《7》 「位相差画素内蔵撮像センサ」による高速AF

遠藤 宏[†]

キーワード 位相差AF, 撮像素子, 高速AF

1 ま え が き

カメラのオートフォーカスには、コントラストAF、位相差AF等、さまざまな種類があるが、一般的にコンパクトデジタルカメラでは、コントラストAFが使われている。コントラストAFはAF専用デバイスが不要であり、コスト、サイズを考えた場合、最も効率が良い方式のためである。しかし、コントラストAFはフォーカスレンズを動かしながら、コントラストが最も高くなるフォーカス位置を探すため、AF速度が遅いというデメリットがあった。そこで当社は、「撮像センサを用いた位相差AF」という新たなAF方式を開発した。本稿では、このAF高速化手法について解説する。

2 コンパクトデジタルカメラのAF高速化

AF高速化の手段として、コントラストAFのアルゴリズム改善の他に、複数のオートフォーカス方式を持ったカメラも発売されてきた。弊社のデジタルカメラでは、10年以上前に、3種類のAF（アクティブAF+外光パッシブAF+コントラストAF）（図1）を搭載し、比較的最近では、2種類のAF（外光パッシブAF+コントラストAF）（図2）を搭載している。外光パッシブAFを用いることで、概略の被写体距離を測定し、コントラストAFのサーチ範囲を狭めている。しかし、外光パッシブセンサは、撮影レンズと異なる光学系を用いてAFを行っているため温度変化の影響を受けやすく、コントラストAFを併用する必要があるため、AF速度の改善にも限界があった。また、当然ながらコストUP、サイズUPというデメリットもあった。

3 一眼レフカメラのAF

一方、高速AFで知られている一眼レフで用いられてい

図1 従来機種のAFセンサ1（口絵カラー参照）

図2 従来機種のAFセンサ2（口絵カラー参照）

るAF方式が位相差AFである。図3に示すように、結像面の後方にAF専用センサを配置し、セパレータレンズで瞳分割した像の間隔からピントのずれ量を求める。撮影レンズを動かさなくとも、前ピン、後ピンが判断でき、またピントのずれ量も計算可能なため、高速AFが可能である。ただし、撮像面の後方に集光レンズ、セパレータレンズを設ける必要があり、一眼レフでは図4のようにサブミラー

* 本稿の著作権は、著者に帰属致します。

[†]富士フイルム株式会社 R&D統括本部 電子映像商品開発センター
"Phase Detection Pixel Built-in Image Sensor" to Realize High Speed Auto Focus" by Hiroshi Endo (Electronic Imaging Products Development Center, Research & Development Management Headquarters, Fujifilm Corporation, Saitama)

図3 一眼レフの位相差AF原理図

図4 一眼レフの位相差AF構造図

で反射させ、サブミラー下部にそれらを配置している。この構造はコンパクトデジカメでは実現が難しかった。

4 撮像センサ位相差AFへのアプローチ

一眼レフと同様の構造では大型化が避けられないため、結像面（撮像センサ上）で位相差が得られることが望ましい。そのためには、レンズもしくは撮像センサを改良し、瞳の一部を通過する光線のみを得る必要がある。レンズを改良する案として、撮影レンズにAF用の絞りを挿入するという方法がある（図5）。しかし、この方式では、位相差を得るために、絞りを切替える必要があり、AF時間の増加に繋がる。また、絞りを切替える間に被写体が動いてしまうという問題もある。そのため、撮像センサを改良する案で開発を進めた。具体的には、フォトダイオードの一部をマスクし、撮像センサで一部の光線のみを受光するという方法（図6）である。フォトダイオードマスク方式ならば、位相差情報を時間差なく得ることが可能である。今回はG画素の一部にマスクを追加している。

4.1 撮像センサ位相差AFの原理

撮像センサを用いた位相差AFも、瞳分割して得られた二つの画像の位相ずれ量を求め、そこからピントずれ量を計算する（図7）。位相ずれは画素の右側をマスクした画素列（位相差画素A列）と画素の左側をマスクした画素列（位相差画素B列）の画像を比較することで、求めることが可能である（図8）。

図5 絞り切替方式による、撮像センサ位相差AF構造図案

図6 フォトダイオードマスク方式による撮像センサ位相差AF構造（口絵カラー参照）

図7 位相ずれとピントずれの関係

図8 位相差画素列

図9 デフォーカス時の「位相差画素」出力

前ピン/後ピンのときで、位相差画素A列とB列のずれ方向が逆になるため、ピントのずれ方向も判断可能となる(図9)。マスクがない通常画素では、ピントがずれても、位相ずれが発生しないため、ピントの方向は判断できない(図10)。

4.2 撮像センサ位相差AFの効果

撮像センサ位相差AFを用いることで、当社測定条件において、最速0.158秒というAF時間を達成した。

4.3 撮像センサ位相差AFの課題

撮像センサを改良する方式では、位相差情報は時間差な

図10 デフォーカス時の「通常画素」出力

く得られる代わりに、位相差画素は一部の光線のみを受光することで、感度が低下してしまう。そのため、従来と同様の画像処理では、位相差画素が撮影画像で見えてしまうという問題がある。

その対策として、周辺画素から補間して画作りを行っている。また位相差画素にはGのカラーフィルタが配置されているため、感度は低いがGの情報が得られている。そこで、撮影シーンに応じて、位相差画素のG情報も画作りに用いることで、さまざまなシーンで位相差画素の影響を受けないように、画作りを行っている。

また今回、位相差AFは画面中心部のみとしており、画面周辺部に主要被写体があることがあるオートエリアAFモードでは、コントラストAFに切替えることで対応している。上記モードでも位相差AFによる高速AFを実現するためには、演算処理の高速化が必要であり、今後の課題となる。

5 む す び

コントラストAFの進化もめざましいものがあるが、いまだにAF時間の高速化を求める意見は多い。その答えとして開発してきたのが、撮像センサを用いた位相差AFである。ただし、本方式でも、被写体によってAF時間が長い場合があり、改善の余地は大いにある。今後ともご愛用者の意見を取り入れ、撮りたい被写体を逃さない「デジタルカメラ」の実現にむけて開発を進めていきたい。

(2010年10月5日受付)

遠藤 宏 ひろし
1998年、東北大学大学院修士課程修了。同年、富士写真フイルム(株)入社。入社後、一貫して、フイルムカメラ、デジタルカメラの光学要素開発・製品化に従事。