

# レンズメーカー、 イメージセンサのサイズ増大に対応

ジェームズ・キャロル

10～150メガピクセル(1000万～1億5000万画素)のセンサで最適な性能を得るには、適切な光学部品が必要である。

イメージセンサに対する適切なレンズを選択する際に、システムインテグレータがまず検討しなければならないのは、センサのサイズと解像度だ。それを怠れば、開発は出だしから成功どころか失敗への道をたどることになる。

今日のマシンビジョン市場には、ますます大きなイメージセンサを搭載する産業用カメラが提供されており、レンズや光学部品の開発者には、拡大するマシンビジョンのニーズに対応することが求められる。

今ではかつてないほど多くの高解像

度イメージセンサが提供されているため、レンズを正しくそれに合わせる必要がある。低解像度のレンズと高解像度のイメージセンサ(本稿では10メガピクセル[MP]以上と定義する)を組み合わせると、光デリバリシステム、すなわちマシンビジョンシステム全体の性能は、レンズによって制約されてしまう。

伊オプト・エンジニアリング社(Opto Engineering)は最近、APS-Hセンサにまで対応する一連の新しいテレセントリックレンズとして、「TC12M」シ

リーズを発表した(図1)。同社によると、これらのFマウントテレセントリックレンズは、さまざまな工業検査に適したコンパクトなデザインになっているという。

「最大33.5mmのイメージサークルを備える検出器(センサ)用のTC12Mシリーズは、今日の市場でますます増加傾向にある高解像度カメラに対応するために開発されている。これらのレンズは、APS-C(ソニーの「IMX342」)やAPS-H(「Python 25K」)フォーマットのような大型センサを搭載するカメ



図1 APS-Hセンサ用に設計されている「TC12M」シリーズのテレセントリックレンズは、さまざまな産業用イメージングに適したコンパクトなデザインを備える。写真提供:オプト・エンジニアリング社

ラに適合する」と、テレセントリック光学部品担当製品マネージャーを務めるフランチェスコ・モンダドーリ氏 (Francesco Mondadori) は述べた。

同社は、「TC16M」シリーズのテレセントリックレンズも提供している。こちらは、最大29MPの解像度を備える45mmフォーマットのセンサに加え、8kピクセルのラインスキャンカメラにも適している。

米コンピューター社 (Computar) は、さまざまなマシンビジョン用途に使用される高解像度イメージセンサ用に設計された複数のレンズを製造している。例えば、「MPZ」シリーズでは、1型センサ用に8～75mmの焦点距離を備えるモデルが提供されている。同社によると、これらのCマウントレンズをソニーの「IMX183」センサ (20.48MPで、ピクセルサイズは $2.4\mu\text{m}$ ) とともに使用する顧客もいるという。「MPY」シリーズでは、焦点距離が8～50mm



図2 「ML-MC-XR」シリーズのレンズは、200lp/mmの解像力を備え、最大20MPのイメージセンサに対応する。

の12MPのレンズが提供されている。1.1型センサ用に設計されたこれらのCマウントレンズは、マシンビジョンやインテリジェントな交通用途をターゲットとしている。

コンピューター社はさらに、3種類の4K、1/1.8型対応の赤外補正付きSマウントボードレンズ (魚眼: 3.8、5.2、1.65mm) と、1.1型カメラの12MPセンサに対応する「TEC-V0345165MPY-WI」テレセントリックレンズも提供している。このCマウントレンズは、ソニーの「IMX253」センサ (12.37MPで、ピクセルサイズは $3.45\mu\text{m}$ ) 向けに特別に設計されている。

独シルオプティクス社 (Sill Optics) は、対角17.6mmで12.37MPのソニー製CMOSセンサIMX253のようなセンサ用に設計されたテレセントリックレンズを提供する一方で、それよりもはるかに高い解像度に適したレンズも提供している。例えば、「S5LPJ1555」は、M60x1のスレッド (マウント) を搭載するバイテレセントリックレンズで、対角56mmのイメージセンサと $3.45\mu\text{m}$ のピクセルサイズに対応し (44×33mmセンサで125MP)、「S5LPJ3005/M72」



図3 「Fujinon CF-ZA-1S」シリーズのレンズは最大23MPのイメージセンサに対応し、8～50mmの焦点距離で提供されている。

は、M72のスレッドを搭載する(対応するイメージセンササイズは同じ)。

同社は、50MP以上のイメージセンサ用のレンズも提供している。例えば、「S5LPJ7255/M72」は、対角50mmのイメージセンサと $4.6\mu\text{m}$ のピクセルサイズに対応する(56.7MPまたは $40\times 30$ のイメージセンサに相当)。同社によると、これらのセンサは、主にラインスキャンセンサをターゲットとするが、エリアスキャンにも適用できるといふ。

