



BenQ Eye-care Technology White Paper

BenQ アイケア テクノロジー 技術資料

A. 人間の目	1
B. コンピューターによる眼精疲労の原因	2
C. フリッカー	3
i. フリッカーとは	3
ii. ディスプレイフリッカーの原因 - パルス幅変調 (PWM)	4
iii. フリッカーが健康に与える影響	5
iv. PWM の試験方法	5
v. 代替となるバックライト調光技術	6
vi. BenQ のフリッカーフリーディスプレイ	7
D. ブルーライト	8
i. ブルーライトとは	8
ii. ブルーライトの影響	8
iii. BenQ の新型バックライトモジュール	9
iv. BenQ の「ブルーライト軽減 Plus」	9
E. 調和の欠けた照明	10
i. 調和の欠けた照明が目を傷める理由	10
ii. BenQ の「ブライトネスインテリジェンス」技術	10
F. ブライトネスインテリジェンス Plus	16
i. ブライトネスインテリジェンス Plus 技術とは	16
ii. 色温度	16
iii. ブライトネスインテリジェンス Plus 技術	20
iv. インテリジェンス Plus 技術	20
v. 色センサー	21
vi. アンビエント照明センサー(ALS)色温度とディスプレイ色温度の比較	22

A. 人間の目

人間の目は、目に見える物体に適応でき、さまざまな視覚環境に合わせて変化できる、精密で敏感な視覚システムです。目の基本構造は、レンズや開口部、フィルムなどで構成されるカメラに非常に似ています。完全な光学系では、像がフィルムに投射されますが、私たちの目では網膜がフィルムの役割を果たします。像を鮮明にするには、光の焦点が網膜に合わせられなければなりません。

1. 角膜／レンズ

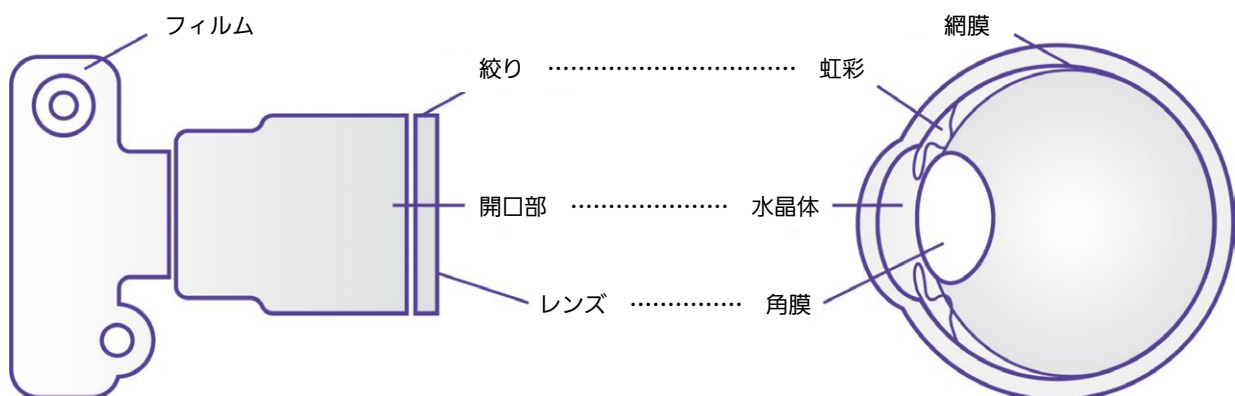
目に入る光が遭遇する最初の組織は角膜です。角膜には、光を自由に目に進入させる機能があります。

2. 瞳孔（虹彩）／開口部

角膜を通過した光は、虹彩に達します。カメラの開口部のような働きをする虹彩は、目に進入する光の量を調整します。穴の中央は瞳孔と呼ばれています。虹彩は円盤状の組織で、進入する光の量に合わせてその直径が変化します。視界が明るいとき瞳孔は縮み、視界が暗いとき瞳孔は広がります。この仕組みによって、目に進入する光の量や網膜（フィルム）の露出を調整します。露出過度になると像に対する光の干渉が過剰になりますが、露出不足になると非常に暗くなり、像の区別ができなくなります。このように、虹彩は自動的に開口部の大きさを調整して、適切な明るさを見つけ出します。

3. 網膜／フィルム

網膜は、デジタルカメラのセンサー、アナログカメラのフィルムのように機能します。像がレンズ（屈折素子）を通過して網膜上で光ると、光学像が神経信号に変換され、脳に送られます。



B. コンピューターによる眼精疲労の原因



人々は、より多くの時間をコンピューターやスマートフォン、タブレット、テレビに費やすようになりました。ディスプレイの使用と眼精疲労には深い相互関係があります。ディスプレイは無数の光の点で構成されていますが、その点から発せられるちらつき（フリッカー）やブルーライト、コントラスト、明るさ、色が目に不快感を与えます。日中に目を十分に休めないと、焦点を合わせにくくなるほか、かすみ目や眼精疲労、頭痛などの原因にもなります。

C. フリッカー

i. フリッカーとは

大まかに言えば、目に届く光の明るさが非常に短い間隔で大きく変化すると、人間の視覚系はフリッカーを感じます。明るい光と暗い光の間で繰り返されるこの変化の周期は、1 秒間に変化が起きる回数で定義されます。この変化が毎秒 3 回起きる場合 (= 3 Hz)、その明るさの変化は私たちが想像できるほど目に見えてわかります。光の変化の周期が長くなると、3 Hz では明らかだったフリッカーは低下しますが、およそ 20 Hz までは依然として視覚に大きな不快感を与えます。20 Hz を上回ると、周期が長くなるにつれておよそ 50 Hz までは不快感がゆっくりと低減します。一般的に 50 Hz では、フリッカーはほとんどの人の目に一定の光のように映るようになります。特にこの転移点の周期は、フリッカー融合閾値と呼ばれています。もちろんこの閾値は、人によって、また視覚の周辺視野によっても変化します。

最も重要なのは、何年もディスプレイを使用している人が体験する眼精疲労や頭痛がディスプレイのフリッカーに起因していることです。ここで、LCD ディスプレイで生じるフリッカーは昔のブラウン管ディスプレイとは異なるということを理解しておく必要があります。昔のブラウン管は、陰極線から電子が発射されるときに、上から下まで一定頻度で画面全体をリフレッシュします。この仕組みでは、どの時点においても画面の一部のみに光が当てられます。

リフレッシュレートが低いと、光の変化の周期が短くなり視覚的なフリッカーが発生し、人の目に不快感を与えることがあります。ほとんどの人がブラウン管のフリッカーを感じないと一般的に考えられているリフレッシュレートは 72 Hz 以上です (TCO92)。一方、LCD ディスプレイでは同じ方法でのリフレッシュは行われません。これは、LCD ディスプレイに映される像が一定であり、像の変化が必要なときにピクセルごとに像が更新されるからです。フリッカーに関して言えば、ブラウン管ではリフレッシュレートが 60 Hz になると問題と見なされる一方で、ほとんどの LCD は 60 Hz で動作するように設計されていますが、ブラウン管のようにフリッカーは発生しません。

