

DSC用3D-AFシステムの開発

The Development of a 3D-AF System for DSCs

藤井 真一*
Fuji, Shinichi

前濱 新一*
Maehama, Shinichi

要旨

3D-AFシステムとは、コンティニュアスAF時に被写体の3方向（XYZ軸方向）の動きに追従してピントを合わせ続ける機能のことである。

①「新規開発の被写体自動追尾アルゴリズムによる縦横（XY軸方向）に動く被写体へのシームレスな追従機能」と、②「前後（Z軸方向）に動く主被写体に対しても高精度に追従し、シャッターを押してから撮影までの被写体移動量を正確に算出し、撮影時には常にピントの合った撮影を可能とする動体予測機能」の2つの新規機能のことであり、DimageA1で製品化を実現した。

本稿では、3D-AFシステムの技術内容について報告する。

Abstract

The revolutionary 3D-AF system featured in the Dimage A1 digital still camera (DSC) furnishes sharply focused shots of moving subjects by continuously tracking the subject on all three axes. The system's automatic tracking algorithm provides seamless tracking of horizontal/vertical movement on the XY axes. Simultaneously, its predictive focus function compensates for movement during the interval between shutter release and image capture when the subject is approaching on the Z axis. Presented here is the technology behind this innovative system.

1 はじめに

近年、デジタルスチルカメラ（DSC）市場では、レンズ一体型高画素／高倍率ズーム機の市場が大きく成長し、コニカミノルタでもDimage 7シリーズを2001年から発売している。しかし、カメラとしてのレスポンス、特にAF（オートフォーカス）の速度、精度ともに市場からは更なる向上を要望されていた。従来、コントラスト検出方式のAFでは原理的にレンズ交換式一眼レフカメラのTTL位相差検出方式のAF並の速度、精度を達成することは技術的に非常に難しいとされていた。しかしDimageA1（Fig. 1）では、コストアップとなる外部AFセンサー併用方式によるAFを搭載せずにコントラスト検出方式の

AFのみで高速／高精度化を実現することを目標として、業界初となる被写体の3方向（XYZ軸方向）の動きに追従してピントを合わせ続ける「3D-AFシステム」の開発に成功したのでその技術的特長を報告する。



Fig.1 DimageA1

2 AF高速／高精度化

AFを高速／高精度化するためにDimageA1ではDimage 7シリーズから以下の改良を行った。

2.1 AF演算部の専用ASIC化

AF演算部を専用ASICにすることによりAFの演算性能および合焦性能が向上した。またAF演算部の大部分をハード化したためAF演算処理時間を数msまで大幅に短縮できた。（Fig. 2）

2.2 フレームレートの高速化

AF中のフレームレートを更に高速にする事によりAF速度が向上した。CCDの部分読み出しを用いることによりフレームレートの高速化を実現している。

Dimage 7シリーズでは、AF中のフレームレートが60fpsであったのに対し、DimageA1では約100fpsとなった。

2.3 フォーカス駆動のシームレス化

フレームレート向上に伴い、フォーカス駆動速度も向上させた。Dimage 7シリーズでは、フレーム毎に間欠駆動を行っていたが、DimageA1では、フレーム毎にフォーカス駆動を停止させないシームレス駆動を行った。

このため駆動速度を変えずにフレーム当りのフォーカス駆動量を大きくすることが可能になり、フレームレ

*コニカミノルタカメラ㈱
デジタルフォト事業部 デジタルフォト開発部

トを向上させているにもかかわらずDimage 7 シリーズとDimageA1とはフレーム当りのフォーカス駆動量をほぼ同等にすることが出来た。

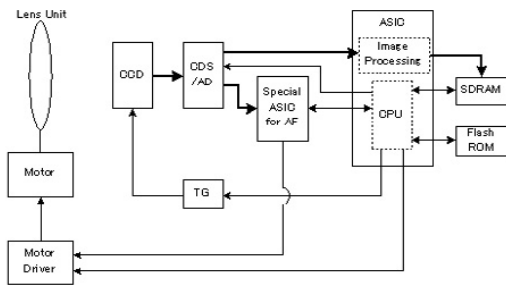


Fig.2 Block Diagram of "3D-AF system"

3 3D-AF の動作フロー

「3D-AFシステム」は、DimageA1ではコンティニュアスAFモードに設定することによって動作する。シャッター釦半押し (S1) で、ワンショットAF合焦後、XY軸方向及びZ軸方向の被写体自動追尾を継続して行い、シャッター釦全押し (S2) で本露光時までのタイムラグを算出して動体予測フォーカス駆動を行い撮影する。(Fig. 3)

