

光測定ソリューション

MK350S Premium



NIST DIN JIS

MK350N Premium



NIST

MK350D



NIST



・Taiwan Excellent®ロゴは、台湾經濟部の登録商標です。
 ・その他の商標および著作権はすべてそれぞれの所有者に帰属します。

アプリケーションソフトウェア



uSpectrum

PC ソフトウェア

推奨モデル

- ✿ MK350S Premium 空間照明研究ハンドヘルド分光放射計
- ✿ MK350N Premium 産業用LED測定研究ハンドヘルド分光放射計
- ✿ MK350D コンパクトハンドヘルド分光放射計



uFlicker

PC ソフトウェア

推奨モデル

- ✿ MK350S Premium 空間照明研究ハンドヘルド分光放射計
- ✿ MK350N Premium 産業用LED測定研究ハンドヘルド分光放射計



モバイルアプリ

様々なデバイスをベースに独自のモバイルアプリを作成します。
 単体で測定することも、現在の環境に応じてリモートワイヤレス
 測定を選択することもできます。

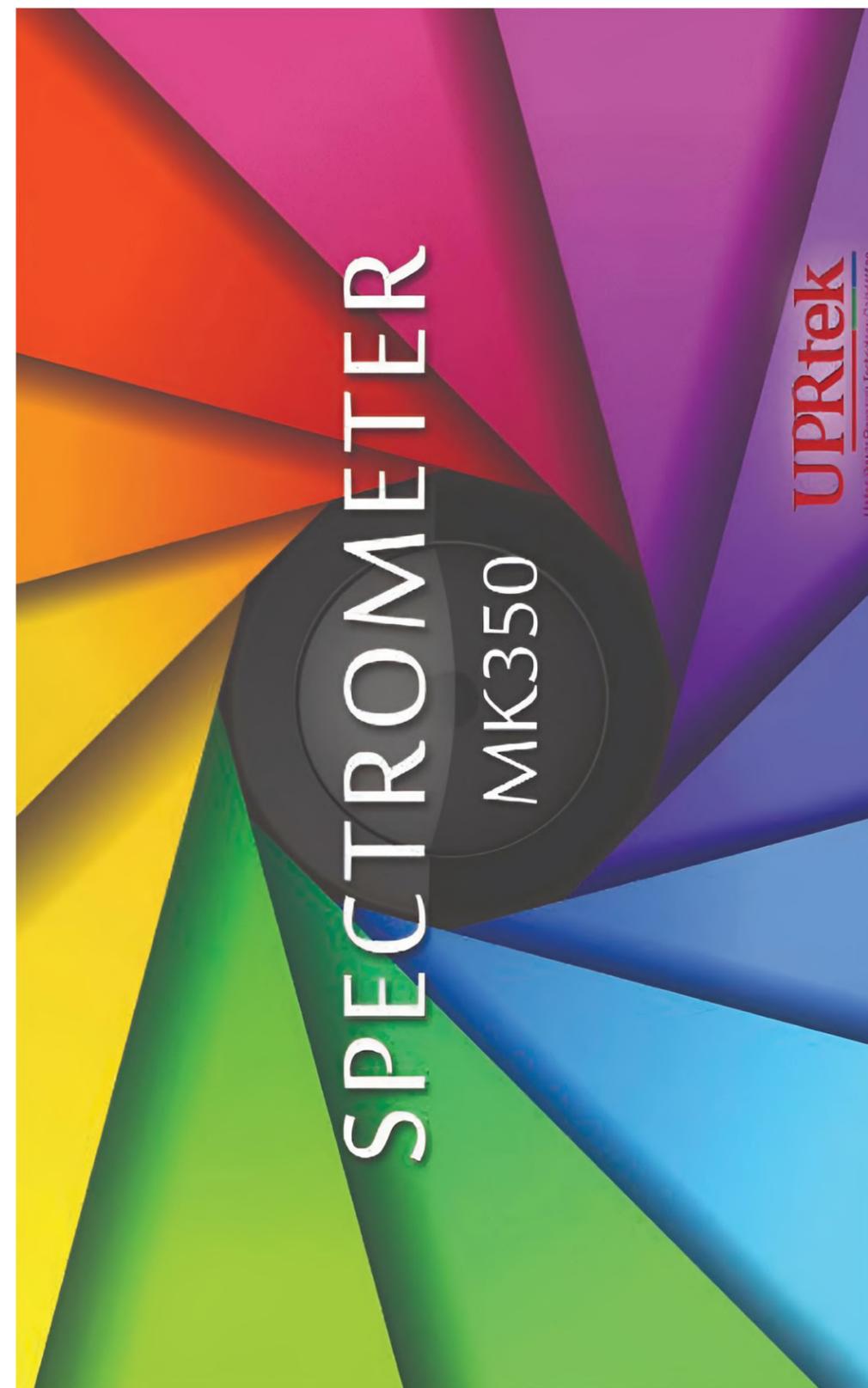
推奨モデル

- ✿ MK350S Premium 空間照明研究ハンドヘルド分光放射計
- ✿ MK350N Premium 産業用LED測定研究ハンドヘルド分光放射計
- ✿ MK350D コンパクトハンドヘルド分光放射計

目次

はじめに.....	1	光の測定.....	54
一般的な人工照明の種類.....	2	温度を使って光の色を測定する？.....	56
白熱灯.....	4	機器はどのように光を測定するのか？.....	58
蛍光灯.....	6	波長と色の対応.....	60
LED照明.....	8	色度図 - CIE 1931.....	62
メリットとデメリット.....	12	色度図の誕生.....	64
市場.....	16	波長の強度.....	69
光はどこから来るのか？.....	18	露出計はどのようにしてx,y座標を求めるのか？.....	70
原子が光を作る.....	20	カラーホイールと色度図.....	72
白熱電球はどのように光るのか？.....	24	CIE 1931からCIE 1976.....	76
蛍光灯はどのように光るのか？.....	26	MK350シリーズ - 知っておくべきこと.....	78
LEDはどのように光るのか？.....	28	回折格子.....	81
蛍光イエロー.....	30	コサイン補正.....	82
LEDはなぜ半導体を使うのか？.....	32	ダークキャリブレーション.....	84
光はどのように機能するのか？.....	34	MK350シリーズによる蛍光灯の測定.....	86
有名な実験 1.....	34	半値幅.....	87
有名な実験 2.....	36	プランク軌跡.....	88
波の振る舞い.....	40	測定単位の概要.....	90
光を見るのか、感じるのか？.....	44	異なる波長スペクトルの認識.....	92
では、色とは何なのか？.....	46	アプリケーション.....	94
反射、吸収、透過.....	48	光と農業.....	96
色環 - 色の混合.....	50	PARの測定.....	98
桿体と錐体.....	52	PPFDとPFD値.....	99
		照明デザイナー.....	100

Dialux.....	101
ルクス測定.....	104
寒色系と暖色系 - 色温度.....	106
相関色温度.....	107
Duv Δu Δv Δy Δx	108
光の健康と安全.....	112
紫外線測定.....	112
有害な青色光の測定.....	113
フリッカー測定.....	116
道路・交通照明.....	120
LED劣化測定.....	120
交通信号機の測定.....	122
病院における照明測定.....	123
手術用照明灯.....	123
大型スクリーンのLED交換.....	125
LEDスクリーンおよびモニターの試験と校正.....	126
sRGB、AdobeRGB.....	129
店舗ディスプレイ照明.....	130
照明に関する学術研究.....	132
表面色の測定.....	134
LEDヒートシンクの研究.....	137
研究発表.....	137
LED専門家.....	138
研究開発.....	140
照明展示会.....	141
品質管理.....	141
付録1 CIE 1931 詳細.....	144
参考文献.....	148



私たちを突き動かすのは、その問いなのです…

- マトリックス -

はじめに

市場に溢れかえるLED照明は紛れもなく魅力的です。LEDはエネルギー効率が高く、長寿命で、冷却性に優れ、耐衝撃性があり、無毒です。そのため、このガイドではLEDに焦点を当てます。しかし、LED照明には課題もあります。それは、LEDの光質と色が予測しにくい場合があることです。

そのため、LEDの光質を測定するには測定機器が必要です。しかし、光は物理学と精密機器の融合であり、高度に専門化され、かさばり、高価で、ほとんどの場合実用的ではありません。そこで、MK350分光放射計がタイムリーに市場に登場します。持ち運び可能で費用対効果の高い光度計は、実験室の限られたスペースだけでなく、私たちの日常の作業環境や生活環境でも高精度な光測定を可能にします。

MK350サバイバルハンドブックとは？

MK350シリーズのデバイスは、光の質を測定するように設計されています。一見簡単そうに聞こえますが、適切な照明の重要性とMK350デバイスの仕組みを理解するのは、なかなか難しいものです。このハンドブックは、光科学の複雑な側面を理解し、MK350テクノロジーの大きな利点を学んでいただくためのサバイバルガイドです。

このハンドブックは…

- MK350デバイス、照明、ライティングの学習向けにカスタマイズされています。
- 分かりやすい(「Dummies」ブックのように)
- 理論的には事前の知識は必要ありません。

私たちの目標

- 目標1:MK350の知識を迅速に習得
- 目標2:照明のエキスパートになる
- 目標3:最高のカスタマーサービス/営業チームになる

3

一般的な人工照明の種類

まず、一般的な3種類の照明について説明しましょう。

白熱灯
蛍光灯
LED照明

最初に登場したのは従来の白熱電球でした。次に蛍光灯、そしてLED電球が登場しました。どちらも電球の寿命と省エネという利点がありました。しかし、これら3つはそれぞれ独自の長所と短所を持ちながら、現在もなお使用されています。

トーマス・エジソンは白熱電球を発明したわけではありませんが、商業的に実現可能なものになりました。



白熱灯

- 商業用 - 1900年代半ば
- 大量のエネルギーを消費する
- 熱を発生する - 触ると熱い
- 頻繁に交換する必要がある
- 割れやすい
- 光の質は非常に安定しており、太陽光に近い。



蛍光灯

- 業務用 - 1930年代
- 触るとひんやりする
- 白熱灯よりも長持ち
- 白熱灯よりも消費電力が少ない
- 割れやすい
- 危険な水銀が含まれているため、破損時や通常の廃棄時に危険を及ぼす可能性があります。



LED

- 商業用途 - 2000年代初頭
- 触るとひんやりする
- 蛍光灯よりも長寿命
- 蛍光灯よりも消費電力が少ない
- 割れない
- LEDの品質は製造中に一定ではなく、製造後に様々な品質レベルに分類・選別する必要があります。

白熱照明

熱を利用して光を生み出します...



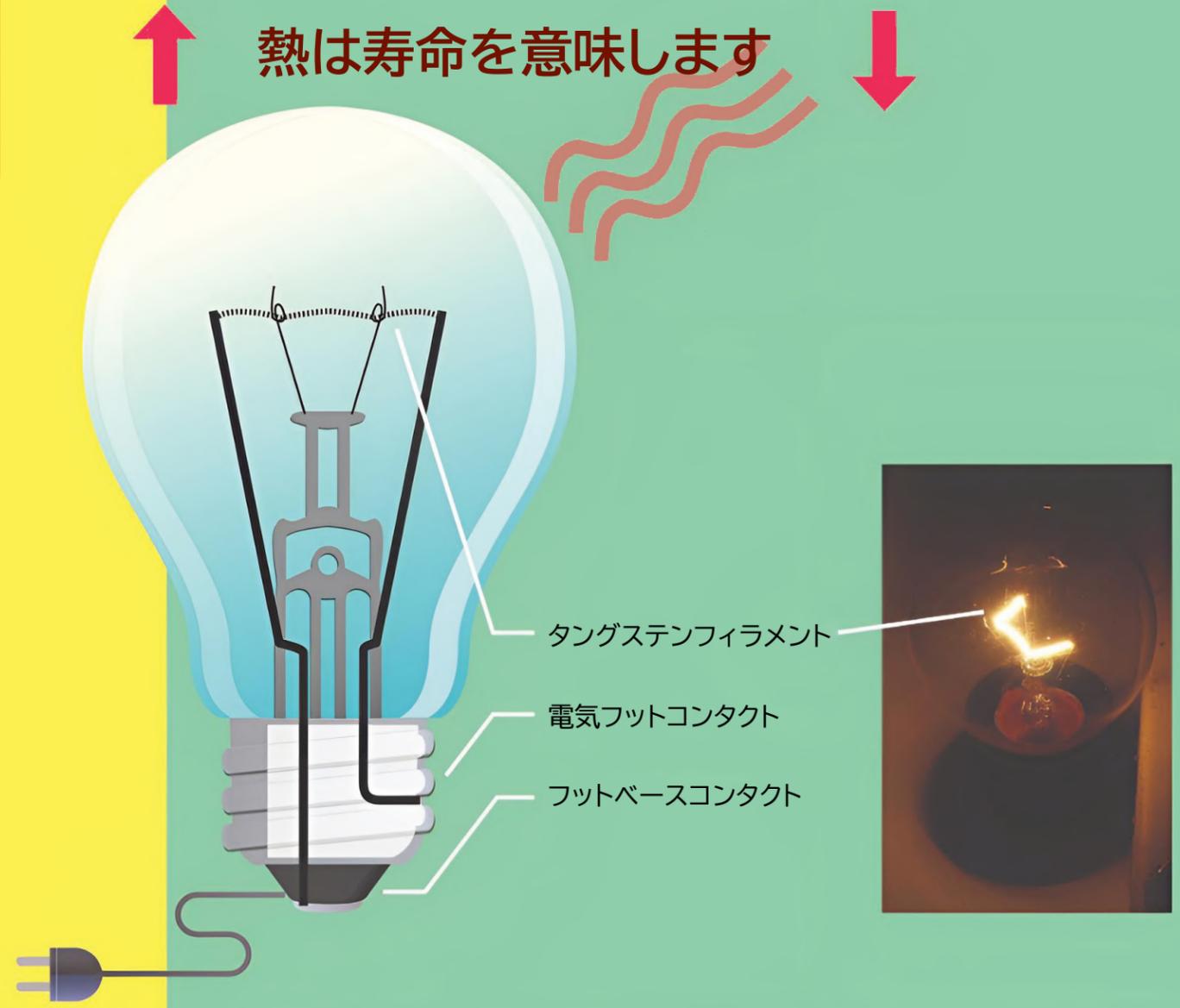
KMJ, alpha masking by Edokter - GFDL - CC-SA-3.0

白熱電球

熱(熱放射)を利用して光を生成します。太陽光やろうそくの光もこの方法で生成されます。白熱電球も「フィラメント」を通して熱(熱放射)を生成します。フィラメントが熱くなることでろうそくのような光が生成されます。このタイプの光の質と色は、ほとんどのブランド間で概ね非常に安定していることが大きな利点です。色も太陽光と非常に近いです。

大きな欠点は、このタイプの電球は大量のエネルギーを必要とし、その90%が熱として無駄になることです。また、高熱はフィラメントの劣化を早め、電球の寿命を縮めます。

熱は寿命を意味します



タングステンフィラメント

電気フットコンタクト

フットベースコンタクト

さらに詳しく

タングステン(タングステン)は溶けにくく、劣化しにくい硬い金属なので、フィラメントの材料として適しています。

ハロゲンランプは白熱電球の一種ですが、電球内にハロゲンガスが含まれているため、フィラメントの劣化が遅くなり、より高い耐熱性が得られ、高輝度照明(例:車のヘッドライト)に適しています。



Redsimon - CC-Attrib-2.5-Generic



Redsimon - CC-Attrib-2.5-Generic



蛍光灯

紫外線を利用して光を作り出します…

蛍光灯は1930年代から長い蛍光管として市販されてきました。電球のような小型のCFL(コンパクト蛍光灯)は、2000年代になってようやく広く普及しました。

これらの照明は、管内の水銀蒸気(蒸気)を利用しています。管内に電気が流されると、水銀蒸気が紫外線、より正確には紫外線を放射します。



Sun Ladder - CC-BY-SA-3.0



OSRAM FH 14W/840
LUMILUX Cool White
Recyclable
Italy
Christian Taube, White Balance Deal16328 - CC-BY-SA 2.0 - Germany

紫外線は、蛍光体でコーティングされたチューブの内面に照射されます。紫外線によって蛍光体が発光します。

白熱電球よりも低温でエネルギー効率が高いことが利点です。

欠点は、水銀が危険なことです。電球が破損した場合、健康被害を引き起こす可能性があります。また、使用済み電球の廃棄も問題となります。

さらに詳しく

蛍光は光(または電磁放射線)を使用して光を生成します。これは、リン光(時計)に関連しています。



Image by I, Autopilot - CC BY 2.5 Generic

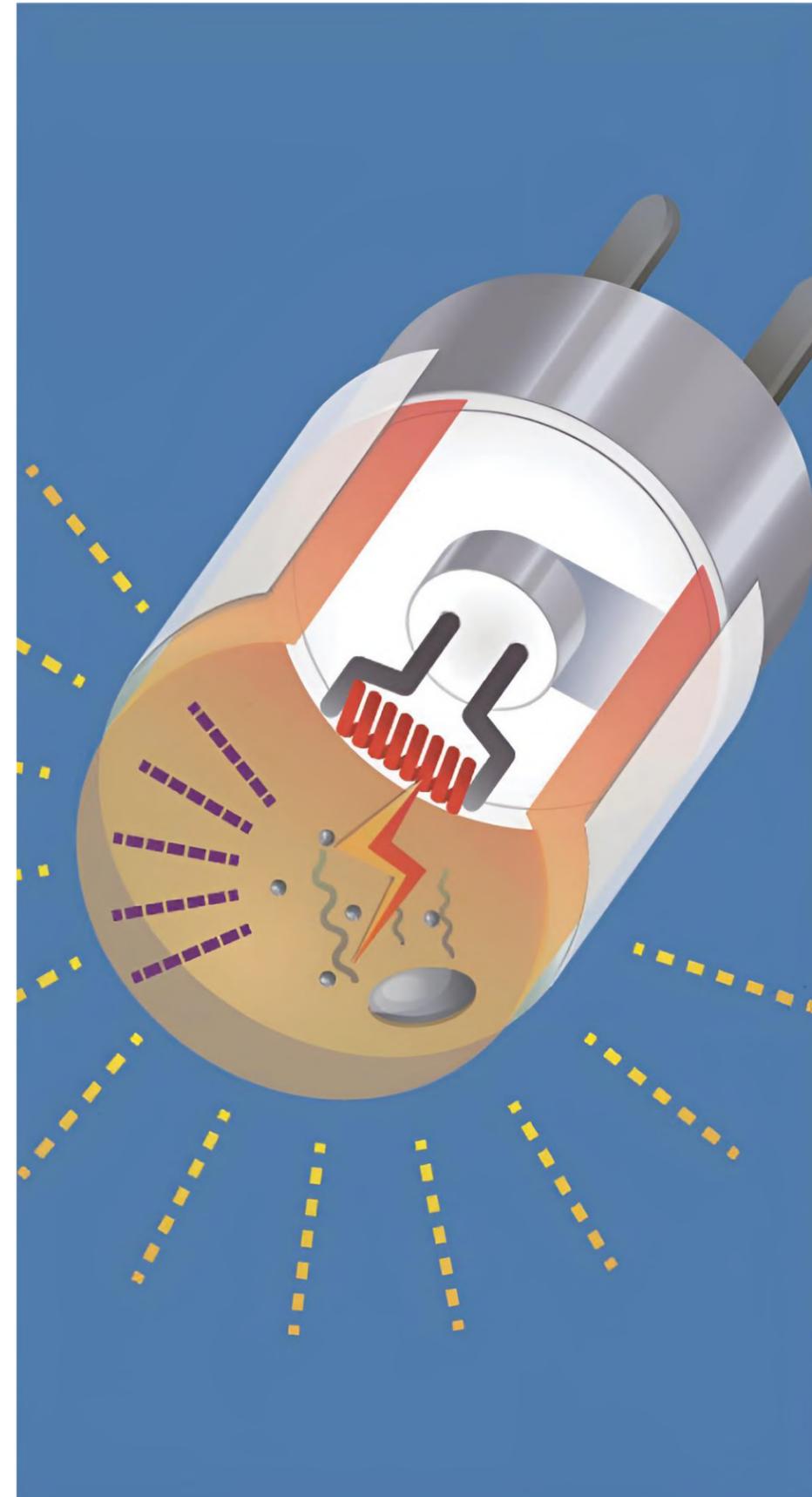
アークランプ - 蛍光灯はアークランプの一種で、通常は空気などの非導電性媒体を通して光を発生させます。雷も同様に、自然界に存在するアークランプの一種です。



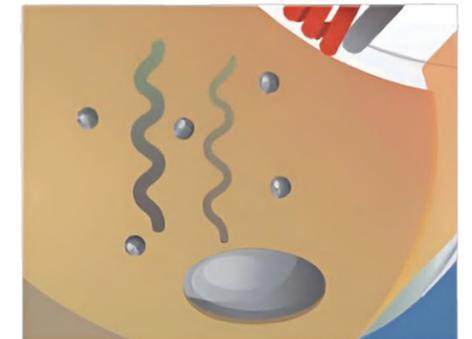
Ziemor at pl.wikipedia - CC-BY-2.5-Generc



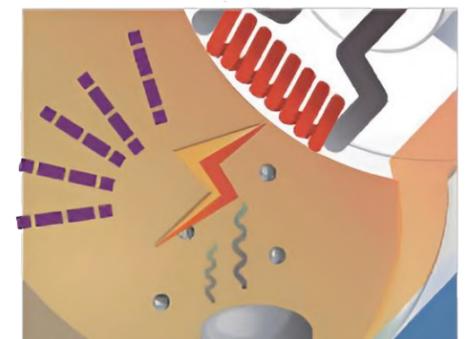
Image: © Nevit Dilmen found at Wikimedia commons - CC-BY-SA-3.0



1. 電気で管を温めます。



2. 水銀が蒸気になります。



3. 蒸気はさらに電気を通すことで励起され、紫外線が放射されます。



4. 紫外線が蛍光体でコーティングされた管の内面に当たり、蛍光体が発光します。つまり、光(紫外線)を使って可視光線を作り出すのです。



初期のLED電球(1960年代から)

Afrank99 - CC-BY-SA-2.0 Generic

LED照明

半導体を使用して光を作ります...

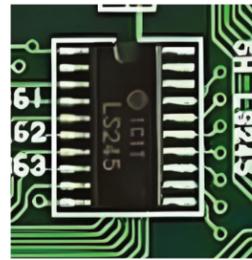
初期LED(光発光ダイオード)は、主にディスプレイパネルなどのアプリケーションの小さなインジケータライトに使用されました。1960年代からこのように使用されており、このページの上にある電球のように見えました。

2000年代初頭、私たちは環境照明にも使用されるLEDテクノロジー(例えば、家、オフィス、工場、学校)やLED電球が従来の電球によく似ているようになりました。彼らは、蛍光チューブのように見えるようにLEDストリップを生成しました。

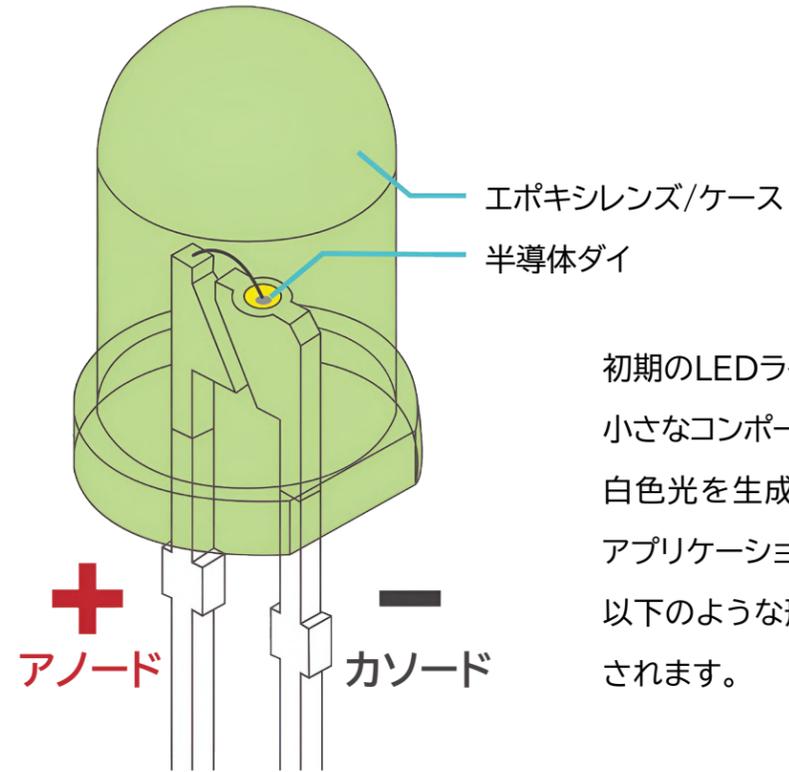
LEDは半導体を使用します。回路基板用にプロセッサで使用される素材に似ています。ただし、LEDで使用される材料は、光を生成するためのものです。より快適で、よりエネルギーが効率的であることに加えて(蛍光照明など)、LEDは長寿命で、さらに飛散・衝撃に強い付加価値を持っています。



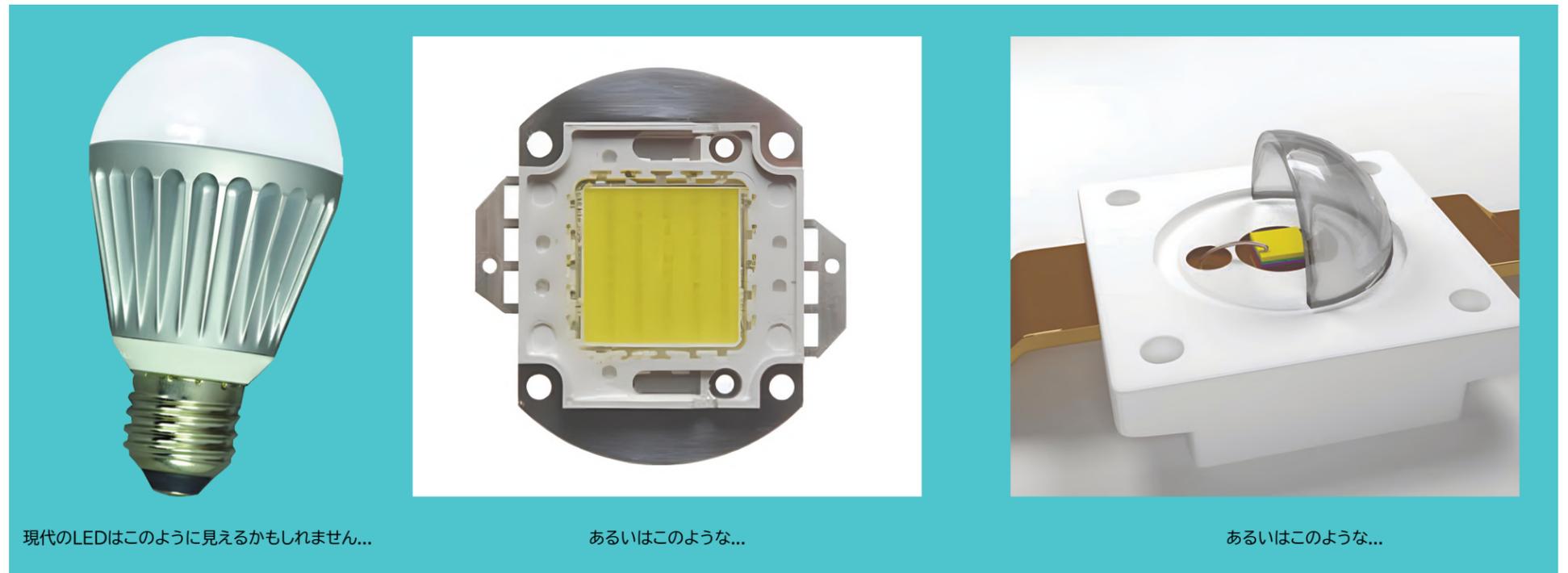
チューブ照明に使用されるLEDストリップ
Mcapdevila - Multi-license CC-BY-SA-3.0 and GFDL



半導体材料から作られた回路基板プロセッサ



初期のLEDライトからわかるように、半導体は非常に小さなコンポーネントです。半導体自体は青みがかった白色光を生成し、レンズ/ケースは色を変化させてアプリケーションに適合させます。より最近のLEDは以下のような形状ですが、同じ半導体の原理で点灯されます。



現代のLEDはこのように見えるかもしれませんが...

あるいはこのような...

あるいはこのような...

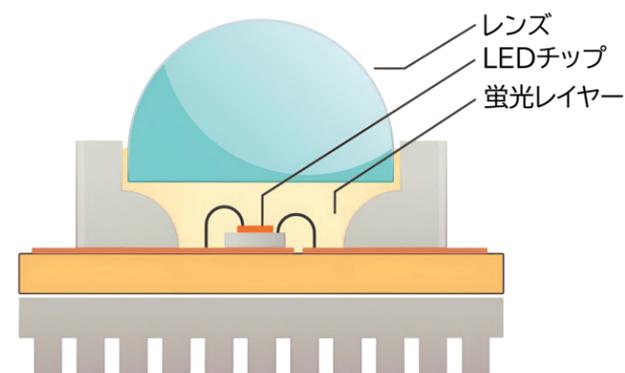
LED照明

よく見ると...



LEDライトは、電気が半導体ダイを介して実行されると機能し、青みがかった光を生成します。半導体上の黄色の層に注意してください - 半導体の青みがかった光を変化させて快適な白色光になります。この黄色の層は、蛍光層または蛍光体層と呼ばれます。

LEDには、ライトをリダイレクトして均一な全体的な強度を得るために、レンズが上部にある場合があります。



さらに詳しく

蛍光と螢光はどちらも「光を作るために光」を使用します。ただし、蛍光物質は、吸収する放射線をすぐに再放射しません。

ダイまたはダイオード - これらの単語は、LEDチップまたは半導体チップの代わりに使用される場合があります。

LEDパッケージ - これは、LED用のハウジング全体(つまりパッケージ)です。



メリットとデメリット



実用的かつ経済的に言えば、LEDには大きな利点があるように思われ、そのため、発展途上国で新しく建設される施設のほとんど(工場、オフィス、図書館、博物館など)では、環境照明のほとんどにLEDが選択されています。



では、なぜ白熱電球を買い続けるのでしょうか？

消費者にとって、自己負担額は重要な要素です。市販のLED電球(この記事の執筆時点、2014年1月)は自己負担額が15ドルかかるかもしれませんが、白熱電球はたったの3ドルかもしれません。どちらを買いますか？電球を2つ交換しなければならないとしたら(30ドル vs 6ドル)、どうしますか？

白熱電球は他の2つと比べて自然光に近く、光質も太陽光に近いです。太陽光は光のゴールドスタンダードです。進化の過程で、私たちの目は太陽光とその豊かな色彩に慣れてきたからです。

なぜ人々はいまだに白熱電球を使い続けるのか (USAtoday 2013年12月27日)

<http://www.usatoday.com/story/news/nationnow/2013/12/27/incandescent-light-bulbs-phaseout-leds/4217009/>

では、なぜ白熱電球を買い続けるのでしょうか？

蛍光灯は白熱灯とLEDの中間に位置します。白熱灯よりもはるかに長寿命ですが、LEDよりも安価です。

長期的な設置場所が保証されていない場所に最適です(例えば、スペースを借りているコンビニエンスストアに、50000時間のLEDライトを購入する必要があるのでしょうか?)。



デメリット...



蛍光灯 - 健康問題

壊れやすい蛍光管は簡単に破損し、有毒な水銀液にさらされると健康被害をもたらします。清掃には慎重かつ綿密な除去手順が必要です。水銀への曝露は神経学的問題を引き起こすことが知られています。

蛍光灯は管内で紫外線を使用していますが、微量の紫外線が漏れ出ています。紫外線は目や皮膚に有害です。蛍光灯はちらつくことでも知られています。研究によると、ちらつく光に長時間さらされると目に有害であることが示されています。



白熱灯

白熱灯の最も厄介な点は、エネルギーを無差別に使用することです。使用されるエネルギーの90%は熱として消費され、光として放出されるのは約10%にすぎません。

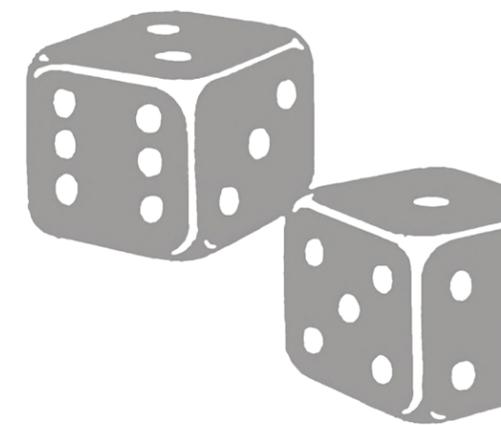


LEDライト

すべてのLEDチップが同じように作られているわけではありません

LEDは半導体を使用しています。この種の技術は非常に高度だと思われがちですが、LEDチップの実際の製造は必ずしも精密科学的なものではありません。LEDの光の品質はロットごとに大きく異なり、ロットごとに色や強度の異なる品質として分類・販売されることがあります。

実際、コンピューターに使用されているCPUも半導体ベースであり、同様の問題を抱えています。ロットごとに全く同じパフォーマンスを保証することはできず、オーバークロックなど、パフォーマンスの期待値を調整するための対策を講じる必要があります。



市場

変化する世界 - 私たちが知っていること

- 白熱灯を使用している人は依然として多くいます(主に家庭で)。
- 公共の場(病院、オフィスなど)では依然として蛍光灯が多く使用されています。
- 照明デザイナーによると、新しい施設(工場、病院、図書館など)ではLEDが導入される可能性が最も高いとのこと。
- 既存の施設の中には、照明器具をLEDに完全に交換しているところもあり、長期的なコスト削減効果をすでに実感しています。
- ほとんどの先進国では、白熱電球の使用を段階的に廃止する計画が進められています。
- LED電球の価格は下落傾向にあり、市場シェアを巡ってCFLと競合し始め、数年後には追い抜くことになるでしょう。



結論:
LEDは世界を席巻する軌道に乗っています。

白熱電球にさようなら

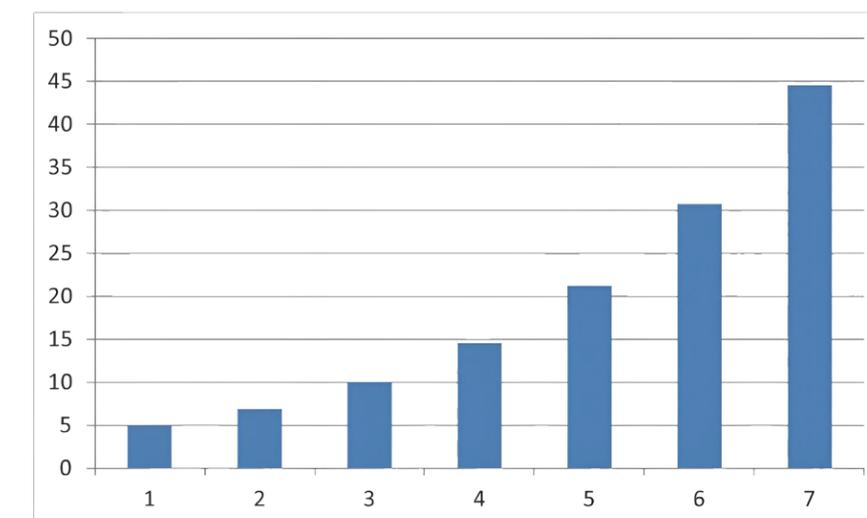
白熱電球の全面的、部分的、計画的な禁止、または交換プログラムを実施している国々。(本稿執筆時点: 2014年2月 http://en.wikipedia.org/wiki/Phaseout_of_incandescent_light_bulbs より)



Original by Ukelay33 - GFDL- CC-BY-SA-3.0 - Adapted for this topic

LEDへようこそ

北米のLED市場は、今後7~8年間で毎年約45%成長すると予測されています。



光はどこから来るのでしょうか？

ちょっとした科学と魔法…

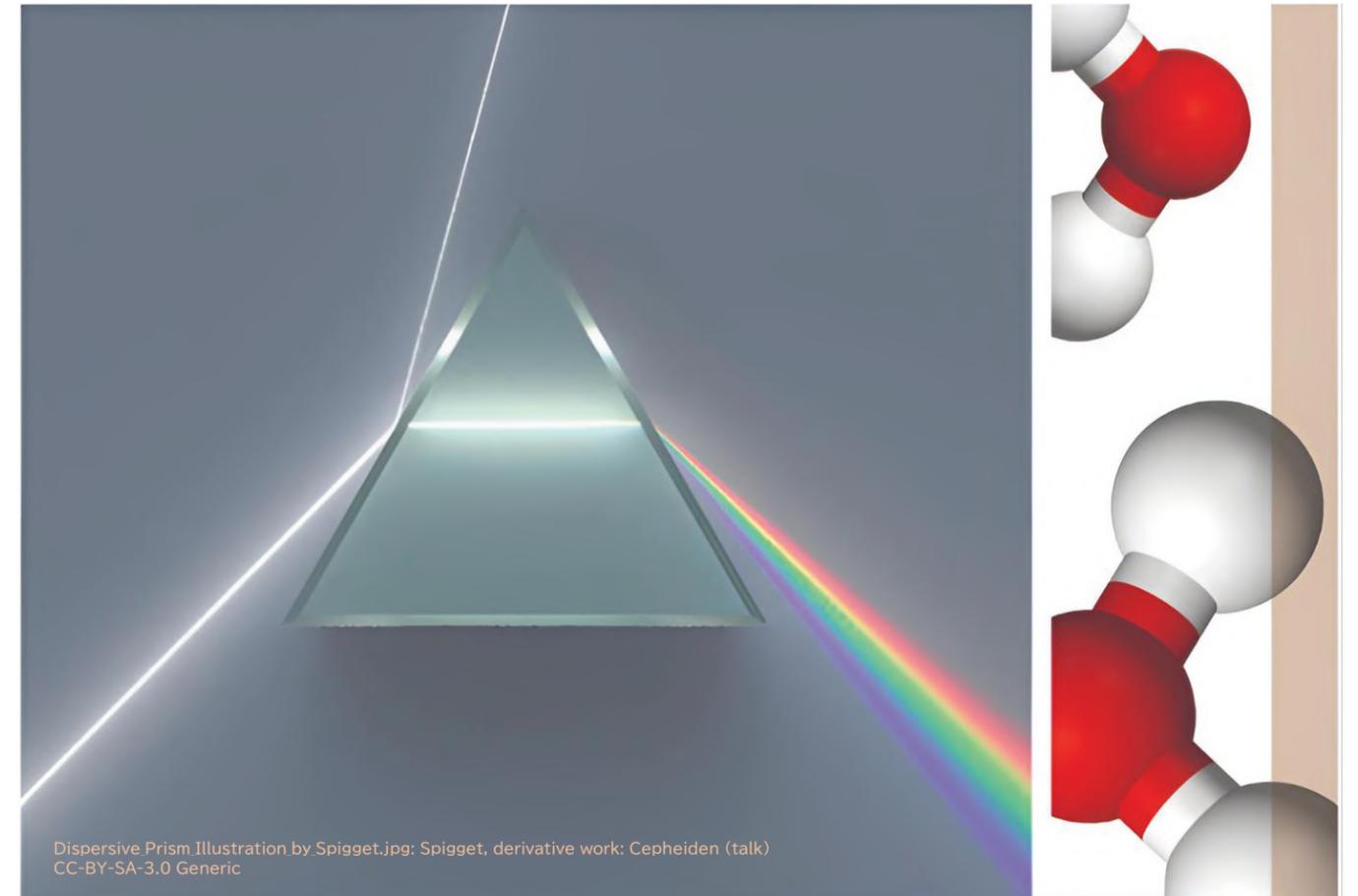
光を理解することの重要性

光とは何か、そして光はどこから来るのかという基本を理解することは、LED照明とMK350デバイスを理解する鍵です。しかし、まずは科学、特に物理学と化学の世界に足を踏み入れなければなりません。このセクションでは、照明の基礎を、数学を使わずに、分かりやすく簡潔で実践的な方法で、一般の人にもわかるように解説します。



Is. Newton

OPTICKS:
OR, A
TREATISE
OF THE
REFLEXIONS, REFRACTIONS,
INFLEXIONS and COLOURS
OF
LIGHT.
ALSO
Two TREATISES
OF THE
SPECIES and MAGNITUDE
OF
Curvilinear Figures.



Dispersive Prism Illustration by Spigget.jpg: Spigget, derivative work: Cepheiden (talk)
CC-BY-SA-3.0 Generic

あなたの世界をひっくり返す

始める前に、いくつか期待値を設定する必要があります。物理学と化学は魔法のようなものがあります。きっと、あなたを驚かせると同時に困惑させるようなことが起こります。ですから、自分の世界をひっくり返すような、どんな状況にも対応できる準備をしておくことが重要です。



原子は光を作ります

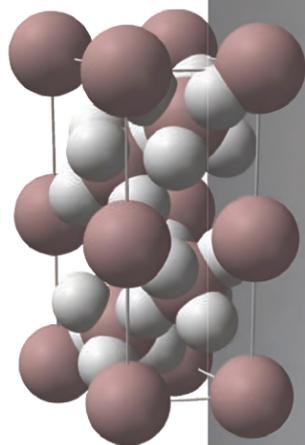
原子とは何でしょうか？

光は原子から生まれます。ですから、まず原子とは何かを理解する必要があります。すべてのものは原子でできています。テーブル、壁、携帯電話、酸素…そしてあなた自身も。実は、原子はとても小さくて目に見えません。しかし、原子が結合すると、水のような物質になります。

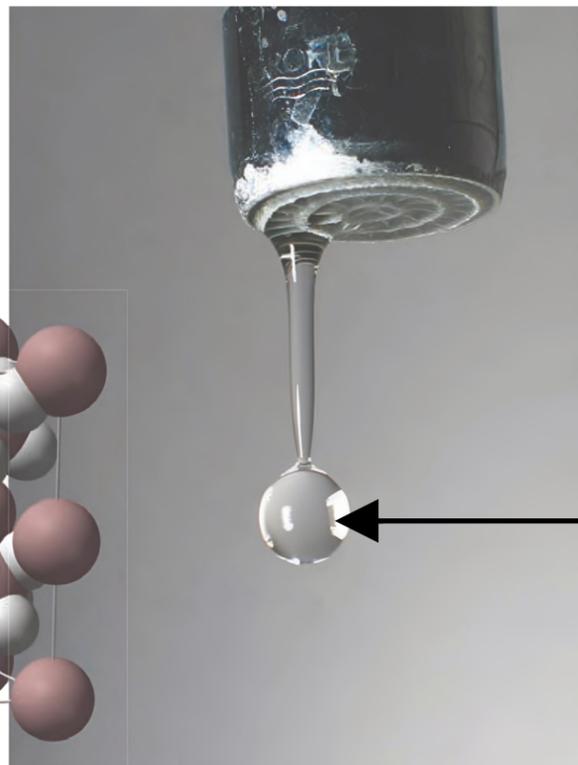
分子とは何ですか？

物体中の原子は通常、分子と呼ばれる原子の集合体を形成しています。例えば、酸素原子(O)1個と水素原子(H)2個を組み合わせると、H₂O分子になります。これらの原子は力(静電気力)によって引き合います。物体は多くの分子から構成されています。水のように緩く結合している場合もあれば、金属のようにしっかりと結合している場合もあります。すべては分子構造によって決まります。

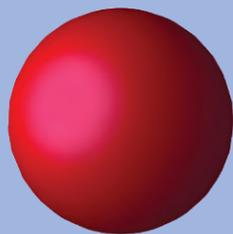
アルミニウムの分子構造



Dschwen - CC-BY-SA-2.5 Generic

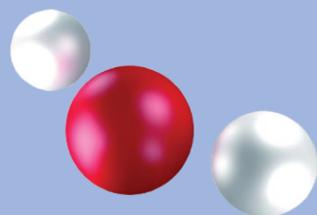


酸素原子



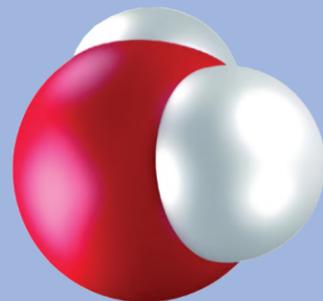
1

酸素原子1個と水素原子2個



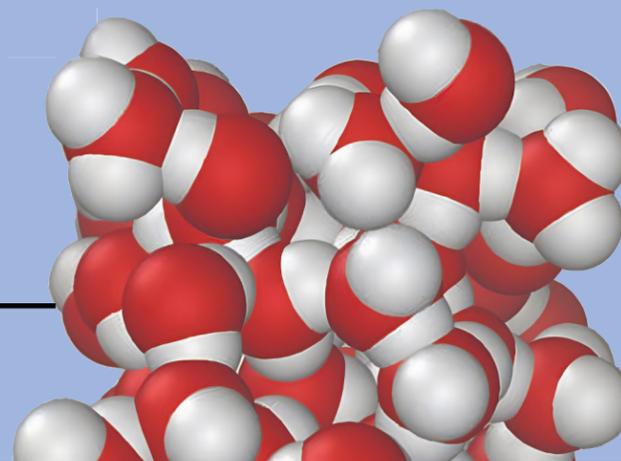
2

H₂O分子



3

H₂O分子が多数集まると水になります



4

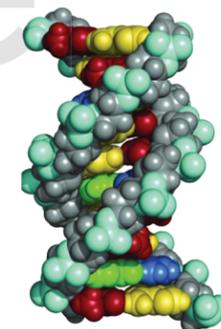
分子構造によって決まるもの

色、質感、匂い、重さ、伝導率など…

It's Like

分子はDNAのように決定づけます

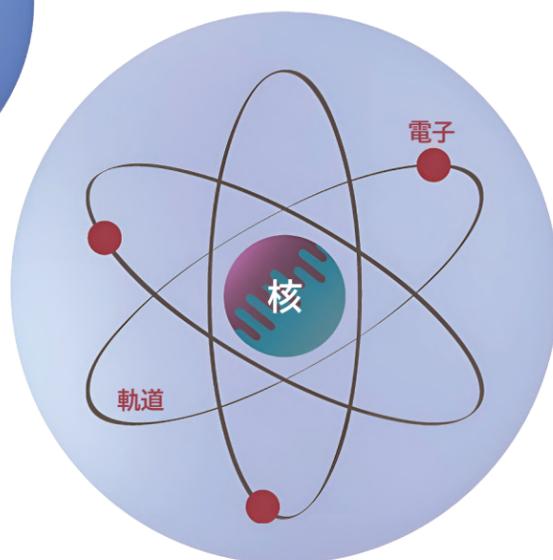
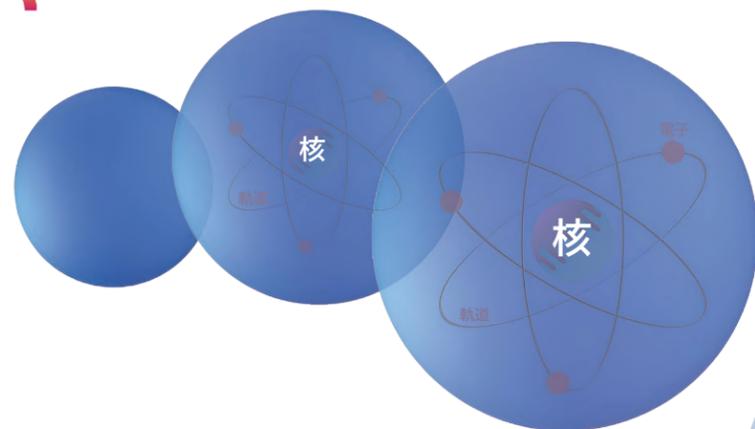
DNAはあなたの身体的特徴、性別、身長、体重、髪の色を決定します。同様に、分子構造は物体の特性、つまり色、質感、匂い、重さ、電気伝導性、融点などを決定します。金属は固体で、水は液体です。それはすべて、分子構造が異なるからです。



Eddy Van 3000 - Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic

P99am - Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported

詳しく見てみましょう



原子から光を生み出すのは簡単なプロセスです。少し想像力を働かせるだけでいいのです。原子の中には大きな原子核があり、その周りを一定の軌道で回る小さな電子があります。太陽(原子核)とその周りを回る小さな地球(電子)を想像してみてください。原子にエネルギーが加えられると、電子はより高い軌道へと飛び出します。元の(自然な)軌道に戻ると、光が放出されます。

