



第7章 高精度なオート・フォーカスや ホワイト・バランスなどを実現するために

カメラの自動調整のしくみと 画像評価方法

漆谷 正義
Masayoshi Urushidani

CCDやCMOSイメージ・センサを使って、ビデオ・カメラやデジタル・スチル・カメラを設計するときには、**オート・フォーカス(AF)**、**オート・ホワイト・バランス(AWB)**、**オート・アイリス(AE)**などの自動調整機構が必要となります。

これらの機構は、録画ボタンやシャッターを押すだけでよい「簡単操作」を実現するものですが、対象が画像であるため人間が対象を認識するほどには正確に追従できません。

ここでは、この自動調整機構をもつ画像記録機器の画像評価方法を紹介するとともに、自動調整機構の原理についても少し踏み込んで紹介します。

● イメージ・センサがどんなに進化しても自動調整機構の原理は変わらない

ビデオ・カメラの記録メディアは、磁気テープから、HD、DVD、そしてフラッシュ・メモリへと変化しています。特にフラッシュ・メモリの容量は8Gバイト

に達しており、画像圧縮技術の進歩とともにメカ・レスの方向に急速に進んでいます。

一方、デジタル・スチル・カメラのイメージ・センサの画素数は今では1400万画素に達し、デジタル・ハイビジョンの普及とともに、ビデオ・カメラも300万画素が普通になってきました。カメラ付き携帯電話でも、200万画素を越えるものが出てきました。

これらイメージ・センサと記録媒体の進化に比べて、レンズを含む光学系や、オート・フォーカスなどの**自動調整機構は、小型化、高性能化は進んではいますが、原理や方式は大きく変わっていません。**

オート・フォーカスのしくみと 画像評価

■ AFの基礎知識

● 高倍率ズーム機能を実現するレンズ群

ビデオ・カメラは、高倍率(光学10倍程度)のズー



(a) ビデオ・カメラのレンズ構成



(b) (a)の③の手前に入るアイリス機構

写真1 一般的なビデオ・カメラのレンズ構成

Keywords

オート・フォーカス, AF, オート・ホワイト・バランス, AWB, オート・アイリス, AE, 前玉レンズ, 変倍レンズ, フロント・レンズ, ズーム・レンズ, 第1マスタ・レンズ群, 第2マスタ・レンズ群, オプティカル・ロー・パス・フィルタ, フォーカス・チャート, コリメータ

ム機能が必要とされるため、写真1(a)のように多くのレンズ群から構成されています。

第1群レンズ①は、前玉(フロント)レンズとも呼ばれ、非球面凸レンズです。

第2群レンズ②は、変倍レンズ(ズーム・レンズ)で凹レンズです。バリエータともいいます。レンズ②はズーム・モータで前後に移動するようになっています。バリエータがイメージ・センサ側に行くにつれ、焦点距離が長くなり、 F ナンバ(注)が大きくなります。

第3群レンズ③は、第1マスタ・レンズ群とも呼ばれ、凸レンズです。③の前には写真1(b)のような絞りが入っています。写真1(b)の右側の箱は、絞り(アイリス)を駆動するためのモータ(針式メータと同じ原理)が入っています。

第4群レンズ④は、第2マスタ・レンズ群またはリレー・レンズとも呼ばれ凸レンズで、イメージ・センサ上への焦点位置を決める役割を果たし、フォーカス・モータで前後に移動するようになっています。

⑤はモアレ低減用のオプティカル・ロー・パス・フィルタ、⑥はイメージ・センサです。なお、光学式手ぶれ補正を行う場合は、③と④の間に光軸に垂直な平面に動くレンズを入れます。

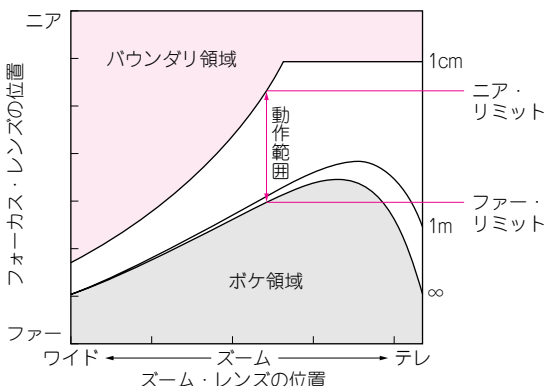


図1 ズーム・トラッキング・カーブ

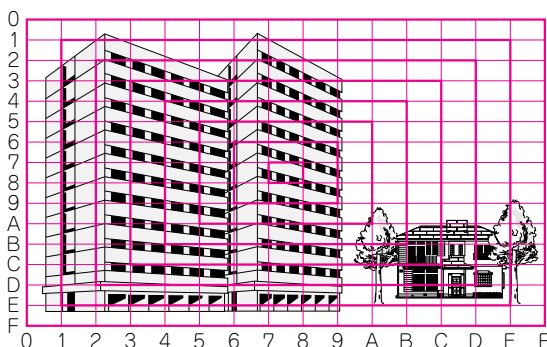


図3 オート・フォーカス用の画面枠の例

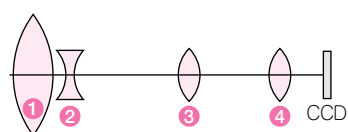
● AF動作の鍵…ズーム・レンズとフォーカス・レンズの位置制御

ズーム・レンズ②とフォーカス・レンズ④は独立して動かすことはできず、被写体距離とズーム位置に応じてフォーカス・レンズ④の位置制御が必要です。

この関係は図1のようなズーム・トラッキング・カーブによって表されます。横軸がズーム・レンズの位置、縦軸がフォーカス・レンズの位置です。上方のバウンダリ領域(マクロ1cmの水平部分)は、レンズが機械的に動ける限界です。

図1を見ただけではわかりにくいので、図2に代表的な四つのケースでのレンズ位置を、画角を示す写真2とともに示しておきます。このように、ズーム中は、図1の曲線に沿ってフォーカス・レンズを動かす、つまりトラッキングを取るわけですが、これを機械的なカムなどの回転機構を使わずに、モータを使ってリニアに動かすのが普通です。また、ズーム・スピードも数秒と高速であるため、フォーカス・レンズのトラッキングもこれに高速に追従しなければなりません。

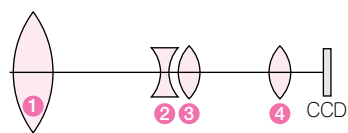
このように、ズームとフォーカスは密接な関係があり、AFの設計と評価ではズーム機能が重要な要素となります。



(a) 遠距離・広角



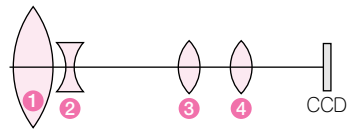
(a) 遠距離・広角



(b) 遠距離・望遠



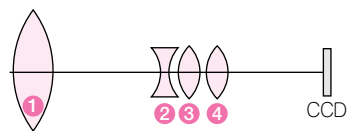
(b) 遠距離・望遠



(c) 近距離・広角



(c) 近距離・広角



(d) 近距離・望遠



(d) 近距離・望遠

図2 オート・フォーカスにおけるレンズ位置の代表例

写真2 図2(a)~(d)での撮影例

Fナンバ▶ F-numberの略。画像センサへ入る光量はFナンバの2乗に反比例する。つまり、Fナンバが大きいと画像センサへの入射光量は少なくなる。