

不可視光イメージングのレンズ要件に応えるメーカー各社の取り組み

ジェームズ・キャロル

マルチスペクトル、ハイパースペクトル、またはSWIRイメージング技術を活用する開発者は、適切なレンズを選択する必要がある。

イメージセンサのサイズに合った正しいレンズと光学部品の選択は、マシンビジョンシステムの開発者が真っ先に行わなければならない作業である。それを行わなければ、必要な解像度が達成できず、物体のパラメータ測定などの目的を果たせるだけの画像が得られない可能性がある。

必要な解像度が得られる、適切な組み合わせでレンズとセンサを選択すれば、開発者は、潜在的故障ではなく成功に向けて、作業を進めることができる。スマートカメラのメーカーが、拡大するマシンビジョンのニーズに対応して製品群を進化させたように (<http://bit.ly/VSD-SMC>)、レンズや光学部品の開発者も、マルチスペクトル、ハイパースペクトル、短波赤外 (shortwave infrared: SWIR) カメラ用の特殊なレンズ要件を含む、そうした需要に対応していく必要がある。

マルチスペクトル、ハイパースペクトル、SWIRの各イメージング手法は、適切な波長の光を効果的に透過しなければ正しく機能しないため、不可視光イメージングシステムを最終的に成功させるには、正しいレンズの選択が不可欠である。

例えば、米エドモンド・オブティクス社 (Edmund Optics) は、そのような用途向けに特別に設計された製品を提供している。同社は、「TECHSPEC SWIR」シリーズのレンズアセンブリ

(図1)として、0.9~1.7 μ mのSWIR域用に設計された、Cマウント、Fマウント、M42 \times 1.0のレンズを提供している。これらのレンズには、SWIR波長に最適化した光学デザイン、ガラスタイプ、0.8~1.8 μ m用の反射防止 (Anti-Reflective: AR) コーティングが採用されている。また、大型の25mmセンサに対応し、焦点距離が25 / 50 / 100mmのバージョンが提供されている。

同社は、ジंकセレン (ZnSe) 非球面レンズとして、レーザシステム、サーマルイメージングアセンブリ、フーリエ変換赤外分光分析 (Fourier-transform infrared spectroscopy: FTIR) 装置への実装用に設計されたレンズを提供している。これらのレンズは、未コート版と8~12 μ m用の広帯域ARコーティング版で提供されており、有効焦点距離は6.35~50.80mmである。

「不可視波長域におけるイメージングでは、広範囲に感度を持つ新しいイメージセンサの性能を最大限に高めることが目標で、これにはそのために特別に設計された製品が必要だ」と、エドモンド・オブティクス社のイメージング担当副社長を務めるグレッグ・ホロズ氏 (Greg Hollows) は述べた。「そうした波長用に設計されていないレンズと光学部品で、必要な性能を達成することはまずできない。特定のガラスタイプを使用するか、素子数、曲率、デザイン形状などの特殊な設計検



図1 エドモンド・オブティクス社の「TECHSPEC SWIR」シリーズのレンズは、0.9~1.7 μ mの波長域用に設計されており、Cマウント、Fマウント、M42 \times 1.0のオプションで提供されている。

討を行うかにかかわらず、まずはそれを考慮する必要がある」(ホロズ氏)。

モリテックスは「MML-NIR」シリーズで、1127nmでのシリコンウエハの検査を主に対象とするテレセントリックレンズを発表した。770~1200nmの波長範囲を備えるこのCマウントレンズは、倍率がそれぞれ4、6、8倍の3つのモデルで提供されている。モリテックスのすべてのファクトリオートメーション (FA) / CCTV レンズに、1000nmまでの波長を透過させるコーティングが採用されているが、「ML-T」シリーズには、1000nm以上の波長を色補正する機能が搭載されている。

交通システム向けに設計されている

これらのCマウントレンズは、最大12メガピクセル(MP)の1.1型センサに対応し、20/25/35/50/75mmの焦点距離で提供されている。Moritex North America (モリテックス北米会社)社長のジェイソン・バチェラー氏 (Jason Baechler)によると、同社はこれらのレンズ以外にも、不可視光イメージング用に設計された複数の製品を提供しているという。

「FA/CCTVレンズと同様に、『MLFF』シリーズなど、当社の新しいラインスキャンレンズのほとんどに、1000nmまでの波長を透過させるコーティングが採用されている。これらのレンズは、特定の対象波長に合わせて変更することができる」と同氏は述べた。

さらに同氏は、「新しいシリーズのプリズムカメラ用ラインスキャンレンズをまもなく提供する予定だ。RGB+NIR (カラー画像と近赤外画像：400～1000nm) とIR+SWIR (赤外画像と短波赤外画像：1000～2000nm) の2種類のモデルで、焦点距離は28/35/50mmになる」と続けた。

米ナビター社 (Navitar) は、固定焦点距離のSWIR / ハイパースペクトル



図3 「VS-H1-SWIR」シリーズのレンズは、6～50mmの焦点距離で提供されており、700～2000nmの波長範囲を透過する。

用Cマウントレンズとして、焦点距離が8/12.5/16/25/35/50mmのモデルを提供している。これらのレンズ(図2)は、700～1900nmの波長を75%以上透過でき、SWIRイメージングに必要な広い波長域全体にわたって、高レベルの透過率が得られる。同社の「Resolv4K」シリーズでも、固定とズームの両方のレンズで、VIS (可視域：430～670nm)、VIS-NIR (可視-近赤外域：430～1000nm)、SWIR (900～1700nm) のコーティングオプションが

