

イメージセンサが マシンビジョンアプリケーションを拡大

アンドリュー・ウイルソン、欧州エディター

CMOSがCCDデバイスに取って代わったように、それよりも新しいニッチベースのイメージャの登場によりマシンビジョンアプリケーションの機能が拡大しつつある。

仏ヨール・デベロップメント社によると、マシンビジョンカメラ市場は、2017年の20億ドルから、年平均成長率(CAGR)12%で2023年には約40億ドルに達する見込みである。「産業&自動化のためのマシンビジョン」と題する技術と市場レポートでは、同社のDr.Alexis Deb

rayは、品質制御の必要性が、自動車、電子、半導体、食品およびパッケージング産業でマシンビジョンの利用を促進している、と指摘している。

今では、マシンビジョンシステムは農業アプリケーション、路上のナンバープレート認識に見られる。また、ごく最近

では、自律走行車にも見られる。同社のPierre Cambou氏は、「これは、極めてダイナミックなマーケットを創出している」とコメントしている。「2014年から2017年、合併買収(M&A)活動が、イメージセンサ企業とカメラ会社の両方で早まった。

例に含まれるのは以下の通りである。米テレダイネ・テクノロジーズ社(Teledyne Technologies)は2017年にe2v社を買収、2016年米フリアー社(FLIR)によるポイントグレイ社(Point Grey)買収、2015年オーストリアのアムス社(ams)によるベルギーのシモシス社(CMOSIS)買収、2014年米オン・セミコンダクター社(ON Semiconductor)による米アプティナ社(Aptina)とトルーセンス社(Truesense)統合。これにより主要なCMOSイメージセンサ(CIS)企業数社が残った。リーダーはソニーであり、ヨール社によるとその同社の市場シェアは42%である(図1)。

ソニーの市場支配的地位は、多くのカメラメーカーが同社のデバイスを採用していることに反映されている。「ソニーのPregius(プレジウス)は、最も今後有望な類のCMOSイメージャである」と米インパレックス社(Imperx)の社長兼CEOのPetko Dinev氏は言う。実際、同社は3.2MPixelから12.0MPixelデバイスをベースにしたカメラを複数製品化している。インタフェースには、GigE Vision、

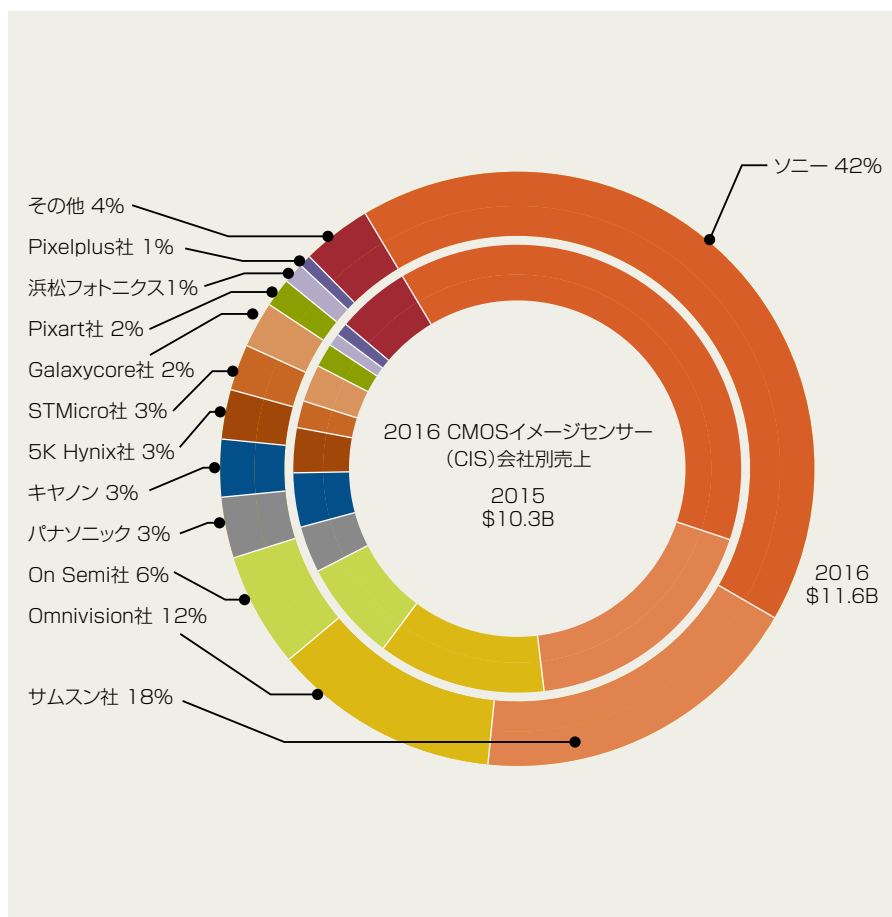


図1 主要CMOSイメージセンサ企業のリーダーであるソニーが市場シェア42%を占める(ヨール・デベロップメント社提供)。

Camera Link, SDIが含まれ、16MPixelおよび20MPixelバージョンを追加し、10GigEやCoaXPressインタフェースを、サポートする予定である。