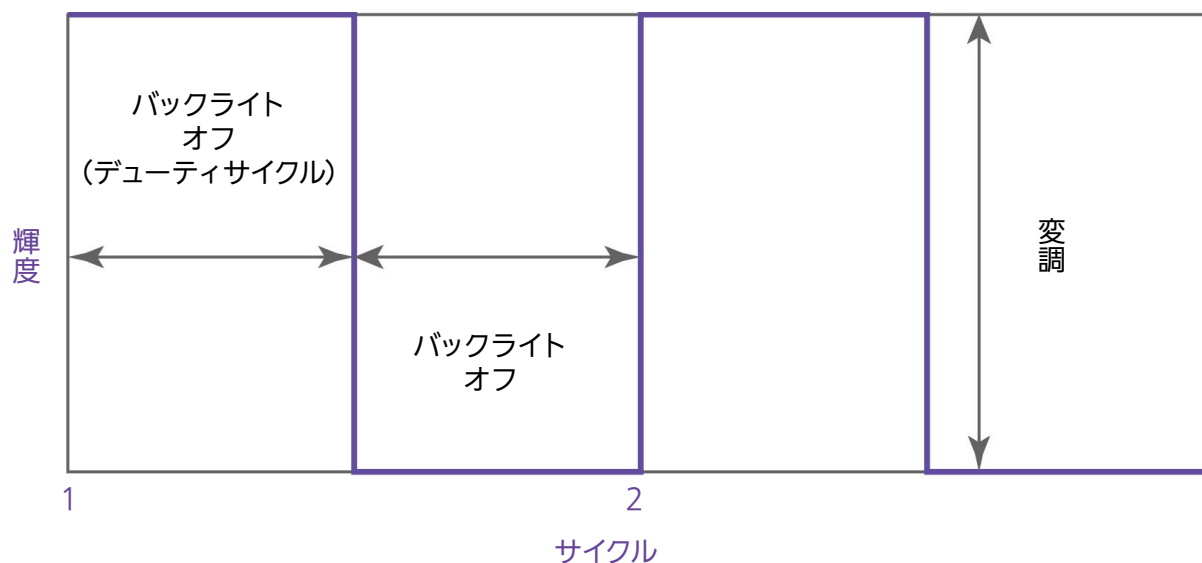
しかし、LCD ディスプレイにもフリッカーが発生する可能性があり、特に長時間にわたり画面を使い続けている人にとって問題を引き起こします。

ii. ディスプレイフリッカーの原因 - パルス幅変調 (PWM)

おそらく最も一般的な、しかしまだ広くは理解されていないフリッカーおよびそれに関連する症状の原因は、デスクトップ LCD ディスプレイでのパルス幅変調 (PWM) の使用です。PWM は、バックライトの調光を制御するために大多数のデスクトップディスプレイで使用されている技術で、すでに何年にもわたって利用されています。ほとんどすべてのディスプレイで、ユーザーはオンスクリーン表示 (OSD) の明るさ調整機能を使ってバックライト装置の強度を直接制御することができ、要件に合わせて適切な輝度を得ることができます。簡単に言えば、これを実現しているのが PWM という技術です。PWM は、バックライト装置のオン/オフをすばやく切り替えて、理論的にはユーザーにはわからないレベルで、ユーザーがより低いと感じる輝度をシミュレートします。明るさの設定を最大 (100%) にした場合、この技術は必要なく、バックライトには常時光が当てられます。それから明るさの設定を下げていくと、この PWM 技術を使用して輝度の強さが弱められていきます。このようなバックライトのオフ/オンのサイクルは、ゲームや映画の目まぐるしく変化する映像だけでなく、日常的に使用している静止画を表示するときにも、常に行われています。PWM バックライト技術の問題に関して言えば、おそらく最も問題のある行為は、明るい大きな背景で文書の作成や表計算、電子メール、インターネットの閲覧をすることです。

PWM を技術として利用することで、広範な輝度の調整が可能になり、暗いアンビエント照明の中で画面を使用しなければならない場合に、最高輝度と最低輝度の両方を制御できるようになります。PWM は長年にわたって費用対効果に優れたシンプルな手段として広く活用されてきました。

PWM の動作パラメーター



通常、PWM のサイクルは固定された周期で発生します。そして各サイクルでバックライトがオンになる割合が「デューティサイクル」と呼ばれています。このデューティサイクルを変化させることによって、バックライトの総光出力が変化します。

ユーザーが明るさの設定を下げると、通常、デューティサイクルが徐々に短くなって輝度が下がることとなります。その結果、明るさの設定を下げるほど、バックライトが「オフ」の時間が長くなり、フリッカーが目立ちやすくなります。

1 秒間にバックライトのオン／オフサイクルが行われる回数は、PWM の動作周期によって決まります。フリッカーに関して言えば、周期が短いほど問題となる可能性が高まります。

iii. フリッカーが健康に与える影響

バックライトのフリッカーを感じるかどうかは人によって異なりますが、多くの人に影響を与える懸念事項はまだあります。フリッカーや PWM を用いた調光は、それが直接目に見えるものでないとしても、眼精疲労や頭痛、吐き気と結び付けられてきました。この場合も、その影響には大きな個人差がありますが、LED バックライト装置の普及に伴い、業界でも健康に関する懸念がますます高まるとともに、その問題への理解が確実に深まっています。

フリッカーに関わる懸念事項は誰にでも影響し得ることですが、1 回の使用につき長時間画面を見続ける人には、特に問題になる可能性があります。Web 開発者やライター、学生、オフィスワーカー、ゲーマーなど、長時間画面の前に座らなければならない人は、たまに使う人と比べると、フリッカーや PWM の使用に関連する問題の影響を受けやすいと言えます。

iv. PWM の試験方法

ほとんどのディスプレイでは、PWM がバックライトの調光に使用されているかどうか記載されていません。また、メーカーが把握すらしていないことも珍しくありません。幸いにも、PWM が使用されているかどうかを簡単に見分けることができる試験方法がいくつかあります。また、PWM の周期をさらに正確に測定するために業界で使用されている高度な試験方法もあります。

基本的な視覚試験：カメラを使用して画面を撮影して見てください。これは、PWM が使用されているかどうかを判断できる簡単なチェックです。このディスプレイフリッカーの簡単なチェックであれば、ユーザー自身ですぐに確認することができます。

従来のディスプレイ フリッカーフリーのディスプレイ



v. 代替となるバックライト調光技術

広く使用されてはいませんが、バックライト調光を行う他の選択肢も存在します。たとえば、バックライトのオン/オフをまったくサイクルさせない直流（DC）コントロールがあります。ただし、この技術の実装はとても複雑になることがあります。また、像が暗い場合に色の制御が難しくなるケースもあることから、この DC によるバックライト制御は普及していません。

日本の北里大学の医療衛生学部で実施された研究によると、DC の利用によりフリッカーや眼精疲労が最も効果的に抑えられ、総合的には長時間の作業環境における最も快適な画面表示方法であったと報告されています。

