

α-7 DIGITALの手ぶれ補正技術

デジタル一眼レフボディ内蔵手ぶれ補正技術の開発

The Anti-Shake, Camera Shake Compensation Technology of the α-7 DIGITAL SLR Camera

高野 万 滋*
Takano, Manji

田 中 義 治*
Tanaka, Yoshiharu

中 村 公 彦*
Nakamura, Kimihiko

開 発 渉*
Kaihotsu, Wataru

要旨

レンズ交換式デジタル一眼レフカメラα-7 DIGITALに CCDシフト方式手ぶれ補正機能を搭載した。基本構成は、DiMAGEシリーズの機構の発展型で、大きく重いユニットを長ストローク、高速に駆動するために、アクチュエータを新規開発し、メカユニットを材料から見直すと共に、100種類に及ぶαレンズにおいて手ぶれ補正効果を得るために、レンズ情報を用いてぶれ量を正確に演算するシステムを搭載した。

Abstract

The α-7 DIGITAL (MAXXUM 7 D/DYNAX 7 D) SLR features anti-shake technology, a CCD shift type camera shake compensation system first introduced in the DiMAGE series of DSCs. For the α-7 DIGITAL, the system was further developed to accommodate the 100 kinds of α lenses available for use with the camera. Many of these lenses are relatively large and heavy units, so a new long-stroke, high-speed actuator was designed and constructed from optimum material. In addition, the anti-shake system was designed to automatically recognize and customize its operation for each and every α lenses that may be mounted on the α-7 DIGITAL.

1 はじめに

一眼レフカメラの交換レンズやデジタルカメラに、手ぶれ補正機能が搭載された製品が数機種発売されている。従来、これらの手ぶれ補正には「レンズシフト方

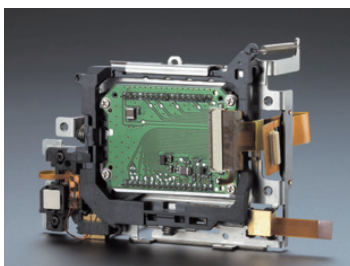


Fig.1 Sensor shift mechanism unit

式」と呼ばれる光学手ぶれ補正が使用されていたが、コニカミノルタでは独自の「CCDシフト方式」手ぶれ補正機能を搭載したDiMAGE A1、A2、Z3を製品化した。このCCDシフト方式手ぶれ補正には、補正のためのレンズを組み入れる必要がないため明るく高画質なレンズが設計できるなどいくつかの利点があるが、最大の利点は、レンズ交換式一眼レフカメラに搭載した場合、全ての交換レンズで手ぶれ補正が可能になるという点にある。今回、この機構をα-7 DIGITALに搭載したので、以下にその技術的側面を紹介する。

2 CCDシフト方式手ぶれ補正 (AS: Anti-Shake)

手ぶれの要因には、カメラを保持している人間の腕の筋肉振動(震え)によるものと、体全体の揺れによるものがある。このような震えや揺れの内、主に撮影画像に影響を与えるのは、Fig. 2に示すピッチとヨー方向の回転運動成分であり、その周波数は1~15Hz程度である。

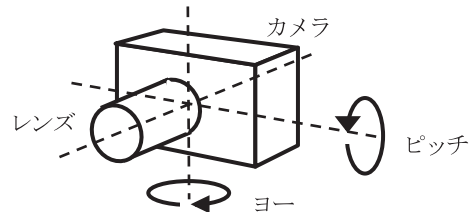
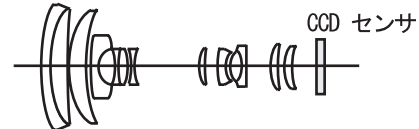


