



## 第1章 イメージ・センサ誕生の歴史や CMOSとCCDの違いがわかる

# イメージ・センサの基礎知識

瀧澤 義順  
Yoshinori Takizawa

イメージ・センサといえば、二十数年前であれば撮像管、その後CCDがその代名詞に置き換わり、CCDという言葉は、誰にでも通じるようになりました。そして、この数年間にCMOSタイプのイメージ・センサが急速に市場に現れ、多くの分野で使われるようになりました。ここでは、CCDイメージ・センサとCMOSイメージ・センサの構造的特徴と、その特性の違いについて解説します。

### イメージ・センサの歴史

#### ● CCDは遅延素子として生まれた

CCDは1870年代、アメリカのベル研究所で遅延素子として発明されました。アナログ電気信号を一定時間ごとに、電子の数(電荷量)に変換し、これを一つの単位(バケット)として、CCDの各セルに入れて運んでいくことから、Charge Coupled Deviceの名が付けられました。

このときセルに光を当てると、半導体内部で発生した光電荷が運ばれていくことから、後述のフレーム・トランスファ(FT)型CCDイメージ・センサに発展していきます。

#### ● 固体イメージ・センサの開発競争が行われた1970年代

近年のCCDイメージ・センサの隆盛を見ると、あたかもCCDだけが発展してきたように感じられますが、1970年代にはこのほかにBBD、CID、MOS型などの、いわゆる固体イメージ・センサの開発競争が行われました。ですが、当時の主流はやはりFT型CCDでした。

1980年代に入ると日本メーカーが主導権をとり、イ

ンターライン型CCDの開発競争が始まります。その技術は半導体プロセスの発展と相まって急激に発展、実用化され、今日に至っています。しかし実は日本で初めて発売された、家庭向けビデオ・カメラは日立製作所のMOS型イメージ・センサでした。

1980年のことでしたがその命は短かく、MOS型イメージ・センサは市場から姿を消します。その理由は、FPN(Fitted Pattern Noise)と呼ばれる、読み出し線に起因した縦すじの固定パターン・ノイズでした。XとY、2次元に配置したフォト・ダイオード(PD)からの出力を、アドレス回路でスイッチングし、配列順に読み出す単純なセンサですが、各画素にアンプなどはありません。この読み出し線に信号を出力する際、読み出し線に飛び込む駆動信号のノイズがFPNとして視覚的に目立ち、その後は画質の面からCCDイメージ・センサが主流となっていきます。

### センサと回路をワンチップ化した CMOSイメージ・センサ誕生

#### ● 20年を経てCMOSイメージ・センサが目目されている

いろいろなイメージ・センサがあり、その名前はCCDを筆頭に、一般的にその動作方式に起因して命名されています。ところがCMOSは、ご存じのように半導体構造または製造プロセスの名前です。正確には一般のCMOSプロセス+ $\alpha$ ですが、CCDイメージ・センサより少ない工程でセンサを構築できます。またチップ内にCMOSプロセスのトランジスタなどを集積でき、駆動回路、信号処理回路などの周辺回路を構成できることが特徴です。

日本初の個体撮像素子カメラは、CMOSプロセスを使っていないため、単にMOSセンサといわれてお

### Keywords

Charge Coupled Device, FPN, Fitted Pattern Noise, Correlated Double Sampling, 4T型, カラム読み出し型, ライン読み出し型, ランダム・ノイズ, スミア, ブルーミング, ハレーション, 残像, 部分読み出し, ズーミング, 左右上下反転, ダイナミック・レンジ, ニー特性

り、この20年のギャップにより、CMOSイメージ・センサが新たなイメージ・センサとして注目を集めることとなります。

図1にCCDとCMOSイメージ・センサの生産量の比較を示しますが、近年の急激なCMOSイメージ・センサの追い上げぶりがわかります。この予測では2006年にはCCDとCMOSイメージ・センサは、数のうえでは並ぶこととなります。その理由を以降の説明のなかから見つけていただければ幸いです。

