象にアンケートを実施し、クールビズの実態とこれに対するビジネスマンの意識調査を行った。その結果、クールビズを歓迎しながらも、オフィスの場面によってはこれ以上のドレスダウンがしにくい、スーツは「きちんと感」を出すアイテムとして欠かせないことがわかった。

近年、アパレル各社はスーツ、シャツ、ズボン、下着など様々なクールビズ商品のための新素材・新デザインの開発にしのぎを削り、吸汗速乾、吸湿伸長、相変換繊維など技術立国日本ならではの商品を生み出している。しかしこのような開発が今後も消費者に受け入れられ続けるためには、クールビズ効果のエビデンス、すなわち宣伝広告の謳い文句を定量的に裏付ける評価方法の確立が重要と考える。

本章では、2007年に購入した夏用スーツと、2010年夏にクールビズ対応スーツとして広告・販売されたA社の「異型断面繊維を用いた吸汗速乾スーツ」、B社の「ウォッシュブルのウール混素材スーツ」、C社の「吸汗速乾のリネン素材のジャケットと綿素材のパンツ」を用いた。市販クールビズスーツを構成する布地の通気性・吸湿性・吸水速乾性、吸湿発熱性などを検討すると共に体温調節への影響すなわち顕熱抵抗と潜熱抵抗を田村と小田（2003）の開発したスキンモデルを用いて評価する。

4.2 実験方法

4.2.1 試料の作製

市販のクールビズスーツを分解し図 4.1 のように、ジャケット表地、ジャケット裏地、ズボン地、長袖・半袖シャツ地の各試料を切り出し、その試料特性を測定した。

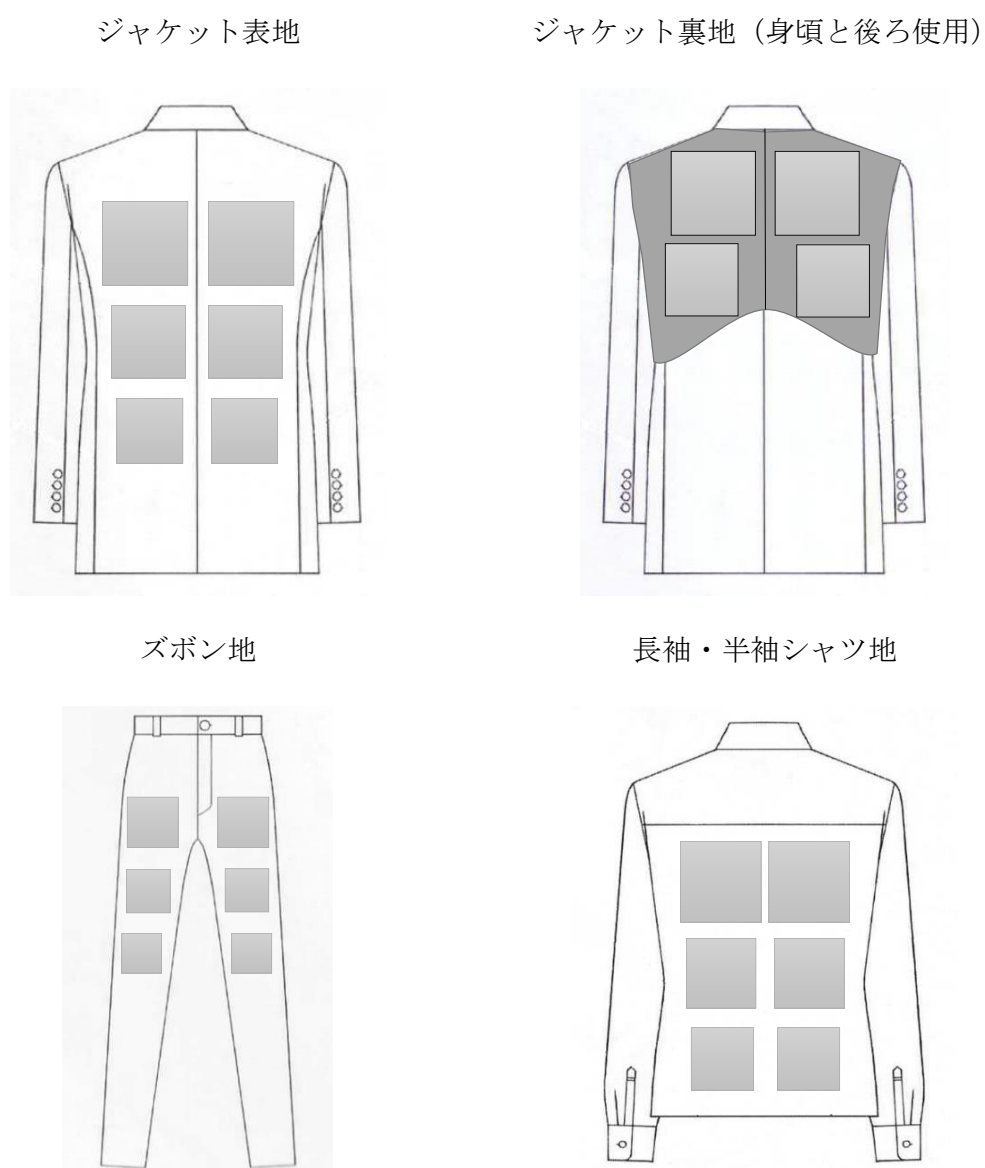


Fig.4.1 Preparation of each sample

4.2.2 実験項目及び方法

測定項目は、厚さ(厚さ測定器)、通気抵抗、接触冷感 ($Q\text{-max}$)、透湿性 (蒸発カップ法)、吸水速度(バイレック法)、保温性 (顕熱・潜熱抵抗) である (表 4.1)。測定環境は、気温 $20\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\%\pm1.0\%\text{RH}$ 、気流 0.5m/s の恒温恒湿室、試料の調整は同環境に 24 時間放置後、測定に供した。繰り返し回数はいずれも 3 回である。

Table.4.1 Measurement Items

No	実験項目	機器	試料のサイズ(縦×横)
①	厚さ	ダイヤルシクネスゲージ	25×25 cm
②	通気性	通気性試験(KES-F8-AP1)	12×12 cm
③	冷温感($q\text{-max}$)	KES-F7(カーモラボⅡ型)	25×25 cm
④	透湿性	蒸発カップ法	15×15 cm
⑤	吸水速度	バイレック法	20×2.5 cm
⑥	顕熱・潜熱抵抗	スキンモデル	22×22 cm

1) 厚さ

布の厚さ測定は縦、横の織目が重ならない点を 5 ヶ所（ランダム）計測し、最大・最小値を外した 3 ヶ所の平均を求めた（図 4.2）。



Fig.4.2 Dial Thickness Gauge

2) 通気性

通気性試験機（KES-F8-AP1）を用いた。測定方法は 試料布を固定し、1 サイクル 10 秒間測定するが、排気 3 秒、吸気 3 秒の 6 秒間を積分値として使用する。その積分値が通気抵抗 $R(\text{kPa} \cdot \text{S/m})$ となる。通気抵抗値が小さいと通気性が良いと言える。試料布のサイズは $12 \times 12 \text{ cm}$ とし、各試料布の 5 ヶ所を測定し最大値と最小値を除いた分の平均値とする（図 4.3）。

以下の式により求めた。

$$R = \Delta P / V$$

ΔP : 圧力差 (Pa)

V : 単位面積当たりの通気量 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)



Fig.4.3 Air Permeability Tester (KES-F8-AP1)

3) 冷温感 ($=Q \cdot \max$)

冷温感測定には KES-F7(カーモラボⅡ型)を用いた。この装置は T-BOX(Temperature detecting Box=温度検出及び貯熱板)と BT-BOX(Bottom Temperature Box=熱源板)により構成されている。各 BOX が設定温度に達した後、T-BOX を BT-BOX の試料布の上ののせ、冷温感評価($Q \cdot \max$)値が得られる。各試料布の 5 ヶ所を測定し最大値と最小値を除き平均値を求める。 $Q \cdot \max$ 値が大きいほど接触冷温感が高い (図 4.4)。

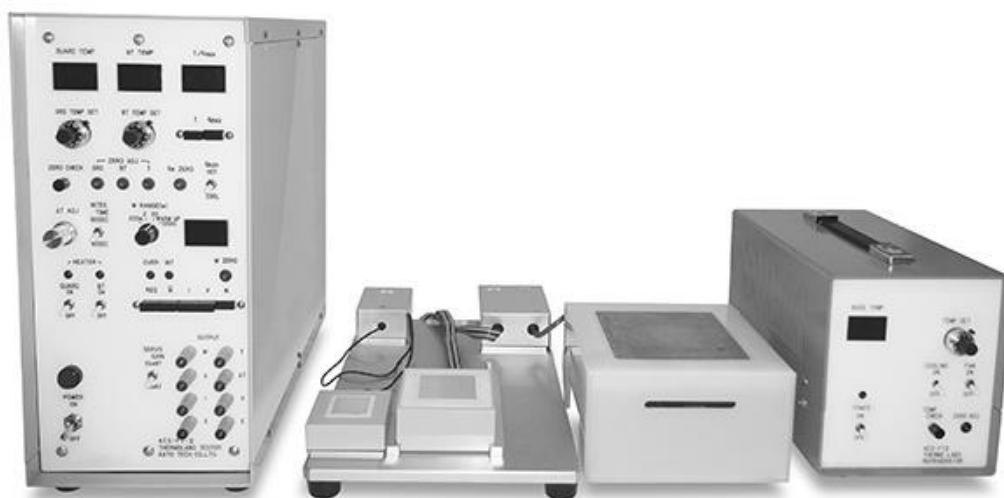


Fig.4.4 Precise and Fast Thermal Property Measuring Instrument (KES-F7)

4) 透湿性

透湿性の計測には蒸発カップ法を用いた。ビーカー上端から 1 cm 下まで蒸留水をいれ、その上を試料布で覆い、周辺を輪ゴムで止める。気温 $20\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\%\pm1.0\%\text{RH}$ 、気流 0.5m/s の恒温恒湿室に試料布なしのビーカーとともに放置する。一定の時間放置後の減少量 (W) を測定し、試料布なしの減少量 (W_0) と比較して、透湿率を求める (図 4.5)。

$$\text{透湿率} = W / W_0 \times 100$$

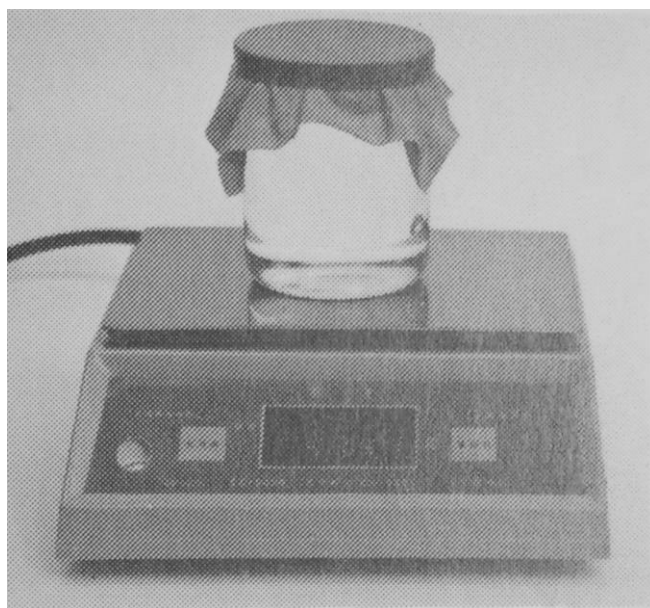


Fig.4.5 Water Vapor Transfer by Cup Method

5) 吸水速度

吸水速度の計測はバイレック法を用いた。試料布は蒸留水の中に下端 2 cm が浸せきするように垂直につるす。そのまま 10 分間放置する。放置後 10 分間の経時変化を追跡し、結果を求める。計測装置の例を図 4.6 に示す。

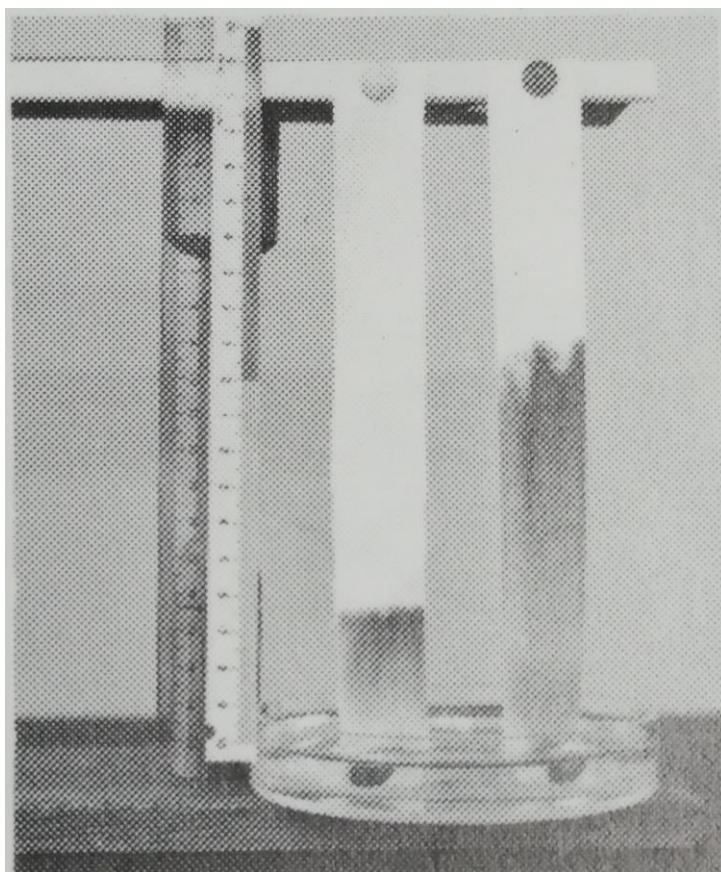


Fig.4.6 Byreck Method

6) 顕熱・潜熱抵抗

熱・水分共存系における顕熱抵抗・潜熱抵抗の測定には田村ら（2003）が開発したスキンモデル装置を使用した。本装置は、制御部、演算部、表示部からなり、制御部は 20×20cm のアルミ板表面の温度が 4 つのペルチェ素子によって 34℃一定温度に制御されるとともに、40℃に調整された蒸留水が精密制御ポンプを通して 20 個の孔からアルミ板表面に吐出されるようになっている。アルミ面は模擬皮膚で覆われ、吐出水が素早く皮膚表面に濡れ広がり発汗時の皮膚を模擬する構造になっている。

手順としてはまず、熱板に模擬皮膚をセット、その上に 25×25cm サイズの試料布を置き、熱板温度が 34±0.1℃、蒸留水を 40℃に上げ、安定させる。条件に達したことを確認後、安定 10 分→吐水 1 分 30 秒→放置 48 分 30 秒の順にプログラムされた条件で測定を開始、模擬皮膚表面上絶対湿度、外気絶対湿度、模擬皮膚表面上温度、熱板温度、外気温度、平均熱流束を 5 秒間隔で 1 時間測定を行う。繰り返し回数は 3 回、ばらつきが 8%を超える場合は実験を追加した。

顕熱・潜熱抵抗は以下の各々式(1)式(2)により求めた。

$$R_d = (t_s - t_a) / q_d \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R_e = (P_s - P_a) / q_e \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

R_d :試料の熱抵抗 [℃m²/W]

t_s :模擬皮膚表面温度 [℃]

t_a :外気温 [℃]

q_d :乾燥時の供給熱流束 [W/m²]

R_e :試料の蒸発熱抵抗 [kPa・m²/W]

P_s :模擬皮膚表面の水蒸気圧 [kPa]

P_a :外気水蒸気圧 [kPa]

q_e :スキンモデルへの供給熱流束 [W/m²]

4.3 結果

布地の組成、厚さ、熱・水分特性の結果を表 4.2 に示す。

ジャケットの布地とズボンの布地は C 社を除き、同一素材が使用され、混用率は異なるが毛とポリエステル混紡が用いられている。C 社はジャケットに麻、ズボンには綿・ポリエステルの混紡が使用されている。長袖・半袖シャツ地は参考品が綿 100%であるのに対し、3 社ともに綿・ポリエステル混紡を採用している。

ジャケットの透湿性は各社近似しているが、参考品でやや低く A 社でやや高い。ジャケットの吸水性はほとんど 0 で、配慮されていないのに対し C 社のズボンは高い吸水性を示している。また、長袖・半袖シャツの吸水性は参考品に比べて開発品の方が高く工夫されている。

Table.4.2 Material characteristics of the garments

アイテム			布の組成	厚さ (mm)	通気抵抗 (R(kPa・S/m))	Q-max (qmax × 10 ³ J/K・m ²)
従来品	ジャケット	毛 50%、ポリエステル 50%		0.28	0.122	0.076
	裏地	ポリエステル 100%		0.10	0.103	0.136
	ズボン	毛 50%、ポリエステル 50%		0.26	0.122	0.076
	半袖Y-シャツ	綿 45%、ポリエステル 55%		0.24	0.042	0.052
	長袖Y-シャツ	綿 100%		0.20	0.400	0.079
A社	ジャケット	毛 90%、ポリエステル 10%		0.35	0.253	0.078
	裏地	ポリエステル 100%		0.10	0.330	0.138
	ズボン	毛 90%、ポリエステル 10%		0.35	0.253	0.078
	半袖Y-シャツ	綿 100%		0.24	0.141	0.066
	長袖Y-シャツ	綿 50%、ポリエステル 50%		0.24	0.074	0.060
B社	ジャケット	毛 50%、ポリエステル 50%		0.32	0.063	0.073
	裏地	ポリエステル 100%		0.09	0.453	0.139
	ズボン	毛 50%、ポリエステル 50%		0.32	0.063	0.073
	半袖Y-シャツ	綿 50%、ポリエステル 50%		0.23	0.080	0.054
	長袖Y-シャツ	綿 50%、ポリエステル 50%		0.28	0.269	0.057
C社	ジャケット	麻 100%		0.26	0.022	0.061
	ズボン	綿 81%、ポリエステル 19%		0.35	1.197	0.071
	半袖Y-シャツ	綿 77%、ポリエステル 23%		0.27	0.333	0.064
	長袖Y-シャツ	綿 77%、ポリエステル 23%		0.28	0.333	0.068
その他	インナ T-シャツ	ポリエステル 90%、ポリウレタン 10%		0.35	0.353	0.065
	ボックス	ポリエステル 88%、ポリウレタン 12%		0.41	—	0.064
	ベルト	牛革		4.11	—	—
	靴下	綿 100%		0.82	—	—
	靴	牛革		—	—	—

アイテム	透湿性 (%)	吸水性 (cm/sec)	skin-model		
			Rd(°C・m ² ・W-1)	Re(kPa・m ² ・W-1)	
従来品	ジャケット	37.8	0.331	0.014	0.657
	裏地	37.2	0.270	0.015	0.756
	ズボン	37.8	0.331	0.014	0.657
	半袖Y-シャツ	38.6	0.229	0.017	0.636
	長袖Y-シャツ	48.3	0.178	0.014	0.694
A社	ジャケット	42.4	0.229	0.015	0.721
	裏地	49.5	0.160	0.015	0.752
	ズボン	42.4	0.229	0.015	0.721
	半袖Y-シャツ	44.7	0.356	0.015	0.654
	長袖Y-シャツ	46.0	0.984	0.017	0.797
B社	ジャケット	39.4	0.127	0.014	0.820
	裏地	38.7	0.180	0.015	0.626
	ズボン	39.4	0.127	0.014	0.820
	半袖Y-シャツ	46.5	0.432	0.015	0.659
	長袖Y-シャツ	42.8	0.712	0.016	0.800
C社	ジャケット	38.4	0.458	0.016	0.768
	ズボン	41.9	0.789	0.015	0.892
	半袖Y-シャツ	42.1	0.814	0.017	0.742
	長袖Y-シャツ	42.1	0.814	0.017	0.742
その他	インナ T-シャツ	47.0	1.094	0.014	0.707
	ボックス	—	—	—	—
	ベルト	—	—	—	—
	靴下	—	—	—	—
	靴	—	—	—	—

厚さは図 4.7 に示す。厚さはいずれも薄く、0.1～0.35 mmに分布し、ジャケットは A 社が最も厚く、麻である C 社が最も薄かった。裏地はどちらも 0.1 mmとさらに薄い。

