

赤外線反射フィルム製帽子による遮熱効果

片山 倫子*, 南澤 詩乃**, 坂庭 しずく***

(平成 24 年 12 月 20 日査読受理日)

Examination of the Heat Rejection Effect with a Hat Made from Infrared Reflective Film

KATAYAMA, Michiko MINAMISAWA, Shino and SAKANIWA, Shizuku

(Accepted for publication 20 December 2012)

キーワード：赤外線反射フィルム，遮熱効果，赤外線照射装置，赤外線ランプ，帽子

Key words : infrared reflective film, heat rejection effect, infrared irradiation equipment, infrared lamp, hat

1. はじめに

近年，赤外線をカットする加工を施していると表示されている，涼しさを売り物にした日傘や帽子を店頭で見かけるようになった。

夏季の日中高温時に実際に使用する人にとって，これらの熱遮断能がどのくらいのものなのか？従来の帽子や日傘と比べて大きな違いがあるのかどうか？という点に興味を持った著者は，これまでに明らかにされている赤外線に関する情報を検索したが，繊維製品を試料として赤外線による熱遮断能力を明らかにしている研究報告は無く，この点に関する十分な情報が得られなかった。

繊維製品が赤外線を効率よく反射して熱遮断能を有する場合に考えられる因子としては，①繊維そのものが熱遮断能を有する．②繊維を染めている染料やその他の特殊な加工剤が熱遮断能を有する．③繊維構造等，被服材料の形状が熱遮断能に関わっている．等が考えられる．しかしながら実際に帽子や日傘を使用している時に得られる熱遮断能はこれらが相互に作用して一つの製品としての熱遮断能が生じることになる。

初期の計画としては，特に②に着目し，機能的染料と高分子フィルムとを相溶性のある有機溶媒に溶かし，溶媒を飛ばしてこれから機能的染料を含有する高分子フィルムを作り，このフィルムを使った実験計画を考えた．しかし赤外部に大きな吸収を有する赤や黄や濃い青と言った有色の機能染料は作られて居らず，入手出来なかった．無色又は薄い青色の物質で赤外線を吸収する能力の優れた以下の製品，ポリメチレン系化合物 KAYASORB IR-820(B)，アントラキノン系化合物 KAYASORB IR-750，ジモニウム系化合物 KAYASORB IRG-068 等は入手可能で

あったので，各種有機溶媒に易溶である IRG-068 を使う方法を検討したが，取り扱い上の問題点が多く，この方法も断念せざるを得なかった。

一方，地球温暖化・省エネルギーの対応策として，夏季に車内¹⁾または室内²⁾の昇温を押さえるために，赤外線を効率よく反射して高い遮熱効果を得ることができる塗料³⁾やフィルム等はすでに開発が進んでいた．そこで前述の②については特許等の関係から詳細は明らかにされていないものの，赤外線反射能を有するフィルムと赤外線反射能を持たないフィルムとが入手出来たので，これらを使って，以下の事項を明らかにすることを目的として，本研究を進めることにした．

- 1) 遮熱能の差が確認出来るような実験方法を考案すること
 - 2) ③の織り構造の違いと赤外線遮断能との関係
 - 3) ①の素材そのものと赤外線遮断能との関係
- 具体的には，以下を実施した．

帽子を被っている状況をモデル化した試験方法で，屋外の太陽光線下で実際に経験する帽子の熱遮断能を調べるための露光装置を試作する．さらに実験の再現性を高めるために，室内で人工光源に換えた露光装置を用いて実験をし，屋外とほぼ同じデータの得られる条件を確認する．