「われわれの顧客はソニーのイメージャをより好む方向に進んでいる。主な理由は、5MPixelイメージャでサイズが2/3インチ小さく、信号対雑音比(SNR)が高いことなどである」と米バウマー社(Baumer)の事業開発マネージャー、Doug Erlemann氏は付け加えている。

ソニーのイメージャは、独バスラー社(Basler)など、多くの他社から支持を得ている。同社は第2世代Pregiusデバイスを同社のカメラaceモデルに使用している。これらのデバイスおよび新しい第3世代デバイスについての有用なビデオ、比較チャートは、加フリアー社(FLIR Integrated Imaging Solutions)のウェブサイト(<http://bit.ly/VSD-FLIR MV>)で見ることができる。

ハイエンド市場向けにカメラを開発している企業にとっては、こうした企業の要求を満たすことのできる商用センサのベンダーは、数社しか存在しない。これらに含まれるのは、アムス社、オン・セミコンダクター社、キヤノンである。アムス社には、CMOSCMV50000、47.5MPixelなどのデバイス、オン・セミコンダクター社にはPython16MPixelおよび、25MPixelデバイス、キヤノンは、120MXS 120MPixel CMOSセンサがある。

「キヤノンは、120MPixel ローリングシャッターベースセンサを必要とする全ての顧客が機密保持契約を結ばなければならない、というプログラムを始めた」と米国キヤノン代理店、米フェーズ1テクノロジーズ社(Phase 1 Technologies)社長、Rusty Ponce de Leon氏は述べている。

こうした企業の1つのインパレック

社は、120MPixelデバイスを評価する一方、Petko Dinev氏によると、小さな2.2 μ mピクセルサイズは、ダイナミックレンジが比較的小さく、そのイメージャを利用するとカメラ開発者はキヤノンのレンズを使うことに限定されてしまう。

積層センサ

携帯電話アプリケーション向けにイメージャのフォームファクタの縮小要求に押されて、CMOSイメージセンサが、2012年に初めて注目されるようになった。加チップワークス社(Chipworks)のRay Fontaine氏によると、この年、ソニーは世界初のそのようなデバイスをコンシューマエレクトロニクス向けに発表した。
(<http://bit.ly/VSD-MCIS>内に掲載“The

State of the Art of Mainstream CMOS Image Sensors”を参照)。

現在、積層イメージセンサを生産している企業はキヤノン、米オムニビジョン・テクノロジーズ社(OmniVision Technologies)、オン・セミコンダクター社、パナソニック、韓国のサムスンエレクトロニクス社(Samsung Electronics)、ソニー、およびスイスのSTマイクロエレクトロニクス社(ST Microelectronics)である。

これら積層CIS設計では、複数のICがイメージセンシングやデジタル処理に使用されており、分離したICの接続には貫通シリコンビア(TSV)が用いられている。そのようなデバイスの一例は、オムニビジョン社のPureCel-S OV13860 13MPixel裏面照射イメージセンサである。



高感度
OFFモード



高飽和
ONモード



ローリングシャッター
モード



グローバルシャッター
モード

図2 パナソニックの8k 60fps CMOSセンサは、有機光導電膜(OPF)ベースのイメージセンサを使用する。OPFへの印加電圧を変えると、デバイスの感度が変わり、高感度と高飽和モードの両方を達成する。したがって、ランプフィラメントの微細巻線構造を捉えることができる。これは、センサが高感度モードで使用されているときには達成できない。