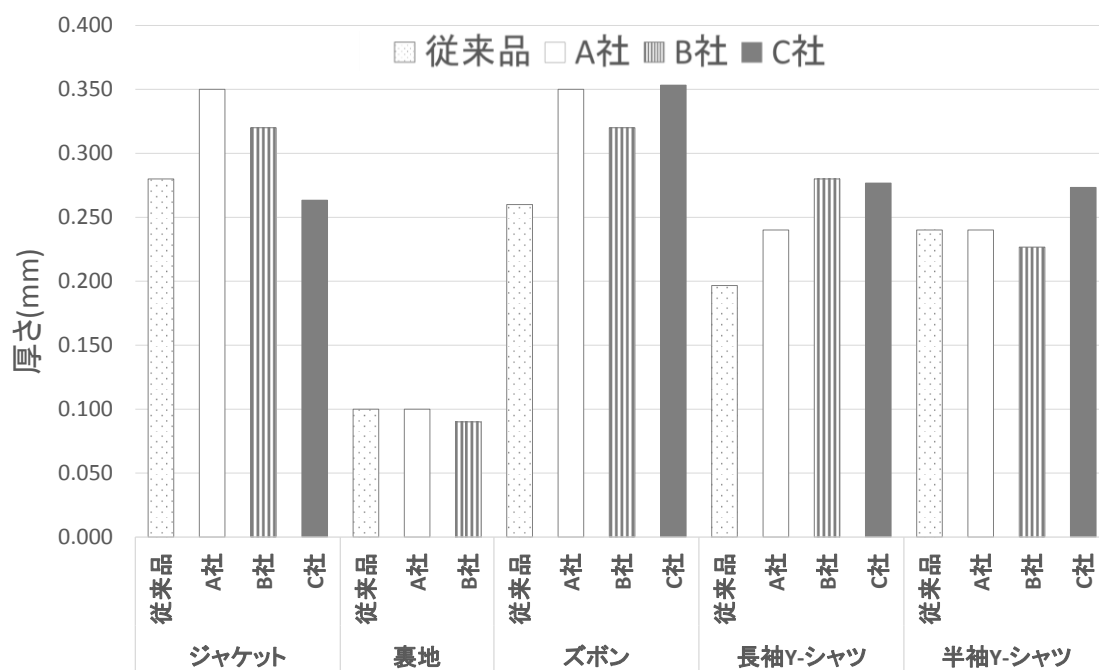


Fig.4.7 Thickness

通気抵抗は図 4.8 に示す。通気抵抗は全体的に低いものの、C 社のジャケットが最も低く、C 社のズボンが顕著に高い。

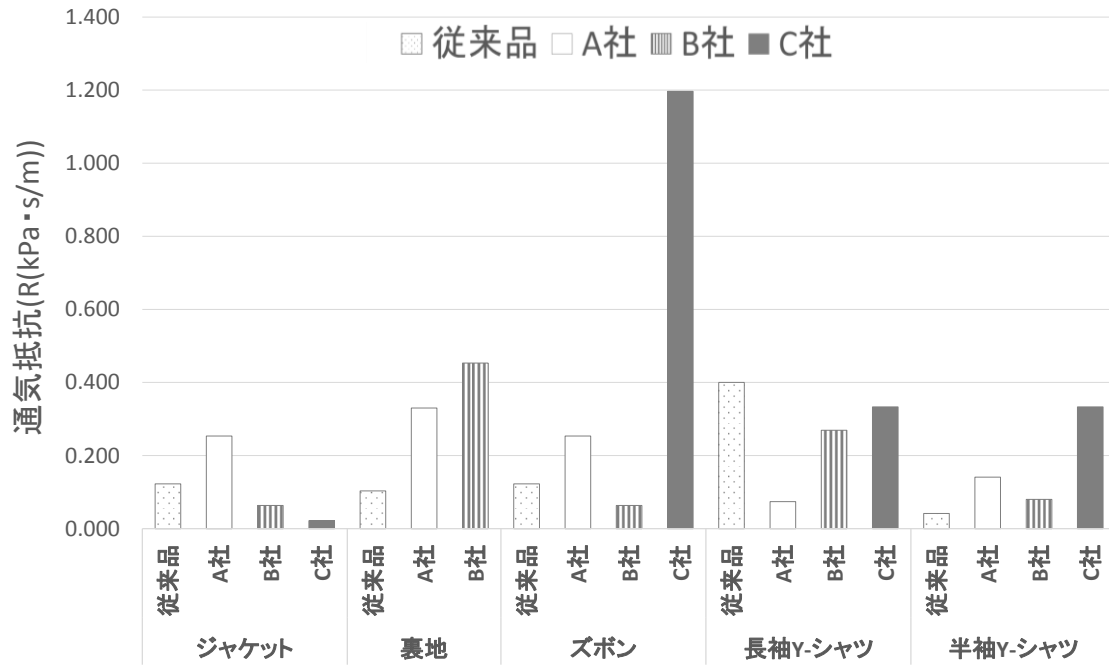


Fig.4.8 Air Permeability

Q·max の結果を図 4.9 に示す。全般の試料よりポリエステル 100%の裏地は最も冷たく感じる事がわかった。

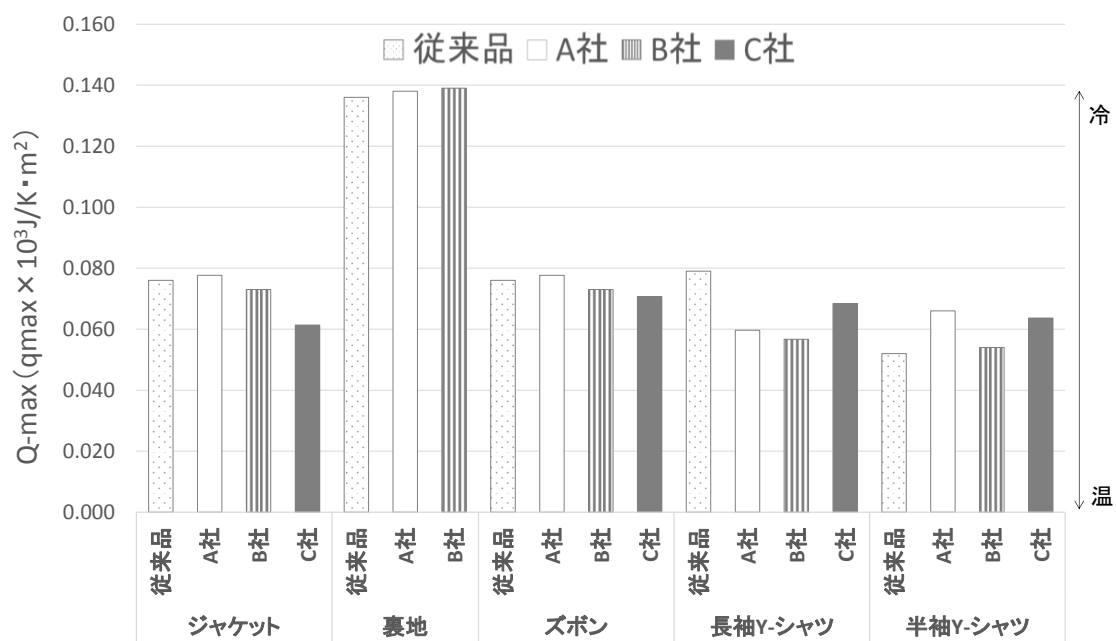


Fig.4.9 Q·max

透湿性の結果は図 4.10 に示す。各布地の吸水性は 49.5~37.2（％）の範囲であり、A 社の裏地の透湿性が 49.5％で最も高く、次に従来品の長袖シャツであった。

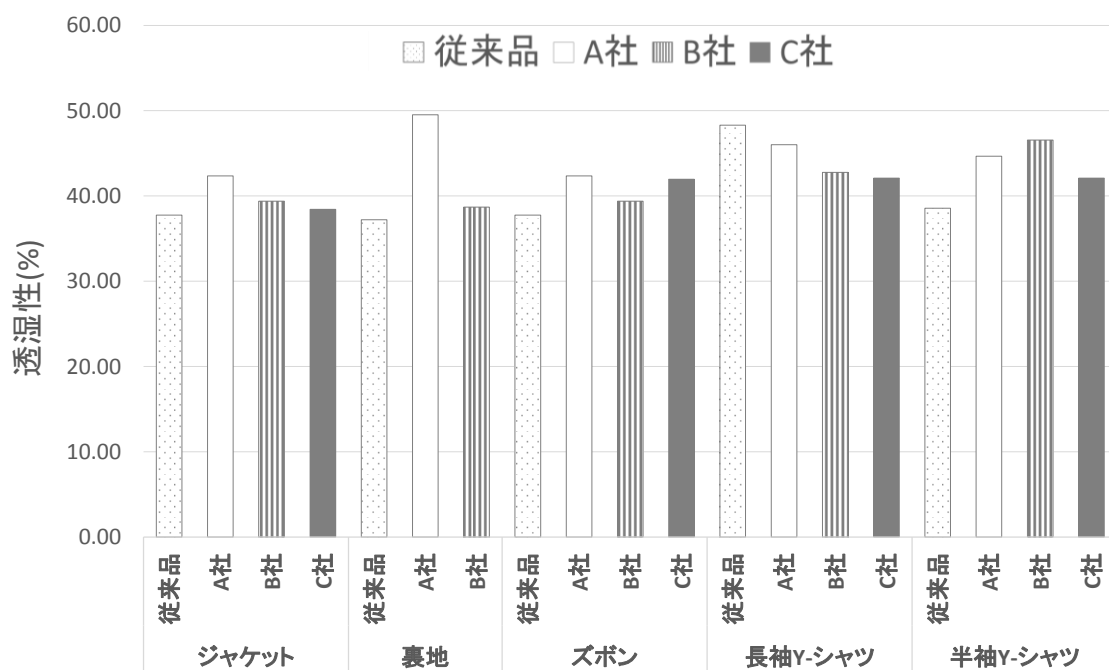


Fig.4.10 Water Vapor Transfer

吸水性は図 4.11 に示す。各布地の吸水性は 0.13~0.98 (cm/sec) の範囲であり、A 社の長袖シャツが 0.98 (cm/sec) で最も吸水性が良く、C 社のジャケット、ズボン、長袖・半袖シャツは他社より吸水性が高いことが示された。

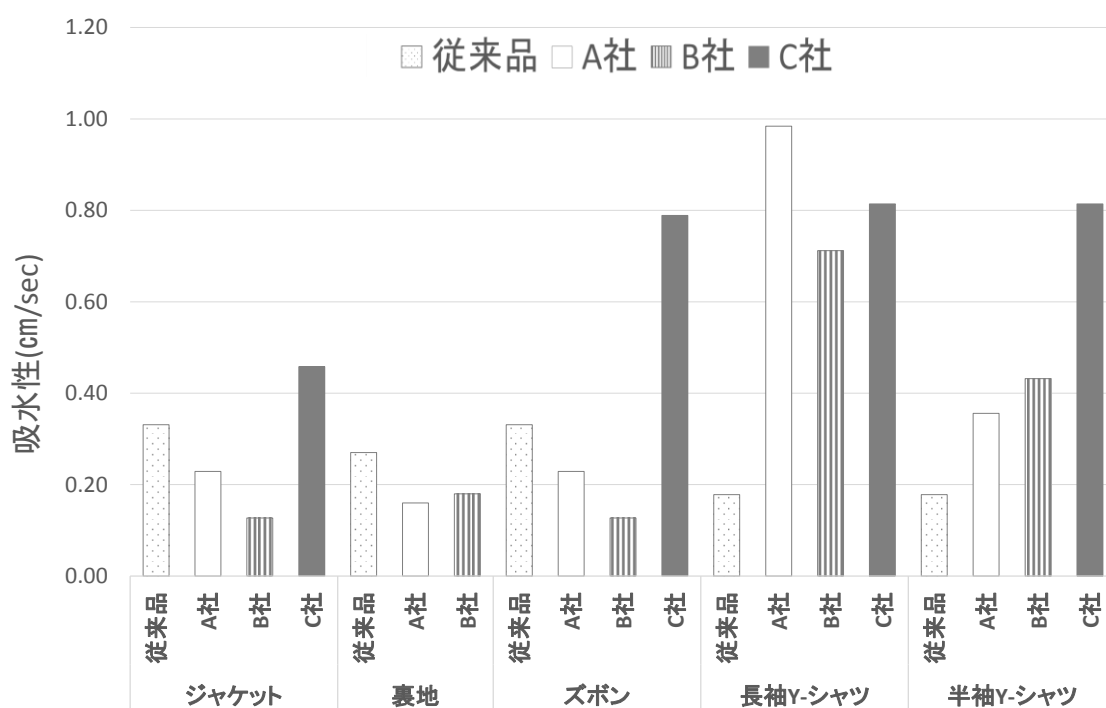


Fig.4.11 Water absorption rate

布地の熱・水分共存系における顕熱抵抗（スキンモデル）の結果を図 4.12、4.13 に示す。各布地の顕熱抵抗 R_d は $0.014 \sim 0.017 (\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1})$ の範囲であり、ジャケットよりむしろ長袖シャツが大きい。ジャケットでは C 社が高く従来品が低いことが示された。潜熱抵抗 R_e は $0.626 \sim 0.892 (\text{kPa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1})$ の範囲であった。C 社のズボンが高くジャケットでは B 社が高い抵抗を示した。

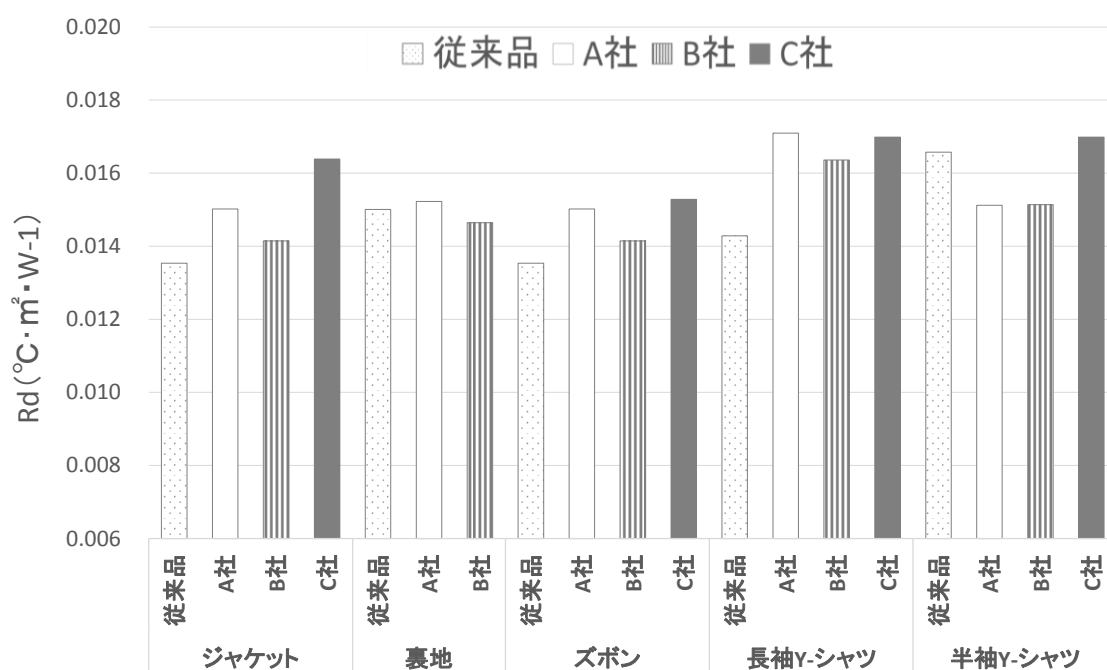


Fig.4.12 Dry heat resistance value of fabric (R_d)

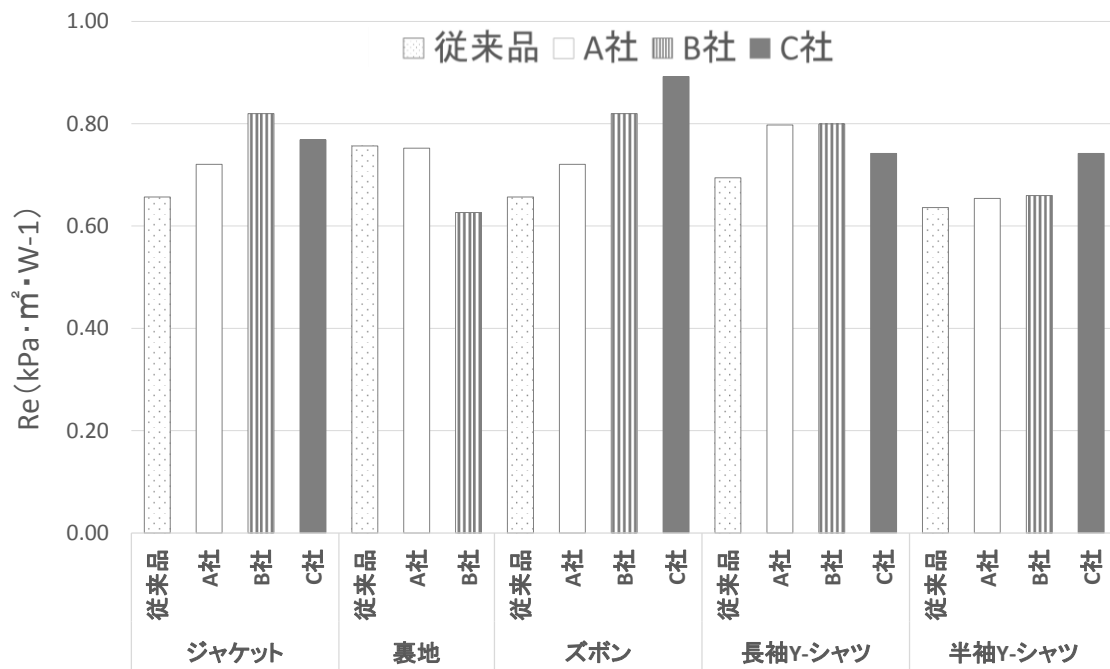


Fig.4.13 Wet heat resistance value of fabric (R_e)

4.4 考察

スキンモデルは平面の素材を対象とする評価装置であり、人体に模した発熱量と発汗量を設定できるものである。温熱的快適性は、人体の体温調節が基礎となり、体表面からの放熱は顕熱と潜熱の 2 経路しかない。現在各企業は開発の成果を様々な特性、例えば通気性・吸湿性・吸水速乾性、吸湿発熱性などによってうたっているが、これらは全て顕熱抵抗と潜熱抵抗の支配要因としてこれに影響する。人体の快・不快の感じ方はむしろ個々の特性よりも顕熱・潜熱抵抗との関係が強くしたがってこのようなシミュレーション装置によって、衣服の顕熱抵抗と潜熱抵抗を静的・動的に測定することができれば、素材・衣服の体温調節への寄与すなわち温熱的快適性が評価できるはずである。

本章での結果をみるとジャケット表地、ズボンとも開発品よりむしろ従来品の方が顕熱抵抗・潜熱抵抗ともに小さく、涼しいと思われる。しかし、ジャケット裏地の顕熱抵抗は従来品がもっとも高く、これらを組み合わせた場合を次章で検討する。

今後は 2011 年以降に開発・販売されたクールビズについても同様の評価を行い、地球温暖化対策として真に有効なアパレル開発などの提供を検討していきたい。

引用及び参考文献

- 田村照子、李恩眞（2001）：夏のオフィス空調温度に関する考察ークールビズに関するサラリーマンの意識調査よりー、低環境負荷型ファッション文化に関する研究
- 田村照子（1985）：基礎被服衛生学、文化出版社
- 環境省、<http://www.env.go.jp>
- 田村照子（1990）：衣環境の科学、建帛社
- 山田巧、岩崎謙次（2010）：綿布の快適性に関わる熱・水分特性の抽出ースキンモデルを用いたシミュレーション実験ー、東京都立産業技術研究センター研究報告、No.5
- 田村照子（2010）：衣服領域におけるサーマルマネキン利用・研究の現状と課題、空気調和・衛生工学、pp 84ー2
- 田村照子（1998）：皮膚温・発汗サーマルマネキンの開発に関わる研究、科学研究費補助金研究成果報告書
- Mecheels,J. and Umbach,K.H（1977）：Thermophysiological properties of clothing system、Melliand Textilberichte、58、73ー81
- 丸田直美（2005）：現代社会における各種温熱環境下での快適着衣量に関する基礎的研究、文化女子大学大学院博士論文
- 宮本征一（2008）：オフィス空間におけるスーツ着用時の温熱的快適域に関する研究ーその2 夏季の中程度高温環境下における温冷感の男女の差異について、日本建築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、715 - 720
- 榎本ヒカル 他 2 名（2013）：あるクールビズ実施オフィスの温熱環境による人体影響に関する実態測定、HES37、30

- 奥窪朝子（1982）：着衣量との関係からみた快適環境温度 - 個人要因を踏まえた快適条件の設定、生活文化研究、15、25-38
- 田辺新一、長谷部ヤエ（1993）：皮膚温度可変型サーマルマネキンによる室内環境評価法に関する研究、日本建築会計画系論文報告集、448
- 社団法人空気調和・衛生工学会（1997）：快適な温熱環境のメカニズムー豊かな生活空間をめざして
- Fanger.P.O（1970）：Thermal Comfort、Danish Technical Press、Copenhagen、Denmark
- ASHREA standard 55-81（1981）：Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- 花田喜代子 他 2 名（1981）：婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.22、No.10、430-437
- 花田喜代子（1983）：男子用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.24、No.8、363-369
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 1 報 重ね着による和服保温力基準値の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要 40(2)、157-168
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 2 報 成人男子洋服の保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、40(2)、169-176
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 3 報 成人女子の各季節別一般的衣服保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、40(2)、177-188

ISO9920 (2007) : Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble

ASHREA standard 55-81 (1981) : Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

