ノート

靴下のあたたかさの測定に関する研究

橋詰　史則*　古畑　雅弘*

A Study about Measurement of Warmth of Socks

HASHIZUME Fuminori* and FURUHATA Masahiro*

1.　緒　　言

編み地が直接肌に触れる下着や靴下は，同じ素材の糸でも編み方や使用する糸番手によってあたたかさの感じ方が異なる。この現象は一部体験的に把握されているが，着用に関する具体的データはあまり見られない。製造するメーカーとしてはより良い商品を開発するため，このような着用に関するデータ蓄積が必要である。またそれらのデータは販促資料として活用することも期待できる。

本研究は課題解決型受託研究（ミニ共同研究）として上記のようなニーズに対応するため，新しく開発した靴下と従来商品，他社商品を比較し，どの試料が保温力があり，着用時あたたかいと感じるのか多角的な点から試験評価を行った。

2.　試験

2.1　試験試料

本研究では申請企業から提出された，今までよりも更にあたたかさを追求した開発中の新商品（以下新商品），その新商品の裏地を取り除いたもの（裏地無し），従来品のあったか靴下（従来品），他社製の通常の靴下（通常靴下）の計 4 点を試料とした。図 1 に各試料を示す。

2.2　接触冷温感（q-max）測定

保温性試験機（カトーテック株式会社製 THERMO LABO Ⅱ）を使用して，熱を蓄えた純銅板が試料表面に接触した直後に，蓄えられた熱量が低温側の試料物体に移動する熱量のピーク値（q-max）を測定した。一般に，q-max は人の皮膚

図 1　左から新商品，裏地無し，従来品，通常靴下

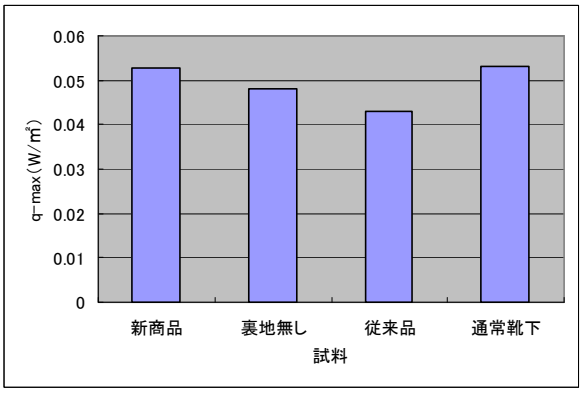


図 2　接触冷温感(q-max)

が物体に触れたときに感じる冷温感に対応した値で，この値が大きいほど冷たく，小さいほどあたたかく感じる度合いが強いと言える [1)]。

試料は足に巻き付けたときの状態を再現するため，張った状態で保持できる治具に取り付けて測定した。結果を図 2 に示した。

従来品の値が最も小さく，4 種類中最も触れたときにあたたかく感じるという結果になった。新

*　素材応用技術支援センター

商品の値は従来品より大きく，触れたときに従来品より冷たく感じるという結果になった。これらの結果は足に着けた直後の感触に関連するものと言える。従来品は編み目が大きいことと起毛処理により銅板との接触面積が小さく，移動熱量も小さかったと考えられる。新商品は裏地の細かい編み目により接触面積が大きく，移動熱量が大きくなったと考えられる。

2.3　熱伝導率測定

保温性試験機（カトーテック株式会社製 THERMO LABO Ⅱ）を使用して，熱を蓄えた純銅板から，接触している試料に奪われる熱量の値である定常熱流損失値を測定し，以下の式によって熱伝導率 K を求めた。試料の厚さは厚さ測定器を用い，張った状態での厚さを測定した。

$K=(W\cdot D)/(A\cdot \Delta T)$　　(W/m・℃)

W：純銅板の定常熱流損失(W)
D：試料の厚さ(m)
A：純銅板面積(m^2)
ΔT：試料の温度差(℃)

結果を図 3 に示す。各試料の厚さが同一であると仮定すると，熱伝導率が大きければ試料内の温度（体温）を外部に伝えやすいと言えるので，保温性の面では不利であると考えられるが，実際は試料ごとに厚さが異なるので，熱が奪われやすいかどうかは測定した定常熱流損失の値が実態に即

