139 感温液晶による可視化温度場の 自動計測に関する研究

東電大 亀岡 利行
東電大院 清水 史生^{*}

The Study of Automatic Temperature Measurement with Thermochromic Liquid Crystal

* Toshiyuki KAMEOKA and ** Fumio SHIMIZU

Thermochromic liquid crystal visualizes temperature as difference of color. The purpose of present study is to measure exact temperature using color of liquid crystal, and to make temperature measurement system. Thermochromic liquid crystal that is observed different temperatures and angles offers different color. Therefore, we calibrated relation between color and temperatures, angles.

1. はじめに

感温液晶を利用して温度場を可視化する方法は現在、様々な分野で応用され始めている。しかし、そのほとんどが色から温度を推測する定性的なものである。そのような現状から、感温液晶が呈した色を定量的に測定し、温度に変換するという研究がなされている¹⁾²⁾。本研究も感温液晶懸濁法での定量的温度計測を目的としているが、感温液晶はその性質上、同じ温度でも観察する角度によって色が異なる。そこで温度への変換の際、角度の変化による色の化も考慮して温度を定量的に求める必要がある。そこで温度と角度の

Fig.1 Experimental apparatus

* Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-mati, Hikigun, Saitama, 350-03, Japan

** Graduate school of Tokyo Denki University

変化と色との関係を明らかにし、そのデータをもとに、温度分布のある場の可視化された色情報から温度を定量的に求めていく。

2. 実験装置および実験方法

2-1 校正実験

まず、感温液晶の各温度、角度に対する呈色の状況を把握するため校正実験を行った。Fig. 1に装置の概要を示す。作動流体にはシリコンオイル(KF-56)を使った。今回使用した感温液晶は、マイクロカプセル化したコレステリック液晶(W-30)である。この試料は24℃付近で赤く呈色し始め、25℃で緑、26℃で青というように温度の上昇に伴い、波長の長い色から短い色へと連続的に変化する。

この感温液晶を既知の温度および角度で呈色させた等温場の様子をビデオカメラで取り込み、画像処理によりRGB分解し、各輝度値を得る。次にその各輝度値を3成分RGBの合計値で正規化しrgbを算出する。Fig. 2に各温度の時のこのrgbの値を示す。これを見るとrgbの各値がr, g, bの順番にピークをむかえているのがわかる。そしてこれらrgb値をもとに式(1), (2)を用いてxy座標系への変換³⁾を行う。Fig. 3にその結果を示す。このxy座標において白色点wと各測定点との方位角をとることでHueを導き、温度との対応づけをする。

Fig.2 Relation between Temperature and rgb

Fig.3 Relation between x and y

$$x = \frac{0.49000r + 0.31000g + 0.20000b}{0.66697r + 1.13240g + 1.20063b} \quad (1)$$

$$y = \frac{0.17697r + 0.81240g + 0.01063b}{0.66697r + 1.13240g + 1.20063b} \quad (2)$$

角度の変化に対する校正実験は、スリット光と観察位置の角度を変化させることで行った。角度は左右 -5° から $+5^{\circ}$ まで 1° 刻みに測定を行った。 1° 未満の角度の変化については色彩の変化はほとんど見出せなかった。

スリット光に対して 90° より大きい角度で観察した時を正、小さい時を負とした。目視では、正の位置で観察した場合は 90° の時より低い温度で呈色を始め、逆に負の時はその呈色開始温度は高かった。

Fig. 4に -5° , 0° (スリット光と観察角度が 90° の時); $+5^{\circ}$ の時の温度とHueの関係を示す。これを見るとこの感温液晶については 0° の場合、約 25°C から 27°C までは温度とHueに1対1の関数関係があることがわかる。よってこの範囲については色から温度への変換による温度計測が可能であると考えられる。しかし逆に、呈色してはいるが赤のみ、青のみの変化である 25°C までと 27°C 以上は温度を特定することができない。 $+5^{\circ}$, -5° については角度によらず温度上昇による色の变化の度合は 0° の時とはほぼ同じで、角度の変化は呈色の始まりの温度の推移に影響を及ぼすのみであると考えられる。

このことは、複数の角度からの画像の取り込みを行えば、正面からのみの計測より、広い範囲の温度を知ることができることを意味し、「呈色温度範囲が狭い」という感温液晶の欠点を補うことができる。

2-2 温度分布のある温度場の温度計測

これらの基礎データを利用し、安定した温度分布のある温度場の温度計測を行った。油槽の上部を 30°C で加熱し、下部を 22°C で冷却して安定した温度成層を作り、温度計測を行った。測定面 (スリット光の位置) と撮影面 (カメラの位置) との距離を 1.5m 、測定面の横幅は 110mm としたので正負それぞれの方向に約 2° の広がりを持つ。そこで取り込み画面を分割し、 0° のデータを使う領域、 $+1^{\circ}$ の領域、 -1° , $+2^{\circ}$, -2° というようにそれぞれの領域ごとに校正結果を使い、色から温度への変換を行った。校正実験を行った角度を中心に、 $\pm 0.5^{\circ}$ の範囲を1つの領域とした。

各要素ごとに校正実験と同じような方法で $\text{RGB} \rightarrow \text{rgb} \rightarrow \text{xy} \rightarrow \text{Hue}$ まで算出し、校正実験により得たデータから温度に変換する。Fig. 5にその結果を示す。これを見ると実線で示した熱電対による実測値に沿うように測定点が得られている。ただし、測定可能な範囲の始めと終りである 25°C 付近と 27°C 付近では実測値との誤差が他に比べて大きくなってし

Fig.4 Relation between Temperature and Hue

まう。これは校正結果における26℃付近と比べこの両端はグラフの傾きが小さく、温度への変換の際に誤差が生じてしまうからだと考えられる。

また、測定が不可能であると考えられた25℃以下の領域ではやはり、実測値と同じ値を得ることはできなかった。

4. まとめ

感温液晶懸濁法を利用して温度場を可視化し、色と温度の対応づけをした。また、その基礎データをもとにその色彩分布から定量的に温度を計測することができた。観察する角度による色の違いは呈色開始温度に影響を及ぼしている。

Fig.5 Result of Experiment

参考文献

- 1) 秋野, 感温液晶を用いる温度分布の可視化, 熱物性 Vol. 7 (No. 4), 1993, 259-265.
- 2) 小林ほか, マイクロ化された感温液晶粒子の光学的特性, 可視化情報, Vol. 13, Suppl (No. 1), 1993, 163-164.
- 3) 池田 光男, 色彩工学の基礎, 1992, pp61-89, 朝倉書店.