人間－生活環境系会議 温熱指標等研究委員会 (2002) : PMV、SET*、clo に関する研究報告

田村照子、酒井豊子 (1999) : 着心地の追究、放送大学

内嶋善兵衛 (1996) : 地球温暖化とその影響、生態系・農業・人間社会

N.R.S. ホリーズ、R.F. ゴールドマン共編、中島利誠訳 (1996) : 着心地の科学－温熱因子・換気因子・構造因子・評価因子の相互作用－、光生館

日本繊維機械学会 (1981) : 被服機能 (被服科学総論、日本繊維機械学会被服学体系化分科会編、下巻)

薩本弥生 (2003) : 快適ライフを科学する

斉藤秀子、呑山委佐子 (2003) : 快適服の時代－ヒト・衣服・環境

日本規格協会 (2011) : JIS ハンドブック繊維

第 5 章 市販クールビズの顕熱・潜熱抵抗

－発汗サーマルマネキンを用いて－

5.1 緒言

近年、アパレル各社はスーツ、シャツ、ズボン、下着など様々なクールビズ商品のための新素材・新デザインの開発にしのぎを削り、吸汗速乾、吸湿伸長、相変換繊維など技術立国日本ならではの商品を生み出している。しかしこのような開発が今後も消費者に受け入れられ続けるためには、クールビズ効果のエビデンス、すなわち宣伝広告の謳い文句を定量的に裏付ける評価方法の確立が重要と考える。

第 4 章では市販クールビズスーツ布地の顕熱・潜熱抵抗をスキンモデルを用いて評価した。本章では、クールビズをうたった市販スーツを対象に、着衣時のクールビズ効果すなわち形状を有する各衣服を通しての熱および水分透過特性を定量的に評価し、そのスーツを着衣したとき快適でいられるオフィスの気候帯域を定量的に推定する方法の検討を試みた。着衣の顕熱・潜熱抵抗の評価には発汗サーマルマネキンが用いられる。発汗サーマルマネキンは人体の温熱状態のシミュレーション装置であり、立体的な製品を対象とする測定装置であるため衣服の熱・水分特性を定量的に評価することができる。本章では日本人平均男子サイズを基に開発した発汗サーマルマネキン（JUN）を用いて市販クールビズスーツの顕熱抵抗と潜熱抵抗を測定し、そのクールビズ効果を検証する。

5.2 実験方法

5.2.1 発汗サーマルマネキン (JUN) の構造

発汗サーマルマネキン (JUN) (田村ら、2005) の材料は FRP 樹脂、形状は立位 (走行可能) で、体型は日本人の成人男子標準体型で全身 17 分割されている。表面温度制御はコアボディとシェルボディの 2 層構造で、0met~5met の範囲で発熱させることができる。また、発汗制御は全身 141 発汗孔から 20g/m²h~900 g/m²h の範囲で吐出させることが可能である。また、マネキンは各部位表面温度、各部位発熱量のいずれかを一定に制御可能なシステムとなっている。各部位表面温度、各部位発熱量、環境温度、着衣表面温度、熱流束、環境相対湿度の 6 項目について測定されたデータは PC で処理される。発汗サーマルマネキン (JUN) の分割及び各部位別面積を図 5.1 に示す。

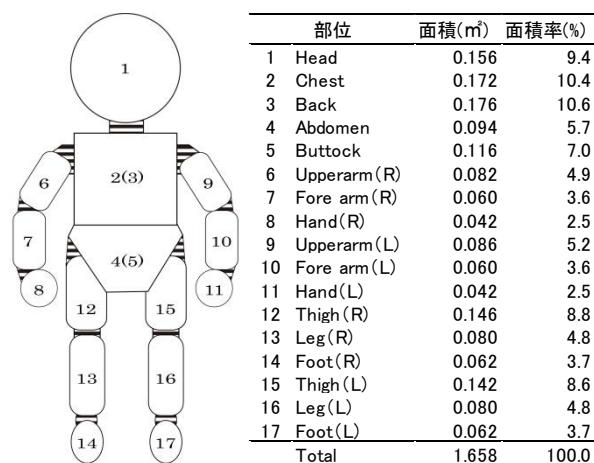


Fig.5.1 Part and area of sweating thermal manikin (JUN)

5.2.2 単品及び組み合わせ衣服の顕熱抵抗の測定

単品及び組み合わせ衣服の顕熱抵抗の測定は、環境温 $20\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\pm1.0\%$ RH、気流 0.1% 以下の人工気候室内で行われた。マネキンに対象衣服を着用させ、マネキンの表面温が人の平均皮膚温である $33\pm0.5^{\circ}\text{C}$ に達したことを確認した後、マネキン各部位の表面温及び熱供給量、環境温を 10 秒間隔で 30 分間測定をする。繰り返し回数は 3 回、ばらつきが 8% を超える場合は実験を追加した。

発汗サーマルマネキンの顕熱抵抗の実験手順を図 5.2 に示す。

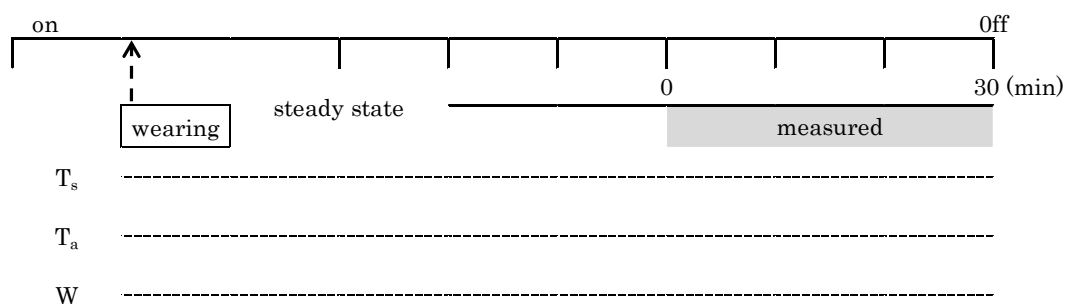


Fig.5.2 Experiment protocol (Dry heat resistance)

全顕熱抵抗の計算方式は以下のようである。

$$R_{dtotal} = (\overline{ts} - t_a) / q_d$$

$$\overline{ts} = \sum f_i t_{si}$$

$$q_d = \sum H_{di} / A_i$$

$$R_{dcle} = R_{dtotal} - R_{dair}$$

$$I_{cle} = R_{dcle} / 0.155$$

ただし、

R_{dtotal} : 全顕熱抵抗($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$)

A_i : マネキン i 部位の表面積(m^2)

q_d : 供給熱量流束(W/m^2)

H_{di} : マネキン部位 i への放熱量(W) ($i=1\sim 17$)

t_a : 環境温($^\circ\text{C}$)

\bar{t}_s : マネキン平均表面温($^\circ\text{C}$)

R_{dcle} : 有効顕熱抵抗($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$)

R_{dair} : 裸のマネキンの顕熱抵抗($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$)

0.155 : 熱抵抗から断熱力 I_{cle} への換算係数

5.2.3 単品及び組み合わせ衣服の潜熱抵抗の測定

単品衣服及び組み合わせ衣服の潜熱抵抗の測定は、環境温 $33\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\pm1.0\%\text{RH}$ 、気流 0.1 m/s 以下の人工気候室内で行われた。

マネキンの全身を濡れた状態(濡れ面積率 $w=1.0$)にし、マネキンの表面温が $33\pm0.5^{\circ}\text{C}$ に達した後、対象衣服を着用させる。その後表面温が $33\pm0.5^{\circ}\text{C}$ に安定したのを確認し、10 秒間隔で 30 分間測定を行い、次式により衣服の潜熱抵抗を求める。

発汗サーマルマネキンの潜熱抵抗の実験手順を図 5.3 に示す。

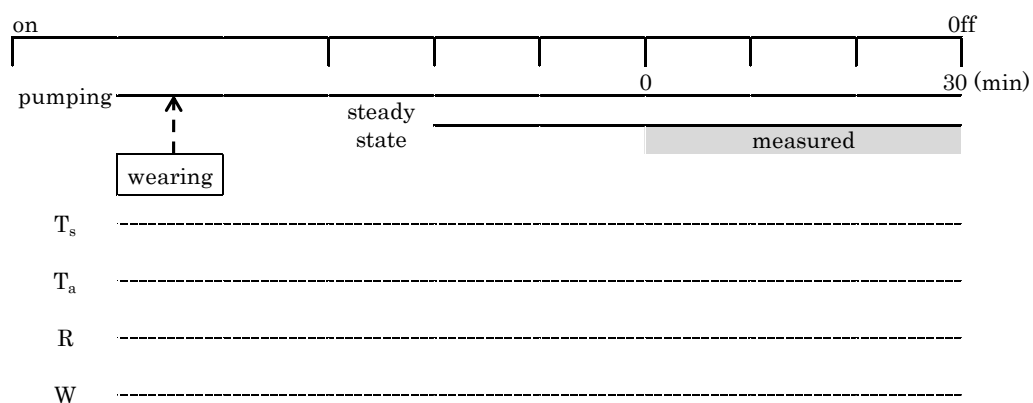


Fig.5.3 Experiment protocol (Evaporative heat resistance)

$$R_{etotal} = w(P_s^* - P_a)/q_e$$

$$R_{ecle} = R_{etotal} - R_{eair}$$

$$qd = \sum H_{ei}/Ai$$

ただし、

R_{total} ：全潜熱抵抗($\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W}$)

w ：濡れ面積率（本実験では 1.0）

A_i ：マネキン i 部位の表面積(m^2) ($i=1\sim 17$)

H_{ei} ：マネキン部位 i への供給熱量(W)

P_a ：環境温(t_a)における水蒸気圧(kPa)

P_s^* ：マネキン平均表面温(t_s)における飽和水蒸気圧(kPa)

R_{ecle} ：有効潜熱抵抗($\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W}$)













5.2.4 対象衣服

単品と組み合わせの衣服の素材特性を表 5.1 に、着用写真を図 5.4 に示す。

対象衣服は 2010 年夏にクールビズ対応スーツとして広告・販売されたアンサンプル(ジャケット・ズボン・ワイシャツ)3 種と、参考品として、クールビズ以前の 2007 年に購入した夏用スーツアンサンプルの計 4 種である。A 社は「異型断面繊維を用いた吸汗速乾スーツ」、B 社は「ウォッシュャブルのウール混素材スーツ」、C 社は「吸汗速乾のリネン素材のジャケットと綿素材のパンツ」を特徴として謳っている。ジャケットのデザインは従来品のみ 3 ボタンで、クールビズ対応の商品は 2 ボタン、ワイシャツとズボンはほぼ同様のデザインである。各対象品は 2 セット購入し、1 セットは単品及び組合せ着衣の評価に、他の 1 セットは分解し、生地の評価に用いた。また組合せ着衣全体の評価には、このほか共通品として、典型的なインナーT-シャツ、ボクサーブリーフ、靴下、靴、ベルトを使用した。

Table.5.1 Classification of clothing

	アイテム	布の組成	被覆 面積(%)	重さ (g)	厚さ (mm)	予測(ISO) clo
従来品	ジャケット(春夏)	毛 50%、ポリエステル 50%	50	551.94	0.28	0.23
	裏地	ポリエステル 100%	30	-	-	0.21
	ズボン(春夏)	毛 50%、ポリエステル 50%	45	306.92	0.26	0.20
	半袖Y-シャツ	綿 45%、ポリエステル 55%	43	144.58	0.24	0.23
	長袖Y-シャツ	綿 100%	51	303.48	0.20	0.24
A社	ジャケット(夏)	毛 90%、ポリエステル 10%	50	537.12	0.35	0.22
	裏地	ポリエステル 100%	30	-	-	0.20
	ズボン(夏)	毛 90%、ポリエステル 10%	45	331.64	0.35	0.24
	半袖Y-シャツ	綿 100%	43	197.28	0.24	0.24
	長袖Y-シャツ	綿 50%、ポリエステル 50%	51	251.26	0.24	0.21
B社	ジャケット(夏)	毛 50%、ポリエステル 50%	50	493.04	0.32	0.20
	裏地	ポリエステル 100%	30	-	-	0.24
	ズボン(夏)	毛 50%、ポリエステル 50%	45	316.61	0.32	0.23
	半袖Y-シャツ	綿 50%、ポリエステル 50%	43	152.75	0.23	0.22
	長袖Y-シャツ	綿 50%、ポリエステル 50%	51	282.90	0.28	0.20
C社	ジャケット(夏)	麻 100%	50	287.81	0.26	0.24
	ズボン(夏)	綿 81%、ポリエステル 19%	45	336.78	0.35	0.14
	半袖Y-シャツ	綿 77%、ポリエステル 23%	43	206.49	0.27	0.08
	長袖Y-シャツ	綿 77%、ポリエステル 23%	51	264.11	0.28	-
その他	インナ T-シャツ	ポリエステル 90%、ポリウレタン 10%	30	130.37	0.35	-
	ボックス	ポリエステル 88%、ポリウレタン 12%	16	60.99	0.41	-
	ベルト	牛革	-	141.65	4.11	-
	靴下	綿 100%	14	48.68	0.82	-
	靴	牛革	9	737.12	-	-

参考品	1 ジャケット	2 ズボン	3 長袖Y-シャツ	4 半袖Y-シャツ
				
A社	5 ジャケット	6 ズボン	7 長袖Y-シャツ	8 半袖Y-シャツ
				
B社	9 ジャケット	10 ズボン	11 長袖Y-シャツ	12 半袖Y-シャツ
				

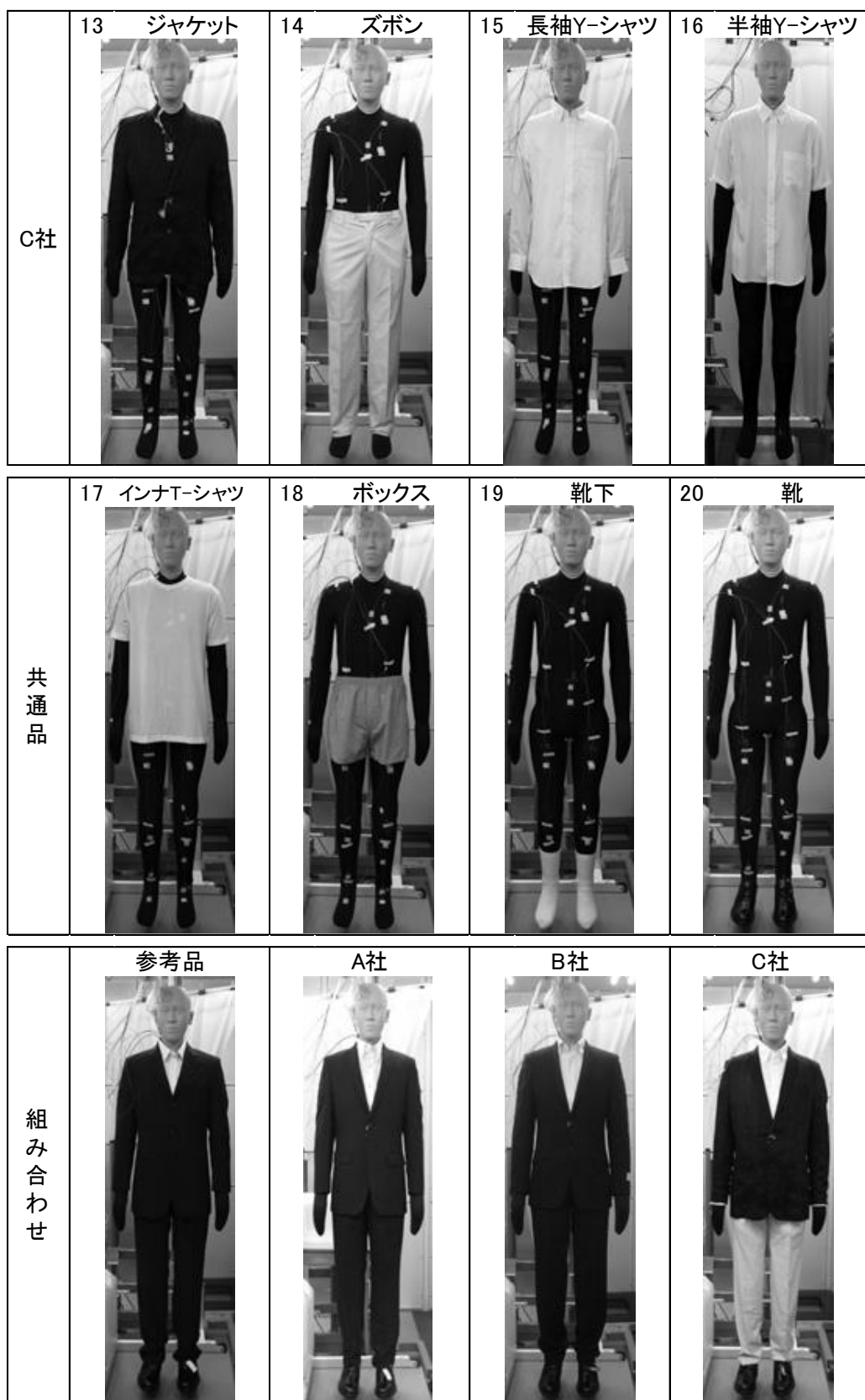


Fig.5.4 Photograph of garments and ensembles used in this study

5.3 実験結果

5.3.1 単品衣服の顕熱抵抗

単品衣服の顕熱抵抗値を表 5.2 と図 5.5 に示す。各衣服とも繰り返し 3 回を行い、ばらつきが 8%を超える場合は実験を追加し、その 3 回の平均値とした。

顕熱抵抗 I_{cl} (clo)は 0.19～0.42clo の範囲であり、服種としてはジャケットが最も大きく半袖シャツ、パンツの順となっている。また、ジャケットについては、従来品が最も高く、次いで、B 社>C 社>A 社の順、パンツについては、C 社>従来品>A 社>B 社となり、開発品はいずれも顕熱抵抗が低下、すなわち涼しくする工夫がうかがえる。半袖シャツは A・B 社が低く、長袖シャツは A 社>従来品>C 社>B 社の順であった。

単品衣服の部位別の顕熱抵抗値を表 5.2 と図 5.6 に示す。上半身を覆うジャケットは

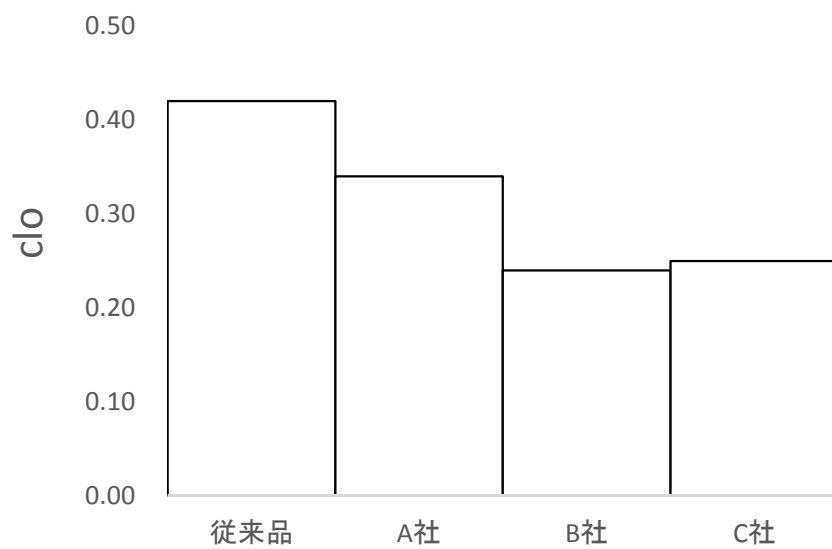
いずれも腹部の顕熱抵抗がもっとも高く、チェスト、背中、上腕、前腕の順である。

いずれのズボンも布地が重なったウエスト部分の顕熱抵抗がもっとも高く、大腿、下腿の順である。そのうち C 社のズボンは大腿の顕熱抵抗が他より低い。長袖と半袖シャツはジャケットと似た曲線であるがその値は低く、大きな差はみられない。

