



スーパーエクスポージャピクセルによる 最も要求の厳しい車載環境での LED フリッカ抑制

スーパーエクスポージャ 픽セルによる最も 要求の厳しい車載環境での LED フリッカ抑制

著者：Sergey Velichko、シニアマネージャ

新世代のイメージセンサを搭載した車載カメラにより、自動運転システムや運転支援システムにおいて最新の機能向上が可能になります。先進運転支援システム (ADAS) では、これらのカメラでキャプチャした画像を使用して、車両周囲の物体を識別し、距離を計算します (ステレオカメラの場合)。これは自動ブレーキ、高速道路でのクルーズコントロール、車線逸脱防止、駐車支援などの機能に使用できます。しかし、最新の自動車用ライトや交通標識のほとんどに使用されている発光ダイオード (LED) は、一部のイメージセンサに問題を引き起こす可能性があります。オンセミは、スーパーエクスポージャとも呼ばれる 픽セルオーバーフロー手法を備えたイメージセンサを使用しています。この手法では、非常に大きな 픽セル内オーバーフローメモリを使用し、ダイナミックレンジを何倍にも拡大して 120 dB という LED フリッカのない動作を実現しています。先進のスーパーエクスポージャ 픽セルを使用することで、ADAS の要件と LED フリッカの課題に対処できます。

LED 照明は、パルス幅変調 (PWM) を使用して生成されています。これはヘッドライト、テールライト、交通標識、車両メッセージングシステムの消費電力を削減するために一般的に使用されているデジタル技術です。それらのオンオフパルスの周波数は人間の目では感知できませんが、画像をキャプチャしようとする場合には問題が発生します。シーン内の明るい領域で過飽和が発生しないようにするには、多くの場合、短い露光時間を使用する必要があります。そのため、LED パルスを見逃してしまいます。その結果、Figure 1 の左の画像に示すように、ライトが消えているように見える場合があります。動画のシーンでは、LED ライトが連続的に点滅しているように見えます。これは LED フリッカと呼ばれる現象です。LED は、現代的な車両の照明やデジタルサイネージによく使用されており、キャプチャした映像にさまざまな縞模様やセグメント化されたアーチファクトが現れて、運転者や同乗者が非常に煩わしく感じる場合があります。



Figure 1. LFM Samplings at 30 fps 10% Duty Cycle 10 ms Period (100 Hz)

これは運転者がディスプレイで後方の点滅するヘッドライトを見ただけで緊急車両と勘違いし、注意が散漫になる可能性があるため重大な問題です。また、デジタル式の速度標識に表示されている数字や信号機の色を判別したり、ブレーキランプを検出したりして (Figure 2)、安全上重要な判断を正確に行うために使用されるアルゴリズムにも問題が生じる可能性があります。車載用イメージセンサは、LED フリッカなどの困難な状況に対処する一方で、140 dB を超えるハイダイナミックレンジ (HDR) を実現し、高温 (最大 +125°C の接合部温度) で動作する必要があります。このホワイトペーパーでは、車載用イメージセンサにおける HDR と LED フリッカ抑制 (LFM) のためによく使用されるいくつかの光学技術の動作と制約について簡単に説明します。さらに、このような制約を克服し、さらに優れた HDR で複数のタイプの LFM を実現する、新しいタイプのセンサを紹介します。