Fig.2 Direction of camera shake

手ぶれなしの状態



レンズ先端下方向へのぶれを CCD センサをシフトさせてうち消した状態

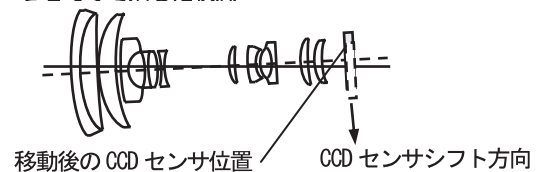


Fig.3 Camera shake compensation based on CCD sensor shift

*コニカミノルタフォトイメージング(株) カメラ事業部 開発部

この回転運動としてのぶれ量は、ピッチ方向成分とヨー方向成分に分けてそれぞれ1個の角速度センサを対応させて角速度を検出することで算出できる。手ぶれ補正は、検出された手ぶれの角速度とレンズ焦点距離などの情報を用いて光軸に垂直な平面内のぶれ量に変換して補正量を算出し、補正用の光学要素を移動させることで行う。

α -7 DIGITALのボディに内蔵した手ぶれ補正機構は、DiMAGE A1、A2、Z3でも採用したCCDシフト方式手ぶれ補正機構である。CCDシフト方式の原理をFig. 3に示す。CCDシフト方式での補正用の光学要素はCCDセンサである。レンズ先端下方向に手ぶれが発生した場合に、手ぶれによってCCDセンサの結像位置本来の位置からずれてしまうのを打ち消すように、CCDセンサを移動させる。

3 交換レンズ手ぶれ補正システム

3.1 レンズ情報とぶれ量

検出された手ぶれの角速度をぶれ量に換算するには、光学系固有の情報が必要となる。写真レンズにおいて、入射角と射出角が一致する主点 (principal points)、及び無限遠からの入射光 (平行光) が結像する焦点 (focal point)、そしてこの主点と焦点の距離を焦点距離 f とする。主点と結像面の距離を r とし、手振れ角を θ とすると、結像面上での手ぶれ量 x は、

$$x = r \times \tan \theta \quad (\text{式1})$$

で表わすことができる。被写体が無限位置の場合には、 r と f は等しくなり、結像面上での手ぶれ量は、

$$x = f \times \tan \theta \quad (\text{式2})$$

となる。ここでCCDセンサをぶれ量 x 分シフトすることで、検出された手ぶれを補正することができる。主点の位置は光学系固有の値であるが、ズームによってもフォーカスによっても光学系が変化するので、主点の位置はこれらの操作で移動する。Fig. 4に x と $f(r)$ と θ の関係、及び無限被写体の場合のズームによる主点位置変化を示す。焦点距離が75mmから150mmに変化すると、同じ手振れ角 θ でも、ぶれ量 x は主点位置の変化によって大きくなる。一眼レフシステムにおいては、焦点距離が大き

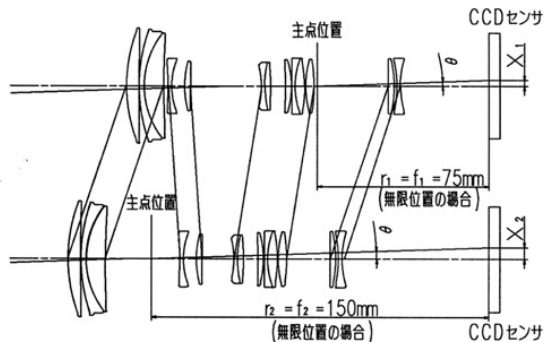


Fig.4 Degree of blurring as dependent on focal length

いので、ぶれ量も大きくなり、必要シフト量も大きくなる。また、一眼レフボディ補正の場合、レンズは交換式であり、交換レンズ個々の情報をカメラ本体が認識する必要がある。個々のレンズのズームによる変化、フォーカスによる変化もカメラ本体に伝える必要がある。

3.2 焦点距離繰り出し補正システム

α レンズシステムでは、レンズ個々にそのレンズに固有なデータ (焦点距離、開放絞り、等) をROM-ICに記憶している。ボディは、交換レンズと通信をおこなうことによって、交換レンズの固有なレンズデータを読み込む。得られたレンズデータに応じて、ボディ制御マイコンが絞りやAFなどのユニットを制御する (Fig. 5)。