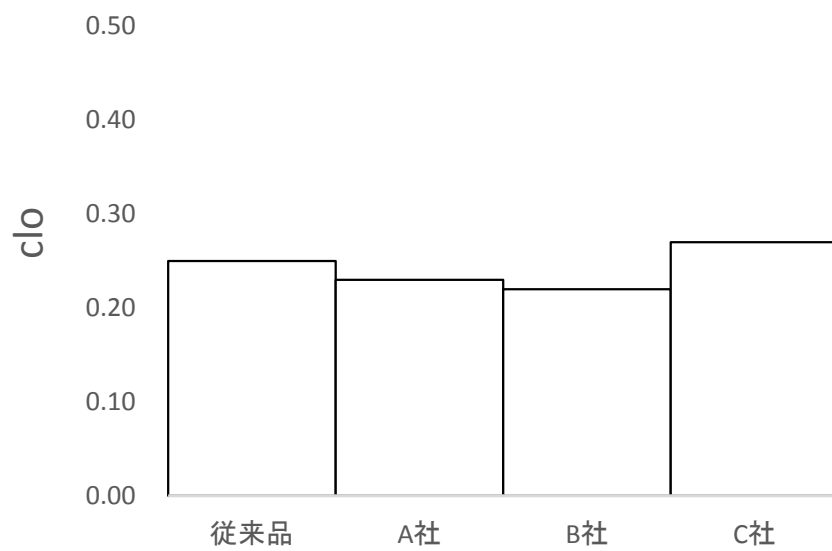
Table.5.2 Regional dry heat resistance value of garments

	nude	従来品			A社			B社			C社			共通	
		ジャケット	ハット	半袖シャツ	長袖シャツ	ジャケット	ハット	半袖シャツ	長袖シャツ	ジャケット	ハット	半袖シャツ	長袖シャツ	T-シャツ	トラウザー
Head	0.59	0.57	0.58	0.56	0.54	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.57	0.56
Chest	0.75	1.56	0.80	1.11	1.13	1.47	0.77	1.02	1.11	1.52	0.79	1.10	1.12	1.37	0.80
Back	0.64	1.34	0.71	1.31	1.22	1.12	0.67	1.17	1.46	1.20	0.67	1.23	1.36	1.29	0.69
Abdomen	1.20	2.14	1.93	1.65	1.84	1.87	1.97	1.69	1.81	1.96	2.07	1.80	1.78	1.90	1.44
Buttock	0.88	1.42	1.30	1.24	1.39	1.37	1.17	1.30	1.41	1.40	1.29	1.34	1.30	1.24	0.97
Upperarm (R)	0.70	1.40	0.65	1.10	0.94	0.94	0.56	0.85	0.82	1.19	0.58	0.88	0.76	1.07	0.47
Upperarm (L)	0.67	0.95	0.56	0.55	0.70	0.90	0.55	0.62	0.71	1.12	0.57	0.60	0.89	0.82	0.57
Fore arm (R)	0.75	0.84	0.17	0.06	0.11	0.29	0.25	0.53	0.43	0.83	0.26	0.30	0.86	0.73	0.81
Fore arm (L)	0.68	1.41	0.83	1.28	1.19	1.22	0.74	1.13	1.12	1.41	0.76	1.29	1.21	1.27	0.75
Hand (R)	0.72	1.17	0.78	0.80	1.10	1.07	0.71	0.72	0.92	1.16	0.78	0.70	1.11	1.17	0.76
Hand (L)	0.62	0.65	0.64	0.64	0.67	0.64	0.63	0.62	0.73	0.64	0.63	0.63	0.66	0.70	0.62
Thigh (R)	0.63	0.66	1.28	0.66	0.64	0.66	1.25	0.62	0.64	0.63	1.34	0.63	0.62	0.65	0.59
Thigh (L)	0.48	0.58	1.14	0.63	0.62	0.56	1.09	0.58	0.58	0.58	1.01	0.61	0.61	0.59	0.61
Leg (R)	0.60	0.54	0.88	0.66	0.65	0.53	0.78	0.54	0.54	0.54	0.78	0.54	0.61	0.57	0.59
Leg (L)	0.48	0.67	0.32	0.38	0.68	0.66	1.28	0.63	0.64	0.65	1.33	0.67	0.66	0.65	0.66
Foot (R)	0.59	0.47	0.98	0.51	0.48	0.47	0.98	0.46	0.46	0.47	0.82	0.49	0.49	0.49	0.48
Foot (L)	0.60	0.60	0.88	0.60	0.55	0.56	0.73	0.55	0.55	0.56	0.68	0.58	0.53	0.54	0.55
total	0.68	1.02	0.83	0.85	0.88	0.92	0.88	0.83	0.83	0.98	0.89	0.86	0.91	0.94	0.69
clo		0.34	0.15	0.17	0.20	0.24	0.20	0.15	0.21	0.30	0.21	0.18	0.18	0.26	0.01

ジャケット



ズボン



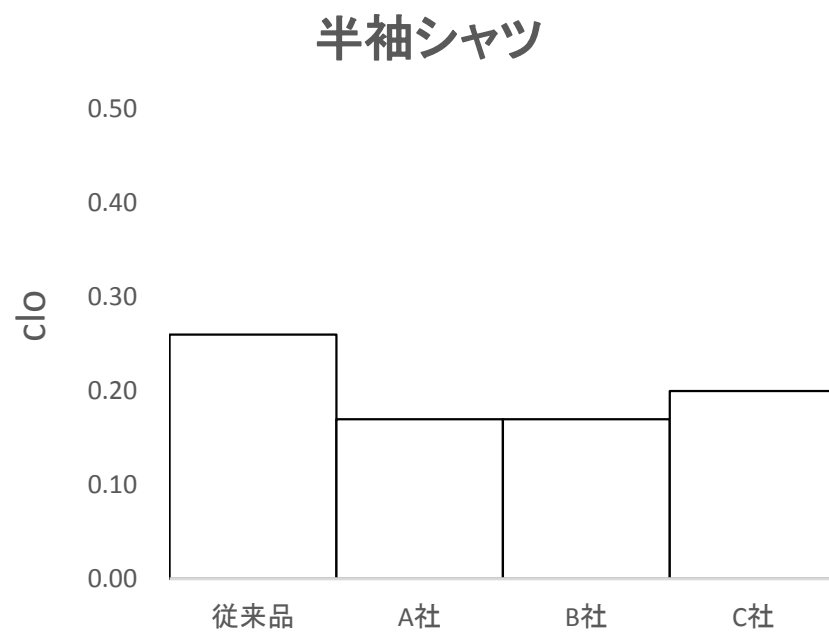
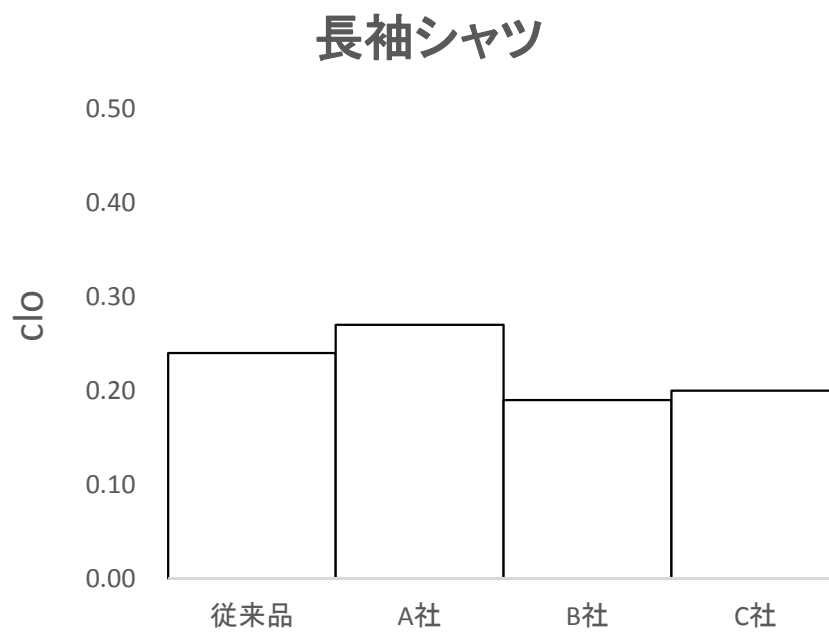
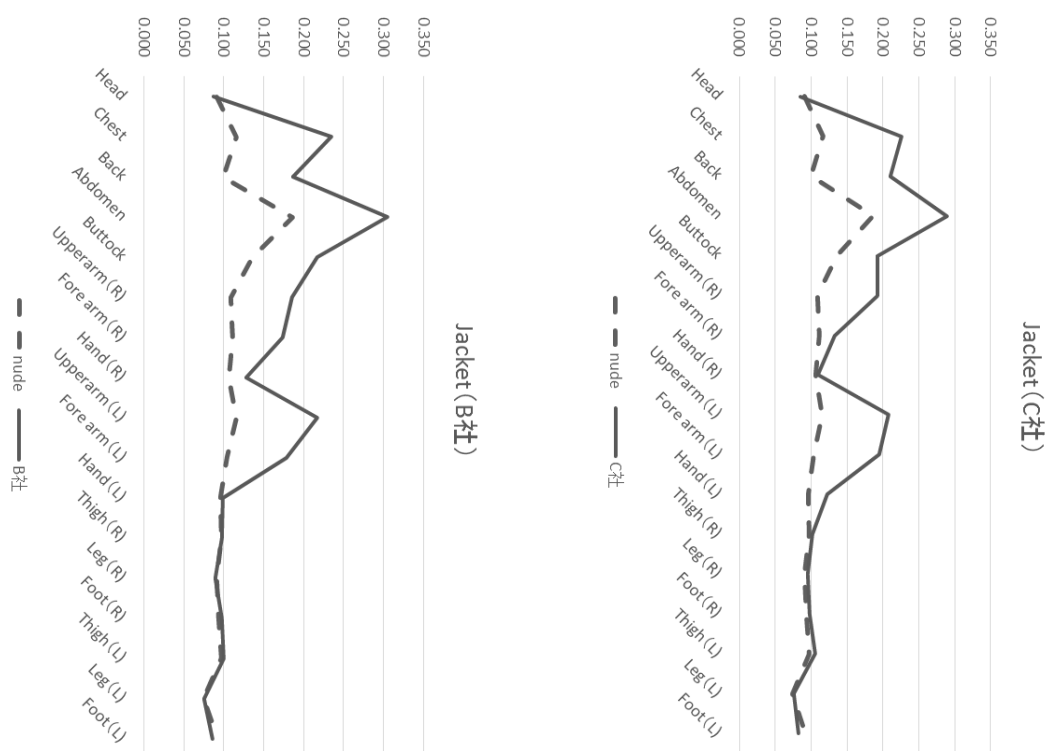
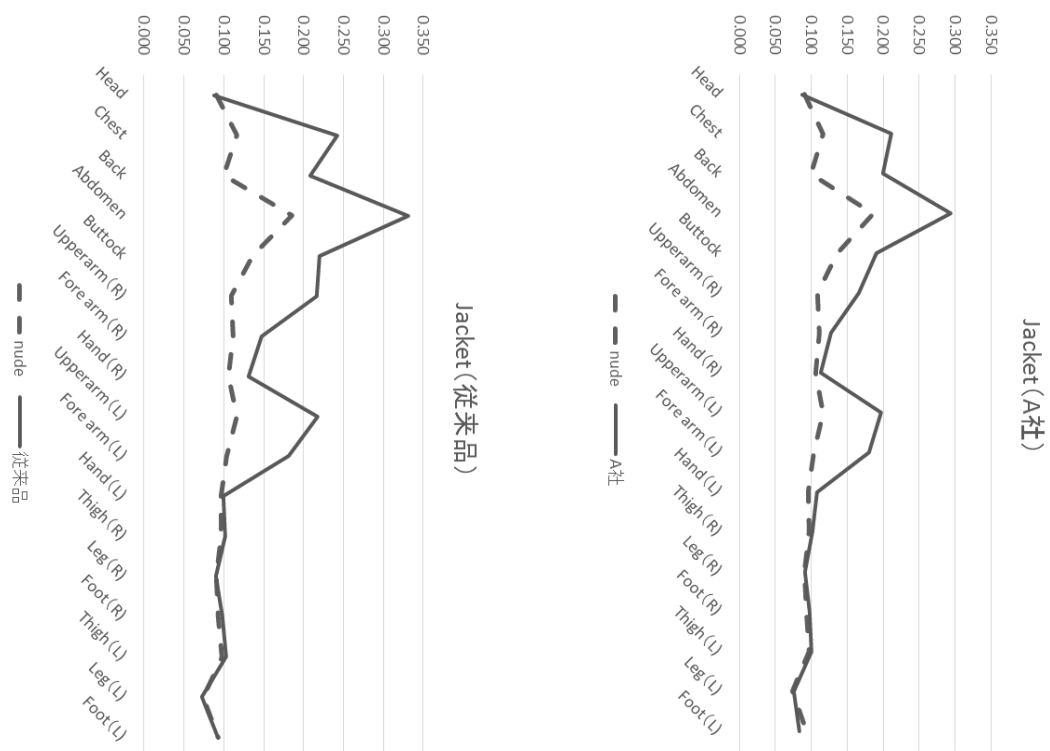
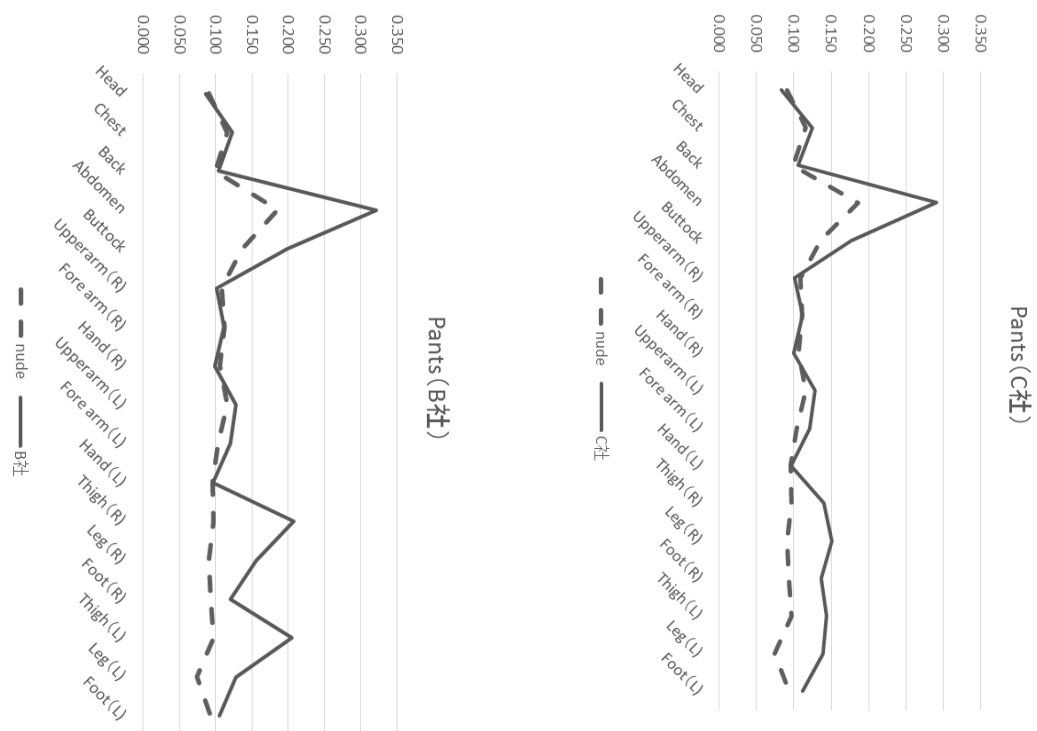
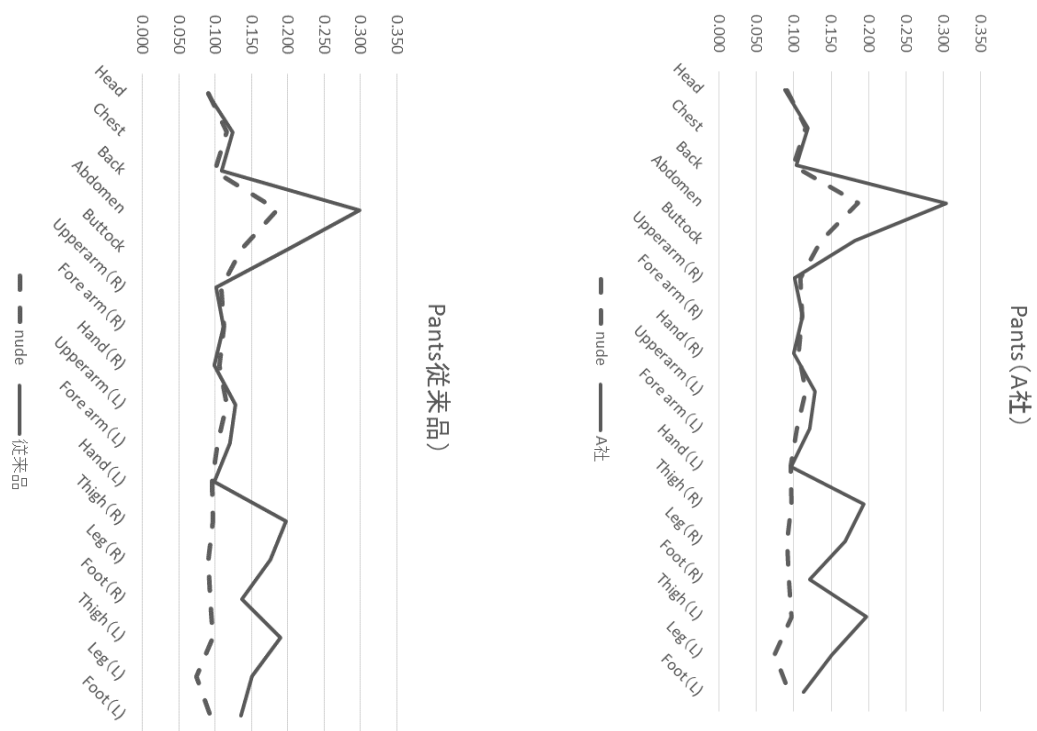


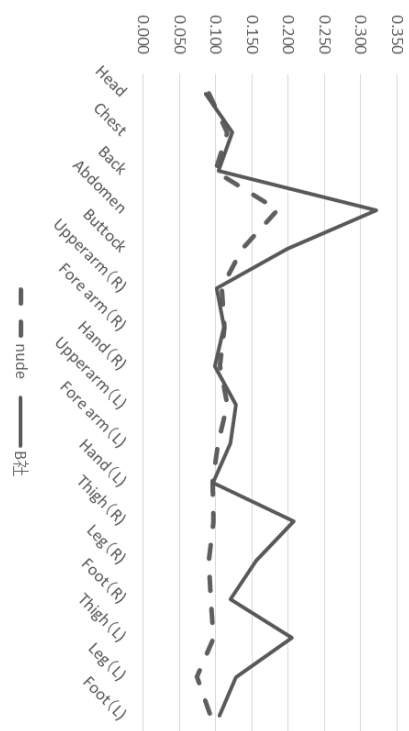
Fig.5.5 Comparison of dry heat resistance value of each company (garments)



ジャケット



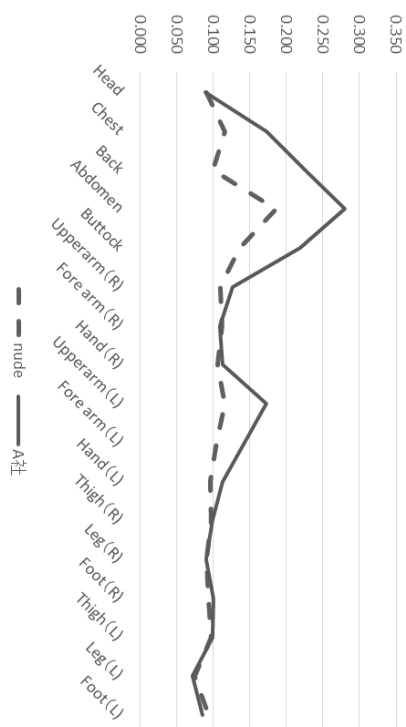
Pants (従来品)



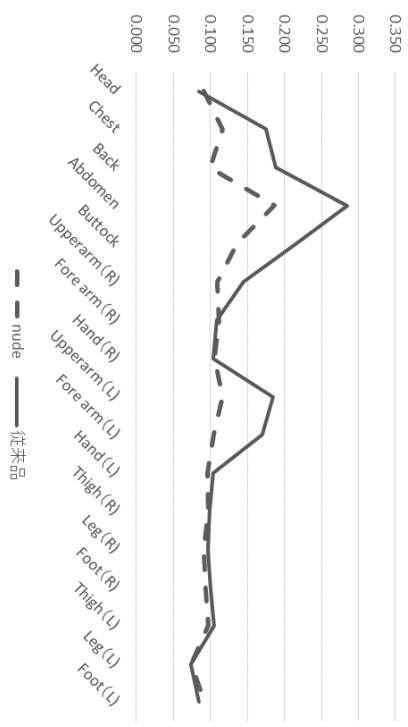
Pants (B_社)

ズボン

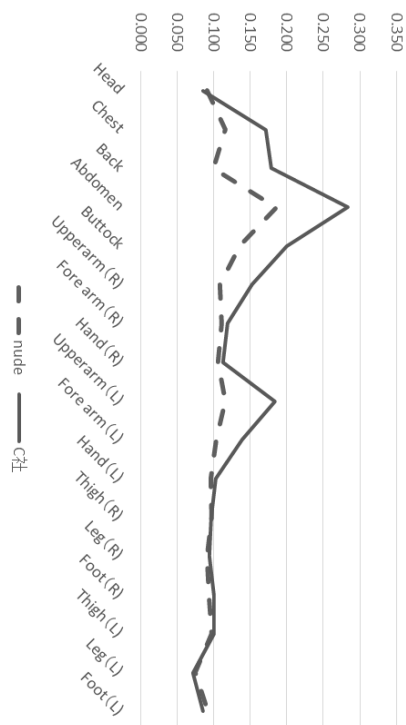
Long Shirts (A社)