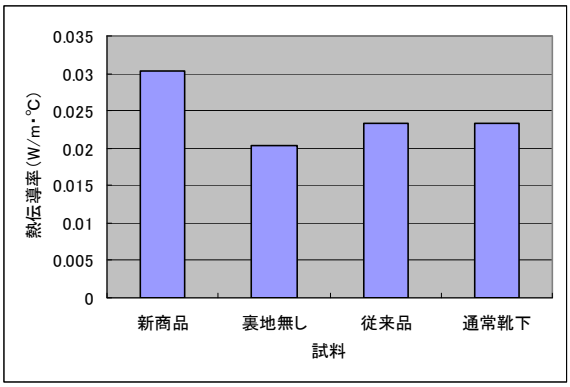


図 3　熱伝導率

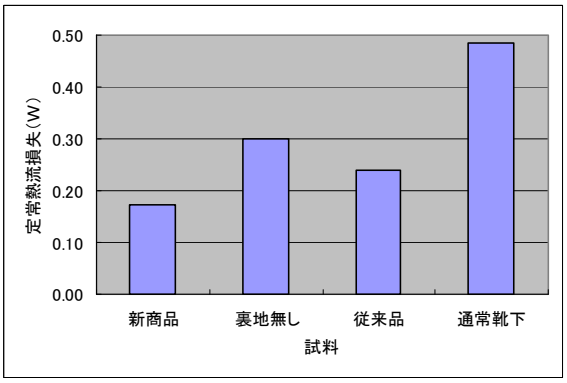


図 4　定常熱流損失

表 1　厚さと定常になるまでの時間

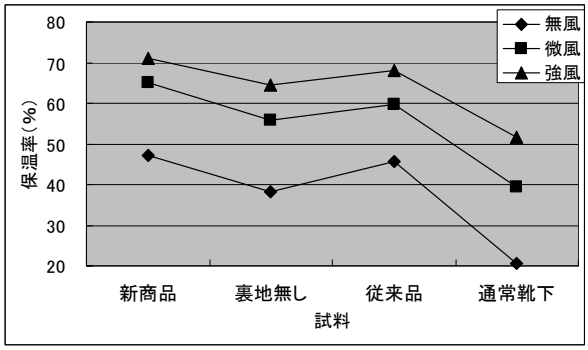
	新商品	裏地無し	従来品	通常靴下
平均厚さ(mm)	4.4	1.7	2.4	1.2
定常までの時間	約8分	約6分	約5分	約2分

している。定常熱流損失値を図 4 に，測定時の試料の厚さと熱流損失が定常になるまでの時間を表 1 に示す。これらを合わせ，新商品について考えると，厚さ（4.4mm）があるので試料自体があたたまるまで時間がかかるが（約 8 分），あたたまった後は厚さがあることにより外部に奪われていく熱量は少ない（4 試料中最小の熱流損失）ので，履いてからしばらく経った後はあたたかい状態を保つことができるということになる。新商品は従来品より熱流損失が小さく，裏地無しは従来品より熱流損失が大きいので，従来品と比べてあたたかいかどうかは裏地の有無が影響している。

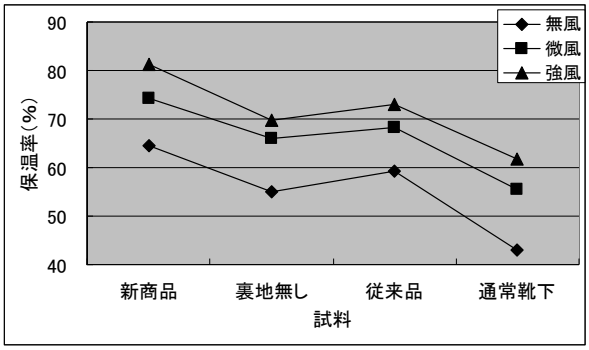
2.4　保温性試験

保温性試験機（カトーテック株式会社製 THERMO LABOⅡ）を使用して，ドライコンタクト法とウェットコンタクト法の 2 方法で保温性を測定する試験を行なった。