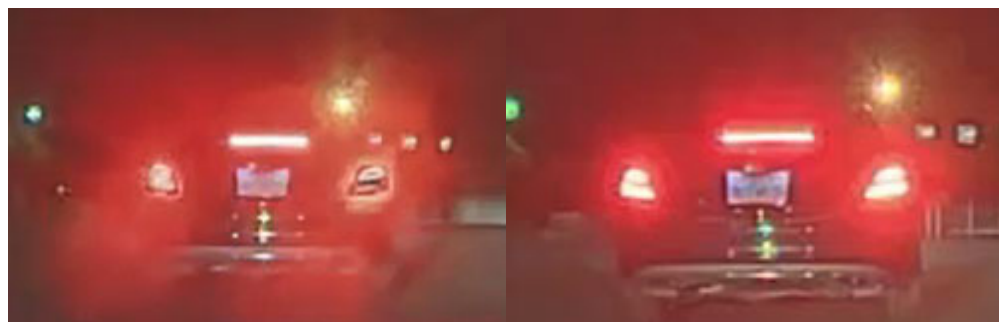


Figure 2. Flicker of LED Taillights

従来の多重露光 HDR

HDR によってシーンをキャプチャするには、通常、それぞれ異なる露光時間設定で複数の画像を撮影し、それら进行处理して1枚の画像に合成する必要があります。さまざまな露光設定を使用することで、シーンの明るい領域と暗い領域から、使用に適したより多くの画像データを収集できます。例えば、露光時間を長くすると、暗い領域でより多くの画像情報がキャプチャされ、露光時間を短くすると、明るい領域でより多くの有用データがキャプチャされます。最終的な画像処理では、各露光から最良のデータを選択し、それを1つの HDR 画像に合成します (Figure 3 の最上部を参照)。従来の多重露光 HDR による撮像は静止シーン (ほとんどまたは全く動きがない) に対しては優れています。しかし、カメラが高速で動いている車載アプリケーションなどの実際の動的シーンでは、異なる露光間で物体の位置が変化するため、モーションアーチファクトが発生する可能性があります。これは、各露光が順次異なる時間に行われるために発生します。この遅延により、HDR の後処理では、物体が歪んでいるように見え、色のアーチファクトがある最終的な画像が生成されます。

スプリットピクセル同時露光

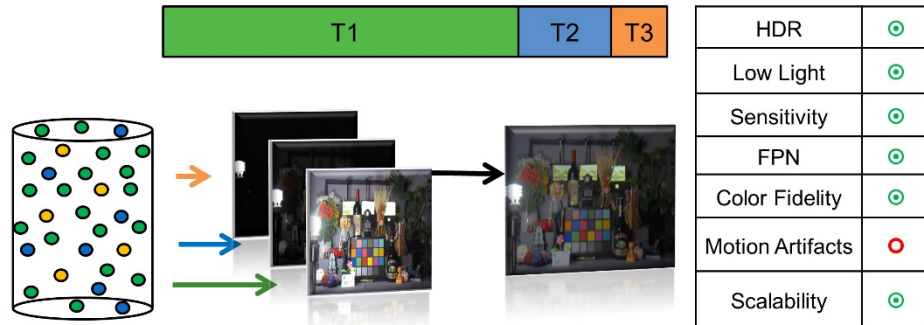
スプリットピクセル・センサ技術は、複数の露光を順次ではなく同時にキャプチャして動きによるボケや色のアーチファクトを低減できるため、車載アプリケーションで HDR によ

る画像のキャプチャに使用されてきました。HDR で画像を生成するには、大きいサブピクセルと小さいサブピクセルの両方を使用して生の画像をキャプチャし、これらを合成して HDR 出力にします (Figure 3 の中段を参照)。ダイナミックレンジを拡大するには、画像の暗い部分には大きいサブピクセルを使用し、画像の中程度から特に明るい部分には小さいサブピクセルを使用します。大きいサブピクセルはより多くの光を集めるため、明るい条件では飽和します。逆に、小さいサブピクセルはより長時間露光できますが、集める光量が少ないため、簡単には飽和しません。低照度条件で大きいサブピクセルを、高照度条件で小さいサブピクセルを動作させることによる全体的な効果として、ダイナミックレンジが拡大します。ピクセルの感光領域の相対的なサイズ (フィルファクタ) は、画質の面で非常に重要な役割を果たします。スプリットピクセルの欠点は、ピクセルのかなりの部分が小さいサブピクセルで占有されるため、低照度条件で画像キャプチャに使用できるピクセル面積が小さくなることです。小さいサブピクセルに使用できる面積はさらに小さくなるため、桁違いに小さい信号しか生成できず、結果として信号対ノイズ比が低くなってしまいます。同一のシーンを見ている場合でも、大きいサブピクセルと小さいサブピクセルのどちらを使用するかによって、出力画像は異なります。また、顕著な色のアーチファクトと色ずれが発生する可能性があります。これはレンズからの光線入射角との相互作用が、アレイ内の2つのサイズのサブピクセルで異なるためです。これらのアーチファクトを除去するには、センサの特別なキャリブレーションとセンサ上での精密な補正が必要になります。これが、一般にスプリットピクセル・センサの消費電力が高くなる理由です。さらに、この技術をベースにするイメージセンサの性能は、周囲温度が +100°C (多くの場合、+80°C でも) を超えると低下し、SNR が 25 dB を大幅に下回ります。