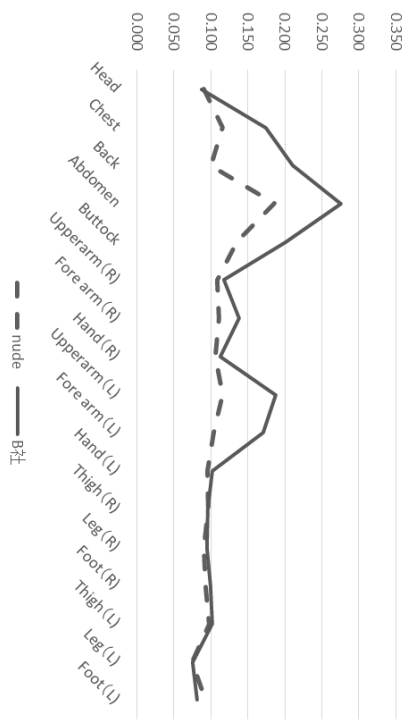
Long Shirts (従来品)



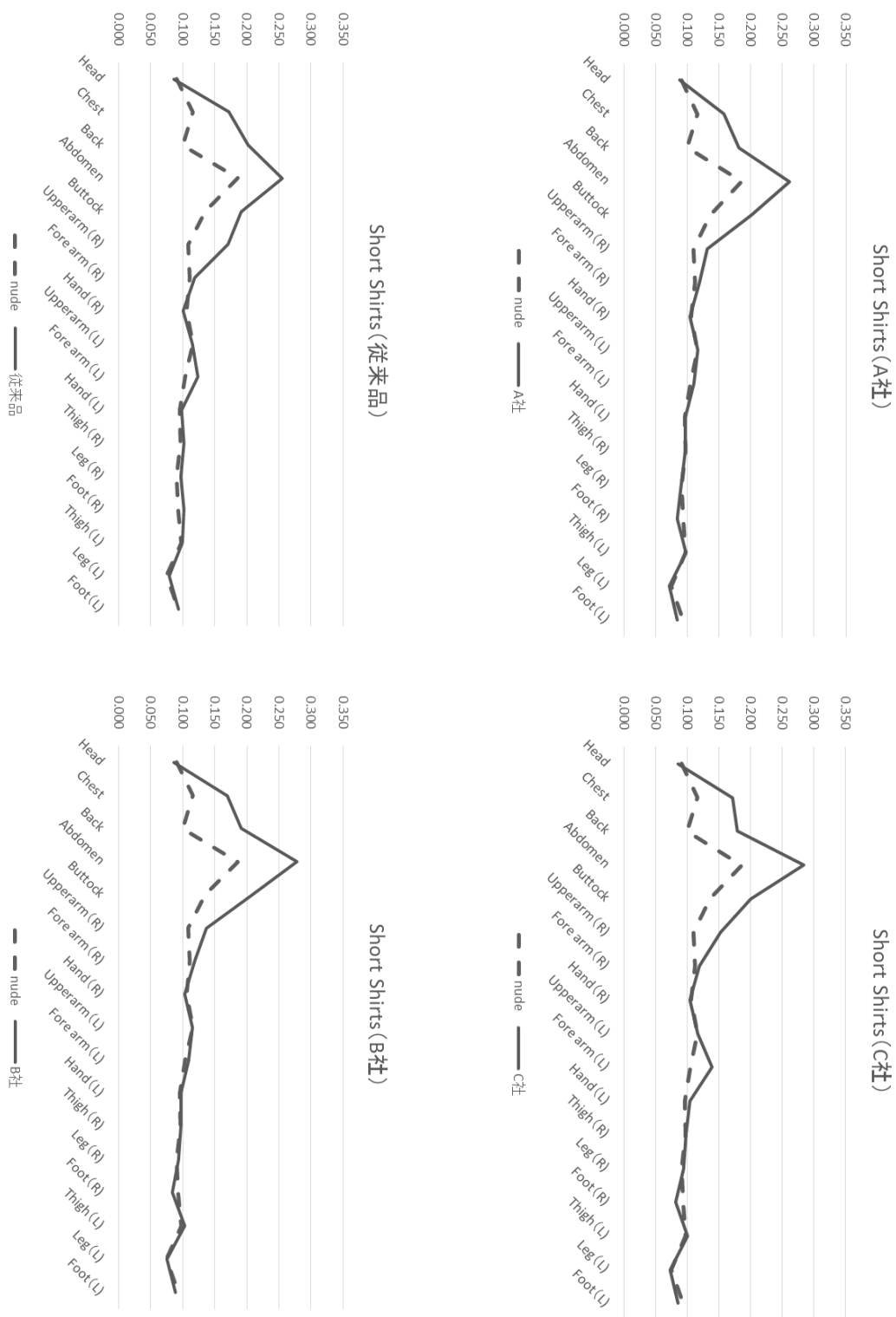
Long Shirts (C社)



Long Shirts (B社)



長袖シャツ



半袖シャツ

Fig.5.6 Regional dry heat resistance value of garments

5.3.2 単品衣服の潜熱抵抗

単品衣服の潜熱抵抗を表 5.3 と図 5.7 に示す。各衣服とも繰り返し 3 回を行い、ばらつきが 8%を超える場合は実験を追加した。その 3 回の平均値のデータである。

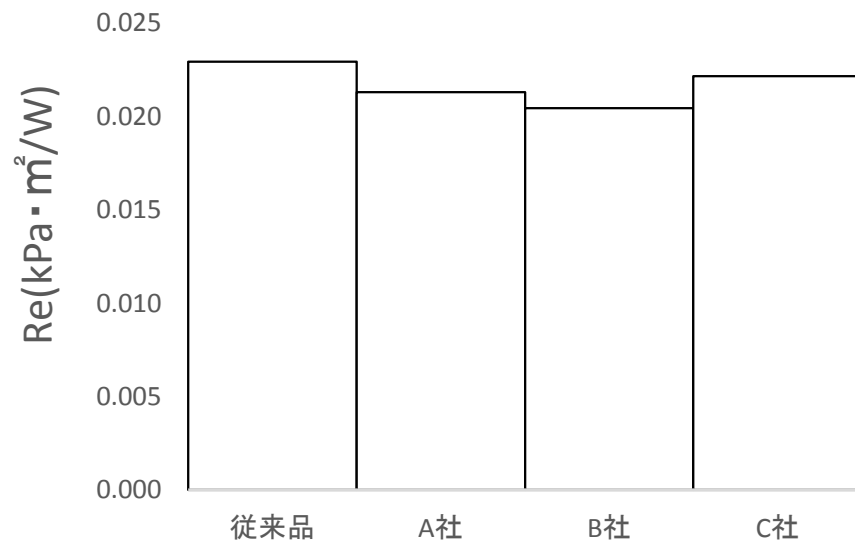
潜熱抵抗は $0.0035 \sim 0.0063 \text{ Re(kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W)}$ の範囲であり、服種ではジャケットよりズボンの潜熱抵抗が大きく下半身の蒸れが推測される。服種別にみるとジャケットは従来品が顕著に高く、他は近似している。パンツについては、従来品 > A 社 > B 社 > C 社、半袖シャツは C 社 > 従来品 > A 社 > B 社の順となっている。潜熱抵抗についても開発品で概ね改良の成果が示されている。

単品衣服の部位別の潜熱抵抗値を図 5.8 に示す。半身を覆うジャケットはいずれも腹部の潜熱抵抗が高いが、三つボタンの従来品はチェストも抵抗が高い。ズボンはいずれも、布地が重なっている腹部の値がもっとも高かった。長袖シャツと半袖シャツともに腹部の値が高かったが、C 社のシャツはボタンの位置が高くチェスト部でも高い値が示されている。

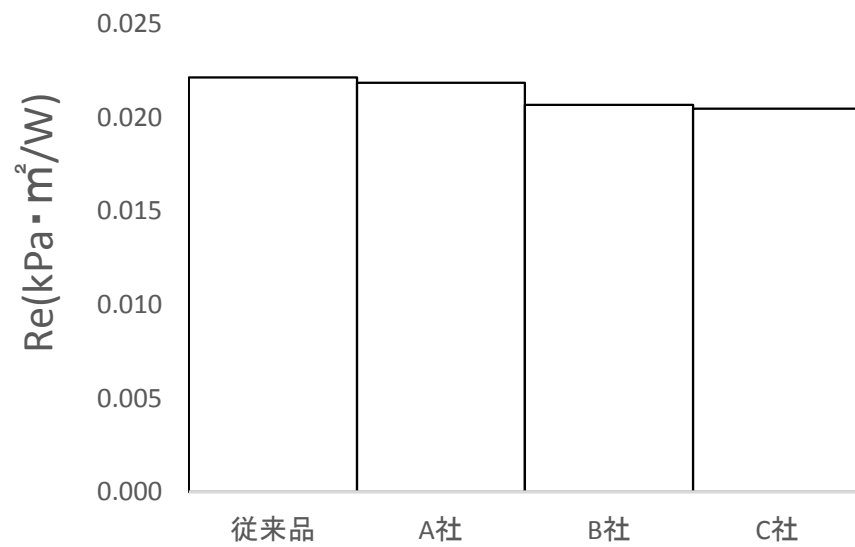
Table.5.3 Regional evaporative heat resistance value of garments

	nude	従来品				A社				B社				C社				共通	
		ｼｬｰﾂｯﾄ	ｲﾍﾞﾝ	半袖ｼｬｰﾂ	長袖ｼｬｰﾂ	ｼｬｰﾂｯﾄ	ｲﾍﾞﾝ	半袖ｼｬｰﾂ	長袖ｼｬｰﾂ	ｼｬｰﾂｯﾄ	ｲﾍﾞﾝ	半袖ｼｬｰﾂ	長袖ｼｬｰﾂ	ｼｬｰﾂｯﾄ	ｲﾍﾞﾝ	半袖ｼｬｰﾂ	長袖ｼｬｰﾂ	T-ｼｬｰﾂ	ﾄﾗｳﾝｸﾞ
Head	0.0143	0.0172	0.0160	0.0153	0.0144	0.0153	0.0158	0.0137	0.0136	0.0175	0.0162	0.0154	0.0141	0.0160	0.0160	0.0176	0.0160	0.0151	0.0162
Chest	0.0257	0.0780	0.0218	0.0408	0.0420	0.0270	0.0228	0.0394	0.0459	0.0208	0.0223	0.0412	0.0426	0.0313	0.0205	0.0609	0.0612	0.0314	0.0303
Back	0.0142	0.0291	0.0155	0.0277	0.0261	0.0267	0.0182	0.0266	0.0365	0.0278	0.0186	0.0292	0.0288	0.0405	0.0172	0.0286	0.0240	0.0216	0.0189
Abdomen	0.0307	0.0795	0.0640	0.0628	0.0830	0.1142	0.0661	0.0682	0.0807	0.0809	0.0659	0.0853	0.0789	0.0743	0.0542	0.0625	0.0623	0.0430	0.0476
Buttock	0.0191	0.0296	0.0222	0.0258	0.0304	0.0282	0.0219	0.0239	0.0304	0.0318	0.0224	0.0285	0.0312	0.0277	0.0195	0.0363	0.0324	0.0263	0.0310
Upperarm(R)	0.0215	0.0385	0.0191	0.0261	0.0301	0.0234	0.0246	0.0202	0.0204	0.0316	0.0203	0.0323	0.0243	0.0282	0.0175	0.0306	0.0245	0.0218	0.0216
Upperarm(L)	0.0141	0.0295	0.0168	0.0154	0.0276	0.0246	0.0150	0.0228	0.0255	0.0253	0.0129	0.0219	0.0323	0.0254	0.0150	0.0195	0.0280	0.0215	0.0189
Fore arm(R)	0.0173	0.0188	0.0167	0.0147	0.0156	0.0171	0.0168	0.0189	0.0189	0.0178	0.0167	0.0183	0.0198	0.0164	0.0159	0.0220	0.0198	0.0200	0.0163
Fore arm(L)	0.0187	0.0273	0.0208	0.0255	0.0218	0.0314	0.0175	0.0223	0.0224	0.0310	0.0192	0.0233	0.0206	0.0277	0.0198	0.0237	0.0213	0.0229	0.0232
Hand(R)	0.0153	0.0261	0.0168	0.0179	0.0299	0.0275	0.0175	0.0200	0.0209	0.0292	0.0168	0.0211	0.0316	0.0338	0.0160	0.0226	0.0235	0.0229	0.0261
Hand(L)	0.0175	0.0190	0.0220	0.0185	0.0201	0.0185	0.0161	0.0209	0.0286	0.0194	0.0162	0.0161	0.0233	0.0248	0.0165	0.0174	0.0208	0.0192	0.0167
Thigh(R)	0.0137	0.0190	0.0376	0.0169	0.0162	0.0189	0.0462	0.0168	0.0199	0.0167	0.0403	0.0169	0.0171	0.0210	0.0322	0.0214	0.0215	0.0164	0.0258
Thigh(L)	0.0143	0.0142	0.0309	0.0156	0.0154	0.0164	0.0283	0.0161	0.0159	0.0117	0.0311	0.0149	0.0159	0.0141	0.0279	0.0168	0.0145	0.0123	0.0114
Leg(R)	0.0115	0.0126	0.0184	0.0113	0.0121	0.0123	0.0141	0.0098	0.0113	0.0118	0.0096	0.0118	0.0121	0.0126	0.0122	0.0110	0.0110	0.0111	0.0117
Leg(L)	0.0187	0.0192	0.0407	0.0191	0.0173	0.0203	0.0430	0.0173	0.0180	0.0196	0.0469	0.0183	0.0176	0.0175	0.0297	0.0178	0.0200	0.0194	0.0259
Foot(R)	0.0194	0.0168	0.0310	0.0158	0.0157	0.0181	0.0290	0.0158	0.0158	0.0165	0.0227	0.0160	0.0152	0.0163	0.0386	0.0166	0.0185	0.0158	0.0149
Foot(L)	0.0114	0.0116	0.0188	0.0133	0.0117	0.0125	0.0135	0.0110	0.0122	0.0121	0.0110	0.0107	0.0110	0.0132	0.0167	0.0120	0.0113	0.0121	0.0120
total	0.0167	0.0229	0.0222	0.0201	0.0206	0.0213	0.0219	0.0197	0.0213	0.0204	0.0207	0.0207	0.0208	0.0222	0.0205	0.0224	0.0217	0.0192	0.0198
Re		0.0063	0.0055	0.0035	0.0040	0.0046	0.0052	0.0030	0.0046	0.0038	0.0040	0.0040	0.0040	0.0055	0.0038	0.0067	0.0060	0.0025	0.0031

ジャケット



ズボン



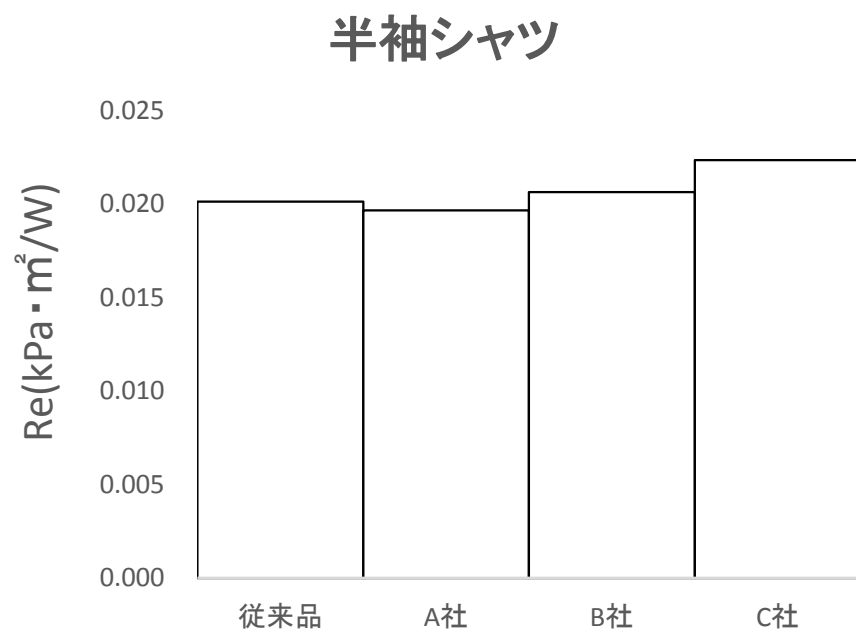
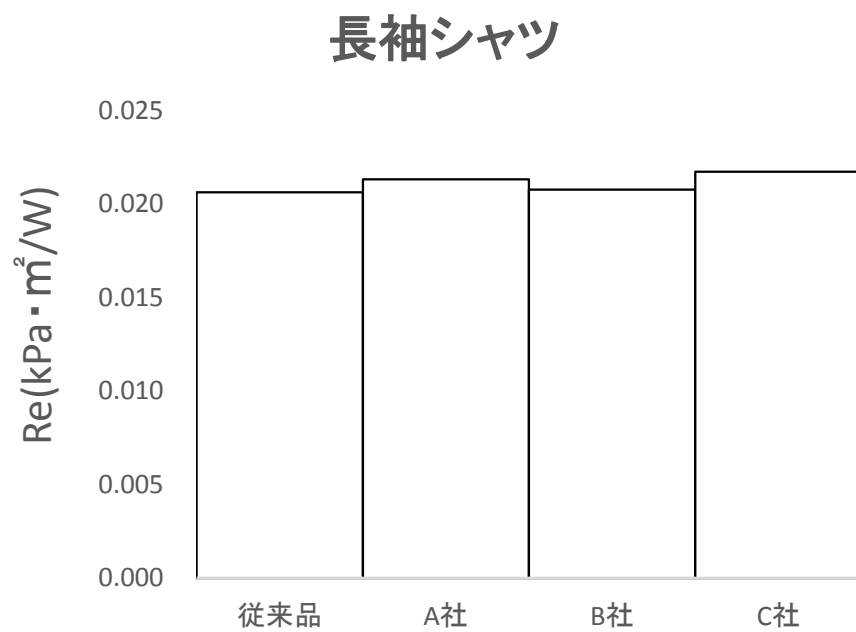
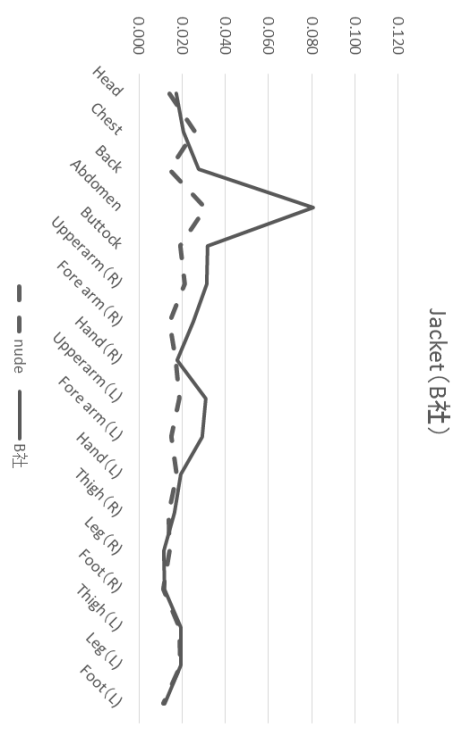
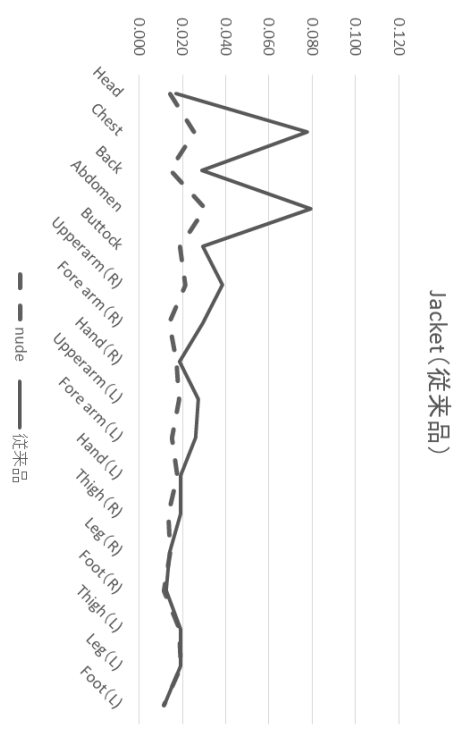
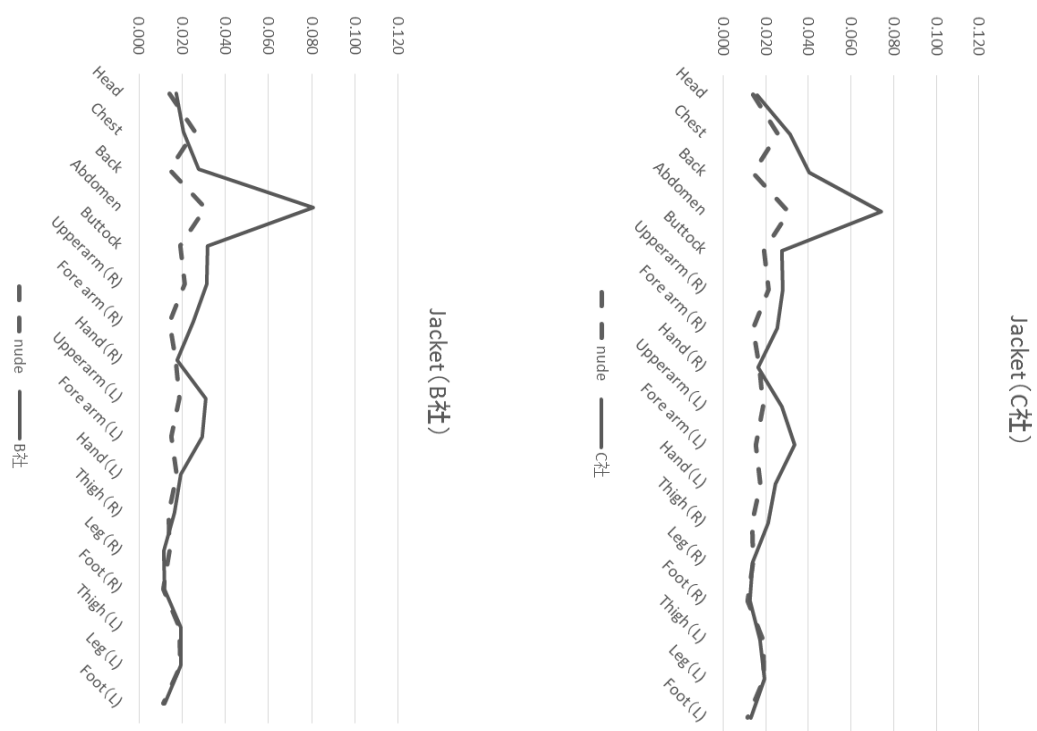
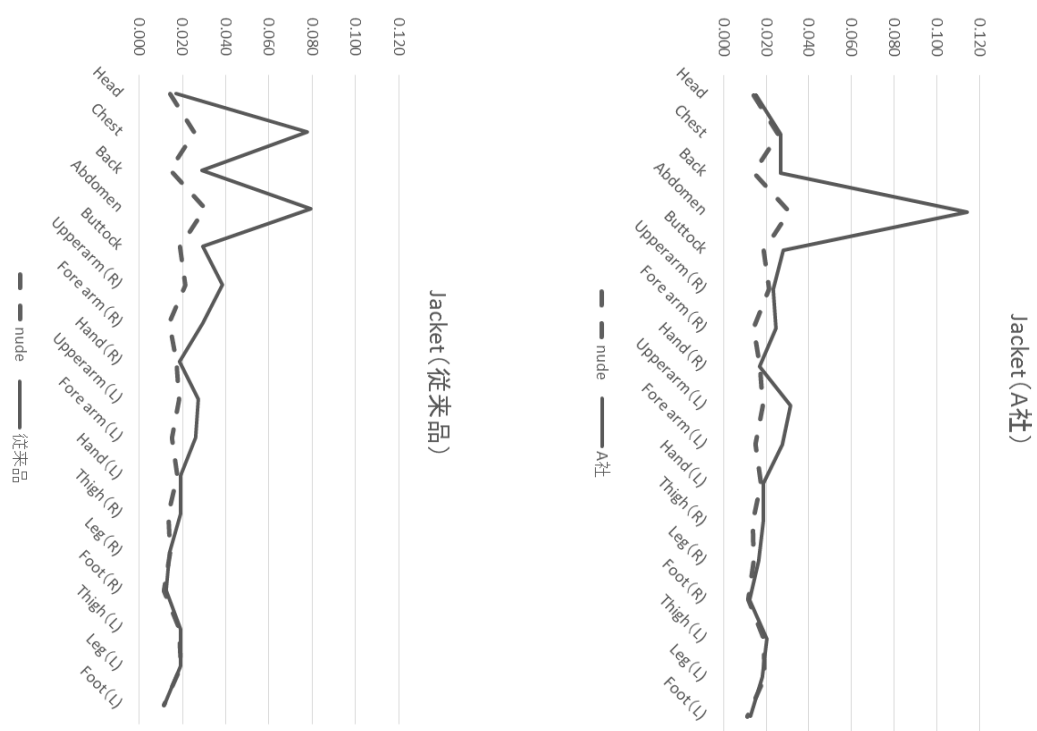
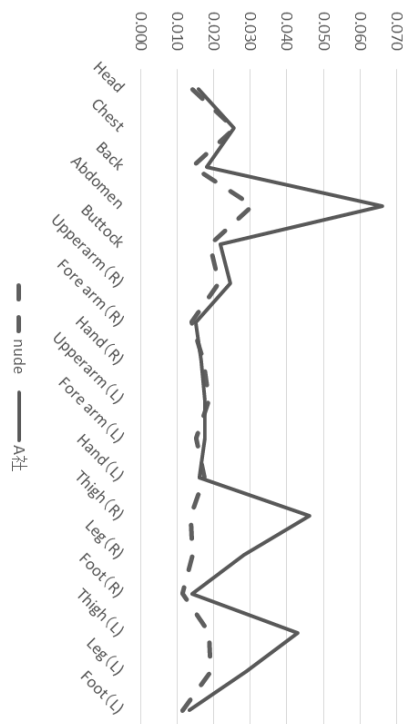