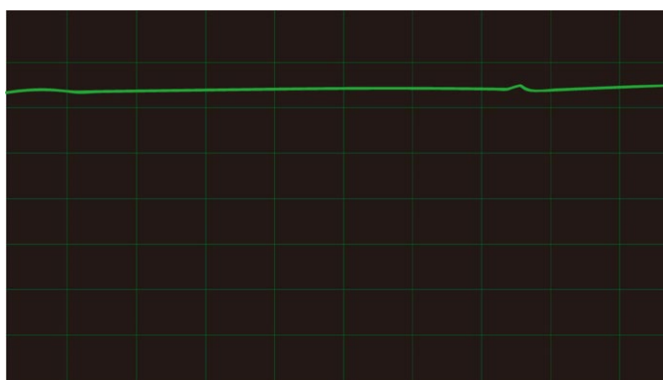
バックライト調光技術	パルス幅変調（PWM）	直流（DC）
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ディスプレイの明るさ／輝度の調整可能範囲が広い 回路設計がシンプルで費用対効果に優れている 長年にわたって使用されてきた、確立された技術である 	<ul style="list-style-type: none"> フリッカーが発生しない
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ユーザーが感じる視覚フリッカーを発生させる 眼精疲労、頭痛、吐き気などの健康上の懸念事項に関連している フリッカーがユーザーに直接見えない場合でも、PWM はユーザーに悪影響を及ぼす可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> 回路が複雑である バックライト調光向けには PWM よりも普及しておらず、確立されていない 場合によっては、暗い像において色の制御に問題がある

vi. BenQ のフリッカーフリーディスプレイ

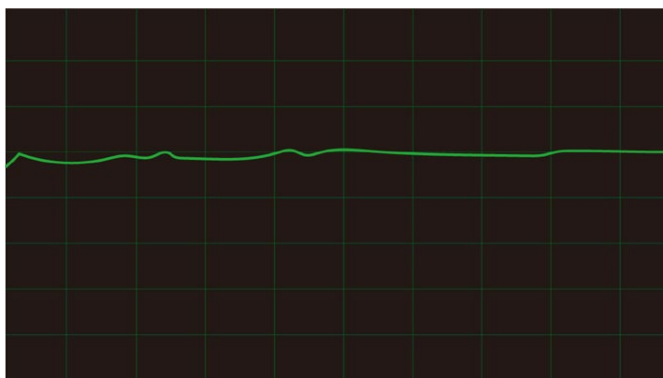
ディスプレイのフリッカーとそれに関連する医学的懸念に対する注目や認知度の高まりとともに、BenQ はさまざまなフリッカーフリーディスプレイを導入してきました。BenQ のフリッカーフリーディスプレイは、フリッカーに関連する眼精疲労やその他の健康上の問題に関するユーザーの不安を解消するよう設計されています。

そのようなディスプレイには、パルス幅変調を使用しない直流バックライトシステムを採用しています。その結果、ディスプレイフリッカーの主要因が排除され、さまざまなフリッカーフリー製品を、ヘビーユーザーにも適したものにすることが可能になっています。

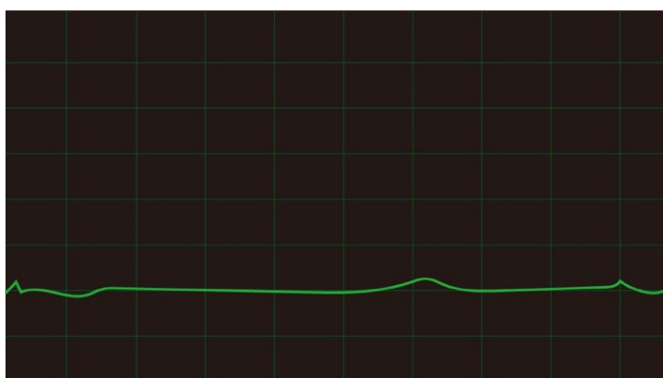
横方向の 1 マス = 20 ms



明るさの設定 = 100 %
直線は、基準として明るさを最大にした設定において、バックライトの照度が一定であることを示します。



明るさの設定 = 50 %
明るさを 50 % に下げると、直線から PWM が使用されていないことおよびバックライトのオン/オフのサイクルが行われていないことがわかります。



明るさの設定 = 0 %
バックライトを最低の設定にしても、PWM が使用されおらず、照度は一定です。

D. ブルーライト

i. ブルーライトとは

光は可視光と不可視光に分けることができます。人の目によって知覚される部分が可視光と呼ばれ、その波長は 420 nm ~ 780 nm です。赤やオレンジ、黄、緑、青緑、青、紫など、私たちが普段見ている色はすべてこの可視光のスペクトルに属します。波長が 780 nm より長い光は赤外線と呼ばれ、波長が 420 nm より短い光は紫外線（UV）と呼ばれています。

最近の研究によると、UV 光には皮膚や目など生体組織を損傷する可能性があることがわかっています。今では、皮膚の損傷を予防するために日焼け止め製品が広く使用されています。日常生活において、人が太陽光（UV）や赤外線を裸眼で凝視することはほとんどあり得ないので、赤外線や紫外線によって目が損傷する可能性は極めて低いと言えます。しかし、目に見えるブルーライトは網膜に進入することができます。BenQ はこの目に見えるブルーライトを、短波長のブルーライト（420 nm ~ 455 nm）と長波長のブルーライト（455 nm ~ 480 nm）の 2 つのグループに分けることができます。

ii. ブルーライトの影響

1. 視覚の問題を引き起こす恐れのある短波長のブルーライト

研究によると、短波長の 420 nm ~ 455 nm（紫外線に近い範囲）のブルーライトは網膜に対して潜在的な危険性を生むと考えられており、眼精疲労やかすみ目のような視力に関する問題を引き起こす恐れがあります。このようなブルーライトに長時間さらされると、黄斑疾患（AMD）や白内障のような眼疾患に至る恐れもあります。

2. 注意を促し反応効率を上げる可能性のある長波長のブルーライト

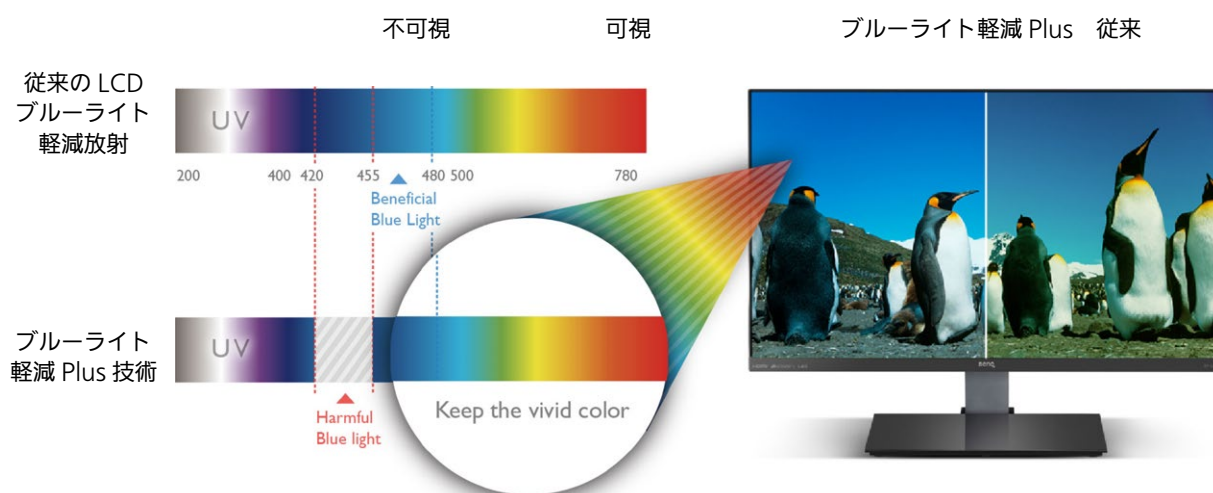
研究によると、長波長の 455 nm ~ 480 nm のブルーライトには注意を促したり、反応時間を短くしたり、心的状態を制御する脳の中枢に好影響を及ぼしたりする効果があり、人にとって有益であることが実証されています。

