

日光による布の温度変化

44期生

I テーマ設定の理由

夏、街を歩く人の服の色は白が主体である。それとは対照的に冬の主体は黒である。これは、色の持つイメージによる部分もあるが、白い服の方が黒い服よりも涼しいという事実もある。このことについて、なぜ白い服が黒い服より涼しいのか、また、他の色についても調べてみたいと思い、このテーマを設定した。

II 研究方法

- (1) 文献調査 色と光の関係についての資料を集める。(考察の参考に使用)
- (2) 実験 色の違いでどのくらい温度差ができるかを調べる。
- (3) 考察 実験結果をふまえて、色の違いによって温度差ができることを自分なりに証明する。

III 研究内容

1 実験

(1) 方法

図1の様にそれぞれの布を設定するときに、一定の条件を決めておいた。

- ① 使用する缶はすべて350mlのアル缶であること。(内部の空気量をそろえておくため。)
- ② プルタブが外れない種類の缶であること。(金属による温度差をなくすため。)
- ③ 日光の当たる割合が同じであること。(日光の量による温度差をなくすため。)

また、実験を行ったのは、

日時：1992年8月12日(水)

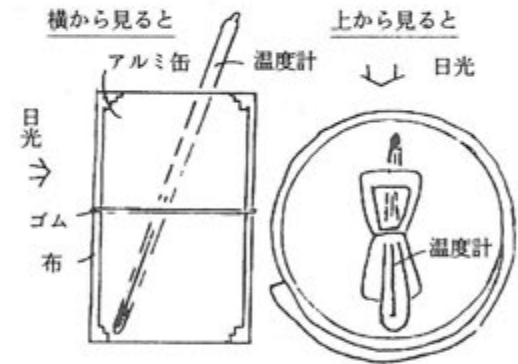
開始…午後1時15分 終了…午後2時15分(1時間)

で、30分おきに測定した。(布は綿のブロード地である。)

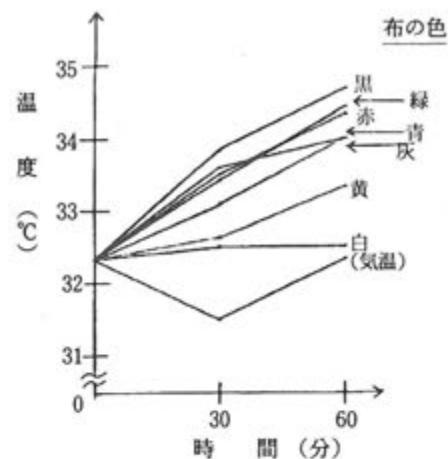
(2) 結果

次のページの図2に示した通りである。

このグラフから、気の付く点として、次の3点が挙げられる。



▲図1 実験装置図



▲図2 実験結果

- ① 黒（最高）と白（最低）の差が、約2.2℃にまで広がった。
- ② 黒・灰・白以外の色でも差が比較的大きくなった。
- ③ 気温と黒（最高）の差が、約2.4℃にまで広がった。

2 考察1～基本知識～

(1) 白色光

太陽光線などは一見無色の透明な明るい光だが、暗闇の中に太陽光が一条射し込むと、白い光線のように見える。それで、太陽光のことを白色光とよぶ。

(2) 光の波長

光は電波と同じ性質をもっているので、

固有の振幅と波長をもつ。可視光線（目に見える光線）の波長はnm（ナノメートル：1nmは100万分の1mm）の単位で表す。また、可視光線の波長は400nm（紫）から、800nm（赤）にわたっている。

紫 (400～430nm)	黄 (565～590)
藍 (430～440)	橙 (590～620)
青 (440～495)	赤 (620～800)
緑 (495～565)	

また、波長の順にならんだ光を、光のスペクトルという。

(3) 5基本色

目に見える光を、色光（可視光）といい、1種類の色光だけの場合、その光を単色光という。

太陽光のスペクトルをよくみると、色が連続的に変わっている。しかし、大まかに分けると、赤・黄・緑・青・紫の5色になる。橙は赤と黄の、藍は青と紫のそれぞれ中間色とみるとよい。このとき、この5色を5基本色という。

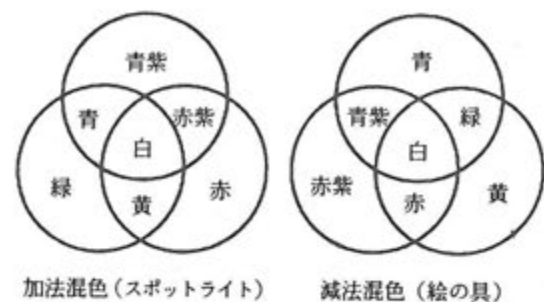
(4) 加法混色・減法混色

赤色光、緑色光と青色光を別々につくり、これらをいろいろな割合で混ぜ合わせると、すべての色を作り出すことができる。このとき、赤・緑・青を光の3原色という。カラーテレビの色は、この3種の単色光を混ぜ合わせて作り出す。これを、加法混色という。