Fig.5.7 Comparison of evaporative heat resistance value of each company
(garments)

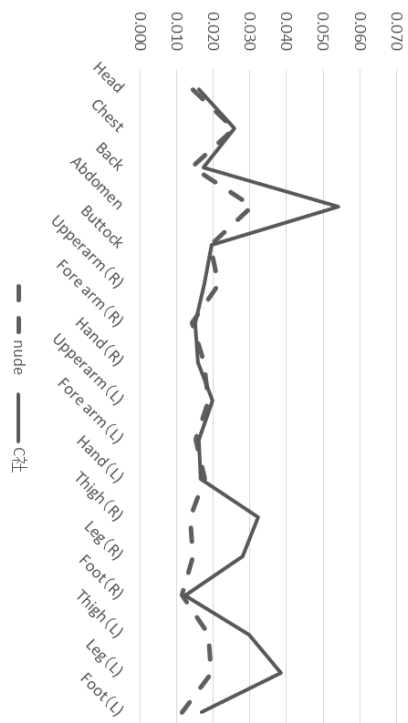


ジャケット

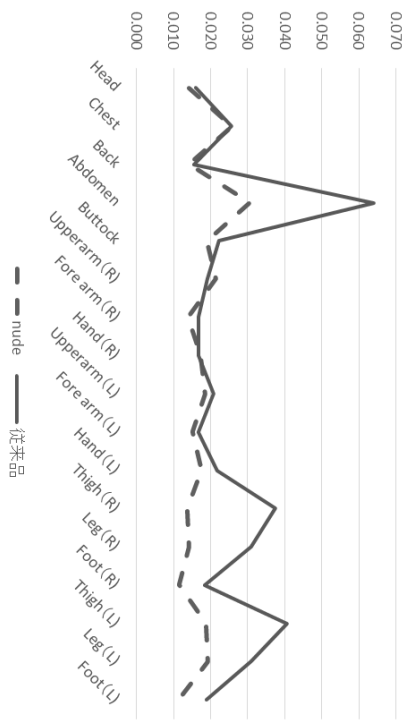
Pants (A社)



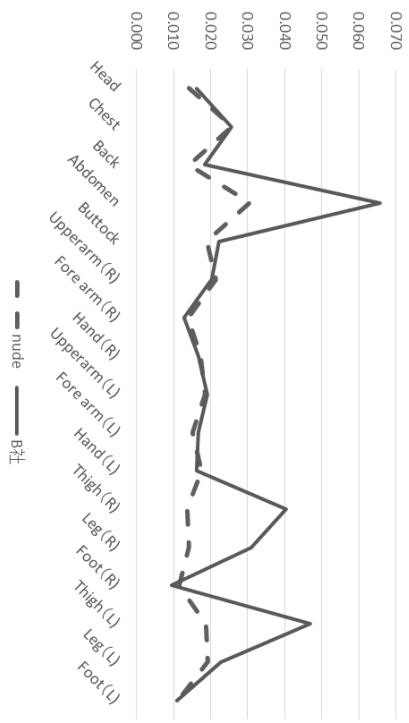
Pants (C社)



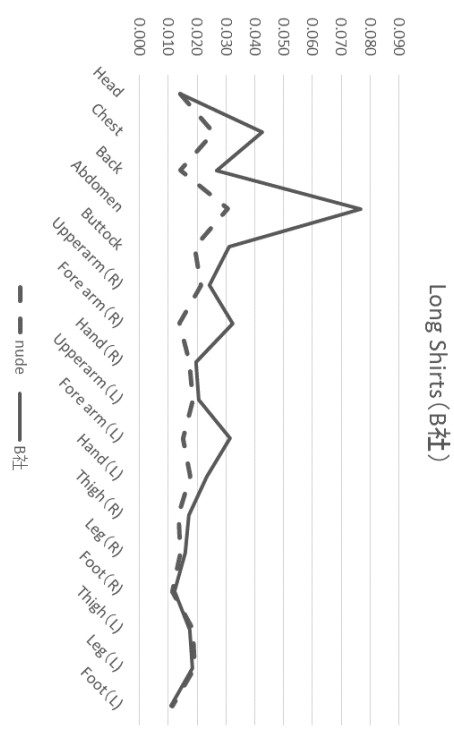
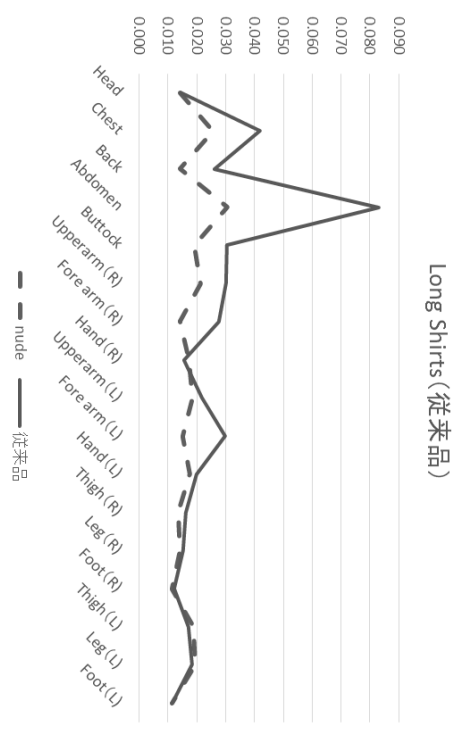
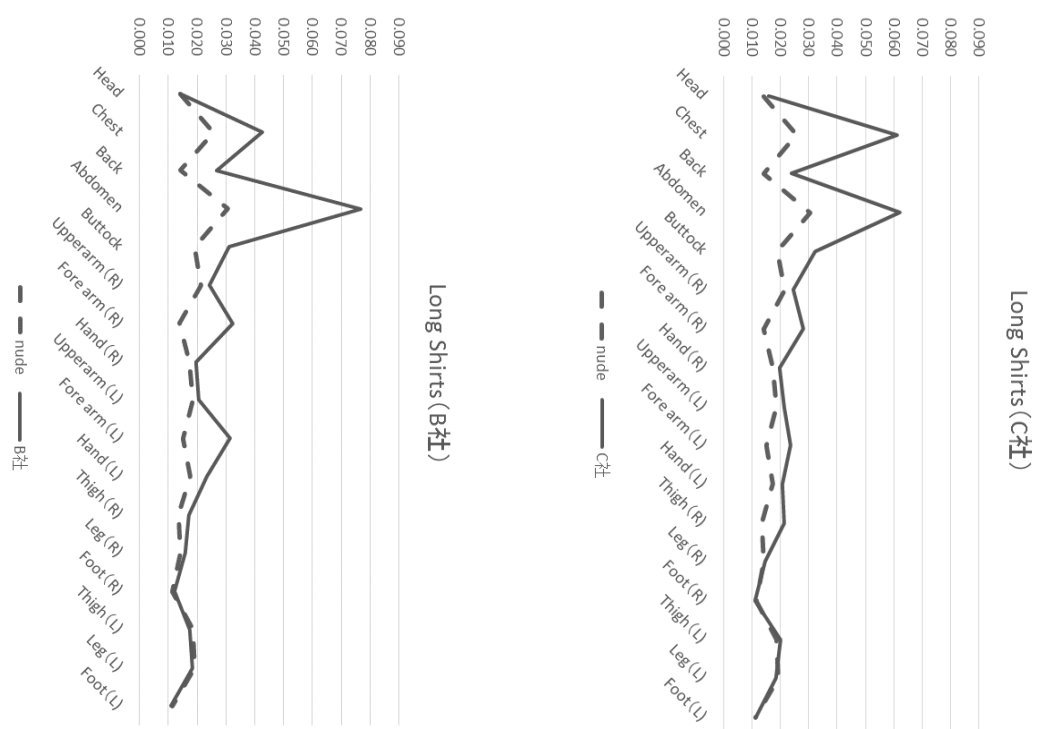
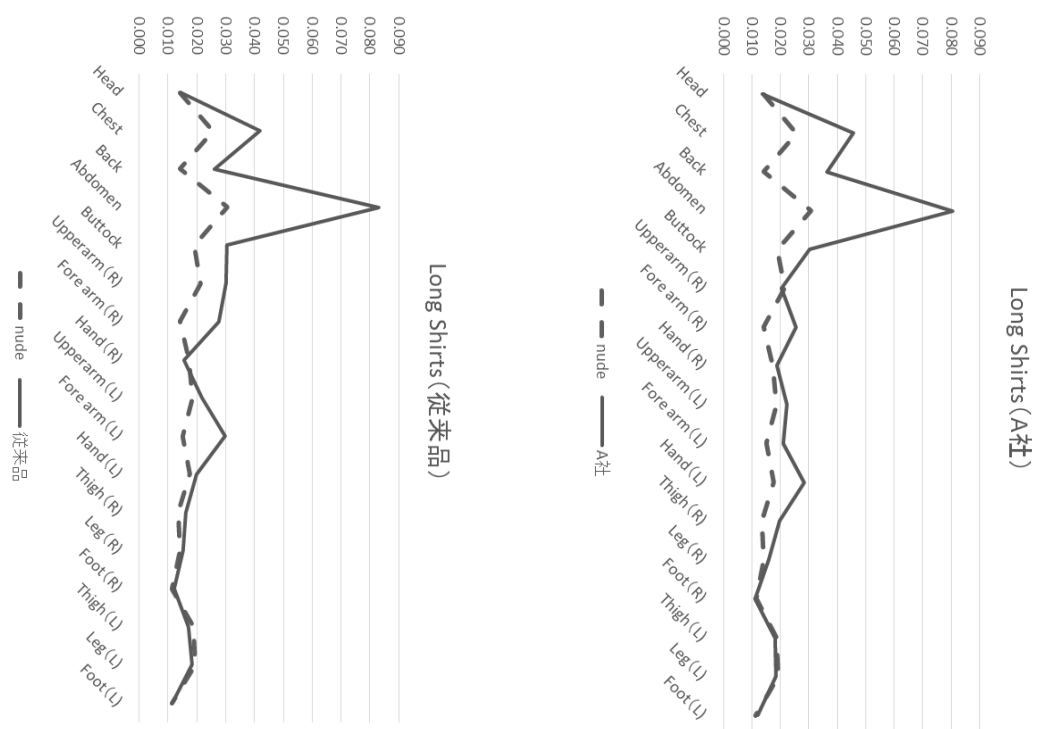
Pants (従来品)



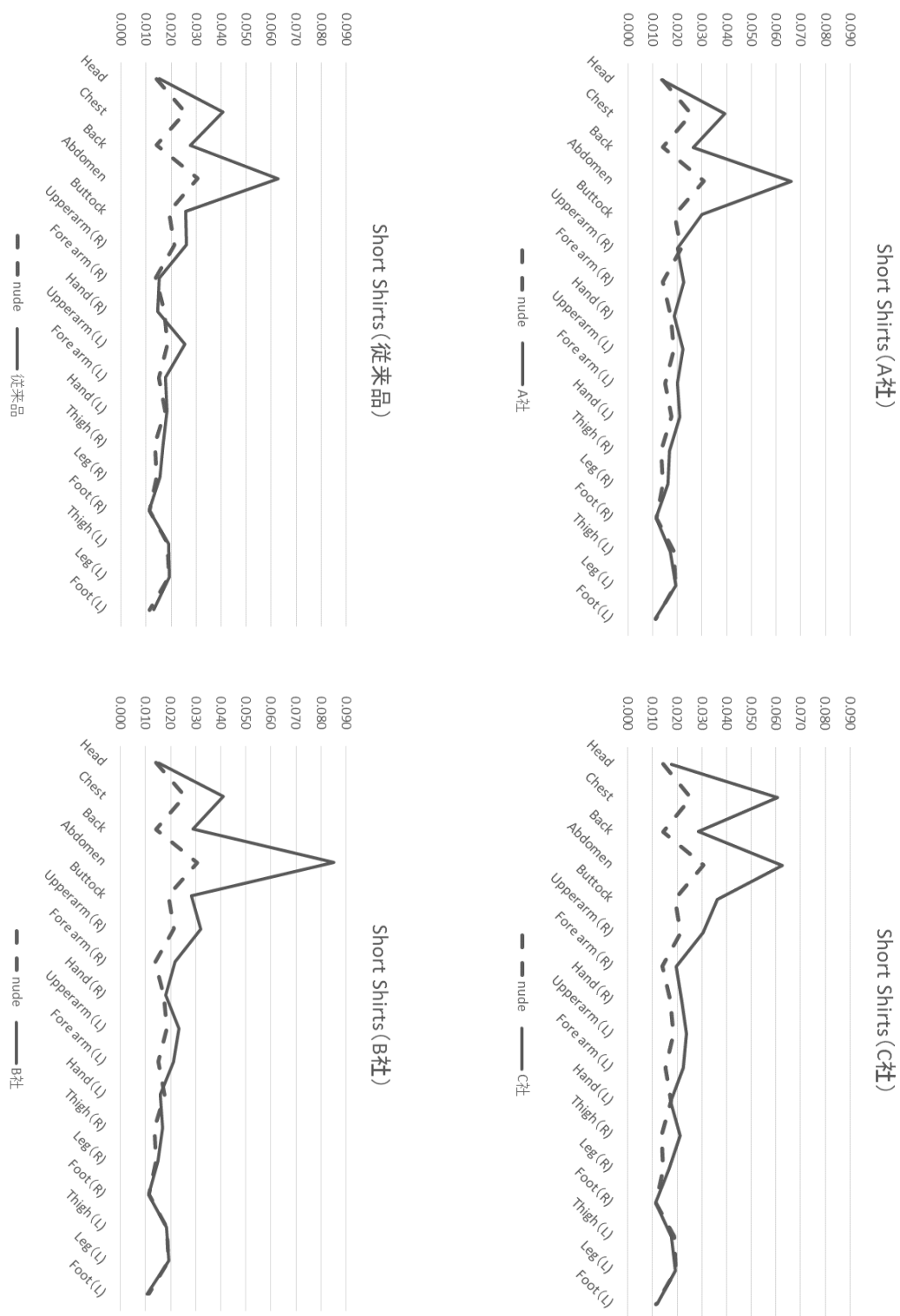
Pants (B社)



ズボン



長袖シャツ



半袖シャツ

Fig.5.8 Regional evaporative heat resistance value of garments

5.3.3 組み合わせ着衣の顕熱抵抗

これらの単品衣服を組み合わせ、さらにもっとも典型的な下着や靴下を共通に着用したときの着衣全体の顕熱抵抗の結果を表 5.4 と図 5.9 に示す。従来品と各社ともに繰り返し 3 回行った、平均値のデータである。組み合わせ衣服の顕熱抵抗は 0.74～0.84clo の範囲であった。スーツと半袖シャツの組み合わせの場合は A 社＞従来品＝C 社＞B 社の順であったがその差は少ない。スーツと長袖シャツの組み合わせの場合は従来品＞A 社＞B 社・C 社の順であった。スーツと長袖シャツの組み合わせの場合、クールビズキャンペーン前に購入した参考品が最も抵抗値が高く、開発品のクールビズ効果が認められる。

Table.5.4 Dry heat resistance value of ensemble

		組み合わせ						
	アイテム	被覆	厚さ	重さ	予測	単品	半袖Y-シャツ	長袖Y-シャツ
		面積(%)	(mm)	(g)	clo	clo	clo	clo
従来品	ジャケット	50	0.28	551.94	0.23	0.42		
	ズボン	45	0.26	306.92	0.21	0.25		
	半袖Y-シャツ	43	0.24	144.58	0.20	0.26	0.75	0.83
	長袖Y-シャツ	51	0.20	303.48	0.23	0.24		
A社	ジャケット	50	0.35	537.12	0.24	0.34		
	ズボン	45	0.35	331.64	0.22	0.23		
	半袖Y-シャツ	43	0.24	197.28	0.20	0.17	0.76	0.78
	長袖Y-シャツ	51	0.24	251.26	0.24	0.27		
B社	ジャケット	50	0.32	493.04	0.24	0.24		
	ズボン	45	0.32	316.61	0.21	0.22		
	半袖Y-シャツ	43	0.23	152.75	0.20	0.17	0.74	0.74
	長袖Y-シャツ	51	0.28	282.90	0.24	0.19		
C社	ジャケット	50	0.26	287.81	0.23	0.25		
	ズボン	45	0.35	336.78	0.22	0.27		
	半袖Y-シャツ	43	0.27	206.49	0.20	0.20	0.75	0.74
	長袖Y-シャツ	51	0.28	264.11	0.24	0.20		
共用	インナ T-シャツ	30	0.35	130.37	0.14	0.14	—	—
	ボックス	16	0.41	60.99	0.08	0.06	—	—
	ベルト	—	4.11	141.65	—	0.01	—	—
	靴下	14	0.82	48.68	—	0.01	—	—
	靴	9	—	737.12	—	0.01	—	—