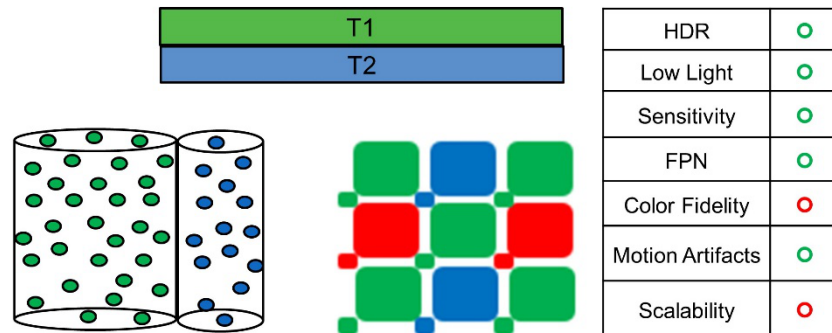
スーパーエクスポージャピクセル

オンセミは、センシングカメラとビューイングカメラ両方のアプリケーションに対応する、独自の機能を備えたイメージセンサを開発しました。LED フリッカ抑制による 120 dB の HDR 画像をキャプチャする動作モードを提供する (サラウンドビューや電子ミラーアプリケーションに最適) 一方で、従来の多重露光動作により全ダイナミックレンジが 140 dB まで拡大され、前方および周囲のセンシングで最も条件の厳しいシーンにも対応できます。また、これらのイメージセンサは、最も明るいフリッカのあるヘッドライトなど、極端な場合にも対応する第3のパルス LFM モードも備えています。これらのセンサは、高温 (最大 +125°C の接合部温度) の場合も含め、すべての信号対ノイズ比 (SNR) を 30 dB 以上に保ちます。これらのセンサは、ADAS の安全性と自動運転システムの設計に必要な性能を実現します。この性能は、暑い晴れた日などに、フロントカメラ内にぎっしり詰め込まれたセンサが焼け付くような温度にまで熱せられる場合、イメージセンサに依存する可能性があります。

Multiple Exposure



Split Diode Exposure



Super Exposure

(Overflow Multi-Exposure)

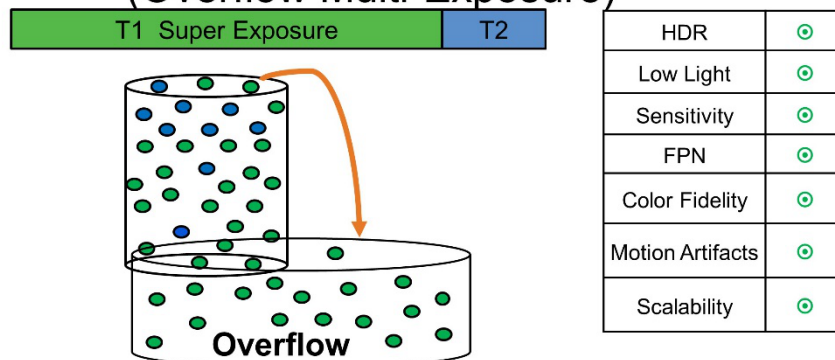


Figure 3. Different Exposure Techniques

オンセミの最新の車載用 HDR イメージセンサは、スーパーエクスポージャ技術で構築されています。これらのセンサは、全車載温度範囲で有効な以下の一連の動作を実装しています。

