

温度に起因する LED 色ずれ補正技術

古田 毅^{*1}

Compensation Technology for Temperature-Induced LED Color Shifts

Tsuyoshi Furuta^{*1}

1. はじめに

今後自動運転の発展と共に、車室内照明にフルカラー LED の適用拡大が予想されている。照明に求められる役割が、従来の照らす機能に加え、警告機能が求められるようになり、更には LED を多数個並べる商品も増加している。その結果、複数ある LED 間での色ずれに対する抑制が課題となっている。豊田合成はこれまでも LED の色ずれに対応してきたが、本稿では新たに開発した動的な色ずれに対する技術について紹介する。

2. 製品概要

2-1. イルミユニット

イルミユニットは赤、緑、青 LED のワンパッケージ化した3色 LED で構成される RGB LED と、マイクロコントローラで構成される (図-1)。

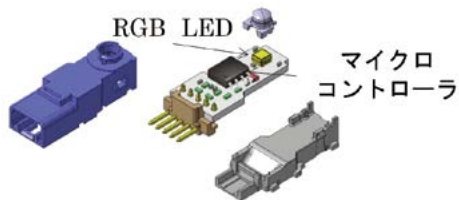


図-1 イルミユニットの構造

車両側から指示された点灯指令情報をもとに、RGB LED に送る各色の PWM (Pulse Width Modulation) 信号をマイクロコントローラに書き込まれたソフトウェアが調整することで任意の色、明るさを制御する (図-2)。

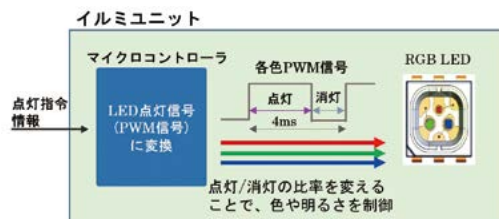


図-2 色・明るさのコントロール

2-2. 色ずれの現状と課題

同じ PWM 信号で RGB LED を点灯させても色ずれが生じる場合がある。理由のひとつは LED 個体のばらつきによるもの、もうひとつは、温度といった環境の変化によるものである。豊田合成は 2021 年、LED 個体のばらつきに対する補正技術を開発した¹⁾。今回次のステップとして温度の変化に対する補正に取り組んだ。

2-3. 温度による色ずれ

LED には温度によって光度が変化する特性があり、RGB 各色によってこの特性は異なる (図-3)。そのため白色といった RGB の混色で表現する場合、高温時、低温時において狙いからずれた色を出力してしまう (図-4)。

