

TOSHIBA TELI CORPORATION

4-7-1, Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065, Japan

マシンビジョンにおける 分光特性と出力映像について

～ 撮像素子・照明・光学フィルターなどの影響 ～

マシンビジョンでは、白黒カメラはもとよりカラーカメラでも赤外カットフィルター（IR カットフィルター：IRCF）の無いタイプが用いられることがあります。ここでは、カラーカメラにおける IR カットフィルターの有無による違いを中心に、カメラ、照明、及び光学フィルターなどの分光特性が、最終的なシステムとしての映像出力信号の強度に対し影響を及ぼす理由などについて解説いたします。

■ 画像センシングでの光

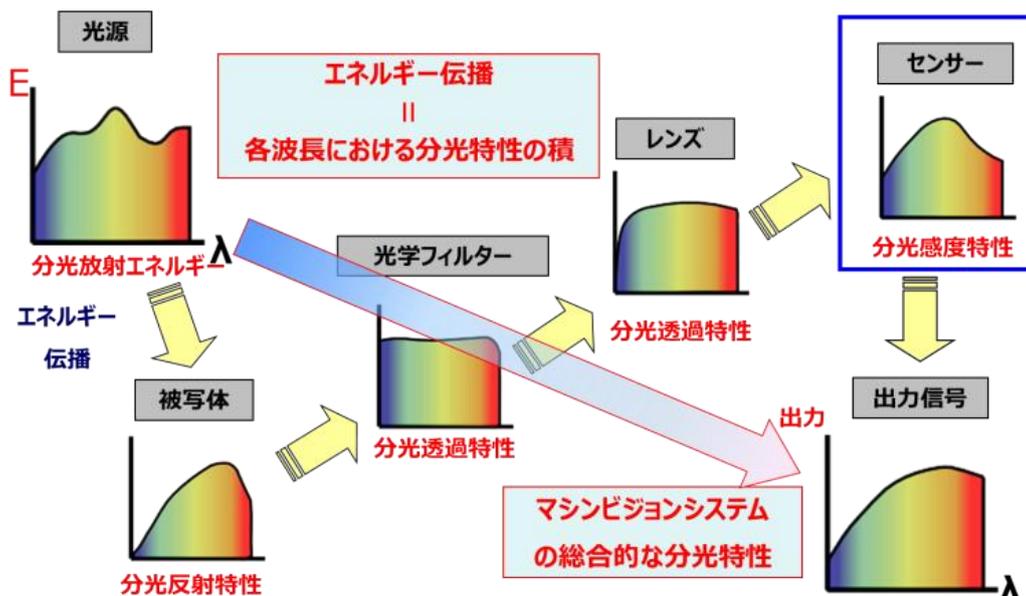
色とカメラからの出力映像

被写体の持つ色や明るさがカメラから映像信号として出力されるのは、光源の持つ光エネルギーが光学システム内を伝播することで、総合的な分光特性に変化され、これによる最終的な光エネルギーが撮像センサーで光電変換されることで、色に応じた強度をもつ電気的な信号として出力されるからです。

光エネルギーの伝播

光エネルギーの伝播は、下記の要素による“各波長における分光特性の掛け算”となり出力されます。

- 照明光源： 分光放射エネルギー
- 被写体： 分光反射率，又は分光透過率
- 光学フィルター： 分光透過率
- 撮影レンズ： 分光透過率
- 撮像センサー： 分光感度特性，オンチップカラーフィルター特性



各要素独自の分光特性

先に示した個々の要素は独自の分光特性を持っています。

例えば白色の照明光源の場合でも、蛍光灯とハロゲンランプとでは分光特性（分光放射エネルギー）が違うので、同じ撮像センサーのカメラで見ても、色が違って見えることになります。（偶然同じに見えることがあるかもしれませんが。）ヒト（人間）の眼では、白色と感じるエネルギー分布に対して、相対的に短波長側のエネルギーが多いと青めに、長波長側のエネルギーが多いと赤めに見えます。カラーカメラでも同様に検出するため、RGB 各色のバランスを調整し“色温度補正（設定）”を行っています。なおヒトの場合は、若干の分光エネルギー変化に対し眼の波長別の応答特性を変化させ、同じ色に見えるよう調整する性質（色の恒常性）があります。