It's Like

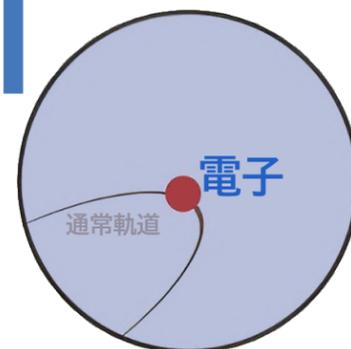


Electrons are the Key

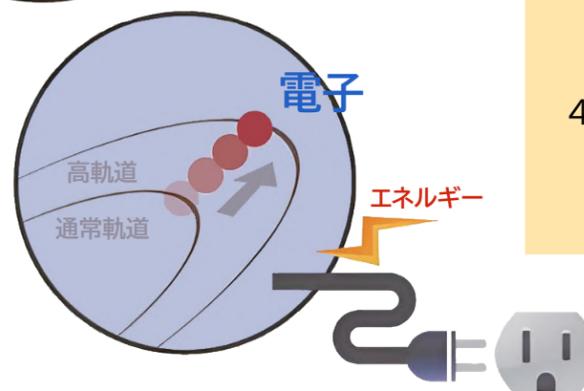
Atoms make Light

光らせる

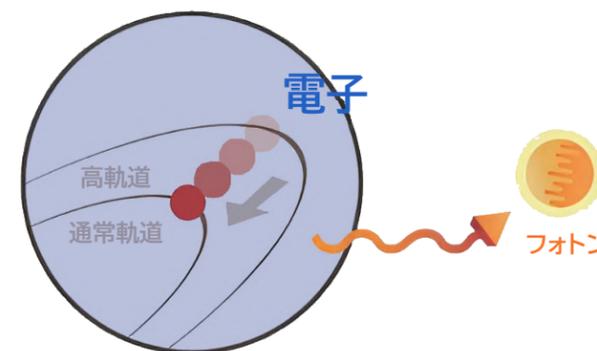
1



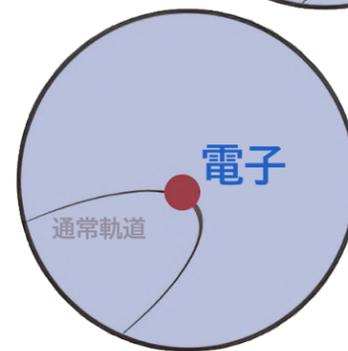
2



3



4



1. 電子は自然軌道を周回します。
2. エネルギーを加えると、電子は短時間、より高いエネルギーの軌道に移動します。
3. 電子はより低い自然軌道に戻り、光(光子)が放出されます(エネルギーが放出されます)。
4. 電子は自然軌道に留まり、再びより高い軌道に励起されて、このプロセスが繰り返されます。

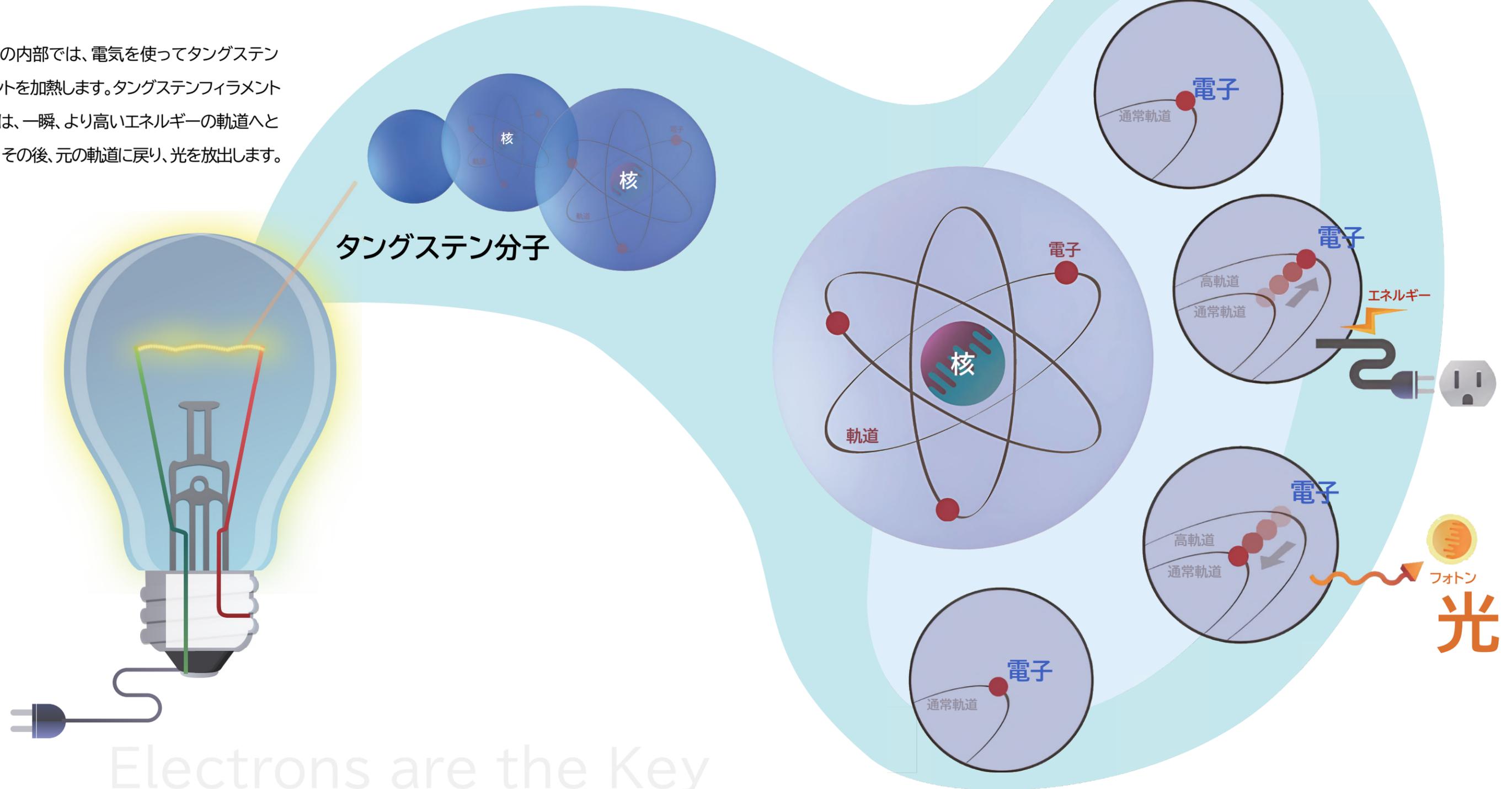
光

もっと詳しく

原子核 - 原子核には中性子と陽子が含まれています。陽子は正電荷を帯び、電子は負電荷を帯び、中性子は中性(電荷を持たない)です。

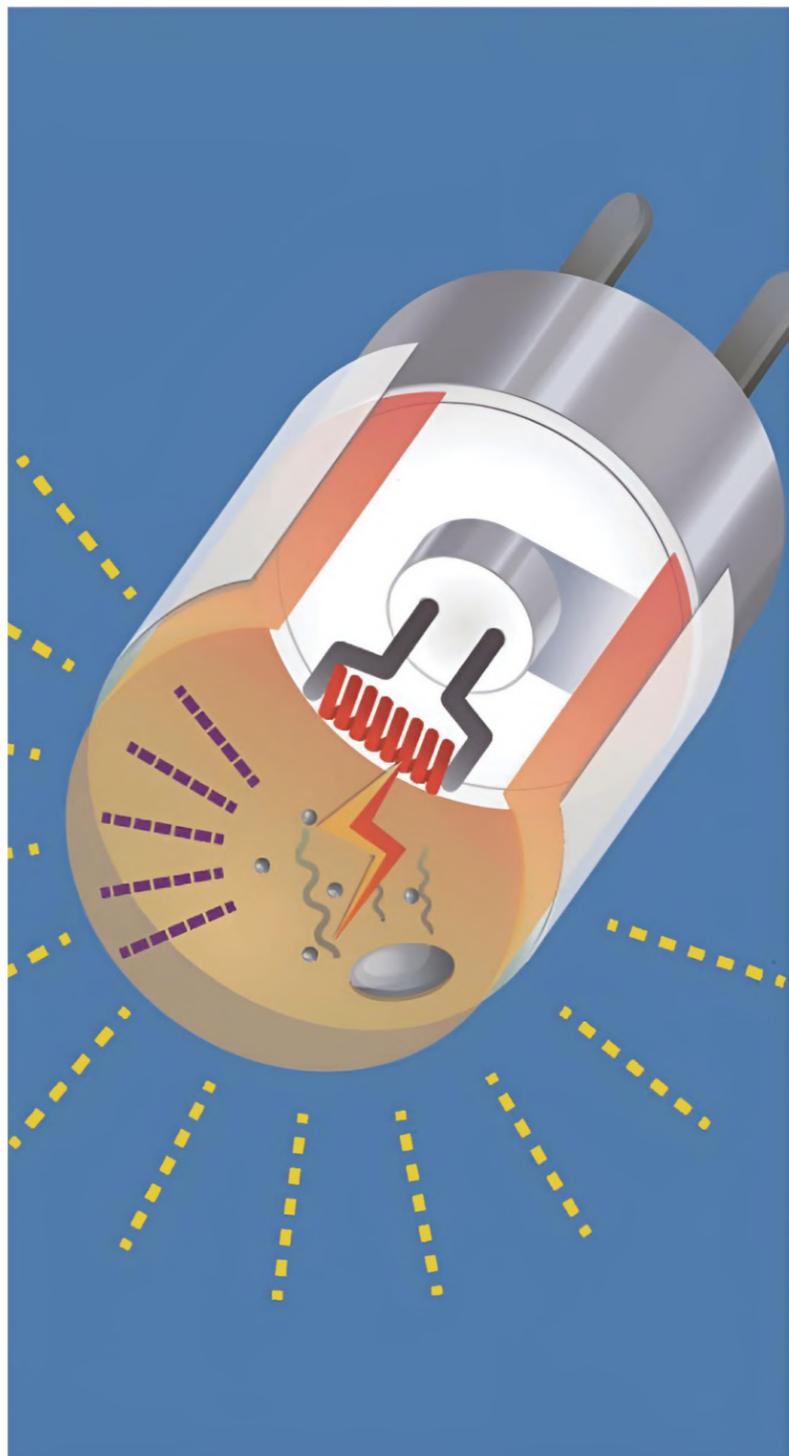
白熱電球はどのようにして光を出すのでしょうか？

白熱電球の内部では、電気を使ってタングステンフィラメントを加熱します。タングステンフィラメント内の電子は、一瞬、より高いエネルギーの軌道へと飛び出し、その後、元の軌道に戻り、光を放出します。

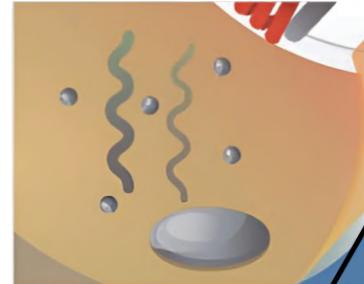


Electrons are the Key

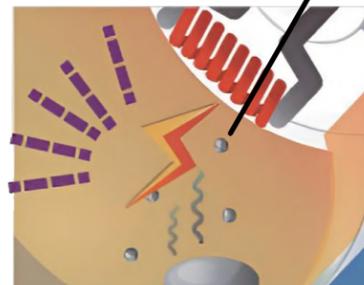
蛍光灯が光る仕組み



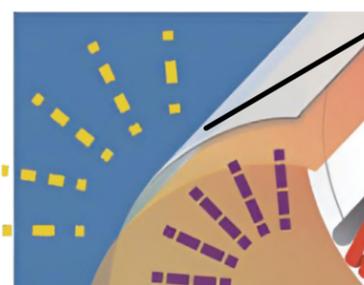
1. 電気で管を温めます。



2. 水銀が蒸気になります。

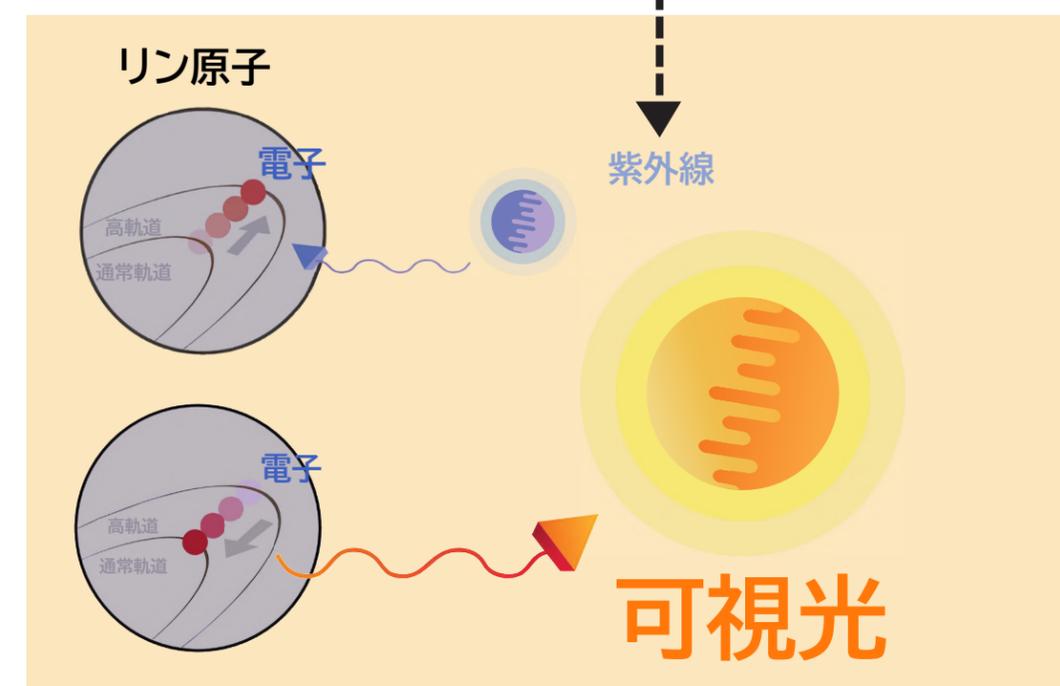
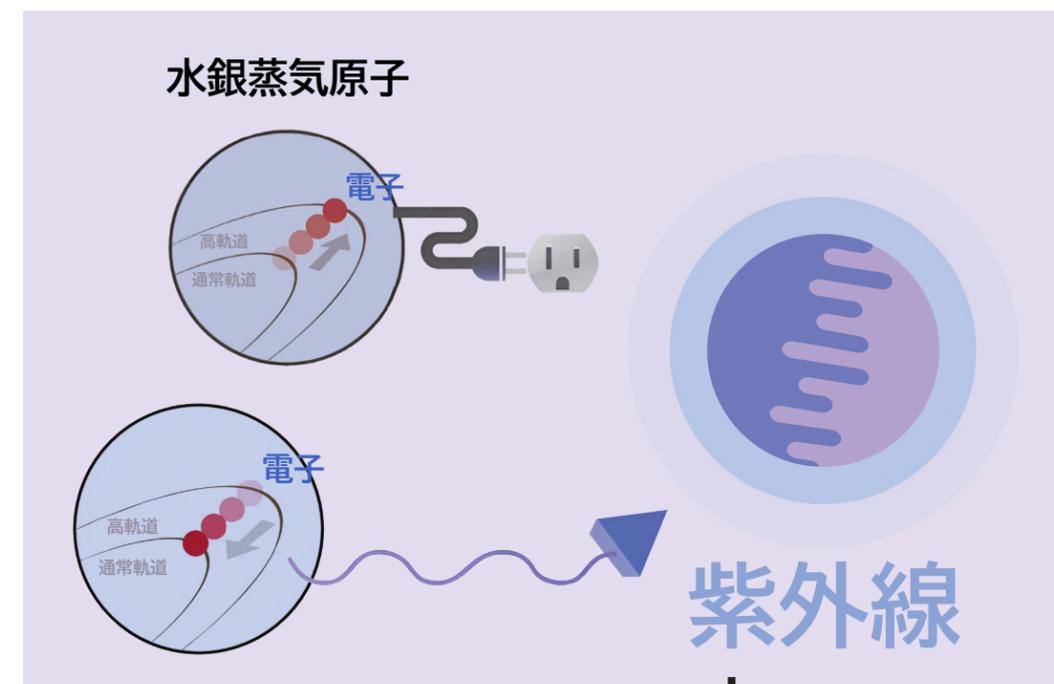


3. 蒸気はさらに電気を通すことで励起され、紫外線が放射されます。



4. 紫外線が蛍光体でコーティングされた管の内面に当たり、蛍光体が発光します。- 光(紫外線)を使って光(可視光線)を作ります。

前述の通り、蛍光灯は2つの段階を経て光を生み出します。まず、電気によって水銀蒸気が紫外線を放射し、その紫外線が蛍光体の内層に当たることによって可視光を放射します。どちらの場合も、エネルギー-原子-電子-光子という同じメカニズムが働いています。



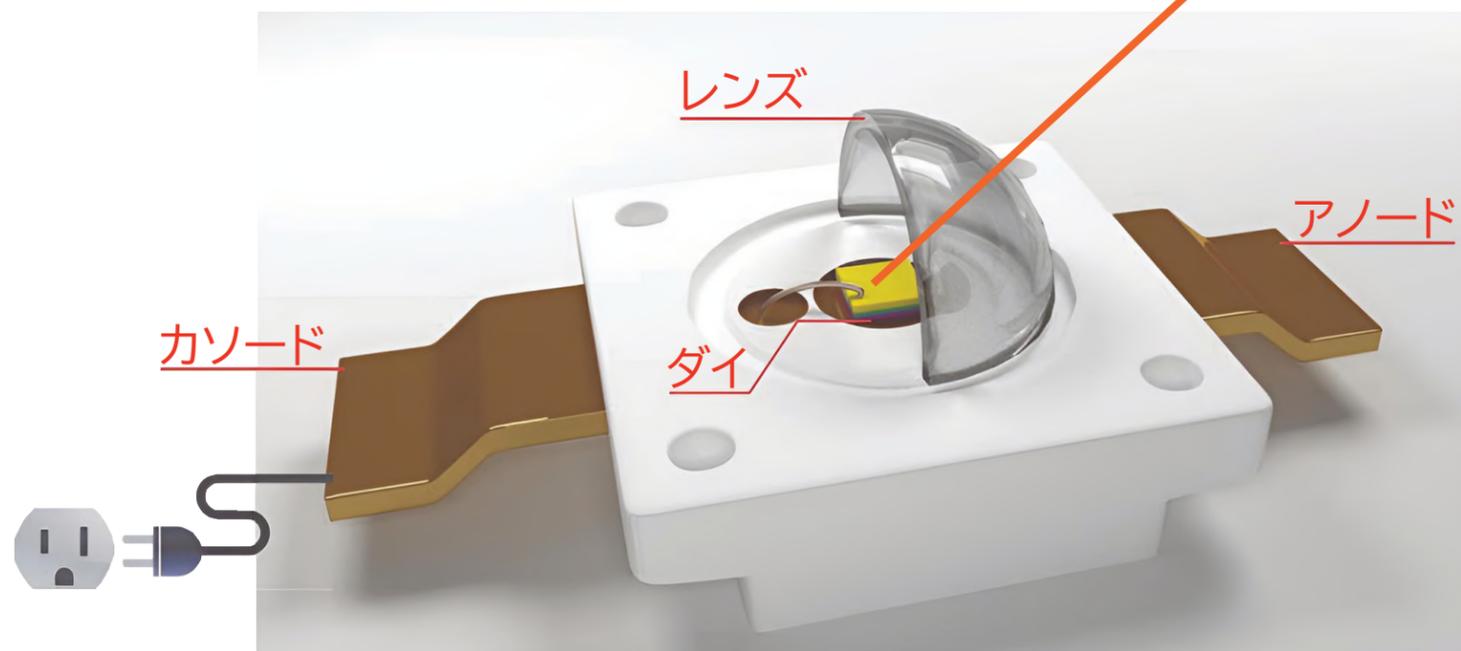
LEDはどうやって 光るのでしょうか？

半導体における電子の動き

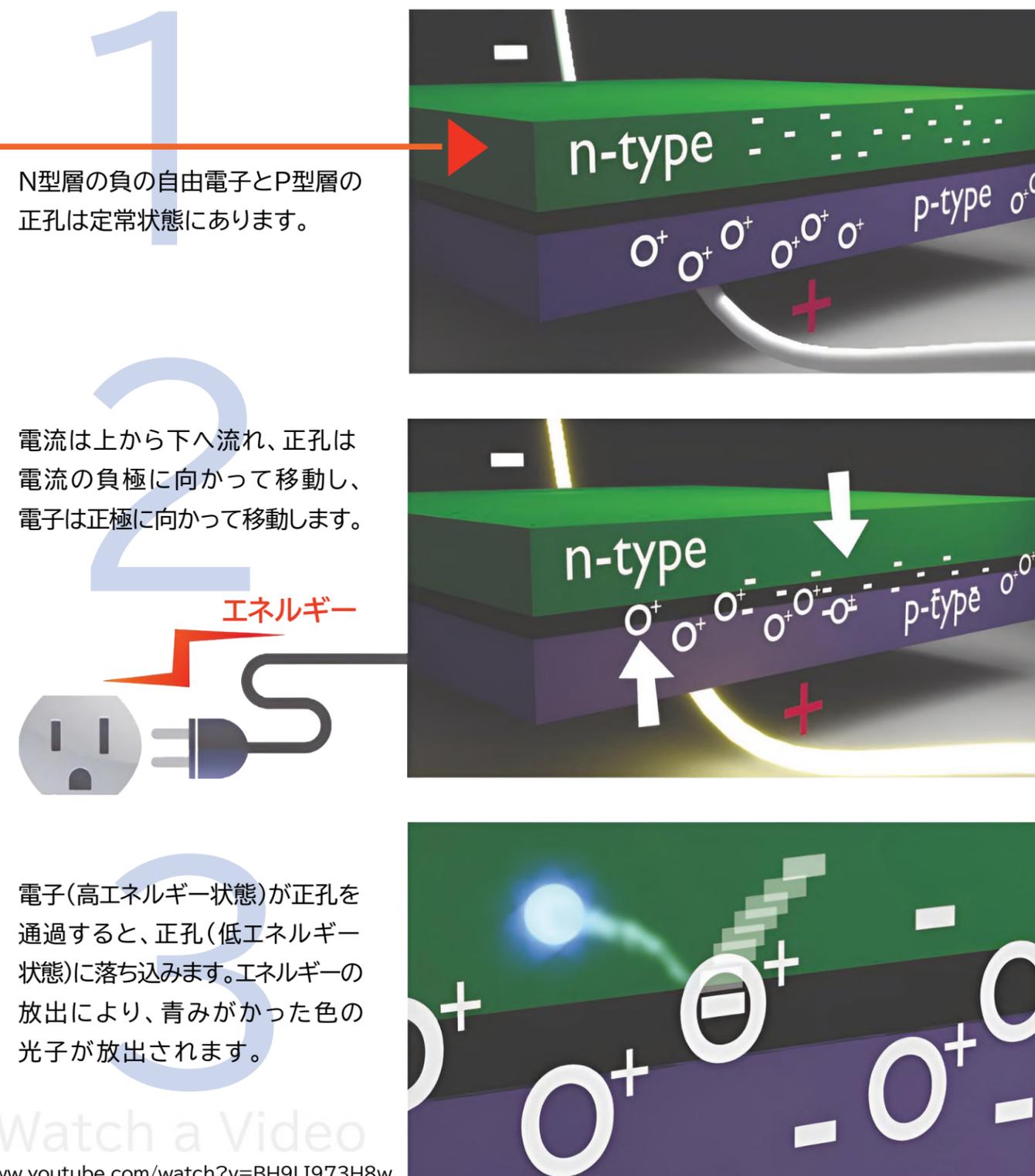
前のページで見たように、高い軌道にある電子が低い軌道に戻る際に光子を放出します。LED半導体でも同様の仕組みが働いています。電子は高いエネルギー状態から低いエネルギー状態へとジャンプします。

LED半導体は2層構造です。上層の半導体層はn型と呼ばれ、自由電子を多く含むように加工されています。下層のp型も加工されていますが、正電荷を帯びた「正孔」(正確には「正孔」ではなく、ポケットのようなものです)を持つように加工されており、自由電子を引き寄せることができます。

電流がこれら2つの層を通過すると、電子と正孔は互いの方向に移動します。電子が正孔に十分近づくと、電子は正孔に落ち込み、高エネルギー状態から低エネルギー状態(正孔)に移行します。そして、すでに知られているように、これにより光子が放出されます。



Electrons are the Key



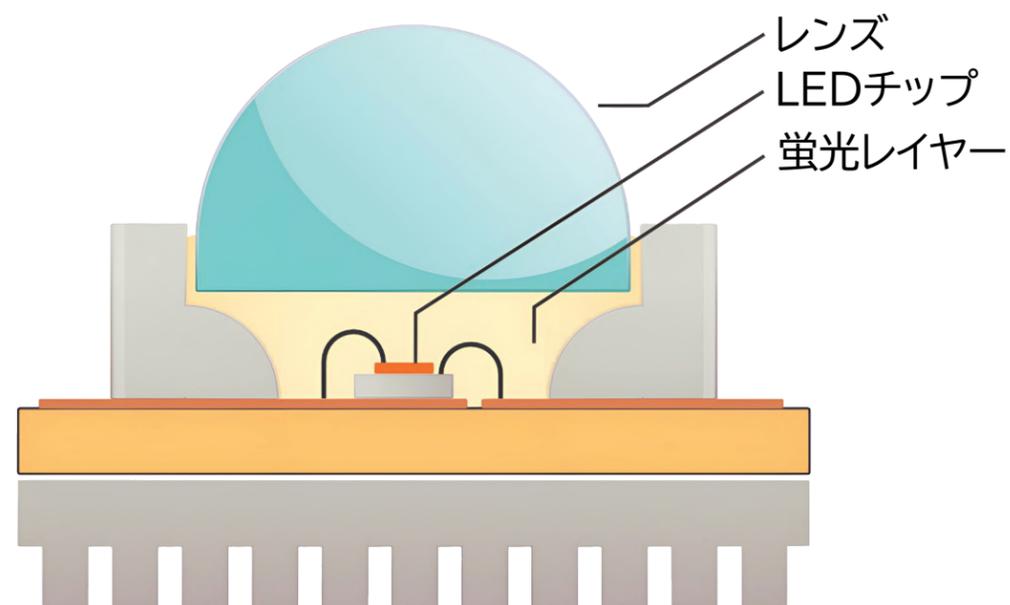
蛍光イエロー

青 + 黄色 = 白

蛍光イエロー

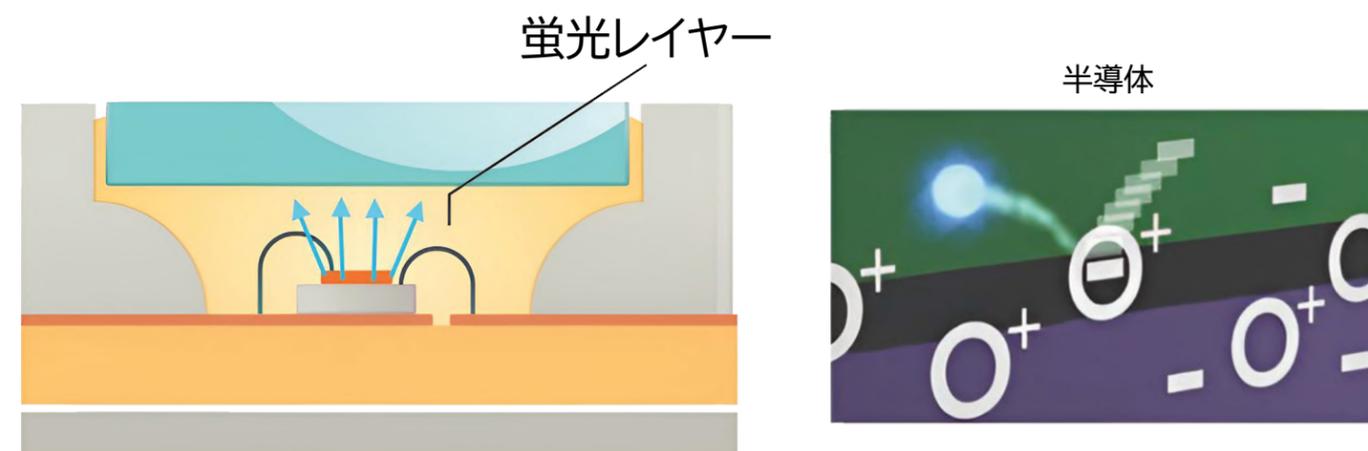
半導体に使われる材料によって光の波長は異なります。しかし、LEDにAlGaAsが使われている場合、生成される光は青みがかった色になり、白色光としては不向きです。そのため、このタイプの半導体の上に黄色のフィルムが貼られています。このフィルムは黄色の蛍光粉末から作られていますが、単なるフィルターではなく、それ自体で光を作り出します。蛍光灯の仕組みを思い出してみてください。蛍光灯は紫外線を使って光を作り出します。LEDも同様のプロセスです。

1. 半導体から放出された青色光は、蛍光フィルム内の電子をより高い軌道へと励起します。その後、電子は本来の軌道に戻り、黄色の光を放出します。
2. この黄色の光は、(半導体から放出されている)青色光と混ざり合って白色光を作り出します。このプロセスは「混色」と呼ばれ、これについては後ほど説明します。



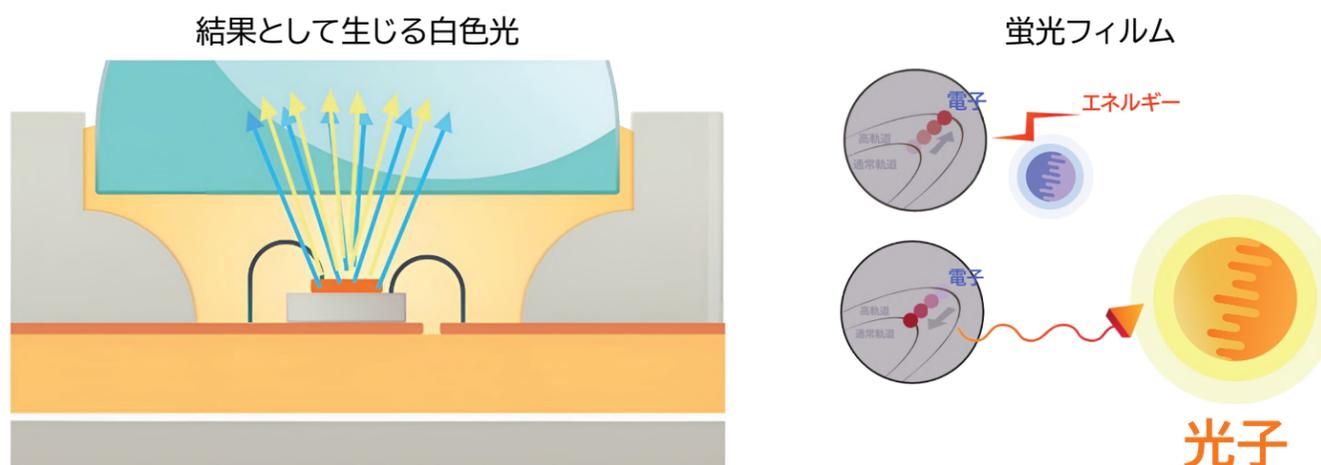
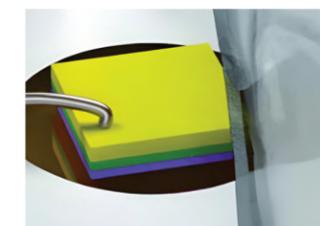
1

エネルギーにより半導体の電子が青色光を発します。

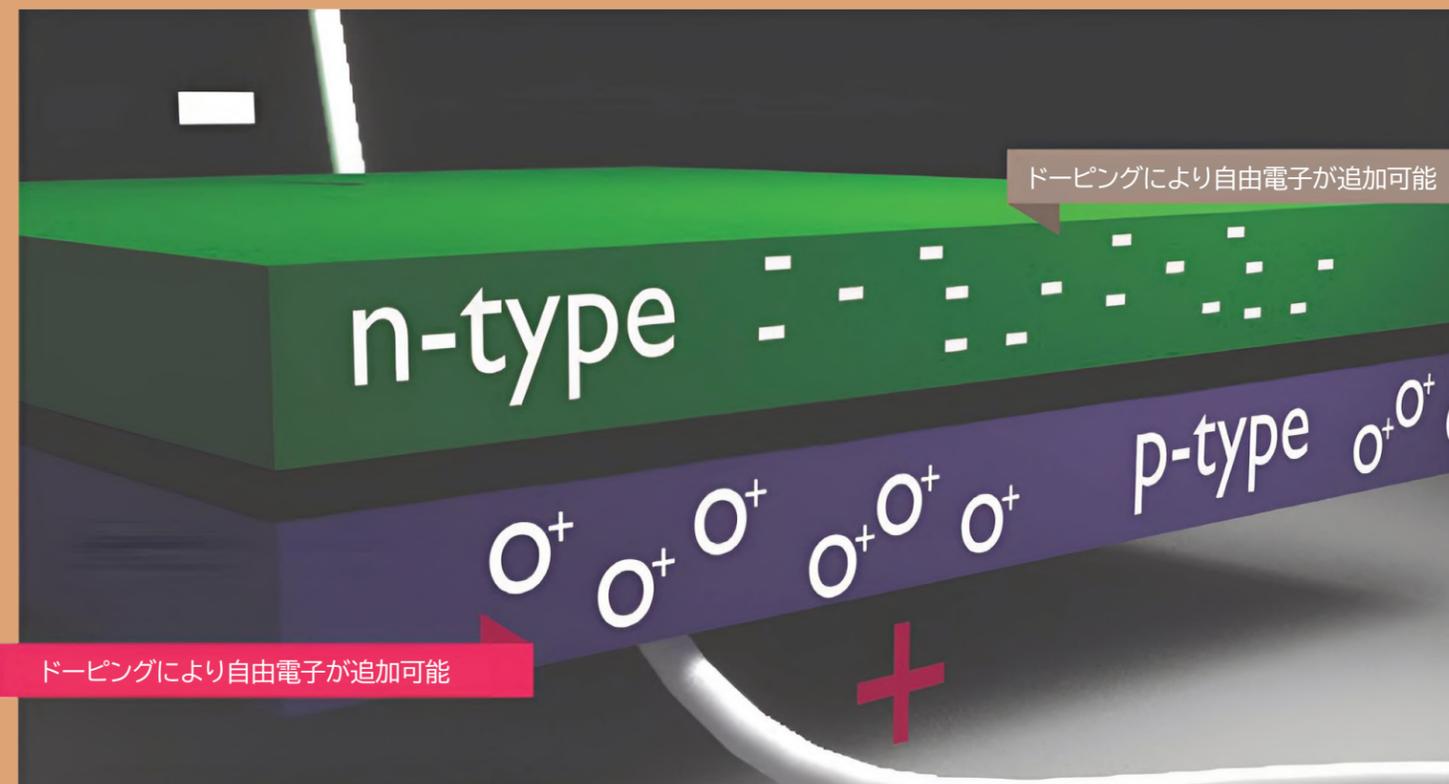
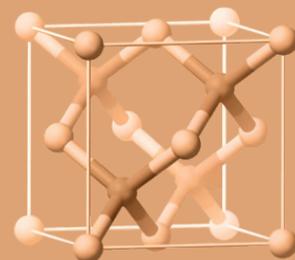


2

この青色光は、蛍光層内の電子をより高い軌道へと移動させます。蛍光電子が通常軌道に戻ると、黄色の光子(光)が放出されます。青色光はフィルムを透過しますが、黄色の光と混ざり合って白色光を生成します(光の混合については後ほど詳しく説明します)。



LEDに半導体が使用されるのはなぜですか？



LEDに適した材料

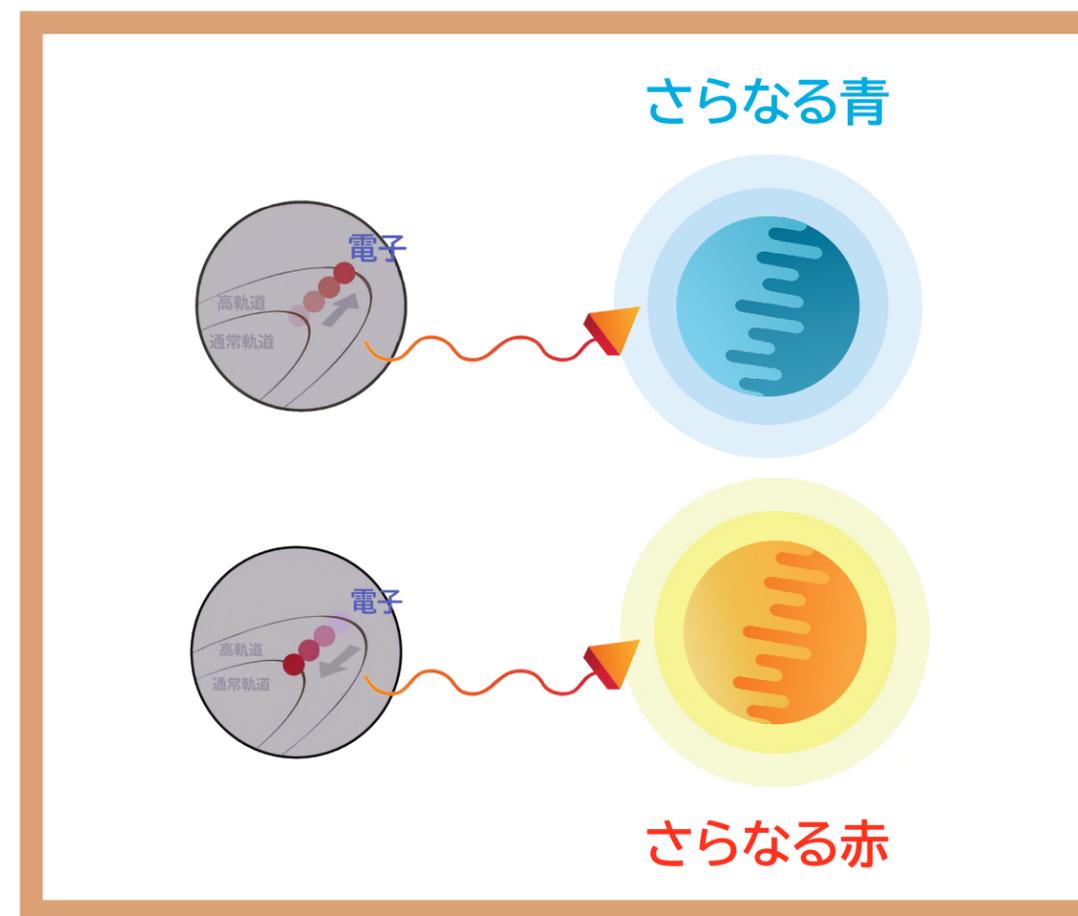
初期の実験(1955年頃)では、半導体材料であるガリウムヒ素に電流を流すと、微量の赤外線を検出できることが分かりました。その後、窒化物やアルミニウムなどの他の材料も追加され、実用的なLED光源としての半導体の実現可能性がさらに向上しました。

LEDの完成

実は、純粋なAlGaAsは電気伝導性が低いのですが、不純物を添加することが可能です。このプロセスは「ドーピング」と呼ばれます。ドーピングは、半導体材料に自由電子を追加します(n型)。また、ドーピングによって材料に正孔を増やすこともできます(p型)。半導体を製造するこのプロセス全体は、必ずしも正確な科学に基づくものではなく、最終製品も必ずしも予測できるとは限りません。

なぜプラスチックを使わないのですか？

なぜ木、ガラス、綿、プラスチックを使わないのですか？それは分子構造のせいです。物質によっては、電子が原子核にくっついているため、電子を操作するのが難しいものがあります。電子を動かさないと、そこから光を作り出すことはできません。



分子構造が決定します

輪ゴムの実験 - 輪ゴムを引っ張って片方の端を離すと、パチンという音がするのを感じます。今度は輪ゴムをさらに引っ張って離すと、パチンという音が大きくなるのを感じます(痛い!)。輪ゴムが離れるほど、放出されるエネルギーが大きくなります。

なぜ半導体の光は青いのでしょうか？

LED半導体は青みがかった光を発することが知られています。原子から発せられる光の色は、電子が高エネルギー状態からどれだけ遠くまで落ちるかによって決まります。遠くまで落ちるほど、放出されるエネルギーが多くなり、光の周波数が高くなります(周波数が低いほど赤が多く、周波数が高いほど青が多くなります)。AlGaAs以外にも、インジウム、リン化物、窒化物、シリコンなどの材料が使われています。これらの分子構造によって、他の色の光を発することができるからです。

光はどのように機能するのでしょうか？

2つの有名な実験…



有名な実験1

虹とは何ですか？

最初の有名な実験はアイザック・ニュートンによって行われました。彼は虹の現象をシミュレートすることに成功し、その過程で重要な発見をしました。

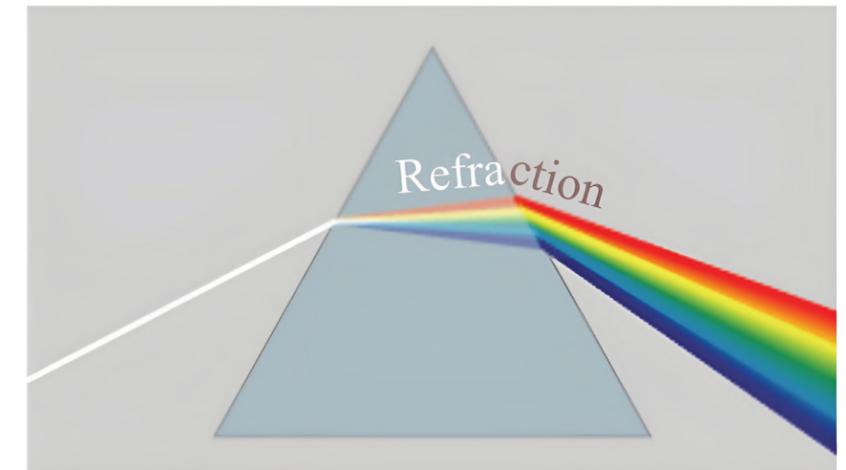
光は様々な色で構成されています。



ニュートンは光線をプリズムに向けました。光はプリズムを通過すると、屈折して様々な色に分かれました。これは基本的に、光が多く色で構成されていることを証明しました。虹では、透明な雨粒が小さなプリズムのように働き、光を様々な色に分散させています。

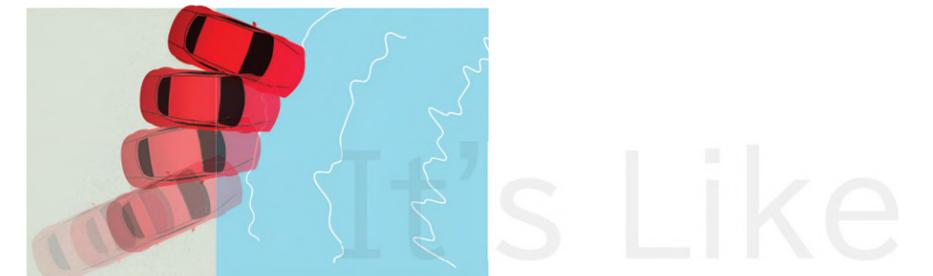


Weblars - Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported



光はプリズムを通過するとなぜ曲がるのでしょうか？屈折は、車が斜めに水に突入する様子を想像してみてください。

右のタイヤが先に水に着水しますが、左のタイヤは同じ速度で進み続けます。車の角度が変わり始めます。つまり「曲がり」始めます。



光の屈折または曲がり、光が別の媒体に入り、速度が低下するときに発生します。色によって波の周波数が異なるため、光は分散(分離)します。これは、異なる角度で曲がるためです(光の波については後ほど説明します)。



有名な実験2

光は粒子か波か？

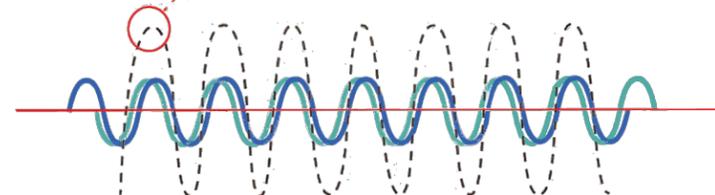
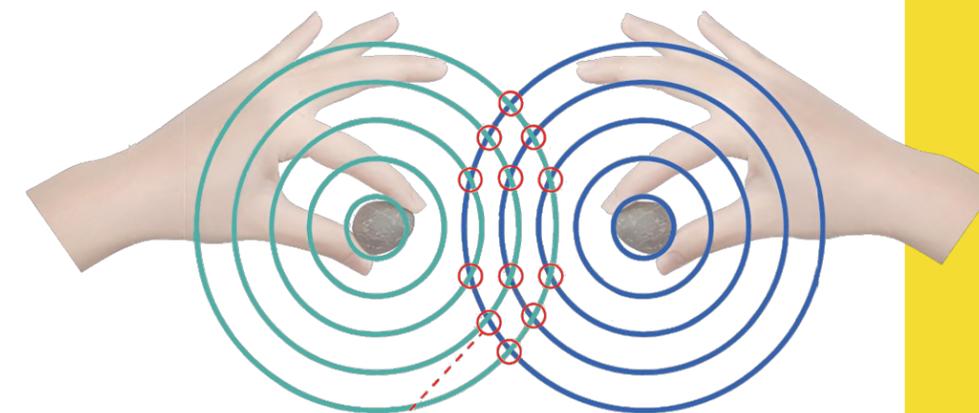
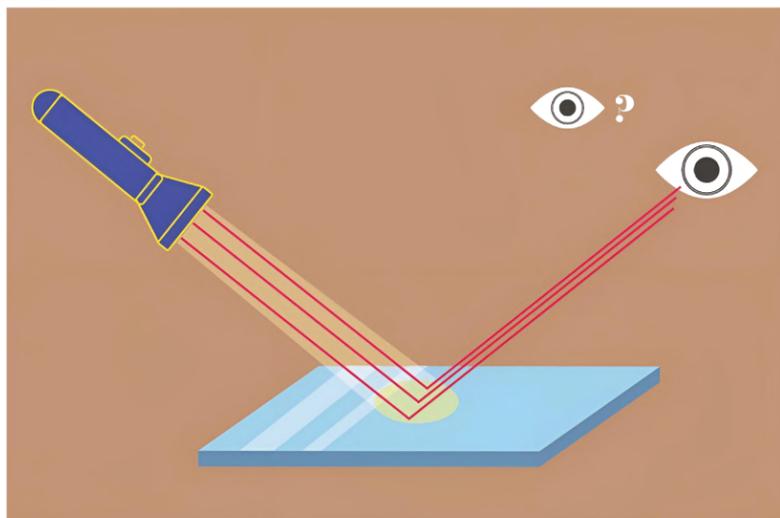
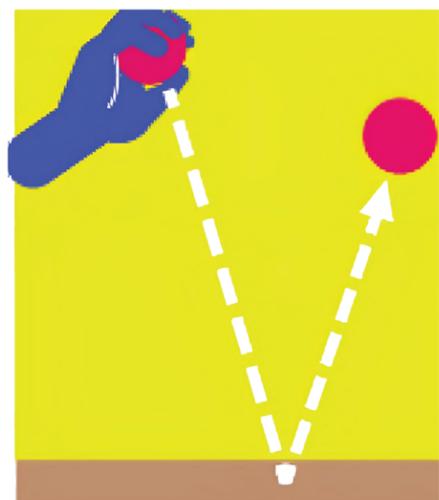
初期の研究者たちは、光が壁や鏡といった物体に反射して球のように跳ね返る様子から、光は粒子でできているとほぼ確信していました。