iii. BenQ の新型バックライトモジュール

現在の市場で流通している LED 画面には、WLED（白色 LED）のバックライトが使用されています。WLED の動作原理は、青色のチップからの放射を利用してチップ上の黄色の蛍光物質を励起することによって白色を作り出します。しかし、青色のチップからの放射は短波長のブルーライトになり、長時間使用すると視覚の問題を引き起こす恐れがあります。BenQ の「ブルーライト軽減 Plus（プラス）」技術は、短波長のブルーライトを発生させない特殊な構造の青色チップを利用して、潜在的な視覚の問題を予防し、最高品質の画像を提供しています。

iv. BenQ の「ブルーライト軽減 Plus」技術

BenQ の「ブルーライト軽減 Plus」技術は、短波長（420 nm ~ 455 nm）のブルーライトの放射をフィルタリングで除去しながら長波長（455 nm ~ 480 nm）のブルーライトはそのまま維持するので、色の歪みがなく、高い鮮明さと高コントラストで再現された最高の色を体験できます。



F. 調和の欠けた照明

i. 調和の欠けた照明が目を傷める理由

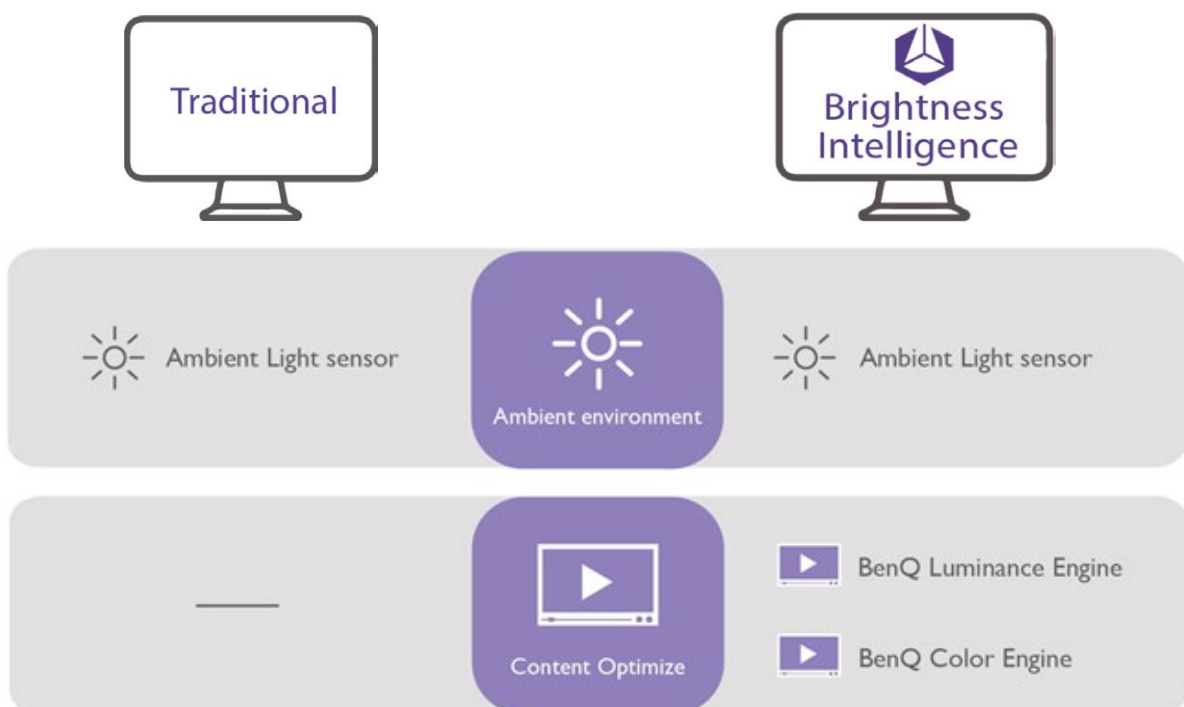
アンビエント照明によって生まれる影や反射が、ディスプレイからの不均一な光と組み合わせられると、眼精疲労の原因になる恐れがあります。たとえば、明るい窓の近くでディスプレイを使用している場合、反射に起因するグレアを避けるために目の働きが過剰になり、眼精疲労につながります。さらに、アンビエント照明とディスプレイからの光が極端に違うことも、眼精疲労の原因になる恐れがあります。たとえば、薄暗い照明の部屋でとても明るいディスプレイを使用している場合、暗い画面から明るい画面に表示が切り替わると、目は焦点を合わせるために余計なエネルギーを使います。

明るさの違いに対応するために、私たちの目は常に瞳孔を調整しなければなりません、それも眼精疲労や頭痛、かすみ目の原因になります。

ii. BenQ の「ブライトネスインテリジェンス (B.I.) 技術」

「ブライトネスインテリジェンス (B.I.)」技術は、視聴環境周辺の光量を検出して輝度を自動調整することで、最高に快適な視聴体験を提供します。

また、「ブライトネスインテリジェンス (B.I.)」技術は BenQ の「輝度エンジン」と「カラーエンジン」も利用しています。これらのエンジンは、コンテンツの強度を検出して像を調整することで、明るい部分を露出過度にせず、暗い部分はコントラストの可視レベルが維持されるように自動的に調整するので、眼精疲労の軽減に役立ちます。



1. アンビエント照明センサー

画面上の明るさがアンビエント照明の明るさと一致しているとき、目が暗い部分と明るい部分の違いに常に適応しなくてもすみます。

「ブライトネスインテリジェンス (B.I.)」はアンビエント照明センサーを利用して表示環境におけるアンビエント照明の光量を検出し、最適なレベルになるようにディスプレイの明るさを自動的に調整します。