日射による温度上昇を抑える効果を有する赤外線反射フィルムを用いて帽子のモデルを複数個作製し，それぞれの示す遮熱効果を調べる．

夏用の帽子の原材料として用いられている布帛で作ったモデル帽子や，アルミ箔で作ったモデル帽子について試作した露光装置を使って赤外線遮断能を測定する．

これらの実験を通して，2，3の知見を得たのでここに報告する．

* 本学名誉教授元服飾美術学科被服整理学研究室

** 元服飾美術学科被服整理学研究室

*** 服飾美術学科

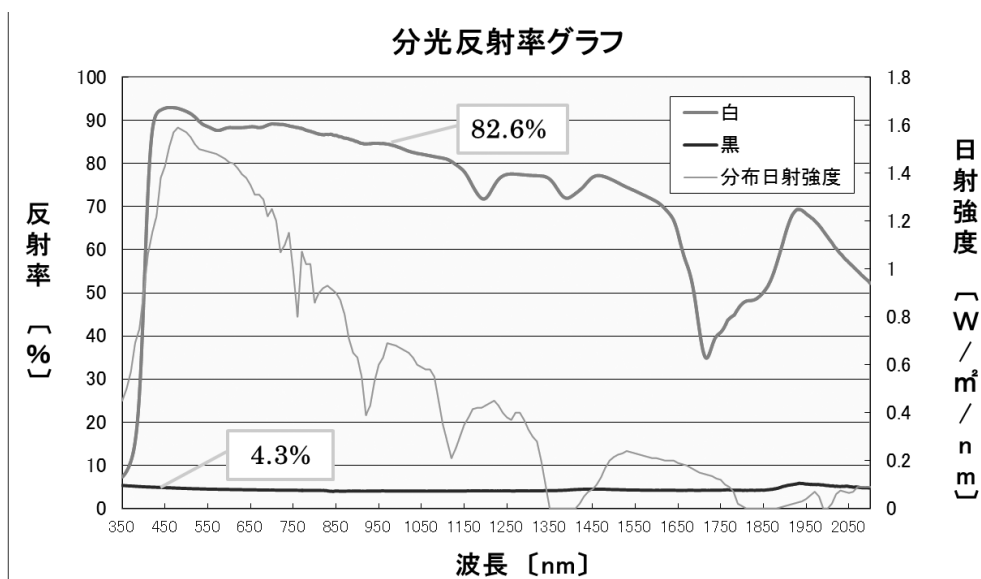


図1 供試フィルム（2種）の分光反射特性
 白色フィルム（図中に82.6%と表示） 黒色フィルム（図中に4.3%と表示）

2. 実験方法

1) 供試赤外線反射フィルム

白色および黒色の2種フィルム（三木コーティングデザイン事務所提供；塩化ビニル製で厚さは0.3mm）を供試サンプルとした。それぞれの反射特性を図1に示した。

2) モデル帽子の作製

帽子をかぶせる台としてガラス製の合口薬膏壺の蓋を取って上下を逆さにしたもの（図2）を準備し、これをフィルムで完全に覆う形の筒状の帽子モデル（図3）を作った。表わら帽にヒントを得てこのフィルムを細ひも状に切断したもので平織の織物（図4）を作り、これで帽子の上部（円形にした）を覆ったもの（図5）を含め表1に示した各種モデル帽子を作成した。

3) モデル帽子の遮熱効果を調べる露光実験

表1に示した各種モデル帽子を、蓋を取り上下を逆にし、図6-1に示した方法で設置したガラス製の合口薬膏壺（100cc用；直径6.0cm×高さ6.7cm、底面のガラスの厚さ約8mm）にかぶせた。発泡スチロール製架台の下側から上下を逆にした合口薬膏壺の内部に向けてアルコール温度計の液だめ部をモデル帽子内に3cm出すように挿入した。実際に帽子を着用している時には、頭と帽子との間の空間の温度が重要になると思われるが、本実験ではこの合口薬膏壺と発泡スチロール性の架台で仕切られた合口薬膏壺の内部の空間の温度を帽子と頭の間の空間の温度と見なしている。架台上に同時に3つのモデル帽子を設置することが出来たので、その内の1つは常時ブランケット用としてモデル帽子の無い状態での測定に供した。

人工光源として熱電球（図6-2；爬虫類の保温用電球として特別に設計された反射形白熱電球。商品名は

Basking Vita-Lite (V/W (30 watt/100 Volts)) を使用し、上方5cmの距離からモデル帽子に照射（図6-3）した。計測場所は、被服整理実験室で、室温は25℃とし、装置に帽子を装着して1時間静置後に照射を開始し、所定時間（1, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50分）経過後の合口薬膏壺内の温度を測定した。同条件で3回以上測定を繰り返した。