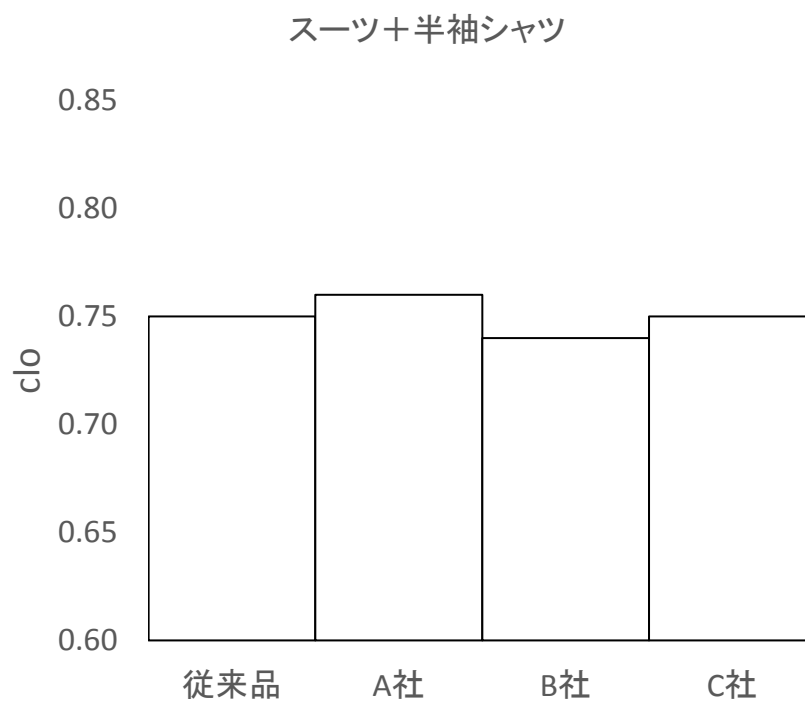
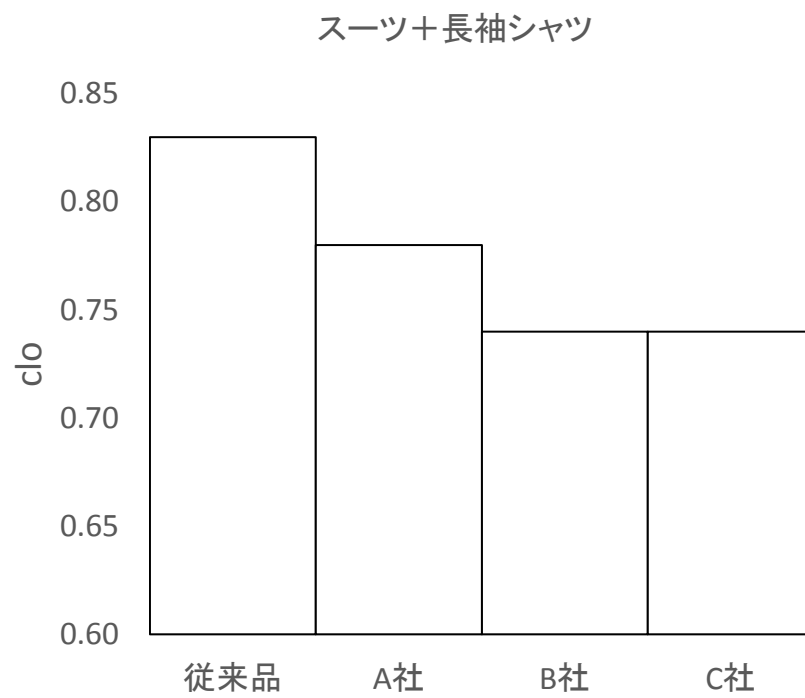


Fig.5.9 Comparison of dry heat resistance value of each company (ensemble)

5.3.4 組み合わせ着衣の潜熱抵抗

典型的な下着や靴下を共通に着用したときの着衣全体の潜熱抵抗の結果を表 5.5 と図 5.10 に示す。組み合わせ着衣の潜熱抵抗は $0.024 \sim 0.028 \text{ Re(kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W)}$ の範囲で、従来品 0.028 Re と開発品 $0.024 \sim 0.027 \text{ Re}$ の差は少ない。

Table.5.5 Evaporative heat resistance value of ensemble

組み合わせ								
	アイテム	被覆 面積(%)	厚さ (mm)	重さ (g)	予測 clo	単品 $\text{Re(kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W)}$	半袖Y-シャツ $\text{Re(kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W)}$	長袖Y-シャツ $\text{Re(kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W)}$
従来品	ジャケット(春夏)	50	0.28	551.94	0.23	0.0062	0.028	0.028
	ズボン(春夏)	45	0.26	306.92	0.21	0.0039		
	半袖Y-シャツ	43	0.24	144.58	0.20	0.0034		
	長袖Y-シャツ	51	0.20	303.48	0.23	0.0054		
A社	ジャケット(夏)	50	0.35	537.12	0.24	0.0037	0.026	0.027
	ズボン(夏)	45	0.35	331.64	0.22	0.0040		
	半袖Y-シャツ	43	0.24	197.28	0.20	0.0039		
	長袖Y-シャツ	51	0.24	251.26	0.24	0.0039		
B社	ジャケット(夏)	50	0.32	493.04	0.24	0.0045	0.026	0.026
	ズボン(夏)	45	0.32	316.61	0.21	0.0045		
	半袖Y-シャツ	43	0.23	152.75	0.20	0.0029		
	長袖Y-シャツ	51	0.28	282.90	0.24	0.0051		
C社	ジャケット(夏)	50	0.26	287.81	0.23	0.0054	0.024	0.027
	ズボン(夏)	45	0.35	336.78	0.22	0.0049		
	半袖Y-シャツ	43	0.27	206.49	0.20	0.0056		
	長袖Y-シャツ	51	0.28	264.11	0.24	0.0037		
共用	インナ T-シャツ	30	0.35	130.37	0.14	0.0024	—	—
	ボックス	16	0.41	60.99	0.08	0.0030	—	—
	ベルト	—	4.11	141.65	—	—	—	—
	靴下	14	0.82	48.68	—	—	—	—
	靴	9	—	737.12	—	—	—	—

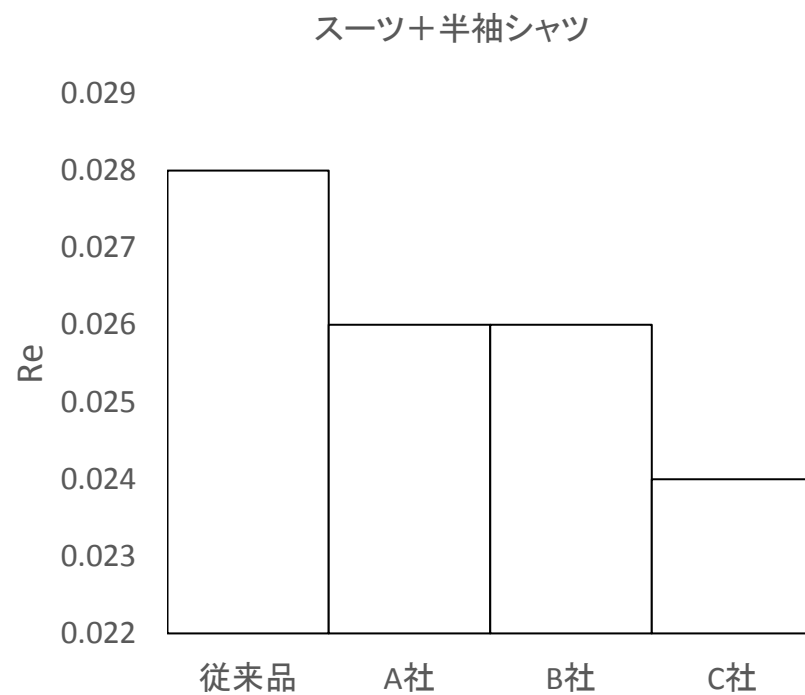
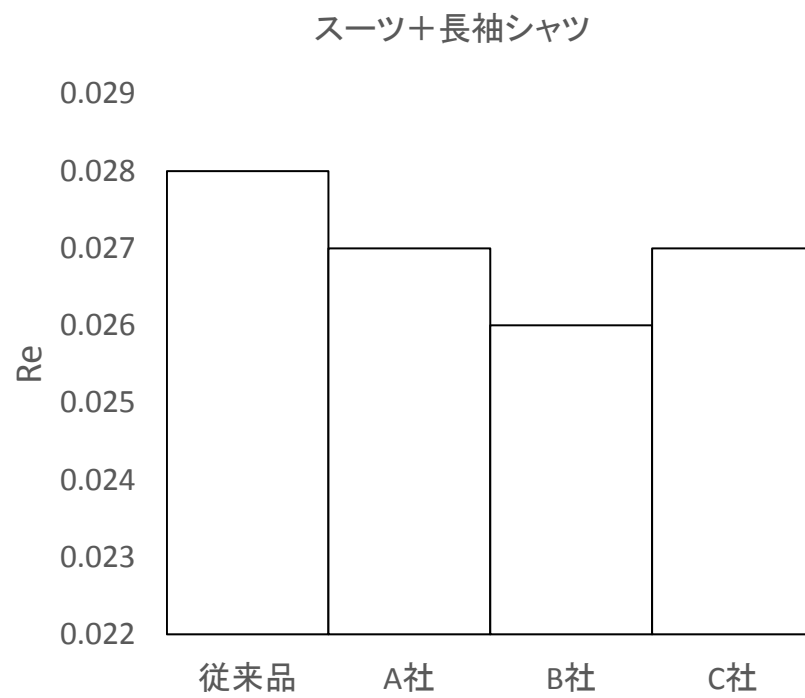


Fig.5.10 Comparison of evaporative heat resistance value of each company
(ensemble)

5.3.5 組み合わせ着衣の気候適応域の予測

組み合わせ着衣を Mecheels と Umbach が提案した方程式を用いて気候適応域を予測した。Mecheels と Umbach は着衣の顕熱抵抗と潜熱抵抗から、その衣服を着用したときの快適気候域を予測する式を(1)(2)のように提案している。この方程式に発汗サーマルマネキンで求めた先の結果 R_d と R_e を代入することによって、各組み合わせ着衣の快適気候域を算出した結果を図 5.11 に示す。各社が提案しているクールビズスーツが、クールビズ提案の基となった気温 28°C をクリアしているか否かについて検討を加えた。

各着衣の快適域から、相対湿度 60%RH の時の環境気温とみると、快適域の下限は、参考品で 22.0°C 、A 社 22.5°C 、B 社 22.8°C 、C 社 23.3°C とやや上昇している。一方、快適域の上限は参考品 26.8°C に対して、A 社 27.2°C 、B 社 27.8°C 、C 社 27.3°C となり、A 社が 0.4°C 、B 社が 1.0°C 、C 社が 0.5°C 高い気温で快適でいられることを示している。また、気候適応域の幅は従来品、A 社、B 社、C 社となり、快適域が広いといえる。しかし、いずれも 28°C をクリアするには至らず、さらなる改良が求められる。

$$ta \cdot min = 32 - Rd[H - 0.06(35.7 - Pa)/Re] \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$ta \cdot max = 36 - Rd' [H' - 0.3(44.6 - Pa)/Re'] \quad \dots\dots\dots (2)$$

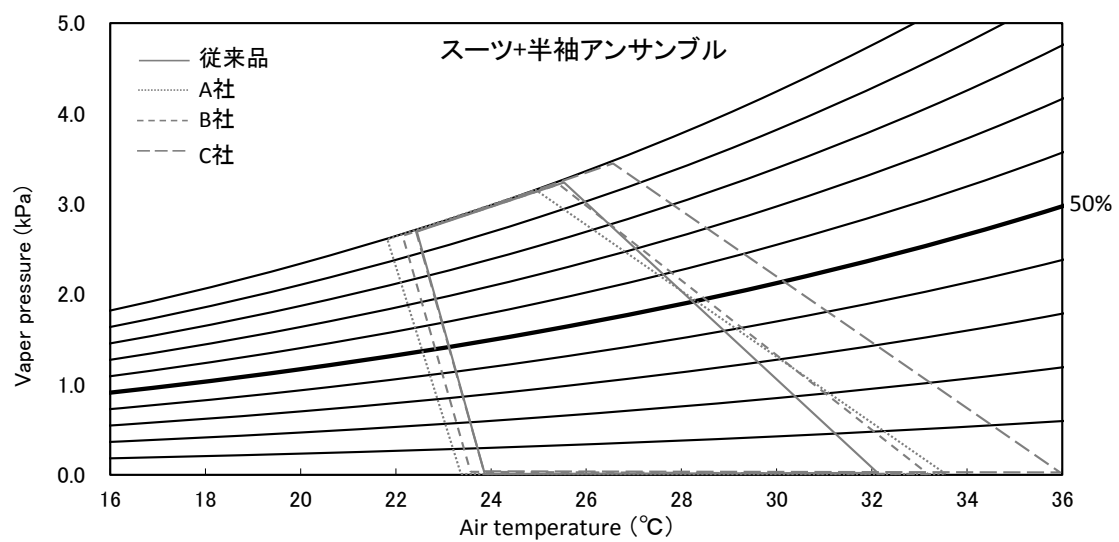
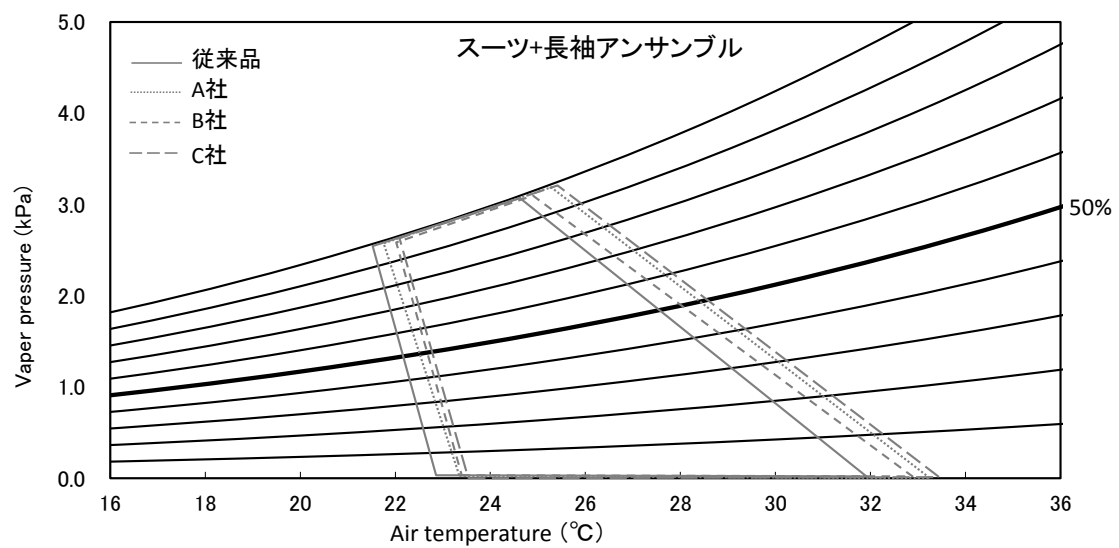


Fig. 5.11 Climate Adaptation Area (ensemble)

5.4 考察

以上の結果をみると、各社が涼しさを求めて開発している状況は認められるものの、単品ごとの顕熱抵抗 $I_{cl}(clo)$ は $0.19 \sim 0.42 clo$ の範囲であり、服種としてはジャケットが最も大きく、半袖シャツ、長袖シャツ、パンツの順となっている。また、ジャケットについては、従来品が最も高く、次いで、B 社 > C 社 > A 社の順、パンツについては、C 社 > 従来品 > A 社 > B 社となり、開発品はいずれも顕熱抵抗が低下、すなわち涼しくする工夫がうかがえる。半袖シャツは A・B 社が低く、長袖シャツは A 社 > 従来品 > C 社 > B 社であった。

本研究においては、人体の温熱状態をシミュレートした発汗サーマルマネキンを用いることによって、衣服を定量的に評価することができた。発汗サーマルマネキンは立体的な製品を対象とする測定装置である。

単品の潜熱抵抗は $0.0035 \sim 0.0063 Re(kPa \cdot m^2/W)$ の範囲である。服種別ではジャケットよりズボンの潜熱抵抗が大きく下半身の蒸れが推測される。服種別にみるとジャケットは従来品が顕著に高く、他は近似している。パンツについては、従来品 > A 社 > B 社 > C 社、半袖シャツは C 社 > 従来品 > A 社 > B 社、の順となっている。潜熱抵抗についても開発品で概ね改良の成果が示されているが、組み合わせ着衣の潜熱抵抗は $0.024 \sim 0.028 Re(kPa \cdot m^2/W)$ の範囲で、従来品 $0.028 Re$ と開発品 $0.024 \sim 0.027 Re$ の差は若干低下しているものの、大きな差とはならなかった。

さらに、組み合わせ衣服の快適気候適応域を算出した。この方程式を発汗サーマルマネキンで求めた先の結果に応用することによって、各組み合わせ着衣の快適気候域を算出し、各社が提案しているクールビズスーツが、クールビズ提案の基となった気温 $28^{\circ}C$ をクリアしているか否かについて検討を加えた。各着衣快適域から、相対湿度

60%RHの時の環境温とみると、快適域の下限は、参考品で 22℃、A 社 22.5℃、B 社 22.8℃、C 社 23.3℃とほとんど変わらない。一方、快適域の上限は参考品 26.8℃に対して、A 社 27.2℃、B 社 27.8℃、C 社 27.3℃となり、開発品の方が 0.5℃内外、高い気温で快適でいられることを示している。また、3 社の中では B 社が最も高く、快適域が広いといえる。しかし、いずれも 28℃をクリアするには至らず、さらなる改良が求められる。

発汗サーマルマネキンを用いて、単品衣服・組み合わせ着衣の顕熱・潜熱抵抗を測定し、従来品と比較することによって、開発品のクールビズ効果を検証した。人体の快・不快の感じ方はむしろ個々の特性よりも顕熱・潜熱抵抗との関係が強く、したがってこのようなシミュレーション装置によって、衣服の顕熱・潜熱抵抗測定することができた。

今後は 2011 年以降に開発・販売されたクールビズアパレルについても同様の評価を行い、深刻になっている地球温暖化の対策として真に有効なアパレル開発などの提供を検討していきたい。

引用及び参考文献

- 田村照子、李恩眞（2001）：低環境負荷型ファッション文化の創成に向けて、低環境負荷型ファッション文化に関する研究、pp5－8
- 田村照子（1985）：基礎被服衛生学、文化出版社
- 環境省、<http://www.env.go.jp>
- 田村照子（1990）：衣環境の科学、健帛社
- 山田巧、岩崎謙次（2010）：綿布の快適性に関わる熱・水分特性の抽出－スキンモデルを用いたシミュレーション実験－、東京都立産業技術研究センター研究報告、No.5
- 田村照子（2010）：衣服領域におけるサーマルマネキン利用・研究の現状と課題、空気調和・衛生工学、pp 84－2
- 田村照子（1998）：皮膚温・発汗サーマルマネキンの開発に関わる研究、科学研究費補助金研究成果報告書
- Mecheels,J. and Umbach,K.H（1977）：Thermophysiological properties of clothing system、Melliand Textilberichte、58、73－81
- 丸田直美（2005）：現代社会における各種温熱環境下での快適着衣量に関する基礎的研究、文化女子大学大学院博士論文
- 宮本征一（2008）：オフィス空間におけるスーツ着用時の温熱的快適域に関する研究－その2 夏季の中程度高温環境下における温冷感の男女の差異について、日本建築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、715 - 720
- 榎本ヒカル 他 2 名（2013）：あるクールビズ実施オフィスの温熱環境による人体影響に関する実態測定、HES37、30

- 奥窪朝子（1982）：着用量との関係からみた快適環境温度 - 個人要因を踏まえた快適条件の設定、生活文化研究、15、25-38
- 田辺新一、長谷部ヤエ（1993）：皮膚温度可変型サーマルマネキンによる室内環境評価法に関する研究、日本建築会計画系論文報告集、448
- 社団法人空気調和・衛生工学会（1997）：快適な温熱環境のメカニズムー豊かな生活空間をめざして
- Fanger.P.O（1970）：Thermal Comfort、Danish Technical Press、Copenhagen、Denmark
- ASHREA standard 55-81（1981）：Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- 花田喜代子 他 2 名（1981）：婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.22、No.10、430-437
- 花田喜代子（1983）：男子用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.24、No.8、363-369
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 1 報 重ね着による和服保温力基準値の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要 40(2)、157-168
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 2 報 成人男子洋服の保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、40(2)、169-176
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 3 報 成人女子の各季節別一般的衣服保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、40(2)、177-188

