

## Application Brief

## 適応型照明調整における RGB カラー センサと XYZ カラー センサの選択



## 概要

魅力的なディスプレイ インターフェースによる優れたユーザ体験を求める顧客の需要が高まるにつれ、カラー光センサの世界市場は急速に拡大しています。この成長は、ノートパソコン、タブレット、車載ディスプレイ、家電製品、医療機器、ヒューマン マシン インターフェース (HMI) など、産業用、自動車用、民生用を問わず、さまざまな用途に及んでいます。カラー光センサは、入射光の輝度と色の波長を検知し、アプリケーションが周囲の照明条件に応じて色や輝度を調整できるようにします。使用されるカラー センサ技術の種類は、検知性能に影響を与えます。本記事では、RGB カラー センサと XYZ カラー センサの技術的な違いを比較し、用途に応じたセンサの選定ガイドラインを提供します。

## RGB および XYZ カラー センサの概要

カラー センサに RGB と XYZ の 2 種類があります。XYZ センサは標準化された色空間全体を検知するのに対し、RGB は標準色空間の非標準的なサブセットを読み取ります。その後、RGB は色補正やキャリブレーションのために標準化された色空間に間接的にマッピングされるため、不正確さが生じます。どちらのカラー センサを選択するかは、アプリケーションの精度要件によって異なります。

- **RGB:** 図 1 に示すように、RGB カラー センサは、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の各値が組み合わさってさまざまな色を表現する、標準化されていない色空間を検知します。通常、R、G、B の各値は 0 から 255 の範囲です。3 色すべてが 255 の場合、白色となり、3 色すべてが 0 の場合、黒色となります。RGB 色空間には普遍的な標準がないため、RGB カラー センサはデバイスに依存します。デバイスによって RGB 値の検出方法は異なり、測定される色はメーカーごとに、あるいは同じデバイスであっても時間の経過とともに変化します。
- **XYZ:** RGB の課題の一つは、標準化されていない色空間ではすべての色を表現できず、その結果、この色空間が不完全なものになってしまう点です。図 1 の大きな曲線として示されている CIE 1931 XYZ 色空間標準は、この問題を解消するのに役立ちます。この標準化された色空間は、可視光線のすべての色を表現します。この規格は絶対的なものであり、デバイスやメーカーによるばらつきに影響されず、RGB 色空間に基づくセンサよりも正確で、色の変化に対してより敏感です。さらに、XYZ センサの Y チャネルは、ルクス値や輝度を抽出するための明所視応答を持っています。

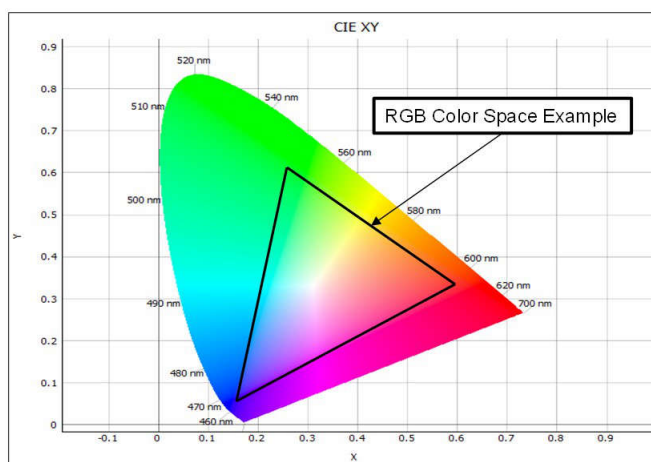


図 1. RGB および XYZ 色空間の座標

## RGB カラー センサと XYZ カラー センサの比較

どちらのカラー センサを選択するかは、色測定の精度に関する用途の要件によって異なります。このセクションでは、カラー センサのユースケースについて解説し、各ユースケースにおける RGB カラー センサと XYZ カラー センサを比較します。

