

「百聞は一見にしかず」を実現する、今日のCMOSイメージセンサ技術

Eiichi Funatsu

ある新しい種類のCMOSイメージセンサは、横型オーバーフロー蓄積容量 (lateral overflow integration capacitor : LOFIC) を、 $2.1\mu\text{m}$ ピクセル世代の車載用途に適用することにより、ほぼすべての照明条件下において、HDR画質を向上させて、LEDフリッカを抑制する。LOFICは、スマートフォンのCMOSイメージセンサにおいても、あらゆる照明条件下の性能を高めるために適用されている。

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor : 相補型金属酸化膜半導体) イメージセンサの市場規模は、モバイル、自動車、コンピューティング、セキュリティ、医療など、多様な分野にわたって拡大し続けている。例えば、今や複数のカメラを搭載するスマートフォンにおいて、より高画質の写真や動画に対する需要は高まっており、そのすべてを支えるのがCMOSイメージセンサである。

自動車業界では、CMOSイメージセンサは、先進運転支援システム

(ADAS) や自動運転に欠かせない要素である。ADASでは、車両の前方、周辺環境、さらには運転者や搭乗者自身を監視するために、車両の外側と内側の両方に大量のセンサが必要で、それによって1台の車両に使われるイメージセンサの数は大幅に増加する。

低光量と高光量の両方の条件下での画像を改善するなど、画質と性能に重要な改善をもたらす、ハイダイナミックレンジ (HDR) イメージングは、多くの市場に共通する普遍的な要件であり、CMOSイメージセンサのメーカー

が直面する継続的な課題である。

LOFIC技術によるHDRの改善

一部の用途では、単一露光でHDRを実現することが求められる。以下では、それを達成する方法について説明する。

デュアルコンバージョンゲイン (Dual Conversion Gain : DCG) のピクセルにおいて、フォトダイオードの光電子は、ハイコンバージョンゲイン (HCG) とローコンバージョンゲイン (LCG) という異なるゲインで2回読み出される。高い方のゲインは、読み出しノイズを低く抑え、低いほうのゲインは、実効フルウェルキャパシティを大きくすることができる。そしてHCGデータとLCGデータを組み合わせることにより、単一露光でのHDRが実現される。

LOFIC技術を利用するセンサは、フォトダイオードからあふれる電荷を各ピクセル内の大きなコンデンサに蓄積することにより、より多くの信号電子を保存する。フォトダイオードチャネルとLOFICチャネルのデータを組み合わせることで、ダイナミックレンジと信号雑音比 (S/N比) の両方を、単一露光で同時に高めることができる。LOFIC特有の機能を活用することにより、HDRイメージングを効果的に改善することができ、それによって、幅広い照明条件下で優れた画質を得ることが可能になる。

TheiaCelは、このような課題に対応する。LOFICにオムニビジョン社独自のその他の単一露光HDRソリューションを組み合わせたこの技術は、低ノ

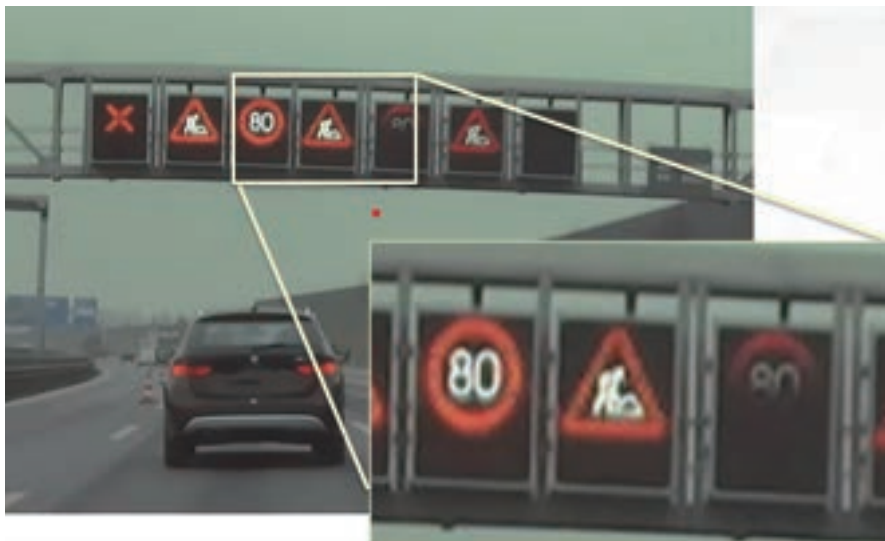


図1 拡大写真に示されているように、LED画像のフリッカは、交通標識用のHDRカメラシステムにおいて問題となる可能性がある (写真提供: オムニビジョン社)

