



CMOS イメージセンサの最新技術動向

～センサの機能進化, 3D 化, 撮像システムの機能進化を添えて～

名雲技術士事務所
名雲文男

はじめに

撮像技術の両輪, CMOS イメージセンサ (以降 CMOS センサ) とカメラシステム技術がその市場とともに大きな転換期に差し掛かっている。CCD の出現で映像機器が民生用に開放されたのと同レベルの大変化である。スマホとともに成長した CMOS センサだが, その撮像性能は早や成熟し光学的理論限界に接近しつつある。ノイズは理論限界の光ショットノイズいわゆる“フォトンの雨粒”が主体を占めるまでになり, 画素サイズも $0.8\mu\text{m}$ と間もなく回折限界に到達する。

カメラにも大きな変化が始まった。市場の大半を占めるスマートフォン (以降スマホ) は今年年間 15 億台を超えて市場は飽和に近づいた。そのスマホに生き残りをかけた激烈な差別化フィーチャ戦争が始まりカメラ技術開発に新たな火が付いた。デュアルカメラ, 3D Vision や AI Vision というトレンドがそれである。一方で自動車など機械の眼というべき新たな用途への拡大が始まっている。スマホ, デジカメの Viewing からマシンビジョンの Sensing への市場拡大である。

こうした変化に応じて CMOS センサの技術開発軸が“Viewing の性能追及から Sensing の機能進化へ”と転換を始めた。画素内への撮像機能集積と 3D 積層による処理機能搭載である(表 1 上段)。この進化を CMOS LSI 技術の微細化技術の高度化やメモリの 3D 積層技術が強力に後押しする。

こうした CMOS センサの進化軸変化の一方でカメラシステム技術でも大きな機能進化が始まった。“イメージングとコンピューティングの融合”, そして AI Vision がそれである(表 1 下段)。

本稿ではこうして急展開する CMOS センサの性能進化の経過をおさらいし, 機能進化の現状をその実用例とともに紹介する。カメラシステム技術の動向については 3D Vision などを挿話として付記する。キーワードは機能進化, 3D Vision。本稿の締めめの言葉は“カメラのカンブリア大爆発”である。

表 1 撮像技術の機能進化

	撮像技術	撮像情報処理技術
CMOS センサの機能進化	画素内に 多次元の撮像機能集積	3D チップ積層で 撮像信号処理機能搭載
イメージングと コンピューティングの融合	コンピューテーショナル イメージング(注1)	エンベデッドビジョン(注2) AI ビジョン

注 1: コンピュータ処理により実現される新しい撮像機能を創出する技術

注 2: エンベデッドビジョン: コンピュータビジョンを機器に組み込んだもの

1. CMOS センサの性能進化と成熟

まず, センサの進化の過程を掻い摘んで紹介する。CMOS センサの基本構成は DRAM と同等である(図 1)。DRAM のメモリセルの代わりに CMOS センサは入射光を光電変換する Photo Diode (PD) と光電荷を電圧に変換するキャパシタの FD (Floating Diffusion) と増幅器 FDA (FD Amp) を備え