3. 実験結果および考察

1) 試作した装置による露光実験

この露光装置による遮熱効果の実験の再現性を確認するために屋外にて太陽光線を照射する実験、および屋内にて人工光源を用いて照射する実験の、それぞれのブランケットをを試みた。この結果を表2に示した。屋外実験（表2-2）は、平成23年夏季の晴天で風のない日中（測定中の外気温30-33℃）に実施し、屋内実験（表2-1）は同時期に25℃にコントロールした学内の被服整理実験室において実施したものである。この屋内実験条件下では30分間の露光で合口薬膏壺内の温度がほぼ一定になった。このことからこの装置による実験結果の再現性に問題が無いことはわかった。因に、屋外で太陽光を40分間露光する実験をこの装置を使って別々の日に5回繰り返した際の再現性としては、白色フィルム製モデル帽子では平均温度が37.5℃（標準偏差0.50）、黒色フィルム製モデル帽子では平均温度が46.0℃（標準偏差1.22）であった。

しかしながら屋外実験は屋内実験に比べると天候に左右され同一条件での長時間の実験が難しいので、以降の実験には人工光源を用いた装置（図6-3）による屋内実験をおこなうこととした。

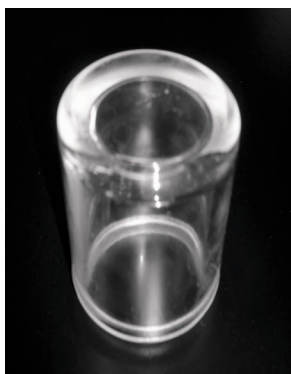


図2 帽子をかぶせるために用いたガラス製の合口薬膏壺。この蓋を取り除き、上下を逆に使用した。



図3 図2の合口薬膏壺の周囲を白色フィルムで完全に覆う。最上部（合口薬膏壺の底部）に、白色フィルムを円形にして蓋状のものを作り隙間が出来ないように周囲を固定した。



図4 白色フィルムを切断し細ひも状のものを作り、これを縦糸および緯糸にして織った平織の織物。



図5 図4の織物で上部を覆って作った、白色フィルムの平織モデル帽子

表1 供試モデル帽子の種類と略号

フィルム・生地の種類	条件	略号
合口薬膏蓋のみ	モデル帽子は無し (ブランクテスト)	なし
白色フィルム	フィルムのみ (1枚)	F-w
	フィルムのみ (2枚重ね)	F-w 2
	平織	F-w 平
	斜紋織	F-w 斜
黒色フィルム	フィルムのみ (1枚)	F-b
綿白布	1枚	白布
	2枚重ね	白布 2
綿染色布	1枚	染布
綿ニット地	1枚	ニット
綿タオル地	1枚	タオル
アルミ箔	1枚	アルミ 1
	2枚重ね	アルミ 2

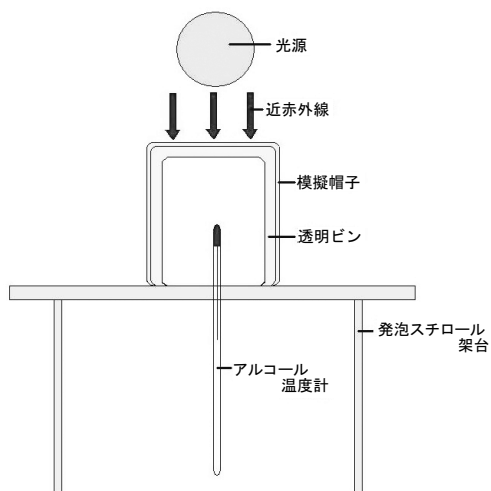


図 6 - 1 露光装置模式図



図 6 - 2 供試光源

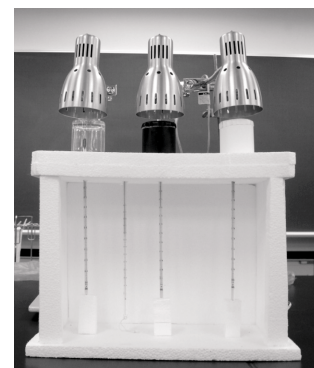


図 6 - 3 人工光源による露光実験

表 2 - 1 屋内実験の再現性 (帽子なし状態で露光したblankテスト)

露光時間(分)	0	1	3	5	10	20	30	40	50
実験回数									
1	25	31	34	37	42	46	48	49	49
2	25	28	33	36	42	46	48	49	49
3	25	31	34	36	40	45	47	48	48
4	25	29	33	36	39	45	48	50	50
5	25	31	34	36	40	45	47	48	48
6	25	29	34	37	39	43	45	48	48
7	25	31	34	36	40	45	47	48	48
8	25	29	34	37	39	43	45	48	48
9	25	31	34	36	40	45	47	49	49
10	25	29	34	37	39	43	45	48	48
平均温度(°C)	25	30	34	36	40	45	47	49	49
標準偏差	0.00	1.20	0.42	0.52	1.15	1.17	1.25	0.71	0.71

