

# NaPiCa センサを用いた照度・色温度センサの開発

岡本 崇宏

## 1 はじめに

近年、個人ごとの仕事に最適な明るさや光色を実現することで、オフィスワークの知的生産性の向上、ならびに大幅な省エネルギーが実現できることが報告されている。このような背景から、我々は知的照明システムの研究、開発を行っている<sup>1)</sup>。知的照明システムとは、任意の場所に任意の明るさを提供できる自律分散型の照明システムである。また、照度だけでなく任意の場所に任意の光色を提供するために色温度にも着目し、照度と色温度の個別分散制御も行われている<sup>2)</sup>。

現在、このシステムは実用化され、複数の実オフィスに導入されているが、いくつかの課題がある。その一つは、各個人が携帯するネットワーク照度センサや色彩照度センサの大きさおよびコストである。これについては、将来的にはネットワークに接続できる小型で安価な照度センサを用いる必要がある。

そこで、本稿では照度および色温度の測定方法に着目し、新たに NaPiCa センサ<sup>3)</sup>を用いた照度、色温度センサの研究と開発について述べる。

## 2 知的照明システム

### 2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムとは、蛍光灯、照度センサ、照明制御装置および電力計を一つのネットワークに接続し、照明の光度を決定する分散最適化アルゴリズムによる協調動作によってユーザの要求を満たすシステムである。Fig.1 に知的照明システムの構成を示す。知的照明システムでは、ユーザが照度センサや色彩照度センサに目標照度および目標色温度を設定するだけで、照明や照度計の位置情報を必要とすることなく、自動的に有効な照明を判断し、適切な場所に最適な照度および目標色温度を提供することができる。

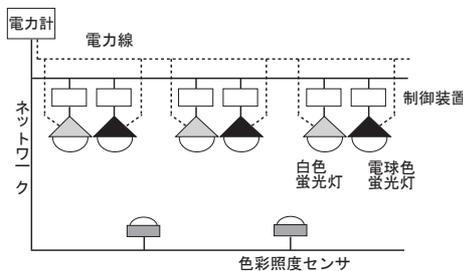


Fig.1 知的照明システムの構成 (参考文献<sup>2)</sup>より参照)

### 2.2 照度・色彩照度センサの問題点

現在、知的照明システムは実オフィスに導入されている。ある導入されたオフィスでは、照明 24 灯、照度セン

サ 14 つが使用されているが、照度センサは 1 つ約 5 万円の費用がかかる。また、色彩照度センサは導入されていないが、1 つ約 27 万円という価格で販売されている。そのため、知的照明システムのオフィスへの導入にあたっては、多額の費用がかかり、高価な照度センサを数多く使用することが困難である。また、照度センサのサイズが大きいことで、オフィスワーク 1 人につき 1 つずつ所持するのが困難である。それらの問題を解決するために、本報告では、低価格かつサイズの小さい NaPiCa センサを用いた照度・色温度センサを提案する。

## 3 NaPiCa 照度センサ

NaPiCa センサは、光学フィルター内蔵により、人間の視感度に近い感度特性で、照度に比例して光電流を出力するパナソニック電工製の照度センサである<sup>3)</sup>。Fig.2 は、本研究で使用しているリードタイプの NaPiCa センサである。数百円という低価格で購入することができる。NaPiCa センサは抵抗を接続したブレッドボードに接続するだけで、容易に照度センサとして動作させることができる。



Fig.2 NaPiCa センサ (参考文献<sup>3)</sup>より参照)

Fig.3 は、HIOKI 製の照度センサの照度値と NaPiCa 照度センサから出力された電圧値の比例関係を表したものである。Fig.3 より、高い線形性が確認できるため、NaPiCa 照度センサが照度センサとして実用的であることが確認できた。

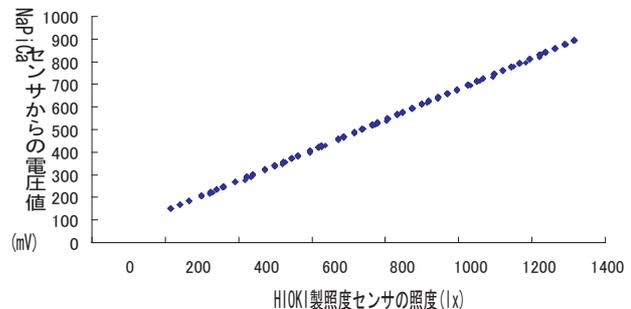


Fig.3 HIOKI 製の照度値と NaPiCa センサの電圧値の比例関係 (出典:自作)

## 4 NaPiCa 色温度センサ

前章で述べた NaPiCa 照度センサの性能を利用することで、NaPiCa 色温度センサの研究と開発を行う。本研究で提案する NaPiCa 色温度センサは、それぞれ光を通す異なる色のキャップを被せた 2 つの NaPiCa センサを用いる。

色の付いたキャップを光が通過することで、NaPiCa センサは異なったスペクトル分布を持つ光を受光すると予想される。それを利用して、それぞれの NaPiCa センサからの出力電圧の違いから色温度を求める。

