

レンズとカメラの融合をめぐる不透明な未来

ニック・シシユカ

レンズメーカーとカメラメーカーは協力して、既に存在する大判センサやこれから登場する大判センサを対象とした、レンズとカメラの新しいマウント規格を開発する必要がある。

マシンビジョンの世界に1つだけ変わらないものがあるとすればそれは、解像度は時の流れとともに必ず増加するということである。それ以外のものはすべて、議論の余地があるかもしれないが、センサやカメラのメーカーが新製品を発表する際に、解像度が低いことを挙げて、それがいかに素晴らしいかを語ることは、極めてまれである（「これまで決してなかった」と書きたかったが、そこまでの勇気はなかった）。解像度はますます、指数的な速度で増加しているように思われる。9メガピクセルや12メガピクセルが高解像度だった時代は、古代の話かと思うがほんの数年前のことで、今では120、150、250メガピクセルのセンサが登場している（図1）。そうしたセンサは確かにまだ、大多数のマシンビジョンシステムに使われているというわけではないが、それでもその動向からは、さらに高い解像度の実現に向けた競争が、近いうちに減速する気配は全くな

いことがうかがえる。

そうした高解像度センサが主流になるのを阻む主要な障害の1つが、そのようなセンサに組み合わせることのできる適切な光学系が存在しないことである。光学系がセンサに組み合わせられない理由は、主に次の2つである。すなわち、光学系の解像度が十分に高くないか、あるいは、レンズがセンサの四隅に光を届けられないために画像の四隅が暗くなることである。

最初の問題は、用途に大いに依存するもので、マシンビジョン業界では、センサのナイキスト限界よりも解像度が高いレンズでなければ、カメラには適さないと誤解されていることが多い。ナイキスト限界とは、ピクセルサイズの2倍の逆数として定義される、解像度の理論上の限界のことである。その考え方は、断固として誤りである。ナイキスト周波数におけるイメージングは、控えめに言っても疑わしく、厳格に制御された環境下でしか使用する

べきではないが、本稿では、その理由の詳しい説明は割愛する。

2つめの問題は、回避するのがはるかに難しい問題である。センサが大きすぎるために、レンズがセンサの四隅に十分な光を供給できない場合、それらのピクセルは、システムに無駄なコストと無用なデータを追加するだけで、何の役にも立たない。小さなレンズ向けに設計されているレンズを、大きなセンサに適用できるケースもあるが（ビンのふたのような円形の物体のイメージングなど）、一般的には、大きなセンサを購入したのであれば、そのセンササイズに合わせて設計された適切なレンズを使用すべきである。ここで残念なのは、高解像度のセンサは低解像度のセンサよりもサイズが大きい傾向にある、という事実であり、センサの四隅が照らされない問題が存在する理由は、そこにある。

理論的には、画像の隅に光が十分に届かない問題の修正は容易である。大きなセンサに対応する大きなレンズを設計する必要がある（本稿では、大きな光学系の設計には本質的な注意事項は伴わないと仮定して議論を進める）。これは、産業分野か民生分野にかかわらず、光学系／カメラ全般でかなり広く見られる傾向である。図2は、対角わずか6mmのセンサ用に設計されたM12レンズと、そのほぼ3倍の17.6mmのセンサに対応するCマウントレンズを並べて示したものである。M12レンズとCマウントレンズは、マシンビジョン分野をこれまでほぼ常に



図1 マシンビジョンセンサの解像度の増加は、ピクセルサイズを縮小するか、センササイズを拡大するかのいずれかによって達成される。（写真提供：エドモンド・オブティクス社）

占有してきたが、センササイズの拡大に伴って、これらのマウントは将来的に、利用範囲が制限されていくと考えられる。

実際、ここ数年で市場に登場した新しいレンズとカメラには、TFLマウント(M35×0.75mmのねじ込み式)が採用されている。TFLマウントは、1.1型(対角約18mm)からAPS-C(対角約30mm)の間のセンサに適している。新たに追加されたこのマウント規格により、大きなセンサをカバーするようにレンズを拡大することができる。この規格そのものは新しいものではないが、TFLマウントのレンズやカメラが提供されるようになったのは最近である。TFLマウントを採用するレンズの開発は、より大きなカメラ向けに大判センサが開発/設計されるようになったことの直接的な副産物だった。センサメーカーが、さらに鋭い主光線入射角(Chief Ray Angle: CRA)に対応する方法を模索中ということもあり、しばらくはCマウントが主流の座にとどまるのは間違いないが、ゆくゆくはTFLマウントの利用が増加する可能性が高い。ただしここで、数年前まではTFLレンズ/カメラに対して、卵が先か鶏が先かのジレンマが存在していたことに、言及しておかなければならない。つまり、そのようなカメラが存在しなかったためにレンズは存在しなかったし、逆に、レンズがないからカメラがないともいえる状態だった。

