



本記事関連動画を
ホームページで公開中!
www.ite.or.jp

暗闇を彩り豊かな世界に

～特殊カラーフィルタ付きイメージセンサを開発～

祖父江 基史†

1. 暗視カメラはカラー化できる

「赤外線カメラは暗闇を撮れるが映像がモノクロになってしまう」。この常識を商業レベルで覆すこと、それが私たちナノルクスの使命です。私たちは既存カメラを構成する部品や材料を、極力変えません。大幅に変えるのは、電子の目として光電変換を担うイメージセンサ(撮像素子)の一部、具体的にはカラーフィルタだけです。

こうした使命や手段の裏には、ほとんど世の中に知られていない自然現象が存在します。青色の物体を例に採りましょう。その物体は波長450nm前後の光をたくさん反射するから青色に見えるわけですが、同物体は実は目に見えない近赤外線の一部波長もよく反射する傾向があるのです。こうした可視域と不可視域にまたがる光の反射は、三原色(RGB)のいずれにも存在します(図1、図2)¹⁾。またイメージセンサは元来、可視光ほど大量ではありませんが、近赤外線に反応して電子を生成します。

ですから、暗闇の中で特定波長の赤外LEDで青色の物体を照らせば、イメージセンサの出力によって、撮影対象物が青色成分をどの程度含むのか推測できます。ナノルクス

は赤色を推測する近赤外線波長帯をIR1、青色を推測する波長帯をIR2、緑色を推測する波長帯をIR3と呼んでいます。

IR1～IR3を用いて実際に生成したカラー画像を図3に示しました。色再現性は完璧ではありませんが、色の傾向はしっかりとらえることができ、視認性を大幅に高めることができます。とくに、肌色は必要十分に表現できており、暗視カメラの常識を打ち破ったと確信しています。この技術の発明者は、産業技術総合研究所主任研究員であり、当社の創業者、取締役でもある永宗靖です。当社は産総研開発ベンチャー企業であり、上述の赤外線を用いた色判別技術に関して特許の所有権および独占使用権を保有しています。

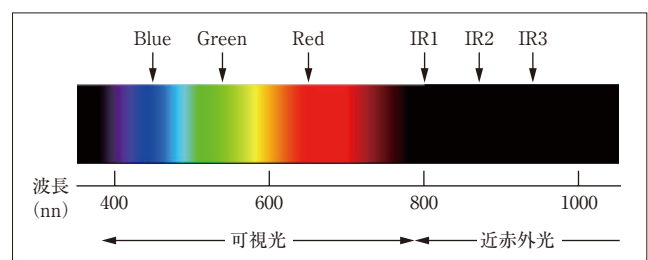


図2 RGBおよびIR1～IR3の波長帯

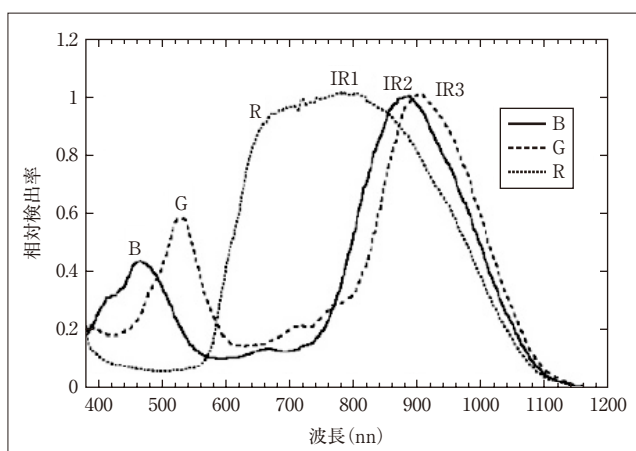


図1 可視域と不可視域にまたがる光の反射特性

† 株式会社ナノルクス

"Start-Up Businesses (5): Change Darkness to Colorful World by Image Sensor with Our Special Color Filter" by Motoshi Sobue (Nanolux co. ltd., Tsukuba)



Nanolux Color Night Vision Standard IR Camera

(a) 肌色を再現できている



カラー暗視カメラ 従来暗視カメラ(白黒)

(b) 車のボディカラーサンプルで色判別ができている

図3 IR1～IR3を用いて生成したカラー画像
(印刷により判別しづらい可能性があります)



2. 2018年に量産適用を可能に

冒頭に、イメージセンサのカラーフィルタだけを大幅に変えると述べました。イメージセンサは光電変換部（フォトダイオード）の上に、特定の可視光だけを透過するカラーフィルタを備えていますが、それは近赤外線をほとんど透過してしまいます。つまり、このままではIR1、IR2、IR3を生成できません。

そこでナノルクスは、国内外の有力な加工業者や半導体メーカーと協力して、特定の可視光と特定の近赤外線だけを透過するカラーフィルタを開発しています。2018年中に試作と評価を終えて、量産適用を可能にします。そして、この知的財産権（IP）やソリューションを供与して収益を得ていくつもりです。