しかし、1800年代初頭にトーマス・ヤングによって「二重スリット実験」と呼ばれる有名な実験が行われました。この実験によって…

光も波のように振る舞います。ヤングは水の波の仕組みを理解していました。池の中の石の例を見てみましょう。

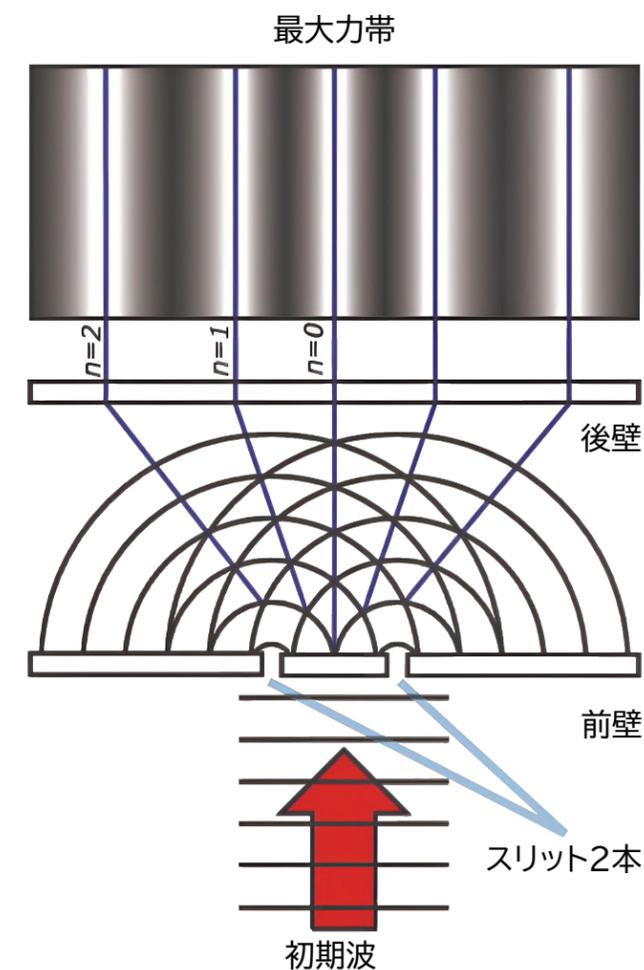


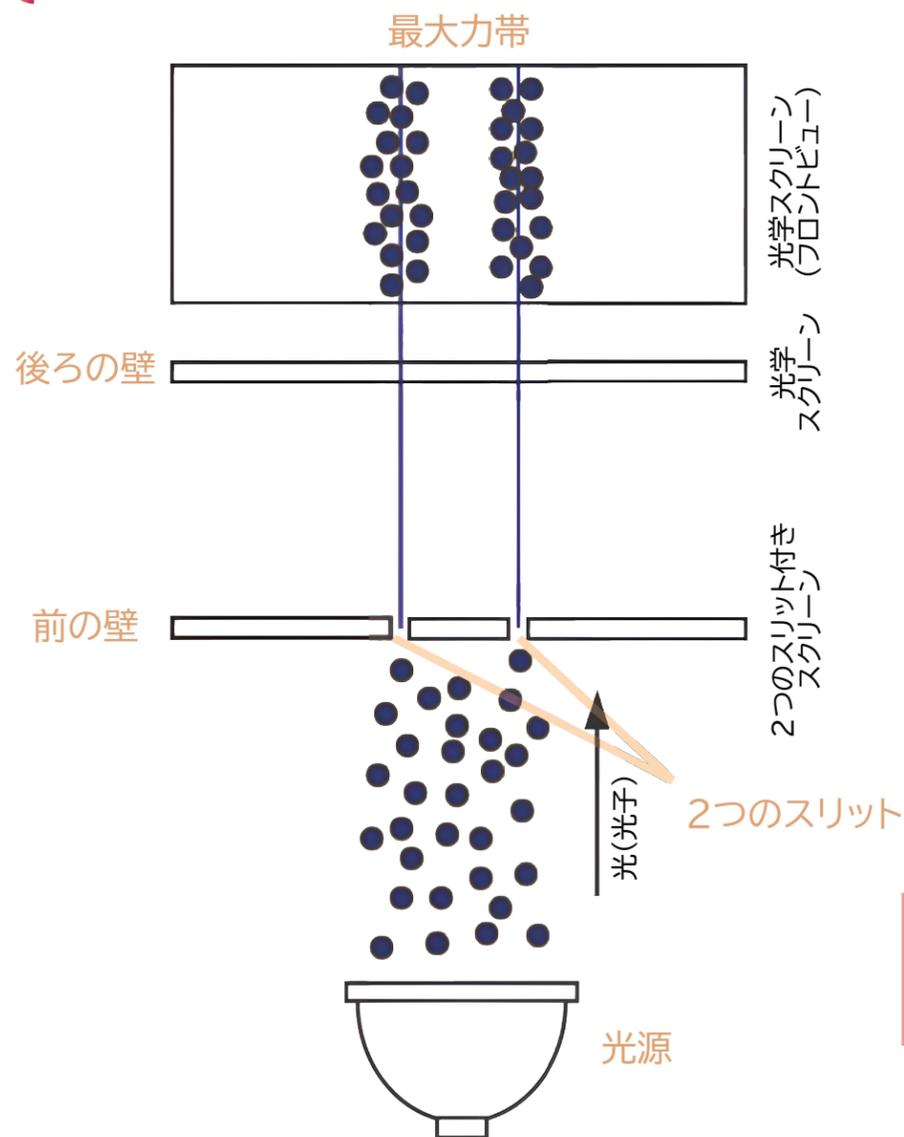
Agustin Ruiz CC-BY-2.0 Generic



池の水の中に、2つの石を(少し離れた場所に)落とすと、両方の落下点の中心から2つの波の輪が放射状に広がります。2つの波のピークが出会うと(赤い円)、結果として生じる波のピークは、2つの波のピークを足した大きさの波となります。興味深いのは、2つの波がすれ違くと、元の形に戻ることです。

より制御された2スリット実験で、ヤングは最初の水波を前壁の2つのスリットに送り込みました。スリットの開口部ごとに2つの別々の波が発生しました。それらは相互作用し、最終的に別の後ろ壁に衝突しました。波が相互作用すると、交差する部分に巨大な波のピークが形成されました。これらの高い波のピークは後ろ壁に同じ場所に衝突し、力の帯を作り出しました。それぞれの帯は2つの波の交差を表しています。これが水波の仕組みです。

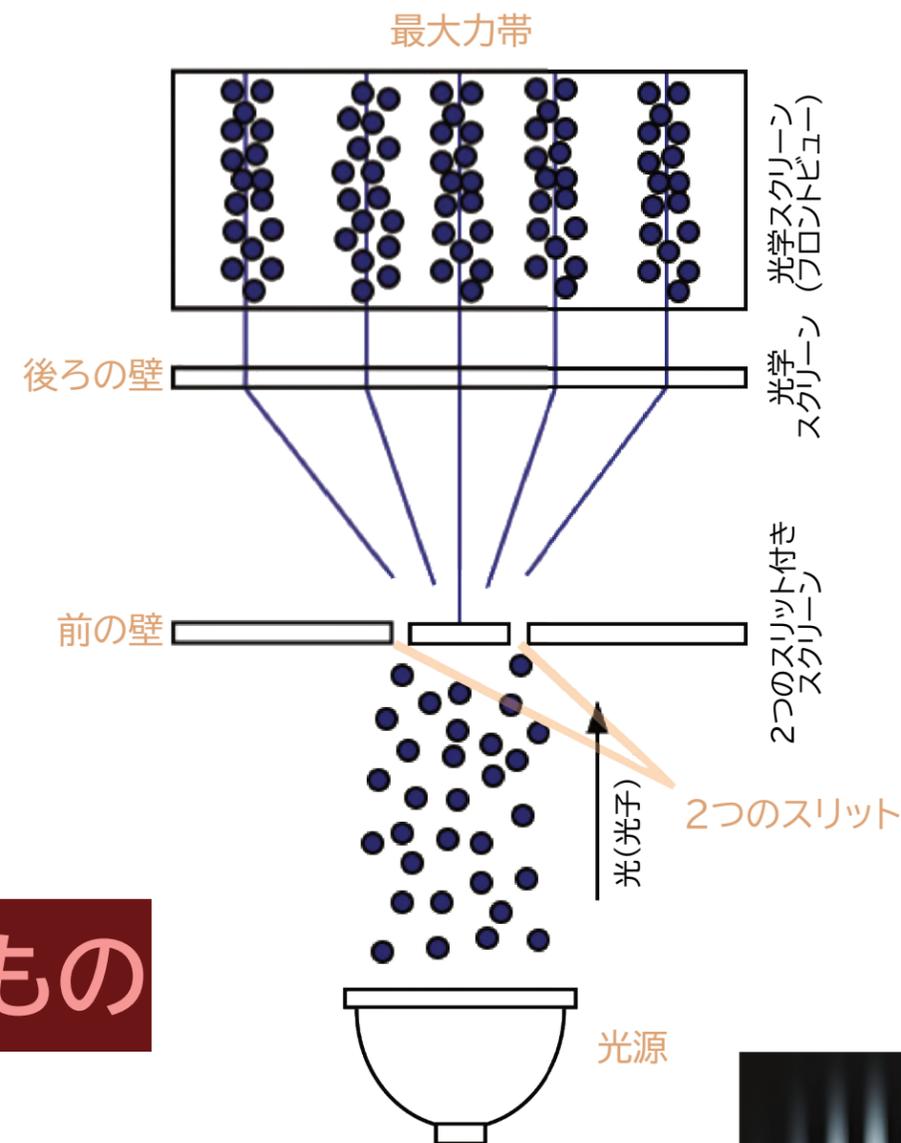




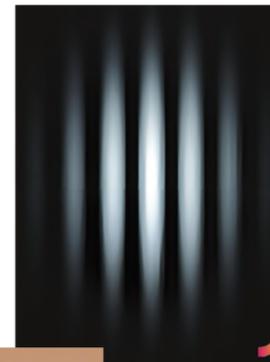
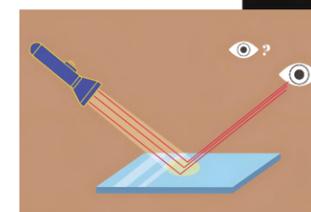
光を使用して同じアイデアを試してみましょう。光は粒子であると考えているため、光子粒子が2つのバンドのみで後ろの壁に当たることが期待できます(上記のように)。

私達が

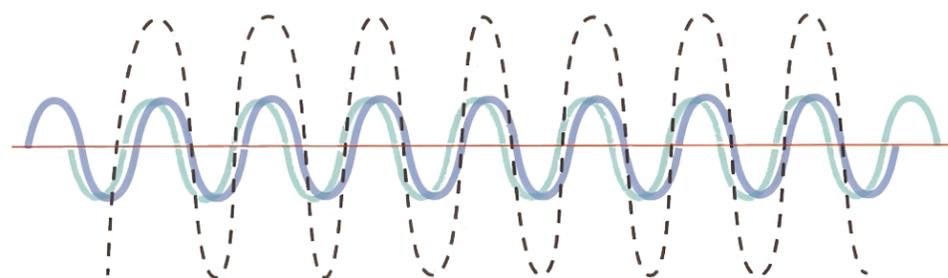
期待したものの & 得たものの



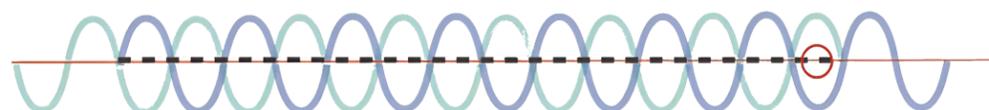
しかし、ヤングがこの実験を試みたとき、驚いたことに、彼は壁にぶら下がっているのと同じ波を見ました - 光は水の波のように振る舞います！彼は実際に「波」の光を見ることができませんでした、それが説得力のある結果でした。したがって、光は粒子と波の両方として動作します！



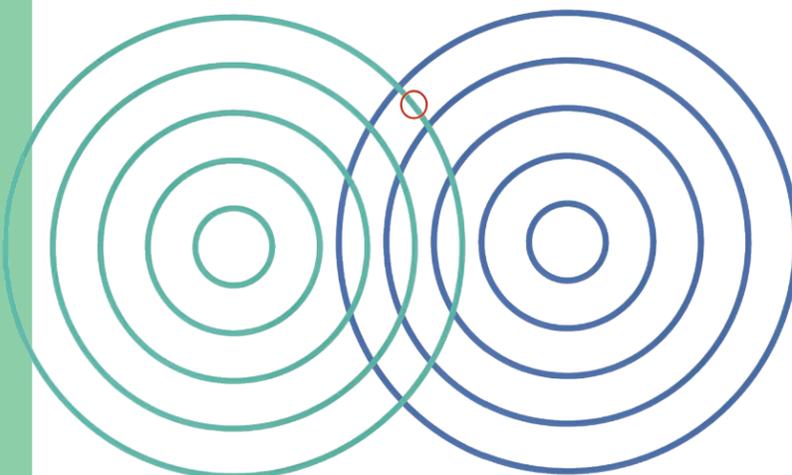
波の挙動



超大型波 - 2つの山が出会う



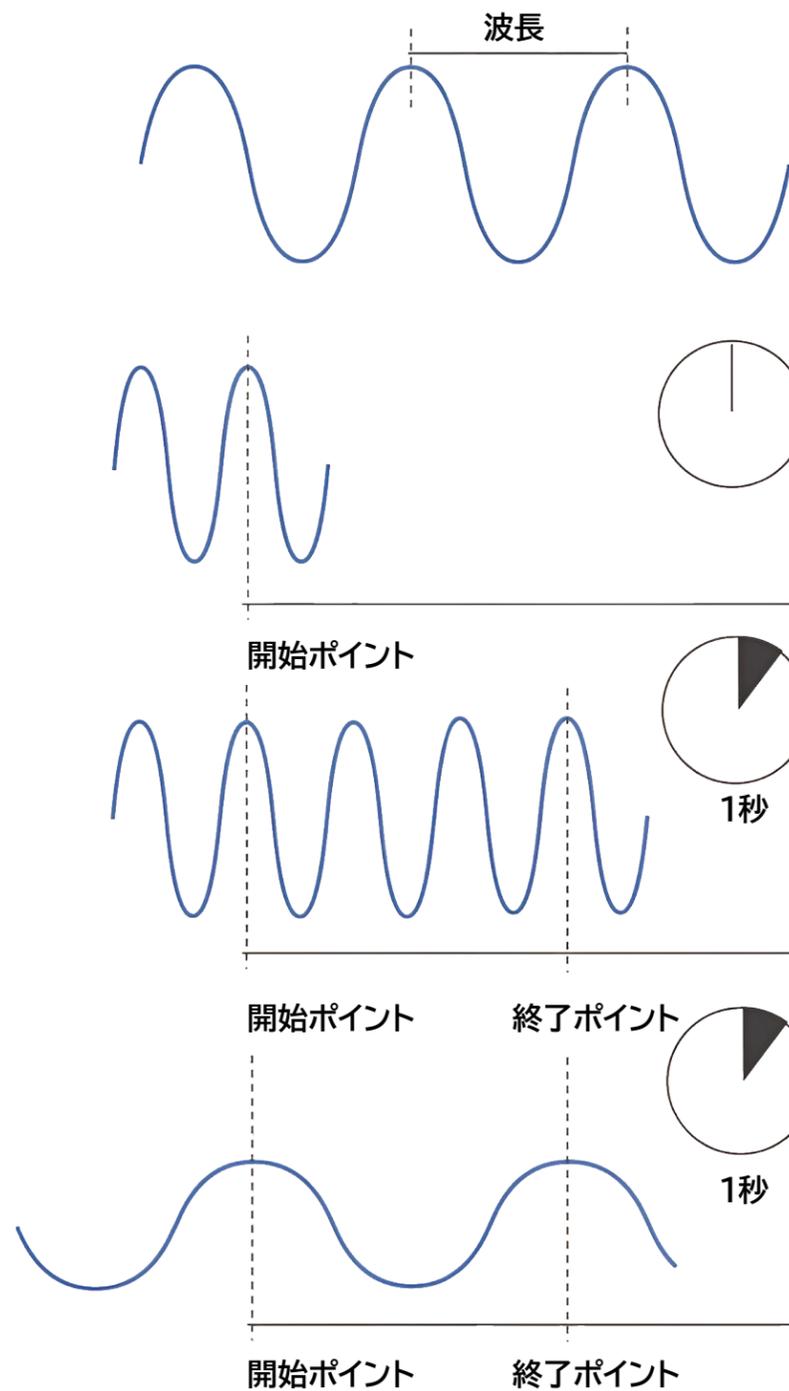
打ち消し合う波 - 1つの山と1つの谷が出会う



二つの波の山が出会うと、巨大な波になるのを覚えていますか？山が谷を通過すると、別の現象が起こります。つまり、二つの波は互いに打ち消し合い、通過すると元の形に戻ります。

基本的な考え方は、複数の波が同時に、同じ場所に存在し、互いに変化しながらも、それぞれが独立した存在であるということです。

2つの波は同じ場所、同じ時間に存在しますが、**区別できます。**



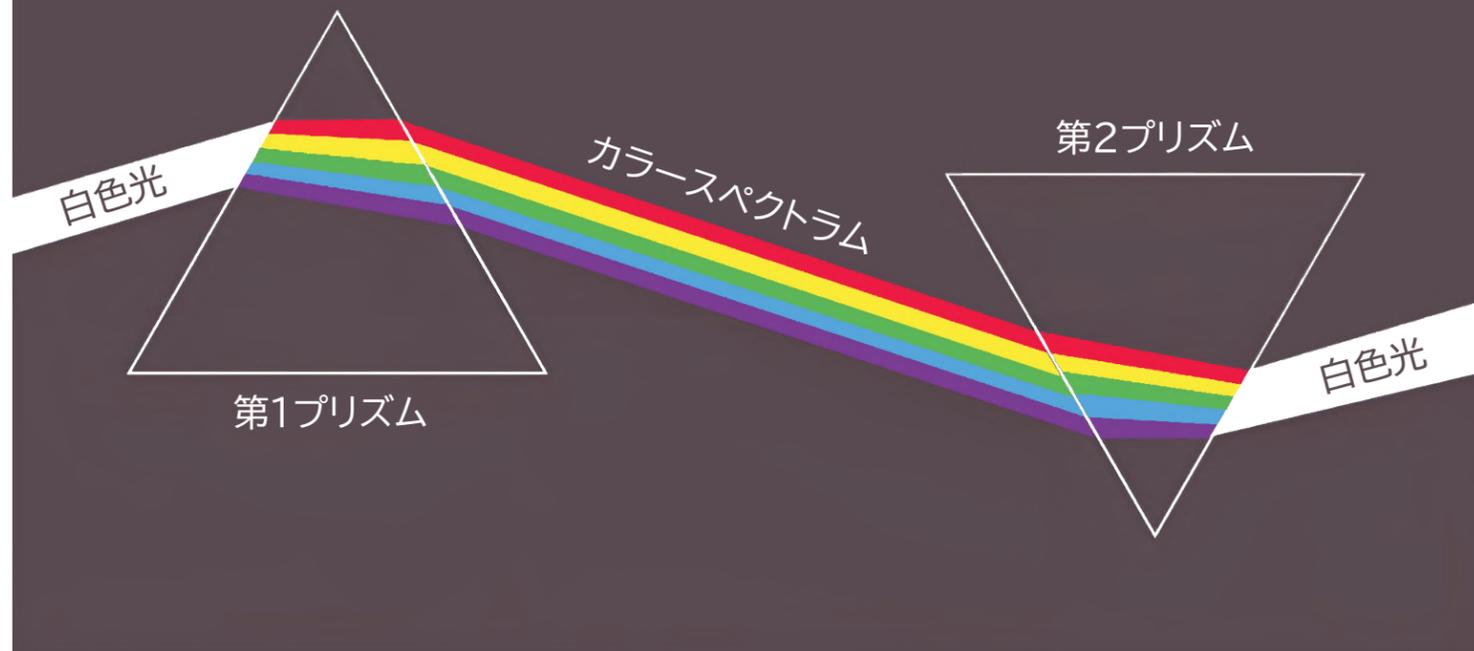
池の波の例では、2つの波はどちらも基本的に同じ大きさでした。しかし、波を区別する要素が他に2つあります。それは、周波数と波長です。波長とは、1つの波のピークから次の波のピークまでの距離です。

周波数とは、一定の時間内に一定の点(開始点)を通過する波のピークの数です。最初の例では、1秒間に4つの波のピークが一定の点を通過します。つまり、周波数は4サイクル/秒です。

2番目の例では、周波数は2サイクル/秒です。どちらの波が速く伝わりますか？

すべての光は、周波数に関係なく、同じ速度で進みます。

...そして本当にすごいのは、さまざまな色を組み合わせると再び白色光に戻ることができることです。これにより、光は多くの色で構成されていることが専門家に確信されました。

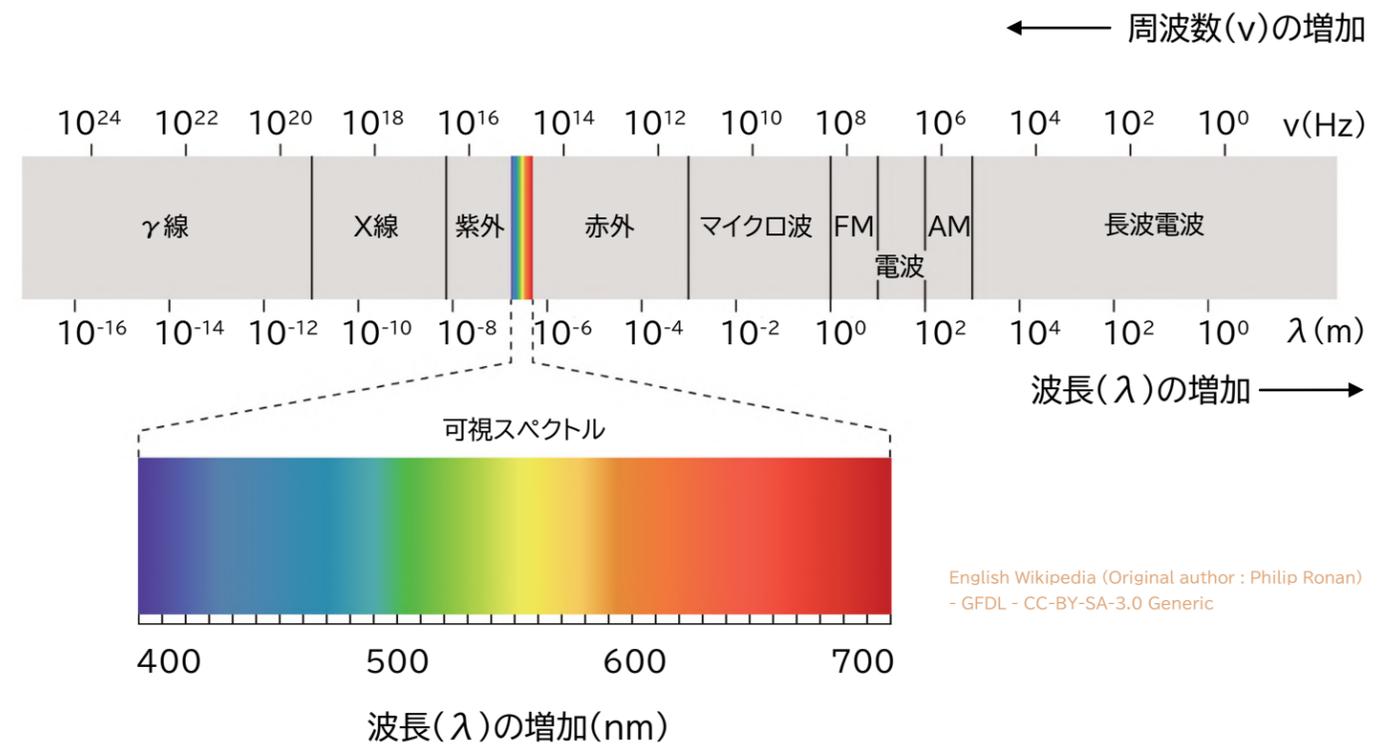
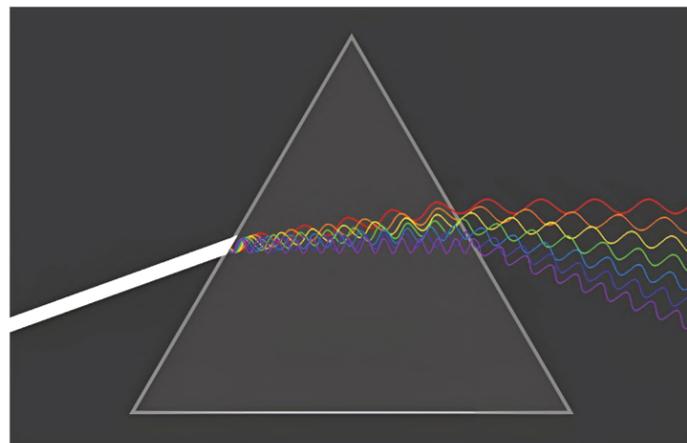


これで、光は波のように振舞うことがわかりました。なぜ光はプリズムを通過すると分散するのでしょうか？白色光に含まれる異なる色の波には、何か異なる理由があるはずですよ。わかりますか？

周波数と波長。

白色光の中の各色はそれぞれ異なる周波数と波長を持っており、これがそれぞれの光の屈折の仕方をわずかに異なるものになっています。

青色光は赤色光よりも速度が遅く、そのため赤色光よりも大きく屈折します。光は波のように振舞うため、1本の光線の中に複数の色が同時に存在しても、独特の波形を維持することができます。



English Wikipedia (Original author : Philip Ronan) - GFDL - CC-BY-SA-3.0 Generic

光は電磁放射線とみなされ、紫外線、X線、可視波、赤外線、電波に至るまで、目に見えるものから目に見えないものまで、あらゆる電磁波源を含む総称です。上記のように、可視光はそのごく一部に過ぎません。

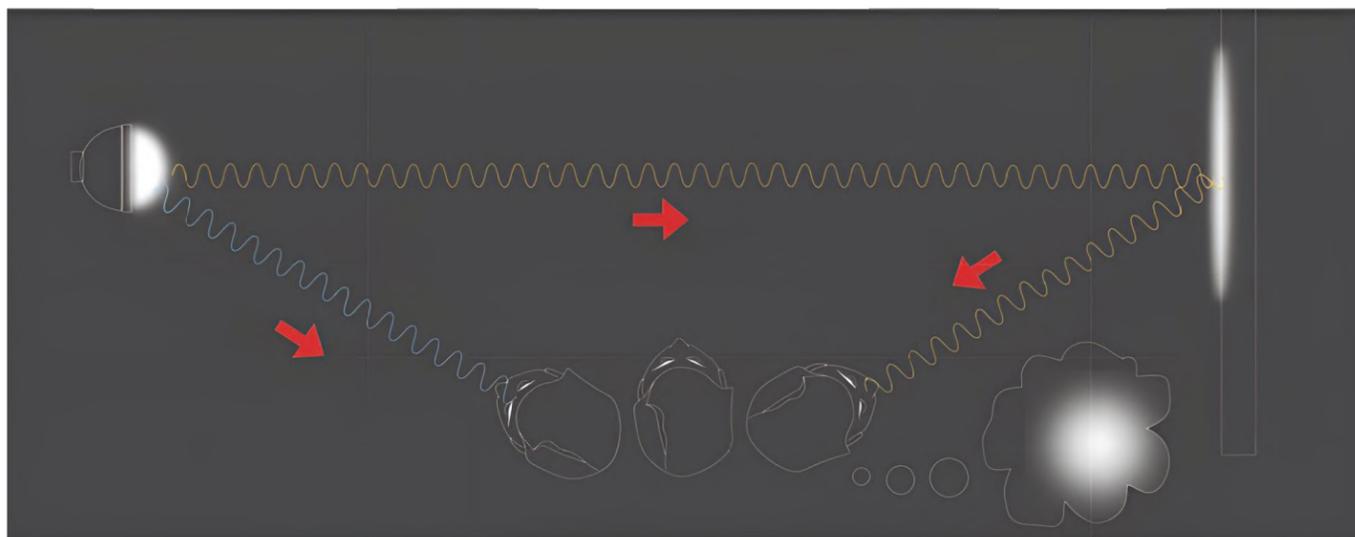
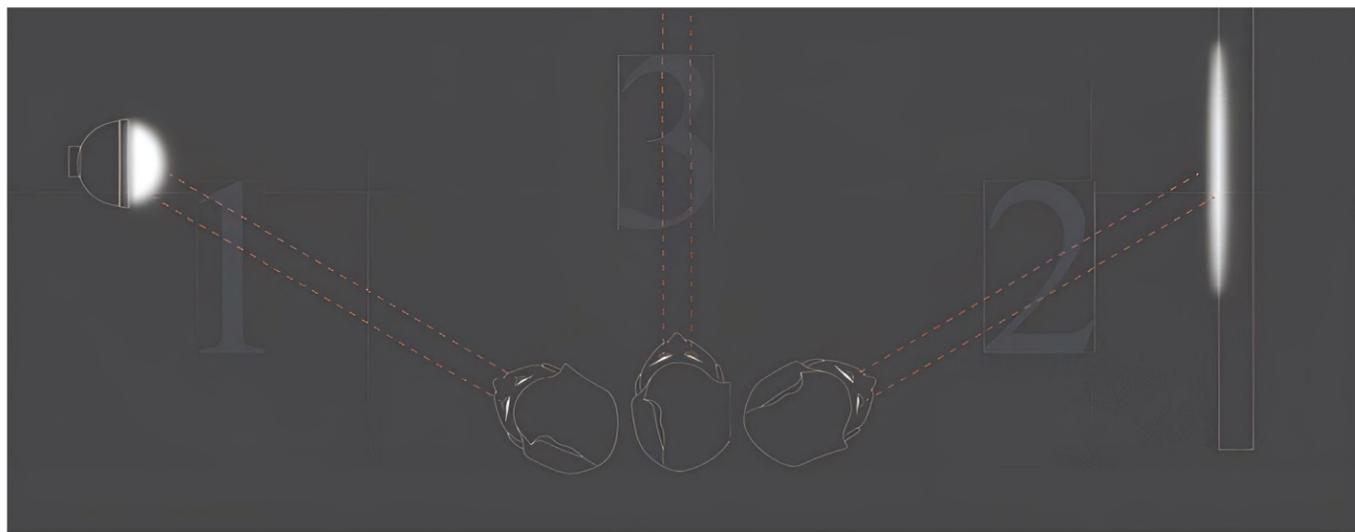
私たちが知っていることの1つは、あらゆる形態の電磁放射線がエネルギーを帯びていることです。

光を見るか、感じるか？

あなたの目だけのために

あなたは暗い部屋に立っています。左側に懐中電灯があり、右側の壁を照らしています。

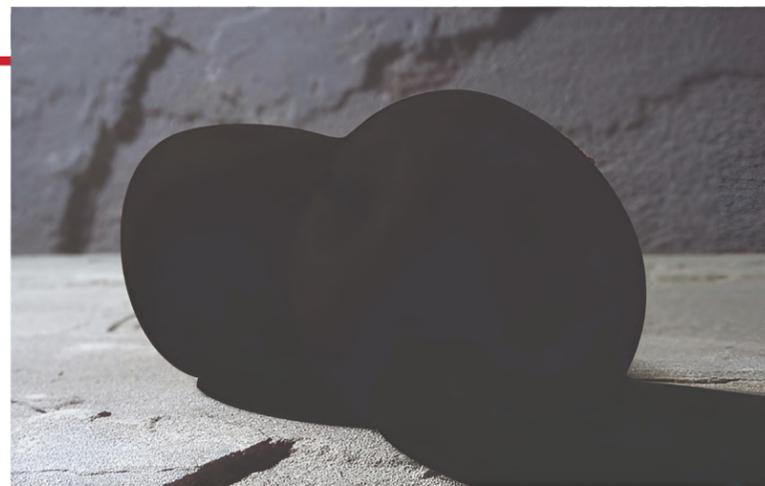
1. 左を向いて壁をまっすぐ見ると光が見えます。
2. 右を向いて壁をまっすぐ見ると光が見えます。
3. しかし、まっすぐ前を見ると、目の前を進む光が見えません。なぜでしょうか？



光は目に見えないので、実際には「見ている」わけではありません。光は目に見えないので、エネルギーの波として目に当たった時に光を感じ取り、その時に初めて脳を刺激して目の前のものを画像として捉えます。まるでカメラのように。

では、色とは何でしょうか？

何ものにも「色」はありません



アイザック・ニュートン卿の光と色についての探求を続けましょう。太陽の光は様々な色の複合体であることが分かりました。

ニュートンはまた、私たちが物体（例えばリンゴ）に見る色は、その物体自体に付随しているのではなく、光源そのものから生じていることも証明しました。言い換えれば、本質的に色を持つものは何もないということです。光を消すだけで「見える」のです。

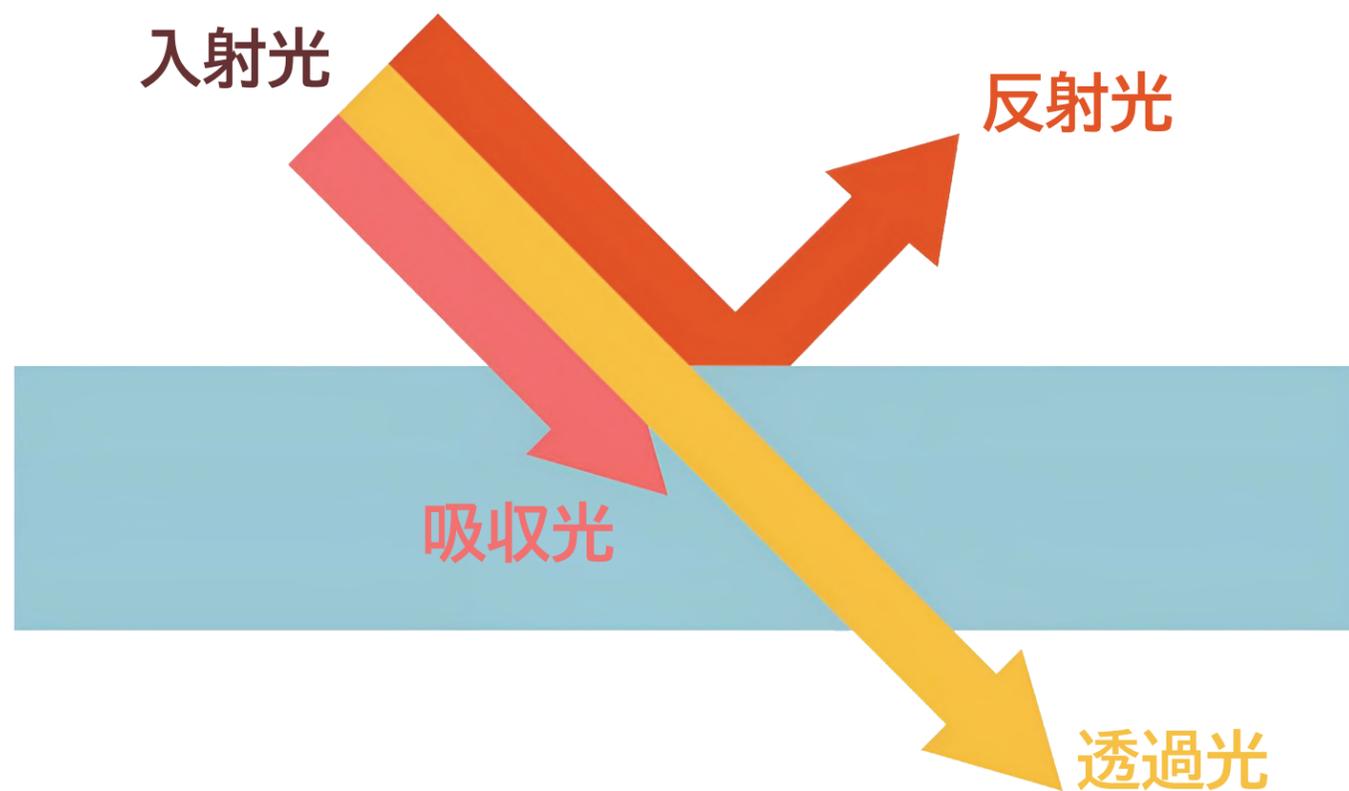


リンゴに見える赤は、元々の光源である太陽から発せられた光で、リンゴに反射して私たちの目に届きます。

青、緑、黄色はどうなったのでしょうか？

反射、吸収、透過

光のダンス



光源から発せられた光が物体に当たると、3つのことが起こります。

反射
吸収
透過

反射とは、光(例えば赤色光)が表面で反射することです。白い表面はすべての光を反射します。

吸収 - 前のページのリンゴの例で、他の色に起こったことです。青、黄、緑はリンゴに吸収されました！吸収されたエネルギーはリンゴの中で熱に変換されました。黒い表面はすべての光を吸収するため、黒は光がない状態と呼ばれます。

透過 - プリズムは光を(わずかに屈折/曲げながら)透過させます。



暑くて日差しが強い地域では、白い服を着るのが理にかなっています。なぜでしょうか？

リンゴは赤を反射し、残りの色を吸収します。

黒はすべての光を吸収し、猫を暖かく感じさせます。

色相環 - 色の混合

ニュートンが発見したように、白色光は様々な色で構成されていることがわかっています。彼はまた、最初の色相環の概念も考案しました。この色相環は時とともに進化し、色がどのように相互作用し、混ざり合って新しい色を形成するかを示してくれるようになりました。原色の概念は色相環から派生したもので、他のすべての色を構成できるいくつかの基本色を特定しました。

コンピューターでは、赤、青、緑が使われます。この3色から、画面に表示されるすべての色を作ることができます。RGBカラーホイールのすべての色は、この3色だけで作ることができます。赤と青を組み合わせると、二次色の紫になります。二次色と原色を組み合わせると三次色になります。赤と緑と青を組み合わせると、白(真ん中)になります。また、青と黄色などの反対色も白になります(聞き覚えがありますか? ヒント: LEDライトと蛍光灯)。

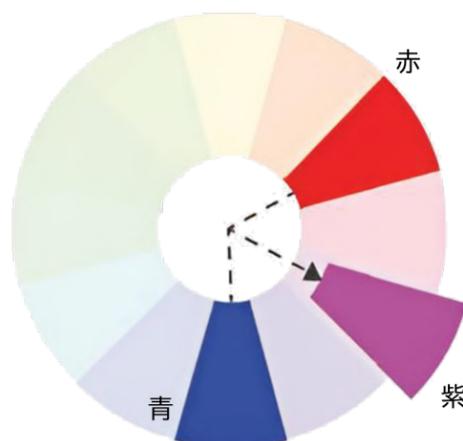
では、2色または3色を等量混ぜて、最終的な色を作ることができます。下の図は、色の混合を示す別の方法で、白色光源からのものです。しかし、光は2色または3色の単色ではなく、スペクトル(虹のような)と呼ばれる形で繋がった色の連続体です。もう1つの要素は、特定の波長の量、つまり強度または明度(y軸)です。青と緑、そしてオレンジ色のスパイクがあることに注目してください。これは、この光から発せられる青と緑の波が他の色よりも明るい(より強い)ことを示しています。このような図は、色スペクトルと呼ばれます。

Good Readings

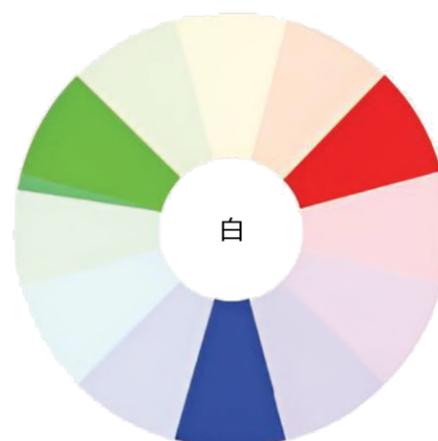
www.colormatters.com



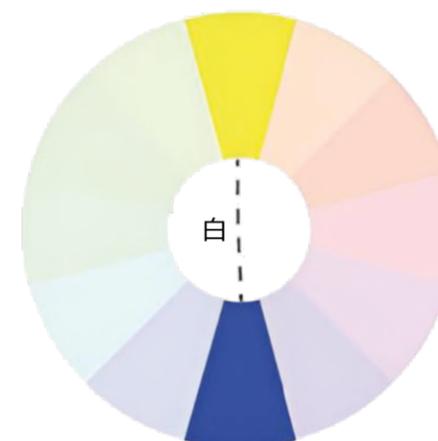
RGBカラーホイール



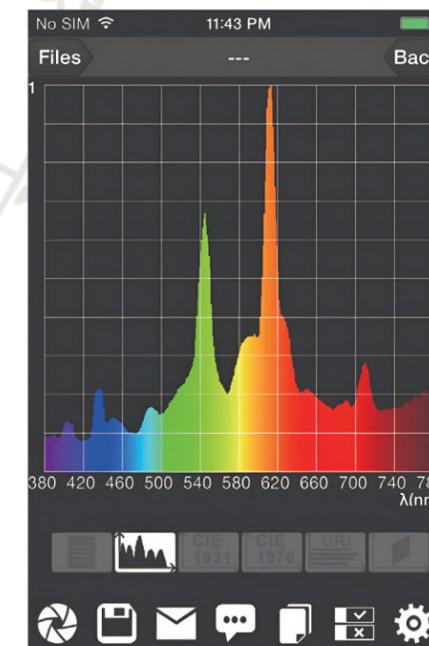
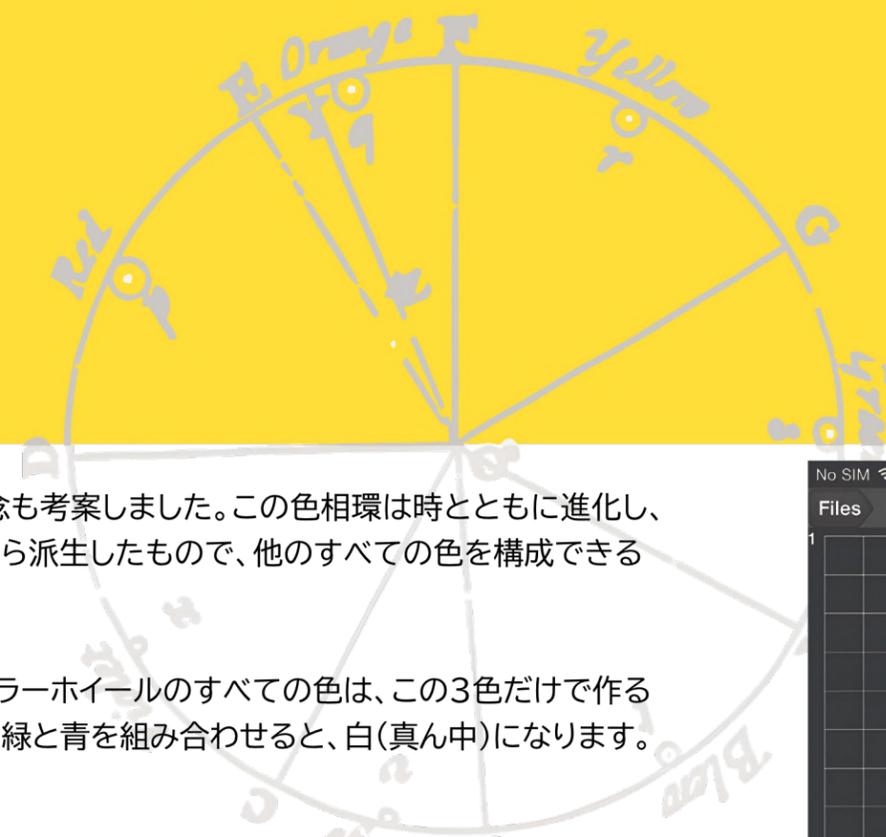
青+赤=紫(マゼンダ)



原色
赤+緑+青=白



反対色を合わせると白になります
(青-黄)



さらに詳しく

加法 vs. 減法

色の混ぜ方を説明する際に、この2つの用語を使用します。加法は光に用いられ、異なる色の光を混ぜ合わせて目的の色を作ります。減法は表面に対して用いられ、光から始めて表面で光を吸収(減算)し、残りの色を反射させることで新しい色を作ります。RGBは加法、CMYKは減法です。

スペクトル - 虹のような色の連続体

スペクトルカラー - 人間が見えるすべての色

桿体と錐体

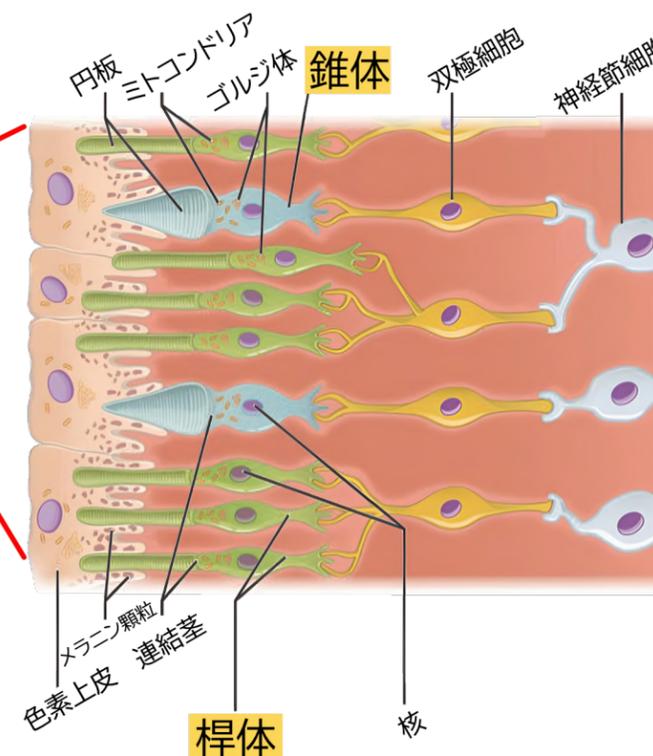
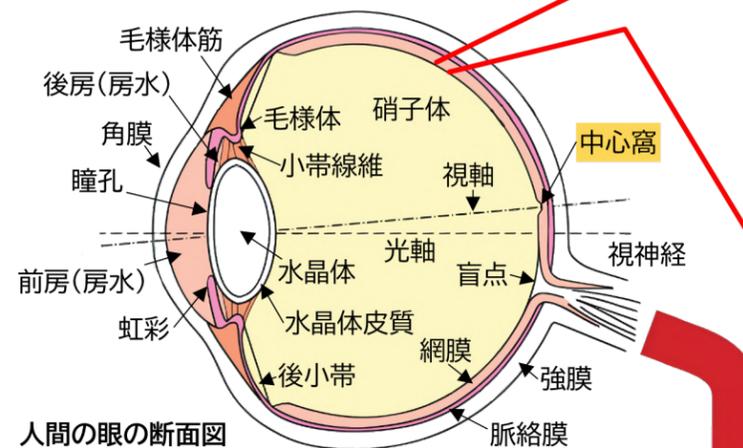
色は人間の本質的な体験です



Ji-Elle- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported



Patrick J. Lynch, Medical Illustrator, C. Carl Jaffe MD- CC-BY-2.5 Generic



先ほど述べたように、光波は私たちの目に入ることができます。目の奥には網膜があり、網膜には光受容細胞(光波を受信して反応する細胞)があります。これらの光受容細胞は、

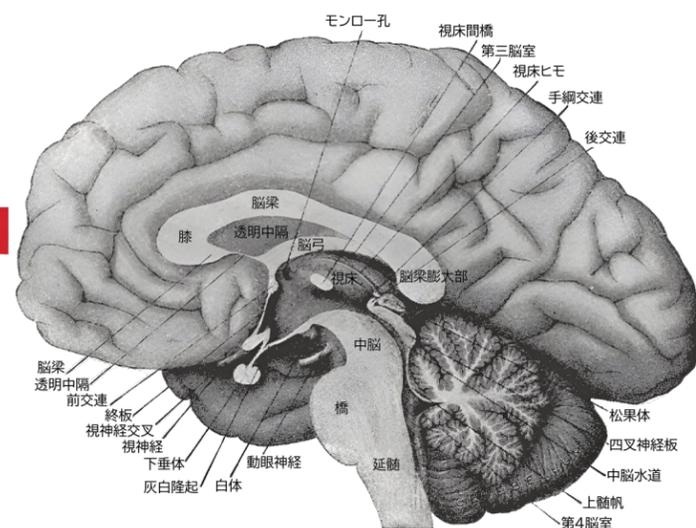
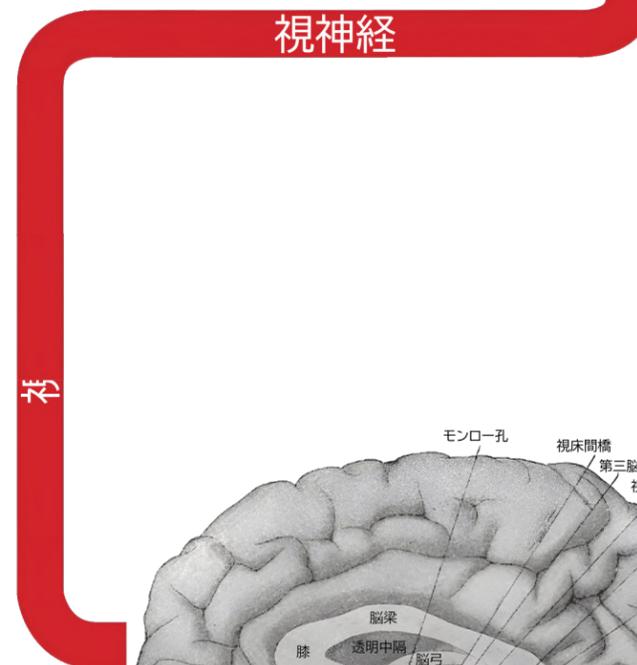
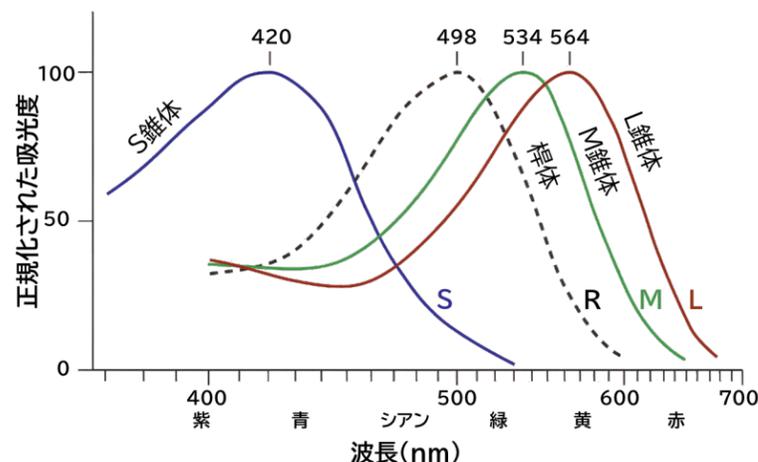
桿体細胞(夜間)- 暗所視