提供されている。

ヴァイ・エス・テクノロジーは、「VS-H1-SWIR」シリーズで700～2000nmの範囲を透過するレンズを提供している(図3)。1型センサ対応のこのCマウントレンズは、6～50mmの焦点距離で提供されている。「VS-H-IRC/11」シリーズでは、4K解像度対応のCマウントレンズが、焦点距離が12/16/25mmの3種類のモデルで提供されている。近赤外補正によって可視からNIR域(340～850nm)のフォーカスシフトを最小化し、最大12MPのセンサに対応する。

「VS-H-IRC/11シリーズのレンズは、食品やプラスチックの検査など、可視光イメージングと不可視光イメージングの切り替えを必要とする用途をターゲットとし、VS-H-1-SWIRシリーズのレンズは、食品検査やセキュリティなど、SWIRとIRの波長域を必要とする用途向けに設計されている」と、同社セールスおよびマーケティング担当ディレクターを務めるIwata氏は述べた。

独シルオプティクス社 (Sill Optics) は、ハイパースペクトルイメージング用に設計されたSWIRバイテラセント



図2 ナビター社のSWIR / ハイパースペクトル用レンズは、8～50mmの焦点距離で製造されており、700～1900nmの波長を75%以上透過できる。

リックレンズとして、「S5LPJ6835」レンズを提供している。このCマウントレンズは、800～1800nmの波長範囲を備え、最大で対角16mmのセンサに適合する。この大型センサ用バイテラセントリックレンズの第2弾として、最大対角24mmのSWIRセンサに対応する製品が、近い将来リリースされる予定である。

米ティア・テクノロジーズ社(Theia Technologies)も、ほとんどのマシンビジョンレンズで近赤外補正を提供している。例えば、2/3型センサ対応の「ML610M」レンズ(図4)は、焦点距離が6～10mmの範囲で可変のバリフォーカルCマウントレンズで、450～950nmの波長を透過できる。同社によると、赤外補正によってこの12MPレンズは、NIR域においてわずかの5 μ mのフォーカスシフトで焦点を維持することができ、農作物検査などのマルチスペクトル用途においてさらに高い感度を実現するという。

米コンピューター社(Computar)のSWIRレンズは、マシンビジョン用途向けに設計されており、同社によると、800～1700nmで高い透過率を示すコーティング技術が採用されているという。これらのCマウントレンズは、16/25/35/50mmの焦点距離で提供されており、2/3型のイメージセンサに対応し、手動絞りが可能である。

独イエナオプティック社(Jenoptik)も、不可視光画像を捉えるためのマルチスペクトル/ハイパースペクトルレンズを提供している。例えば、400～1700nmの範囲で絞りが調整可能で、焦点距離が25mmのハイパースペクトル用Cマウントレンズや、透過波長域が290～1500nm、アポクロマティック波長域が315～1100nm、焦点距離が60mmのマルチスペクトル用ニコン



図4 ティア・テクノロジーズ社の「ML610M」は、焦点距離が6～10mmの範囲で可変のバリフォーカルCマウントレンズで、450～950nmの波長範囲を透過できる。

Fマウントレンズなどがある。マルチスペクトルレンズとしては、波長範囲が250～650nm、焦点距離が105mmのニコンFマウントレンズも提供されている。対象用途は、法医学、警察、自然科学、芸術である。

スイスのオプトチューン社(Optotune)は、同社の電気式焦点可変レンズにおいて、可視域以外の範囲に感度を持つ製品を2つ提供している。「EL-16-40」は、-500～+333mmの範囲で焦点距離が調整可能で、標準ガラスコーティングによって420～950nmの波長域に感度を持つ。一方、「EL-10-30」は、50～120mmの範囲で焦点が可変で、NIRと1064nmのコーティングオプションが提供されており、400～700nm、700～1100nm、1064nmの狭帯域波長に感度を持つ。同社によると、これらのレンズのターゲット用途は、暗視鏡(夜間の自動車速度監視など)や、農作物の傷検出などだという。

米エクセリタス社(Excelitas)は、

SWIRセンサ用マイクロ検査レンズ「Optem FUSION」において、固定倍率、7:1ズーム、12.5:1ズームの3種類のレンズを提供している。C/CS/F/EOS及び4/3型などのカメラマウント向けに最適化されており、400～1700nmの波長域に感度を持つ。同社からは、「LINOS MeVis-C」レンズも提供されている。こちらは、感度波長域が450～900nm、焦点距離が12～50mmのCマウントレンズである。

Kowa American(興和の北米会社)も、「HC-SW」シリーズの1型SWIR対応Cマウントレンズ(焦点距離:8～50mm)など、SWIRイメージング用の複数のレンズを提供している。これらのレンズは、興和の特殊コーティング技術によって800～2000nmの波長域で高い透過率と感度を備える。

同社はさらに、4種類のSWIRズームレンズを提供している。焦点距離はそれぞれ、20～750mm、25～300mm、16～160mm、11～77mmで、感度波長域は800～2000nmである。

スイスのフィスバ社(FISBA)も、カスタマイズされた低光量レンズシステムを提供している。400～1600nmの色補正波長範囲を持ち、さまざまな不可視光イメージングに対応する。

米オートメーティッド・ビジョン・システムズ社(Automated Vision Systems)社長のペリー・ウエスト氏(Perry West)によると、不可視光イメージング用の多数のレンズが現時点で存在するが、選択肢は今後さらに増えることが予想されるという。

「短波赤外、ハイパースペクトル、マルチスペクトルの各イメージング技術に対する関心が高まっていることから、適切な波長範囲で動作する、さらに多くのレンズや光学部品の開発が促進されるにちがいない」と同氏は述べた。