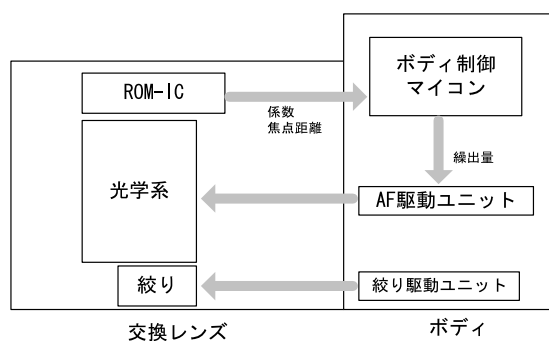


Fig.5 Identification of interchangeable lenses

交換レンズからカメラ本体に焦点距離情報は送っているが、これはフォーカスの無限位置での主点位置を示しているにすぎず、全フォーカス領域で正確に手ぶれの補正を行なうには、フォーカス操作によって移動した主点位置を認識する必要がある。 α システムはカメラ本体集中制御で、フォーカス駆動はカメラ本体側からAFカプラを介してレンズのフォーカス群を動かす。カメラ本体はAFカプラの回転角を常に認識しており、AFカプラの無限位置からの回転角と主点位置の関係が分かればカメラ本体側で手ぶれ補正制御が可能となる。 α -7 DIGITALではカプラ回転角を主点位置算出のパラメータとして使用する。ただし、SSM (超音波モータ搭載) レンズや、

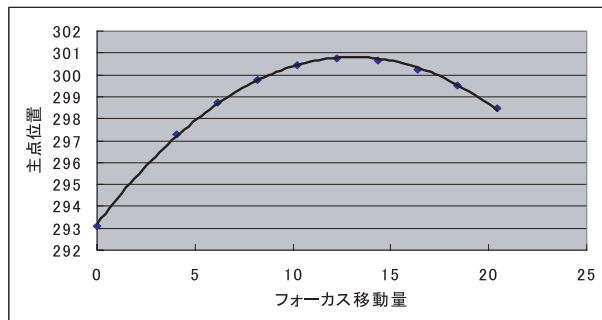


Fig.6 Relationship between coupler rotation and the principal point positions

STF (Smooth Trance Focus) レンズのようなマニュアルフォーカス専用レンズなどAFカブラを使用しないレンズでは、別の手段で主点位置を算出する。

フォーカス方式が全体繰り出しであれば、フォーカスによる主点の移動は1次式で表わせるが、他の方式の場合は複雑になる。本システムに最適な構成を検討した結果、2次式の近似表現で記述することとした (Fig. 6)。

今回、既に発売済みの全 α レンズの全ズームポジションにおいてこの近似係数を計算し、カメラ本体に搭載した。今後発売のレンズに関しては、レンズ内に算出した係数を搭載し、カメラ本体に情報を伝達する (Fig. 7)。

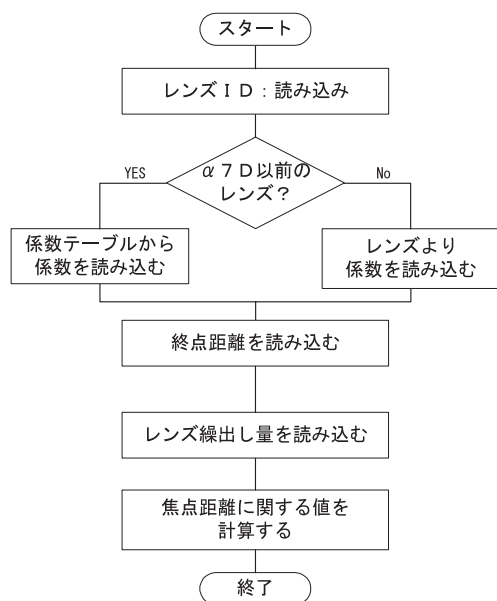


Fig.7 Communication of degree of compensation

3. 3 手ぶれ補正システム構成

Fig. 8 に手ぶれ補正システムのブロック図を示す。本手ぶれ補正システムでは、ボディ制御マイコンとは別のマイコンを用いて、手ぶれ制御 (一定周期で以下に示す処理を繰り返すデジタルサーボ処理) を行う。