今回光度の変動が顕著な赤 LED について注目し、温度が変化しても色ばらつきを抑制する方法を検討した。

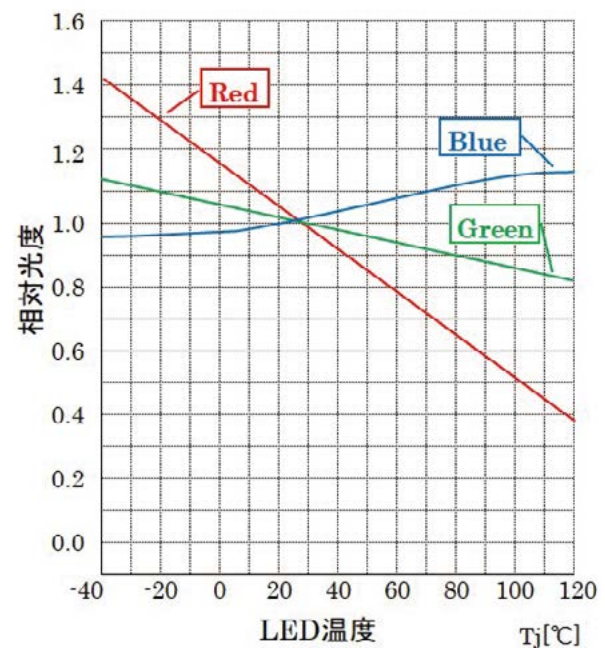


図-3 LED 各色の温度特性

*1 電子技術部 基盤技術室

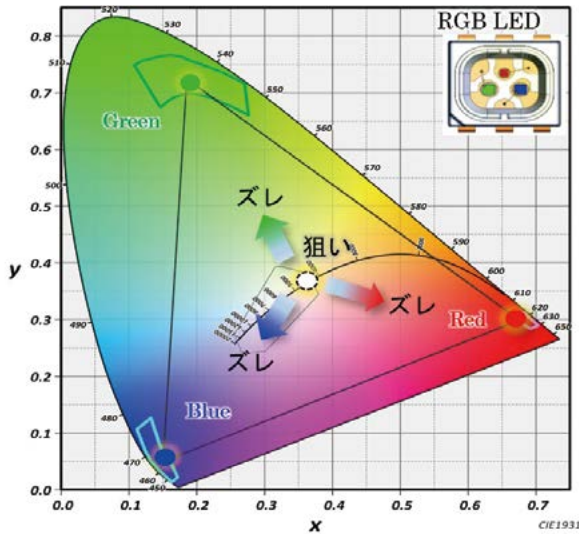


図-4 混色時の色ずれ

分析の結果、温度差とマイクロコントローラの消費電力との間で強い相関があることが分かった(図-6)。

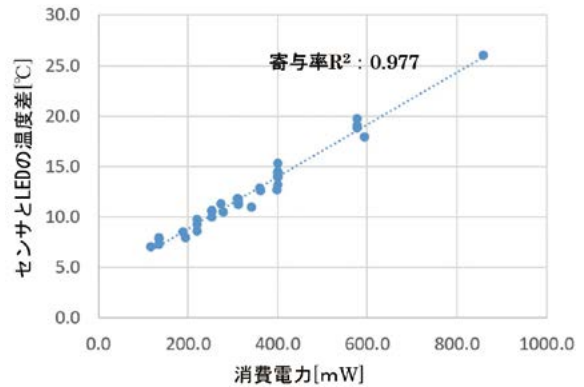


図-6 電力と温度差の相関関係

3. 補正技術の概要

3-1. 補正機能構成

赤LEDの温度特性より、高温時はLED出力を上げ、低温時は出力を下げるようにPWM出力を調整することで補正を行う(図-5)。

そのためにはLED温度をいかに正確に把握するかが重要となる。

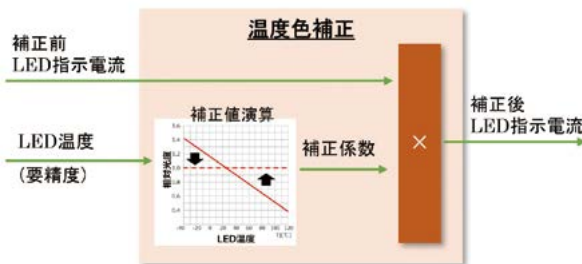


図-5 温度による補正の考え方

LEDが点灯すると、LED自体が発熱すると同時にマイクロコントローラ内のLED駆動回路でも消費される電力が熱に変換される。LEDの輝度に応じて駆動回路の発熱量が変化することがLEDとセンサの温度差に影響を与えていると考えられる。つまり、消費電力はRGB LED電流と電源電圧から求めることができる。

そこで、ソフトウェアで常時計算した消費電力値から、温度差を算出し、センサ温度から温度差をオフセットすることでLED温度を推定する(図-7)。

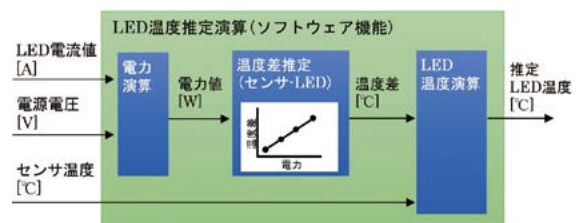


図-7 LED温度推定の考え方

3-2. 検出温度

今回、サーミスタ等の温度センサを外部に設けるよりも、部品コストの観点からマイクロコントローラに内蔵の温度センサを活用し、LED温度検出を行うことにした。ところが、LEDとマイクロコントローラは離れていることもあり、双方の温度に差があることが分かった。従ってマイクロコントローラで検出した温度(以降センサ温度)をそのままLED温度とすることはできない。そこで、ソフトウェアを活用し、センサ温度と他の情報を使いLED温度を推定する方法を検討した。

3-3. LED温度推定

LEDとセンサの温度差は常に一定でなく、LEDの点灯状況に応じて変動するため、その要因を分析した。

3-4. LED温度推定と補正効果

LED温度推定機能をソフトウェアで実装した結果、実際のLED温度と誤差±3°C以内で推定することができた(図-8)。

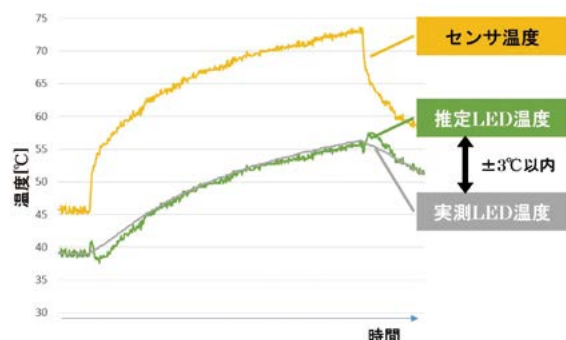


図-8 LED温度推定の効果

推定した LED 温度をもとに PWM 出力調整を行った結果、雰囲気温度 $-30^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ において、色ずれは補正前に比べ、目標の色度差 ($C_x: \pm 0.017$, $C_y: \pm 0.017$ 以下) を満足する結果が得られた。さらに高い精度が必要な際は、R 以外の G, B も補正する、さらには光度以外の温度特性などを考慮する等の方法が考えられる。

4. まとめ

新たに部品を追加することなく、動的な温度変化に対する色ずれの補正方法を確立することができた。今後も補正精度の改善をはじめ、ソフトウェアによる付加価値の向上を推進していく。

本技術の開発、検討にあたり、社内の多くの関係者の皆様からのご支援とご協力を賜り、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 嶋崎知宏ほか：豊田合成技報, Vol.63, p54-55 (2021)

著 者



古田 毅