アンビエント照明センサーによる制御なし



Light Environment



Dark Environment

アンビエント照明センサーによる制御あり



Light Environment

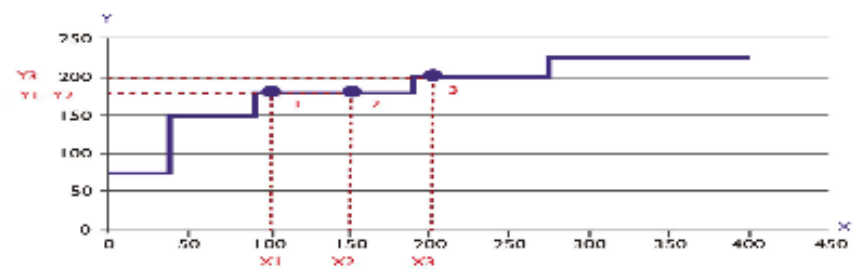


Dark Environment

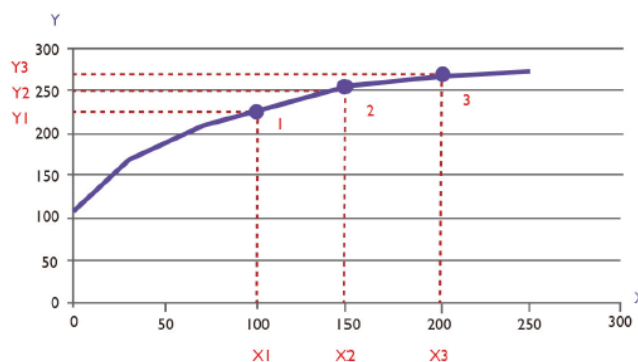
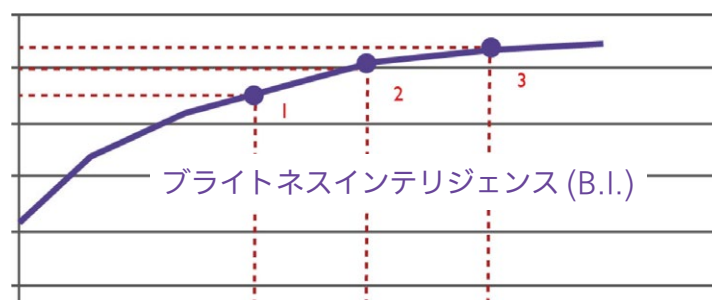
「ブライトネスインテリジェンス (B.I.)」に採用されている BenQ 独自のアルゴリズムが、アンビエント照明の状態に適した画面の明るさをリアルタイムで計算します。

次の図では、X 軸はアンビエント照明の明るさ、Y 軸は画面の明るさを示しており、X1 / Y1、X2 / Y2… はそれぞれ対応しています。それぞれの X の値について対応する Y の値がありますが、特殊なファームウェアの調整を行うことで、その遷移は滑らかな曲線状になってゆきます。そうすることでフリッカーがなくなり、滑らかな像を映し出せるようになります。

一般的な照明センサー



アンビエント照明

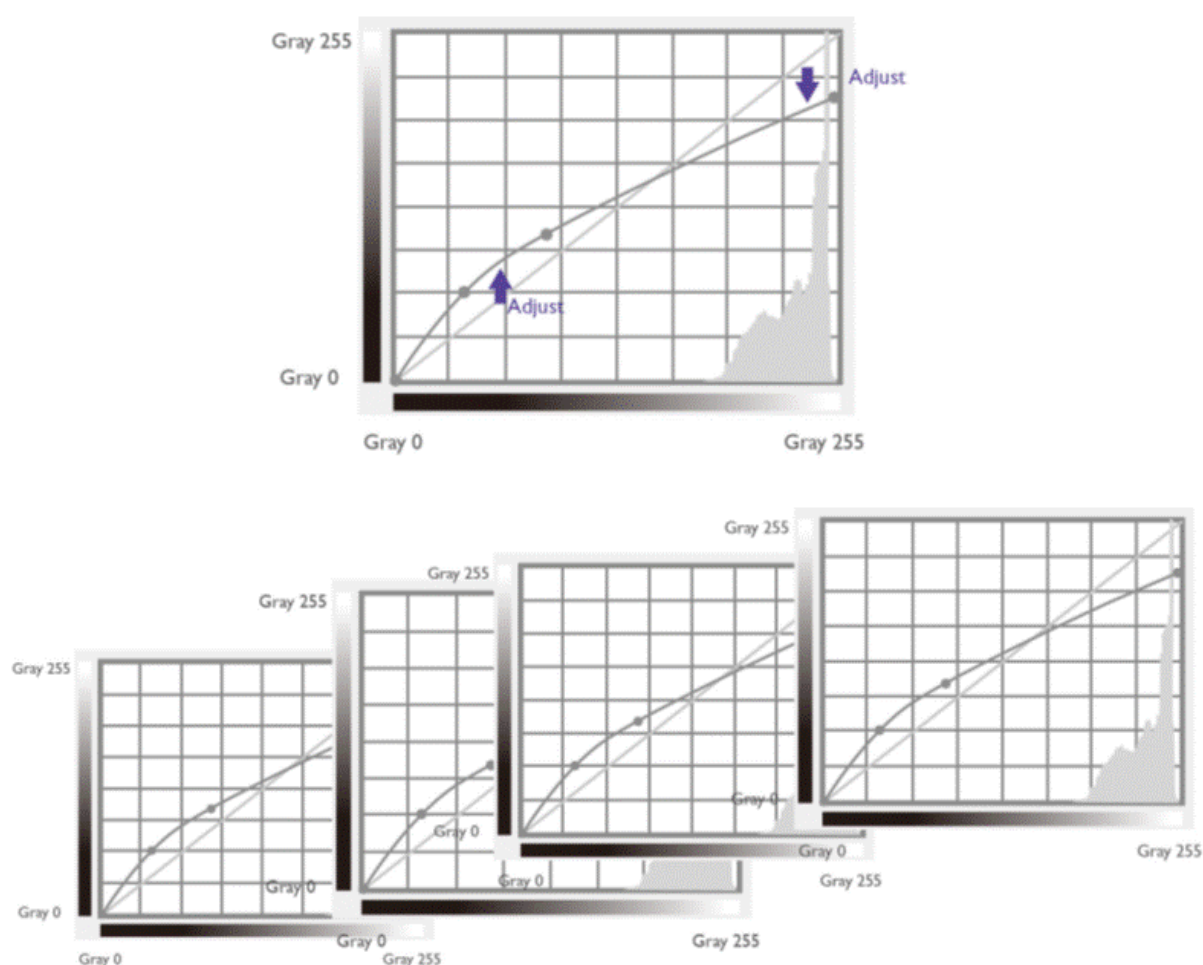


アンビエント照明

* 前世代の「アイプロテクション」機能は、アンビエント照明に関して明るさの設定が 7 種類しかありませんでした。新しい「ブライトネスインテリジェンス (B.I.)」では、より精密な調整が行われるとともに、アンビエント照明のさまざまな条件に対する応答（画面の明るさについて）が向上しています。

2. BenQ の「輝度エンジン」

BenQ の「輝度エンジン」は、暗いところから明るいところへ、明るいところから暗いところへの動的な調整において最高のパフォーマンスを発揮します。暗い部分のディテールは、明るい部分のディテールを露出過度にすることなく表示されます。BenQ の「輝度エンジン」は、異なる階調レベル値の全域で複数の対応点を使用することによって、遷移曲線を滑らかにします。これによって「ブライトネスインテリジェンス (B.I.)」は、画面の明るさを最適に調整できるだけでなく、暗いところから明るいところへ、明るいところから暗いところへの遷移も最適に調整できるのです。