錐体細胞(昼間)- 明所視

これらの桿体細胞と錐体細胞は光を処理し、視神経を通して脳に信号を送ります。そして、私たちの心の中に画像が形成されます。

桿体細胞は暗い場所で使われ、色をうまく視覚化できません。一方、錐体細胞は日光や明るい場所で使われ、より効果的に色を処理できます。錐体細胞は主に網膜の小さな窪みである中心窩に集中しています。

錐体には3種類あり、赤、緑、青の波長を処理し、それらを混ぜ合わせてあらゆる色を作り出すと考えられていました。これはRGBカラーホイールと非常に都合の良い組み合わせですが、これはあまりにも理想論でした。より適切で最近の命名規則は、各錐体がSmall, Medium, Largeの波長範囲を処理するため、S、M、L錐体です。しかし、今でも習慣的に赤、青、緑の錐体と呼ばれることもあります。これらの錐体は、光から色を処理する際に実際には互いに重なり合っています(下記参照)。後ほど見ていきますが、処理が進むにつれて、さらに複雑になります。



Ji-Elle- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported

http://www.youtube.com/watch?v=V73k_0KuUJo
<http://www.youtube.com/watch?v=UXIfzc1UH-g>

光を測定する

スーパーマンの目 露出計を使えば、普段自分の目では見えないものも見る
ことができます。

なぜ光を測定するのか？

電球の光の質は大きく異なり、それが私たちの感情、身体、さらには経済的な側面にも影響を与えることが分かってきています。光は、私たちの仕事の仕方、気分、さらには睡眠や覚醒にも影響を与えます。しかし、私たちの生活に影響を与えるこれらの光の側面は、人間の目には容易には見えません。そのため、通常は見えないものを見るために、測定装置が必要なのです。

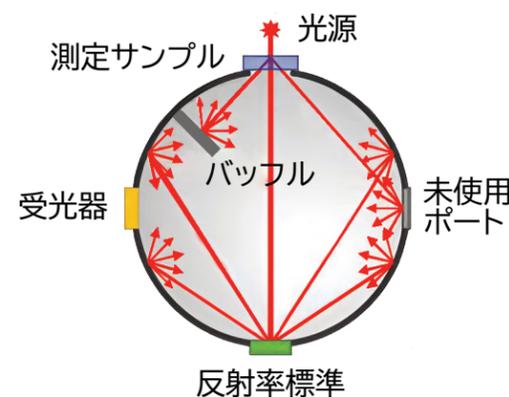
また、人間の目は皆同じではなく、私たちが見ている色は他の人が見ている色とはわずかに、あるいは大きく異なる場合があります。露出計を使えば、色の認識を一致させることができます。従来の光測定装置は高価で、持ち運びが難しく、複雑で、単一の光源で1回のテストを実行するだけでも人員が必要となり、セットアップに膨大な時間がかかります。主要部分は積分球と呼ばれ、今でも光を測定するための最も高度な装置です。内部の球面は、光を均一に散乱させ、結果を正確に測定するための制御された環境を提供することを目的としています。

MK350デバイスも光測定装置です。制御された清浄な環境という点では積分球には及ばないものの、MK350シリーズはオープンスペース環境において優れた光測定精度を示しており、その実用性と経済性は光測定装置における革命的な進歩と言えるでしょう。

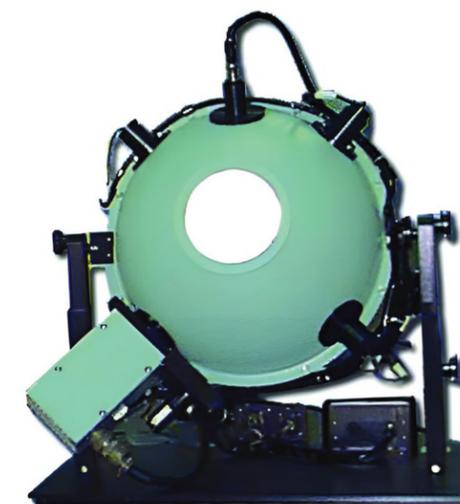
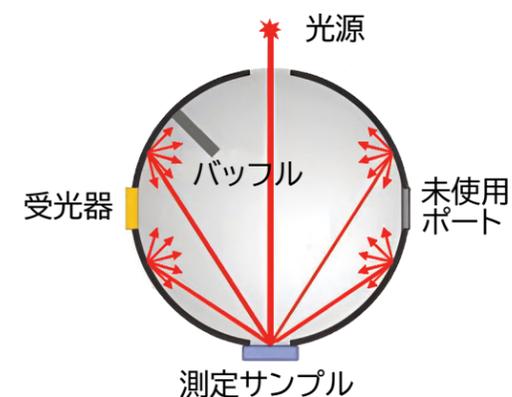
もっと詳しく

測光法は光を測定する科学です。分光測光法は光束とスペクトル分布を測定します。

1. 透過率測定



2. 反射率測定



By Cmglee - Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported

By Electro Optical Industries Uploaded by TheLamb of God at en.wikipedia - CC-BY-SA-3.0

温度を使って光の色を測る？

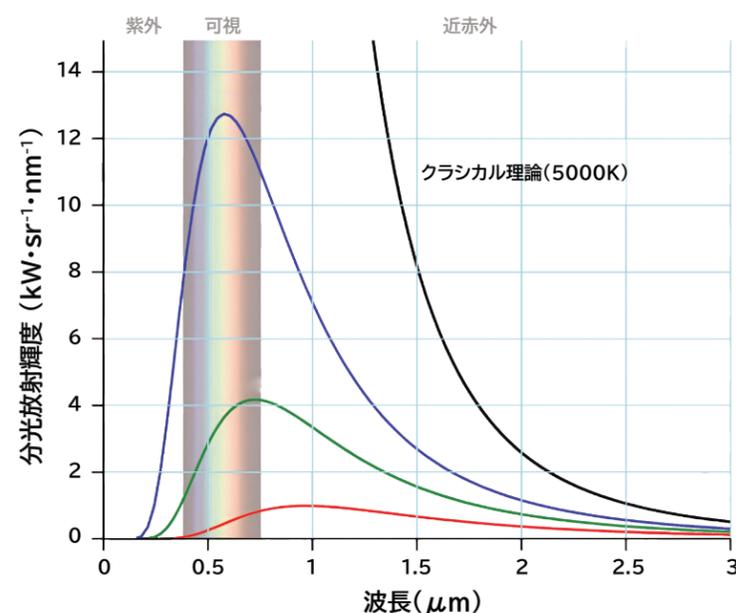
色温度と黒体放射体

白色光の色が温度で指定できることは奇妙に思えるかもしれませんが。電球の色温度は 2700 ケルビンです。しかし、温度と光の間には密接な関係があります。

鉄の蹄鉄のような物体を加熱すると、ゆっくりと赤く輝き始め、次に黄色、白、そして最後に青に変わります。温度が低いほど赤みが増し、温度が高いほど青みが増します(私たちが考えるのとは逆です)。この関係は、色を客観的に測定する方法であるため重要です。この関係は、マックス・プランクが有名なプランクの法則で説明しました。LED電球の色温度(CT)は3000Kです。つまり、電球を点灯すると、その光は(例えば)3000Kに加熱された鉄の蹄鉄と同じ色になります。

もちろん、何かを赤、黄、青、白に光らせるために必要な熱量は、使用される物質(例えば馬蹄)によって多少異なります。そこで、理論的に理想的な物質として「黒体」が考案されました。これは完全な吸収体で、光を100%吸収し、熱放射を完全に放出します。実際には完全な吸収体というものはありませんが、太陽、ろうそく、白熱灯など、熱を使って光を放射する多くの物体は、それに近いものです。色温度は照明に適用でき、照明デザインにおいては、周囲の環境をどの程度冷たく、または暖かく見せたいかを判断するのに役立ちます。

一般的に、色温度(CT)が5,300K前後は寒色(青みがかった白)と呼ばれ、3,300K前後の低い色温度は暖色(黄色から赤)と呼ばれます。熱帯の暑い地域では、CTが5,000K以上の電球(涼しげな青みがかった雰囲気を出すため)を好む一方、北部や南部の寒い地域では、CTが3000K以下の電球(暖かみのある赤みがかった色)を好むと言われています。



暖色系光
約3300K以下



中間色系光
約3300K~5300K



寒色系光
約5300K以上



白熱電球は、既に述べたように熱をベースとし、天然の黒体放射体であるため、色温度をかなり正確に指定できます。CFLとLEDは水銀ガス/リン光体と半導体をベースとしているため、相関色温度は特定の範囲内では近似できません。これらの範囲は相関色温度と呼ばれ、誤解を招く可能性があります(その理由は後ほど説明します)。

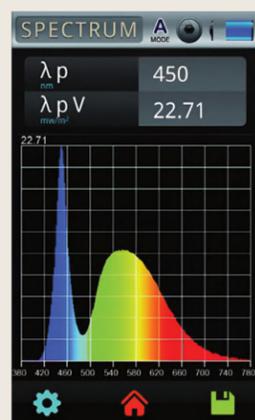
デバイスはどうやって光を測定するのでしょうか？ 数字によって。

機械は画面に表示する色を
どうやって知るのでしょか？

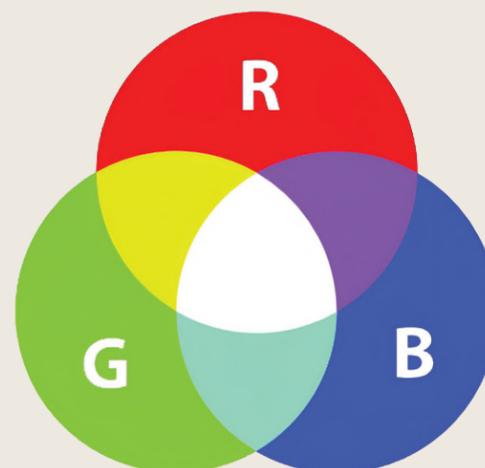
ここまで、色を測定する際に温度を基準として使う方法を見てきました。しかし、これはあくまで理論的なモデル(黒体)であり、白色光を測定するために使用されるもので、CFLやLED照明では非常に不正確です。つまり、光を測定する別の方法があるはず。

「色」についてもう一度考えてみましょう。私たちが見る色は、本質的に人間の経験です。青い空、赤いリンゴ、緑の木々は、私たちの脳の中でイメージとして形作られます。デバイスは「青」を感知することはできません。同様に、「悲しみ」も感知できません。なぜなら、「青」と「悲しみ」は本質的に人間の経験だからです。

しかし、機器は数値で測定できます。例えば、キログラムやポンドで測る体重計を例に挙げましょう。光も同様です。露出計は、波長、周波数、強度といった数値で光を測定できます。これらの数値を使って、波と私たちの視覚的な色を関連付けることができます。簡単な方法は、S錐体、M錐体、L錐体と似た、赤、青、緑の三原色を使うことです。言い換えれば、機器にRGBを使って「私たちの色と波長を関連付けるように教えることができるのです。



波？何の波？



M.Minderhoud at nl.wikipedia - GFDL, CC-BY-SA 3.0 Unported



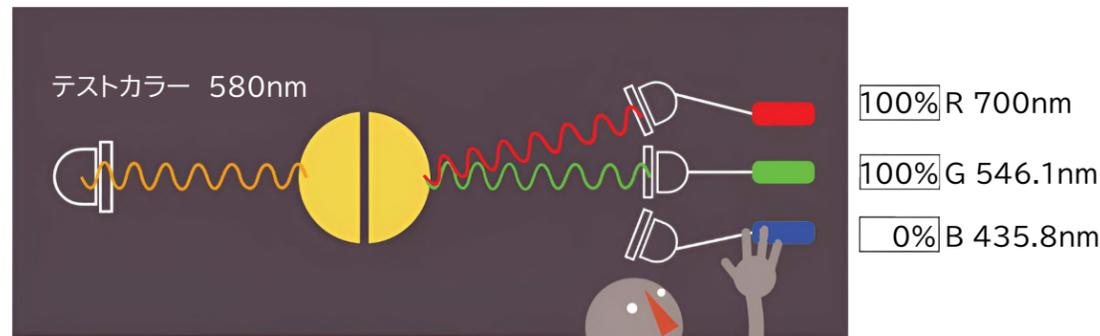
黄色、黄色とは何ですか？

波長と色のマッチング

マッチング機能

ステップ 1

まず、特定の波長の光を用意し、テスターに赤、青、緑の光の強度をテスト色に合わせて調整してもらい、波長と人間の色覚を関連付けます。これにより、テストしたい各色の波長を表す3つの値(RGB)が得られます。しかし、色の見え方は人それぞれ少しずつ異なるため、多くのテスターにデータを記録し、平均を取る必要があります。

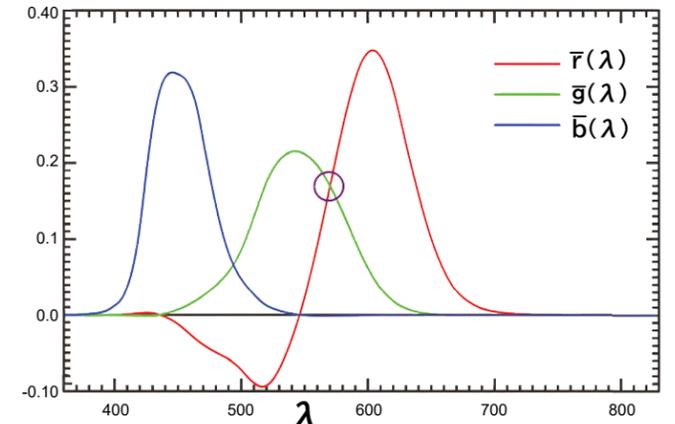


これらのテストは、1926年にウィリアム・デイビッド・ライトとジョン・ギルドによって行われた実際の実験でした。

λ	r	g	b
380	0.0272	-0.0115	0.9843
385	0.0268	-0.0114	0.9846
390	0.0263	-0.0114	0.9851
395	0.0256	-0.0113	0.9857
400	0.0247	-0.0112	0.9865
405	0.0237	-0.0111	0.9874
410	0.0225	-0.0109	0.9884
415	0.0207	-0.0104	0.9897
420	0.0181	-0.0094	0.9913
425	0.0142	-0.0076	0.9934
430	0.0088	-0.0048	0.9960
435	0.0012	-0.0007	0.9995
440	-0.0084	0.0048	1.0036
445	-0.0213	0.0129	1.0093
450	-0.0470	0.0272	1.0172

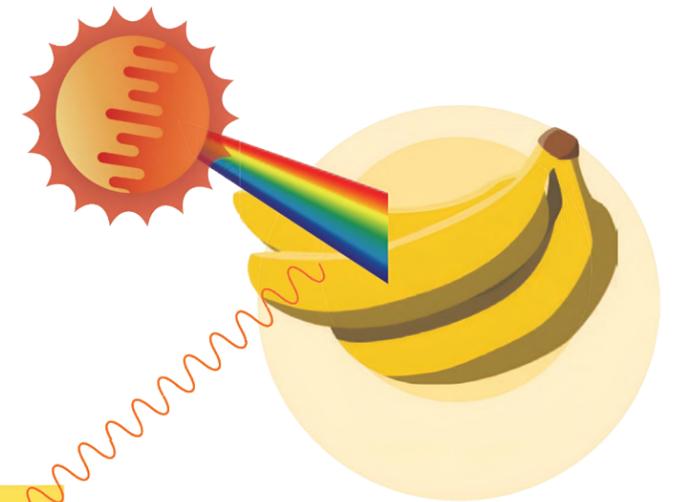
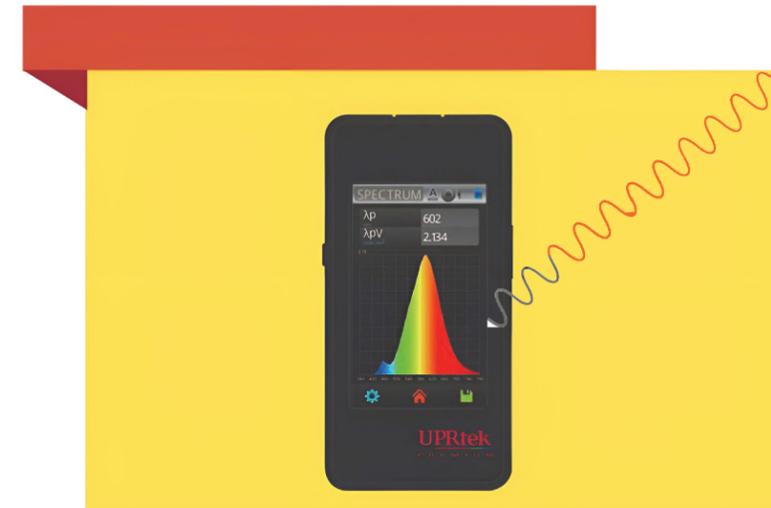
ステップ 2

波長ごとに3つのRGB値からなるデータを取得し、2次元平面上にグラフ化すると、波長と人間が知覚するRGB値の関連性が分かります。波長580(黄色)の場合、赤と緑が同量使用されていることがわかります(グラフ上の円)。



ステップ 3

それは黄色です!



このデバイスは、先ほど作成したマッチングデータを使用できます。580 nmの波長に遭遇すると、RGBスクリーンのライトを調整し、画面に適切な色を表示できます。

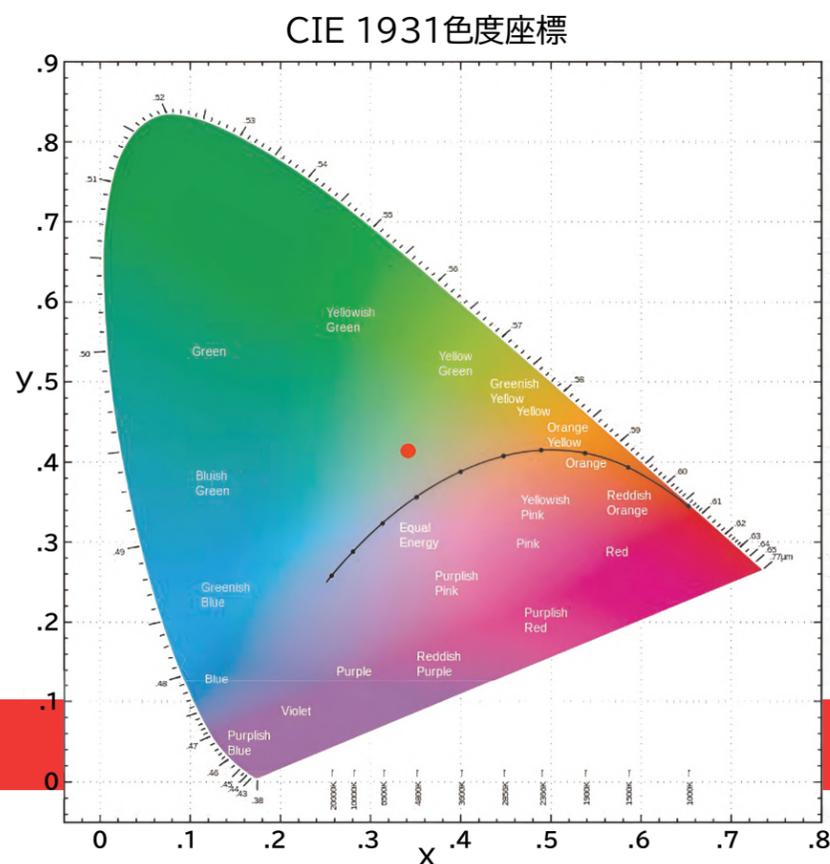
色度図

光の識別、仕様、比較

さて、露出計に色を認識させることができました。次は、あらゆる光源を測定し、それを識別して特定し、他の光と比較できるようになれば便利です。

私たちは、色度図(クロマはギリシャ語で色を意味します)と呼ばれるカラーマップを用いてこれを行います。これは露出計の重要な部分です。これは地球儀の地図のようなものです。経度と緯度がわかれば、地球上のあらゆる場所を特定できます。同様に、x,y座標がわかれば、私たちが見ることができる他のすべての色と比較して、自分の光の色がどこに位置しているかがわかります。ちなみに、このマップに含まれる色はすべて人間が視覚化できる色であり、このマップは色度図と呼ばれています。

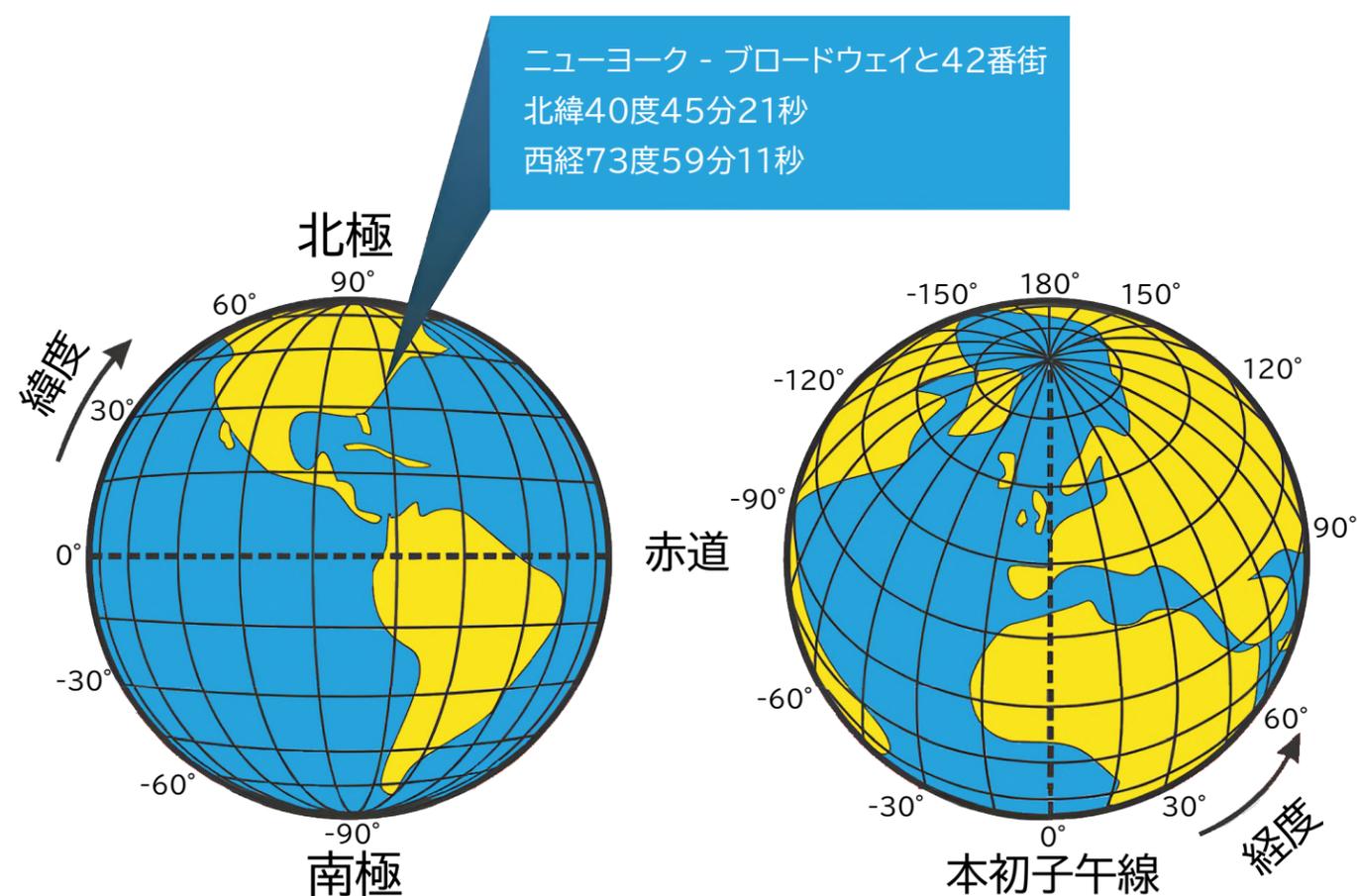
光源を測定すると、x、y座標のマップ内で光源がどこにあるかが特定されます。



Fuzzypeg at en.wikipedia, derived from Paulschou at en.wikipedia - CC-BY-SA-3.9



It's Like



色度図の成り立ち

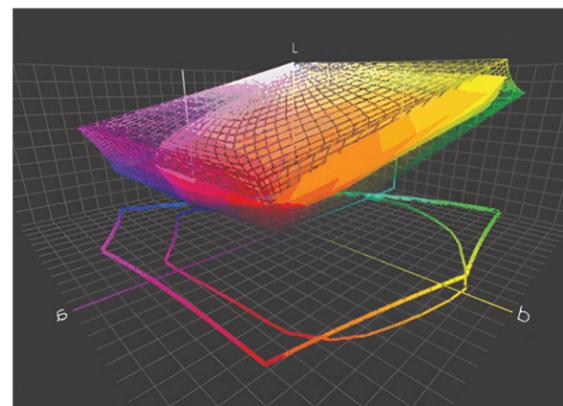
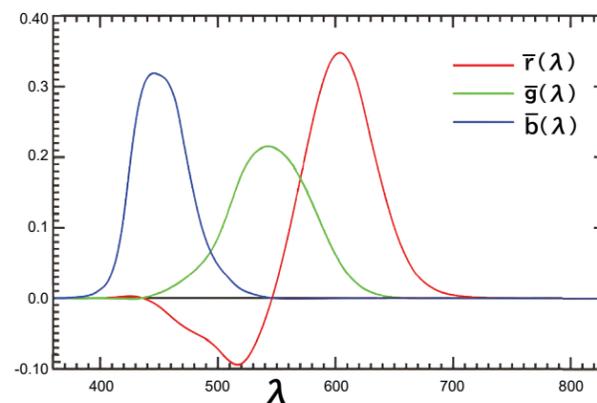


λ	r	g	b
380	0.0272	-0.0115	0.9843
385	0.0268	-0.0114	0.9846
390	0.0263	-0.0114	0.9851
395	0.0256	-0.0113	0.9857
400	0.0247	-0.0112	0.9865
405	0.0237	-0.0111	0.9874
410	0.0225	-0.0109	0.9884
415	0.0207	-0.0104	0.9897
420	0.0181	-0.0094	0.9913
425	0.0142	-0.0076	0.9934
430	0.0088	-0.0048	0.9960
435	0.0012	-0.0007	0.9995
440	-0.0084	0.0048	1.0036
445	-0.0213	0.0129	1.0093
450	-0.0400	0.0250	1.0172

これらのx,y座標と地図はどうやって決まるのでしょうか？数学的な話が多くて長いのですが、ここではなるべく簡単に説明します。この色度図は、1931年に国際照明委員会(CIE、Commission Internationale de l' Eclairage)によって考案されました。

これは人間の可視スペクトル全体をマッピングするために設計されており、色を指定、識別、比較するための標準化された、使いやすく視覚的なツールを提供します。以前のRGBテスト値を覚えていますか？私たちは、それらを図(右上)のように2Dグラフにプロットしました。今度は、同じRGB値を3Dグラフにプロットします。各波長のRGBデータは3D空間の点としてマッピングされ、右側の図が作成されました。これは美しいものの、あまり実用的ではありません。そこでCIEの人々は、3Dマップから2Dマップを作成するために、高度な作業を行いました。

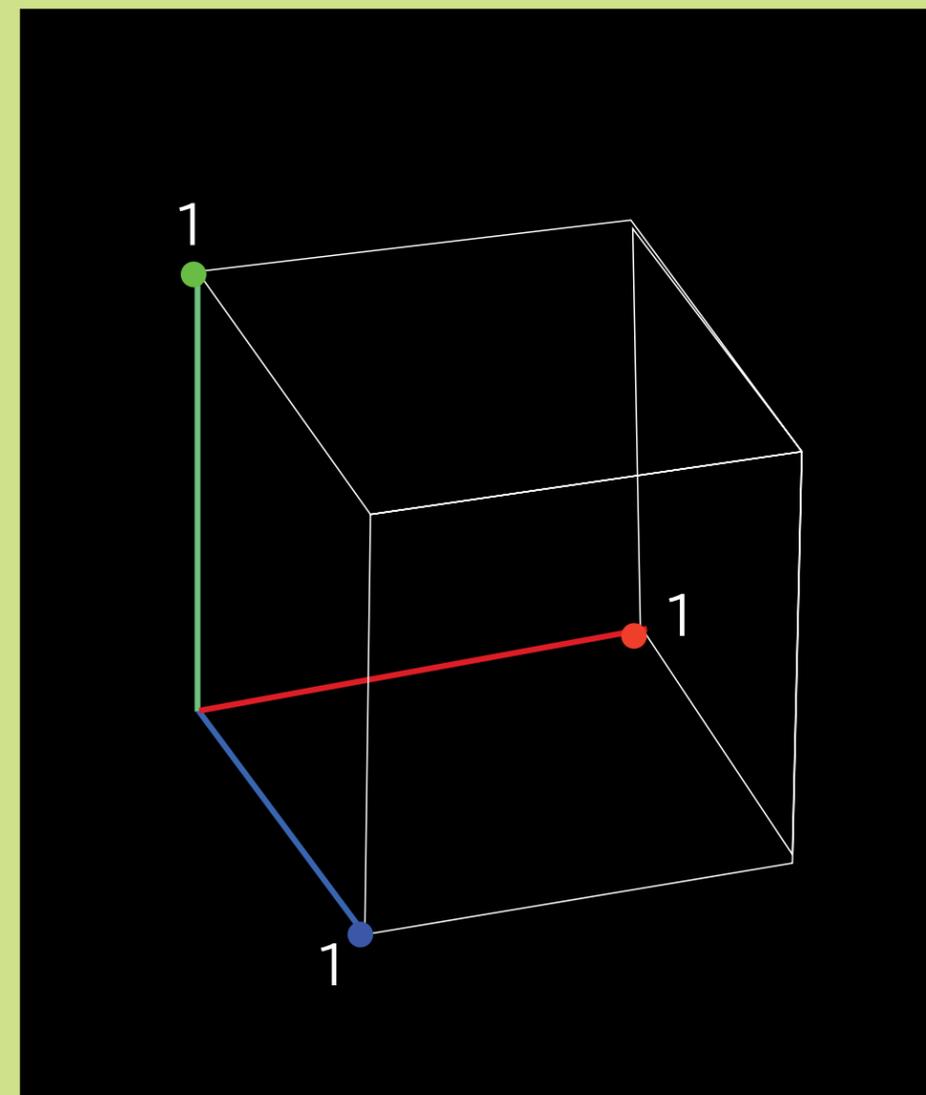
3つのRGBテスト値が2Dグラフにプロットされたときのことを覚えていますか？下のグラフのようになります。



RGBテスト値をすべて3Dグラフにプロットすると、このようになります。3Dマップを色の識別に使用するのは困難です。なぜなら、目的の色が中央に位置する可能性があるからです。

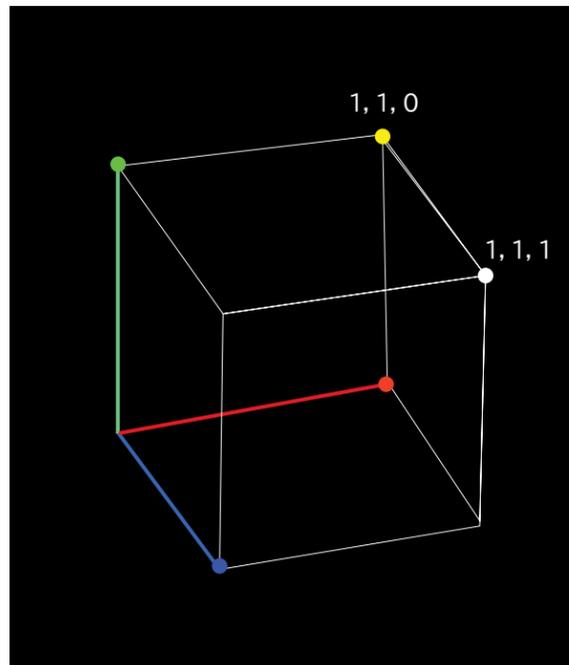
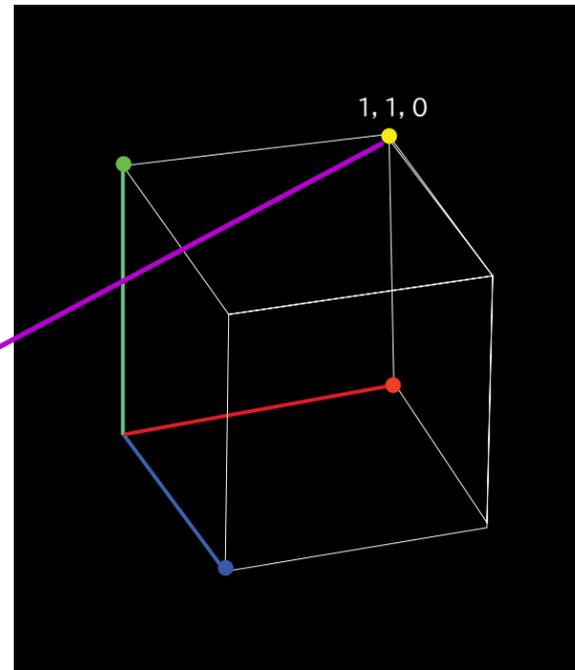
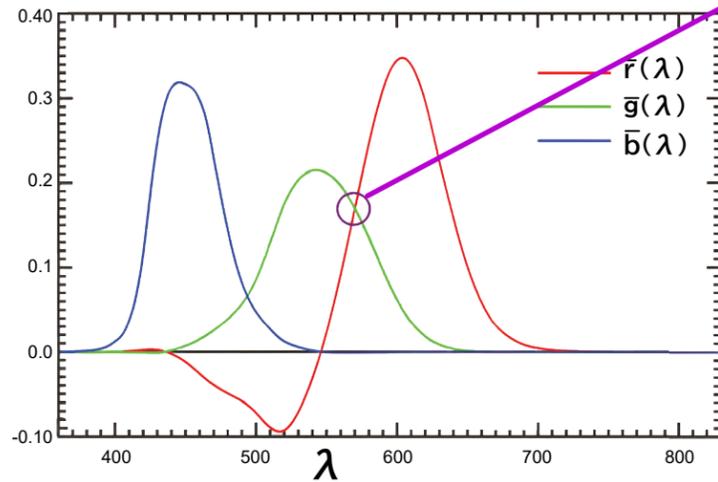
1

まず3D空間を描きましょう。各軸は、赤、青、緑の3原色のいずれかを表します。各軸の端は、各RGBテストデータセットの最高強度を表し、これを1と表示します。



2

では、黄色の波長(580 nm)をプロットしてみましょう。これは、赤と緑が全て含まれ、青は含まれません(1,1,0)。

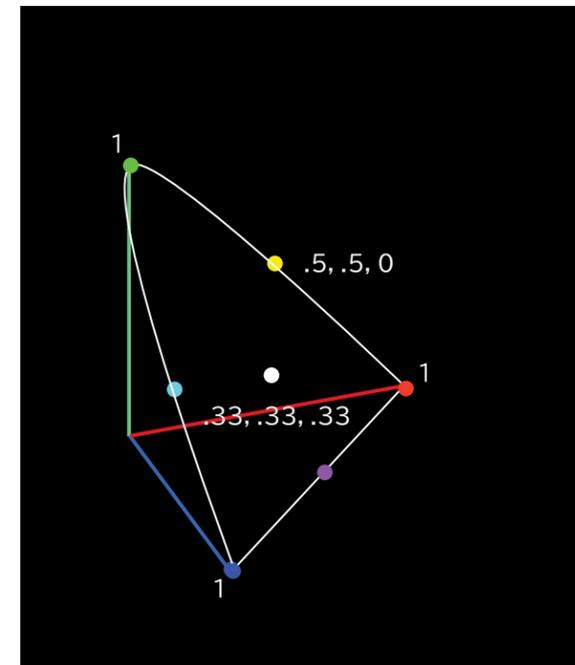
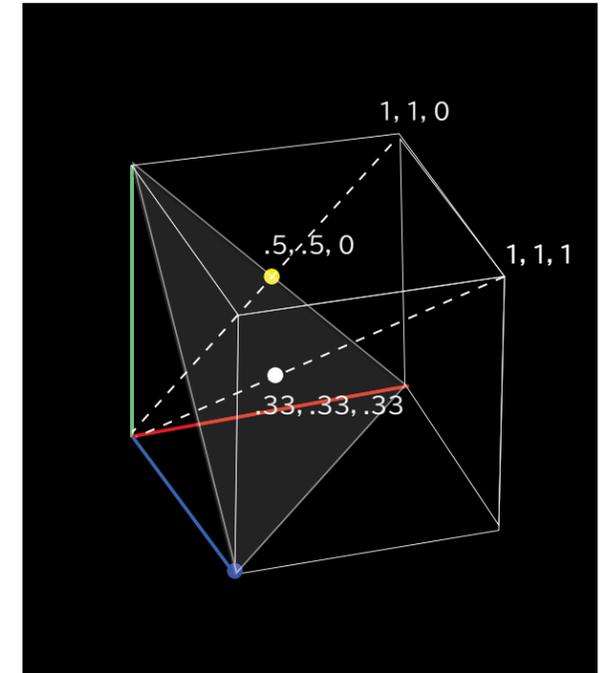


3

100%の赤、100%の緑、100%の青の組み合わせである「白」をプロットしてみましょう。これを各波長のすべてのRGBポイントに対して実行するとどうなるか想像してみてください。

4

次に(ここが魔法の部分です)、各原色(RGB)でそれぞれ100%の強度を表す3つの点を結んで三角形を作ります。これは単位平面と呼ばれる平面で、平面上の1つの点を取り、関連する3つのデータ値を合計すると、常に1になります。手順3でプロットした各RGB点と原点(0,0,0)の間に線を引くと、単位平面と交差して新しい点を作成されます。この点は元の点と同じ比率を表すため、本質的に同じ色になります。

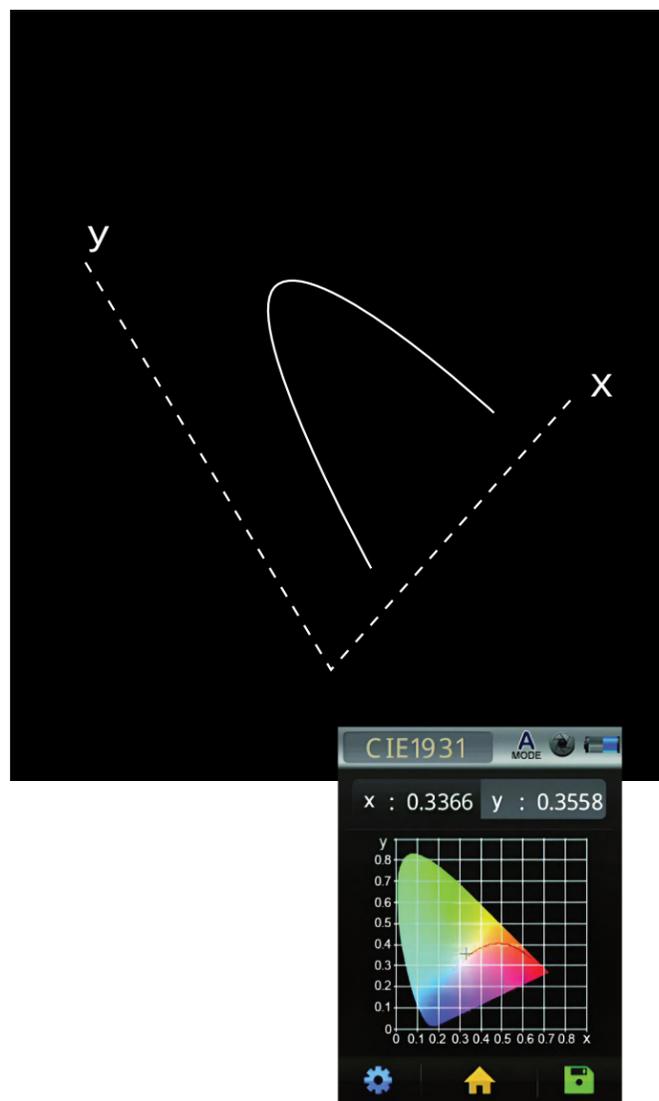


5

さて、すべての波長のRGBポイントを単位平面にマッピングするとどうなるでしょうか？馬の形をした色度図になります！

6

単位平面は2次元平面なので、x軸とy軸を割り当てることができます。これが馬蹄形のCIE色度図の由来です。



まとめ

1. 馬蹄形の図は、人間が視覚化できるすべての色の「地図」です。
2. 光源を測定すると、x,y座標が得られます。これにより、光の色が地図上のどこに位置しているかがわかります。
3. このx,y座標は、1926年に行われたRGB人間実験のデータに基づいています。これらは、扱いやすいように3次元から2次元平面へと数学的に凝縮されたRGBデータ値を表しています。

Watch a Video

<http://www.youtube.com/watch?v=82ItpxqPP4I>

<http://www.biye.net/color-science/cie-chromaticity-diagram/>

Play

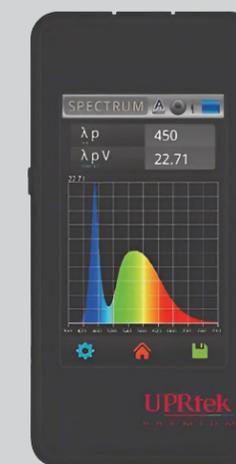
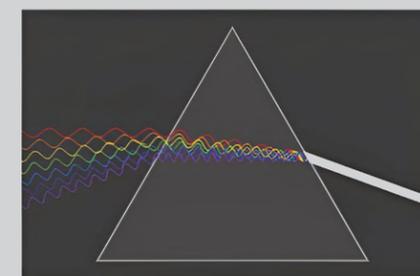
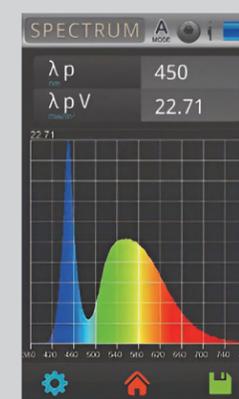
注記

上記の説明は、色度図の作成に関する概念的な説明です。
詳細については、付録Iを参照してください。

波長強度

MK350シリーズのようなデバイスは、単一の光源を捉え、それを異なる成分波長に分離できることがわかりました。光に含まれる各成分波長はそれぞれ異なる「強度」を持ち、それが色に影響を与えます。これは、MK350デバイスが提供するカラースペクトル(左下)によって表されます。これは、異なる波長とそれぞれの強度を示しています。この例では、約450 nmの青みがかかった色が支配的で、白色光が青みがかって見える原因となっていることがわかります。しかし、光が赤みがかっているのか、緑がかっているのか、青みがかっているのかを実際に知るには、すべての色を混ぜ合わせる必要があります。そして、それが色度図のx,y座標からわかるのです。色度図は色を示します。カラースペクトルは、混ぜ合わせたときにその色を構成するすべての波長の強度を示します。

カラースペクトラム

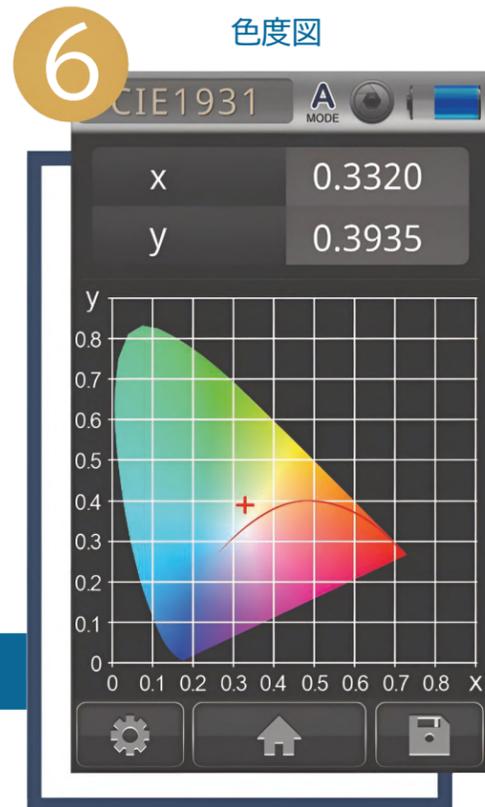


露出計はどのようにして x、y を決定するのでしょうか？

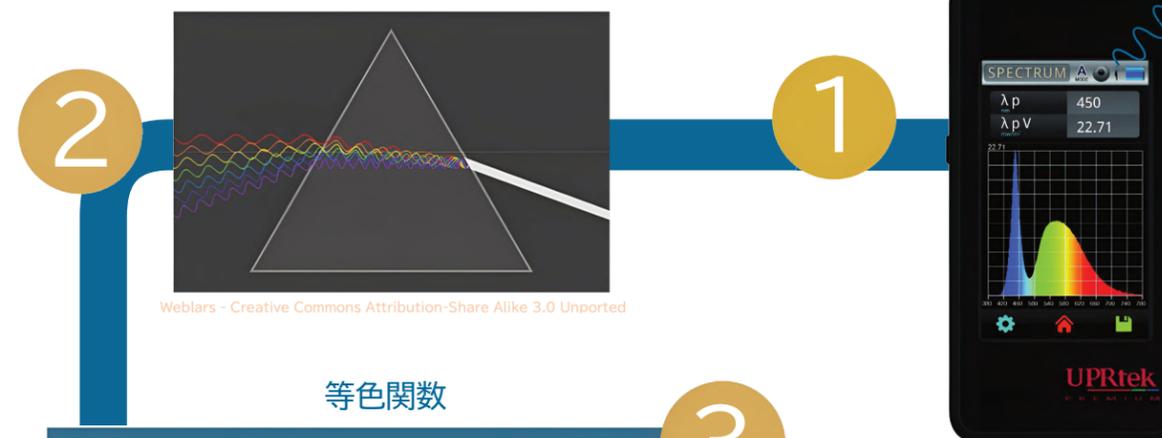
1. 露出計が光を捉えます。
2. 光を波長ごとに分離します。
3. 各波長データをカラーマッチング機能に送り、人間がこれらの波長を赤、緑、青の3色としてどのように認識するかを計算します。
4. 各波長について、すべての波長のRGB値を3次元空間に「数学的に」プロットし、それを2次元(単位平面、つまりx,y平面)に「数学的に」正規化します。
5. すべての点を合計し、単一のx,y座標を算出します。
6. 最後に、色度図にプロットします。

まとめ - CIE 1931色度図とは…

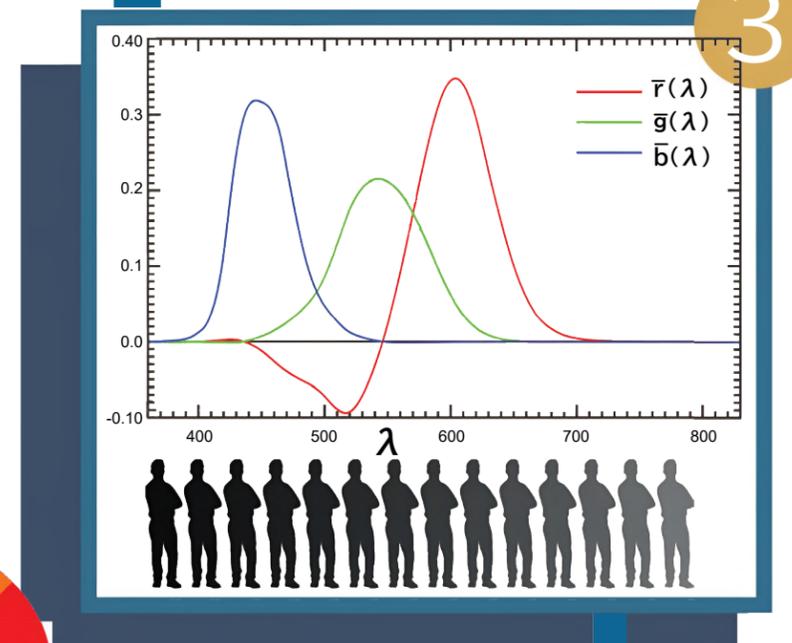
- 光源を客観的に特定、識別、比較する方法
- ヒューマン・データ・エクスペリメンツ(1926年)に由来
- RGBから派生した、色を混ぜるための便利なモデル。RGBを大まかにベースにした3つの錐体に似ているため便利です。
- 人間が認識し、同意できるすべての色の中で、光の色度(色)を表すx,y座標をマッピングするために使用されます(色の標準化)。
- MK350シリーズなどの露出計で使用されます。光を捉え、必要なすべての手順を実行して光源のx,y座標を算出します。
- 人間の目で見えるすべての色