表 2-2 屋外実験の再現性（帽子なし状態で露光したブランクテスト）

露光時間(分)	0	1	3	5	10	20	30	40	50
実験条件									
11.気温 32℃	25	29	32	35	38	42	43	43	
12.気温 31℃	25	29	31	34	36	41	43	43	
13.気温 30℃	25	29	33	35	38	40	42	42	
14.気温 30-32℃	25	30	33	36	40	43	45	45	
15.気温 33℃	25	30	35	38	42	44	45	45	
16.気温 32℃	26	30	35	37	41	43	44	44	
17.気温 33℃	25	31	36	38	42	45	46	46	46
18.気温 32℃	25	28	33	36	41	44	45	46	
平均温度(℃)	25	30	34	36	40	43	44	44	46
標準偏差	0.35	0.93	1.69	1.46	2.19	1.67	1.36	1.49	0.71

2) 赤外線反射フィルムの遮熱効果の確認

提供された赤外線反射性能の異なる2種のフィルムをフィルム状のまま使用したモデル帽子(図3の形状)を用いて、屋内にて40分間、図6-3の装置を使って露光実験を行ったところ、図7の結果を得た。これは白色フィルムのモデル帽子(F-w:■)と黒色フィルムのモデル帽子(F-b:▲)の遮熱効果の違いを示したもので、モデル帽子をかぶせない(なし:◇)で昇温変化を調べた場合には合口薬膏壺内の温度が46℃まで昇温したのに対して、白色フィルム製のモデル帽子をかぶせた場合には、昇温は38℃まででブランクテストより8℃も低く、遮熱効果が顕著であった。一方、黒色フィルム製のモデル帽子をかぶせた場合には、徐々に昇温し、50分間の露光ではブランクテストとほぼ同じ温度まで昇温した。

これらの結果から実験に用いた白色フィルムの遮熱効果は明らかである。図1に示すように、白色フィルムが太陽光の可視光線および近赤外線を効果的に反射するのに対して、黒色フィルムではこれらの全領域で95%以上が吸収されており、このエネルギーによって黒色フィルム自身が加熱され、合口薬膏壺内の温度が上昇したことがわかる。

また、これらの結果からこの露光装置・露光条件で実施した実験データからモデル帽子の熱遮断能に関するある程度の知見が得られることを確認した。

3) 種々のモデル帽子の遮熱効果

帽子の生地部分の織組織による遮熱効果の特性を調べたところ以下の結果を得た。

組織のみ異なる生地の帽子を作製するために、白色フィルムを切断した細ひもで織り地(図4)を作り、図5のようなモデル帽子を平織(F-w平:■)と斜紋織り(F-w斜:▲)で作製し、遮熱効果を比較したところ、50分露光時のブランクテスト(いずれの場合も48℃迄昇温)との温度差は平織(F-w平)が-12℃、斜紋織(F-w斜)が-6℃で平織の方が遮熱効果は大きかった(図8)。同じ平織でも糸密度を下げた織物にすると遮熱効果が悪くなったが、一方、この白色フィルムで平織に織った生地(F-w平)を2枚重ねで仕立てた場合を想定した、平織2枚重ね(F-w平2)では、露光50分後のブランクテスト(48℃)との温度差が-16℃となり、2枚重ねの方がより遮熱効果が大きいことがわかった。