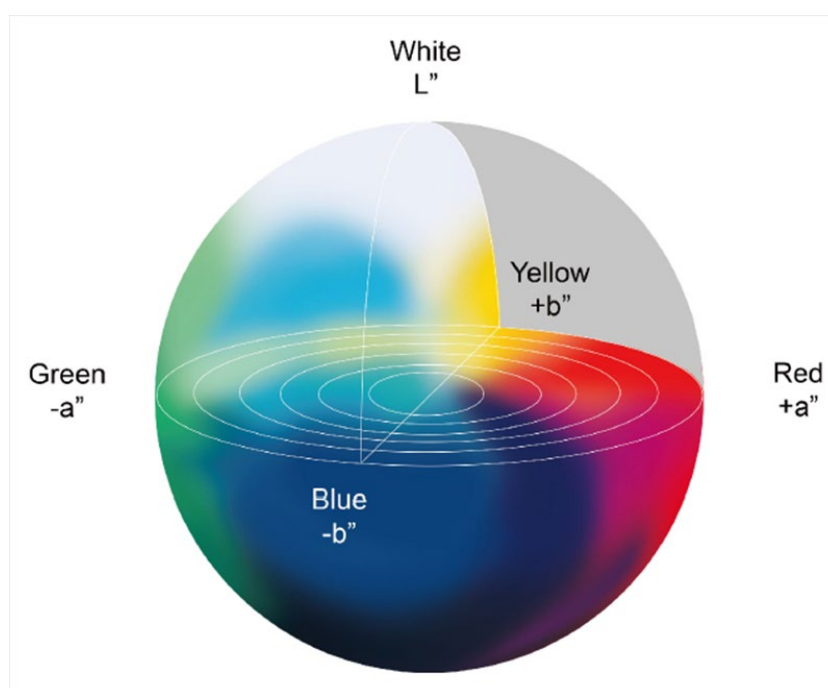


* BenQ の「輝度エンジン」は異なるコンテンツに対して膨大な回数の明るさ調整をリアルタイムで動的に行います。

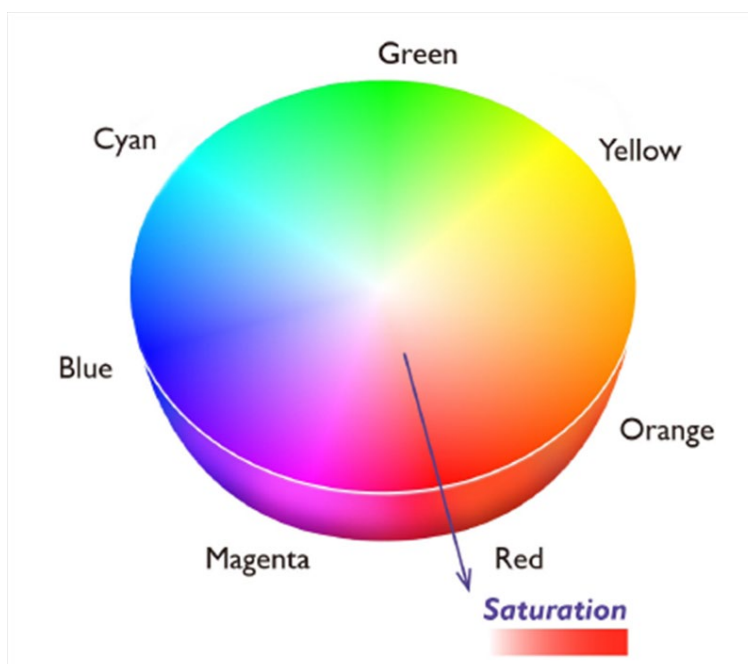
3. BenQ の「カラーエンジン」

BenQ の「カラーエンジン」は、色相と彩度を独立して調整できる 6 軸から成る色調整技術を利用します。この技術によって、色再現力が強化されるとともに、非常に微妙な中間的な色合いもディスプレイ上で正確に再現できるようになります。

従来のディスプレイでは、画面が薄暗くなると元の色が歪むことがありますが、BenQ の「カラーエンジン」では元の色はほとんど失われません。

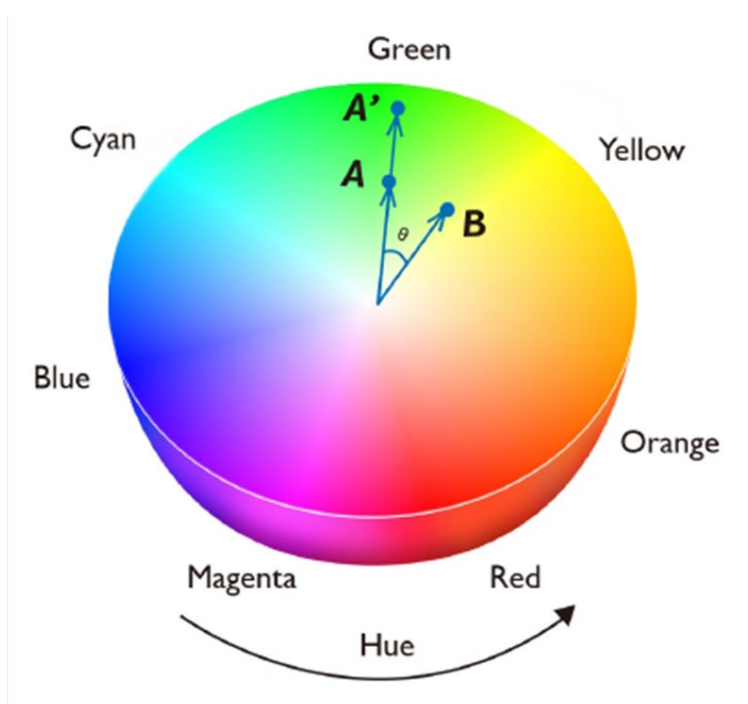


以下のカラーマップは、人の目で見ることができるすべての色で構成されており、赤、緑、青、黄、シアン、マゼンタの 6 つの色調に分けることができます。BenQ の「カラーエンジン」は、他の色に影響を与えることなく、彩度と色相を別々にしながら各色を強化するので、色精度が高まり、いっそう鮮明な色を再現できます。



BenQ の「カラーエンジン」は 3 次元で色を調整します。次の図の角度 θ は 2 つの色の間の色相角を示しています。彩度と色相の調整は、次の 2 つの例で説明できます。

1. A から A' への変化：彩度が強化されます。緑がもっと鮮明になります。
2. A から B への変化：緑の色相が黄寄りに近づき、黄緑がかった色になります。これによって、緑と黄の間のより中間的な色合いになります。



F. ブライトネスインテリジェンス Plus 技術

i. ブライトネスインテリジェンス Plus 技術とは

前項の説明のとおり、ブライトネスインテリジェンス技術はコンテンツの明暗度を検知してディスプレイを調整するため、明るい場面は露出オーバーにならないように、暗い部分は鮮明さが失われないように自動的に調整されます。

