

## 画像センサの許容錯乱円と被写界深度の関係

投稿日時: 2006/06/25

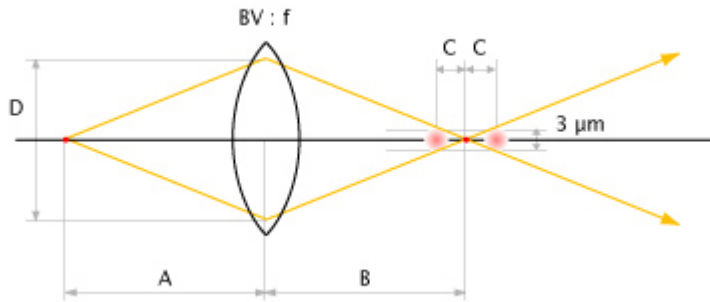
カメラで写真を撮るとき、ピントが合っているように見える奥行範囲のことを**被写界深度**といいます。その原理を考えてみます。



理想的な固定レンズにおいて厳密にピントが合っている場所は、**レンズ平面軸と平行な、ある一つの平面上**のみです。これは例えば、ピントが合うのはレンズから正確に1 m離れた平面のみ、その平面から1 mmでも前後する平面はボケる、という具合です。

しかし、一般的なカメラで写真を撮ったとき、正確に1 m離れた平面上にあるもの以外全てがボケていることは稀です。実際にはその少し前後にもピントが合っているように見える範囲があります。その範囲のことを**被写界深度**と呼びます。

被写界深度を下図で見ていきます。下図は、左側の赤い点の光がレンズを通り、右側の撮影素子上に収束し、像を結ぶ様子を示したものです。



このとき撮影素子側を前後にCだけ動かすと、光の収束度が弱まってある程度の範囲に散らばることがわかります。この散らばりがボヤけなのですが、このボヤけた範囲のことを**錯乱円**と呼びます。今度は赤い点光源を前後に動かすことを考えます。この場合は光の軌跡が変化しますので、撮影素子の前か後ろのどちらかで収束し、撮影素子上には錯乱円が置かれることになります。これは例えば、顔を撮影しようと鼻から来た光にピント合わせて撮影素子上で収束させた場合、鼻より後方の頬から来た光や額から来た光は撮影素子より後ろで収束するために撮影素子上では錯乱円状になっている、という感じです。

ポイントは、この錯乱円が画素よりも大きいかどうか。錯乱円の大きさが、センサ画素ピッチ（フィルムの場合は、塗布された感光性物質の粒子）よりも小さい場合、得られた画像からは「強く収束している一点」と「ボヤけた錯乱円」を区別することはできません。撮影素子は、光全体の強さが同じならば「ひとつの画素のごく一部に当たった光」と「ひとつの画素全体に当たった光」を区別することができないので、どちらも同じ光として信号処理します。その結果、どちらもピントがあっているように見える画像を生成します。

このような原因で区別できない最大の錯乱円の大きさを、**許容錯乱円**とよびます。今ちょうど手元にあるデジタルカメラの撮像素子は1/1.8型CCD、約410万画素なので、その画素ピッチはおおよそ3 μm。すなわち許容錯乱円の直径は3 μm程度ということになります。許容錯乱円の直径がわかれば、上記の図内にあります、物体距離A、像距離B、絞りD、焦点距離fの関係から、被写界深度Cを計算で求めることができます。

定性的には、被写界深度を大きくするためには、

- **物体距離Aを大きくする**（遠距離の被写体にピントを合わせる）
- **絞りを絞り込む**（絞りDが小さくなると**像面の光束**が  $\angle$  から  $\angle$  となって錯乱円が広がらない、すなわち、どの位置の光にもピントが合う）
- **焦点距離fを小さくする**（焦点距離が小さい広角レンズほど、被写体が前後に動いた時の像面の前後移動が小さい＝どの位置の光も許容錯乱円に入ってしまう＝どの位置の光にもピントが合う）

とすればよいことがわかります。

表示モニタのdpiとの関係はまた別の話。

Related posts:

1. [視力検査時の赤緑テストの原理](#)
2. [Panasonic LUMIX GX7 を購入して気付いたこと](#)
3. [部屋干しの臭い発生原理とその対策法](#)
4. [うるう年（閏年）の原理](#)
5. [ニッケル水素電池とリチウムイオン電池の充放電原理と特徴](#)
6. [炎色反応と花火の発光原理](#)
7. [ブリキとトタンとイオン化傾向](#)
8. [雷の位置の計算方法](#)
9. [バーコードの仕組みと作成方法](#)
10. [ラジコンボール Sphero 2.0 を購入して気付いたこと](#)

カテゴリー: [テキスト](#), [科学・物理化学](#), [電子・情報](#) タグ: [CCD](#), [CMOS](#), [カメラ](#), [ピント](#), [レンズ](#), [原理](#), [画像センサ](#), [画素ピッチ](#), [被写界深度](#), [許容錯乱円](#), [錯乱円](#) 作成者: [piyajk](#) この投稿のパーマリンク [<http://piyajk.com/archives/408>]

“画像センサの許容錯乱円と被写界深度の関係” への2件のコメント

がばま

2014/02/22 15:04 より:

お世話になります

まさに今、許容錯乱円と被写界深度の関係について調べておりまして、Googleから跳んできました。許容錯乱円と被写界深度とピッチの関係の説明が大変勉強になりました。

ありがとうございました。

piyajk

2014/02/23 11:17 より:

恐縮です。

ありがとうございます。