### 周囲光の色検知

周囲光の色検知、すなわち環境光の相関色温度 (CCT) の検出は、カラー センサの最も一般的なユースケースの一つです。私たちの目は周囲の光の色変化に絶えず自動的に適応しますが、電子ディスプレイやカメラにはその機能がないため、CCT の測定は重要です。補正を行わないと、周囲の環境と比べて不自然だったり違和感があったりする画像が生成される可能性があります。そのため、ディスプレイや照明システムの色温度は、検知された周囲の光の色に基づいて調整されます。カメラでは、出力される動画や画像の色温度補正に CCT を利用することができます。ほとんどの場合、カラー センサの出力として望まれるのは白色光です。しかし、例えば、屋外では日没時には光の温度が暖かく、日中は冷たく感じられます。ディスプレイアプリケーションでは、[図 2](#) に示すように CCT 値を使用して、環境の光の温度に合わせることで画像が自然に見えるよう、ディスプレイの色プロファイルを調整します。この調整により、[図 3](#) に示すように、ディスプレイやカメラ映像の視覚的な見栄えが向上し、調整を行わない場合に生じる光温度の過度なコントラストを回避できます。

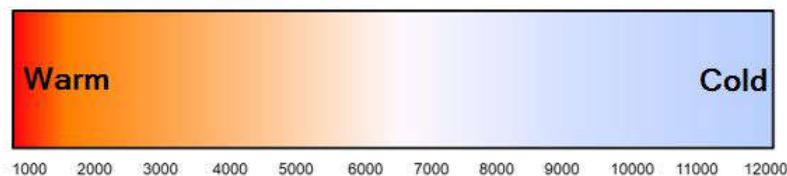


図 2. 相関色温度 (CCT) スペクトル

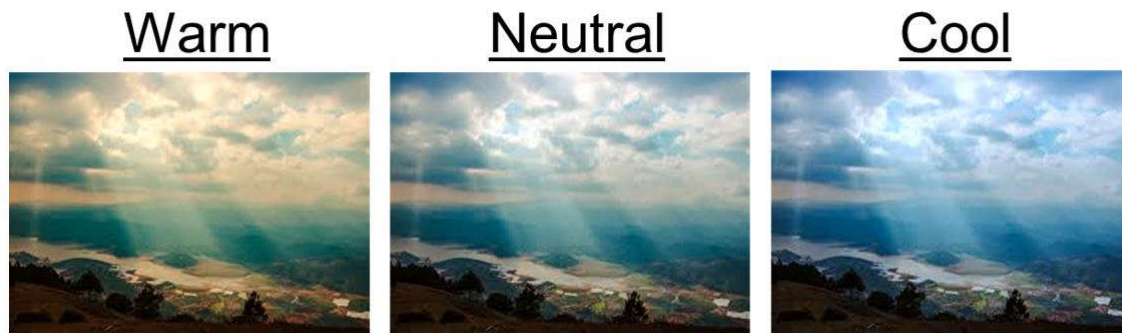


図 3. 暖色、中性色 (紙)、寒色の CCT の例

RGB センサは標準化されておらず、RGB 座標を CCT スペクトルに変換するには、多くの場合、キャリブレーションが必要となります。ある色点が CCT スペクトルにマッピングされるかどうかを判断する明確な方法はありません。一部のメーカーは、RGB 色座標を CCT スペクトルに変換するための変換マトリックスや単純な線形方程式を提供していますが、変換精度はメーカーによって異なります。さらに、白色以外の光は、多くの場合、最も近い CCT 値にマッピングされるため、不正確な結果が得られます。これらの理由から、CCT 測定には XYZ センサが好まれます。

XYZ センサは、キャリブレーションなしで最も近い CCT 値にマッピングされます。ある色点が CCT スペクトルにマッピングされるかどうかを判断するには、XYZ 座標を UV 色空間に変換するのが一般的な方法です。簡単な式を用いて、その色点と黒体曲線との距離を求めます。黒体曲線は、特定のケルビン値の黒体が放射を放出した際に、人間の目が CIE YX および CIE UV 空間で知覚する色を表しており、[図 4](#) に示されています。様々なケルビン値の目盛と交差する線は、同じ色温度を表す等熱線であり、これらが CCT 値となります。CCT は多くの場合、黒体曲線の周辺でのみ有効であり、偏差が大きすぎると意味をなさなくなります。黒体曲線に近い色座標であれば、特定の CCT を表すことができます。