保温性の測定方法は，円筒風洞内の熱を蓄えた純銅板上に，試料を取り付けた枠を保持する。銅板温度を 30℃に設定し，無風時と微風時（0.3m/s）および強風時（1m/s）の 3 条件で，銅板温度を保つための消費電力を測定する。試料を付けた時と付けない時の消費電力の差を保温率とし，数値が大きいほど保温性が高いことを示している。ドライコンタクト法は，人が衣服を着用したときの保



(a)　ドライコンタクト法



(b)　ウェットコンタクト法

図 5　保温性

温性を想定した測定法であり，ウェットコンタクト法は，人が衣服を着用し，汗をかいたときの保温性を想定した測定法である。ウェットコンタクト法の場合は，銅板と試料を取り付けた枠の間に濡らした濾紙を設置する。結果を図 5（a），(b) に示す。

ドライコンタクト法, ウェットコンタクト法とも，新商品が最も高い保温率となった。従来品の数値と比較すると，裏地無しは従来品より保温率が低いが，新商品は，細かい編み目で厚みもある裏地が付いたぶん外気を遮断し，従来品よりもあたたかさを保つことができるようになったと言える。

2.5　恒温恒湿槽を使用した保温特性試験

恒温恒湿槽の温度変化に伴って，試料を取り付けたペットボトル内の水温がどのように変化するかを測定することにより，試料ごとの保温持続性を把握する試験を行った。

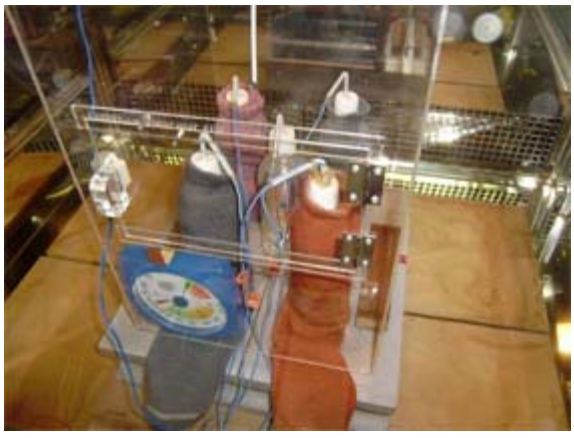


図 6　試料設置状態

恒温恒湿槽内中心に発泡スチロール製ブロックを置き，その上に試料を取り付けたペットボトルを設置した。試料に直接槽内の強い風が当たらないよう，ブロックとの間に 20mm の隙間を空けてアクリル製囲いを被せた。ボトル内には 500ml の純水を入れ，底面から約 90mm の位置に測定部が来るよう熱電対を設置した。ブランクとして試料を被せないペットボトルと，槽内温度を測定する熱電対も設置した。図 6 に設置状態を示す。

設定は 36℃・50%RH から 0℃へ 1 時間かけて下げるプログラムを 2 サイクル行った。また各設定を 17 時間保持した。

1 サイクル目の測定結果を示したものが図 7 である。恒温恒湿槽内の温度の低下に伴って，各試料内の水温も低下している。その過程で，新商品が最も緩やかに低下してきていることが分かる。測定開始から 4 時間後では新商品の水温は従来品よりも約 2.5℃温度が高く, それだけ新商品の保温性が高いという結果になった。

2 サイクル目の測定結果においても同様の傾向であった。また，1 サイクル目終了時から 2 サイクル目に移る際の，槽内温度を再び 36℃に上げる時間帯では，新商品の水温が最も低く推移していた。このことからも，新商品が他と比べて保温性が高いと言うことができる。

定常熱流損失値や保温性の測定においては，新商品は従来品より良い結果であるが，裏地無しについては従来品より悪い結果であった。裏地の有無が結果に影響していることが伺えたが，本試験については裏地無しでも従来品より保温性が高い