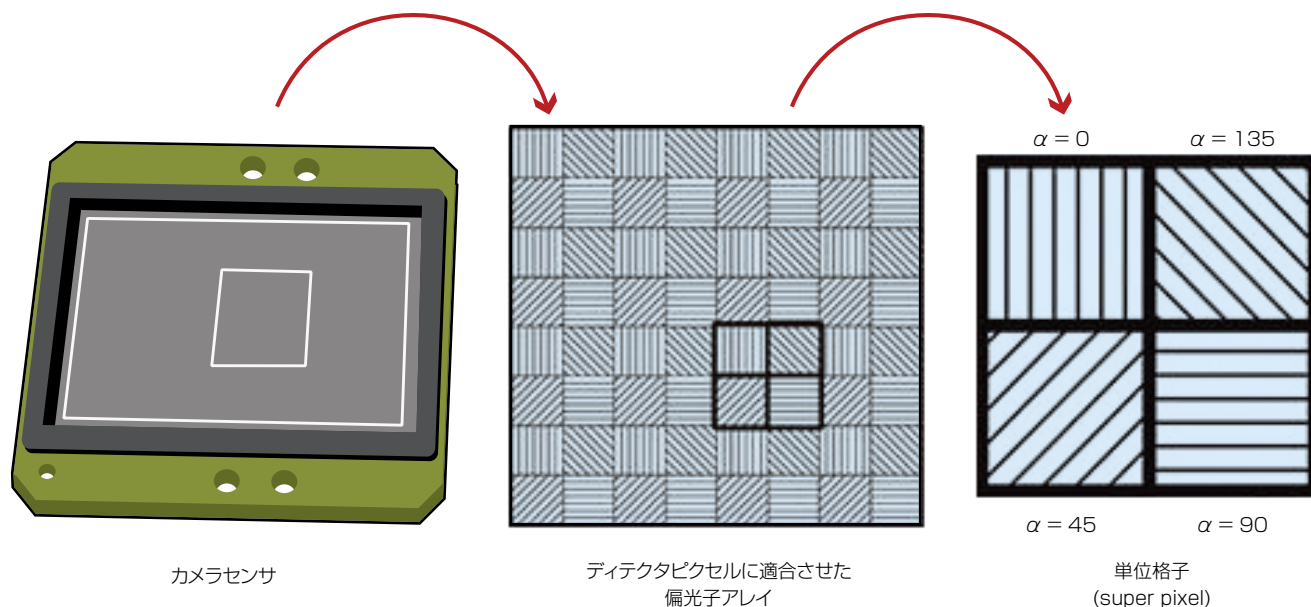


図3 4Dテクノロジー社は、透明材料および流体の応力分析のために同社PolarCamカメラのCMOSセンサにマイクロ偏光子を取り付けている。

これは、イメージングアレイをスタックダイ構造のイメージセンサ処理パイプラインから分離している。これにより、センサに追加機能を実装することができ、同時にノンスタックセンサに比べると小サイズを実現している。OV13860の特徴に含まれるのは、最大解像度でフレームレート30fps、 $1.3\mu\text{m}$ ピクセルサイズ、120fpsで720p画像キャプチャである。

イメージキャプチャとイメージ処理を行うために2つのシリコン層を用いて作られた積層イメージセンサ同様、ソニーやサムスン社のような企業は最近、3層デバイスを開発している。これは、高速イメージキャプチャを可能にするために、イメージキャプチャ用のシリコンとイメージ処理の間にメモリーを組み込んでいる。

昨年12月のInternational Electron Devices Meeting (IEDM)で、たとえばソニーは3層積層裏面照射、19.3MPixel厚、1Gbit DRAM、120fps動作読み出し

電子回路を紹介した (<http://bit.ly/VSD-IEDM>内に掲載“IEDM 2017: Sony’s 3-layer stacked CMOS image sensor technology”を参照)。

ソニー同様、サムスン社も3層積層デバイスISOCELL Fast 2L3を発表した。これは、12 MPixelセンサに2G bit DRAMと読み出し電子回路を集積したものである。これによりそのデバイスは、センサのDRAMに一時的に膨大な数の高速画像を蓄積するので、センサは960fpsで画像を記録することができる。

センサベンダーがポータブルイメージングアプリケーションの要求に応えるためにデバイスのフォームファクタを縮小しているように、ベンダーは、アプリケーションを拡大するために新しいアーキテクチャを利用するイメージセンサを開発している。今年2月、たとえばパナソニックは、8k CMOSセンサについて説明した。これは有機光導電膜 (OPF) に基づいたイメージセンサ

を使い60fpsを可能とするものである。この設計では、OPFは光電変換を行い、回路エリアが電荷蓄積と信号読み出しを行う。OPFへの印加電圧を変えることで、デバイスの感度が変わられ、高感度と高飽和モードの両方が同じピクセル構造で達成される (<http://bit.ly/VSD-PAN>)。したがって、たとえば、ランプフィラメントの微細巻線構造を捉えることができる。これは、センサが高感度モードで使用されているときには達成できなかった(図2)。

物理的応力

新しい種類のアーキテクチャは、CMOSデバイスにも適用される。これは、透明および半透明流体や固体の物理的応力の計測と、廃棄物分類や食品分析の両方に対処するためである。

これに対処するごく最近の開発の1つは、既存アプリケーションで使用されている偏光器を置き換えるために設計されたCMOSイメージャの発表である。

たとえば、6年前、独フラウンホーファー集積回路研究所は、Polkaカメラを開発したが、これは、2×2偏向フィルタをオーバーレイしたカスタム560×256ピクセルCMOSイメージセンサを使用している。(Vision Systems Design 2012年1月号記事<http://bit.ly/VSD-SMCA>“Smart camera measures stress in plastics and glass”を参照)。