今回 BenQ は、独自のブライトネスインテリジェンス技術にさらに素晴らしい機能を加えました。その機能は、私たちの視聴環境の色温度を検知して、ディスプレイの輝度と色温度を自動的に調整することで、最高に快適な視聴体験を提供します。この最新の技術を「ブライトネスインテリジェンス Plus」(B.I.+)と呼んでいます。

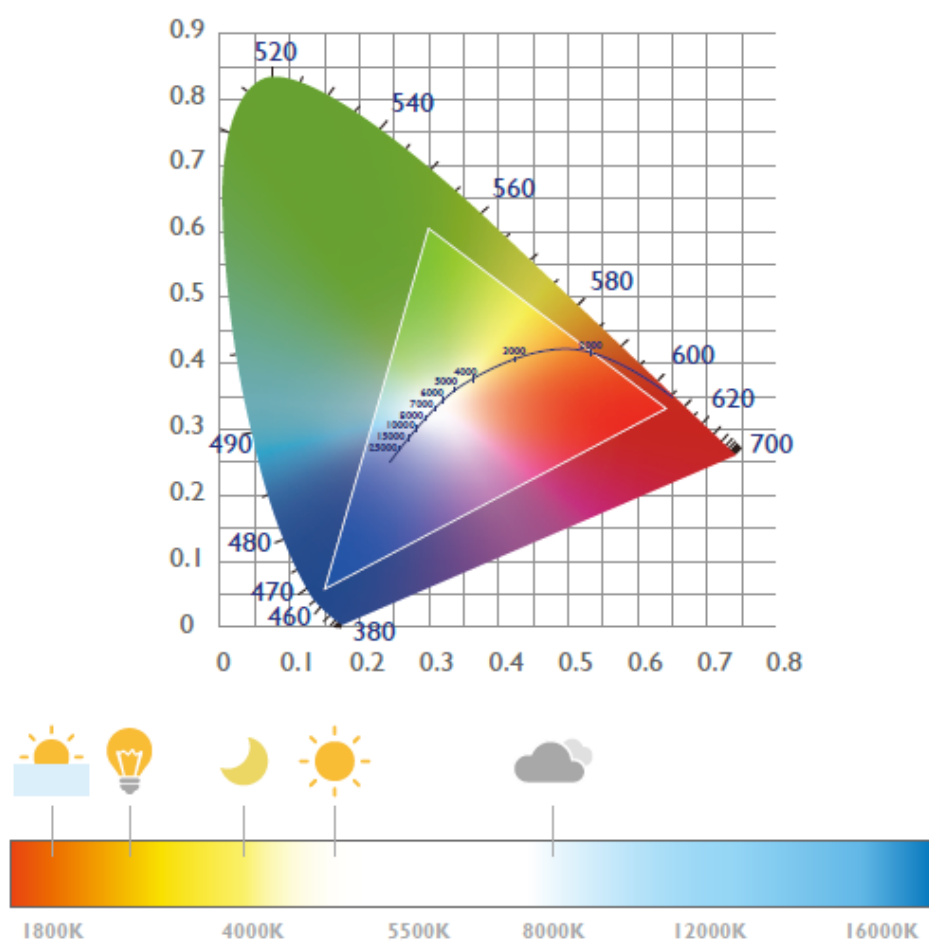
ii. 色温度

i. 色温度とは？

色温度という言葉は初めて聞く方のために、ウィキペディアに掲載されている簡単な説明をご紹介します。「光源の色温度とは、その光源の色に相当する光を放射している、理想的な黒体放射体の温度である。」つまり、色温度とは可視光の特性を言い表したもので、単位にはケルビン (K) という絶対温度が用いられます。さらに簡単に言い換えれば、色温度とは、光源の「色」を単一の数値で表現したものです。この数値は、黒体放射体が特定の色合いを放射するときの実際の温度 (単位:K、ケルビン) に関連しています。たとえば、白熱電球の色温度は 2800 K です。これは、黒体放射体の温度が 2800 K (ケルビン) の場合、その放射体が白熱電球と同じ色合いを放射することを意味しています。科学者によるこれまでの研究から、黒体放射体の温度が上昇するにつれて色が変わることが確認されており、その様子は色度図上の色変化として説明されています。図 1 の黒色の曲線は「黒体軌跡」と呼ばれるもので、科学者によって記録された実際の色変化を示しています。

色温度が異なれば、視覚的効果や知覚的効果も異なります。図 1 からは、色温度が高いほど白色光に青みが加わることがわかります。それに対して、色温度が低いほど白色光に赤みが加わることもわかります。これを説明する良い例が、ガスバーナーです。ガスバーナーの炎の色がオレンジや黄に近いときは、実際に炎の温度も低くなっています。しかしガスバーナーの炎の色が青みがかっているときは、炎の温度は非常に高くなっています。

図 1：色温度曲線（黒体軌跡）



2. 色温度が問題になる理由

色温度が問題になる理由を説明するには、どのような値がどのような種類の光に関連しているかを知っておく必要があります。この問題の理解を深めていただくために、図 2 を使ってご説明します。

図 2 からは、次のことがわかります。

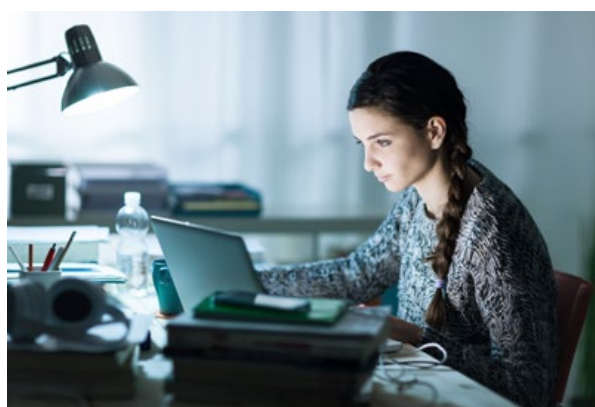
- ・最もレベルの低い 1800 K ~ 2700 K の色温度では、「電球色」と呼ばれる光が生まれます。ロウソクの光はこのカテゴリーに分類されます。
- ・3000 K ~ 5500 K の色温度は「温白色」または「白色」として知られています。日常生活で使用しているほとんどの電球がこのカテゴリーに分類されます。
- ・5500 K ~ 7000 K の色温度は「昼白色」または「昼光色」に分類されます。太陽光が良い例です。

色温度は、私たちの心的状態や色の判断に大きく影響します。たとえば、色温度の低い部屋に入ると、温かさやリラックスした印象を受けます。反対に、色温度の高い部屋に入ると、覚醒や警戒をします。この背景にあるのは、ある場所に入ると「白色」を探し、その白色に合わせて他の色を調整するという、人間の視覚上の働きです。したがって、ある場所の色に関して白色に一貫性があれば、色を調整しようとする人間の視覚上の働きが抑えられます。

目のピント調整を行うメラニンに影響
(集中やリラックス効果に寄与する)