また可視光（Visible: Vis）周辺の、紫外線（Ultra Violet: UV）や赤外線（Infrared: IR）と云われる波長領域については、ヒトとカメラとで異なる認識（検出）が為されます。

■ 赤外線の影響と IR カットフィルター（IRCF）の効果

赤外線

ヒトの眼は可視光（Vis）の範囲である 400～760 nm 程度の波長しか認識できません。また照度計や輝度計はヒトの視覚に感度を合わせているので、やはり約 400～760 nm しか検出できません。

それに対し、一般のカメラに使用している撮像センサーはシリコンにて作られていることから、赤外線（IR）側の感度は約 1100 nm（1.1 μm）まで伸びています。この撮像センサーを可視光用途で使用する場合は、可視光外の波長である約 760～1100 nm の範囲の赤外光（IR 光）が、カメラの出力映像に何某かの影響を与えています。

なお紫外線（UV）については、一般には撮影レンズの透過率により減衰し、出力映像に対してはあまり影響を与えません。

赤外光による不要光の発生，カラーバランスの崩れ

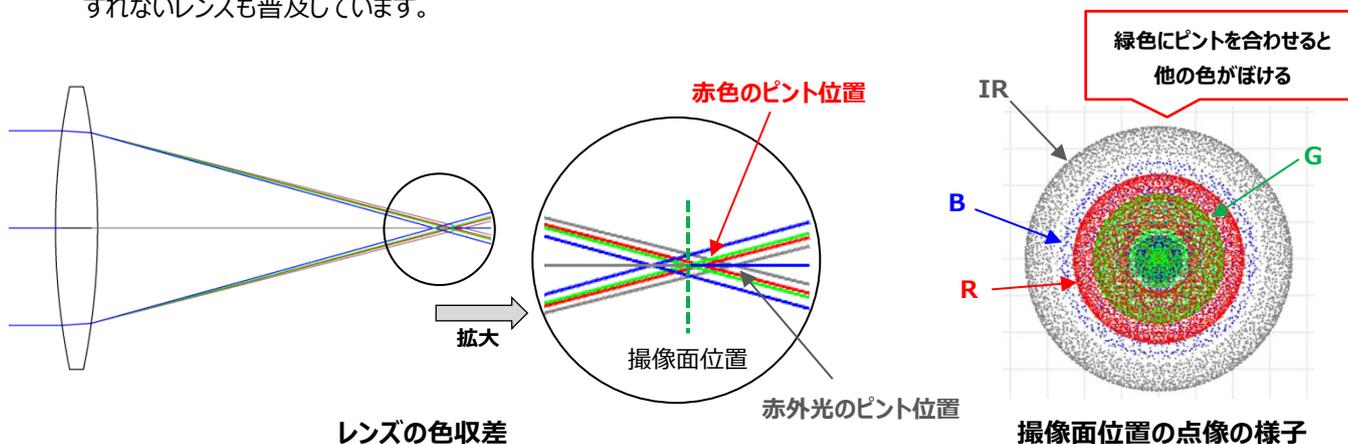
可視光域で用いるカメラシステムへ赤外線を含む光が入射する場合は，目視できる光の明るさや照度計の値以上の強度でカメラの映像信号が出力され，より明るく映ります。また IR 光のみの場合は“照度が 0ルクスなのに明るさを検出する”こととなります。

カラーカメラの場合は，撮像素子の各画素に組み込まれたカラーフィルターの特性によりますが，可視光成分に赤外線成分も付加されてしまい，カラーバランスが崩れてしまいます。

赤外光による撮影レンズの解像力（分解能）の低下

通常のカラーカメラは可視光範囲のみを取扱いますので，それに使用する撮影レンズも可視光のみの範囲で色収差補正を行っています。このようなレンズの場合，赤外光と可視光とが混在した状況においては，可視光に対し赤外光の結像する位置がずれてしまい，どちらかが大きく広がった状態で撮影されます。よって赤外光を含む場合は，可視光のみでの使用に対して光を一点に集束するのが難しいため，解像力が低下します。