フラウンホーファー同様、米4Dテクノロジー社(4DTechnology社)は、マイクロ偏光素子をセンサに取り付けたPolarCamカメラに似た原理を採用した(図3)。

4Dテクノロジー社だけでなく、他のカメラメーカーは、透明材料や流体の応力分析を行うためにエリアセンサを採用した。

たとえば、米フォトロン社(Photron)は、20μmピクセルサイズ、1MPixel CMOSイメージセンサを採用した。Crysta 2D偏光カメラのセンサに偏光素子が直接取り付けられている。その偏光素子は、4正方ピクセル群を採用しており、各々が0°、45°、90°および135°で異なる偏光軸を持ち、7000fpsで偏光計測を行う。

フォトロン社と同様に、加ルーシッドビジョンラボ社(Lucid Vision Labs)も、同社のPhoenixカメラの偏光バージョンを開発した。これは今年、サンフランシスコで開催された展示会フォトニクスウエスト(Photonics West)で初めて展示された。

PHX050S-Pカメラは、IMX250 Sony Pregius CMOSモノクロセンサをベースにしている。センサは、4ピクセル毎に異なる指向性偏向フィルタ(0°、90°、45°、および135°)を持つ。

各イメージピクセルの強度と偏光角の両方も、後にGigE Visionインタフェースで出力される。

そのような開発は、そうした特殊市

場への参入を考える他社は、まだ注目していない。

だが、昨年9月に加テラダイン・ダルサ社(Teledyne DALSA)が、Piranha4ラインスキャン偏光カメラを発表した。これには、マイクロ偏光フィルタ付クワッドリニアCMOSイメージセンサが用いられている。マイクロ偏光フィルタは、0°(s)、90°(p)、および135°偏光状態とフィルタなしのチャンネルの独立した画像を出力する。

「偏光は、多くの産業アプリケーションでビジョン技術を次のレベルに押し上げる。それによって、複屈折や応力などの材料特性が検出される。これらは、従来のイメージングを使っていては検出できない」とシニアプロダクトマネージャー、Xing-Fei He氏は話している。

ハイパースペクトルイメージング

特殊フィルタをピクセル毎にイメージャにモノリシック集積すると、多様なタイプのハイパースペクトルセンサ構築に利用できる。ハイパースペクトルイメージングで使用される多くのカメラを検討してきたポルトガルのInstitute for Systems and Computer Engineering, Technology and Science (INESC-TEC)のTelmo Adão氏は、マルチスペクトル画像は一般に5~12スペクトルバンドを利用するが、ハイパースペクトル画像は、数百あるいは数千バンドで構成されており、それぞれが狭帯域であると指摘している。

ハイパースペクトルイメージングにおける開発により、センサは一段と小型化され、現在、科学目的や商用目的の両方向けの無人航空機システム(UAS)に組み込むことができるようになっていく(“A Review on UAV-Based Sensors, Data Processing and Ap-

plications for Agriculture and Forestry”を参照)。これは、多様な14社のハイパースペクトルイメージャを調査したものである(<http://bit.ly/VSD-HYP>)。

マルチスペクトルデバイスを利用して作製されたカメラは、廃棄物選別、食品検査や監視、マッピングアプリケーションでも有用である。そのようなデバイスを最初に開発した団体の1つであるベルギーのIMECは、現在、アムス社のCMV2000イメージセンサをベースにして多くのハイパースペクトルイメージセンサを提供している。

これらのハイパースペクトルイメージセンサは、様々なカメラ会社が多様なラインスキャンやエリアアレイセンサ構成で使用している。また、多様なカメラとコンピュータインタフェースで、様々なアプリケーションを適合させるために提供されている(Vision Systems Design 2017年12月号記事<http://bit.ly/VSD-HYP2>“Vision landscape expands with the rise of hyperspectral imaging technology”を参照)。個々の仕様にリンクした、これらハイパースペクトルカメラの広範なリストは、IMECのウェブサイト(<http://bit.ly/VSD-HYP3>)で見ることができる。

携帯電話市場が引き続き積層CISデバイスの開発を促進するが、一方でこれらは、ドローン、ロボット、監視アプリケーションなど、他の用途でも見いだされるだろう。同時に、多くのセキュリティ、自動車および医療イメージングアプリケーションが、より高感度なCISデバイスとカメラを必要としている。将来的には、そのようなデバイスの色の忠実度を高めるために、より斬新なカスタムフィルタアレイの利用が見込まれる。また、それらはマルチスペクトル、ハイパースペクトルおよび材料検査アプリケーションでの利用も期待される。