光の中の色を分離



等色関数

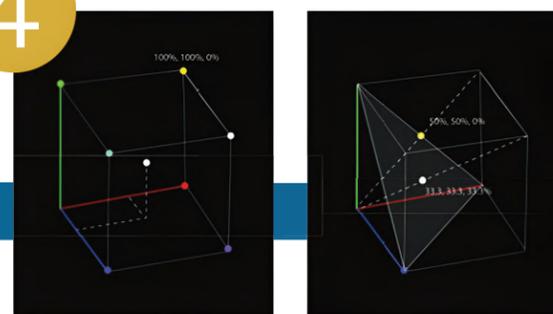


5

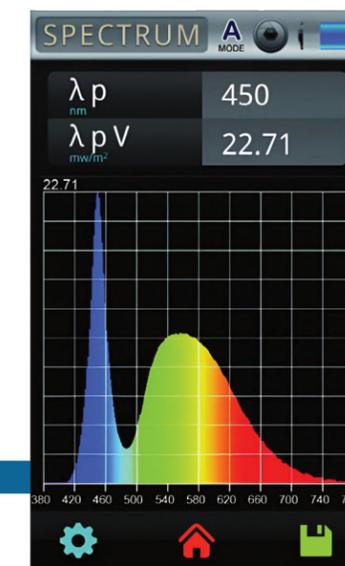


数学的計算

4



カラースペクトラム

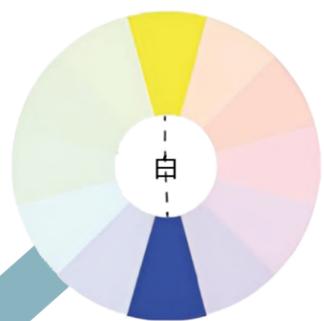


カラーホイールと色度図

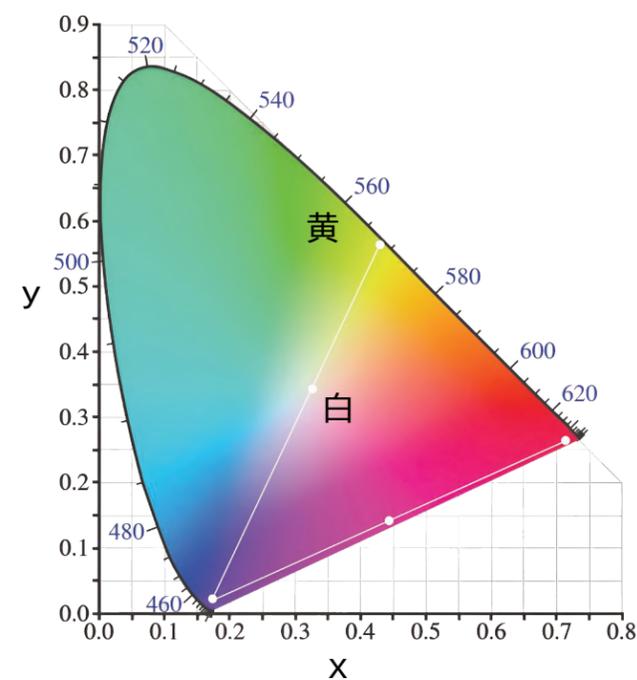
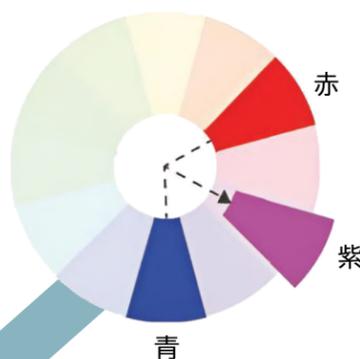


RGBカラーホイール

オリジナルのカラーホイールを覚えていますか？
色度図には、いくつかの点で似た特徴があります。
色を混ぜて新しい色を作るようなものです。

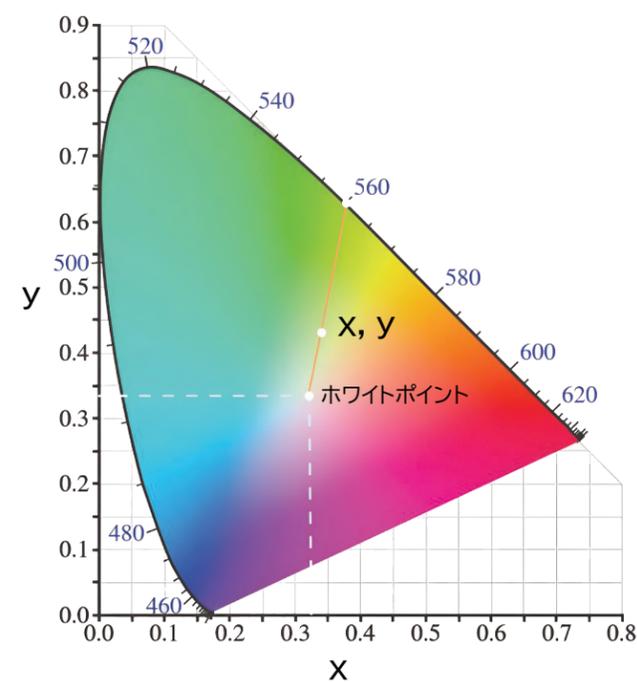


反対色を合わせると白になります
(青-黄)



色度図では、カラーホイールのように自由に色を混ぜて遊ぶことができます。赤い点を青い点と繋ぐと、中間点は紫になります。同様に、青と黄色を混ぜると白っぽい色になりますが、図の歪みにより、これらの中間点は必ずしも正確ではありません。

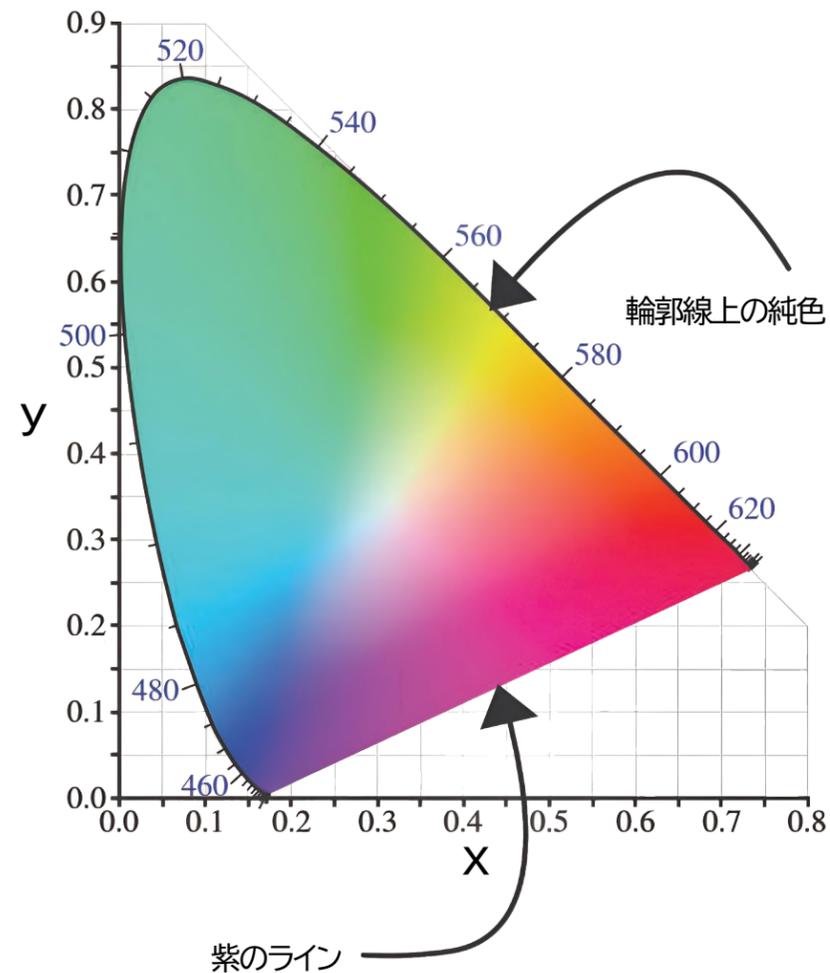
色域のほぼ中央に、0.33と0.33の白色点があります。これは重要な基準点です。



色が x, y にあり、白い点から外縁まで線を引いた場合、完全に飽和した色、つまり「主波長」(例: 560)に到達します。これは、 x, y 色から白をすべて取り除くようなものです。

外側の輪郭にあるすべての主波長は、1つの波長で表すことができるすべての単色(純粋)色であり、プリズムによって分割されるすべての色(すべての虹色)でもあります。

「馬蹄形」の底には直線があります。これは「紫の線」と呼ばれています。これらは私たちが実際に見ることができる色ですが、一つだけ例外があります。それは純色ではないということです。つまり、単一の波長ではその線上のどの色も表現できないということです(純粋な赤を表す700nmの波長とは異なります)。そのため、これらの色を表現するには、2色以上の色を混ぜる必要があります。

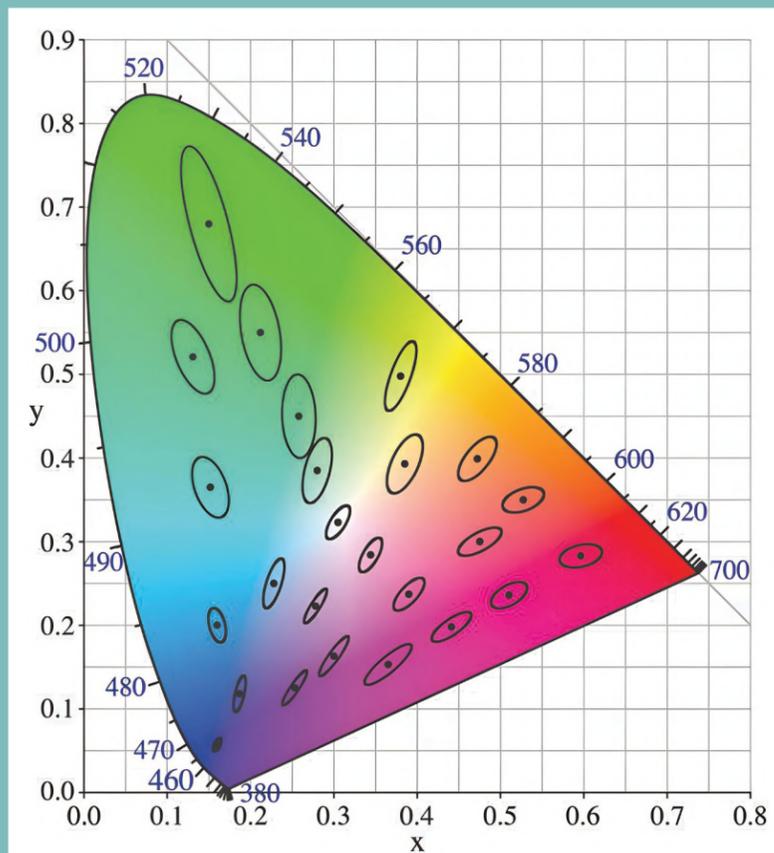
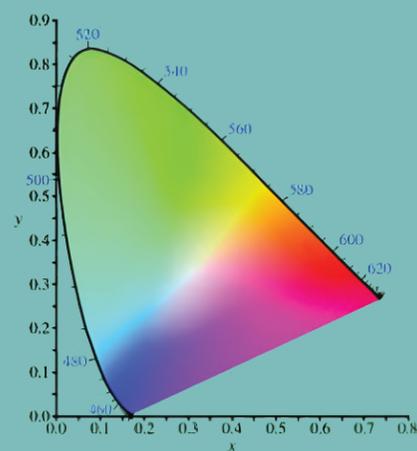


MK350S Premium
特殊照明研究・携帯型分光放射計

CIE 1931 から CIE 1976 改善されましたが、まだ完璧ではありません

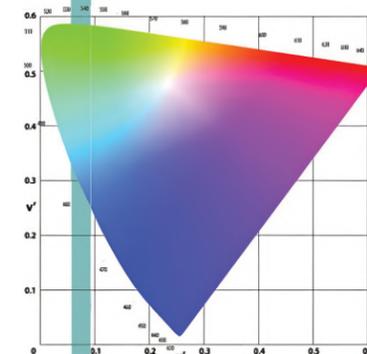
CIE 1931は、CIE 1960とCIE1976がそれに続く元の色素性図であり、それぞれの前任者の改善でしたが、変更は必ずしも容易ではありません-CIE 1931はまだ広く使用されています。最新のCIE 1976バージョンは、CIE 1931図と比較して視覚的認識とより正確に一致する改善を誇っています。

CIE 1931図のすべての色は、区別可能な色であると想定されています。コダックの研究者であるデイビッド・L・マクアダムとディーン・B・ジャッドとガンター・ヴィツセッキによる実験は、CII 1931が人間が色をどのように見るかについての歪んだ見方を表しているという経験的証拠を提供しました。基本的に、マクアダムの楕円図の楕円は、記述された被験者によると色に識別可能な違いがない領域を示しています。CIE 1976の色度図は、これらの歪みを改善しましたが、明らかに完全ではありませんでした。



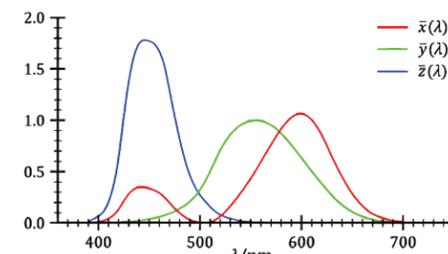
CIE 1976は、マクアダムの楕円を組み込んでおり、相手プロセス理論と呼ばれる新しいパラダイムを使用して、コーンの仕組みをより密接に類似しているため、人間の視覚的認識により適しています。

CIE 1976の仕様には、実際には2つのバージョンが含まれています。CIELABとCIELUV。どちらも、マクアダムの楕円によって明らかにされた歪みを考慮に入れています。さらに、これらはまた、3つのコーンが実際に色を処理する方法についての最近の啓示を考慮しています(以下を参照)。CIE 1931と同様に、CIELUBとCIELABにはx、y座標がありますが、それぞれu、v、a、bを使用します。

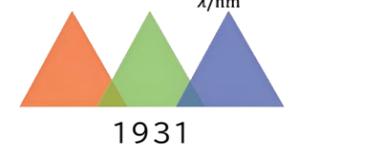


CIELABとCIELUVのもう1つの利点は、彼らがより大きな色の空間を持ち、デバイスが独立していることです - これはどういう意味ですか？これは、ロゴの色を選択でき、CMYK、RGB、SRGB、Adobe RGB、Pantoneを心配する必要がないことを意味します。デバイスはCIELABに適応します。ただし、変更は遅くなります。これが、CIELABに準拠したくない、CIE 1931に多くのデバイスがまだ詰まっている理由です。

CIELABとCIELUVの違いは使用法です。CIELABは、プリンターで使用される減算プロセスを使用することをお勧めしますが、CIELUVはディスプレイ(モニター)などの追加プロセスを使用することをお勧めします。



1800年代



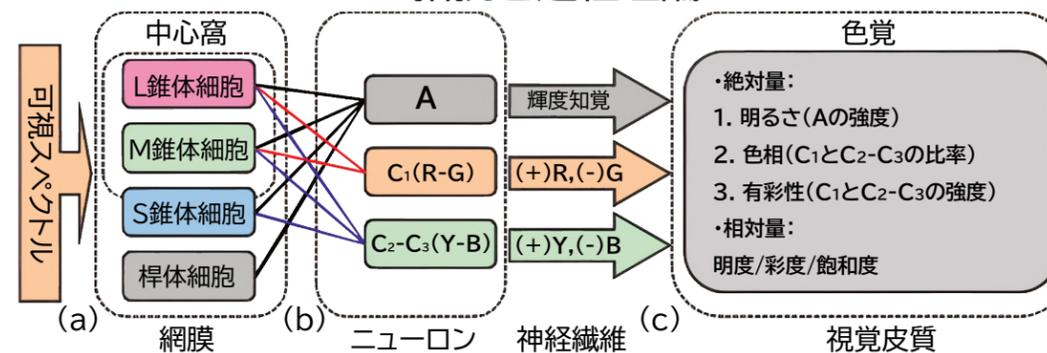
1931



1976

私たちの錐体細胞がどのように機能するかについての私たちの知識は進化しました。

拮抗色過程理論



MK350 シリーズ - 知っておくべきこと

MK350シリーズは、UPRtekの高精度分光放射計(露出計)で、アドバンス、ベーシック、コンパクトの3つのモデルがあります。機能、用途、サイズによって使い分けられています。

MK350Sプレミアムモデルは、非常に幅広い機能と測定能力を備えており、基本的な測定から専門的な分析、比較、管理まで、ほとんどのポータブルアプリケーションに対応します。

MK350NプレミアムモデルとコンパクトMK350Dモデルはどちらもユーザーに簡単なスナップショットと基本的な測定情報を提供します。コンパクトモデルは小さな画面を備えていますが、ポケットサイズで持ち運びに便利です。これらの製品は、uSpectrum PCソフトウェアとスマートフォンアプリに接続できるようになり、大幅に強化されました。さらに、すべてのモデルに、健康を守るためのフリッカーセンサーという新機能が追加されました。



MK350S Premium



MK350N Premium



Compact MK3500



専門用語

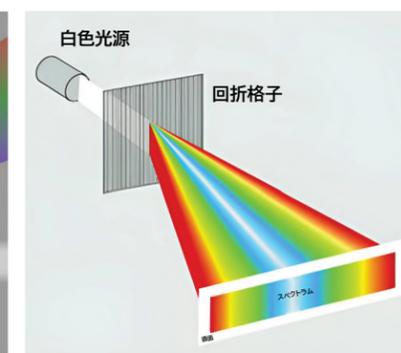
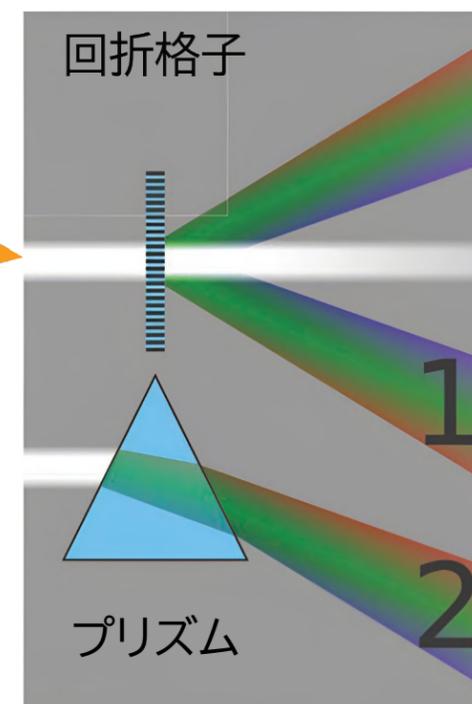
ユーザーマニュアルではほとんどの機能について説明されていますが、ここでは省略します(ユーザーマニュアルをお読みください)。このセクションでは、ユーザーマニュアルで詳しく説明されていない特殊な用語と機能について説明します。



MK350S Premiumは、ベーシックなハンドヘルド分光計MK350S Premiumからアップグレードされました。

フリッカーセンサー検出器を内蔵し、健康を守ります。
比較モードが追加され、データを簡単に分析できます。

回折格子

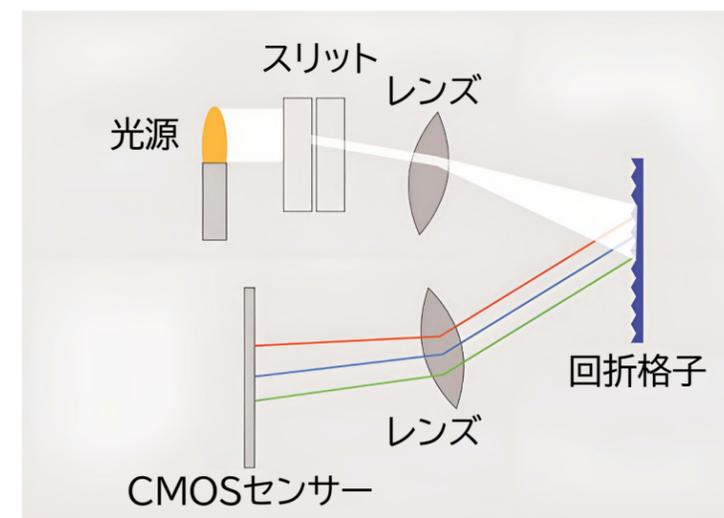


MPasternak - CC-BY-SA-3.0

メーターデバイスが白色光を捉え、色度図のx,y座標を導き出す仕組みについては既に説明しました。

その説明では、白色光の色を分離するためにプリズムを使用しましたが、実際には、MK350デバイスには回折格子と呼ばれるものが搭載されており、同じ機能をより効果的かつ効果的に実現しています。

Cmglee - CC-BY-SA-3.0



簡単に説明すると、光は小さなスリットを通過し、レンズと回折格子を透過して反射し、最終的に CMOS センサーに到達します。CMOS センサーは、分散した光波を実際に感知して、波長と強度のデータとして記録するデバイスです。

Watch a Video

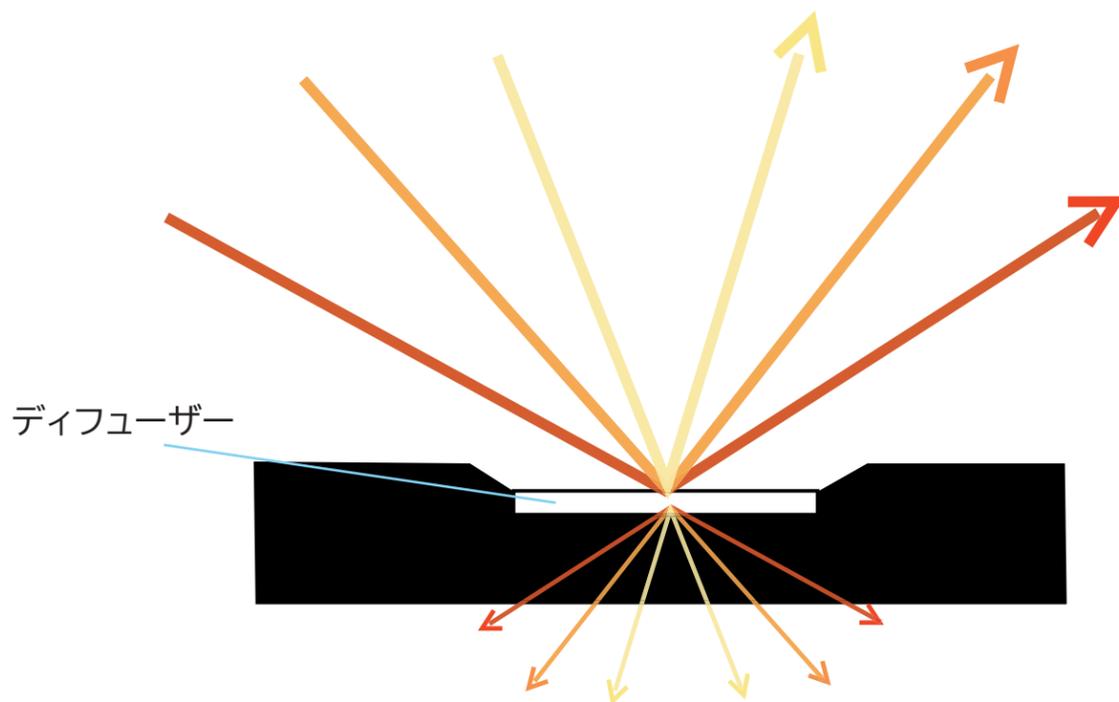
<http://www.youtube.com/watch?v=pxC6F7bK8CU>

コサイン補正

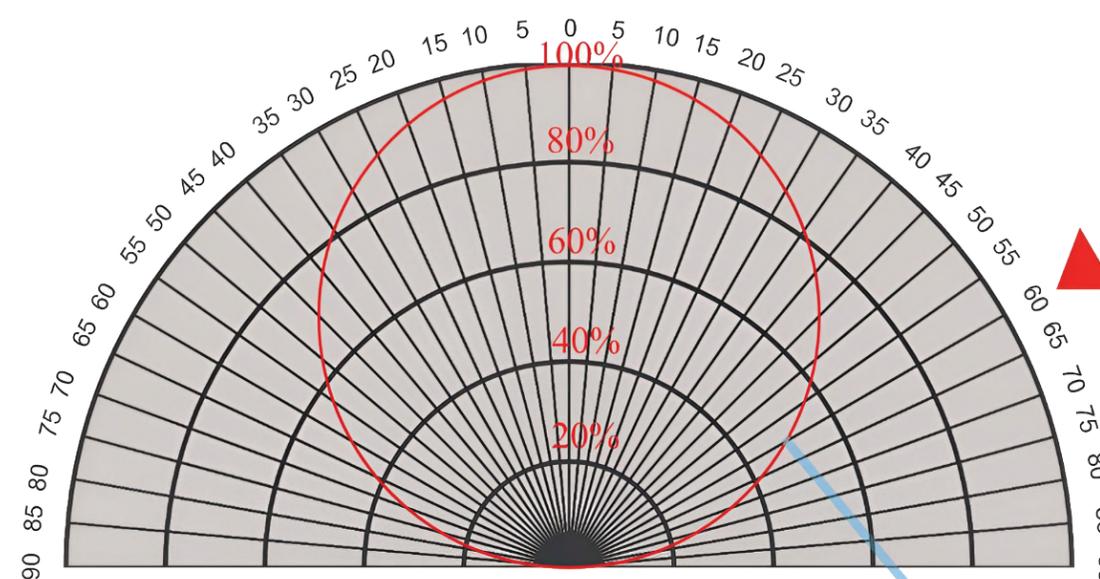
もう一つよく目にする用語は「コサイン補正」です。これは照度、つまり特定のエリアをどれだけ明るくするかを表すもので、1平方メートルあたりのルーメン(LUX)で測定されます。ルーメンは可視光の「量」を表す単位です。

まず、斜めから入ってくる光が明るさ、つまりルクス(LUX)に影響を与えることを知っておく必要があります。真上から入ってくる光は、斜めから入ってくる光よりも明るくなります。実際、光の角度と明るさの間には直接的な相関関係があり、これは1760年にヨハン・ハインリッヒ・ランベルトによって説明されました。

平面の露出計レンズで光量を測定するのは簡単ではありません。特に、角度を持って入射する光を測定し、ランベルトの法則に従って正確に明るさを記録しようとする場合は、調整が必要になります。調整を行わないと、不正確な結果が生じます。これらの調整はコサイン補正と呼ばれ、ランベルトの法則に従って明るさを測定するためのガイドとなる表(次ページ)があります。MK350シリーズは(ほとんどの露出計と同様に)、光を拡散させてより適切なLUX計算を行う拡散器またはコサイン拡散器を使用しています。拡散器は、レンズのすぐ下に白い不透明な素材が見えるメーターなど、物理的に目に見えるものもあります。しかし、拡散器は100%正確というわけではなく、角度を持って入射する光に対して理想的な補正を試みることしかできません。



理想的には、斜め(角度)光に対するコサイン補正は、以下のグラフに従う必要があります。例えば、60度の角度で表面に当たる光は、メーターに表示される放射強度が約50%になるはずですが、斜め度合いが小さくなるにつれて、強度は下のグラフの赤い円形の線に沿って増加するはずですが、MK350デバイスには、理想的なパターン(赤い円)に可能な限り近づけるために、拡散板が取り付けられています。



さらに詳しく

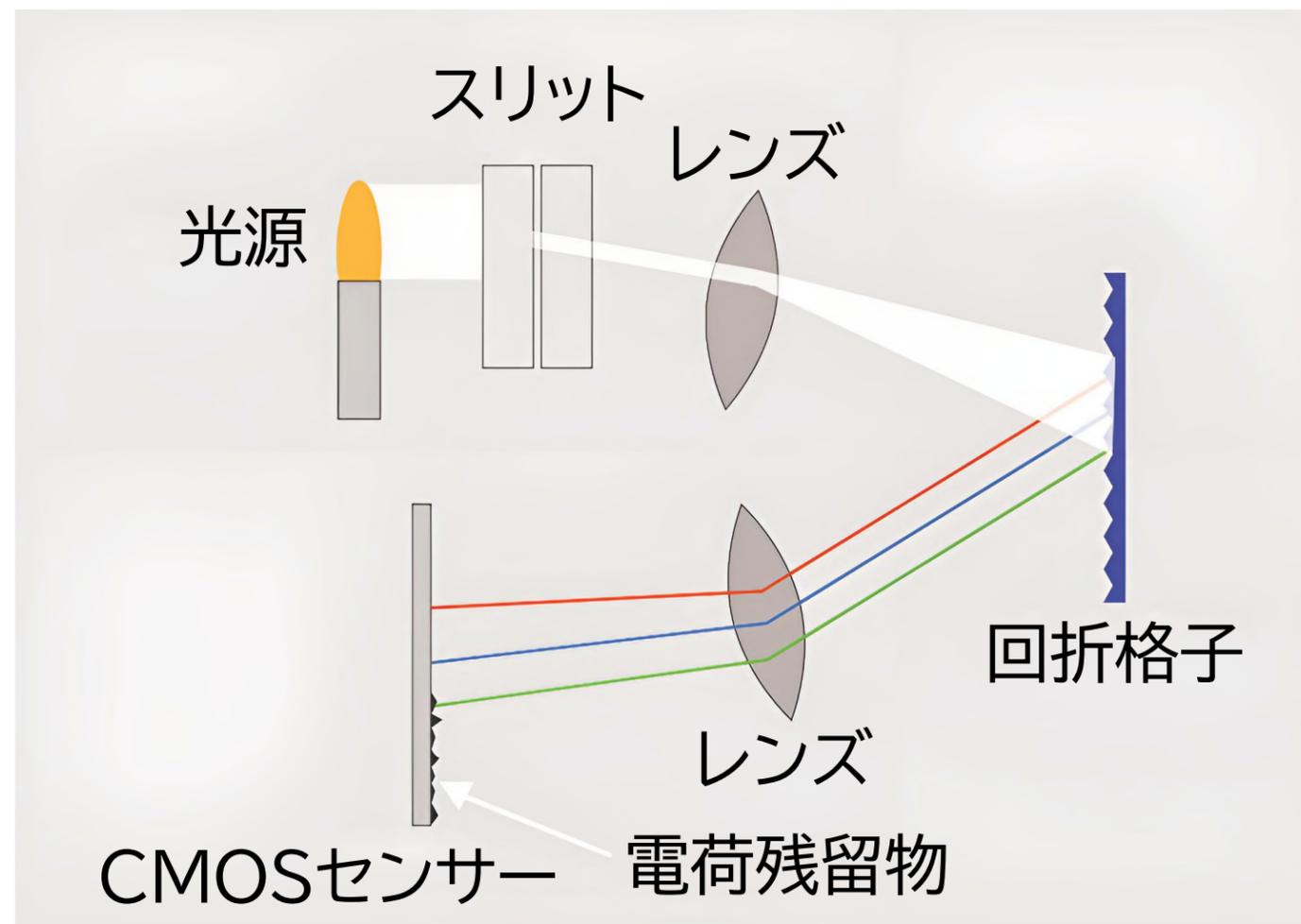
コサインは、三角形の長さや角度の特性を計算し、特定するために使用される数学関数です(三角法)。上のグラフの赤い円は、1760年にヨハン・ハインリッヒ・ランベルトによって記述され、「ランベルトのコサイン法則」と呼ばれています。基本的に、これは光の角度が変化すると光の強度がどのように変化するかを示しています。



60度から入射する光は、元の強度の約50%になります。
コサイン60度 = 0.5 または 50%

ダークキャリブレーション

ダークキャリブレーションは、すべてのMK350デバイスでオプションの操作です。デバイスは、電源を入れるたびにダークキャリブレーションを実行するかどうかを確認します。デバイスの動作中に、「オプション」メニューから手動でダークキャリブレーションを実行することもできます。ダークキャリブレーションの目的は何ですか？基本的に、CMOSセンサーに電気的な残留物、つまり「電荷」が蓄積され、正確な測定を妨げる可能性があります。この電荷は、動作中の温度が大幅に変化したときに蓄積されます。また、明るい環境から暗い環境へ、あるいはその逆の環境に移動した場合にも蓄積されます。また、測定に異常が発生した場合は、いつでもダークキャリブレーションを実行することをお勧めします。MK350デバイスは、デバイスの電源を入れるたびにダークキャリブレーションを実行するかどうかを確認します。これは、ダークキャリブレーションを実行することを推奨する理由です。



教育・研究

LEDビジネス

舞台照明

フリッカー測定

LED製造

LEDモニター

小売店

照明デザイン

スポーツスタジアム

スーパーマーケット

プロジェクター

MK350N Premium
産業用LED測定研究・携帯型分光放射計

MK350シリーズは蛍光灯を測定できますか？

事実上、可能です。しかし、蛍光灯には注意すべき点が1つあります。色スペクトルは、測定しやすいように固定された個々の波長の集合ではなく、連続した波長(虹のような)です。どんな露出計でも、スペクトルを無限に小さな波長に分割することは不可能であり、実用的ではありません。そのため、露出計はスペクトルをいくつかのセクションに分割し、平均化することで連続した色スペクトルを生成し、画面に表示します。

ただし、彫刻されたセクションの幅内にあるものはすべて平均化され、その内部の詳細は平滑化されます。LEDや白熱灯の場合は問題ありませんが、蛍光灯の場合は個々のピークが非常に細いため、デバイスがその内部の詳細をすべて捉える解像度を持たない可能性があります。これは、MK350S Premiumと蛍光灯の場合に当てはまります。MK350S Premiumの解像度は12nmです。つまり、12nm以内に収まる2つ以上のピークが平滑化されます。蛍光灯は12nm以内に収まるピークを持つため、それらはすべて平滑化されます。したがって、MK350S Premiumと蛍光灯から判断できるのは、大まかな波長スペクトルの形状のみです。

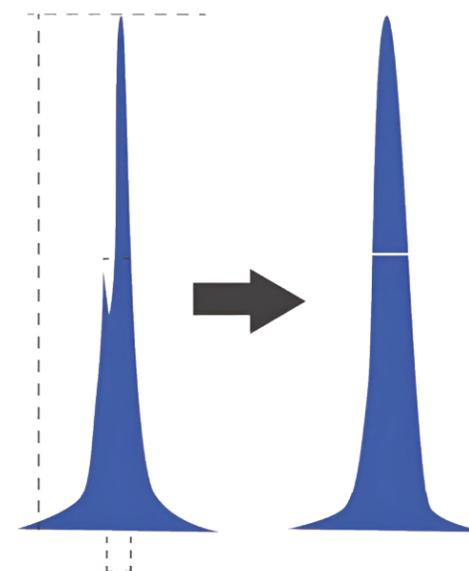
半値幅

右側はuSpectrumソフトウェアで、半値幅を表示できます(ピーク表示オン)。半値幅は、 λ_p (ピーク波高)₁を2で割ることで計算されます。次に、その1/2の高さで波を横切る垂直線を引きます₂。その高さにおける波長の太さが半値幅₃と呼ばれます。図(右)に示されているピークの半値幅は14nmです。ただし、これは蛍光灯であるため、14nmのピーク内に平滑化された複数のサブピークが存在する可能性があります。

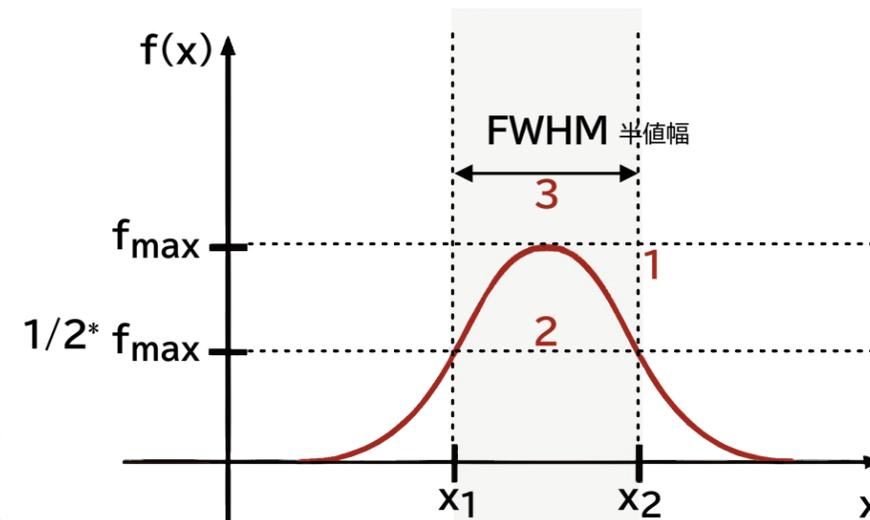


uSpectrum画面で「ピーク表示」をオンにしてください₄。キャプチャ後、左上隅に半帯域幅が表示されます₅。スパンの12nmセクション内の詳細は平滑化(平均化)されます。

半帯域幅は、LEDメーカーがピークの厚さを測定し、色の一貫性を測るために使用されています。ピークが厚すぎても薄すぎても、明らかに色の品質が変わります。



蛍光灯のスペクトルピークの詳細は細かすぎる可能性があり、MK350S Premiumによって滑らかにされる可能性があります。



Arne Nordmann (norro) - GDFL- CC-BY-SA-3.0

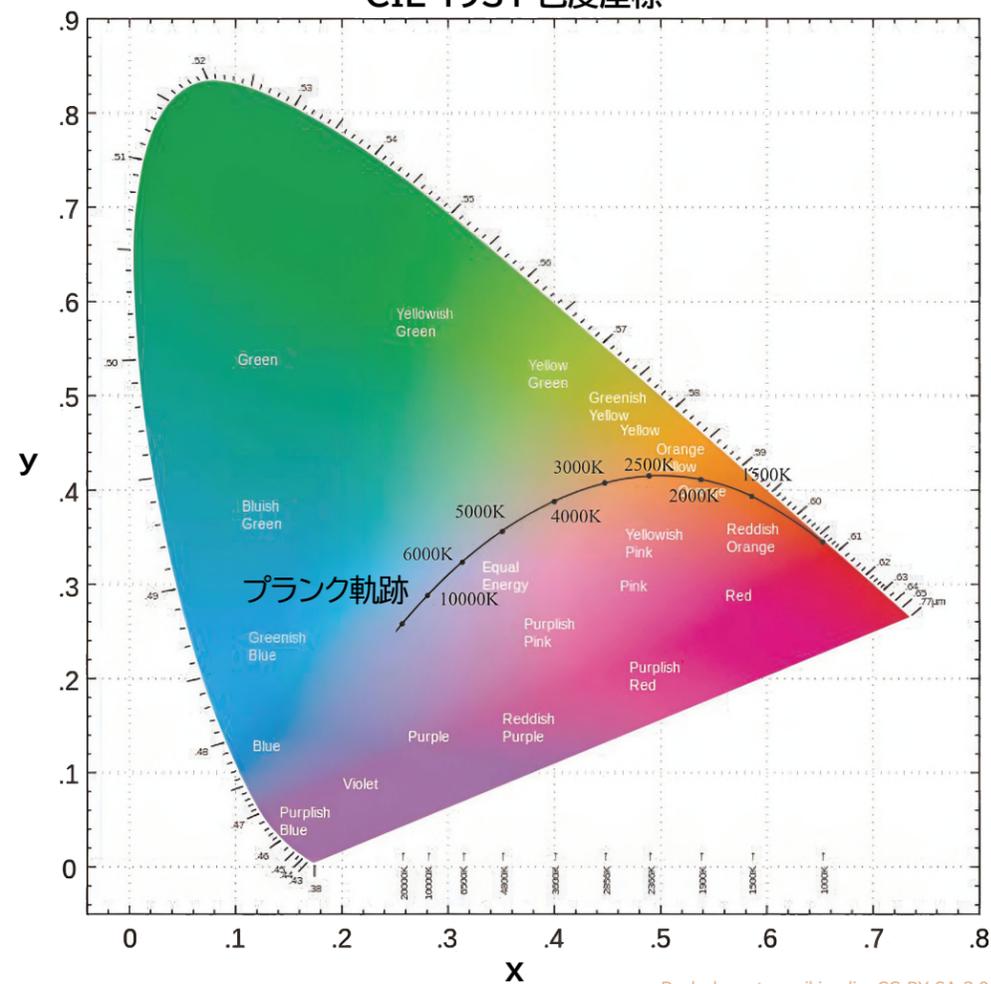


プランク軌跡

以前、黒体放射について説明しました。黒体放射とは、基本的に加熱され、温度が上昇するにつれて異なる波長の光(色)を放射する物体です。これらの色はケルビン単位で色温度として識別され、下の色度図では黒い曲線(プランク軌跡とも呼ばれます)で示されます。一般的に、電球の色温度(CT)は、デザイナーに光が暖色系(赤寄り)か寒色系(青寄り)かを示す指標となります。



CIE 1931 色度座標



Paulschou at en.wikipedia- CC-BY-SA-3.0

マックス プランク 1858~1947



なぜプランク軌跡と呼ばれるのでしょうか？

プランク氏が、太陽やろうそくのような白熱光源における温度と色との関係を説明する数式(および定数)を考案したからです。

$$B_{\nu}(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

Translation
18/10/16

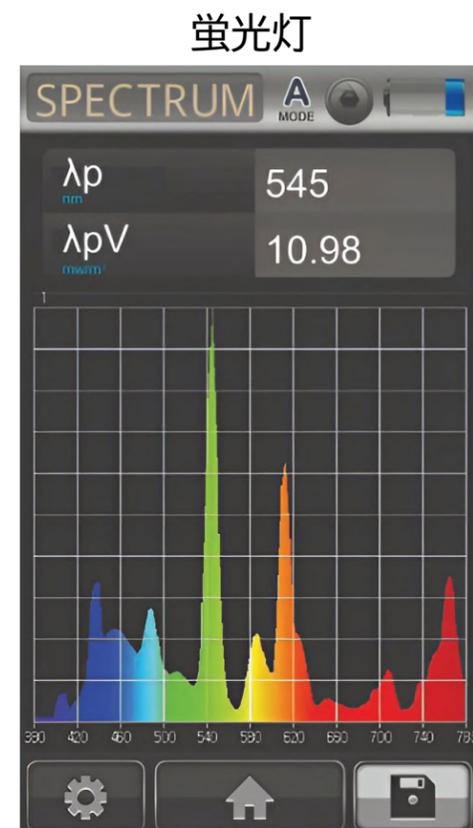
単位測定の概要

このセクションでは、様々な単位測定と、その説明が記載されているページ番号、または直接的な説明が記載されているページ番号を記載しています。

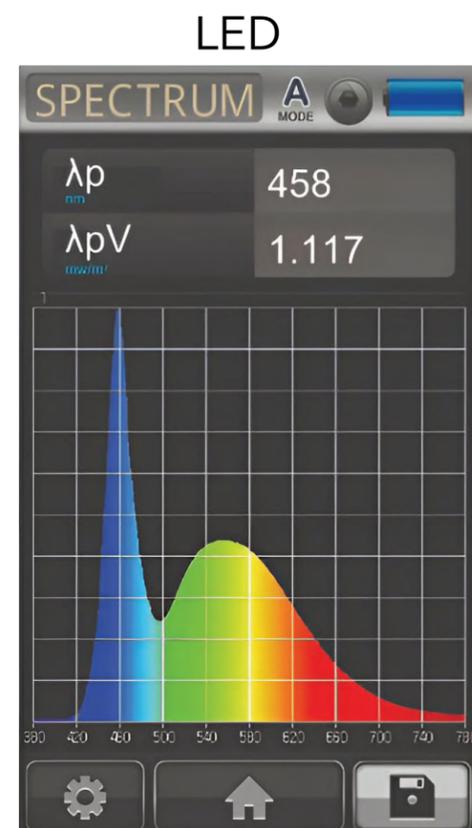
単位	MK350S Premium	MK350N Premium	MK350D	概要
CRI(Ra) 平均演色評価数	✓	✓	✓	130ページ
CCT 相関色温度	✓	✓	✓	107ページ
Lux 照度	✓	✓	✓	82ページ、100ページ
LUX-Scotopic 暗所視照度	✓a	✓a	✓a	暗所視によるルクス値
λ_p ピーク波長	✓	✓	✓	波長のピークとは、最大パワーを持つ波長のことで
λ_p Value (λ PV) PV値	✓	✓a	✓a	波長のピークにおけるピークパワー値
λ_d 主波長	✓	✓	✓	主波長とは、多色光の混合を、同一の色相を知覚させる単色光で表現する方法です 単色光の波長が主波長です
I-Time 積分時間	✓	✓	✓a	積分時間(露光時間のようなもの)
Purity 色純度	✓	✓		126ページ
R1~R8 演色評価数	✓	✓	✓a	130ページ
R9 演色評価数	✓	✓	✓	130ページ
R10~R15 演色評価数	✓	✓	✓a	130ページ
x, y CIE1976色度座標	✓	✓	✓	色度の説明の一部、62ページ
u', v' CIE1960色度座標	✓	✓	✓	x, y座標と同様ですが、CIE1976の77ページに該当します
Duv, Δx , Δy , $\Delta u'$, $\Delta v'$		✓		108ページ
PPFD, PFD, PFD-UV、 PFD-B, PFD-G, PFD-R、 PFD-FR 光合成光子束密度他	✓	✓	✓	99ページ
FC 照度	✓	✓		フットキャンドル - LUX に似ていますが、主に米国で使用されます。1fc = 10.764 ルクス)
Flicker % フリッカー	✓	✓	✓	116ページ
CQS 色品質尺度	✓	✓	✓	カラー品質スケールは、照明された物体の色を再現する光源の能力を定量的に測定したものです。
SP-ratio シグナルピーク比	✓	✓		暗所視と明所視の比は、暗所視と明所視における光の比率です
GAI エリア指標	✓	✓		CRIの欠点を改善するための、色域面積指数(GAI)です。GAIが高いほど、物体の色の彩度や鮮やかさが増します。
TLCI テレビ照明一貫性指数	✓	✓		テレビ照明一貫性指標(Television Lighting Consistency Index)は、人間の観察者をカメラ観察者に置き換えるために開発されました。CRIと同様に、この指標はカメラに映る光源の品質を測定します
X, Y, Z 三刺激値	✓	✓		CIE1931色空間
a - uSpectrum ソフトウェアが必要です				

異なる波長スペクトルを認識する

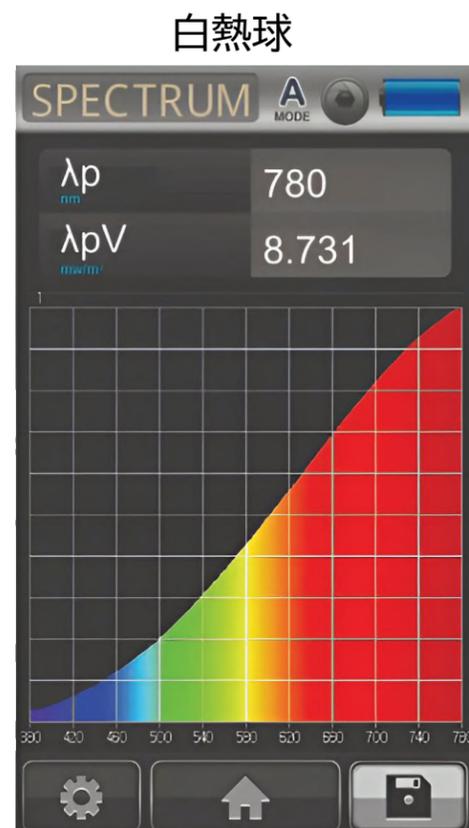
知っておくべき様々な色のスペクトルをご紹介します…



蛍光灯は、この特徴的なギザギザの連続波を呈しています。少量の紫外線(400nm以下)が放射されていることに注目してください。これはおそらく水銀蒸気から放射される紫外線によるものと思われます。

