

デジタル一眼レフ・カメラを解剖する

戸田 望

「組み込みシステム」とは、一般に、CPUやメモリなどのリソース制約、あるいはリアルタイム性など、いくつかの厳しい要求を課されたコンピュータ・システムを指す言葉である。しかし、こう説明しても、フレッシャーや学生、他分野のエンジニアなどには分かりにくい。そこで本連載では、組み込みシステムの全体像を理解するために、代表的な組み込みシステムを取り上げ、その内部構成や開発時の課題などを紹介していく。第1回目は、デジタル一眼レフ・カメラを取り上げる。(編集部)

現在のデジタル・カメラは、画像補正や画像圧縮といった画像情報処理を代表とする“情報系組み込みシステム”と、自動焦点合わせ(オート・フォーカス)や絞り制御、

シャッタの開閉といったメカ制御を代表とする“制御系組み込みシステム”が統合された、組み込みシステムの代表格と言えます。ここでは、カメラ/レンズ・メーカーであるシグマが新規に開発・発売したデジタル一眼レフ・カメラ「SD-14」を例に、組み込みシステムとしてのデジタル・カメラの内部について、解説していきます。

表1 SD-14の概要

項目	仕様
記録媒体	CompactFlash カード (Type I/II), マイクロドライブ, FAT32 対応
撮像素子サイズ	20.7mm × 13.8mm
撮像素子	Foveon X3 (CMOS)
カラー・フォト・ディタクタ(有効画素)数	約 1406 万画素 (2652 × 1768, 3 層)
記録方式	ロスレス圧縮 RAW (12 ビット), JPEG
記録画素数 (ファイル・サイズ)	RAW 方式 ● High モード: 2640 × 1760 画素 (約 13.3M バイト) ● Medium モード: 1776 × 1184 画素 (約 6.6M バイト) ● Low モード: 1296 × 864 画素 (約 3.3M バイト) JPEG 方式 (Fine, Normal, Basic の 3 種類の圧縮率で記録) ● Super High モード: 4608 × 3072 画素 (約 7.5M バイト, 約 4.6M バイト, 約 3.2M バイト) ● High モード: 2640 × 1760 画素 (約 3.3M バイト, 約 1.9M バイト, 約 1.3M バイト) ● Medium モード: 1776 × 1184 画素 (約 1.6M バイト, 約 0.9M バイト, 約 0.6M バイト) ● Low モード: 1296 × 864 画素 (約 0.8M バイト, 約 0.5M バイト, 約 0.3M バイト)
連続撮影速度	3 コマ/秒
インターフェース	USB 端子, ビデオ出力 (NTSC/PAL)
シャッタ・スピード	1/4000 秒 ~ 30 秒, バルブ (30 秒まで)
液晶モニタ	2.5 型 TFT カラー液晶モニタ, 約 15 万画素, 白色 LED バック・ライト付き
画像再生	1 コマ再生, 9 コマ・サムネイル表示, 拡大再生, スライド・ショー
電源	専用 Li イオン電池, 専用充電器, AC アダプタ
大きさ, 質量	144mm × 107.3mm × 80.5mm, 700g(電池を除く)