- ①手ぶれ検出部 (角速度センサ) からの検出信号をアナログ信号処理回路で増幅し、手ぶれ補正マイコンに取り込んでAD変換する。
- ②取り込んだデータを積分等の信号処理を施し、角速度データをぶれ角度に変換する。
- ③カメラ本体もしくは交換レンズから主点位置の近似係数を読み出し、主点位置情報を用いて、ぶれ角度をCCDセンサ面上でのぶれ量に変換する。
- ④駆動部の位置検出部 (磁石とホール素子) からの位置信号をアナログ信号処理回路で増幅し、手ぶれ補正マイコンに取り込んでAD変換する。
- ⑤ぶれ量と位置信号から、CCDセンサの移動量を算出し、その量に応じて、アクチュエータを駆動する。

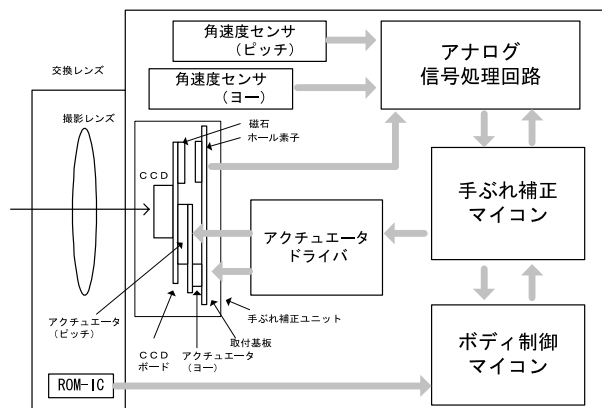


Fig.8 Block diagram of the anti-shake system

4 機構ユニット

4. 1 アクチュエータ機構

CCDシフト方式の手ぶれ補正機構に求められるのは、CCDセンサ移動の際の不必要な挙動を抑制する点にある。撮像素子を移動する際、ガタ等で光軸と垂直な面内及び光軸方向に傾くと、ブレとして画像に悪影響を与えてしまう。この課題を克服するため、駆動エンジンとしてDiIMAGEシリーズでも採用されているSIDM¹⁾ (Smooth Impact Drive Mechanism) を採用した¹⁾。

α -7 DIGITALのCCDはAPS-Cサイズで、一方DiIMAGE A2のCCDは2/3型であり、機構部品も含めると被駆動体の質量は約30gで、DiIMAGE A2の約3倍の負荷となる。また、 α -7 DIGITALに装着可能なレンズの最長焦点距離は600mmであり、DiIMAGE A2 (実焦点距離50mm) に対して12倍のストロークと速度が必要となる。 α -7 DIGITALの手振れ補正システムを開発するにあたり、焦点距離300mmでの3段補正を目標とし、実際のブレデータを解析することで、ストロークと速度の目標を設定した。必要とされる速度とストロークはDiIMAGE A2比で4倍となる。そのため、新たにアクチュエータを開発した。

Fig. 9 に α -7 DIGITALとDiIMAGE A2のSIDMの駆動エンジン部の構成を示す。アクチュエータの駆動エンジン部は圧電素子・駆動軸・錘で構成される。Table 1 に各部品の大きさを示す。

駆動軸は、被駆動体の質量アップ、ストローク確保のため直径と長さを大きくした。

圧電素子は、必要な発生力とストロークを確保するため、断面積と長さ (積層数) を増やした。SIDMでは、被駆動体の質量を3倍にすると、摩擦力も3倍必要となる。摩擦力を増やすと圧電素子の振幅が減少するが、断面積を増やすことで発生力を増し、摩擦力増加による振幅減少を抑えた。尚且つ、素子長さを長く (積層数を増やす) することで、圧電素子の振幅を稼ぎ、速度アップを図った。

更に駆動用ICとの最適化も図り、駆動のためパルス電圧値を上げて、必要な4倍の速度を達成している。駆動周波数は約40kHzの超音波領域である。

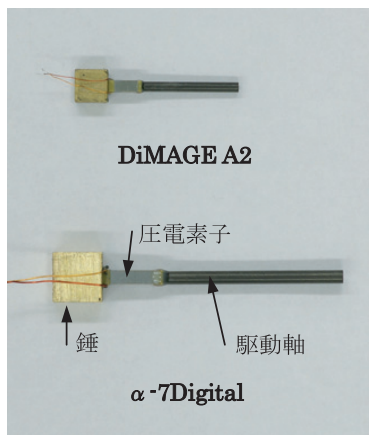


Fig.9 α -7 DIGITAL and DiMAGE A2 actuators

Table 1 Specifications of α -7 DIGITAL and DiMAGE A2 actuators

	α -7 DIGITAL	DiMAGE A2
圧電素子	2mm×2mm×9mm	1.65mm×1.65mm×5mm
駆動軸	ϕ 2mm×27mm	ϕ 1.5mm×15mm
錘	7.5mm×7.5mm×3.7mm	5×5×2.5mm