この場合、3原色すべて揃うと、白色光になる。

絵の具の3原色は、カラーテレビとは全く逆の原理で作られる。絵の具の3原色は赤・黄・青であるが、例えば赤色の絵の具は青～黄までの波長の光を吸収し、赤色光と紫色光は吸収しないで反射する色素を用いて作られる。つまり、絵の具に光が入ると、いくつかの色光が吸収され、残りが反射されて飛び出してくる。この反射光の色が絵の具の色である。

従って、3原色すべてを混ぜると、すべての色光が吸収されて黒色になる。絵の具を混ぜると、吸収される色光の種類と量が増えるので、光は弱くなる。これを減法混色という。絵の具を薄く溶かすと明るい色になるのは、吸収される色光の量が少ないからである。従って、すべての色光が反射されると、白色になる。



▲図3 混色の例

3 考察2～赤いものが赤く見えるわけ～

(1) 吸収スペクトル

① 色のついた物質は色光の吸収体である。

色の世界は、可視光と、光を反射・吸収または発光する物質と、人間の色覚の3つの要素によって作り出される。色の感覚のサイクルの中で、吸収された残りの色光が、反射または透過して人間の目にはいり、色を感じる。

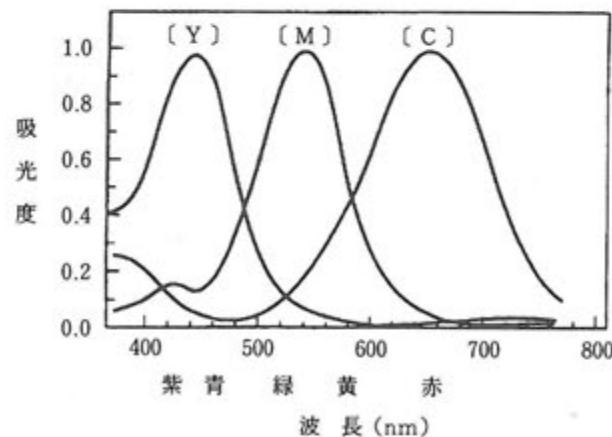
〔反射された色：例 服の色〕
〔透過した色：例 溶液・色ガラスの色〕
透明な色 など

② 吸収スペクトルを測定すれば、見える色との関係が定量的にわかる。

吸収スペクトルは、単色光の吸収率を単色光の波長に対してプロットしたものである。つまり、それぞれの色のついた物質が、さまざまな波長をもつ単色光をどれだけ吸収することができるかを調べてグラフに表したものである。

このとき、図3で示した3原色のうち、青のことをシアン（C）、赤紫のことをマゼンダ（M）、黄のことをイエロー（Y）とそれぞれ呼ぶ。

図4のグラフでは、グラフの値が上の方に向いている部分ほど、その波長の単色光は吸収されやすい、つまり、人間の目にははいらぬということである。逆にいうと、グラフの



▲図4 C・M・Yの吸収スペクトル図

値が下の方にある部分ほど、その波長の単色光が反射されやすいので、人間の目にはいりやすく、その色が人間のいう“色”になる。

図4を見ると、

- ・シアン(C)は黄色光と赤色光を吸収し、緑・青・紫色光をとおす(または反射する)ので、青色に見える。
- ・マゼンダ(M)は黄・緑・青色光を吸収し、赤色光と紫色光をとおすので、紫がかった赤色に見える。
- ・イエロー(Y)は紫色光と青色光を吸収し、赤・黄・緑色光をとおすので、黄色に見える。

ということがわかる。

(2) 反射スペクトル

着色した物質(色素など)を白い物質に塗って、それに光を当て、反射した光を分光してそれぞれの単色光の相対強度を表したのが、反射スペクトルである。溶液や着色ガラスを除けば、物質の色は、その物質によって反射された光が目飛び込んでつくる色である。

色のついた物質の反射スペクトルと吸収スペクトルは、本来裏表の関係にあるべきものであるが、実際はいろいろな影響によって、吸収スペクトルの測定のような定量性は得られにくい。

(3) 混色の場合

3原色のうちの1色なら、今までの説明でわかると思うが、混色の場合はそういうわけにはいかない。

例えば、黄色塗料と青色塗料を混ぜたものが何色に見えるかを、図4を使って説明すると、まず、黄色塗料は青色光と紫色光を吸収し、他を反射する。また、青色塗料は赤色光と黄色光を吸収する。この2色の塗料を混ぜると、当然、両方の色の性質をもっているので、青色光、紫色光、赤色光と黄色光の4色の単色光を吸収する。この場合、反射されるのは緑色光のみなので、人間の目が緑色と判断するのである。