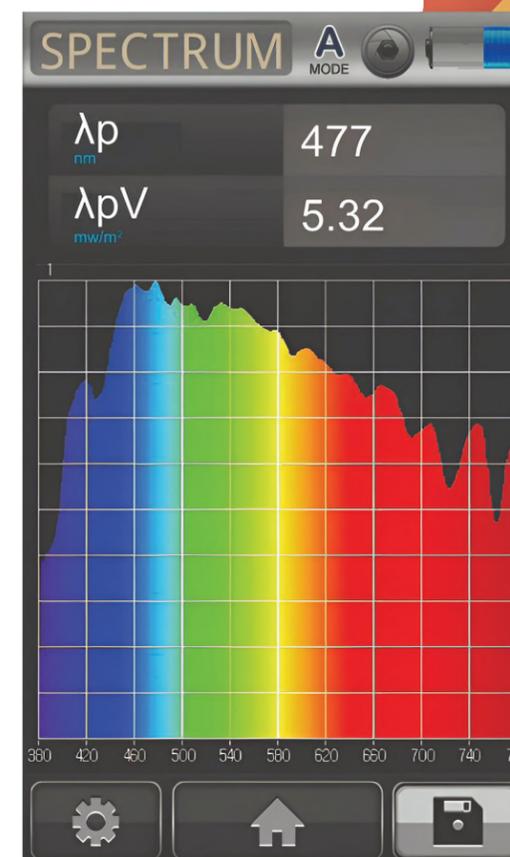


LEDの特性を理解する上で重要なのは、2つのピークがあることです。最初のピークは半導体からの青みがかった光を表します。緑、黄、赤のピークは、黄色の蛍光体層から発せられる色を示しています。

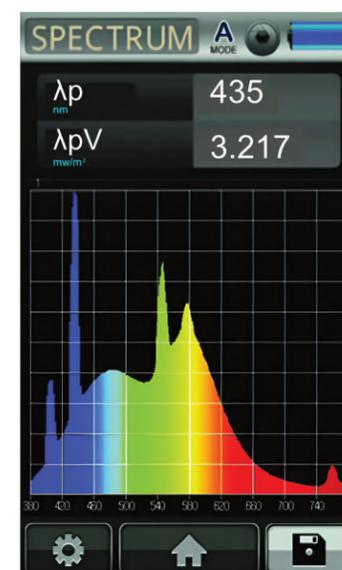


これは白熱電球です。この連続した色の波長は、黒体放射体の特性を示しています。赤色に傾いている点に注目してください。これが白熱電球を「暖かく」感じさせるのです。黒体放射体の温度を上げると、色は赤から青へと変化します(次のページの太陽光を参照)。

太陽光



太陽光は光の基準となるものです。太陽光は最も均一な色の連続性を持っているため、あらゆる色を非常に鮮やかに再現します。また、目や皮膚に有害な紫外線(400nm未満)が比較的多く含まれていることにも注目してください。



これはどこで測定されたか分かりますか？ヒント - ギザギザのピークに注目してください。また、特徴的な青いピークと、緑、黄、オレンジのピークにも注目してください。

LEDと蛍光灯の間で測定されました。



MK350シリーズ



Wikipedia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported - no author

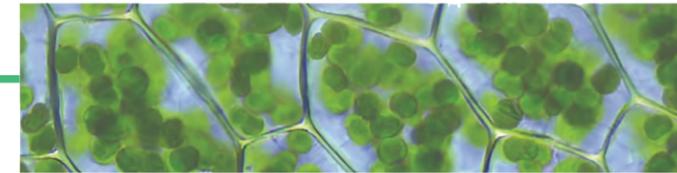


Wikipedia Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Geeric - Tony Hisgett



光と農業

屋内農業は、人工光を用いた植物育成の手段として、ますます注目を集めています。これは、特に日照時間が短く日照量が少ない地域において、冬季の食料生産の補助として大きな効果を発揮します。この技術は、観賞用植物の商業化の可能性を秘めており、24時間植物を栽培することも可能かもしれません。人工光を用いた植物育成では、PAR(光合成有効放射)と呼ばれる波長が使用されます。これはPPFD(光合成光束密度)という測定単位で測定され、植物の生育に関する研究や植物育成システムの構築に役立ちます。



By Kristian Peters -- Fabelfroh, GNU Free Documentation, Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported



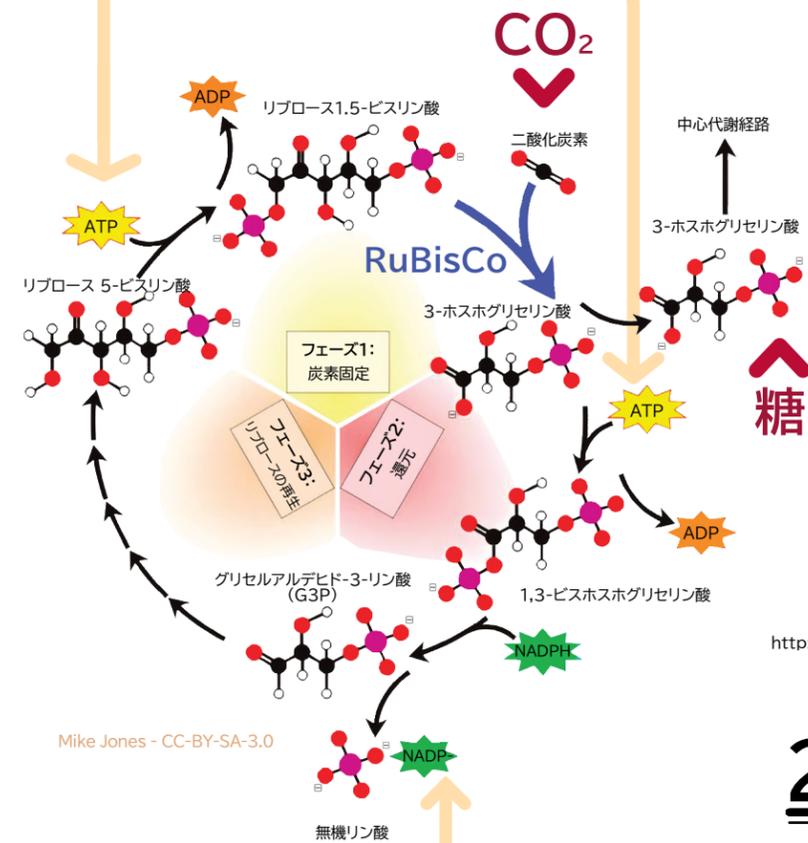
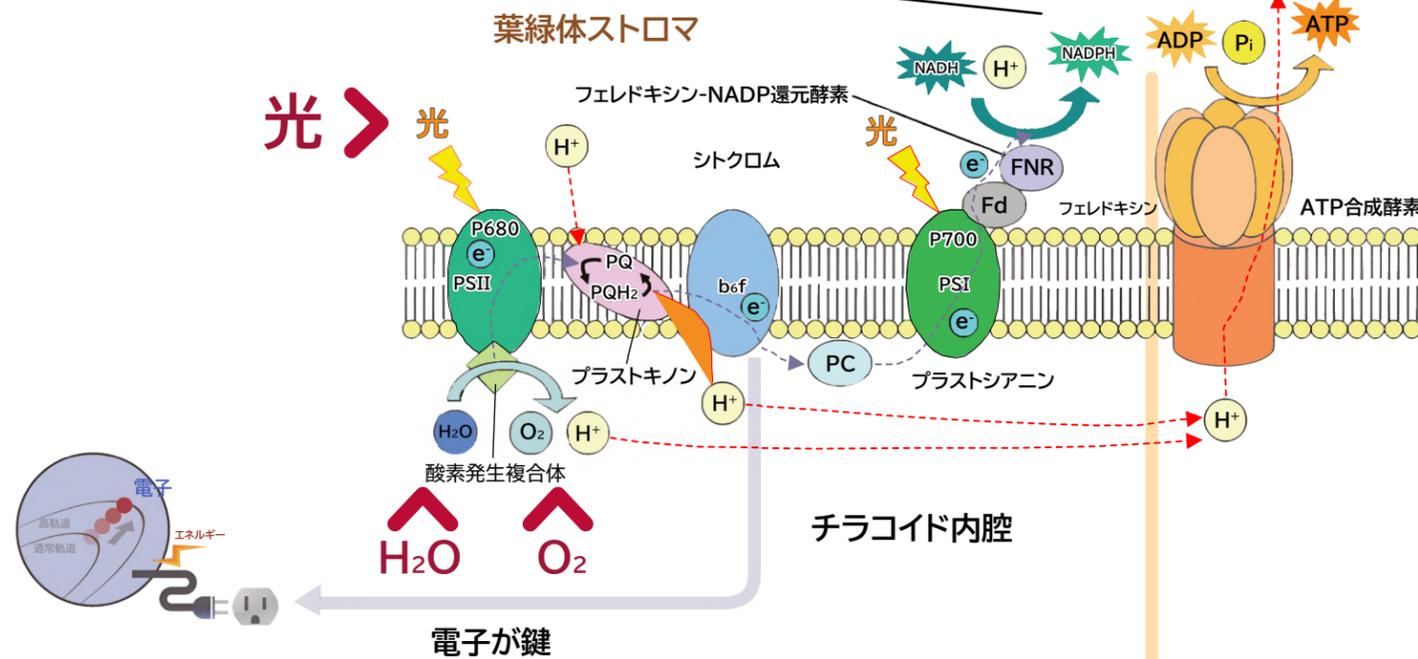
糖 \rightarrow O_2

植物は太陽光、二酸化炭素、水を利用して、成長や発芽などの活動に必要な糖を生成します。これを光合成といいます。このプロセスは、光反応とカルビン回路(光化学系IIおよび光化学系Iと呼ばれることもあります)の2つの段階に簡略化できます。

光合成

1 光反応

ATPとNADPHは、多くのプロセスに使用できる非常に重要なエネルギー貯蔵庫(電池のような存在)です。実際、人体でもATPとNADPHはあらゆるところで使われています。



糖は成長、発芽、開花などに使われます。

<http://www.youtube.com/watch?v=g78utclQrJ4>

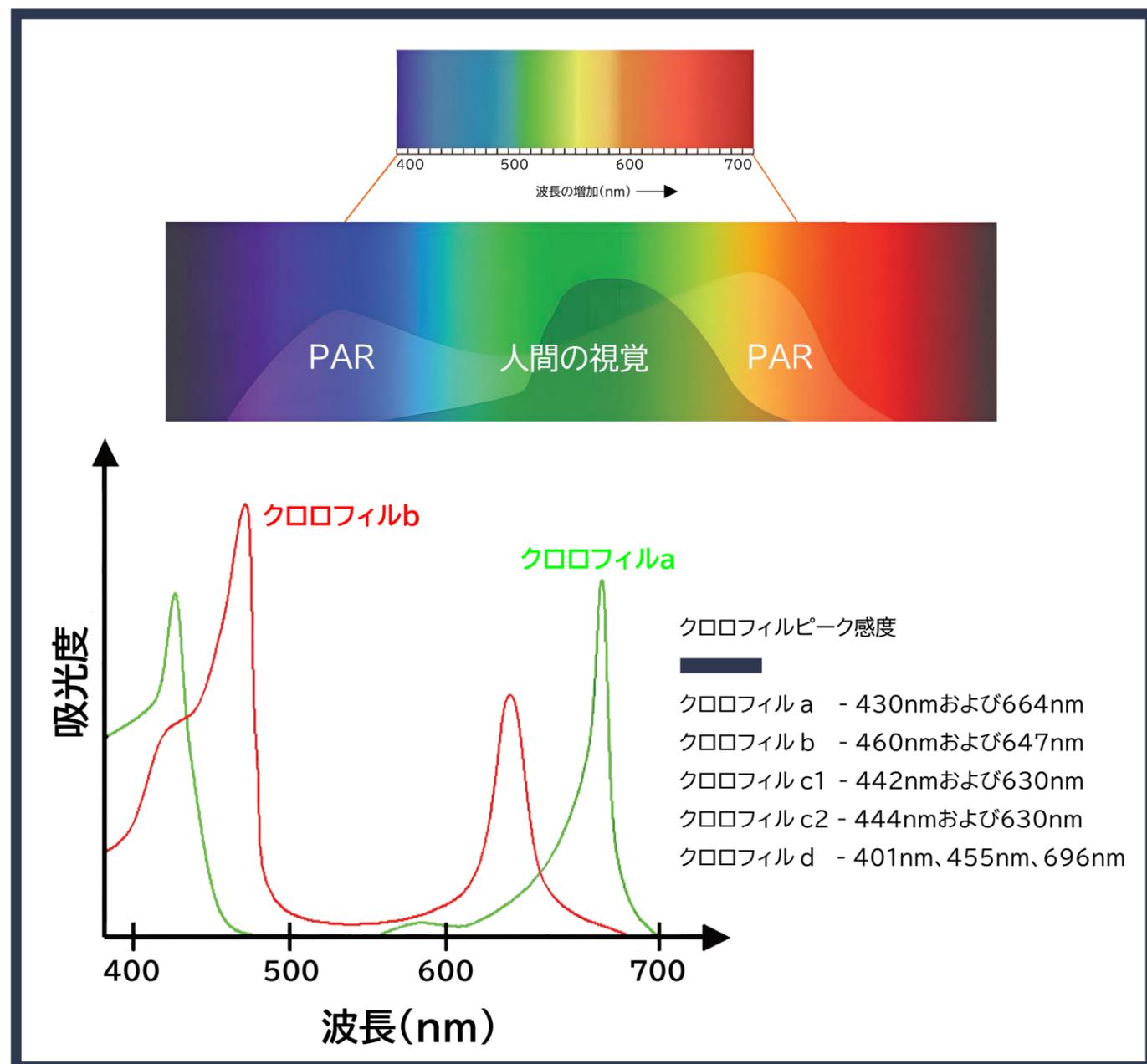
2 カルビンサイクル

Mike Jones - CC-BY-SA-3.0



PARの測定

植物は、私たちが目にするよりも広い波長範囲で光合成を行います。主に赤と青のスペクトルで光合成を行い、緑のスペクトルではそれほど多くありません。しかし、すべての植物が同じ方法で光合成を行うわけではありません。植物によって必要な光の波長は異なり、同じ植物であっても発育段階によって必要な波長も異なります。葉緑体は植物細胞内のサブユニットであり、クロロフィルを含んでいます。植物によってクロロフィルの種類が異なるため、反応する光の波長も異なります。MK350S Premiumは、さまざまな波長範囲でPPFDとPFDを測定し、特定の植物が適切な量の適切な色の光を受け取っているかどうかを判断できます。



MK350S Premiumは、PPFD及びPFDを測定できます

PPFD(光合成光束密度 Photosynthetic Photo Flux Density)

PFD(光子束密度 Photon Flux Density)

PPFD (400~700 nm)

PFD (フルスペクトル 380~780 nm)

PFD-R (赤色 600~700 nm)

PFD-G (緑色 500~600 nm)

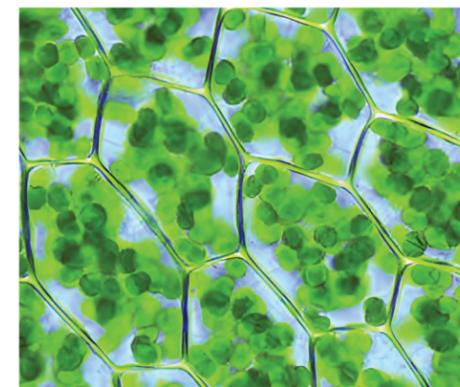
PFD-B (青色 400~500 nm)

PFD-FR (遠赤色 700~780 nm)

PFD-UV(紫外線 380~400 nm)



PAR センサーは、雲量、森林の樹冠、建物の陰、汚染などによって影響を受ける可能性のある、植生に届く太陽光の量と質を測定するために、農業や森林管理の屋外でも使用されます。

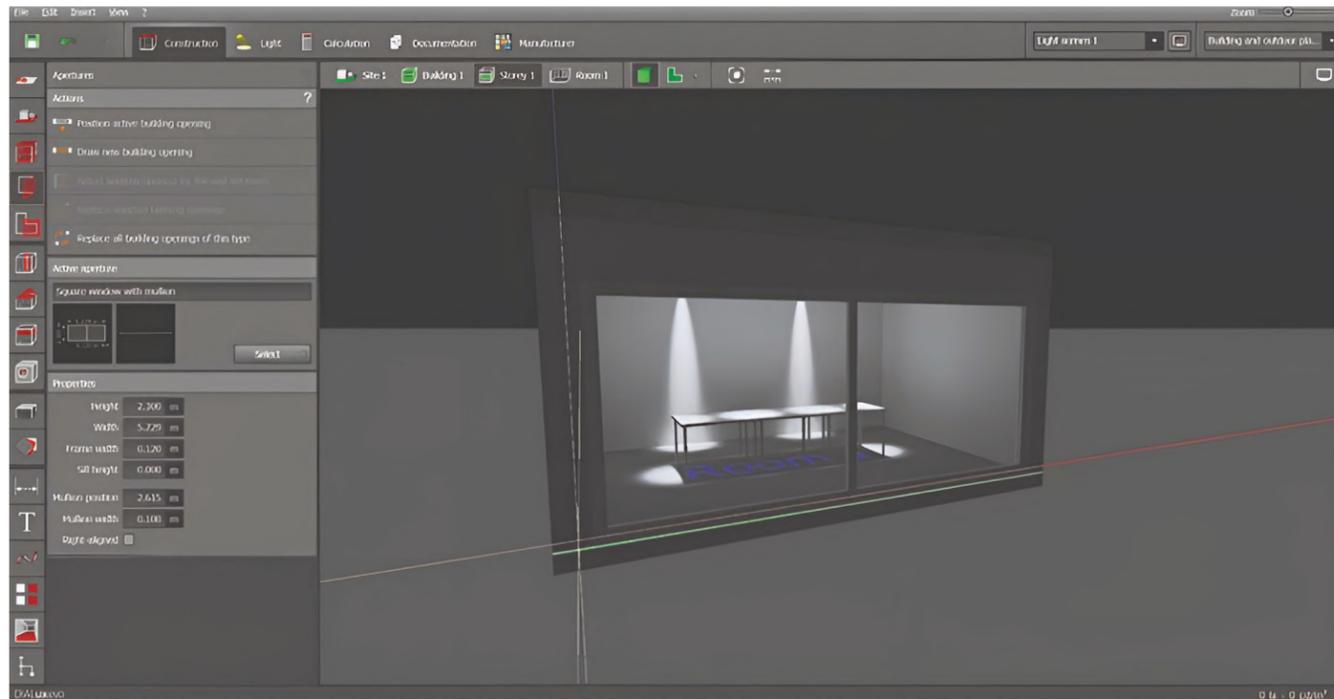


なぜほとんどの植物は緑色なのでしょう？

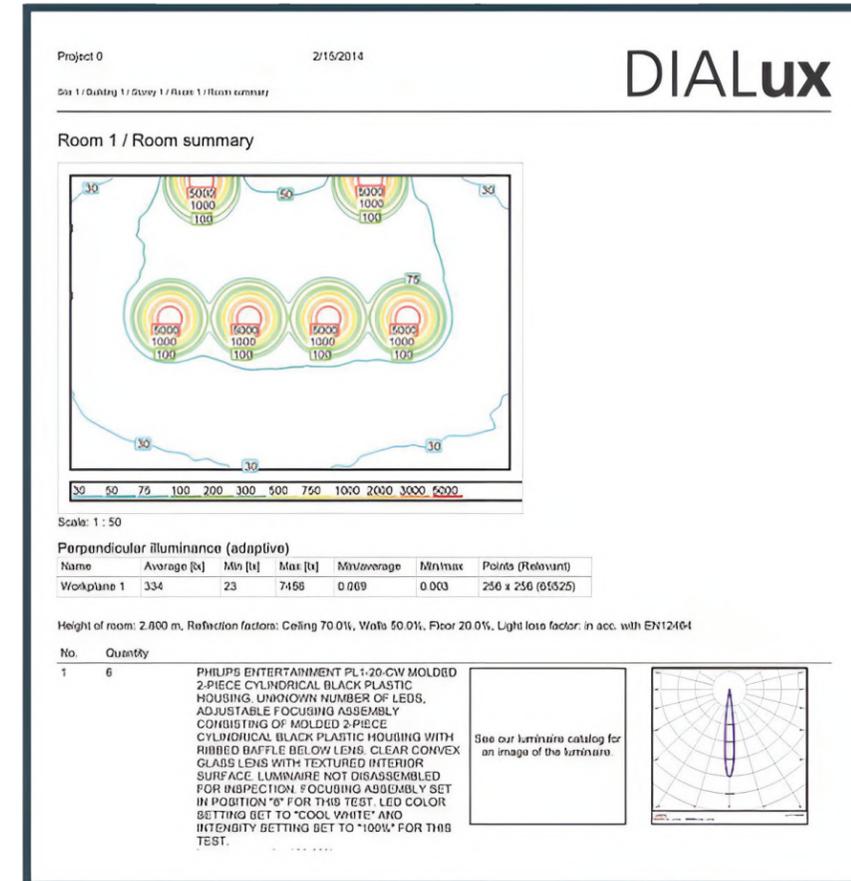
分子構造が緑色を反射しているからです。

DIALux

照明デザイナー



Dialuxは、照明デザイナーが建物照明、住宅照明、街路照明など、あらゆる状況における照明器具の照明計画を支援する3Dソフトウェアです。デザイナーはクライアントからAutoCADで作成された建物レイアウトを受け取ります。このレイアウトはフロアプランとしてDialuxにインポートでき、色、窓、壁、天井、屋根、ドア、家具など、クライアントの環境全体を再現できます。最後に、デザイナーは世界中のベンダーから提供されたシミュレーション用電球を設置できるシミュレーション用照明器具セットを選択できます。これを行うには、ベンダーはIESファイルをダウンロードする必要があります。これらのファイルには、ベンダーの照明製品の照明仕様が含まれています。最後に、照明器具を設置し、照明シミュレーションを評価できます。ここで、デザイナーは明るさ、つまりLUX(平方メートルあたりのルーメン)を確認します。ルーメンは可視光の「量」を表す測定単位です。Dialux ソフトウェアは、各部屋の床、テーブル、壁の LUX レベルを示すレポートを作成します。



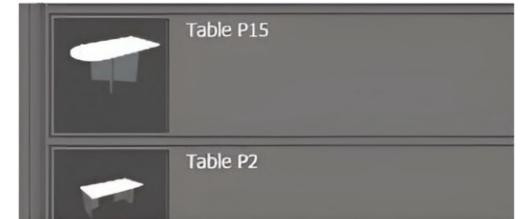
電球選択ツール



照明機器メーカー選択ツール



家具選択ツール



照明器具

照明器具は照明設備とも呼ばれ、1つまたは複数の電球と、エンドユーザーによる設置に必要なすべての部品(ケース、ソケット、コネクタ、反射板、電源など)で構成される完全な照明ユニットです。





ソフトウェアによるシミュレーションとレポートは重要ですが、実際の導入と結果は別の問題です。実際の照明がすべて設置されると、視覚的な確認以外に、照明設備が当初の仕様を満たしていることをクライアントに示す定量的な方法はありません。これは重要です。なぜなら、図書館や学校などの公共スペースでは、規制を満たす必要がある場合があるからです。

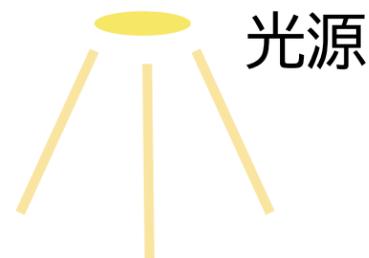
照明デザイナーはMK350S Premiumを使用して、テーブル、壁、ワークスペースのLUXレベルが実際には規制を満たしていることをクライアントに示しています。公共スペースの照明規制は、義務付けられている場合もあれば、ガイドラインに過ぎない場合もありますが、いずれにせよ、ほとんどの先進国は適切な照明と光色の重要性に注目し始めています。

インターネット上には様々な団体によるガイドラインが数多くありますが、そのほとんどは非常に似たような内容になっているというのが定説です。これらの団体には以下のようなものがあります。

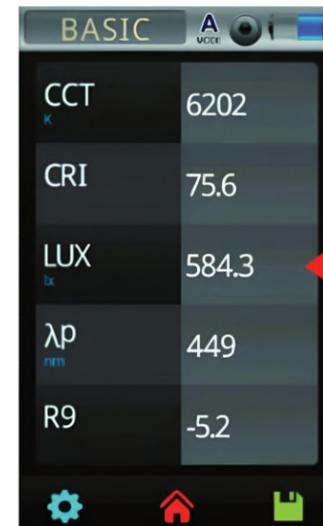
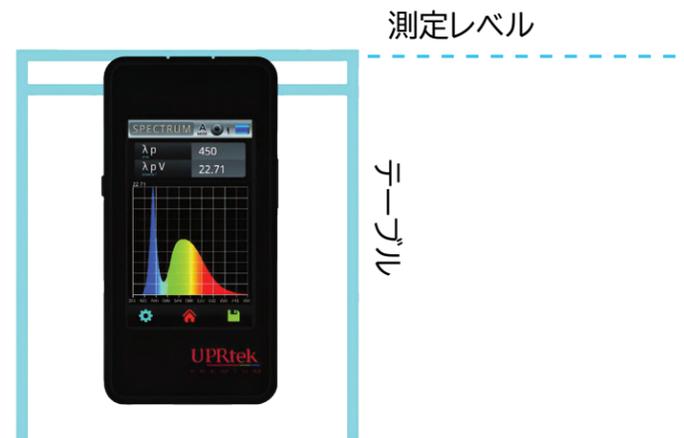
- 米国 - OSHA(労働安全衛生協会)
- 英国 - HSE (健康安全執行局)
- EU - CEN (欧州標準化委員会)

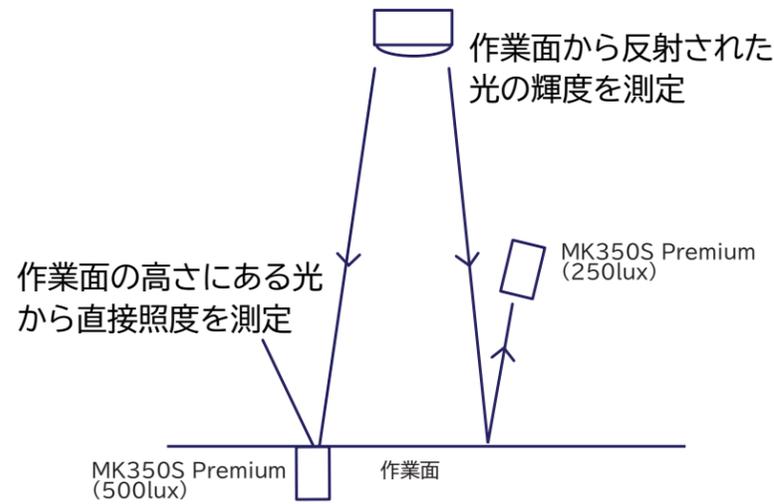
カテゴリ	照度レベル(ルクス)	一般的な適用範囲
頻繁に使用されない、または日常的または単純な視覚作業に使用されない部屋やエリアの一般照明	20	屋外通路エリア、屋外店舗、倉庫における最低サービス照度
	50	屋外の通路およびプラットフォーム
	70	ボイラー室
	100	変圧器ヤード、炉室など
	150	工場、倉庫、貯蔵室などの動線エリア
室内の全体照明	200	作業における最小使用照度
	300	中程度のベンチおよび機械作業、化学および食品産業における一般的なプロセス、カジュアルな読書およびファイリング活動
	450	ハンガー、検査、製図室、細かいベンチと機械の組み立て、色彩作業、重要な製図作業
視覚的に厳しい作業のための追加的な局所照明	1500	非常に細かい作業台や機械の作業、計器や小型精密機構の組み立て、電子部品、小型で複雑な部品の計測と検査(一部は現地の作業用照明で賄われる場合があります)
	3000	非常に細かい精密な作業。例: 計器の非常に小さな部品、時計製造、彫刻など

照明デザイナーが図書館クライアントのLUXを検証するためにMK350S Premiumを使用する場合、通常本を置くテーブルの高さにデバイスを配置します。高さは重要です。わずか33cmの距離の違いでも、30~40LUXの違いが生じる可能性があるためです。

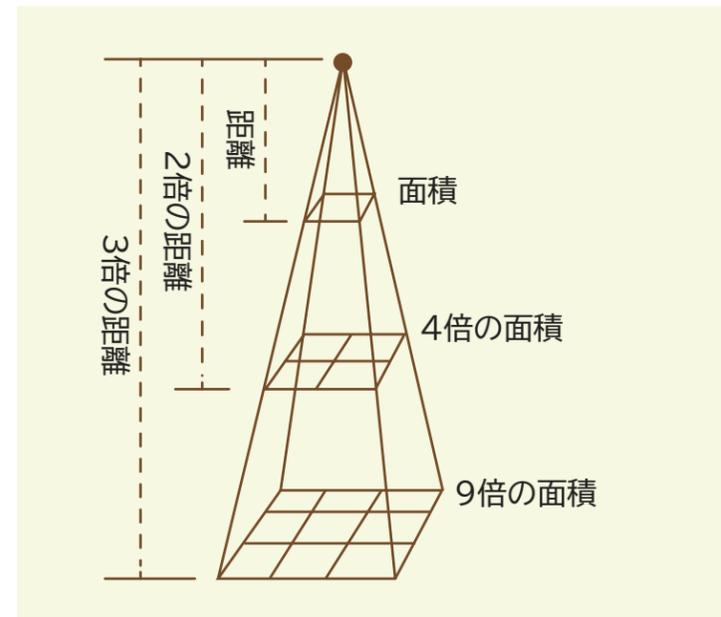


適切な高さから
LUX を測定する
ことの重要性

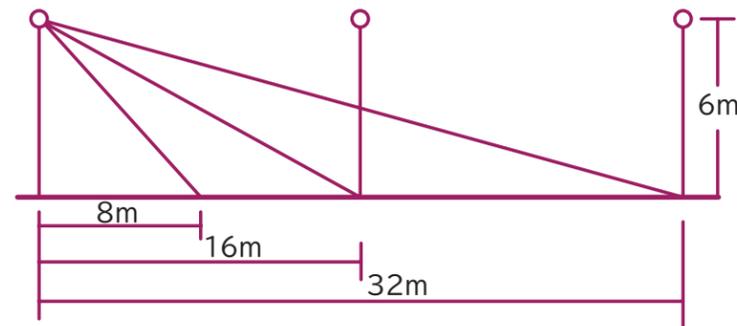




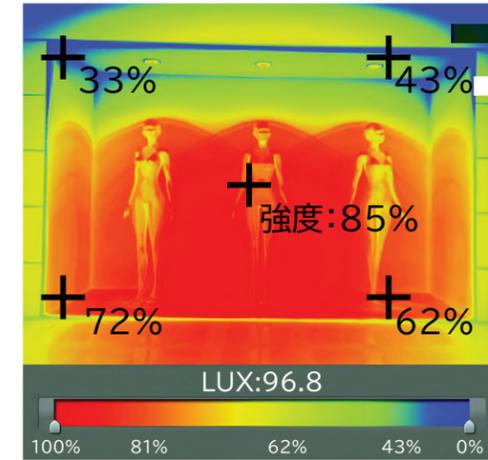
他にも知っておくべき簡単な点がいくつかあります。「照度」は、先ほどライブラリの例で測定した光で、単位はLUXです。そして「輝度」は、テーブルの表面から反射されるLUXを測定します。もちろん、輝度は表面の素材にも依存します。黒いテーブルトップは白いテーブルトップよりもLUXが低くなります。



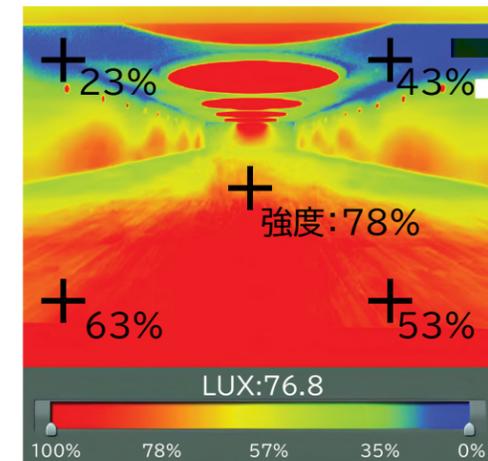
照度を測定する際、光源をテーブルトップから遠ざけると、照射面積は当然増加します。この増加は距離の2乗に比例します。同時に、LUXも比例して減少します（「2d」ではLUXは「d」の1/4、「3d」ではLUXは「d」の1/9になります）。



光の中心から横方向に離れるにつれて、LUXも距離に比例して減少します。これらは照明デザインにおいて考慮すべき項目の一部です。



客観的な輝度 照明デザイナーは、MK350S プレミアム LuxG ビューを使用して、輝度の位置と調整が必要な箇所をより客観的に把握します。赤い領域は強い光を示しており、この LuxG 画像では、主に床と背景に当たっています。



均一性 LuxGビューを使用すると、照明デザイナーは光の均一性や均一性を評価することができます。これは、物体、色、テクスチャなどの要素が邪魔になると難しいものです。

寒色 vs 暖色 - 色温度

照明デザイナーから、クライアントのほとんどが色温度についてよく知らないという話を聞きます。しかし、暖色と寒色の環境の概念は理解しています。白熱灯の場合、デザイナーは色温度を用いて、暖色、中間色、寒色の範囲を決定します(下図参照)。

暖色系光
3300K以下



中間色系光
3300K～5300K程度



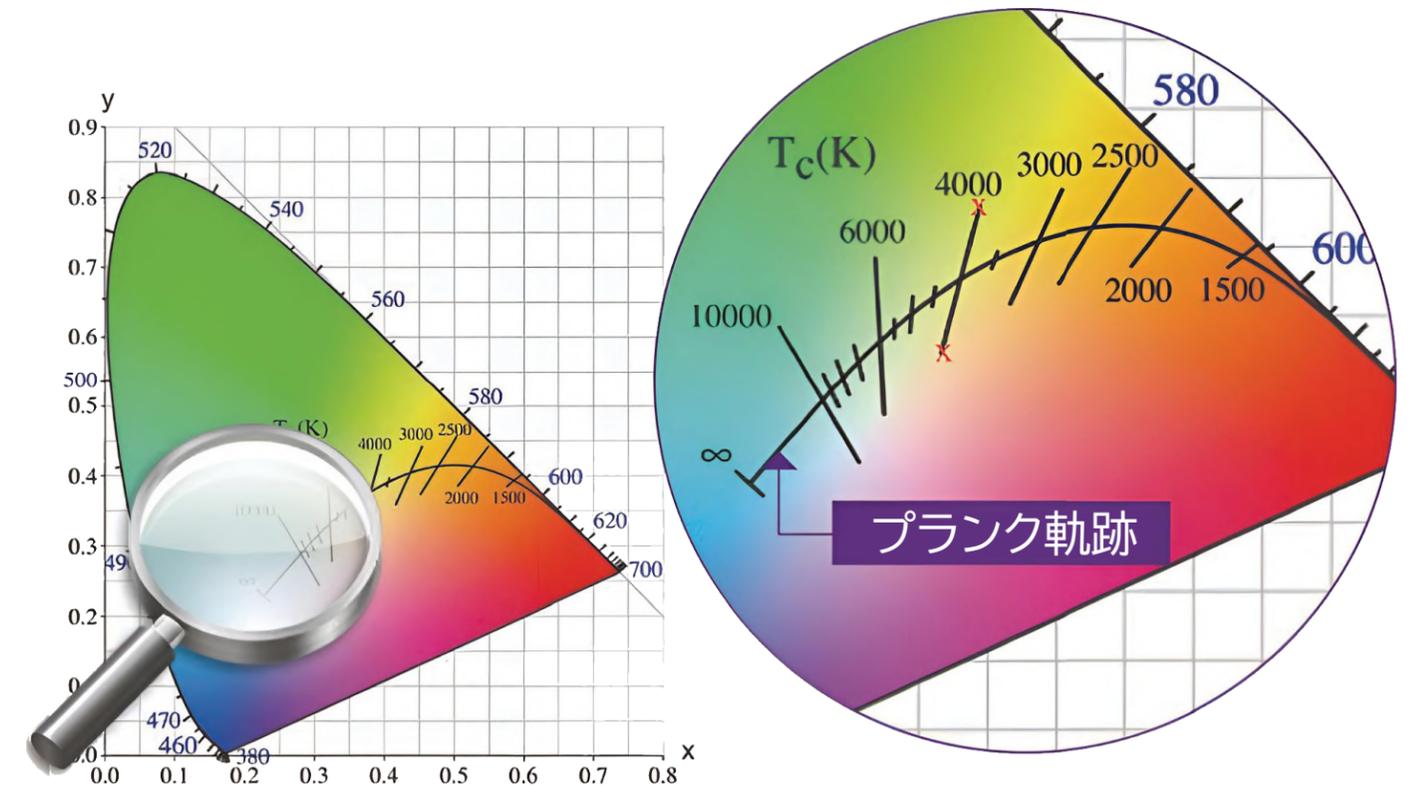
寒色系光
5300K以上



相関色温度

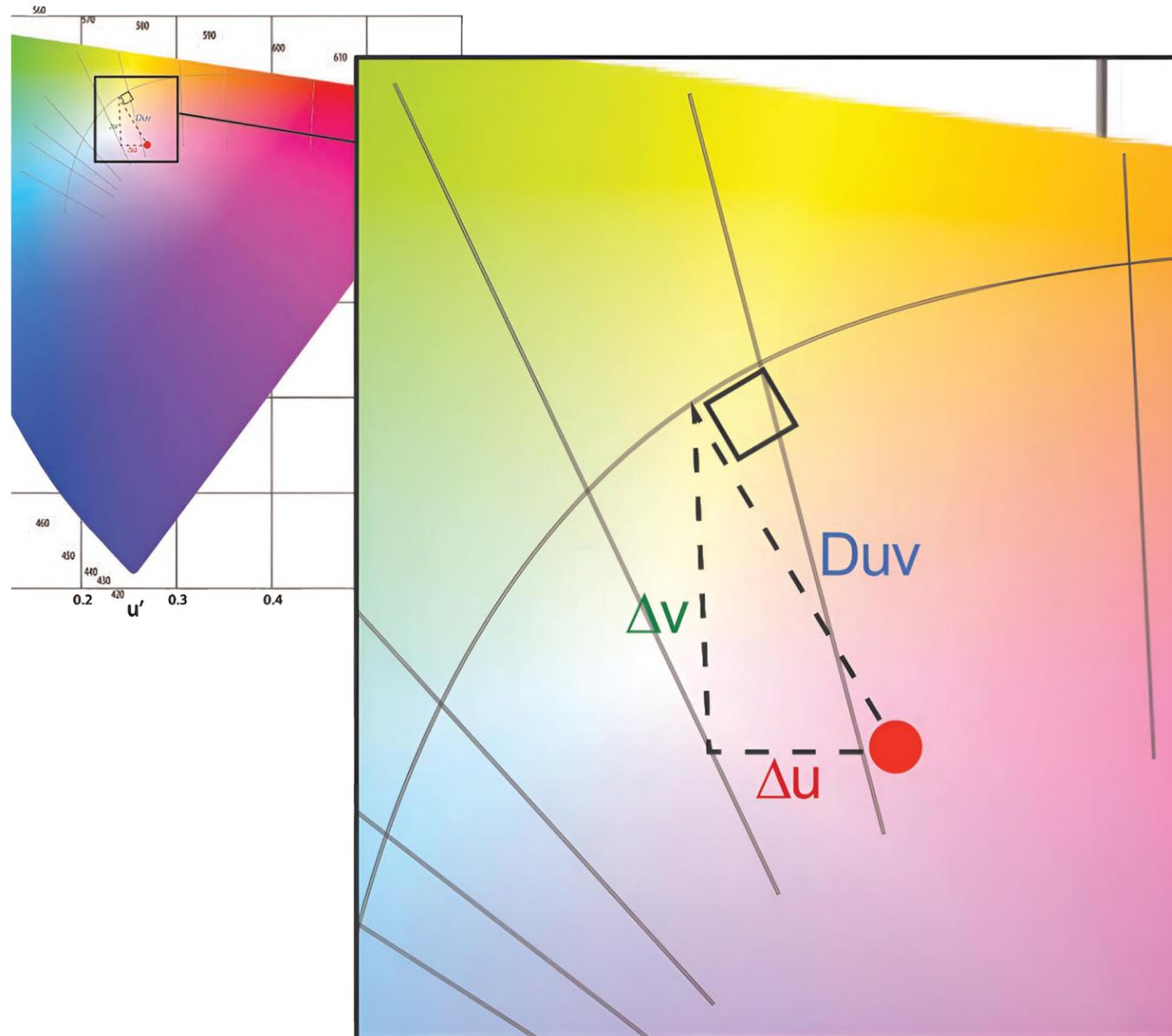
色温度は黒体放射(熱で光を作る)と呼ばれる理論モデルに基づいていることを覚えておいてください。太陽光と白熱灯は熱を利用して発光するため、この理論モデルをかなり正確に表しています。しかし、ご存知の通り、LEDと蛍光灯はそれぞれ半導体と水銀/蛍光体に基づいているため、黒体色温度はあまり意味を持ちません。相関色温度は、LEDと蛍光灯の色温度を推定するために考案されました。

ただし、この相関関係では広い範囲しか推定できません。プランク軌跡は、色度図における理論的な黒体色温度であることを覚えておいてください。この軌跡に引かれた斜線(下図)は、蛍光灯とLEDの相関色温度の範囲を示しています。つまり、CCTが4000と指定されたLEDは、黄緑から黄青橙まで、あるいはその中間の色になる可能性があります。したがって、デザイナーが光の暖かさや冷たさを推定するには、CCTは曖昧になる可能性があります。

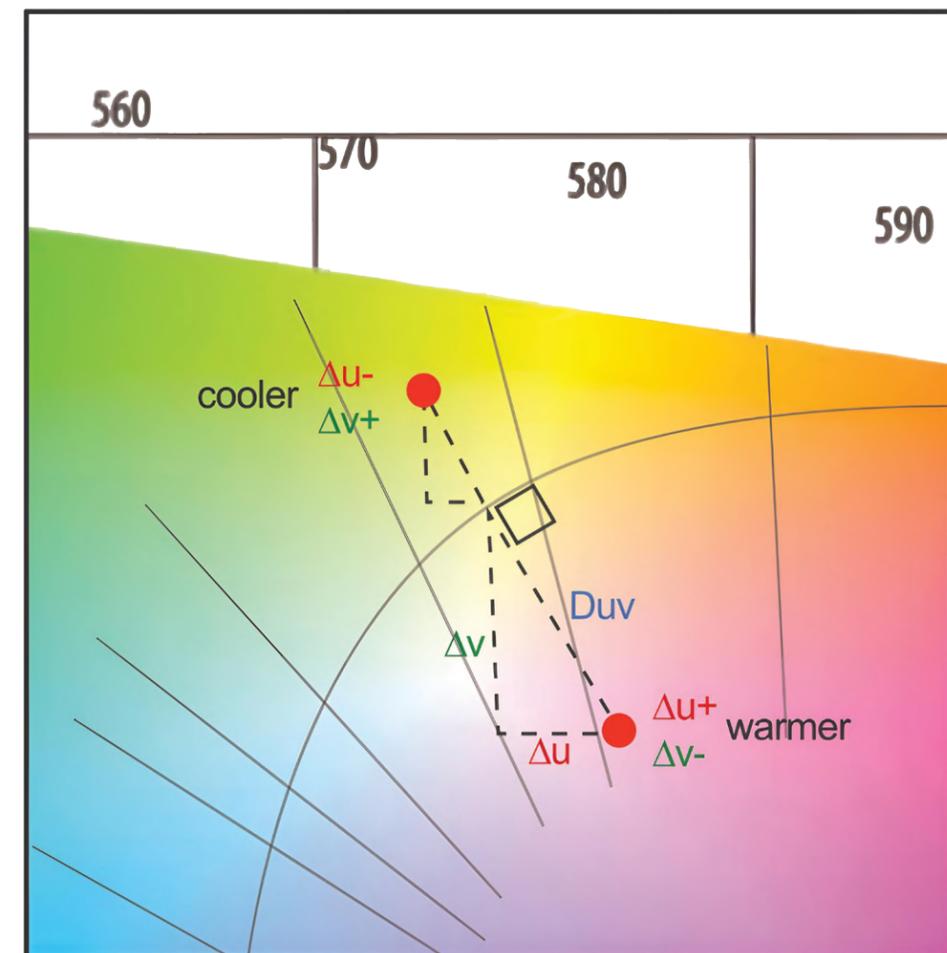


Duv Δu Δv Δy Δx という単位が存在します。

CFLとLEDの場合、MK350S Premiumは、デザイナーが「暖かさ」や「冷たさ」を予測するのに役立つ他の単位も提供します。例えば、光が赤い点でマークされた点(下図)に当たるとします。まず、赤い点がプランク軌跡に近いほど、光の「暖かさ/冷たさ」を判断するためのCCTがより正確になります。この差は、CIE1976図ではDuv(またはDelta uv)と呼ばれます。より具体的には、Delta u(Δu)とDelta v(Δv)を取得できます。

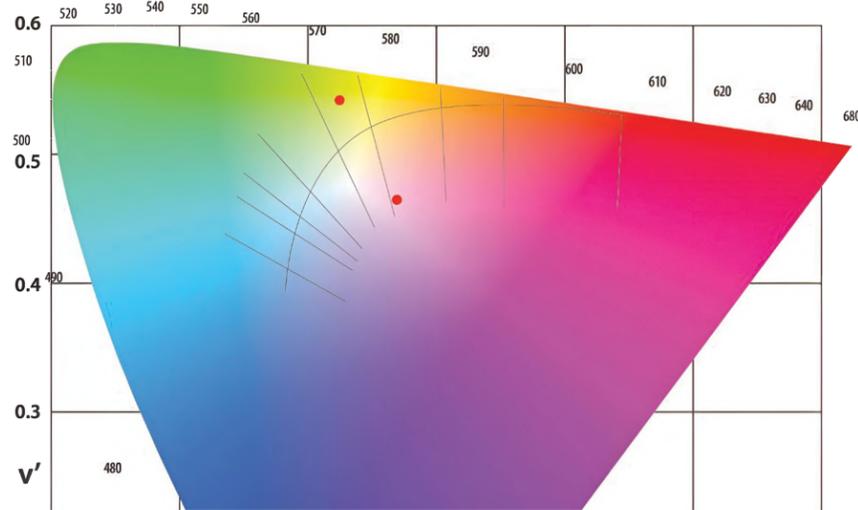


では、これはどのようにして真の「冷たさ(青)」や「暖かさ」(赤)を判断するのに役立つのでしょうか？それはプランク軌跡のどちら側にいるかによって異なり、 Δu と Δv の正負の値から判断できます。一般的に、 Δu が正で Δv が負の場合は暖色寄りになり、 Δu が負で Δv が正の場合は寒色寄りになります。



彩度図を見るだけでいいのではないのでしょうか？

色度図の座標を見るだけでいいのではないのでしょうか？色がどこに傾いているか(暖色系か寒色系か)すぐに分かります。つまり、 Δu と Δv は実際には必要ないということですね？



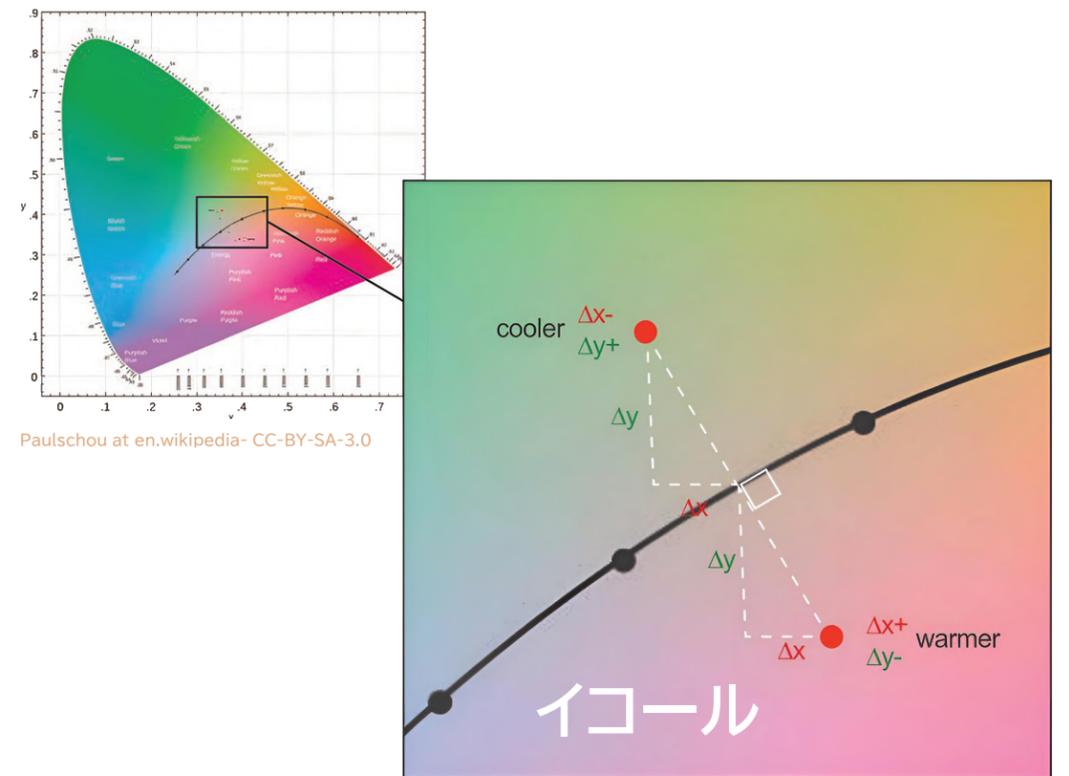
数の力

照明デザイナーにとっては、色度図を見るだけで十分かもしれません。しかし、 Δu や Δv といった数値を扱うことには、特に大量のデータを扱う場合には利点があります。 Δu と Δv の値のリストがあれば、図を見るよりもはるかに明確に傾向や偏差を観察できます。さらに、これらの数値から平均値、中間値、標準偏差といった有用な統計データを計算することもできます。