この技術の商業レベルでの利点は、使用する波長域を近赤外線にとどめていることです。量産されているイメージセンサの大半はシリコンを基板としており、可視光だけでなく、近赤外線であれば反応して電子を生成します。すなわち、色再生に用いる波長域を近赤外線域までにとどめることで、すでに量産化されているイメージセンサをそのまま活用でき、技術を一部の研究や特殊用途のみでなく、広く世の中に安価で大量に提供できるようになります。

本稿をお読みの方はこう思ったかもしれません。「私がカラー暗視カメラを研究開発でいじれるのは2019年～2020年かな」。そこまで待たせません。ナノルクスは3 CMOSカラー暗視カメラ「NLX-PH001-DK」をすでに開発済みで、今年から市販を開始します（図4）。開発の仲間を増やしたいからです。本機は、レンズに入射した光をプリズムで三つに分けて、三つのCMOSイメージセンサでIR1～IR3をそれぞれ取得します。部材費が壁となって民生用カメラのように安価にはできませんが、実際に手を動かしてカラー暗視の威力を体感していただけます。また、IR1～IR3を同時に発光する投光器などもセットで提供しますので、すぐにお使いいただくことができます。

NLX-PH001-DKはソニーセミコンダクタソリューションズ製のイメージセンサを内蔵し、フルHD映像を60フレーム/秒で出力する。映像出力端子は業務用機器で一般的なSDI。レンズはCマウントで接続します。

3. 台湾と韓国の手エレクトロニクス企業から資金調達

ナノルクスの設立は2010年とさほど新しくありません。関西の電機メーカーが当社技術を採用してくれたものの、商業的な価値を生み出せなかったこともありました。当社も存在はしていたものの、本格的な商用利用には取り組んでいませんでした。私は原因が基礎技術や市場ではなく経営にあったと判断して、縁あって2015年10月に社長に就任し、新たに会社を始めるつもりで一からやり直しました。



図4 ナノルクスが発売するカラー暗視カメラ
レンズは付属しないが、赤外線投光器を同梱する予定。内蔵するCMOSセンサは1/1.8型の「IMX265」。

私たちのような新技術が普及するか否かを決める大きな要素は、電子機器メーカーの意向です。そこでスマートフォン市場で成長していた台湾ASUS（華碩）に着目。ツテをたどって2017年4月に台湾本社でプレゼンしたところ、当日に90分間で董事長のJonney Shih（施崇棠）氏が1億円の出資を決めてくれました。

これは第2の創業と呼ぶべき大きな出来事でした。台湾の加工業者と共同開発を進めたり、日本メーカーの有力企業で腕を磨いたシニアエンジニアを迎え入れたりしやすくなったからです。

ただし、それで万事順調になったわけでは正直ありません。Pivot（転換）は必要でした。例えば、モバイル機器が内蔵するイメージセンサに、ナノルクスの技術を適用すること。光学的、電気的に動作するイメージセンサおよびカメラモジュールを作製しましたが、画素寸法の小ささから必要な分光性能およびS/Nに達せず、これだけに取り組んでいては商業化に時間を要しそうでした。

そこで私たちは監視カメラを再び主力用途に定め共同開発を進める中で大きな一歩を得られました。2018年5月、韓国Samsung Venture Investmentなどから2億1,592万円の投資を受けたのです。Samsungグループは民生機器だけでなく、監視カメラを含めた産業機器を豊富に手掛けています。

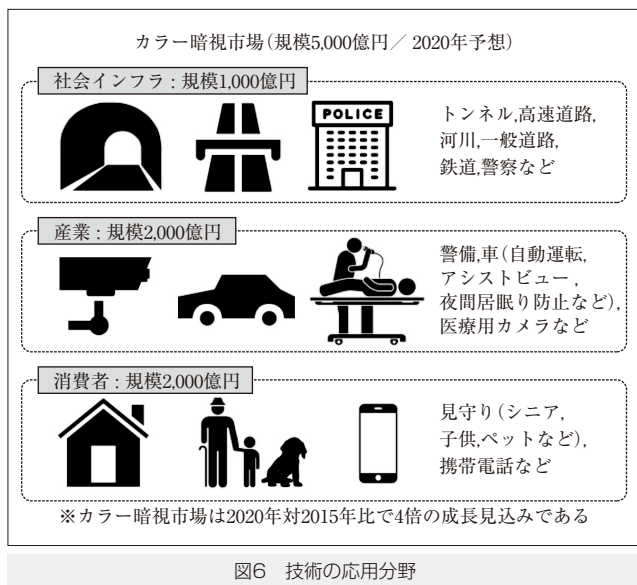
4. 目に見えない領域こそがイメージングの争点

多くの人はもうカメラ専用機を持ち歩かなくなりました。お手持ちのスマートフォンを見れば明らかなように、イメージセンサの性能がこの10年で飛躍的に向上したからです。ところが目に見えない近赤外光はその対象外とされてきました。モノクロだったからです。色がつくと、人は撮影対象を大幅に認識しやすくなります。