4. 2 スライダ構成

Fig.10に、 α -7 DIGITAL手振れ補正機構ユニットの構成を示す。機構ユニットの基本構成は、①ベース台板+②ヨー駆動用アクチュエータ と、③スライダ と、④CCDホルダ+⑤ピッチ駆動用アクチュエータ+⑥CCD+⑦LPF (図示なし) +⑧CCD基板 (図示なし) の3つのブロックから成る。

CCDの位置精度確保で重要となるのが③のスライダである。スライダにはピッチ、ヨーの両駆動軸の軸受けを設ける。軸受け部の構成は、V溝構造として円柱形の駆動軸をこのV溝部で受ける²⁾。DiMAGE A2では、スライダ本体とV溝部を一体のダイキャストで構成しているが、 α -7 DIGITALではスライダ本体とV溝部を別材料で構成した。SIDM駆動システムは摩擦力を利用した駆動方法であり、摩擦面の安定性が重要となる。駆動軸と接するスライダのV溝部とキャップ部には高い面精度と耐久性が要求される。一方、駆動速度を上げるためには、被駆動体の軽量化が望まれる。面精度・耐久性と軽量化を満たすため、スライダ材料を高剛性プラスチックとし、V溝部分を金属材料で構成するインサート部品とした。これにより、面精度・耐久性を確保しつつ、ダイキャストで同部品を構成した場合に比べて質量比1/2を達成した。

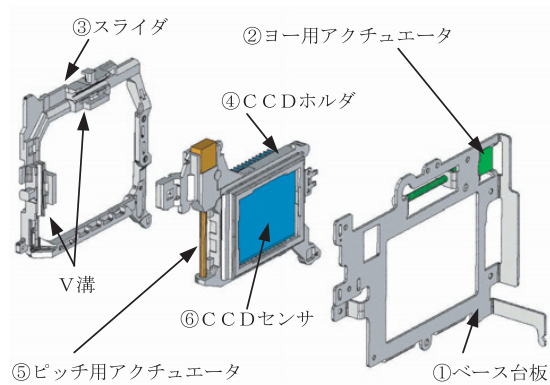


Fig.10 Construction of sensor shift mechanism unit

スライダのV溝と、同じくV形状のキャップ部材で駆動軸を挟み込み、スライダとキャップ部材を加圧スプリングで保持することで、駆動軸をV溝部に接する形で保持し、かつ駆動軸との摩擦力を作用させた。(Fig.11)

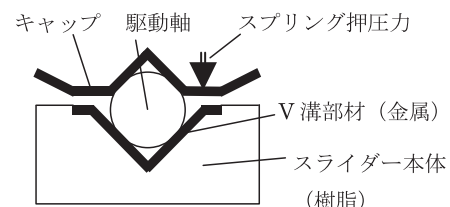


Fig.11 Construction of V shape groove

5 まとめ

以上のように、 α -7 DIGITALにCCDシフト方式手ぶれ補正機能を搭載することにより、累計1600万本に及ぶ発売済みのレンズを含む全てのレンズ^{※)}で手ぶれ補正を可能とすることができた。今後は、さらに高性能な手ぶれ補正を目指して開発を進めていきたい。

最後に、CCDシフト方式手ぶれ補正機能の開発に係わり、協力していただいた方々に深く感謝すると共に、御礼申し上げます。

※)AFマクロズーム 3X-1X F1.7-2.8を除く

●参考文献

- 1) 吉田龍一・岡本康弘・岡田浩幸
精密工学会誌、68、4、536 (2002)
- 2) 芹田保明・原吉宏・和田滋
KONICA MINOLTA Tech. Rep., 1、147 (2004)