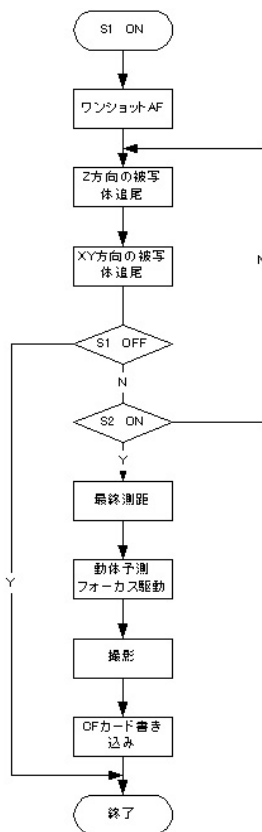


Fig.3 Flow chart of "Continuous AF mode"

4 動体予測 AF (Z 軸方向)

Z軸方向つまりカメラに向かって近づいてくる動体予測AFの目標レベルは、運動会で徒競走で走っている子供 (6~7/s程度) のゴールシーンをバストアップ ($\beta=1/20$ 程度) で合焦して撮影できることであった。

そのためには動被写体であっても、正確に測距を行い、向かってくる動被写体の速度を正確に求めることが課題であった。

4.1 S1 中の高速測距

ワンショットAF合焦後は、継続して測距動作を行う。測距は約100fpsのCCDの部分読み出しを用いて高速に行う。これは、通常のライブビュー時の24fpsのCCDの読み出しで測距を行うと動被写体のブレの影響を受けて信頼性の高いAF評価値の取得が出来なくなり正確な測距が出来ないからである。

約100fpsでの高速測距で動被写体のブレの影響を受けにくいとはいえ、全く影響が無いわけではないということと動体追従性能を考慮してフレーム当りのフォーカス駆動量をワンショットAFの測距時よりも大きくしている。

このようにフレームレートの高速化による高速測距と高速測距中のフォーカス駆動を大きくすることで目標の測距性能を達成している。

一方でCCDの部分読み出しで高速測距を行った場合、ライブビュー表示が出来ないという問題がある。これを解決するために高速測距のコマ間に通常のライブビュー時のCCDの読み出しを挿入することで高速測距とライブビューの両立をさせている。

ライブビューの表示更新レートは、ファインダーとしての見えも十分な実用レベルのものになっている。

4.2 S1 中の動体予測

S1中での高速測距の回数が所定回数に達したら被写体速度の算出を行う。被写体速度算出結果に応じて次回高速測距のためのフォーカス駆動範囲を調整する動体予測駆動を行っている。S1中でも動体予測駆動をすることにより移動速度が速い被写体でも被写体をロストすることなく高速測距動作を継続することが出来る。

4.3 S2 での動体予測撮影

S2が入ると最終の高速測距を行い、最終測距フォーカス位置 (X_1) と最終測距値以前の所定回数分の測距値を元に算出した被写体速度 (V)、最終測距タイミングから本露光までのレリーズタイムラグ (Δt)、重み係数 k により以下の式で本露光時の被写体のフォーカス予測位置 (X_p) を算出する。

$$X_p = X_1 + k \times V \times \Delta t \quad (1)$$

ここで重み係数 k を被写体速度に乘算しているのは測距誤差等を考慮して合焦確率をより向上させるためである。像面速度に応じて、実機のカメラでチューニングにより決定している。(Fig. 4)

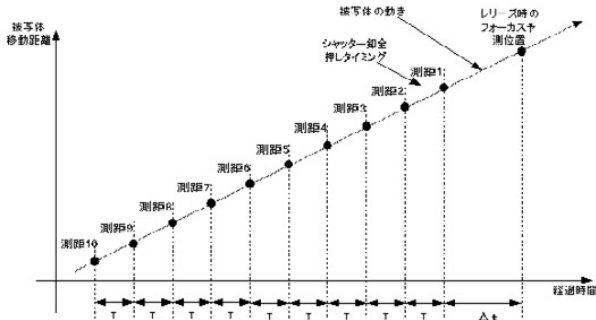


Fig.4 Conception Diagram of predictive focus

5 XY軸方向の被写体自動追尾アルゴリズム

XY軸方向の被写体自動追尾とは、ワンショットAF合焦後、被写体の上下・左右の動きに追従してAFエリアを移動させて被写体をロストしないように継続して高速測距を可能にする機能のことである。