モリテックスも、高解像度イメージセンサ用に設計された複数のCマウントレンズを提供している。例えば、「ML-M-UR」シリーズでは、焦点距離が6～50mmのレンズが提供されている。これらのレンズは、200lp/mmの解像力と $2.2\mu\text{m}/\text{pixel}$ の分解能を備える。Moritex North America(モリテックス北米関連会社)社長のジェイソン・バチェラー氏(Jason Baechler)によると、ML-U-SRシリーズは、最大12MPのソニー製CMOSイメージセンサファミリー「Pregius」用に設計されており、 $3.45\mu\text{m}$ のピクセルサイズ(150lp/mm)に全視野で対応するという。

同社がロボットビジョン向けに設計した「ML-MC-G」シリーズの耐振マクロレンズは、最大12MPのセンサに対応し、12～75mmの焦点距離で150lp/mmの解像力を備える。一方、「ML-MC-XR」シリーズのレンズ(図2)は、最大20MPのイメージセンサに対応し、200lp/mmの解像力を備え、25/35/50/90mmの焦点距離で提供されている。「ML-T」シリーズのレンズも、最大12MPの1.1型センサをターゲットとし、20/25/35/50/75mmの焦点距離で提供されている。同社が提供する高解像度レンズとしてはその他に、「MML-SR」シリーズや、複数のバイ



図4 「Xenon-Opal」シリーズのレンズは、焦点距離が12mmで、1.1型センサをターゲットとし、マイクロレンズ採用センサを搭載する最大12MPのカメラで使用できる。

テレセントリックレンズで構成される「MTL」シリーズがある。

富士フイルムが提供する「Fujinon CF-ZA-1S」シリーズのレンズは、1.1型、 $2.5\mu\text{m}$ ピクセルピッチ(23MP相当)の高解像度イメージセンサに対応する(図3)。同社によると、90%以上の周辺光量比(レンズの口径食とロールオフを合わせた影響を表す)を実現し、画像中心部から周辺部まで明るい画像を得られるという。8～50mmの焦点距離で提供されている。

五洋光学商事は最近、一連の1.1型12MPレンズをリリースした。16/25/35/50/75mmの焦点距離で提供されるこれらのCマウントレンズは、260lp/mm(ラインペア/mm)の解像力を備える。同社はこれ以外に、4/3型、1型、2/3型の12MPレンズを提供している。

独シュナイダー・クロイツナッハ社(Schneider-Kreuznach)は、「Xenon-Opal」シリーズ(図4)において、1.1型センサ用の焦点距離12mmのCマウン

トレンズを提供している。マイクロレンズ採用センサを搭載する最大12MPのカメラで使用できる。一方、「Xenon-Topaz」シリーズのCマウントレンズは、6.5～30mmの焦点距離が選択可能で、最大12MPの1.1型センサをターゲットとする。同社はその他にも、10MP超のイメージセンサ用に設計された複数のレンズを開発しており、同社の「Anti-shading」(シェーディング防止)シリーズのCマウントレンズは、マイクロレンズ採用センサを搭載する最大12MPのカメラ用の1.3型センサに適合し、「Xenon-Emerald」のFマウントバヨネット式またはV48マウントのレンズは、最大29MPのセンサに適合する。

Tamron USA社(タムロンの米国グループ企業)は、マシンビジョン分野で使用される12MPのイメージセンサ用に設計された4種類のレンズを提供している。8～50mmの焦点距離で提供されるこれらのCマウントレンズは、1.1型センサに対応する。

Kowa American(興和の米国関係会社)も、10MPイメージセンサ用に設計された2/3型レンズ(焦点距離:5～50mm)の「JC10M」シリーズと、1.1型、12MP対応Cマウントレンズ(焦点距離:6.5～50mm)のシリーズを製造している。どちらのシリーズも、マシンビジョンとファクトリーオートメーションをターゲットとしている。

電気式焦点可変レンズを提供するスイスのオプトチューン社(Optotune)に対し、12MPイメージセンサに対応する製品があるか問い合わせたところ、「EL-16-40-TC」が対応可能との回答を得た。EL-16-40-TCを、米エドモンド・オプティクス社(Edmund Optics)の12mmレンズと、独IDSイメージング・デベロップメント・システ

ムズ社 (IDS Imaging Development Systems) の12MPのUSB 3.1カメラとともにテストした結果、作動距離が966mmの場合で140lp/mm、500mmの場合で131lp/mmのナイキスト限界解像度が得られたという。

ヴァイ・エス・テクノロジーの「VS-HIRC/11」シリーズのレンズも、最大12MPのセンサに対応する。これらのCマウントレンズは、可視域から近赤外 (NIR) 域に感度を有し、12/16/25mmの3種類の焦点距離で提供されている。