## ■ 駆動回路とセンサを同一チップ上に！

### ● 単一クロックで駆動できる

CMOSと聞くとまず思い出すのがロジック回路だと思えます。X-Yアドレス方式のCMOSイメージ・センサの駆動回路を、CMOSロジック回路で実現すれば、駆動回路を内蔵できます。したがって、外部からは単一クロックの入力でセンサを駆動できます。また、このときアドレス・バスを内蔵し、読み出し方法を工夫しておけば、後で説明する**部分読み出しや飛び越し読み出しなどの特殊読み出しをオンチップで実現できます**。この点はCCDイメージ・センサと比較すると、機能面での大きなメリットとなります。

CCDイメージ・センサでも駆動回路をオンチップ化する努力は過去から行われていますが、いまだに十分な成果は上がっていないようです。また、CCDイメージ・センサの場合には、基本的に外部から供給する駆動パルスのタイミング調整が必要です。

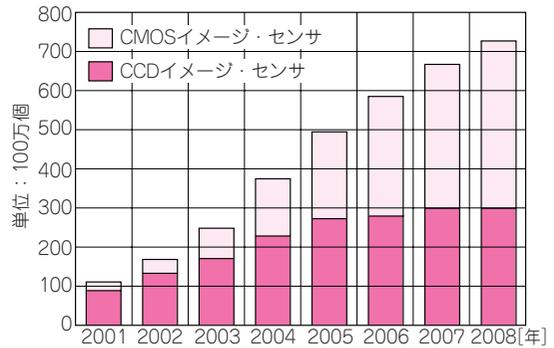
駆動パルスの位相は、プリント基板(Print Circuit Board, 以降PCB)を作る際、配線パターンの引き回しで変わってしまうことも多く、基板製作後の微調整が必要になることがあります。

この点、CMOSイメージ・センサは単一クロックで動作でき、完成されたPCBの違いによってセンサの駆動タイミング調整が必要になることは基本的にはありません。仮に微調整が必要な場合でも、外部マイコンなどから調整できるようになっています。しかし、CCDイメージ・センサにおいても、タイミング発生IC、タイミング調整回路、A-Dコンバータ、CCD駆動回路などが1チップになったLSI(第3章で紹介)が発売されており、**従来手間取っていたタイミング調整がソフト的に調整可能となってきた**ことも、最近の傾向です。

## ■ 画像信号処理回路も同一チップ上に！

### ● CMOSイメージ・センサの出力はデジタル・ビデオ信号

CMOSプロセスでアナログ回路を構成することもできます。例えば、相関2重サンプリング(Correlated Double Sampling)回路、可変ゲイン・アンプ、A-D



出典：米アイサプライ社

図1(1) CCDとCMOSイメージ・センサの生産量の推移と予想

コンバータなどがその代表的なものです。したがって、CCDイメージ・センサがアナログ出力なのに対し、**CMOSイメージ・センサはオンチップでA-D変換をして、デジタル信号を出力できます**。もちろん、アナログ・ビデオ信号処理回路を内蔵すれば、標準ビデオ信号を出力でき、直接テレビに接続できます。カメラの体積を重要視する携帯電話用として、CMOSイメージ・センサが発展してきたこともうなずけます。

## ■ しかも低消費電力

### ● 垂直転送回路をもつCCDイメージ・センサは電力を食う

CCDとCMOSイメージ・センサの消費電力を比較する際には、CCDイメージ・センサの周辺回路を含めた比較をするのが妥当です。**CCDイメージ・センサが電力面で不利とされる理由は、CCDイメージ・センサの転送パルスの駆動に電力を必要とするからです**。特に2次元CCDイメージ・センサでは、垂直転送電極がイメージング部の全域に渡って配置されており、これが電極間で大きな容量をもつために、駆動に電力が必要となるわけです。

### ▶消費電力の改善も進んでいる

CCDイメージ・センサの消費電力の改善には目覚ましいものがあります。半導体プロセスの微細化、チップの小型化による転送電極間容量の減少、電極間の浮遊容量の削減、専用駆動ICの高効率化などによって、CCDイメージ・センサの消費電力も改善されています。最近の携帯電話内蔵のメガ・ピクセル・カメラにCCDイメージ・センサが使われているのも、この改善の効果です。

## ■ 単電源で動作する

誤解を防ぐために先に述べます。CMOSイメージ・センサの内部がすべて単電源で駆動されているわけではありません。CMOSイメージ・センサの内部