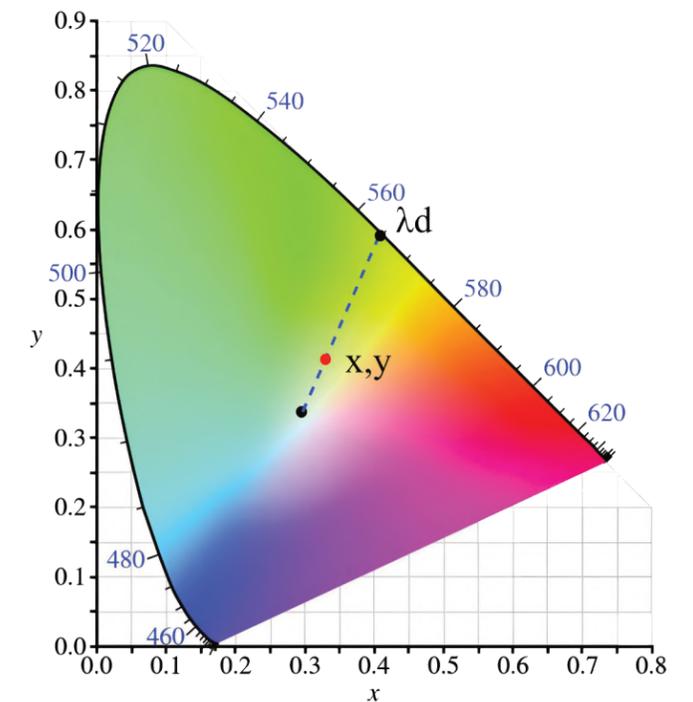
DATA										
λ	Duv	deltax	deltay	deltau	deltav	Purity	fc	CRI	R1	R2
583	0.00000	0.00673	0.01227	-0.00114	0.00559	0.7	13.4	81.9	98	93
583	0.00000	0.00676	0.01239	-0.00116	0.00564	0.7	13.9	81.8	98	92
583	0.00000	0.00667	0.01218	-0.00114	0.00555	0.7	12.3	82.0	98	93
583	0.00000	0.00683	0.01236	-0.00111	0.00564	0.7	12.4	81.9	98	93
583	0.00000	0.00678	0.01237	-0.00114	0.00564	0.7	13.4	81.9	98	93

MK350シリーズuSpectrum PCソフトウェアのデータウィンドウから

CIE 1931にもデルタ値はありますが、これはデルタxとデルタy(Δx と Δy)で表されます。



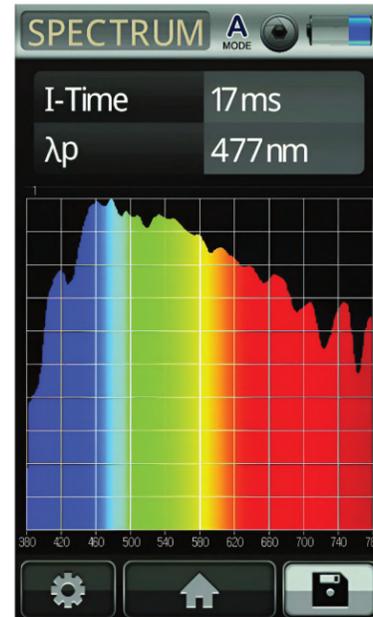
「寒色」か「暖色」かを判断するもう一つの方法は、白色点(0.33, 0.33)からx,y座標を通る線を引くことです。線が外側の輪郭に当たる部分が主波長(λd)の位置であり、その波長から「寒色」か「暖色」かを判断することができます。MK350S Premiumは、 λd を自分で計算する手間をかけずに表示できます。



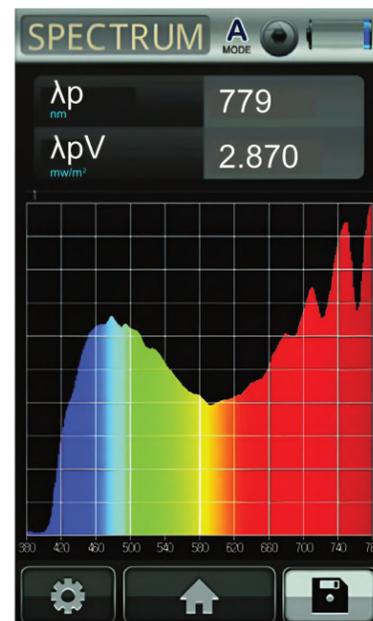
紫外線(放射線)の測定

紫外線、より正確には紫外線(UV)は、目や肌に有害です。サングラス、窓ガラス、日焼け止めなど、UVカット効果のある製品は数多くあります。サングラスの危険性は、適切なUVカットが施されていない場合、色ガラスによって太陽光の強度が緩和されるため、目が大きく見開かれてしまうことです。しかし同時に、目を保護することなく、より多くの紫外線が目に入ってしまうことになります。

MK350デバイスを使用してサングラスの性能をテストできます。右側の2枚のMK350画像から、適切にUVコーティングされたサングラスを使用することで、UV領域(380~400)の紫外線カットが劇的に減少していることがわかります。UVカットはサングラスだけでなく、透明メガネにもコーティングできることにご留意ください。



MK350シリーズで太陽光を測定

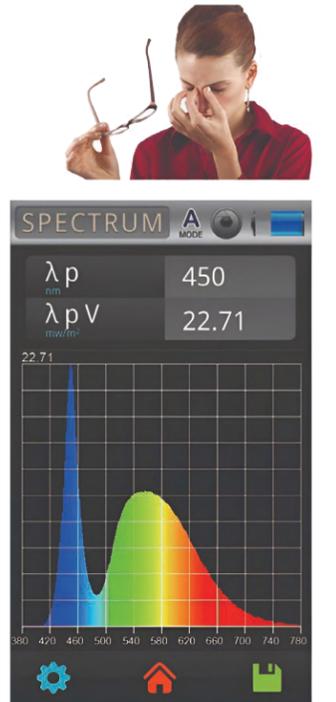


MK350シリーズでサングラス越しに太陽光を測定

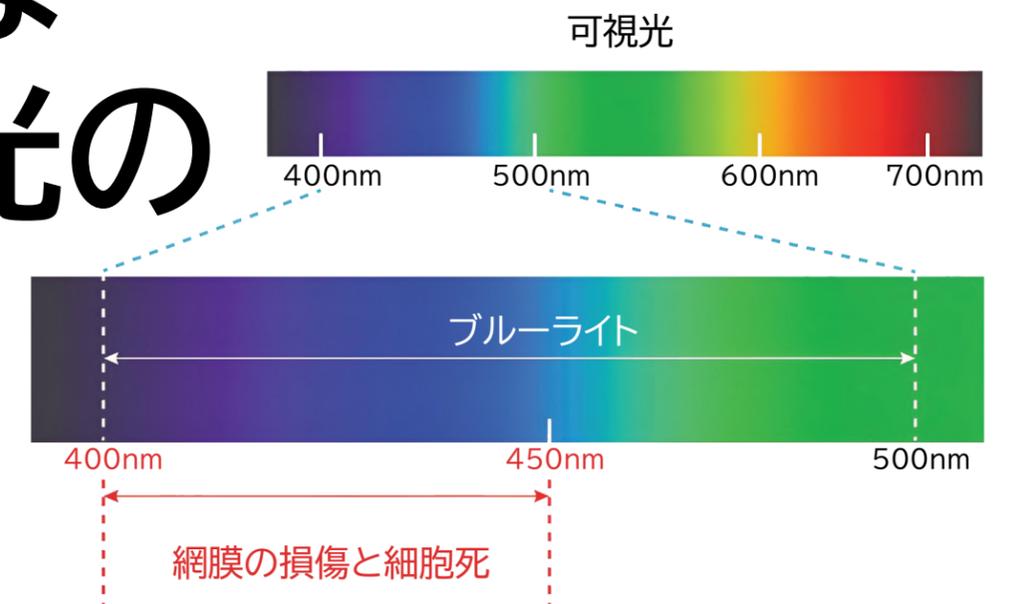


400nm~450nm(青色の短波長域)の可視光線「ブルーライト」の有害性については、これまで多くの議論がなされてきました。これはHEV(有害エネルギー可視光線)とも呼ばれ、網膜の細胞損傷や加齢黄斑変性(AMD)を引き起こす可能性が疑われています。また、白内障手術後の患者は、加齢とともに黄ばむ水晶体の一部が除去され、HEVの青色光を効果的に吸収できなくなるため、HEVへの曝露が増加します(黄色は青色の補色です)。夜間のHEV曝露は、メラトニン(睡眠ホルモン)の分泌抑制によって概日リズム(24時間リズム)が乱れ、睡眠障害を引き起こすことも指摘されています。LED、テレビ、コンピューターモニター、電球など、周辺機器はすべて、HEV光に曝露する可能性があります。MK350シリーズは、色スペクトル上でHEVを容易に検出できます。

<http://www.visionmonday.com/business/labs/article/protecting-eyes-from-bad-blue-light-vm-090913>

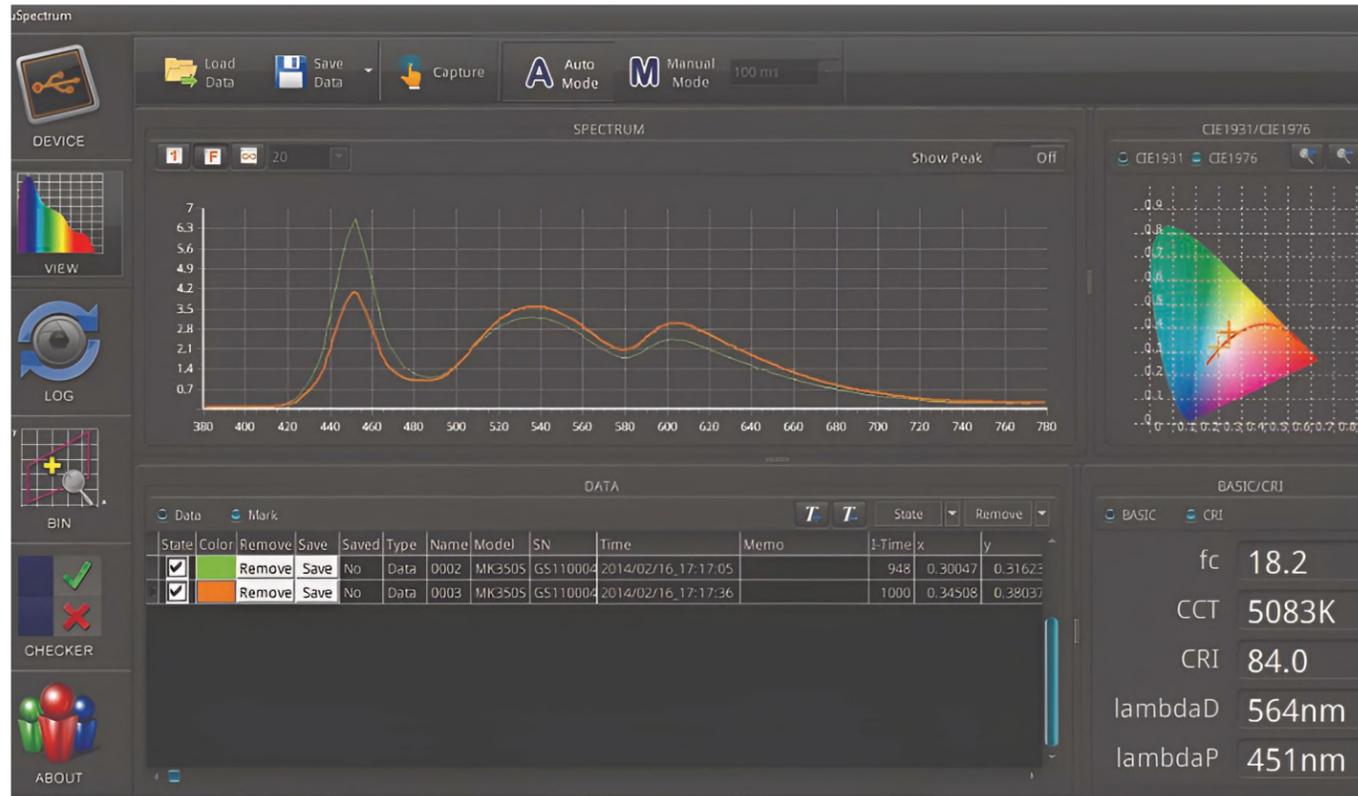


有害な青色光の測定



LEDモニター、ブルーライトを軽減

下の画像は、MK350S PremiumでuSpectrum PCソフトウェアを使用してキャプチャーしたものです。MK350では、モニターの色調整パネルで青色のトーンを下げるだけで、HEV強度が大幅に減少していることがわかります。モニターは最初は黄色がかっていて気になるかもしれませんが、すぐに目が慣れます。



ブルーライトカット製品には、HEV光の一部をカットするサングラスなどがあります。コンピューターモニターのスクリンフィルターや、ブルーライトカットモニターもあります。

<http://www.youtube.com/watch?v=B8JrVESRcJK>

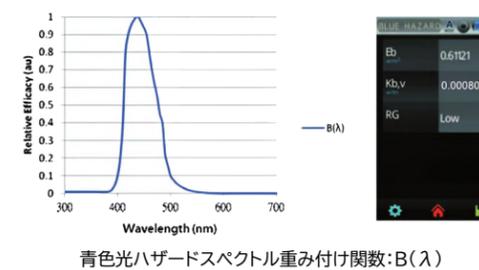
MK350S PremiumとMK350N Premiumは、パーセントフリッカー、フリッカーインデックス、SVMの測定に加え、光源の光波と強度も正確に測定します。さらに、IEEE PAR 1789-2015フリッカー安全規格に準拠し、フリッカーリスクモードと呼ばれるポイント分析機能を搭載しています。このサービスにより、ユーザーは「光源ターゲット」のリスク値をより直感的かつ簡単に評価できます。

注:MK350Dはパーセントフリッカー機能を搭載しています。



ブルーライトハザード(BLH)測定

3C製品の普及に伴い、長期使用は早期白内障や黄斑変性などの眼疾患を引き起こす可能性があります。「予防は治療に勝る」という考え方をお客様に伝えるため、ブルーライト対策製品が数多く登場しています。では、ブルーライトを測定し、人間の目におけるBLHとその予防、そして結果の誇張の可能性を知るにはどうすればよいでしょうか？これらは、さらなる実験と研究によって証明される必要があります。MK350S プレミアム分光放射計は、多機能な照度計です。ブルーライト測定の要件に基づき、IEC 62778を採用し、BLH光源および照明器具の評価にはIEC 62471を活用しました。この機器は、ユーザーのBLH予防に役立ちます。ブルーライトの波長は400nm~500nmです。



青色光ハザードスペクトル重み付け関数:B(λ)

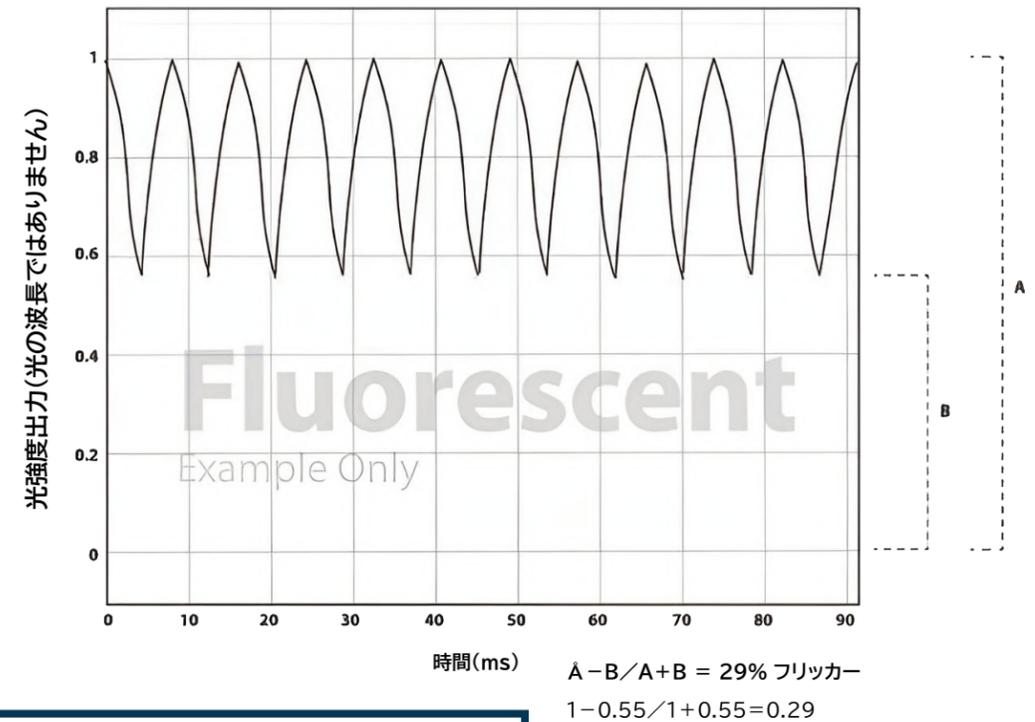
リスクグループ (RG)	リスクレベル	最大曝露時間 (秒)
RG0	免除	>10000秒
RG1	低リスク	>100~10000秒
RG2	中リスク	0.25~100秒
RG3	高リスク	<0.25秒

フリッカーの測定



フリッカーは、特定の照明が抱える問題で、微妙な脈動や点滅効果が現れますが、ほとんどの場合、人間の目にはほとんどわかりません。しかし、フリッカーはてんかん発作、偏頭痛、疲労、視覚作業のパフォーマンスの低下、注意散漫、視覚障害など、さまざまな健康関連の問題を引き起こす原因として関係していることから、多くの組織がフリッカーに注目し始めています。この問題の原因は電流、特にコンセントからの主電源と照明の電源との衝突です。調光器もフリッカーを誘発したり、増大させたりします。AC電源で動作するすべての照明は、ある程度この問題を抱えています。蛍光灯は、最近の技術革新以前は、フリッカーが高いことで長い間最も批判されてきました。現在、LEDでも同じ症状が現れ始めています。LEDは、温度変動に伴う電力需要の変化によって、問題をさらに複雑にしています。

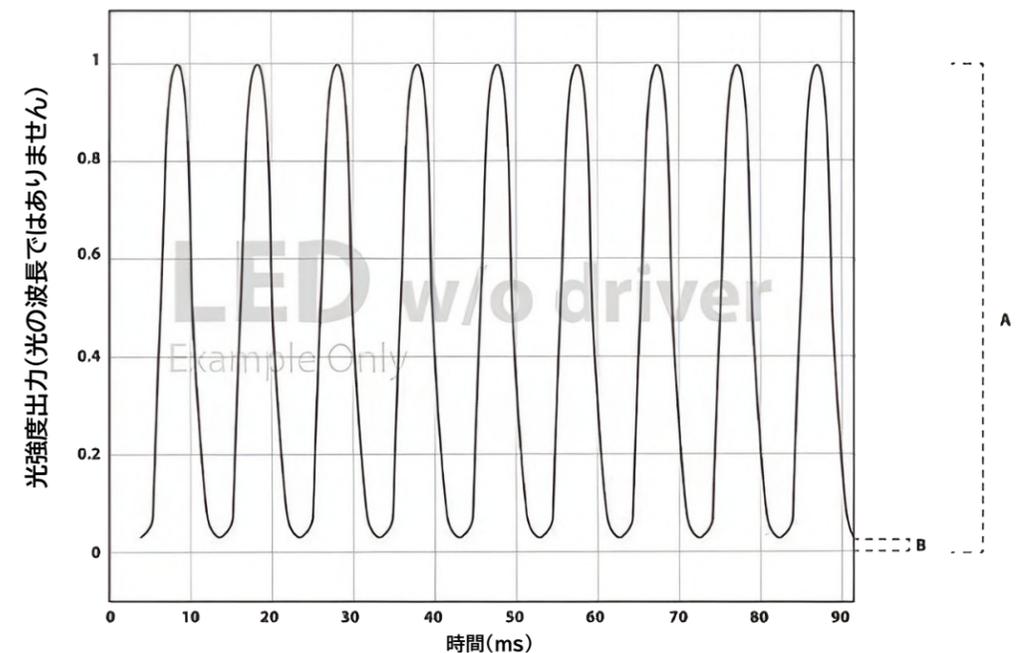
LEDには、LEDドライバーと呼ばれる部品が搭載されている必要があります。これは、照明器具の電源と照明器具本体の間に配置されます。その主な機能は、LEDへの電圧を一定に調整または維持することです。適切に設計されたドライバーは、フリッカーの問題を十分に軽減します。LEDに他の種類の照明用の部品(例:トランス)が搭載されている場合も、フリッカーの問題が発生します。



フリッカー率の計算

(これらの波は光の色を表す波ではなく、光強度を表す波です)

$A - B / A + B = 96.1\% \text{ フリッカー}$
 $1 - 0.02 / 1 + 0.02 = 0.961$





優れたLEDドライバーは、電力変動を適切に制御し、LEDの電力需要を管理して、ちらつきを低減します。



IEEE



国および電力エネルギー省は、この深刻な問題への対応に既に着手しており、規制案の策定を進めています(本稿執筆時点:2014年2月)。ロシア政府は、徹底的な調査結果を踏まえ、フリッカー率の高いLED機器の禁止を決定しました。

本稿執筆時点(2014年2月)では、Energy Star、IEC、IEEE、EPAなどの機関がフリッカー基準の策定を検討しています。



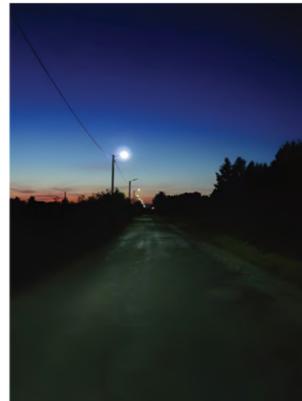


道路照明と交通照明

LEDの劣化測定

LEDは最大50,000時間も寿命があり、これはLED街灯の夜間使用で11年以上にもなることを意味します。しかし、LED照明の場合、総寿命と実用寿命は全く異なるものです。LEDの光の品質は、時間の経過とともに色と輝度が本質的に劣化するため、街灯としての「実用寿命」が過ぎたら、妥協することはできません。交換する必要があります。課題は、LED街路灯をどのように監視し、維持管理するかです。特に、田舎や人里離れた高速道路沿いに設置されている場合、その重要性は増します。MK350デバイスは、実用性と利便性において特に重要です。MK350デバイスは携帯性に優れているだけでなく、経時的にデータを自動的に取得・記録できるため、等間隔の街路照明には非常に便利です。

LEDの劣化はLEDを通過する熱によって起こります。熱は材料（白熱フィラメントなど）に悪影響を与えることが知られています。LEDの光品質が低下した場合、色スペクトルを見ることで問題の原因を特定できます。ほとんどのLEDには青色のピークと黄色のピークがあります。青色は半導体から放射される光によるもので、黄色は蛍光フィルムから放射される光です（これらが合わさって白色光を形成します）。



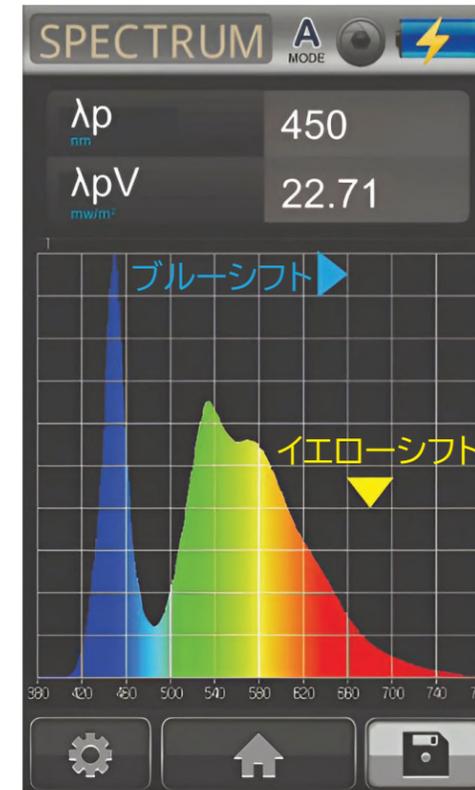
CmitryG - CC-BY-SA-3.0

劣化が発生すると、これらのスペクトルにおいて赤色シフトが見られます。青色のピークが赤色に向かって右にシフトします。これは半導体材料が変化している可能性を示しています。黄色の蛍光灯も劣化し、スペクトル内で

下方にシフトする（強度が低下する）可能性があることも説明しました。

この劣化は、色がドライバーの安全に直結するLED信号機にとって非常に深刻な懸念事項です。もう一つの問題は天候です。高温の気候も劣化を悪化させる可能性があります。さらにもう一つの問題は、LEDの色を予測するのが難しいのと同様に、LEDの劣化も予測するのが難しいということです。これらはすべて、MK350のようなポータブルLED照度計がフィールド観測に不可欠なツールである理由です。

熱による劣化の問題を軽減する方法としては、半導体ダイに適切な材料を使用し、熱を効率的に放散する適切に設計されたヒートシンクを実装することが挙げられます。



冬のLED問題



Tiverton UK - CC-BY-SA-2.0

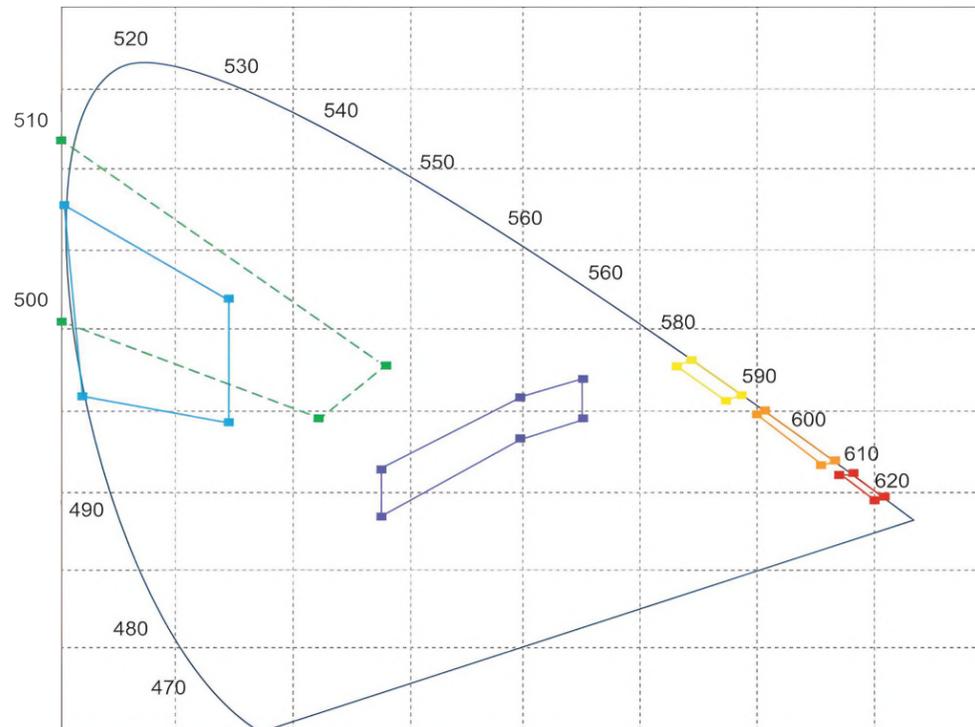
逆に、LED街灯や信号機も冬季には熱の問題を抱えています。しかし、問題は熱不足です。LEDは熱を発生しますが、白熱灯や蛍光灯に比べるとはるかに少ないため、街灯に雪や氷が積もってしまいます。このような場合、雪や氷を溶かすための熱を補うために、照明器具に加熱回路を組み込む必要があります。世界の一部の地域では、気温の差が非常に大きいため、LED街灯／信号機用照明器具には放熱回路と加熱回路の両方を組み込む必要があります。

交通信号の測定



ほとんどの先進国では、交通信号機の適切な色品質を維持することが極めて重要です。LEDを使用した交通信号機は、日光の変化(時間帯による)、雲量、大気汚染などにより、時間の経過とともに色が徐々に変化し、色覚に重大な問題を引き起こす可能性があるため、注意深く監視する必要があります。米国では、ITE(米国交通技術者協会)が色の適合性に関する厳格なガイドラインと規制を定めています。

以下は、信号機の色彩ガイドラインのためのビンマーク付きのカラースペースの例です。MK350S Premiumには、適切な色の照明を調達するためのビン評価ツールが搭載されています。



病院における照明の測定

Wikipedia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported - no author



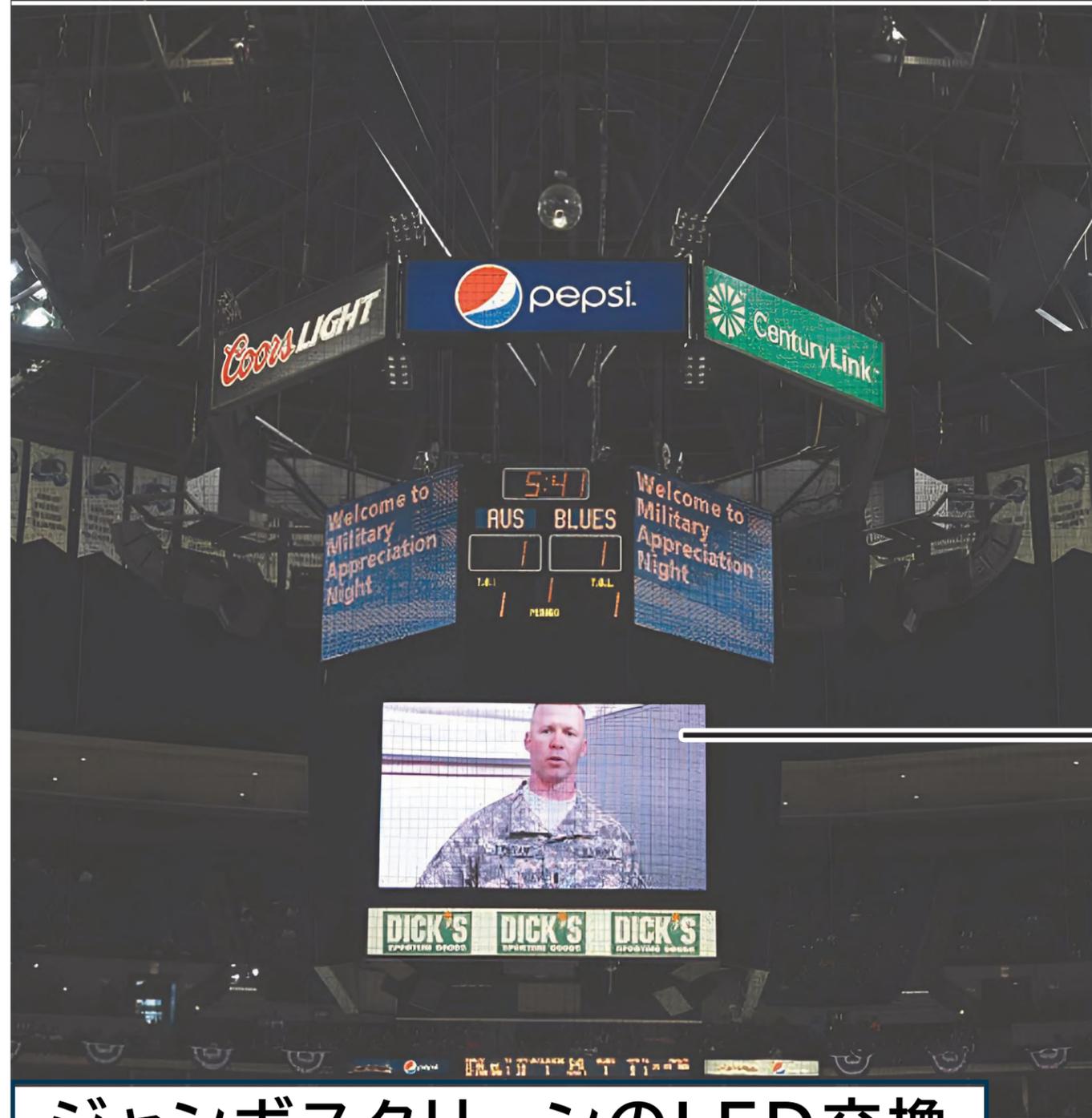
医薬品業界では、錠剤の誤操作や識別の問題を軽減するために、LEDの高い演色性(CRI)が錠剤、タブレット、ラベルの色を適切に再現できることを確認することが重要です。同様の理由で、高齢者施設でも良好な演色性(CRI)の照明を考慮することが重要です。病院の他のエリアでは、長寿命のLEDが好まれます。電球の交換頻度が高いため、天井から埃が舞い上がってしまうからです。

手術用照明



LED技術の進化に伴い、CRI、CCT、LUXの仕様がより信頼性の高いものとなり、ハロゲンベースの照明に代わるコスト削減とメンテナンスの容易さを特徴とするLED手術用照明の導入が増加しています。さらに、LED照明は発熱が非常に少ないため、組織の壊死を軽減します。しかし、手術用LED照明を製造または購入する際には、CRI値を確認することが重要です。CRI値は、複雑な視覚的操作を必要とする手術において適切な演色性を決定するからです。

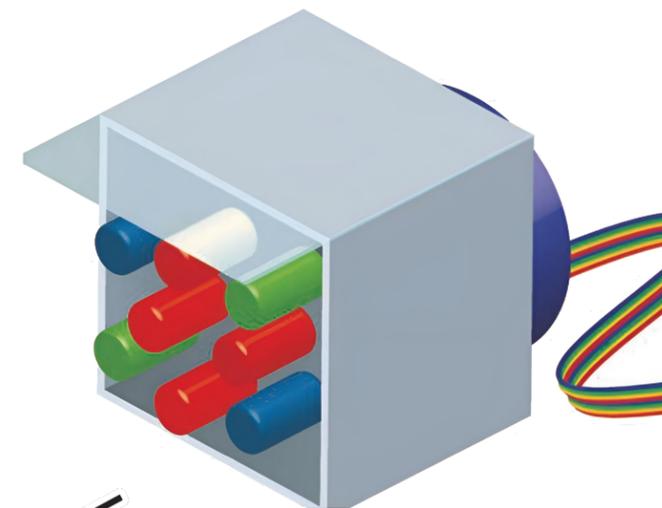




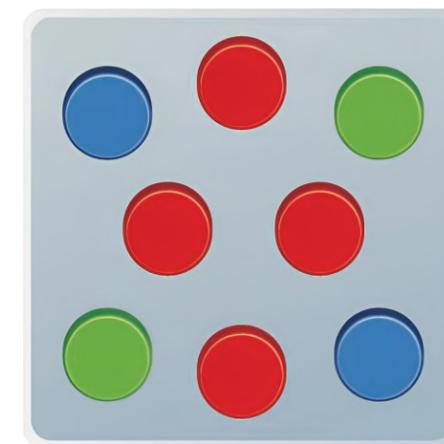
ジャンボスクリーンのLED交換

最近のジャンボスクリーン/ジャンボトロンの壁掛けモニターは、LEDディスプレイを採用しています。これらのスクリーンは、数千個の赤、青、緑のLED電球のグループで構成されています。各グループは、テレビのように1ピクセルの情報を構成します。

次に、カラーミキシング戦略を用いて各ピクセルグループを変化させ、画面の適切な領域に適切な色を実現します。これらのLEDは劣化したり故障したりした場合は交換する必要があります。しかし、LEDの光の色は予測不可能であるため、交換用電球の光質に注意を払う必要があります。MK350デバイスはまさにそのための便利なデバイスです。



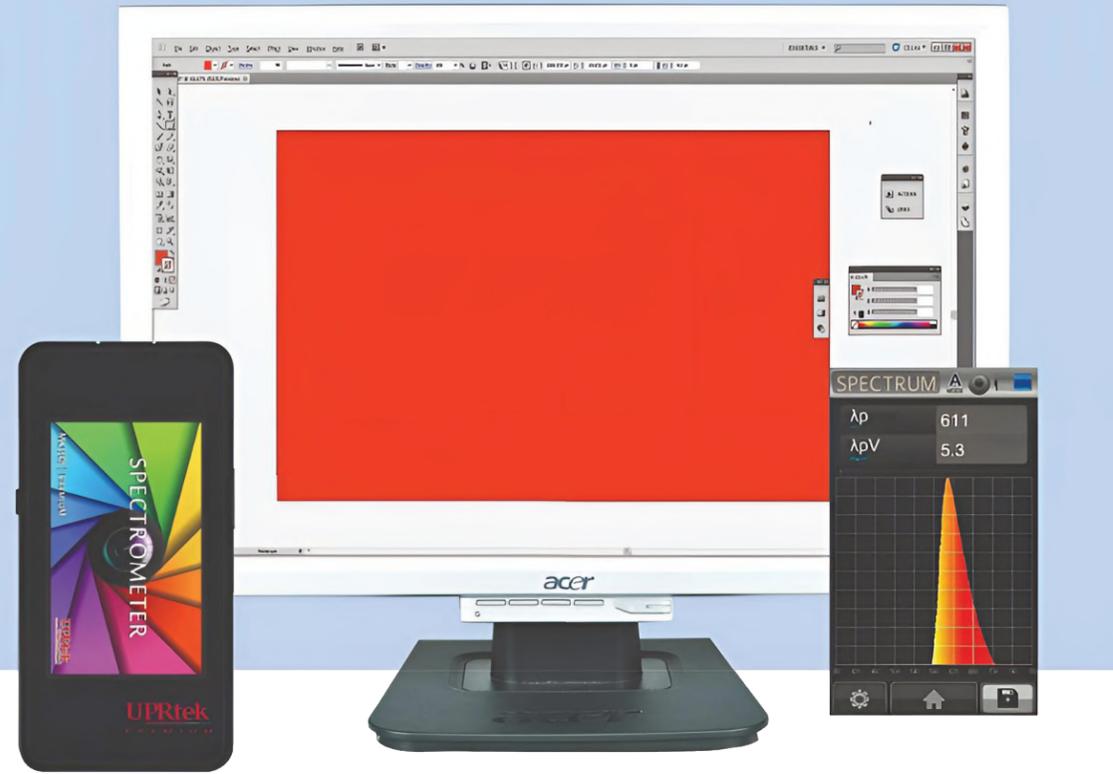
LEDピクセルモジュール



交換するLED電球は、古いLED電球と色と明るさが一致するようにする必要があります。MK350シリーズなら、この作業も簡単に行えます。そうしないと、時間の経過とともに画面上の画像の色に異常が現れ始めます。また、MK350シリーズはLEDの劣化も監視できます。LEDの劣化も画質に影響を与えるからです。



LEDスクリーンとモニターのテストとキャリブレーション

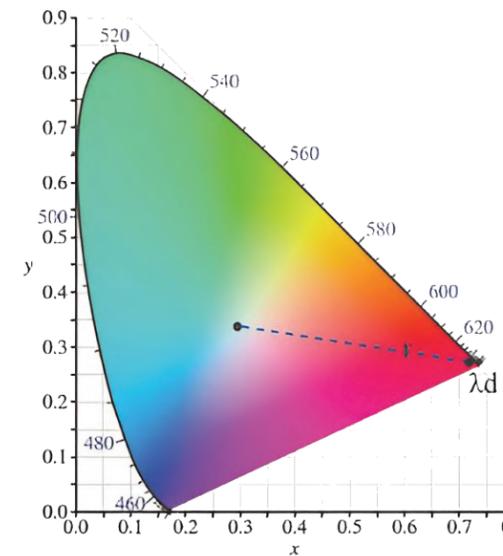
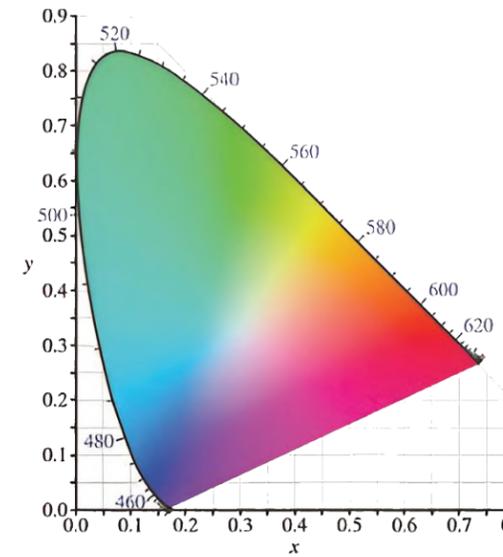


LEDベースのテレビやモニターのメーカーは、露出計を使用して画面の色をテストできます。IllustratorやWindowsペイントを使用して、領域を原色で塗りつぶし、基本リストにλdを表示することで、主波長を見つけることもできます。

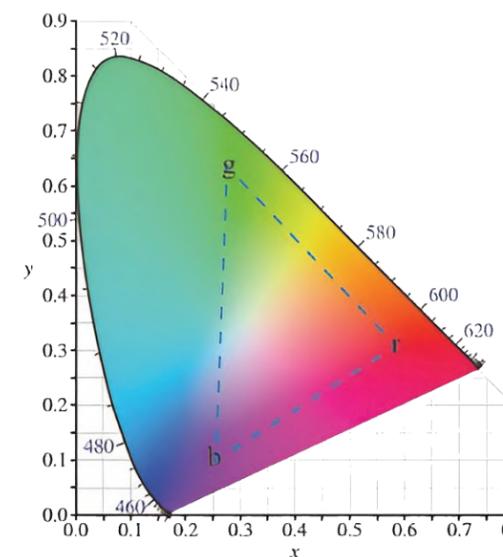
BASIC	
LUX <small>lx</small>	56
λp <small>nm</small>	608nm
λd <small>nm</small>	600nm
Purity <small>%</small>	0.7360
CRI	0

λdと純度

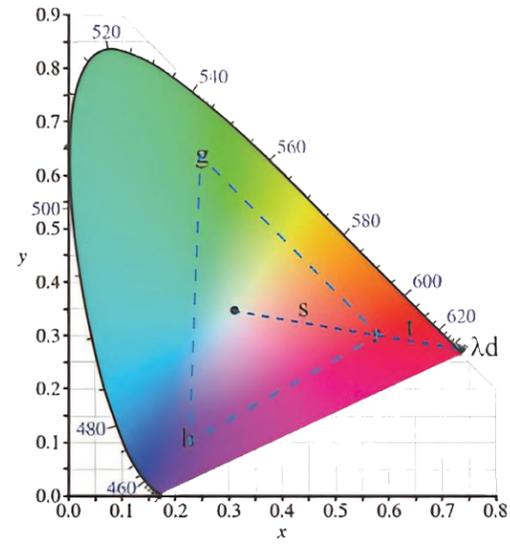
MK350シリーズを使用すれば、あらゆるLEDベースモニターの色域をテストできます。ご存知のとおり、CIE 1931色度図は私たちが見ることができるすべての色を表しています。しかし、LEDモニターはこれらの色の一部しか表示できません。モニターブランドによっては、より広い範囲を表示できる場合もあります。どのように確認するのでしょうか？



まず、お使いのモニターの赤、青、緑のポイントがどこにあるかを確認します。モニター(Windowsペイント)に純粋な赤色を表示し、MK350シリーズを画面にかざして、基本リストに表示される主波長(λd)を測定します。白色点(0.33, 0.33)から線を引き、最も遠い等高線点まで延長すると、その線がλdになります。これにより、モニター上の赤の再現性がわかります。(注:モニターは標準色調に調整されている必要があります)



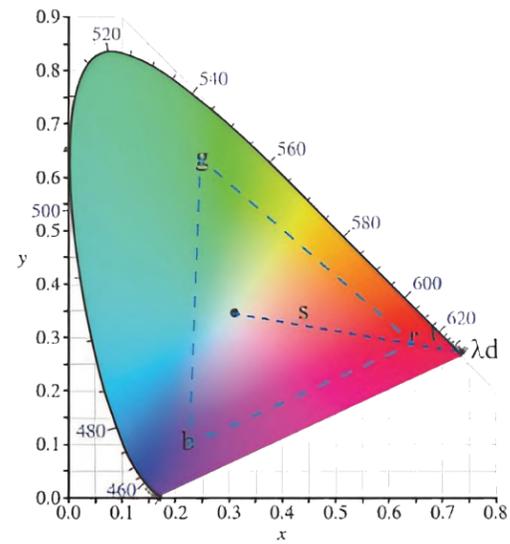
次に、緑と青についても同様にλd値を確認します。そして、3点を線で結んでください。この三角形の内側の領域は、このモニターが表示できるすべての色です。ご覧の通り、表示できない可視色がたくさんあります。



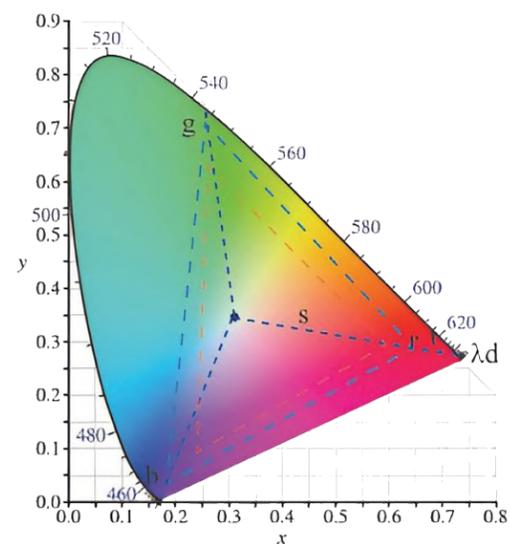
さて、別の指標を見てみましょう。それは「純度」です。純度はパーセンテージで、次の式で表されます。

$$s/(s+t) = \text{純度}$$

純度は、あなたの色が、私たちの純色を表す外縁にどれだけ近いかを示します。



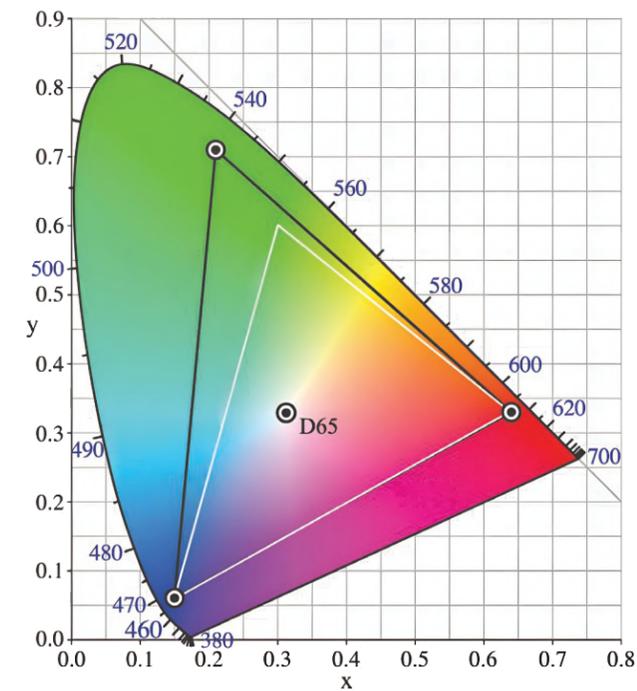
さて、別のモニターの赤色の純度が高いとしましょう。これは、RGB三角形が大きくなり、より多くの色を見ることができることを意味します。



緑と青の純度も高ければ、三角形も大きくなり、モニターは他のモニターよりもさらに多くの色を表示できるようになります。つまり、純度が高いほど良いということです。

BASIC	
LUX	56
λ_p	608nm
λ_d	600nm
Purity	0.7360
CRI	0

sRGB、AdobeRGB



モニターやディスプレイデバイスをテストする場合、特定のカラー空間が使用されている可能性があります。ほとんどのモニターはsRGBカラー空間に準拠しています。これは白い三角形(左)で示されています。これは、sRGBモニターは三角形の境界内の色しか表示できないことを意味します。つまり、表示できない可視色もたくさんあるということです。 λ_d と色純度の値を使用して、モニターの三角形がsRGBの三角形にどれだけ適合しているかを確認できます。

Adobe RGBは、モニターやプリンターが使用できるもう一つのカラー空間です。Adobe RGBの三角形はsRGBよりも大きいため、より多くの色を表示できます。