イズの読み出し、高感度の動作、大きなフルウェルキャパシティ、線形応答を、単一露光で実現するための鍵となるものである。

車載カメラにおけるLEDフリッカの抑制

自動車市場において、LED信号機や交通標識からのフリッカは、HDRソリューションに対する深刻な課題であり(図1)、運転支援や自動運転システムによる照明式交通標識の正しい検出の妨げになる。

多重露光HDRイメージング手法は、LED光源の撮影において一貫した性能を実現するのが難しい場合が多い。LED光源におけるパルス幅変調(PWM)が、露光時間が短い場合のデータに問題を引き起こす。その短い露光時間がLEDパルスの間のタイミングで生じると、センサはLED光を検出しない。ビデオストリームのフリッカは、センサが明るいLED光を短い露光時間で捉えようとする場合に「オン」パルスを検出し損なったフレームによって、生成される。ここで難しいのは、露光時間を長くすれば、タイミングを逃すことはなくなるが、LEDによる過度のピクセル飽和が生じることである。

ここでの目標は、HDR性能を達成することだけでなく、LED光の画像データのフリッカも防ぐことである。この問題を軽減するには、CMOSイメージセンサに簡単に組み込める方法が必要である。良好なLEDフリッカ抑制(LED Flicker Mitigation: LFM)機能を達成する一部のソリューションは、画質(特に、低光量S/N比や高温性能など)が低下する。

S/N比曲線の信号遷移点、すなわちニーポイントにおけるS/N比の低下を防ぐことも重要である。TheiaCel技術



図2 TheiaCelを採用する5000万画素のイメージセンサ技術(写真提供:オムニビジョン社)

はそれを実現する。DCGにLOFICを組み合わせるか、または、DCGとスプリットダイオードにLOFICを組み合わせると、単一露光HDRのLFM範囲が大幅に改善される。スプリットダイオードのLOFICセンサは、究極のLFM範囲を達成する一方で、シングルフォトダイオードのLOFICセンサは、ピクセルサイズの小さい製品における低光量S/N比とダイナミックレンジの間の良好なバランスを実現する。

シングルフォトダイオードのLOFIC構造を、2.1 μ mピクセル世代の車載センサに適用することにより、ほぼすべての照明条件下において、HDR画質が向上し、LEDフリッカが抑制された。

あらゆる照明条件下におけるスマートフォンカメラ性能の改善

TheiaCel技術の最新応用分野は、フラグシップスマートフォンの背面メインカメラを対象に、最大限のHDRを実現して、低光量と高光量の両方の条件下で最高品質の写真と動画を可能にするものである。

単一露光HDRに対する要求は、モバイル市場においてますます重要性を帯びている。多重露光HDRソリュー

ションには、車載センサと同様のLEDフリッカの問題があるためである。加えて、フラグシップモバイル分野のCMOSイメージセンサは、ますます感度が高くなっている。感度が高すぎて、輝度の高い蛍光灯で照らされた室内でフリッカを補償するための十分に長い露光時間がとれない場合もある。

これが、オムニビジョン社にとっての大きな機会となっている。同社の実証された5000万画素のイメージセンサ技術に、TheiaCel LOFICとデュアルアナログゲイン(DAG)技術を組み合わせることで、それらの問題が解消され、光源に関係なく、高光量下では細部が明瞭で低光量下ではノイズの低い、より優れた鮮明で美しい画像と動画が撮影できるようになる(図2)。

HDRイメージングは、既存のソリューションでは一部の重要な要件に対応できない時代に突入している。最近の進歩によってLOFIC技術は、既存のソリューションでは対応できない課題を解消することができる。

著者紹介

Eiichi Funatsuは、米オムニビジョン社(OMNI VISION)の技術担当副社長。
e-mail: eiichi.funatsu@ovt.com
URL: www.ovt.com

LFWJ