ガラスなどのカバー材が光センサの上にある場合、RGB および XYZ センサのキャリブレーションが必要となります。

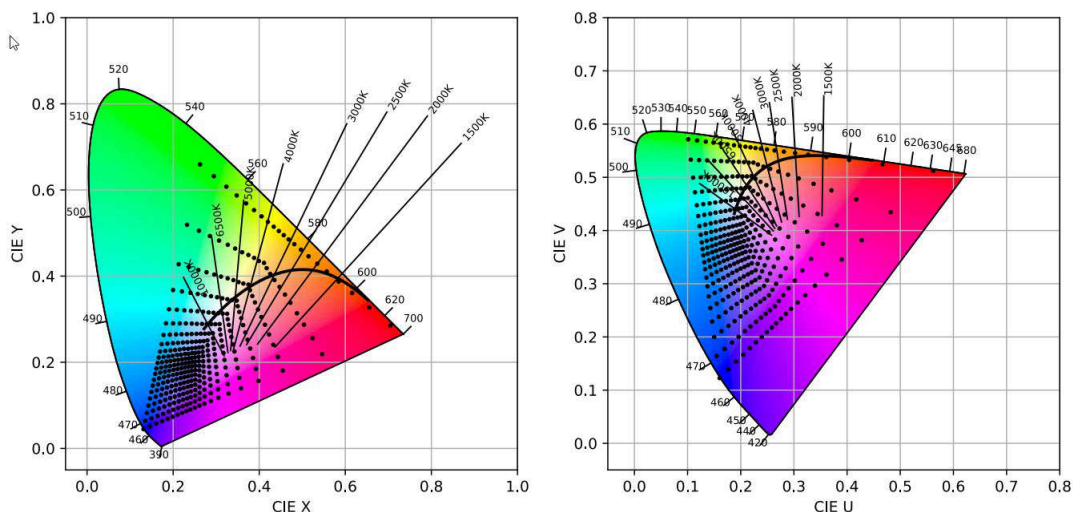


図 4. 色座標の CIE XY および CIE UV 空間プロット

### 相対色合わせ

多くの用途では、照明の色を一定に保つために、フィードバックとして機能する色センサが必要とされます。これは「相対色合わせ」として知られています。センサは、周囲光の絶対的な色温度を測定するのではなく、光源の色出力が既知の基準点からずれていないかを監視し、基準点に戻すための補正を実行します。

天井照明の制御は、相対色合わせの代表的な応用例です。これらのシステムでは、カラーセンサが光出力を継続的に監視し、その情報を照明コントローラにフィードバックします。センサが所望の基準点からの色のずれを検出した場合、コントローラは照明出力を調整して補正を行い、空間全体で一貫した光色が維持されるようにします。

LED ベースの照明システムも、その一例です。温度、駆動電流、PWM 調光、経年劣化などの要因により、LED の色は時間の経過とともに変化することがあります。これを補正するため、多くの LED 照明システムでは、白色 LED に加えて青色および赤色の LED が追加されています。カラーセンサは光出力を継続的に監視し、その情報をシステムにフィードバックします。センサが、色座標が工場出荷時のキャリブレーションからずれていることを検出した場合、システムは、検知された色が再び工場出荷時のキャリブレーションと一致するまで、カラー LED を調整します。

RGB および XYZ センサは、色キャリブレーションを必要としない相対的な色合わせの用途において有効です。この用途では、同じ色空間内の既知の基準点からのずれを検出するだけで済むため、標準化された XYZ 色空間を採用しても大きな利点はありません。したがって、この種の用途には RGB センサの方が実用的な選択肢となります。

### 絶対色合わせ

一部の用途では、2 つの色を直接比較することなく、客観的な一致が必要な正確な色点を測定する必要があります。これは絶対色合わせとして知られています。既知の基準点からのずれを検出するだけでよい相対色合わせとは異なり、絶対色合わせでは、異なるシステムやメーカー間で確実に伝達・再現可能な、正確かつ客観的な色測定が求められます。