同様に、米ティア・テクノロジー社 (Theia Technologies) の「ML610M」も、2/3型センサに対応する、12MPでバリフォーカル (可変焦点) のCマウントレンズで、焦点距離は6~10mmである。同社はその他にも、12MPの「SL410」(CSマウント) や「ML410」(Cマウント) など、複数の高解像度レンズを提供している。ML410は、4~10mmの範囲で焦点距離が可変で、最大で1/1.7型までのイメージセンサに対応し、マシンビジョンやセキュリティの用途をターゲットとする。「TL410」と「TL1250」は、ITS/ANPR/LPR、ロボティクス、ビデオ監視の用途をターゲットとする電動ズームレンズである。12MPまたは4K解像度のこれらのレンズは、300lp/mmの変調伝達関数 (MTF: Modulation Transfer Function) で1.55 $\mu$ mのピクセルサイズを解像し、その解像性能をNIR域で維持するように設計されている。

12MPの赤外補正魚眼レンズ「TY180IR」は、学校、オフィス空間、店舗における小空間の監視に用いられる360度カメラに搭載できるように設計されており、同社によると、単一の1/2.3型4Kセンサで全方位をとらえることができるという。最後に、12MP

の望遠レンズである「SL1250」は、1/2.3型から1/1.7型までのセンサを使用する長距離セキュリティ監視及びナンバープレート認識 (LPR) の用途をターゲットとしている。

「センサのピクセルサイズとレンズの解像力を合わせる作業を怠ると、高解像度カメラへの投資を無駄にしたり、センサに対して必要以上に解像度の高いレンズを選択したりするリスクが生じる」と、ティア・テクノロジー社社長で最高光学設計者のジェフ・ゴーマン氏 (Jeff Gohman) は述べた。

米ナビター社 (Navitar) の固定/ズームレンズ「Resolv4K」は、Cマウント、Fマウント、M42、またはカスタムマウントのオプションで提供されており、10MP以上のイメージセンサに対応する。同社は、12MPカメラに対応する1.1型のCマウントレンズ (焦点距離は6.5/8.5/12/16mm) と、10MPセンサに適した2/3型のCマウントレンズ (焦点距離は5~50mm) も提供している。

エドモンド・オブティクス社の「CA」シリーズの固定焦点レンズは、APS-Cの高解像度大判イメージセンサ用に設計されており、マシンビジョン用途をターゲットとし、TFLマウント (M35 x 0.75、フランジバック距離: 17.5mm) を採用している。50/75/100mmの焦点距離で提供されている。

「光学部品を大きなイメージセンサに合わせる作業には、不可視光イメージングの特殊な要件に合わせる場合と同じ影響がある。解像度が高くピクセルサイズが小さいイメージセンサに対しては、その高性能範囲に合致するようにレンズを特別に設計する必要がある」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・ホローズ氏 (Greg Hollows) は述べた。

本稿では10MP以上と定義したが、高解像度の範囲はそれよりもはるかに広い。Canon USA (キヤノンの米国販売会社) は「20MXSM」で、120MPのCMOSセンサ (ピクセルサイズは2.2 $\mu$ m) を提供している。ソニーも、100MPの「IMX461」と150MPの「IMX411」のエリアスキャンCMOSセンサを提供しており、ピクセルサイズは3.76 $\mu$ mである。独SVSヴィステック社 (SVS-Vistek) はIMX411を、M72 x 0.75のレンズフィルタスレッドを搭載する同社の「shr411MCX」カメラに採用している。現在提供されているM72マウントレンズの多くがラインスキャンセンサをターゲットとし、エリアスキャンセンサに適したレンズは、そのサイズのイメージセンサと完全互換の状態にはまだ達していない。

例えば、独ツァイス社 (Zeiss) は、M72 x 0.75のフィルタスレッド (Fマウント、M42カメラマウント) を搭載するレンズを提供している。このレンズは、24 x 36mmのセンササイズに対応するが、ソニーのIMX411のサイズは60.3 x 47.90mmである。このレンズは十分なカバレッジを提供するかもしれないが、イメージサイズ全体はカバーしない。シルオブティクス社は、大きなセンササイズと高い解像度に対するカスタムレンズに加えて、M72 x 0.75のレンズも提供している。例えば、「S5LPJ3005/M72」は、最大で対角56mmのイメージセンサ (44 x 33mmのセンサで125MP相当) に適合する。つまり、これらのレンズは確かに大きいですが、IMX411のような大きなセンサを完全にサポートするものではない。そうしたセンサが実際の用途に適用されるようになるにつれて、それらに合わせて特別に設計されたレンズが登場し始めるにちがいない。