ISO9920 (2007) : Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble

ASHREA standard 55-81 (1981) : Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

人間－生活環境系会議 温熱指標等研究委員会 (2002) : PMV、SET*、clo に関する研究報告

田村照子、酒井豊子 (1999) : 着心地の追究、放送大学

内嶋善兵衛 (1996) : 地球温暖化とその影響、生態系・農業・人間社会

N.R.S. ホリーズ、R.F. ゴールドマン共編、中島利誠訳 (1996) : 着心地の科学－温熱因子・換気因子・構造因子・評価因子の相互作用－、光生館

日本繊維機械学会 (1981) : 被服機能 (被服科学総論、日本繊維機械学会被服学体系化分科会編、下巻)

薩本弥生 (2003) : 快適ライフを科学する

斉藤秀子、呑山委佐子 (2003) : 快適服の時代－ヒト・衣服・環境

第 6 章 総 括

6.1 総括

ファッションビジネスの領域においては、衣服のファッション性、すなわち個人の美意識や主張などを表現する手段としてのファッション性が重要視される。しかし、近年、地球温暖化や省資源などの環境問題が浮上する中で、人々はサステナブル・ファッション、また安全・安心・快適などの機能面を重視したファッションに関心を向け始めている。

環境省は、地球温暖化の影響要因とされている温室効果ガス CO₂ を減らす一環として、夏は「クールビズ」、冬は「ウォームビズ」の推進を提唱した。夏は 28℃の環境で快適でいられる軽装を、冬は 20℃で快適でいられる服装を積極的に活用しようというキャンペーンである。2010 年 9 月の環境省発表データによれば、クールビズの成果は、認知度 93.6%、冷房の設定温度を高く設定している企業は 61.8%、これを基に推計した二酸化炭素削減量は約 172 万トン(約 385 万世帯の 1 か月分の CO₂ 排出量に相当)とのことである。この運動は、海外にも波及し、イギリス、イタリア、スペインでも同様の試みがなされ、国連本部でも会議室の温度を 21℃から 24℃へ上げる「クール UN」を試行している。一方、クールビズにおける 28℃という設定温度は建築物における衛生的環境の確保に関する法律(通称：建築物衛生法、ビル管理法)の管理基準で定められた範囲(17℃～28℃)の上限に相当し、昭和 45 年に制定されたものである。

そこで、本研究では、今後のクールビズ運動をより積極的に推進することを視野に入れて、まず現在、日本のサラリーマンがクールビズをどのように受け止めているかについての意識調査を行うと共に、クールビズ開始以前の 2001/2 年と、これから 10 年を経た 2011/12 年の 10 年間の変化から、クールビズ効果の検証を試みた。また、快適環境の評価法である SET*と着衣による快適気候域を予測法である Mecheels と Umbach の式を用いて、2010 年に企業各社から提案され上梓されたクールビズスーツの気候適応域を予測し、今後のクールビズ推進上の課題を探ることを目的とした。

本論文は以下の 6 章により構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の目的及び文献的背景について記述した。文献的背景は、 1) 地球環境及びエネルギー問題 2) クールビズの提案 3) 快適環境の評価 4) サーマルマネキンと衣服評価への応用 5) ビジネスウェアの歴史 6) 日本のエアコン（クーラー）の歴史に分けて記述した。

第 2 章「夏季の通勤用男子ビジネスウェアに関する意識調査」では、日本在住の 20～60 歳代男性サラリーマンを対象に 2009 年 9 月～11 月にかけてクールビズに関するアンケートを行った。アンケート結果から、サラリーマンの多くは必ずしもノージャケット・ノーネクタイで通勤することが出来ず、相手や周囲に気兼ねして暑い思いをしていること、また許容範囲として選択された中の最も涼しいスタイルであっても、その気候適応限界の上限は 24.4℃となり、28℃という冷房設定温度は、サラリーマンにとって暑い環境であることが示唆された。意識としてはクールビズを歓迎しながらも、オフィスの場面によってはこれ以上のドレスダウンがしにくい、スーツは「きちんと感」を出すために欠かせないアイテムであると感じていることが明らかとなった。

第 3 章「定点観測による男子の季節による衣服着用率の変化」では、写真撮影による定点観測法を用いて、2011 年 6 月から 2012 年 5 月までの 1 年間にわたり、成人男性の年間衣服着用率変化を調査・分析した。クールビズやウォームビズ開始以前の 2001/2 年の同様な調査結果との比較を通して、定点観測法の再現性と妥当性を検証するとともに、クールビズ、ウォームビズの効果を把握した。調査対象者は 2001/2 年 7132 名、2011/12 年 7203 名である。結果は以下のようである。

1) 代表的な季節衣料であるコート、ジャケット、半袖シャツの着用開始時期と気温、着用終結時期と気温、気温上昇に伴う着用率の増減速度等、各服種の着用率とその季

節変化との関係を明らかにした。このような手法及び得られたデータは、ファッションビジネスにおける商品展開時期の予測に有効と考えられた。

2) 10 年間を隔てて実施された調査の結果であるが、年度ごとの気候変化にもかかわらず、着衣量の年間変動がほぼ類似し、再現性を確認することができた。

3) 調査対象の通行人は、基本的にその日の気候に応じた快適な着装をしていると考え、ASHRAE が推奨している環境温熱指標 SET*の快適域を用いて、気温と着衣量 (clo 値) との関係を検討した結果、両者ほぼ一致した。ただし気温 25℃以上の気候帯では気温の上昇とともに快適域からの乖離が増加した。暑熱下では社会規範による服装制約の下、快適着衣以上の着衣で我慢を強いられている状況が確認された。

4) クールビズ、ウォームビズ効果の確認のために、1 年を春夏秋冬に分けてそれぞれの着衣量の平均値を求め、2001/2 年と 2011/12 年の差を検討した結果、有意な差は認められなかった。しかし、調査対象をビジネスマンと判断される通行人に絞り、2001、2006、2011 年の 7 月と 8 月における着衣量及びネクタイ着用率を調査した結果、ジャケット着用率の減少、これに伴う着衣量の減少は平均 0.1clo、さらにネクタイの着用率は 82.5%、47.1%、11%と急激な減少を示した。ジャケットとネクタイに関するクールビズ効果は顕著であったことが確認できた。

5) 以上、定点観測法による着衣の年間変動観察が、再現性・妥当性ともに優れた有効な手法であることが検証された。しかし、写真撮影という観察手法は、外観観察にとどまり、下着の着用や各服種の素材については推定にとどまっている。現在のクールビズ開発は脱ネクタイ、脱ジャケットにとどまらず、むしろ素材開発にしのぎが削られている。その効果については、面接法、聞き取り法等、別途さらに精度の高い評価手法が必要である。

第 4 章「市販クールビズスーツ布地の顕熱・潜熱抵抗—スキンモデルを用いて—」

では、2010 年に上梓されたクールビズスーツと従来品を対象にスーツを構成している布地の組成、厚さ、熱・水分特性を評価した。

1) スーツの組成は C 社を除き、上下同一素材で、混用率は異なるが毛とポリエステル混紡が用いられている。C 社はジャケットに麻、ズボンには綿・ポリエステルの混紡が使用されていた。

2) 厚さはいずれも薄く、0.26～0.35 mmに分布し、裏地は 0.1 mmとさらに薄い。通気抵抗は全体的に低いものの、C 社のジャケットが最も低く、C 社のズボンが顕著に高い。

3) スキンモデルを用いて行った熱・水分特性を評価した結果、各布地の顕熱抵抗は $0.014 \sim 0.017 (^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1})$ の範囲であり、ジャケットよりむしろ長袖シャツが大きい。ジャケットでは C 社が高く参考品が低いことが示された。潜熱抵抗は $0.626 \sim 0.892 (\text{kPa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1})$ の範囲であった。C 社のズボンが高くジャケットでは B 社が高い抵抗を示した。ジャケット表地、ズボンとも開発品よりむしろ従来品の方が顕熱抵抗・潜熱抵抗ともに小さく、涼しいことが示唆された。

第 5 章「市販クールビズの顕熱・潜熱抵抗－発汗サーマルマネキンを用いて－」では、発汗サーマルマネキン (JUN) を用いて測定を行った結果は以下の通りである。

1) 単品衣服の顕熱抵抗は $0.19 \sim 0.33 \text{ clo}$ の範囲であり、服種としてはジャケットが最も大きく、半袖シャツ、ズボンの順となっている。また、ジャケットについては、参考品が最も高く、次いで、B 社 > C 社 > A 社の順、ズボンについては、参考品 > B 社 > A 社 > C 社となり、開発品ではいずれも顕熱抵抗が低下し、すなわち涼しいクールビズへの効果が示された。

2) 単品衣服の潜熱抵抗結果は $0.0035 \sim 0.0063 \text{ Re} (\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{W})$ の範囲であり、服種ではジャケットよりズボンの潜熱抵抗が大きく下半身の蒸れが推測された。服種別に

みるとジャケットでは従来品が顕著に高く、他は近似している。ズボンについては、従来品>A 社>B 社>C 社、ワイシャツは C 社>従来品>A 社>B 社、の順となっている。潜熱抵抗についても開発品で概ねクールビズに向けた改良の成果が示されている。

3) 組み合わせ着衣の顕熱抵抗は $0.76\sim 0.84\text{clo}$ の範囲であって、参考品>A 社>C 社>B 社の順であった。また、潜熱抵抗は $0.0095\sim 0.0118\text{ Re(kPa}\cdot\text{m}^2/\text{W)}$ の範囲にあり、参考品>C 社>A 社>B 社の順であった。顕熱・潜熱抵抗いずれも、参考品が最も抵抗値が高く、開発品のクールビズ効果が認められた。

第6章「総括」では各章を総括し、今後の課題について述べた。

以上、ビジネスマンの多くはクールビズを受け入れノージャケット、ノーネクタイに移行している現状が確認された。

しかし、ビジネスシーンでは、一定以上のドレスダウンが困難な現実もあり、これに対して、繊維、アパレル企業各社は新しいクールビズシャツ、スーツ等を提案している。本論文ではこれら製品の熱・水分特性を調査した結果、現在提案されているクールビズスーツは改良されてはいるものの気候適応限界はなお 28°C には達せず、今後さらなる改良が必要であるとの結論を得た。また、一方で、スーパークールビズなども提案され、今後ビジネスマンの服装規範をゆるめる方向の検討も考えられる。

今後とも新規に開発・販売されるクールビズ商品についても検証を継続し、真にビジネスマンが快適に仕事できる理解の整備に向けた発信をしてゆきたいと考える。

引用及び参考文献

- 社団法人 空気調和・衛生工学会（1997）：快適な温熱環境のメカニズム ― 豊かな生活空間をめざして、社団法人 空気調和・衛生工学会
- 内閣府（2016）：消費行動調査
- 婦人画報社書籍編集部（1989）：ビジネス・ウェア（MEN'S CLUB BOOKS 22）、婦人画報社
- 出石尚三（2010）：スーツの百科事典、有限会社万来舎
- ダイキン工業：http://cs.daikinaircon.com
- 一般社団法人 家庭電気文化会：http://www.kdb.or.jp
- 社団法人日本家政学会（1998）：日本人の生活－50 年の軌跡と 21 世紀への展望－、株式会社建帛社
- 田村照子（1999）：着心地の追求、放送大学教育出版会
- 人間－生活環境系会議 温熱指標等研究委員会（2002）：PMV、SET*、clo に関する研究報告
- 花田嘉代子、三平和雄（1977）：着衣の熱絶縁性能に関する研究－姿勢・動作を変化するサーマルマネキンの試作－、大阪市立大学生活科学部紀要、Vol25、83 - 93
- 花田嘉代子、三平和雄、大幡久仁子（1981）：婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.22、No.10、430 - 437
- 花田嘉代子、三平和雄、佐藤由美（1983）：男子用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維消誌、Vol.24、No.8、363 - 369
- 岩崎房子、田村照子（1985）：サーマルマネキンによる被服の熱抵抗に関する研究（第 2 報）、文化女子大学研究紀要、16、231 - 239

- 岩崎房子、丸山康子、笠原さつき、田村照子（1987）：サーマルマネキンによる被服の熱抵抗に関する研究（第3報）、文化女子大学研究紀要、16、22 - 33
- ISO-9920（1995、2004）：Ergonomics of the thermal environment — Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
- ISO-7730（1994）：Moderate Thermal Environment — Determination of PMV and PPD indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort
- 宮本征一（2008）：オフィス空間におけるスーツ着用時の温熱的快適域に関する研究 — その2 夏季の中程度高温環境下における温冷感の男女の差異について、日本建築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、715 - 720
- 竹森利和、中島健、庄司（1995）：人体熱モデルの開発 — 熱的快適性評価のための基本モデル開発、日本機械学会論文集、61、584
- 持田 徹（1977）：平均皮膚温の算出式に関する工学的研究—熱伝導率と皮膚面積で重み付けした平均皮膚温、日本建築学会論文報告集、259
- ヘレン・レイノルズ（文）、徳井淑子（監修）（2014）：世界ファッションの歴史—上着とズボン—、株式会社ほるぼ出版
- 石関 亮 他3名（2013）：日本の男服、神戸ファッション美術館
- 気象庁（2015）：気候系監視年報
- 全国地球温暖化防止活動推進センター：<http://www.jccca.org>
- 田村照子、李恩眞（2011）：低環境負荷型ファッション文化の創成に向けて、低環境負荷型ファッション文化に関する研究、pp5-8
- 田村照子（1985）：基礎被服衛生学、文化出版社
- 環境省：<http://www.env.go.jp>
- 田村照子（2004）：衣環境の科学、建帛社

- 山田 巧、岩崎謙次（2010）：綿布の快適性に関わる熱・水分特性の抽出—スキンモデルを用いたシミュレーション実験—、東京都立産業技術研究センター研究報告、No.5
- 田村照子（2010）：衣服領域におけるサーマルマネキン利用・研究の現状と課題、空気調和・衛生工学、pp 84－2
- 田村照子（1998）：皮膚温・発汗サーマルマネキンの開発に関わる研究、科学研究費補助金研究成果報告書
- Mecheels,J. and Umbach,K.H（1977）：Thermophysiological properties of clothing system、Melliand Textilberichte、58、73－81
- 丸田直美（2005）：現代社会における各種温熱環境下での快適着衣量に関する基礎的研究、文化女子大学大学院博士論文
- 榎本ヒカル 他 2 名（2013）：あるクールビズ実施オフィスの温熱環境による人体影響に関する実態測定、HES37、30
- 奥窪朝子（1982）：着衣量との関係からみた快適環境温度 - 個人要因を踏まえた快適条件の設定、生活文化研究、15、25-38
- 田辺新一、長谷部ヤエ（1993）：皮膚温度可変型サーマルマネキンによる室内環境評価法に関する研究、日本建築会計画系論文報告集、448
- Fanger.P.O（1970）：Thermal Comfort、Danish Technical Press、Copenhagen、Denmark
- ASHREA standard 55-81（1981）：Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- 日本規格協会（2011）：JIS ハンドブック繊維
- 内嶋善兵衛（1996）：地球温暖化とその影響、生態系・農業・人間社会

- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 1 報 重ね着による和服保温力基準値の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要 40(2)、157-168
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 2 報 成人男子洋服の保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、40(2)、169-176
- 稲垣 和子（1979）：衣服の保温力基準値の推定に関する実験的研究：第 3 報 成人女子の各季節別一般的衣服保温力の推定に関する実験的研究、神戸大学医学部紀要、40(2)、177-188
- 内嶋善兵衛（1996）：地球温暖化とその影響、生態系・農業・人間社会
- N.R.S. ホリーズ、R.F. ゴールドマン共編、中島利誠訳（1996）：着心地の科学－温熱因子・換気因子・構造因子・評価因子の相互作用－、光生館
- 日本繊維機械学会（1981）：被服機能（被服科学総論、日本繊維機械学会被服学体系化分科会編、下巻）
- 薩本弥生（2003）：快適ライフを科学する
- 斉藤秀子、呑山委佐子（2003）：快適服の時代－ヒト・衣服・環境
- 中山昭雄（1981）：温熱生理学、理工学社
- 全国地球温暖化防止活動推進センター：IPCC 第 5 次評価報告書特設ページ、
<http://www.jccca.org/ipcc/ar5/wg1.html>
- 環境省（2013）：適応策の評価指標の検討
- 環境省（2015）：STOP The 温暖化－緩和と適応へのアプローチ
- 経済産業省・資源エネルギー庁（2011）：エネルギー白書
- 佐古井智紀 他 2 名（2010）：日射を考慮した WBGT 熱平衡理論式の導出-WBGT 熱

- 平衡理論式への灰色グローブ温度の組込み-日本生気象学会雑誌 47(2)、107-118
- 大井元 他 3 名 (2000) : 屋外における着衣および温熱的快適性に関するアンケート調査その 2 : 着衣量の予測方法の検討および心理量に関する調査結果、日本建築会九州支部研究報告、第 39 号
- 今村律子 他 3 名 (1997) : 通学・通勤時の電車内温熱環境と着衣行動、大阪教育大紀要第 II 部門、45-2
- 仲松亮他 4 名 (2003) : 亜熱帯沖縄における着衣量の実態調査とその推定式、日本建築学会九州支部研究報告、第 42 号
- 木内豪 (2001) : 屋外空間における温冷感指標に関する研究、天気、日本気象学会、48、9
- 高橋優子、宮本征一 (2008) : 夏季におけるスーツを着用した青年女性の温熱的快適域に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集、4076
- 榎本ヒカル 他 3 名 (2009) : 「クールビズ」導入オフィスにおける勤務者の温熱環境評価、労働安全衛生研究、Vol.2、No.1、pp5-10
- VOGUE : <http://www.vogue.com/fashion-shows/>
- 社団法人 空気調和・衛生工学会 (1997) : 快適な温熱環境のメカニズム - 豊かな生活空間をめざして、社団法人 空気調和・衛生工学会
- 田村照子、丸田直美 (2004) : 現代社会における衣服着用率の季節変化 第一報 定点観測法の試み、日本気象学会誌、40(s)、pp 351-360
- 丸田直美、田村照子 (2004) : 現代社会における衣服着用率の季節変化 第二報 気象データによる予測、日本気象学会誌、32-2、pp 361-368
- 丸田直美、田村照子 (2009) : 歩行者の外観に基づく clo 値推定の試み—定点観測結果を用いて—、日本気象学会誌 46-4、pp149-158

安田 武、山階克子（1969）：衣かえの生態学的研究－1966～1967 年の大阪における
観察－、人類誌、pp 36-44

丸田直美、田村照子、有泉知英子（2006）：2006 年春夏衣服着用率にみるクールビズ
の影響－都心における定点観測より－、第 30 回人間－生活環境系シンポジウム報告
集、pp 105-108

内田直子 他 3 名（1989）：都市環境における成人男子の着装形態に対する気温の影
響、生活衛生、33、pp266-268

環境省：<http://www.env.go.jp>

石井昭夫 他（1988）：屋外気候環境における快適感に関する実験的研究、日本建築
学会環境系論文集、第 386 号、28-37

奥窪朝子（1982）：着用量との関係からみた快適環境温度－個人要因を踏まえた快適
条件の設定、生活文化研究、15、25-38

田辺真一（2004）：人間－熱環境系快適性数値シミュレータの開発、平成 12～15 年度
科学研究費補助金（基盤研究（A）（2））研究成果報告書

持田徹 他（1999）：暑熱領域における温熱感に及ぼす影響、空気調和・衛生工学会
論文集、No.72、p67～71

山田巧、岩崎謙次（2010）：綿布の快適性に関わる熱・水分特性の抽出－スキンモデ
ルを用いたシミュレーション実験－、東京都立産業技術研究センター研究報告、
No.5

田村照子（2010）：衣服領域におけるサーマルマネキン利用・研究の現状と課題、空
気調和・衛生工学、pp 84－2

田村照子（1998）：皮膚温・発汗サーマルマネキンの開発に関わる研究、科学研究費
補助金研究成果報告書

謝 辞

長きに渡りご指導を賜りました文化学園大学名誉教授、大学院特任教授田村 照子先生に、心から感謝の意を表します。誠にありがとうございました。修士課程においては、精神的に支えになって下さった共立女子大学教授の丸田 直美先生に心から感謝の意を表します

機能デザイン学研究室の斎藤 嘉代教授、小柴 朋子教授、永井 伸夫教授、佐藤 真理子准教授、須田 理恵准教授、松井 有子助手、青木 識子副手には心から感謝の意を表します。修士課程においては、当時助手としてお世話になりました文化服飾博物館に勤務の鈴木 知英子先生にも深く感謝申し上げます。英文の作成にあたっては文化学園大学教授 Robert Hicking 先生に多くの助言を頂きました。厚く御礼申し上げます。

その他に様々な場面においてお世話になりました全ての方に心より感謝申し上げます。

最後に永きにわたる学生生活をいつも陰から支え、応援してくれた両親と弟にも心から感謝申し上げます。