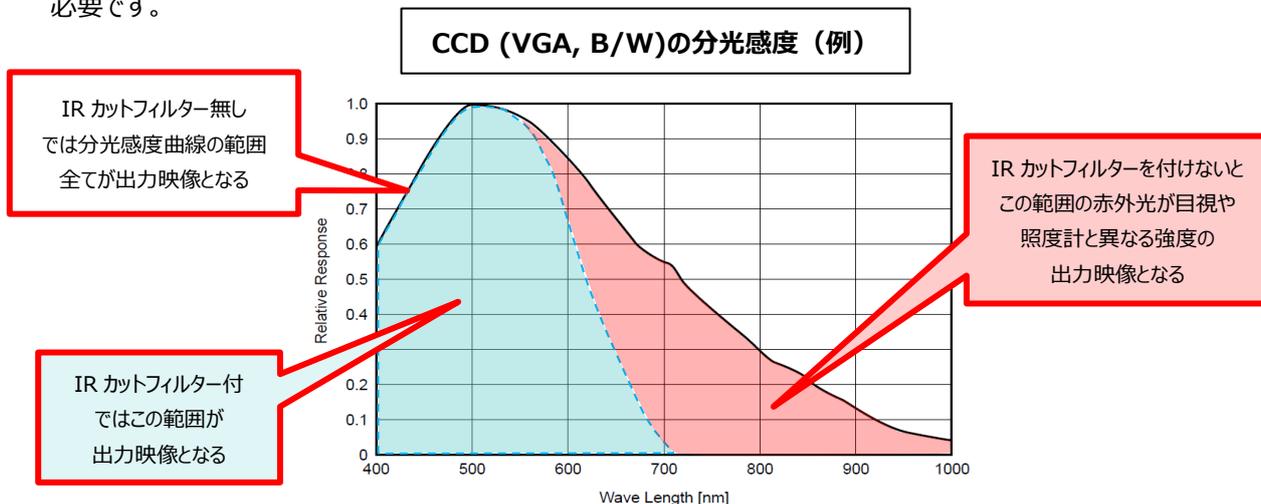
なおセキュリティ用としては，夜間の赤外線撮影に対応するよう，デイナイトレンズという可視光と赤外光とでピントのずれないレンズも普及しています。



IR カットフィルター（IRCF）

赤外光に対しては，撮像センサー，あるいは光源を含む撮像光学系内に“IR カットフィルター（IRCF）”を追加することで影響を軽減・除去することが可能です。

また可視光と赤外光とを併用する場合は，可視光で使用する際に IRCF を挿入するか，赤外線成分の無い可視光光源を利用することをお薦めします。なおこの場合でも，可視光と赤外光との色収差によるピントずれを考慮することが必要です。

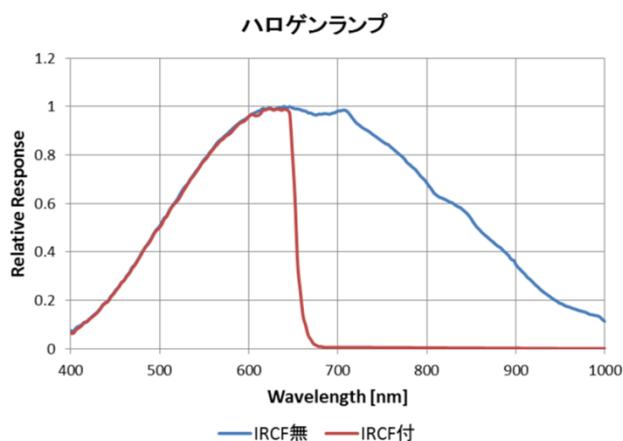


ハロゲンランプ光での IRCF の効果

一般的なハロゲンランプ光は赤外光を含んでいるため、そのまま光源として使用した場合は先に述べた赤外光の影響を与えます。例えばカメラ評価用のハロゲンランプ式パターンボックスでは、蛍光灯式と同じ色温度のものでも赤外光を含むため、レンズの性能にも依りますがチャートのコントラストが悪い場合があります。

参考としてハロゲンランプ光源と IR カットフィルターの有無による、カメラからの映像出力信号の分光特性例を示します。

- 撮像素子： CCD (VGA, B/W)
- IR カットフィルター： 干渉形 IR カットフィルター (“B”シリーズカメラ用)
- 波長： 400-1000 nm



ハロゲンランプ光源と赤外カットフィルター（IRCF）有無時の画像とコントラスト

	チャート画像	Edge Spread Function	Modulation Transfer Function
IRCF 有り			
IRCF 無し			