前述のとおり、TFLマウントレンズのセンサ対角の大まかな上限は、約30mmで、産業分野にはそれよりも大きなセンサが既に多く存在する。Fマウントを使用しない光学機械的な理由は、本稿では取り上げないが数多く存在し、理にかなった次の選択肢が、TFL-II(M48×0.75mm)マウントで

ある。なぜM42が除外されたのか、というのは妥当な疑問である。M42が選択肢に含められなかった最大の理由は、それが、業界全体にわたる規格が存在しなければ、意図が良くても非常に悪い方向に物事が進行する可能性があることを示す、典型的な例だからである。複数のカメラメーカーが、M42マウントとするものを開発し、それらのマウントは最初は素晴らしく見えた。しかし、M42マウントの「規格」が存在しないために、多くの異なるカメラ/レンズメーカーが、さまざまな種類のM42マウントを製造するようになっており、それによってレンズ/カメラ選定は、ひどく紛らわしくなる可能性がある。例えば、米エドモンド・オプティクス社(Edmund Optics)は、2種類の全く同じレンズを提供している。どちらもM42マウントであるにもかかわらず、異なるカメラメーカーが提供する異なるM42マウントに合わせるためにフランジ距離が異なるため、同じカメラとの互換性がない。カメラメーカーは通常、M42マウントカメラに対してFマウントアダプターを提供しており、Fマウントレンズはどれも同じであるため、アダプターを使用するほうが簡単である場合が多い。しかしそれによって、システムに部品が追加されてコストが増加する。また、用途に対して理想的なレンズが使用できないことを意味する可能性もある。

M42は、イメージング業界で規格を十分に活用しないとどうなるかを示す教訓である。残念ながら、既存規格の範囲を超える大判センサの開発は続き、M42と同じ状況が繰り返される可能性はある。日本インダストリアルイメージング協会(JIIA)は、さまざまなイメージサイズを対象とした「LE-002-2018」という規格書で、複数の異なる

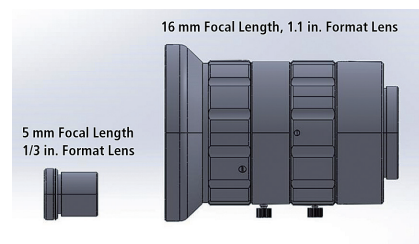


図2 異なるセンササイズを対象に設計された、同じ画角(Angular Field of View: AFoV)を持つ2つのイメージングレンズ。2つのレンズのサイズに、かなり大きな差があることに注目してほしい。

マウント規格を定めているが、フルフレームを超えるサイズのセンサに対する規格の策定は、あまり進んでいない(同規格は2018年から更新されていない)。これをはじめとする多くの要因によって、カメラメーカーは、レンズメーカーの設計に応じてどのようなアダプターでも開発できると考え、比較的ランダムなマウントを対象にカメラの設計と開発を行う状況となっている。これは、顧客に優しい製品開発方法とはいえないが、現時点ではそれ以外の選択肢はあまりない。

レンズメーカーとカメラメーカーは協力して、既に存在する大判センサやこれから登場する大判センサを対象とした、レンズとカメラの新しいマウント規格を開発する必要がある。互いから隔離された状態で個々に製品開発を続けていたのでは、問題はますます増大することになる。解像度を上げるには、センサの位置公差にさらに厳しい要件を課して、異なる光学設計手法を適用することが必要で、新しいセンサの潜在性能を解き放つには、両方の開発者の間の議論が必要である。

著者紹介

ニック・シシュカ(Nick Sischka)は、米エドモンド・オプティクス社(Edmund Optics)のイメージングセールスオペレーション担当マネージャー。