本報告では、市販されている LED 拡散キャップを用いる。LED 拡散キャップは、LED の光の色を変え、光を拡散し、室内間接照明に用いるために開発されたものである。素材はシリコンゴムである。光が色の付いた LED 拡散キャップを通過すると、色に応じてスペクトル分布も変わる。つまり、Fig.4 のように同じ電球色光でも、赤色の LED 拡散キャップを通過しやすい。同様に、白色光は青色の LED 拡散キャップを通過しやすい。このような NaPiCa センサに異なるスペクトル分布の光を受光することを利用して、NaPiCa センサからの出力電圧の違いを解析し、色温度を求める。

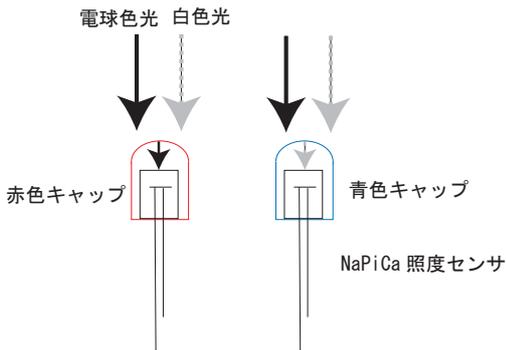


Fig.4 NaPiCa 色温度センサの構造 (出典:自作)

## 5 NaPiCa 色温度センサの基本動作実験

### 5.1 実験概要

本実験では、光を通す異なる色の LED 拡散キャップを被せた 2 つの NaPiCa センサによる色温度センサが正しい色温度を求められるかどうかを確認することを目的とする。

### 5.2 実験環境

知的照明実験室（白色蛍光灯 30 灯，電球色蛍光灯 30 灯）にて、実験を行った。知的照明実験室では、色温度 3300 ~ 4300[K] の制御が行える。Fig.5 のように、実験室の中央に色彩照度センサと NaPiCa 色温度センサを並べて配置した。以上の実験環境の下、知的照明実験室の色温度を自動で 3 秒おきに変化させながら、色彩照度センサの値とそれぞれの NaPiCa センサからの電圧をパソコンに取り込む実験を行った。



Fig.5 実験環境 (左:NaPiCa 色温度センサ 右:色彩照度センサ)

### 5.3 実験結果

NaPiCa 照度センサの電圧値は、照度に比例している。そのため、同じ色温度の光を当てても、照度が異なることで電圧値は一定ではなく、線形性もない。そのため、NaPiCa 照度センサの電圧値の大きさに依存しない方法で、色温度と NaPiCa 照度センサから電圧値の関係を検討する必要があった。そこで、2 つの NaPiCa 照度センサの電圧の比率を用いることにした。以下の式は、2 つの NaPiCa 照度センサの電圧の合計に対する各 NaPiCa 照度センサの比率である。赤色の LED 拡散キャップを被せた NaPiCa 照度センサからの電圧値を red、青色 LED 拡散キャップを被せた NaPiCa 照度センサの電圧値を blue とする。

$$x = \text{red}/(\text{red} + \text{blue}) \quad (1)$$

$$y = \text{blue}/(\text{red} + \text{blue}) \quad (2)$$

Fig.6 は、式 (1)(2) で求められた比率を縦軸、色彩照度センサの色温度の値を横軸に示したものである。

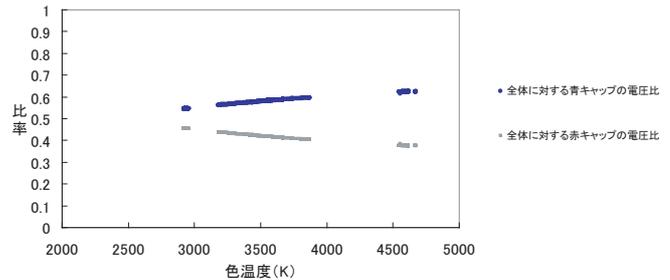


Fig.6 色温度と 2 つの NaPiCa センサの電圧比の関係 (出典:自作)

Fig.6 では、照度に依存しないため、色温度の影響により、比率には色温度との線形性がみられることがわかった。以上の結果を踏まえて、キャリブレーション式を求めた。値  $x, y$  を用いて色温度  $H$  を求める式は以下のようになる。

$$H(x) = -(x - 0.585)/5e^{-5} \quad (3)$$

$$H(y) = (y - 0.415)/5e^{-5} \quad (4)$$

## 6 今後の課題

本研究では、キャリブレーション式まで求めるに到ったが、今後の課題として、NaPiCa 照度センサおよび NaPiCa 色温度センサの精度をより向上させなくてはならない。具体的には、NaPiCa センサに光を通す異なる色のキャップを被せるにあたって、どのようなキャップを用いるかは、NaPiCa 色温度センサの精度に大きく影響する。適度に光を通すキャップであり、キャップの色も光の色温度の変化に最も対応する色が求められる。

また、本実験では NaPiCa 照度センサおよび NaPiCa 色温度センサには、5[V] の電源より NaPiCa センサからの電流を抵抗 240[ ] で電圧に変化した。240[ ] の抵抗ではなく、より大きい抵抗を用いることで電圧の幅を増し、NaPiCa センサの性能をより活かした抵抗を検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) 三木光範：知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム，人工知能学会，399～410（2007）
- 2) 芦辺麻衣子，三木光範，廣安知之：知的照明システムにおける照度と色温度の個別分散制御，情報処理学会研究報告，69～72（2008）
- 3) パナソニック電工株式会社：照度センサ NaPiCa，照度センサ NaPiCa カタログ