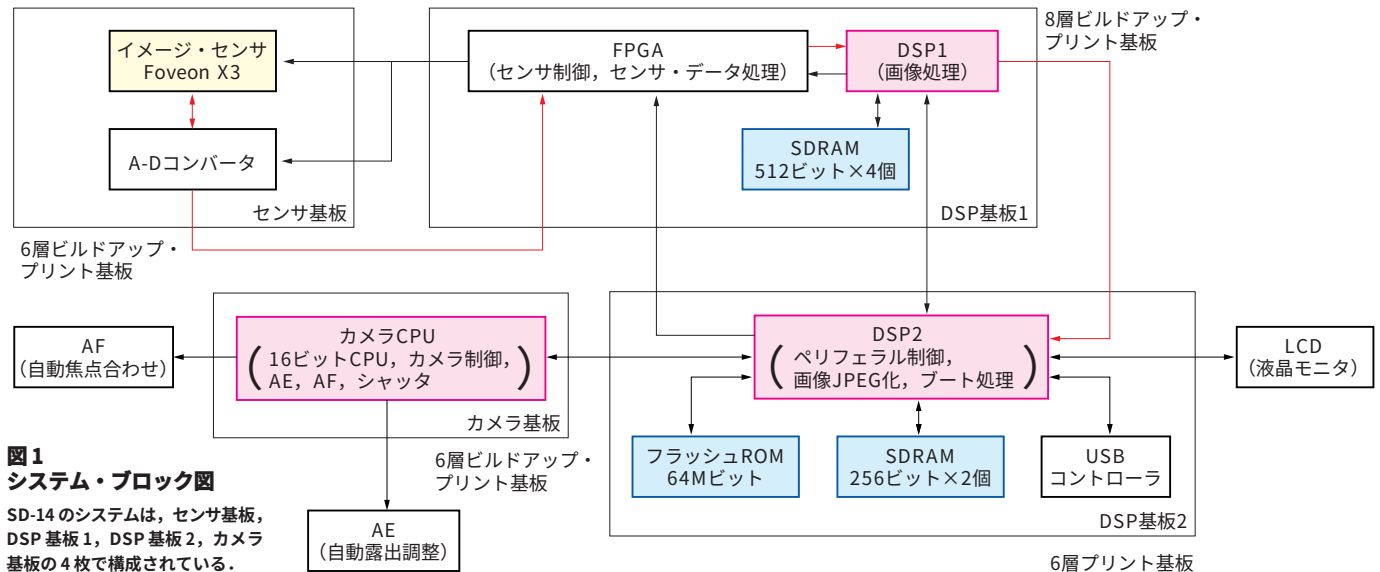
● 画質重視の撮像素子を採用

本デジタル一眼レフ・カメラの外観を写真1に示します。本機は、同社がこれまで開発・発売した SD-9, SD-10 の後継機にあたります。従来機種の利用者からの要望が高かった、さらなる高画素化を達成するとともに、ユーザ・インターフェース、およびカメラそのものの基本性能を高めました。

シグマの SD シリーズの最大の特徴は、撮像素子として Foveon 社が開発したイメージ・センサ「Foveon X3」を搭載していることです。これにより、RGB 全色を 1 ピクセルとして取り込み可能となっています(詳しくは後述)。SD-14 の総画素数は 1,445 万画素 (2688 × 1792 × 3 層)、有効画素数は 1,406 万画素 (2652 × 1768 × 3 層) です。これに



写真1 SD-14の外観



より、解像感と豊かな階調表現による立体感のある描写を両立しています。

このイメージ・センサをいかにうまく扱うかが、本機のシステム設計面での大きな課題となりました。SD-14では、Foveon X3 イメージ・センサのためにデジタル信号処理プロセッサ(DSP)を配置し、専用の画像処理を実行することでこの問題を解決しています。

本機は、イメージ・センサでとらえた光学画像情報をRAWデータのまま記録する方式と、JPEGによって圧縮記録する方式に対応しています。RAWデータは、光学画像情報が劣化しないロスレス圧縮方式です。一方JPEG記録は、ピクセル補間を行うことにより、Super High, High, Medium, Lowの4種類の大きさで記録できるようになっています。さらに、圧縮度に応じた画質の選択も行えます。上述のイメージ・センサ専用DSPとは別に、本機にはもう1個のDSPが搭載されており、このDSPが画像圧縮・伸長処理を担っています。

このほか、本デジタル一眼レフ・カメラは広視野のプリズム・ファインダや5点測距の自動焦点合わせ機能、秒間3コマの連写機能などを備えており、2.5インチ型、約15万画素の液晶モニターを通して操作します。これらの処理は、メカ制御を含めて、カメラ専用の16ビット・マイコン(カメラCPU)によって実現しています。

表1に、本デジタル一眼レフ・カメラの諸元をまとめたものを示します。

● 2 個の DSP と 1 個の FPGA で画像を作り出す

図1に本デジタル一眼レフ・カメラのシステム・ブロック図を示します。また、**図1**の中のセンサ基板、DSP基板1、DSP基板2を**写真2～4**に示します。それぞれの基板は**写真5**のようなイメージで、カメラのきょう体の中に収納されています。

システムは、光学情報の流れの順に、イメージ・センサ、A-Dコンバータ、FPGA(書き換え可能な汎用ロジックLSI)、2個のDSP、およびカメラCPUから構成されます。さらに周辺デバイスとして、メモリ(SDRAM、フラッシュROM)、液晶モニター、CompactFlashカード、およびシャッター、レンズなどの各種制御機器も内蔵しています。

以下では主要な構成要素について説明していきます。

1) イメージ・センサ

一般的なデジタル・カメラが採用しているイメージ・センサは、**図2(a)**のようにR、G、Bの3色がモザイク状に整列したカラー・フィルタを使用しています。このような構造の撮像素子の場合、赤と青の色情報は25%、緑の色情報は50%しか取り込めません。色情報の欠落した部分については、何らかの演算による補間処理が必要となります。このような補間処理、あるいは人為的な色生成処理を行うということは、色情報の一部を欠落させることを意味します。仮に画素数を増加させて高解像度化しても、本質的に人為的な補間処理を施した画像しか作り出せないわけです。

一方、**図2(b)**のように、Foveon X3 イメージ・センサ