

## Chapter

# 2

# 組込みシステムの事例



組込みシステムが何であるかを知るためには、  
まず実際に組込みシステムそのものを詳細に見るのが最も近道である。  
そこで本章では、現在のわれわれの身近な組込みシステムとして二つの事例  
——デジタルカメラと自動改札システム——を見ていくことにしよう。

これら二つの組込みシステムの詳細を、  
実際に設計にあたった技術者の生の声とともに見ていくことにしよう。



## 2.1 デジタルカメラ

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機械制御を代表とする“制御系組込みシステム”が統合された、組込みシステムの代表格といえる。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SD14を例に、組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く。

### 2.1.1 画質重視の撮像素子を採用

本デジタル一眼レフカメラSD14の外観を写真2.1に示す。本機は、同社がこれまで開発・発売したSD9、SD10の後継機にあたる。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た。



写真2.1 SD14の外観

表2.1 SD14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)
カラーフォトダイタクタ (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 <ul style="list-style-type: none"> <li>● Highモード: 2640 × 1760画素 (約13.3Mバイト)</li> <li>● Mediumモード: 1776 × 1184画素 (約6.6Mバイト)</li> <li>● Lowモード: 1296 × 864画素 (約3.3Mバイト)</li> </ul> JPEG方式 (Fine, Normal, Basicの3種類の圧縮率で記録) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 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)</li> <li>● 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)</li> <li>● 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)</li> <li>● 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)</li> </ul>
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)
シャッタースピード	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)

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ある。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る(詳しくは後述)。SD14の総画素数は1445万画素(2688×1792×3層)、有効画素数は1406万画素(2652×1768×3層)である。これにより、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る。

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った。SD14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る。

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る。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ある。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る。さらに、圧縮度に応じた画質の選択も行える。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る。

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を通して操作する。これらの処理は、機械制御を含め、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る。

表2.1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す。

---

---

## 2.1.2 2個のDSPと1個のFPGAで画像を作り出す

---

---

図2.1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す。また、図2.1の中のセンサ基板、DSP基板1、DSP基板2を写真2.2～2.4に示す。それぞれの基板は写真2.5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る。

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から構成される。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、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する。

以降では、主要な構成要素について説明していく。

### (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2.2(a)のよう

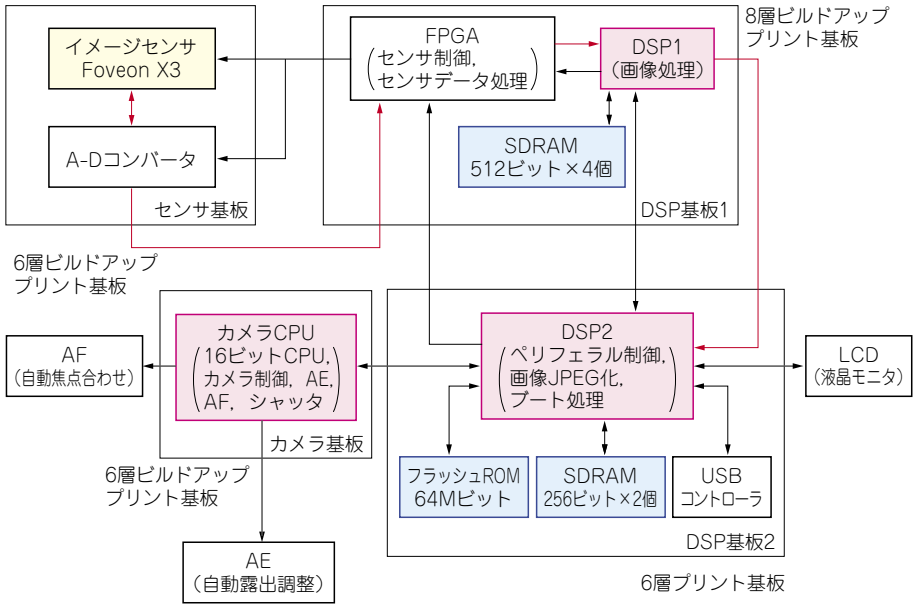


図2.1 システムブロック図

SD14のシステムは、センサ基板、DSP基板1、DSP基板2、カメラ基板の4枚で構成されている。

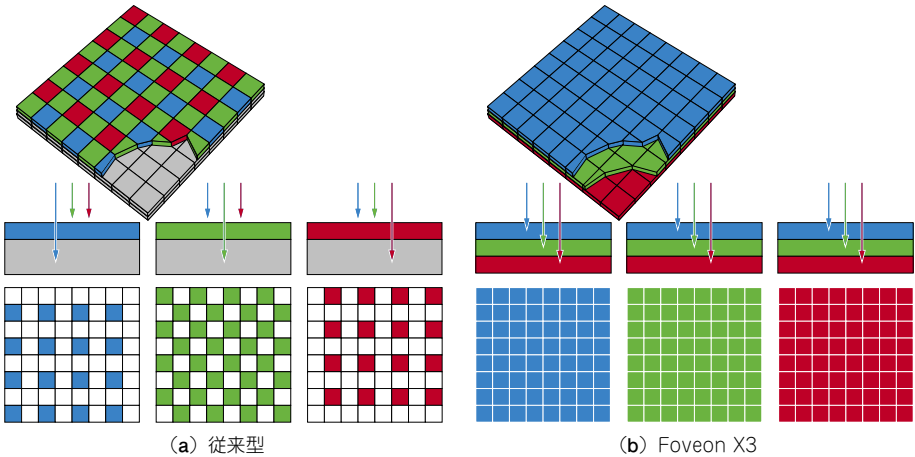


図2.2 イメージセンサの方式

(a)は、一般的なデジタルカメラが採用しているベイヤーフィルタ(Bayer Filter)方式のイメージセンサ。R、G、Bの3色がモザイク状に整列したカラーフィルタ構成をとっており、赤と青の色情報の25%と、緑の色情報の50%しか取り込むことができない。色情報で欠落した部分は、何らかの演算による補間処理が必要となる。(b)のFoveon X3は、R、G、B全色を3層で取り込むことができるフルカラーのイメージセンサ。シリコンに埋め込まれた3層のピクセルセンサが3色すべての光を異なる深度で吸収することにより、フルカラーピクセルを実現している。