図9にはこの装置を用いて表1に示した様々な材料を使用して作製したモデル帽子の遮熱効果を示した。

最も遮熱効果が大きかったのはアルミ箔で、遮熱効果は1重でも合口薬膏壺内部の温度上昇は僅かであった。

通常の夏用帽子に使われている綿白布・白色ニット地・白色タオル地などの一般的な素材で作ったモデル帽子については、いずれも遮熱効果はあまり大きくはなかった。

4. 要約

夏用帽子の遮熱効果を調べるために人工光源による照射装置を試作し、種々の帽子の遮熱効果を調べた。

供試モデル帽子としては、①太陽熱高反射塗料等を開発販売している研究所が試作した赤外線反射フィルムを用い

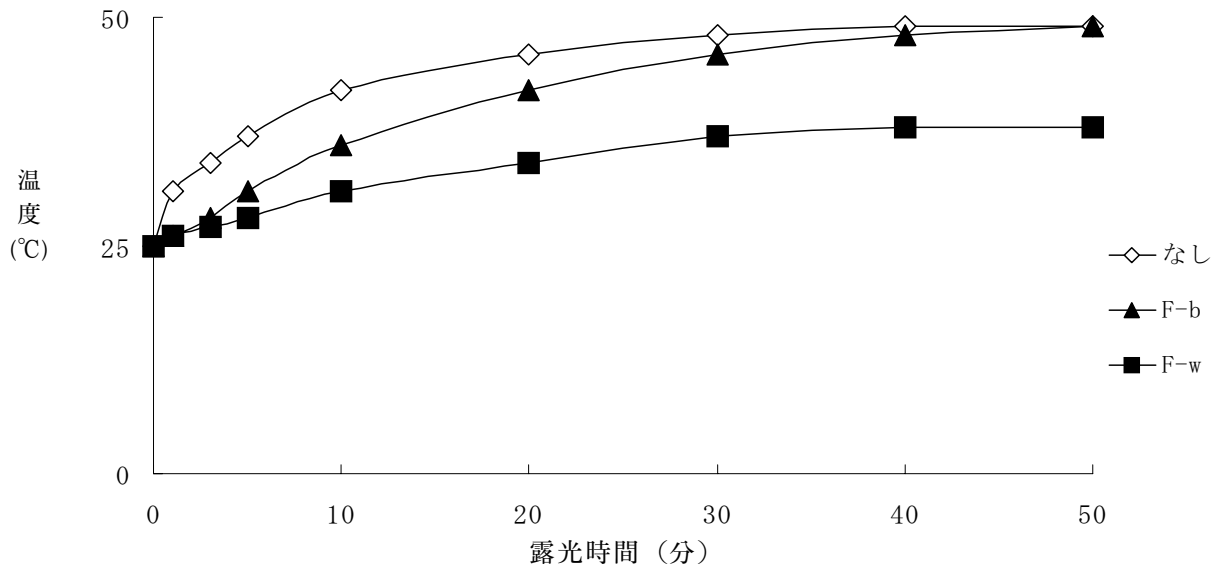


図7 2種フィルム（白色フィルム：F-w，黒色フィルム：F-b）による遮熱効果の違い

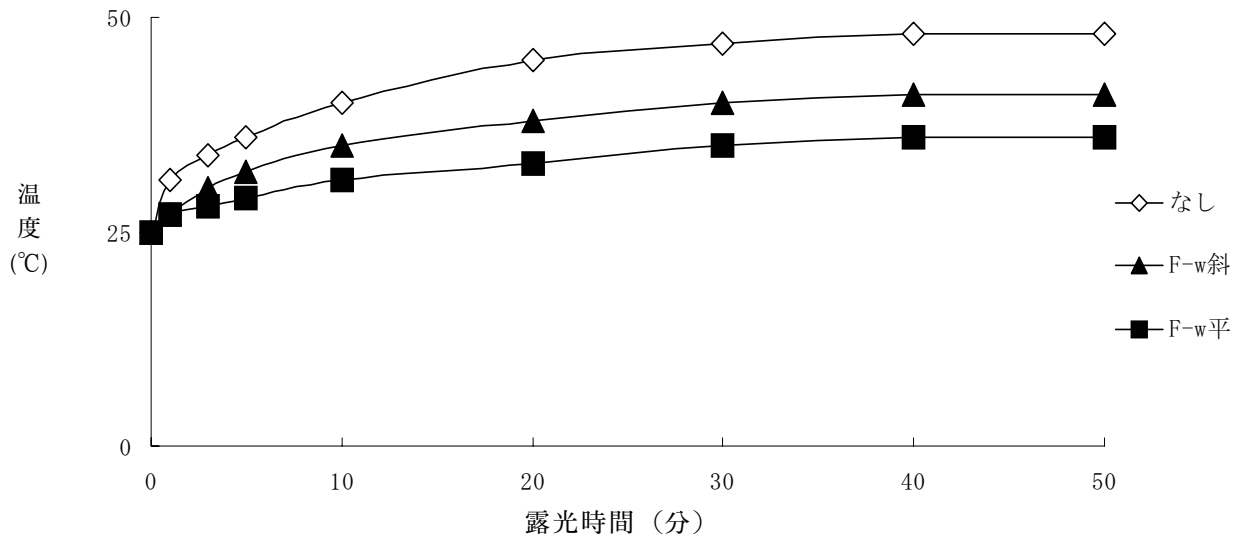


図8 白色フィルムから作った平織モデル帽子（F-w平）と斜織モデル帽子（F-w斜）の遮熱効果の比較

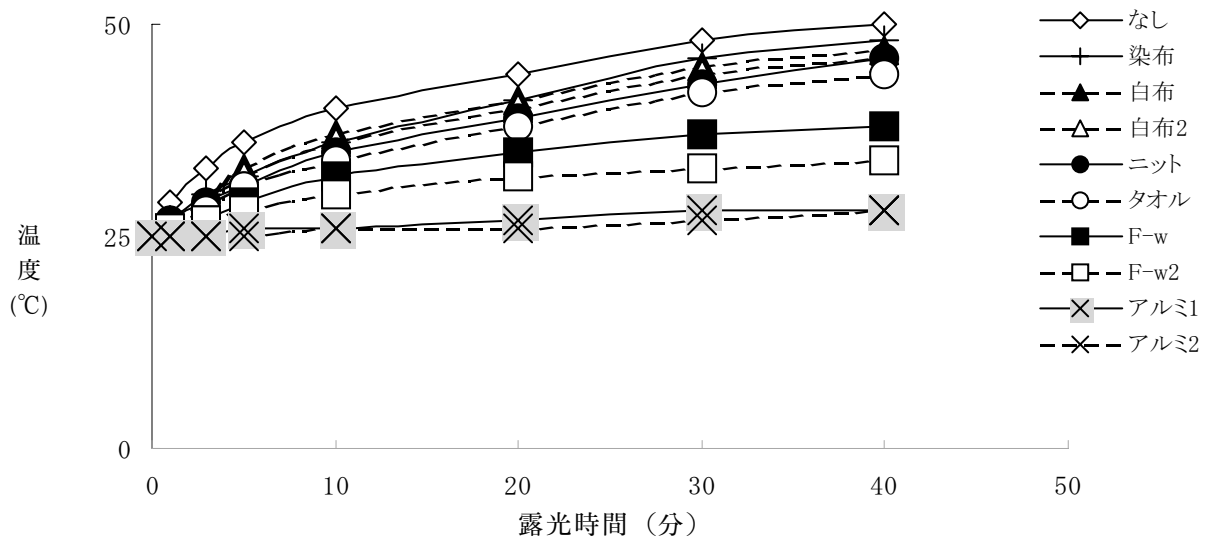


図9 各種モデル帽子の遮熱効果の比較

て作製したもの、②夏用の帽子の原材料として用いられている布帛、およびアルミ箔で作ったもの等を準備し、試作した装置を用いてそれぞれの遮熱能を比較検討した。

実験した試料の中で最も遮熱効果が強かったのはアルミ箔で作ったモデル帽子で、次に効果があったのが赤外線反射フィルムで作ったモデル帽子であった。夏用帽子に使われているような素材そのものの遮熱効果は、無帽の時と同程度であった。

謝辞

本研究を進めるにあたり試料および情報をご提供くださいました三木コーティングデザイン事務所所長三木勝夫氏、上島康弘氏に深謝いたします。

引用文献

- 1) 井原智彦, 相田洋志, 永山雅之, 吉田好邦, 松橋隆治, 村瀬俊和, 三木勝夫, 長尾五郎, 木下正勝「自動車ボディの日射反射率向上による省エネルギー効果に関する研究」自動車技術会論文集, vol.36, No.4, pp.175-180 (2005)
- 2) 井原智彦, 三木勝夫「事務所建築物への高反射率塗料導入による夏季節電・年間省エネルギー効果の実測と分析」日本ヒートアイランド学会第6回全国大会予稿集, pp.170-171 (2011)
- 3) 三木勝夫「高反射率塗料」色材協会誌 vol.81, No.5, pp.165-168 (2008)

Summary

A hat was made from infrared reflective film. We made infrared irradiation equipment as an experiment, and investigated the heat rejection effect of various hats. Wearing a hat made from aluminum foil produced the lowest temperature, and wearing the hat made from infrared reflective film produced the next-lowest temperature. The highest temperature was produced when wearing a common summer hat made of the cloth, or when not wearing a hat.