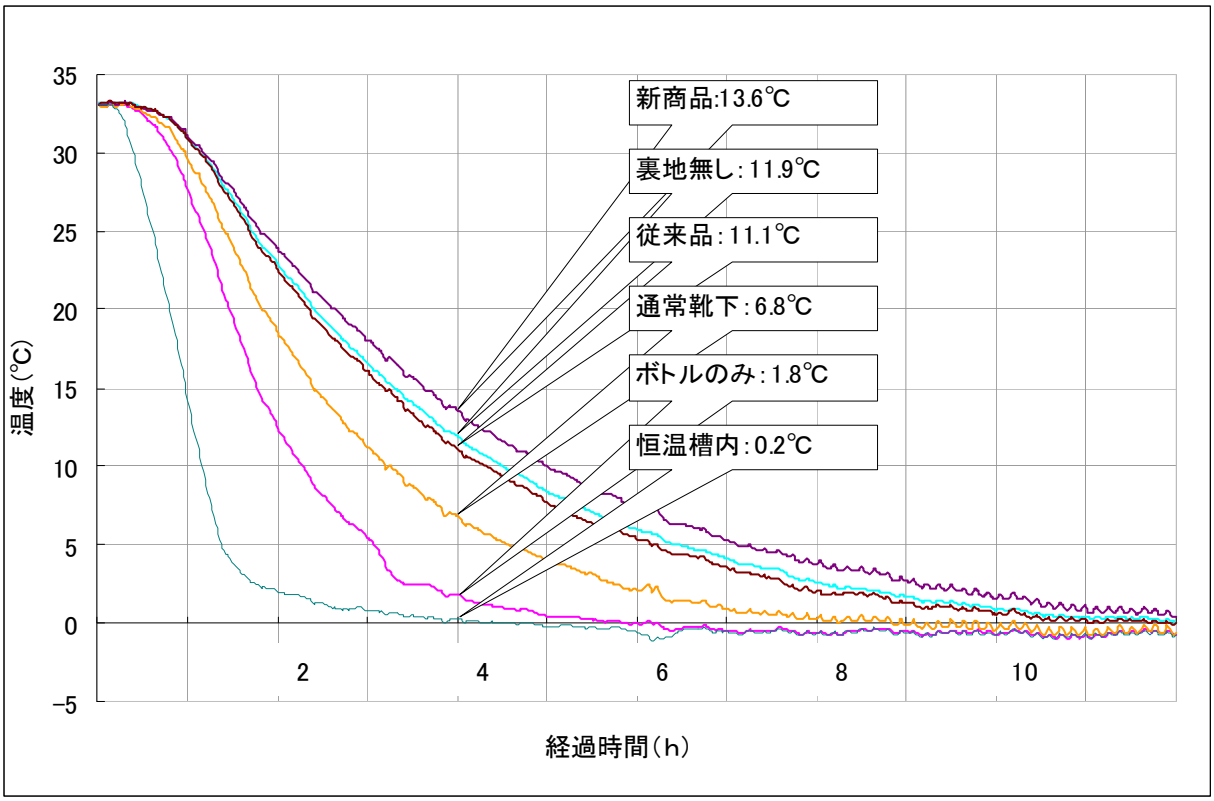


図 7　保温特性試験

結果となった。

3.　結　　言

(1) 各試験を行い総合的に評価すると，新商品が最も良い結果となった。また裏地の効果が大きいことなど，開発の方向性を明確にすることができた。

(2) 独自に設定し実施した，恒温恒湿槽を使用した保温特性試験において，保温性の差が明確に分かる結果を得ることができ，製品性能の評価方法として有効であることが分かった。

(3) 実際の着用時の評価に近い試験結果を得られるよう，今後も同様の試験を行い，データを蓄積していくことが必要である。

(4) 本研究終了後，今回の研究結果を踏まえ，申請企業から秋冬向けの靴下新商品として発売された。試験結果は実際に製品カタログに掲載された。研究成果が商品開発の支援となるともに，販促資料としても活用された事例となった。

参考文献

1) カトーテック(株)，保温性試験機 KES-F7 THERMO LABO Ⅱ TYPE カタログ