長時間の作業は目の疲れの原因



周囲環境の色温度を自然に委ねているため、人口的な制御は不可能



図 2：色温度の値と光源

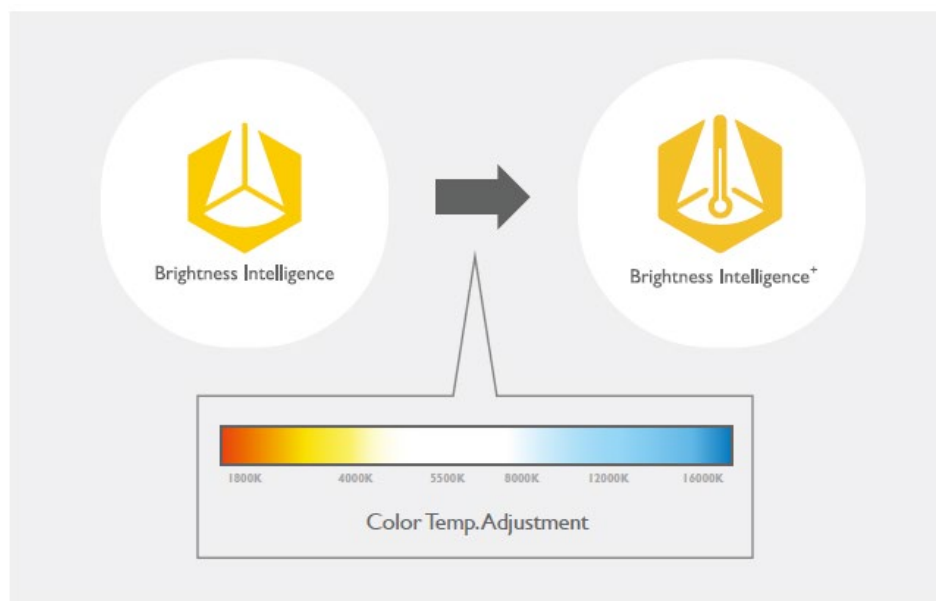
シナリオ	日の出・日の入り	ろうそく	タングステン電球	ハロゲン電球	スタジオ照明	温白色蛍光灯	月光	白色蛍光灯	日光	日光 (真昼)	日光 (通常)	水銀灯	曇天	晴天	蛍光灯
色温度 (K)	1800	2000	2700	3000	3000 3400	3700	4000	4500	5000	5200	5500	5800	6500 7500	8000	9500
光の色	電球色		温白色			白色			昼白色		昼光色				

色温度が持つ別の重要な影響として、目のピント調整を行う人間のメラトニンに与える影響が挙げられます。これは目の疲れの原因にもなります。

iii. ブライトネスインテリジェンス Plus 技術

ブライトネスインテリジェンス技術を強化するために、BenQ は「色温度調整」という強力な機能を独自の技術に追加しました。この新たな技術を「ブライトネスインテリジェンス Plus」(B.I.+) と呼んでいます。

図 3 : iii. ブライトネスインテリジェンス Plus 技術



色温度調整は、色センサーを使って周囲光の色温度と照明レベルを検知することによって機能します。センサーから得た情報に基づいてディスプレイが調整され、最高に快適な視聴体験になるように、最適な色温度と輝度レベルにコンテンツが表示されます。

iv. ブライトネスインテリジェンス Plus 技術のメリット

ブライトネスインテリジェンスのあらゆるメリットに加えて、ブライトネスインテリジェンス Plus (B.I.+) では次の二つのメリットがあります。

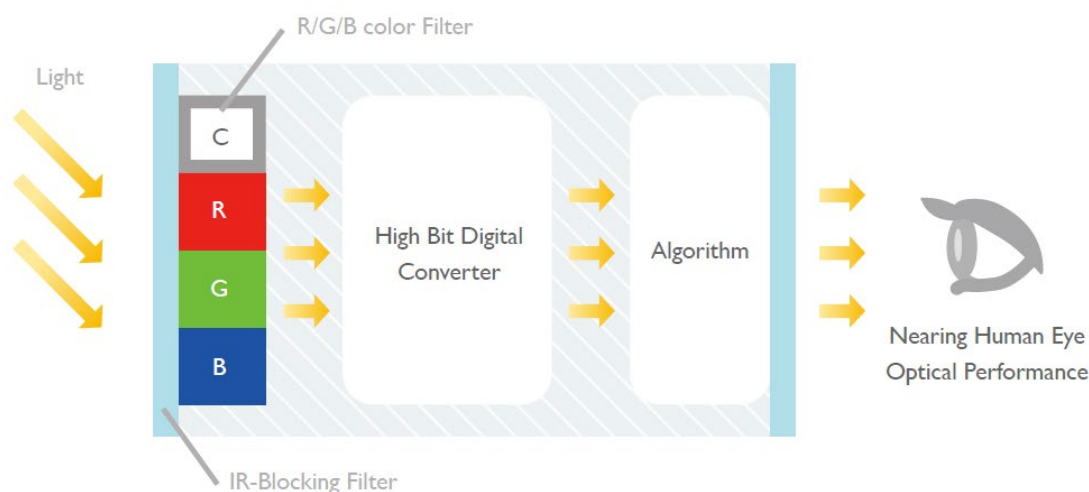
- ・あらゆる照明環境で目の疲れを軽減する - アンビエント照明のレベルとその環境の色温度を検知します。ディスプレイの輝度と色温度を調整することで、人間にとって最も快適な視聴体験を提供します。
- ・元の色をそのままに、絵に描いたようなコンテンツを再現する - 色階調の滑らかさを確保しながら色相と彩度を向上させるため、活気にあふれる原色がそのまま再現されます。

v. 色センサー

それでは、ディスプレイはどのようにして照明の種類を判断しているのでしょうか。実は、秘密があるわけではなく、色センサーがすべてを行っています。では、色センサーはどのように機能するのでしょうか。図 4 は色センサーの構造です。色センサーの機能は、次のようにまとめることができます。

- ・赤、緑、青（RGB）のフィルターをかけたフォトダイオードと、透明なフォトダイオードを内蔵することで、人間の視覚系を模倣した明所視に近い反応になります。このセンサー配列構造によって、優れた光学性能で色を感知できるようになります。
- ・IR 遮断フィルターが IR スペクトル成分による干渉を最小限に抑えるため、RGB と色温度の値を正確に読み取れます。周囲の温度は、センサーが測定した RGB に影響しません。
- ・4 つの強力なアナログ - デジタル変換回路が、増幅したフォトダイオード電流を、色センサーシステムで使用できるように高位ビットのデジタル値に瞬時かつ正確に変換します。
- ・高度なアルゴリズムを採用することで、センサーの測定値から人間の視覚系に近い性能を再現しています。

図 4：色センサーの構造



vi. アンビエント照明センサー（ALS）色温度とディスプレイ色温度の比較

図 5 は、ALS 色温度とディスプレイ色温度の関係を表したものです。

a と c の部分はどちらも、周囲の色温度の変化に合わせて直線的に調整されています。この部分の調整は、ディスプレイと周囲の色温度に一貫性を持たせることによって、色温度の変化による目の疲労を軽減することを目的としています。一方 b の部分では、最適な視聴体験を提供するために、ディスプレイの色温度は標準的な色温度である 6500 K に保たれています。

図 5：ALS 色温度とディスプレイ色温度の比較