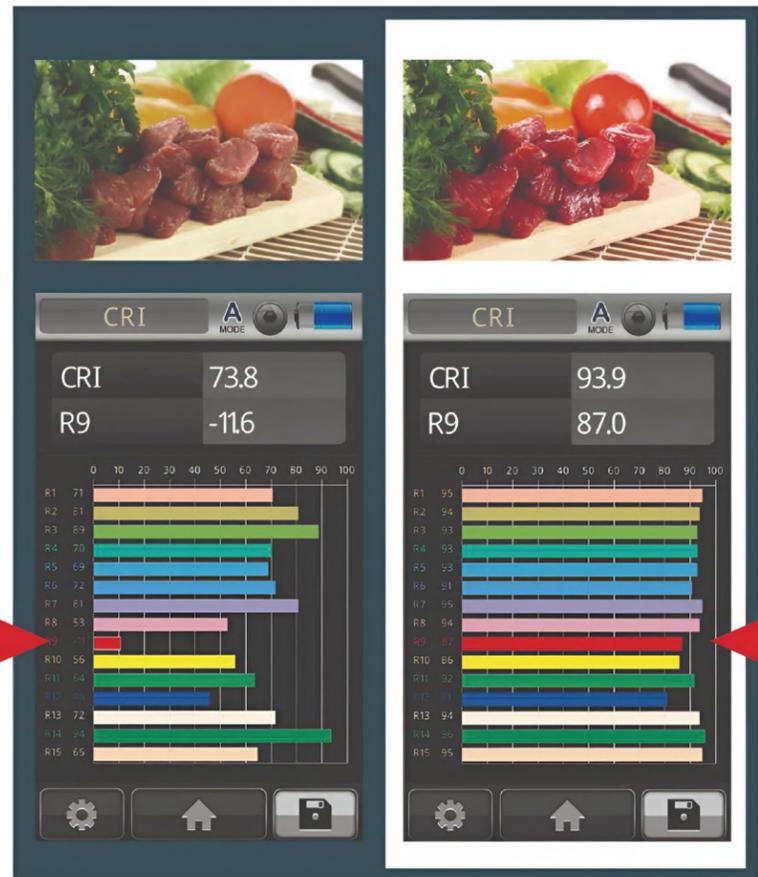
店舗ディスプレイの照明

演色評価数(CRI)の重要性

CRI(演色評価数)、つまり光が赤、緑、青などの色を適切に再現する能力は、店舗ディスプレイのデザインにおいて、特にLEDや蛍光灯を使用する場合に重要です。太陽はCRIのゴールドスタンダードです。なぜなら、太陽は豊かで均一な色のスペクトルを持ち、私たちの目が見慣れている鮮やかな色を与えてくれるからです。したがって、CRI値100は太陽を表し、それより小さい値は太陽にどれだけ近いかを示す指標となります。

CRI値はR1からR15までの15段階の色域で、それぞれの範囲は光源からの各色の発色量を示します。一般的な「CRI」値自体も存在し、平均はR1からR8ですが、もし「CRI」値が100の場合、例えば新鮮な肉などの赤色を見ている場合には誤解を招く可能性があります。光の中の赤色の明度を測るには、R9を見るべきです。2枚の写真(右)からわかるように、R9値が高いほど、赤身の肉はより赤く見えます。

CRI



どのオレンジを買いますか？



店頭ディスプレイとCRIの驚くべき違いを
実際にご覧になりたい方は、下の動画の
25分16秒あたりをご覧ください。



http://www.youtube.com/watch?v=tfK_FF-4aDI

白熱灯のCRIは、太陽と同様に黒体放射体であり、同様の色スペクトルを表示するため、好ましいCRI(90以上)を示す可能性が最も高いことに注意してください。コンパクトバージョンにはCRIチャートはありませんが、uSpectrum PCソフトウェアとアプリを使用してCRIバーチャートを表示できます。



照明の学術研究



MK350シリーズは、大学や短期大学で光、色、物理学を理解するための不可欠な教育ツールとして使用されています。光物理学の理解には複雑な数学関数と計算が不可欠です。MK350シリーズを使用すれば、教師は生徒の計算結果をMK350シリーズの結果と比較することで、生徒の指導とテストを行うことができます。論文プロジェクトでは、研究用のMK350 uSpectrum PCソフトウェアとソフトウェア開発キット(SDK)も活用されています。

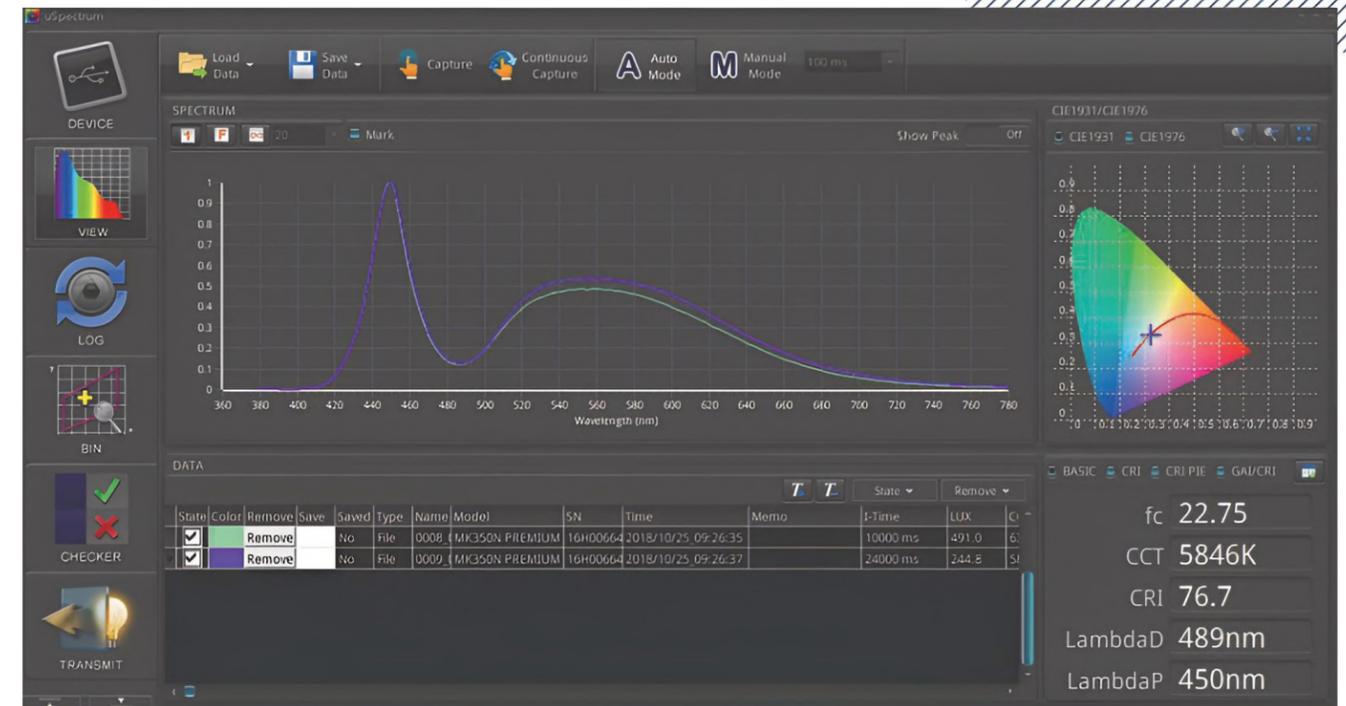
$$X = \int_{380}^{780} I(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_{380}^{780} I(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_{380}^{780} I(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

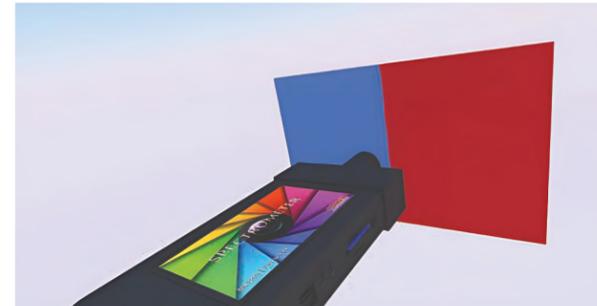


MK350デバイスのデータのキャプチャ、記録、比較機能は、論文プロジェクトのための情報を収集する研究者にとって大きな利点の一つです。ワイヤレス機能とソフトウェア開発キットにより、MK350シリーズは様々なテスト環境に対応する汎用性の高いオプションとなっています。

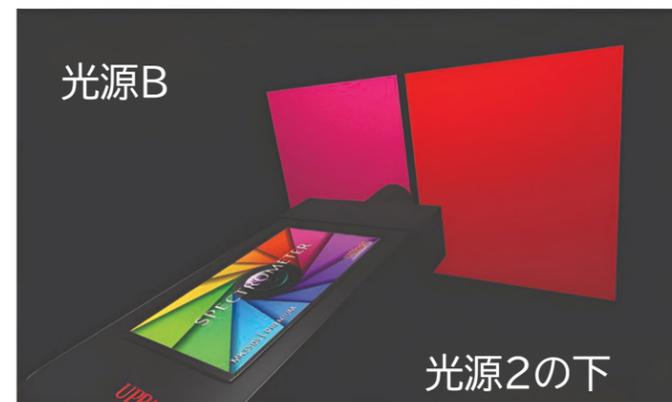
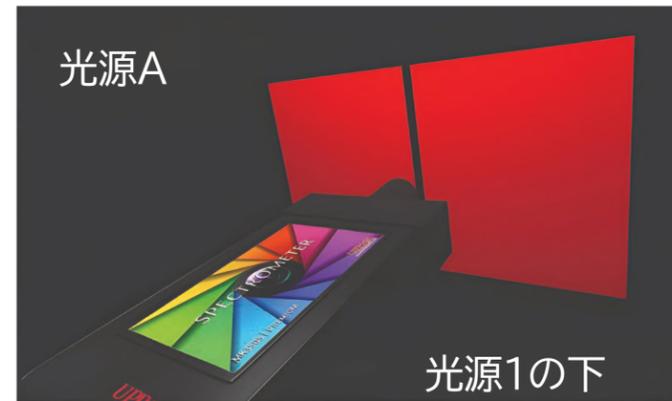


uSpectrum PCソフトウェアとSDK(システム開発キット)

表面色の測定



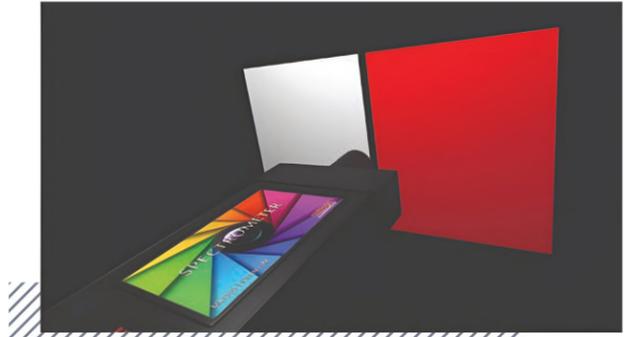
MK350シリーズは、光源だけでなく表面色を測定するための実用的なツールとしても研究されています。これは、印刷物、布地の色、部品の色の均一性、ロゴ色の適合性など、色合わせの標準化と検証において、市場において多くの可能性を秘めています。また、メタメリズムの研究にも影響を与えます。



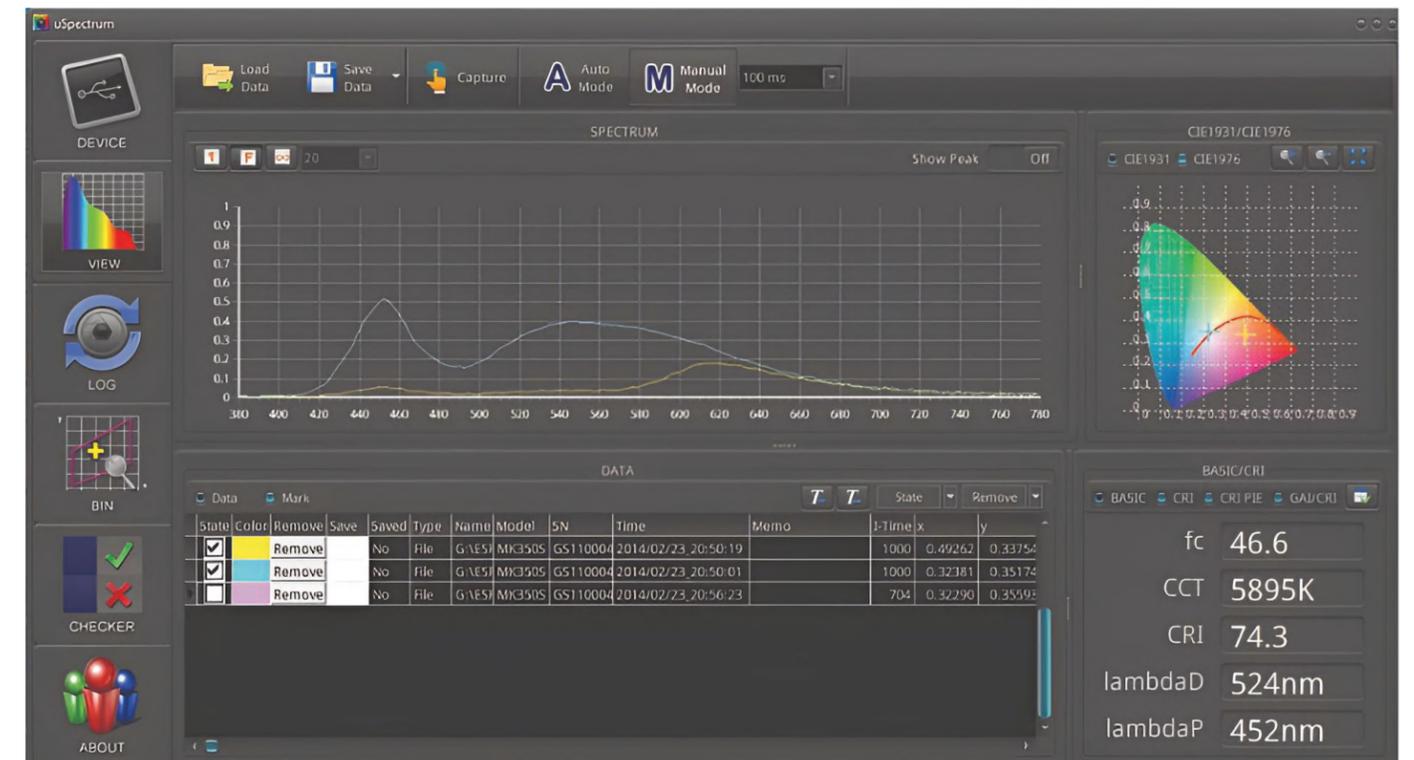
メタメリズム

ある光源下で2つの色を比較すると、色が一致することがありますが、別の光源下で比較すると一致しません。これはメタメリズムと呼ばれる光学現象です。より具体的な例としては、デパートでシャツとパンツの色が同じだと思い選んだのに、屋外で日光の下で着用すると色が一致しなくなる、といった状況が挙げられます。MK350シリーズは、この現象を分析し、光のスペクトルと表面反射率がどのようにこれらの問題を引き起こすかを理解できる可能性があります。

表面色の測定は光源によって大きく異なります。標準白色基準のスペクトルとカラーパッチを並べて比較することで、光源の種類に関わらず標準化された色を数学的に算出できるかどうかを調べる学術研究が進行中です。



情報は世新大学(台湾)のメイジュン・ロー教授のご厚意によるものです。



上記のカラー スペクトルは、テスト レンズ トンネル アクセサリ (次のページを参照) を使用して、LED ライトの下で白いベースラインスウォッチ(青い線)と赤いテストスウォッチ(黄色い線)をキャプチャーしたものです。

MK350デバイスで表面の色を測定する場合（右図参照）、周辺光が過剰に取り込まれてしまいます。MK350シリーズはコサイン補正を行うため、測定結果は主要光源に近いスペクトルを示します。レンズを表面に押し付けて周辺光を遮断しようとする、すべての光が遮断され、黒のみの測定結果となります。



UPRtekは、右図のような補助装置を用いて周辺光を遮断し、前面の表面領域のみを捉える方法を研究していました。しかし、この手法を用いても、光源の色は依然として左右されます。

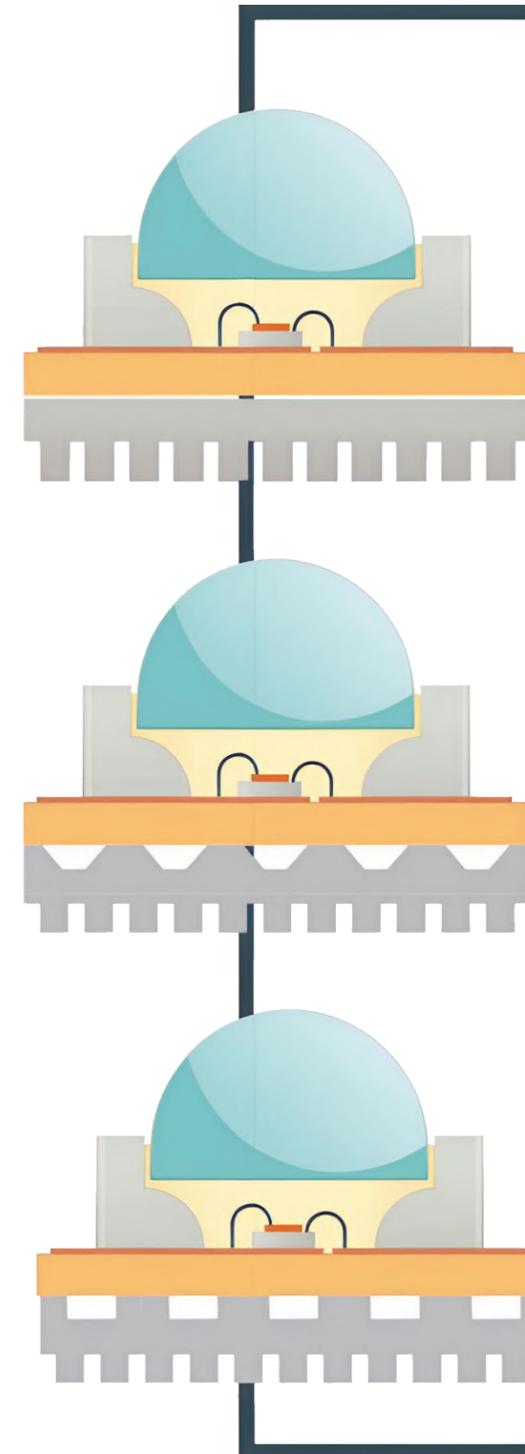


表面の色を測定できれば、特に屋外では日光によって塗料やインクが酸化し、時間の経過とともに色あせしやすいため、企業はブランドカラーを監視するのに役立ちます。多くの企業は、ブランドカラーを正確に表示することに特に気を配っており、色の劣化が基準を下回った場合は迅速に交換します。



ヒートシンク設計研究

大学の研究者らは、MK350シリーズを用いて、LEDの光と色の経年劣化を最小限に抑える最適なLEDヒートシンク設計の解明に向けた実験を既に実施しています。



出版するか、それとも減じるか

大学教授や照明デザイナーが、照明デザインの観点と教育の観点の両方から照明に関する書籍を執筆しています。MK350シリーズは、借りたりレンタルしたりしなければならない高価でかさばる機器に代わる、費用対効果が高く使いやすい代替品です。

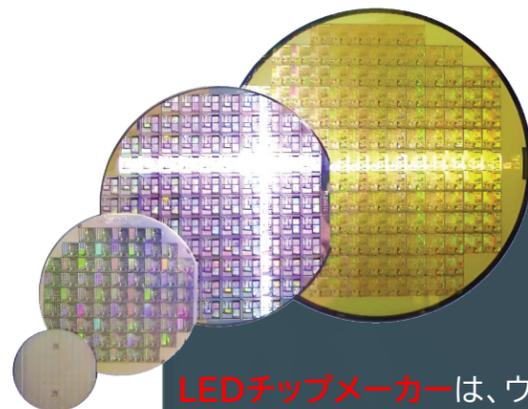
表面加工ヒートシンク上の発光ダイオードの性能 S. Shanmugan*, D. Mutharasu, O. Zeng Yin ナノオプトエレクトロニクス研究室、物理学部、マレーシア科学大学 (USM)、11800、ミンデン、ペナン島、マレーシア



LED

製造プロフェッショナル

LED製造プロフェッショナルとは、3つの基本的なタイプのLED製造会社で働く人々です。



LEDチップメーカーは、ウェハ上に実装される半導体チップを製造します。これは、合金と不純物を混合(ドーピング)して最終的なウェハ製品を生産する重要なプロセスです。

www.youtube.com/watch?v=AMgQ1-HdEIM (www.microchemicals.eu)



LEDアセンブリメーカーはウェハを受け取り、主にロボットを用いて適切な回路(配線)を施し、ウェハをチップに切断します。これらのチップは(ロボットによって)色と光の特性が検査され、この時点で分類され、物理的にビンに分けられます。その後、各ビンからチップが回路基板に実装されます。蛍光フィルムも塗布されます。さらに準備作業を行った後、個々の回路基板に切断されます。

www.youtube.com/watch?v=SoCfcETd72Q
(Formetcolnc)

最終工程は**LED電球メーカー**によって行われます。これには、ハウジング、電源、ドライバー、その他必要な配線や部品の取り付けなど、電球や照明器具を最終顧客に納品するために必要な作業が含まれます。

www.youtube.com/watch?v=ltqO3O8MMws
(ChromaAutomation)

研究開発



3種類のLED製造会社すべてにおいて、組立ラインに光特性測定用のロボット設備が導入されていますが、ポータブルMK350デバイスが不可欠な産業ツールとして機能している補助的な用途は数多く残っています。

これら3つのタイプの企業すべてにおいて、研究開発部門はテストラボでMK350シリーズを使用しています。実験は、データの収集、テスト、比較、分析といった、時間と労力を要するプロセスです。これらの企業は高度な機器(積分球など)を保有していますが、この種の予備研究作業のワークフローには、コンパクトで持ち運び可能なMK350シリーズが最適です。積分球とMK350シリーズの精度の差は、MK350シリーズの圧倒的な実用性によってはるかに上回ると言われています。

MK350シリーズはuSpectrum PCソフトウェアと連携して動作し、それがこのタイプの作業の鍵となり、フルスクリーンでのPC接続、データロギング、複数アイテムの比較、並べ替え、注釈付けを提供します。さらに、UPRtekは企業が独自のテスト設備に合わせて独自のソフトウェアを開発できるようにDLLライブラリを提供します。一部の企業では、MK350自動ロギング設備を使用してテストを半自動化するためにカスタマイズされたMK350デバイスフィッティングを行っています。



実用性 vs. 精度

毎分数十万個のLED部品が組立ラインから出荷されており、すべての部品に対して100%の品質管理を行うことは不可能です。しかしながら、SOP(標準作業手順)の特定の段階では、上流工程が期待通りに機能していることを確認するために、定期的に部品のサンプルを採取することが賢明です。このようなスポットチェックは、MK350シリーズによって容易に実行できます。さらに、不良率の報告と評価のためにデータを簡単に記録できます。



品質管理

照明展示会



すべてのLED電球メーカーは、販売代理店、代理店、卸売業者、小売店を通じてLED市場に深いチャンネルを構築しており、これらの企業はこれまで以上にLEDの光と色の品質を比較・評価する必要があります。工場、図書館、博物館、百貨店などのエンドユーザーでさえ、LEDについてより精通ようになるため、代理店は信頼性の高い高精度メーターを用いて、オフサイトでLEDの品質を検証する準備を整えておく必要があります。これらのメーターは照明展示会でも非常に貴重であり、購入者が評価を行い、販売者が検証を行うことを可能にしています。

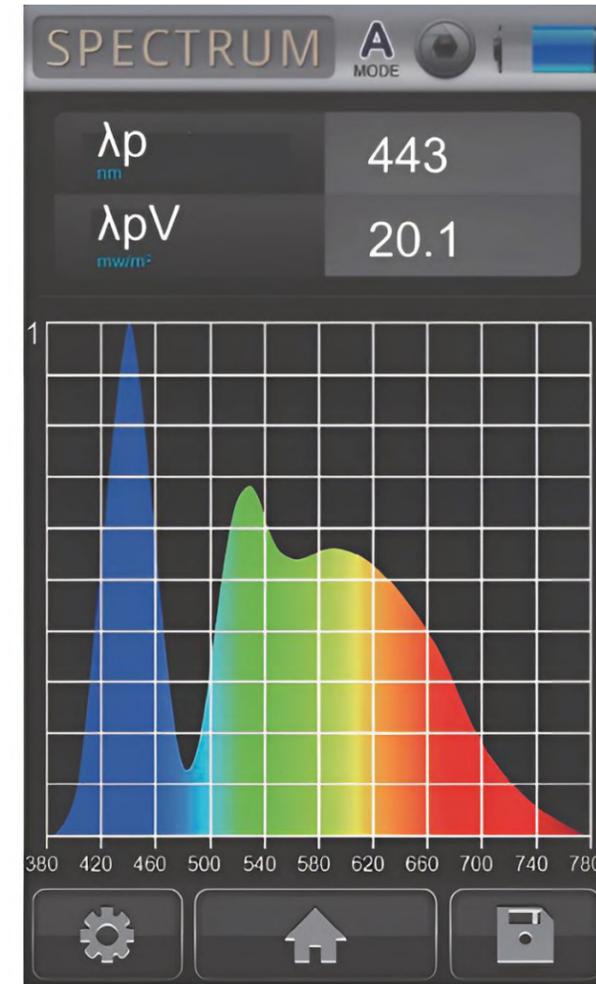


Chris Potter - CC-BY-2.0-Generic

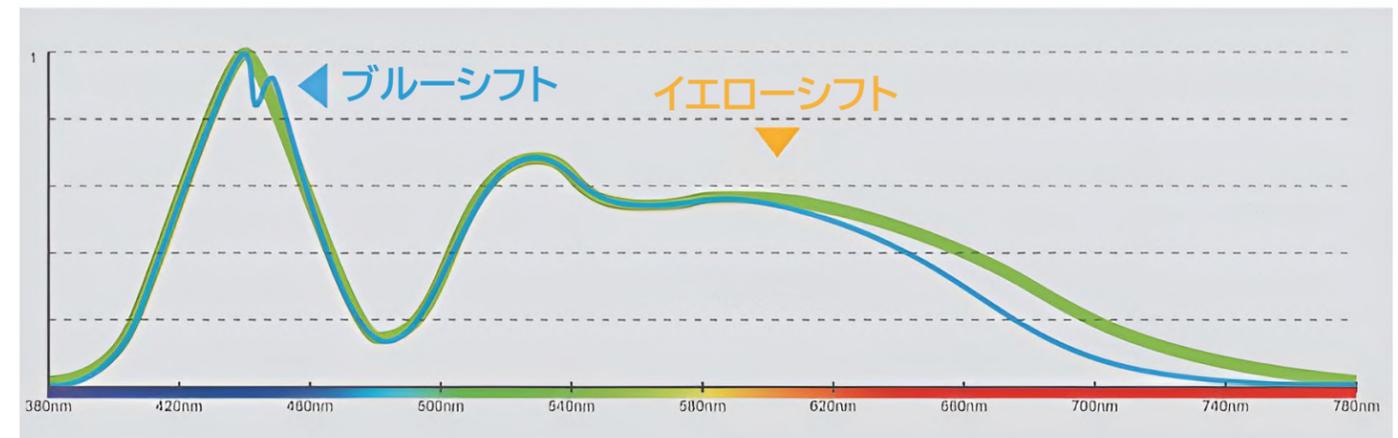
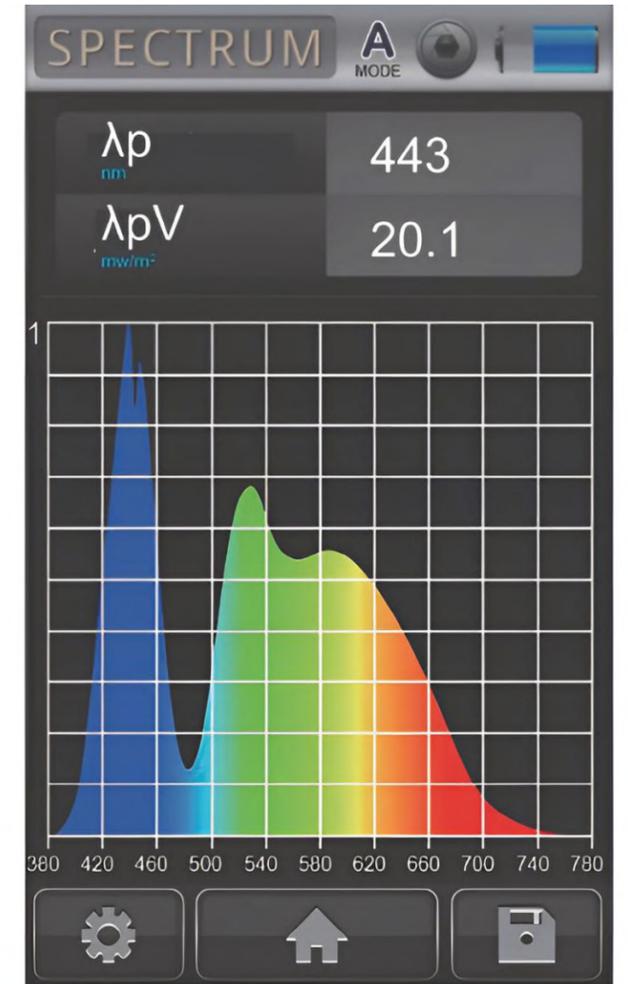
判断

LED業界の三大製造部門は、時折意見の相違を抱えることがあります。MK350シリーズは、企業間の光品質の相違を解決するためによく使用されます。ある事例では、LED電球メーカーがMK350の色スペクトルを用いて青色ピークの欠陥(異常なダブルホーン)を明らかにし、半導体メーカーと組立メーカー間の紛争を解決しました。

標準



異常



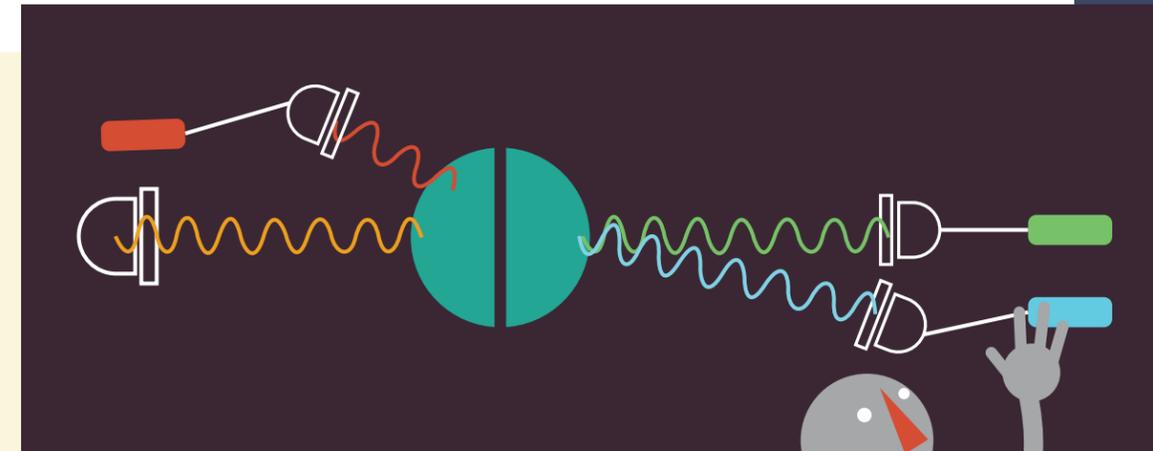
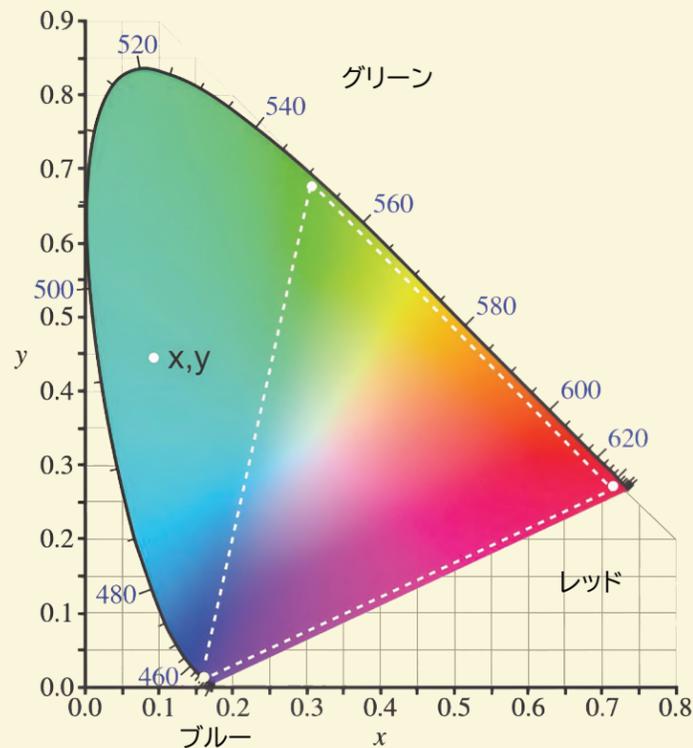
付録1 - CIE 1931 詳細



λ	r	g	b
380	0.0272	-0.0115	0.9843
385	0.0268	-0.0114	0.9846
390	0.0263	-0.0114	0.9851
395	0.0256	-0.0113	0.9857
400	0.0247	-0.0112	0.9865
405	0.0237	-0.0111	0.9874
410	0.0225	-0.0109	0.9884
415	0.0207	-0.0104	0.9897
420	0.0181	-0.0094	0.9913
425	0.0142	-0.0076	0.9934
430	0.0088	-0.0048	0.9960
435	0.0012	-0.0007	0.9995
440	-0.0084	0.0048	1.0036
445	-0.0213	0.0179	1.0093

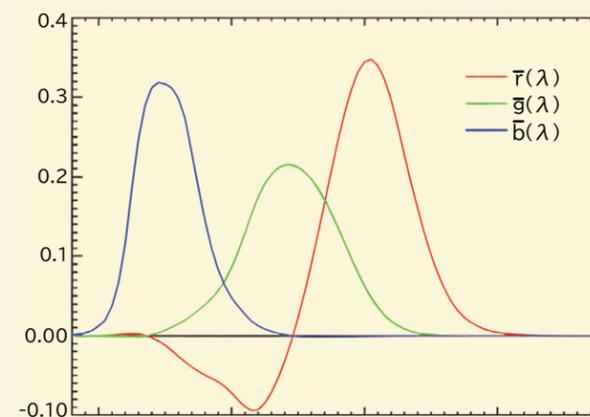
RGBモデルは一見便利そうに見えますが、残念ながら完璧ではありません。RGBは私たちが見ることができるすべての色を再現できるわけではありません。赤、青、緑の3つの純色で三角形を描いてみると、このことがわかります。三角形の内側の領域はRGBでシミュレートできるすべての色で、もちろん私たちが見ることができるすべての色ではありません。青緑色には、人間が見ることができるにもかかわらず三角形には収まらない大きな領域があります。なぜでしょうか？

これは、RGB加法モデルが私たちの色の見え方と完全に一致していないためです。



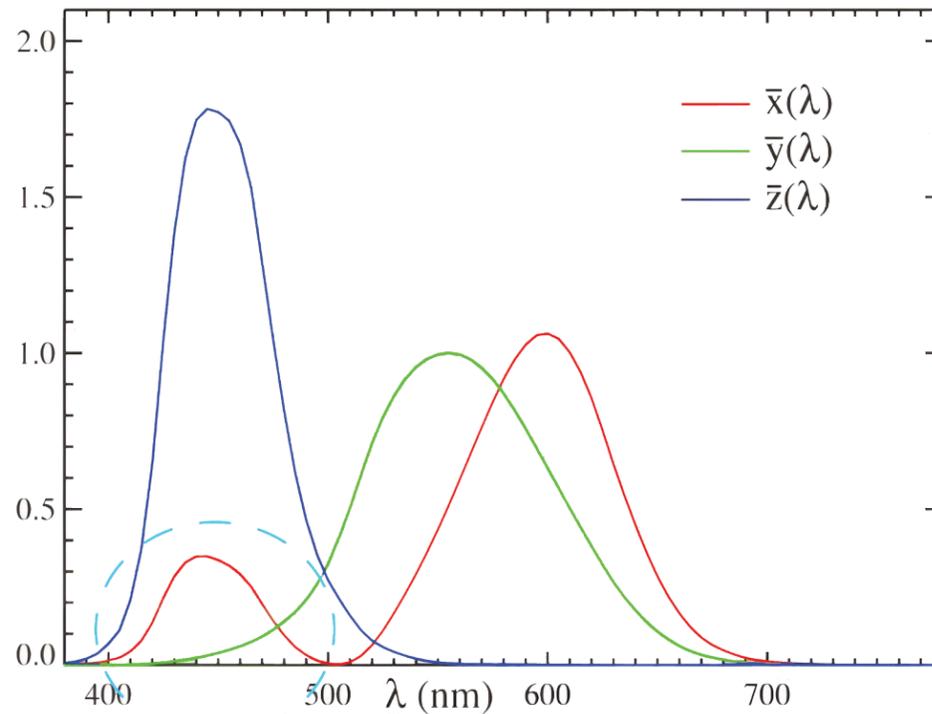
RGBの不備を補うため、実験者は「テスト」色に赤色光を追加しました。元の実験データをプロットすると、左下のような負の赤色値を持つ2Dグラフが得られます。

赤にとって厄介な負の値



CIEの賢明な人々は、これらの負の値を数学的に調整し、以下に示す新しいグラフ、つまり等色関数を考案しました。軸(負)の下にあった赤い線が、今では軸の上に来ていることに注目してください。これらの新しい関数は、依然としてRGB実験に基づいていることに留意してください。

負の赤色値を数学的に調整



等色関数チャートのデータは、さらに「X」、「Y」、「Z」値(大文字)と呼ばれるものに変換されます。これらの値は、人間の色覚の別の側面を表しますが、本質的には、元のRGB人間実験から得られた三刺激値です。変換式は、積分法を用いて以下に示します。ここでは、各波長の強度(またはSPD(分光パワー分布))である $I(\lambda)$ も導入する必要があります。 $\lambda d\lambda$ は、連続光(スペクトル)から得られた各波長の解像度またはスライスを表します。この式は、すべての波長データを単一のX、Y、Zデータセットに合計します。

$$X = \int_{380}^{780} I(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda$$

$$Y = \int_{380}^{780} I(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda$$

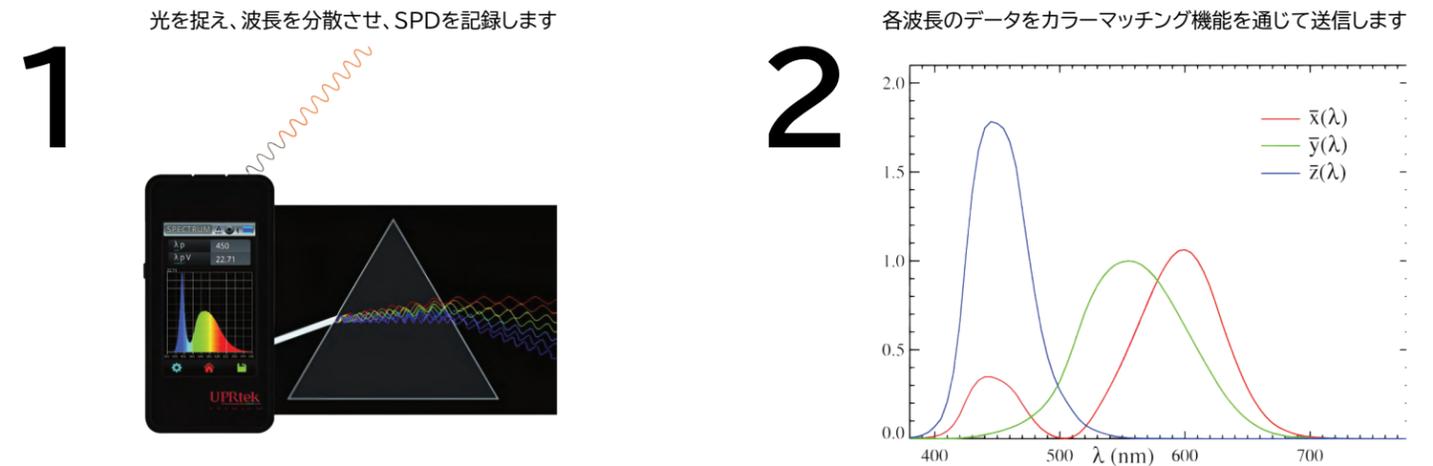
$$Z = \int_{380}^{780} I(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda$$

CIEモデルはこの事実を利用して、Yを輝度として定義します。Zは青色刺激、つまりS錐体反応にほぼ等しく、Xは非負となるように選択された錐体反応曲線の混合(線形結合)です。

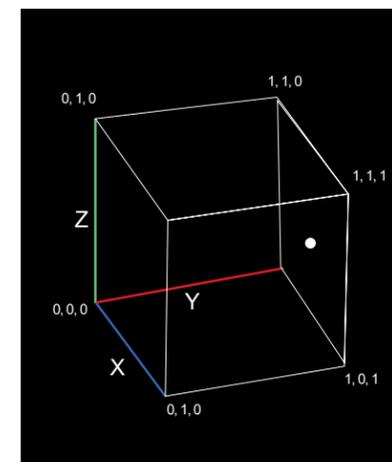
www.wikipedia.org - CIE 1931

それでは、光源のx,y座標を計算するプロセスをもう一度見ていきましょう。

- 1) MK350シリーズは光を捉え、それを複数の波長データとその強度に分離します。
- 2) データをカラーマッチング関数に渡します。
- 3) そのデータを3D空間のXYZ座標に変換します(数学的に)。
- 4) 単位平面に正規化します(数学的に)。そして、5) それをx,yの2D平面にプロットします。



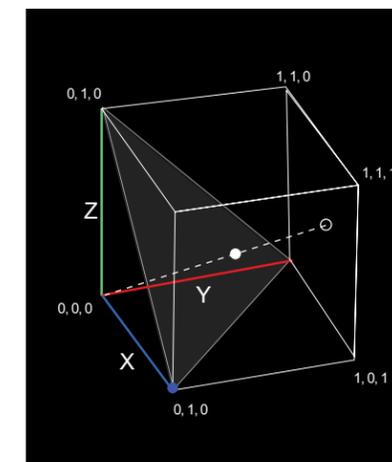
- 3 カラー マッチングとSPDデータを使用して、単一のポイント(以下の3D空間ではX、Y、Zで表されます)に変換します
- 4 単位平面(x+y+z=1)に数学的に正規化します。重要:3つの値の比率は変化していないため、同じ色を表します。
- 5 単位平面を使用して2D x、y座標系を作成し、前のセクションで説明した色域に x、y 座標をプロットします。



$$X = \int_{380}^{780} I(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda$$

$$Y = \int_{380}^{780} I(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda$$

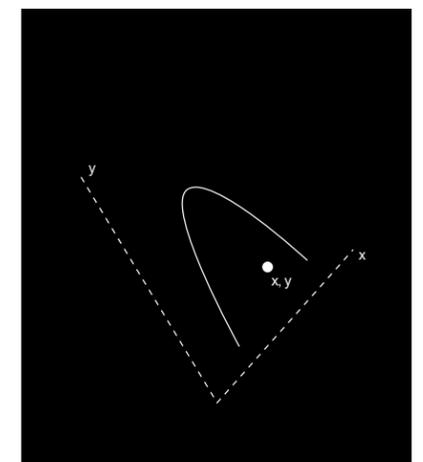
$$Z = \int_{380}^{780} I(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda$$



$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} = 1-x-y$$



説明のために多少の簡略化が行われている点に注意してください。

参考文献

Luo Meijun著『デジタルカラーマネジメント科学:色彩計測学』、出版社「Blue Ocean Cul-ture」、発行日2011年4月29日

Shanmugan S. D. MutharasuおよびO. Zeng Yin Nano「表面加工ヒートシンク上の発光ダイオードの性能」、International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS) Vol.2, No.4、2012年12月、pp. 380~388

Kelly, Kevin M.A. B.Sc.(Eng) C.Eng. MCIBSE. MIEIおよびKevin O' Connell M.A. B.Sc. (Eng) C.Eng. MCIBSE. MIEIインテリア照明デザイン - 学生向けガイド
<[http://eleceng.dit.ie/kkelly/Lighting/Interior lighting design Students Guide.pdf](http://eleceng.dit.ie/kkelly/Lighting/Interior%20lighting%20design%20Students%20Guide.pdf)>

Morton, J.L. Color Matters「色とデザイン - 基本的な色彩理論」
<<http://www.colormatters.com/>>

Blackwell, Craig MD 米国眼科学会会員、米国眼科学会認定医「色覚4:錐体細胞と拮抗作用」2008年1月 < http://www.youtube.com/watch?v=V73k_0KuUJo>

ブラックウェル、クレイグ医学博士 米国眼科学会会員、米国眼科学会認定医「色覚2:カラーマッチング」2008年1月< <http://www.youtube.com/watch?v=82ItpxqPP4I>>

ジョージア州立大学物理天文学部 HyperPhysics 「光と視覚」
<<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>>

Wikipedia 「CIE 1931 色空間」 <http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931>

Wikipedia 「CIELUV」 < <http://en.wikipedia.org/wiki/CIELUV>>

USAtoday 「なぜ人々はいまだに白熱電球を使い続けるのか」 2013年12月
<<http://www.usatoday.com/story/news/nation-now/2013/12/27/incandescent-light-bulbs-phaseout-leds/4217009/>>

Design Recycle Inc. LED照明 vs. 白熱電球 vs. CFL 比較チャート
<http://www.designrecycleinc.com/led_comp_chart.html>

Luxeon「LEDの仕組み 2013年10月17日」
<www.youtube.com/watch?v=B-H9LI973H8w>

Bozeman Science「光合成」2012年4月3日
< <http://www.youtube.com/watch?v=g78utcLQrJ4>>

Formetco「Formetco LEDの製造」2012年1月13日
<<http://www.youtube.com/watch?v=SoC-fcETd72Q>>

ChromaAutomation「Chroma LED電球のインライン組立・テストソリューション」2013年4月5日
< <http://www.youtube.com/watch?v=ltqO3O8MMws>>

MicroChemicals「シリコンウェーハ製造」2012年6月8日
<www.youtube.com/watch?v=AMgQ1-HdEIM>

Vision Monday「有害なブルーライトから目を守る」2013年9月9日
<<http://www.visionmonday.com/business/labs/article/protecting-eyes-from-bad-blue-light-vm-090913>>

Digi-Key Corporation「照明アプリケーションにおけるLEDフリッカーの特性評価と最小化」2012年7月17日 <<http://www.digikey.com/us/en/techzone/lighting/resources/articles/characterizing-and-minimizing-led-flicker.html>>

ホーク、J・クリス医学博士、米国医師会年次総会議長「色の役割」

UC Davis ChemWiki「光受容体の励起」

<http://chemwiki.ucdavis.edu/Biological_Chemistry/Photo-receptors/Photoreceptor_Excitation>

PRWeb「Reportsn-Reports.comの新調査レポート:LED照明市場シェアと2013~2019年の予測」
2013年10月9日 <<http://www.prweb.com/releases/led-lighting-market-share/and-fore-casts-2013-2019/prweb11212486.htm>>

DFF「色」<<http://displayforum.wikispaces.com/Color>>

Schils, Paul 色空間周期 <<http://www.color-theory-phenomena.nl/08.02.html>>

Ampacet「色知覚の要素 - メタメリズム」 <http://www.ampacet.com/usersimage/File/tutorials/newsletter_E_blaster_EB_COLOR.pdf>

米国エネルギー省「LEDのちらつきと調光について知っておくべきこと」2012年5月9日~11日
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/poplawski_dimming_light-fair2012.pdf>

ウィリアム・ハリス、クレイグ・フレデンリッチ博士(HowStuffWorks)「光の仕組み」
<<http://science.howstuffworks.com/light7.htm>>

Biyee SciTech「インタラクティブ 1931 CIE 色度図」<<http://www.biyee.net/color-science/cie-chromaticity-diagram/>>

3Brain High Resolution Technology「CMOS 回路のキャリブレーション」
<<http://www.3brain.com/index.php/37/AutomatedCalibration>>

Miranda, Deron Deron's Planet <<http://deron.meranda.us/ruminations/purple/>>

製品に関するお問い合わせは下記へお願いいたします。

<https://kyokko.com/contact/>

Intuitive • Professional • Accurate
Comprehensive and Important Index for designers !

SPECTROMETER

UPRtek

CRI 75.8
R_f -4.5

TM-30 R_f 71.8
R_g 95.9

TM-30 R_f 71.8
R_g 95.9

Test by NIST DIN JIS

3 Year Warranty

WiFi

Available on the App Store

Google play

旭光通商株式会社
www.kyokko.com