XY軸方向の被写体自動追尾の目標レベルは、子供の運動会の入場行進、入学式の入場シーンを想定して120~130cmの子供が等身大 ($\beta=1/50$ 程度) で歩いている (1m/s) 状態に追尾することであった。

そのためには被写体の上下・左右の動き量を正確に検出するアルゴリズムを構築することが課題であった。

5.1 輝度情報による被写体動き検出

S1中の高速測距時のフレームレートが約100fpsであるため被写体の動き量をファームウェアで検出するための処理時間はわずか数msである。そこで効率的に高速かつ高精度に被写体の動き量の検出をするために、ASICによる画像処理演算結果から得られた輝度信号を用いてAFエリアを含む周辺の輝度分布を算出して現在のフレームと前フレームとの輝度分布の変化を調べる。

輝度分布の変化を元にAFエリアに存在する被写体のXY軸方向の動き量を算出するようにした。

5.2 肌色情報による被写体動き検出

XY軸方向の被写体自動追尾のメインターゲット被写体は子供のような動く人物である。特に人物の顔をAFエリアのターゲットにする場合が多いと考えられる。しかし、人物の顔は比較的コントラストの低い部分の面積が大きく、前述の輝度情報による演算では、十分な検出性能が得られない。そこで肌色情報を用いて動き検出をす

るアルゴリズムを新規開発することによってメインターゲット被写体である動く人物の追尾性能を向上させた。

5.2.1 肌色検出

AFエリア内の被写体が肌色被写体か否かの判定を行う肌色検出は、ASICによる画像処理演算結果から得られた色信号を用いて行っている。

色空間においてほぼ決まっている肌色分布領域を考慮して実機のカメラで詳細なチューニングを行い、肌色分布領域を決定した。決定した肌色分布領域内に存在する肌色面積を肌色判定の評価値とした。

実機によるチューニングによってAFエリア内の肌色面積が所定以上存在すれば肌色被写体と判断するようにした。

5.2.2 被写体動き検出

ワンショットAF合焦後、肌色被写体と判定されたら肌色評価値を毎フレーム算出する。AFエリアを含む周辺の肌色分布を算出して現在のフレームと前フレームとの肌色分布の変化を調べる。

肌色分布の変化を元にAFエリアに存在する肌色被写体のXY軸方向の動き量を算出するようにした。

5.3 信頼性判定

輝度情報および肌色情報による被写体動き量の2つの検出方法のいずれを優先して被写体の動き量とするかの判断をしなければならない。

まず、ワンショットAF合焦後、肌色被写体と判定されていなければ輝度情報による被写体の動き検出のみを行う。しかし、肌色被写体と判定された場合は、輝度情報と肌色情報による被写体の動き検出結果の信頼性判定を行い、信頼性が高い検出結果を採用するようにした。

このように2つの検出方法を適応的に切り替えることにより高精度に被写体の動き量を算出することが出来るようになった。

6 実写サンプル

DimageA1でテストした、「3D-AFシステム」の効果例を示しておく。

6.1 横方向へ歩行で移動する人物への追尾性能

およそ1m/sで横方向へ歩行で移動する人物を追尾しているライブビュー画像である。Fig. 5は、S1直後のライブビュー画像、Fig. 6は、画面中央まで追尾するライブビュー画像、Fig. 7は、画面端まで追尾するライブビュー画像である。

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

Fig.5 A start image of "3D-AF"

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

Fig.8 A start image of "3D-AF"

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

Fig.6 A image which follows to the screen center

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

Fig.9 A image just before image photography of "3D-AF"

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

Fig.7 A image which follows to the screen edge

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

Fig.10 A photography picture

6. 2 自転車に向かってくる人物撮影

およそ3m/sで走って向かってくる自転車の実写サンプルである。Fig. 8 は、S1直後のライブビュー画像、Fig. 9 は、S2直前のライブビュー画像、Fig.10は、撮影画像である。

S1中にXYZ軸の3方向に追尾して、撮影画像が合焦していることが分かる。

7 まとめ

今回の「3D-AFシステム」の開発によりDimageA1では、動被写体への追随性能が飛躍的に向上した。

その結果、これまでデジタルカメラで困難であったAFによる動被写体の撮影が可能になり、コニカミノルタのDSCにおけるAFの完成形を呈示することが出来た。

今後も更なる高速／高精度化を目指して開発を進めたい。

最後に「3D-AFシステム」の開発に係わり、協力して頂いた関係者各位に、深く感謝するとともに、お礼を申し上げます。