- 150 dB の HDR LFM によるスーパーエクスポージャ
- パルス駆動 LED フリッカ抑制 (pLFM)
- 多重露光による 140 dB を超える HDR 画像のキャプチャ

これらのモードは、一般的な車載シナリオの全範囲に対応し、LED やその他のライトのフリッカを効果的に抑制できます。イメージセンサの HDR 性能と高い変換ゲイン (HCG) による信号読み出しを組み合わせることで、非常に低い照度レベルから非常に高い照度レベルまでの優れたピクセル直線性の結果、シャープで色再現性の高いキャプチャによる映画並みの画質を実現します。1つのマイクロレンズでカバーされた2つのフォトダイオード (PD) に関連する動作モードが追加され、ピクセル内位相検出を使用した距離の抽出やカラー画像が可能なセンサもあります。4回露光 HDR モードの室温での特性評価では、140 dB のダイナミックレンジとHCGを使用した最初のT1露光の読み出しで、すべての全SNRが 30 dB 以上となっています。

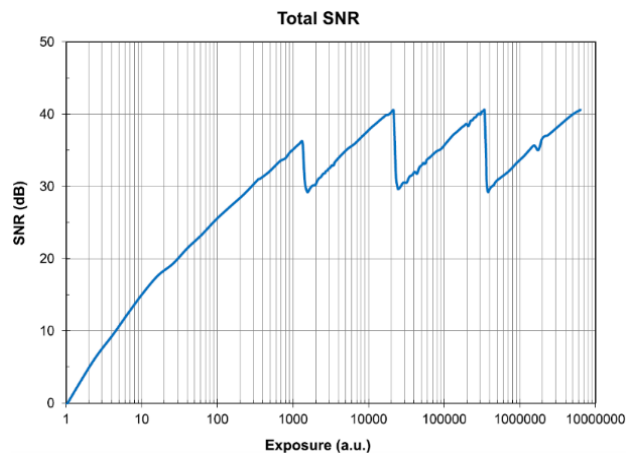


Figure 4. 4-exposure Room Temperature 140 dB Dynamic Range Total SNR

これらのスーパーエクスポージャ HDR LFM イメージセンサでは、Figure 5 に示すように、従来の多重露光イメージセンサと比較して、フリッカのある明るい LED が良好にキャプチャされ、モーションアーチファクトが除去されています。



Figure 5. Multi-exposure HDR (top) vs. LFM HDR (bottom) Image Captures of Flickering LED Lights

優れた性能

スーパーエクスポージャーピクセル HDR イメージセンサは、全車載温度範囲にわたって拡大された HDR と優れた LFM を提供し、最も過酷な照明および温度環境においてもセーフティやその他のアプリケーションに使用されています。オンセミの第2世代スーパーエクスポージャー技術は、同じアーキテクチャ原理に基づき、HDR LFM ピクセルのさらなる小型化と高性能化を可能にしています。

onsemi, Onsemi, and other names, marks, and brands are registered and/or common law trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba "onsemi" or its affiliates and/or subsidiaries in the United States and/or other countries. **onsemi** owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of **onsemi**'s product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. **onsemi** reserves the right to make changes at any time to any products or information herein, without notice. The information herein is provided "as-is" and **onsemi** makes no warranty, representation or guarantee regarding the accuracy of the information, product features, availability, functionality, or suitability of its products for any particular purpose, nor does **onsemi** assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using **onsemi** products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by **onsemi**. "Typical" parameters which may be provided in **onsemi** data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. **onsemi** does not convey any license under any of its intellectual property rights nor the rights of others. **onsemi** products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use **onsemi** products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold **onsemi** and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that **onsemi** was negligent regarding the design or manufacture of the part. **onsemi** is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

ADDITIONAL INFORMATION

TECHNICAL PUBLICATIONS:

Technical Library: www.onsemi.com/design/resources/technical-documentation
onsemi Website: www.onsemi.com

ONLINE SUPPORT: www.onsemi.com/support

For additional information, please contact your local Sales Representative at www.onsemi.com/support/sales