例えば、カラーセンサは塗料の色を判定することができます。塗料は、熱や日光にさらされることで、時間の経過とともに色が変わります。しばらくすると、塗装面の一部に補修が必要になる場合があります。塗料全体の色は、元の色から変化しています。目立たないように、新しい塗料は現在の色に合わせて塗られます。RGB センサのように、カラーセンサが独自の色空間を使用している場合、その塗料の色を他の色空間と共有する手段がありません。塗料メーカーは、おそらく異なる色空間を使用しているでしょう。検知された RGB 色を特定のメーカーの塗料の色と一致させることは困難です。

XYZ センサは、標準化された CIE 1931 XYZ 色空間で色を検知します。したがって、塗料メーカーが異なる色空間を使用している場合でも、その色空間を標準化された XYZ 色空間に変換することが可能です。

対照的に、RGB センサでは、2 つの色空間を一致させるために複雑なキャリブレーションが必要になることがよくあります。RGB センサの色精度は限られています。

## 周囲光のルクス検知

多くの光検知アプリケーションにおいて、光強度値 (ルクス) の測定が求められます。最高のユーザ体験を実現するため、ディスプレイの輝度はルクス値を用いて周囲の光の明るさに合わせて調整されます。

ほとんどの RGB カラー センサでは、ルクスの検知はより複雑で制限があります。これは、通常、真の明所視応答を提供するチャンネルが存在せず、キャリブレーションとマトリックスが必要となるためです。しかし、OPT4060 などの一部の RGB センサは、キャリブレーションやマトリックスを必要とせず、緑チャンネルから直接ルクスを導き出すことができます。

対照的に、すべての XYZ カラー センサはルクスへの直接的なマッピングを提供しており、Y チャンネルは明所視応答を持ち、ルクスに対して直線的な関係にあります。カラー センサのメーカーは通常、Y とルクスの比率を決定するための比率または単純な単点キャリブレーションを提供しています。

## まとめ

要約すると、RGB カラー センサ (TI の OPT4060 など) および XYZ カラー センサ (TI の OPT4048 など) は、さまざまな色を検知・識別することができます。RGB カラー センサは可視光スペクトル全体を網羅するものではなく、XYZ カラー センサとは異なり、光源やその種類に依存します。ほとんどのアプリケーションでは RGB カラー センサまたは XYZ カラー センサのいずれかが使用されますが、どちらのタイプのカラー センサを使用する場合にも、それぞれ長所と短所があります。通常、RGB センサはコスト効率に優れていますが、追加のキャリブレーションや変換が必要であり、XYZ センサと比較すると精度は一般的に低くなります。表 1 では、本書で論じた精度要件および色空間のニーズに基づき、一般的なユースケースごとに推奨されるデバイスをまとめています。

表 1. RGB 対 XYZ 比較表

使用事例	OPT4060 (RGB)	OPT4048 (XYZ)	推奨デバイス
周囲光の CCT 測定	RGB 値を CCT に変換するには、追加のキャリブレーションが必要	CIE XYZ から CCT への直接マッピング	OPT4048
相対色合わせ/LED フィードバック	色校正を必要とせずに、既知の基準点からの色ずれを検出するのに有効	既知の基準点からの色ずれを検出するのに有効であるが、標準化された CIE XYZ 色空間はこの用途において特に大きな利点をもたらさない	OPT4060
絶対色合わせ	非標準の色空間を使用するため、異なる環境間で色測定値を伝達したり再現したりすることが困難	CIE 1931 XYZ は普遍的な標準であり、あらゆる色空間との相互運用性を実現する	OPT4048
周囲の照度測定	照度は緑色チャンネルから算出される	照度は Y チャンネルから算出される	いずれでもよい
医療・産業分野における色精度が重要な用途	標準化されていない RGB 色空間は、精度と相互運用性を制限する	標準化された XYZ 応答は、高精度な用途において高い精度を提供する	OPT4048

TI の光センサに関する詳細情報やトレーニングについては、「[Precision Labs トレーニングビデオ: 光センサ](#)」をご覧ください。

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月