実はコンピュータもそうです。一般的な画像認識ソフト



図5 画像認識ソフトウェア実行時の様子
カラー暗視映像では、車と人の切り出しが正確にできている。



ウェアを用いて人とクルマを検出させたところ、モノクロ暗視映像ではエラーを173回起こしましたが、カラー暗視映像では34回で済みました。検出に成功した回数はモノクロが19回、カラーが67回でした(図5)。

カラー暗視の潜在市場は本当に大きい。2020年には産業用途(警備、自動運転やアシストビュー、医療用カメラなど)で2000億円、そこに社会インフラ(トンネル、高速道路、鉄道、警察など)も含めれば3000億円規模となるでしょう。民生用途(子どもやペットの見守り、スマホのロック解除、ゲームなど)も加えれば合計5000億円ほどに膨らむかもれません。ナノルクスは監視カメラを皮切りにどんどん用途を広げていきます(図6)。

幸い、近年CMOSイメージセンサは近赤外線の色度が向上しています。例えば、米OmniVisionは2018年、画素寸法を $1.0\mu\text{m}$ と狭いまにしながら、近赤外線の量子効率(QE)を1.5倍に高めたイメージセンサを製品化しました(図7)。フォトダイオードを厚く形成した上でDTI(Deep Trench Isolation)をより細く深く形成して混色を抑制したのです²⁾。こうした製造技術の進展は当社のカラーフィルタ技術にとって追い風です。

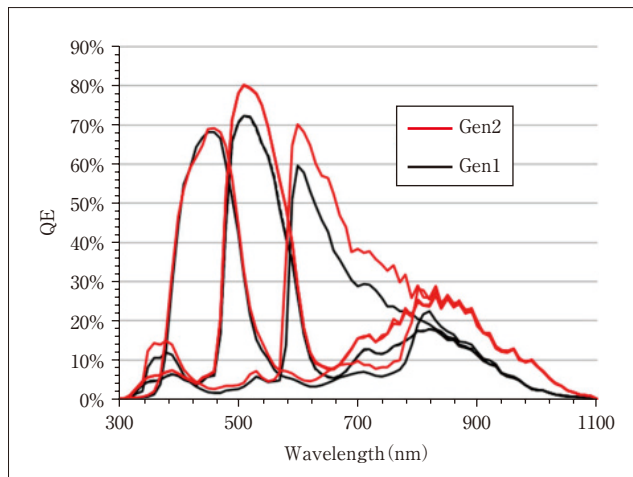


図7 CMOSイメージセンサの分光感度特性の例
Gen2はNIR感度が向上した。

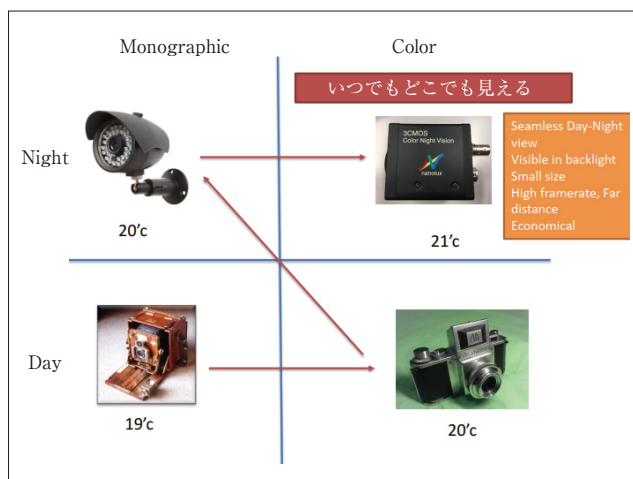


図8 21世紀は夜もカラーの時代

カメラの歴史は19世紀に始まり、当初は昼間にモノクロでしか撮影できませんでした。20世紀にカラー化されたものの、可視光照明がなければ今も夜はモノクロ画像になってしまいます。ナノルクスは21世紀をいつでもどこでもカラー撮影できる時代にしたい(図8)。それによって2022年には株式上場、もしくはM&Aされることを目指しています。

(2018年5月28日受付)

〔文 献〕

- 1) 永宗靖: “赤外線カラー暗視撮影技術の開発と応用”, 微小光学研究会Micro optics news, 34, 2, pp.23-28
- 2) V.C. Venezia, et al: "Second Generation Small Pixel Technology Using Hybrid Bond Stacking", Sensors, 18, 667 (2018), <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/667/pdf>



祖父江基史 日本銀行, Intel, Dell, British American Tobaccoにて、ファイナンス、戦略等を歴任。TXアントレプレナーパートナーズ副代表理事を経て、2015年、(株)ナノルクス代表取締役役に就く。早稲田大学大学院理工学修士, Duke University経済学修士。