2色の塗料の混合であるから、当然、反射される光の量は減るので、黄色のみや青色のみの場合よりは暗い色に見える。

3 考察3～色によって温度変化が違うわけ～

(1) 復習

絵の具を思い出してみる。

絵の具の3原色(シアン・マゼンダ・イエロー)から、すべての色を作ることが可能である。

また、絵の具は減法混色で、すべての色光が物質にあたり、そのうち反射した色光が、人間の目にはいる。すると、残りの色光はその物質に吸収されていることがわかる。

物質に、その色光がどれくらいの割合で吸収されているかでも、色に少しずつ変化する。(単色光はすべて吸収されるわけではない。)

(2) 原因1

色光が吸収された後、温度が上昇するのだから、色光が熱をもっている可能性は大きいと思われる。

そのため、白色光はそれぞれの単色光の合計分の熱をもっていると考えられる。

—証明—

図2のグラフを見ればわかるように、どの色の布も温度が上昇している。この場合、どの布にも白色光は均等に当たるようにした。また、色の吸収が少ないと思われる白色についても温度は確かに上昇している。

もし、白色の布はどの単色光も完全に反射していると仮定しても、他の布は全部白色の布よりも温度が上昇していることから、これは確かであるといえる。

単色光はそれぞれ熱をもっている。

(3) 原因2

原因1が証明されたことにより、布は光によって温度が上昇していることがわかった。そこで、混色になると、それぞれの光が熱をもっているのだから、その和になるのは当然だと思う。

—証明—

2-(3)より、混色の場合は両方の影響を受けるということを示した。つまり、2色分の単色光を吸収していたものが、4色分の単色光を吸収するようになるので、当然、温度も倍になるといえる。

実験結果の方は、2倍とまではいかなかったが、緑色の布は黄色や青色の布よりも温度上昇が激しかったので、原因ではないとはいえない。また、この実験に使用した布は、あまり濃い色ではなかったので、黄色や青色のようにまでは光の吸収がなされていないと考えられる。これで、確かであるといえる。

混色の場合は吸収された単色光の熱の和に等しい。

(4) 原因1・2では説明できない部分～無彩色～

今までに示した原因1・2は、有彩色(シアン・マゼンダ・イエローの混ぜ方によってできる色のこと。)の場合なので、無彩色(シアン・マゼンダ・イエローの混ぜ方によってできない色。つまり、黒～灰～白系統の色のこと。)については、少し違う考察となる。

無彩色は白～黒の色なので、何色が混ざっているかが比較の対象ではなく、全部の色光が吸収されているか否か、どのくらいの割合で吸収されるかで色が決定される。この場合、3原色とも同じ割合で吸収される。

白だと、3原色すべてが反射される、物質には何もない状態なので、温度は上昇しない。(少し上昇しているのは、布のせいと考えられる。)また、すべてが半分くらいの割合で吸収されると灰色に見え、全部吸収されると、人間の目には何もしらないので、黒色に見える。

この場合の温度上昇は原因2と同じように、吸収された単色光の熱の和に等しくなっているといえる。(図2参照)

IV 結論

夏に白い服、冬に黒い服を着る本当の理由とは？

—夏の日光は強い。炎天下にいと、当然温度上昇が起こる。「あつい」といわれるくらい上昇する。そうなる、これを避ける手段が必要となる。その手段とは何か？日光のあたらないところに行く、うちわであおぐ。いろいろあるが、「服の色を変えてみる」というのも手段の1つになる。実験結果のとおり、黒い布と白い布とでは、同じ状況下で約2.2℃もの差がひらく。これは温度上昇を抑える手段の1つとして充分成り立つというのがわかる。これを、人間は何故か自分達の知恵としていたからこそ、今、夏に白い服を着、冬に黒い服を着るのだろう。—

個人的な結論として、次のことが挙げられる。

“なにもかものおおもとは光であった”

はっきりいってこれだけ、である。どの項目についても、光に関係のない項目がないことからこのことは確かである。

V 総括

今回で3回目の研究となったが、今までで一番仕上がりの良い研究となった。あまりにも安直なテーマだったので、最初はどうかと思ったが、それなりの発見があったことが嬉しい。文献があまりなかったので、自分なりの考察を作ることができたと思う。ただ、文献に対して知識が追いつかず、解読に苦勞したことが残念である。この研究には、“続き”があるので、時間があればもう一度、知識をつめこんで、このテーマに取り組んでみたい。

VI 参考文献

- ・川上元郎(1989年新版)「新版 色の常識」財団法人日本規格協会
- ・小林重順・カラーデザイン研究所(1990)「カラーイメージスケール」講談社
- ・中村茂男・畠山立子・橋本壽正(1989)「熱のはなし」技報堂出版
- ・西本吉助・綿谷千穂(1991)「色はどうして出るの」裳華房