

レンズのシステム統合を容易にする オープン規格

アンドリュー・ウィルソン、欧州エディター

マシンビジョンシステムの仕様規定と設計の支えとなる、レンズやレンズマウントに関するさまざまなオープン規格が存在する。

スマートセンサ、スマート照明周辺機器、スマートカメラは、マシンビジョンシステムの開発を簡素化するが、レンズについてはそうとは言い難いかもしれない。一般的に、マシンビジョンシステムに使われるレンズのほとんどが、1929年に米ベル&ハウエル社 (Bell and Howell) によって元々開発されたスレッドベースのCマウントレンズか、1959年にニコンが発表したバヨネット式のFマウントレンズのいずれかである。その他にも多数のレンズマウントが存在するが、いずれもスレッドかバヨネットをベースとしている。

こうした機械的インタフェースは、レンズを単にカメラ本体に固定するためだけのものだが、マシンビジョンに使われるほとんどのレンズは、外部モーターコントローラを使わなければ、カメラによるリフォーカスができない。これを念頭にキヤノンは1987年、バヨネット式レンズマウント「EF」 (Electro Focus) を開発した。EFは、当初は同社のEOSカメラ用に開発されたものだった。

フォーカスとアパーチャ

EFレンズは、レンズに内蔵された電気モーターを使用する。レンズは、8個の電気出力端子(そのうち2個は、レンズからのデータを伝達および返送する)によって制御される。この方式により、外部モーターコントローラが

なくてもレンズのリフォーカスが可能である。レンズとカメラの間の接続は、オートフォーカスやアパーチャなどのレンズ機能をカメラが制御するため、フォーカスやズーム設定などの情報をレンズがカメラ本体に伝達するための両方において必要となる(図1)。

現在、独カールツァイス社 (Carl Zeiss)、韓国サムヤン社 (Samyang)、米シュナイダーオプティクス社 (Schneider Optics)、シグマ、タムロン、ケンコー・トキナー、中国ヨングオ社 (Yongnuo) など、多数の企業がこの電気インタフェースをリバースエンジニアリング(解析して模倣)して、

互換性のある独自のEFレンズを提供している。

EF規格をサポートする現行のマシンビジョンカメラとしては、独シミア社 (Ximea) の12/20/50メガピクセル (MP) のイメージセンサを搭載する「xiB」シリーズのカメラ(図2)、独アライドビジョン社 (Allied Vision) の2.35MPのGigE Visionカメラである「Prosilica GT1930L」(図3)、加ルメネラ社 (Lumenera) の16MPのUSB 3.1 Gen 1対応カメラである「Lt16059 H」などがある。

非互換のカメラとともにEF規格を使用したいと考えるシステムインテグ

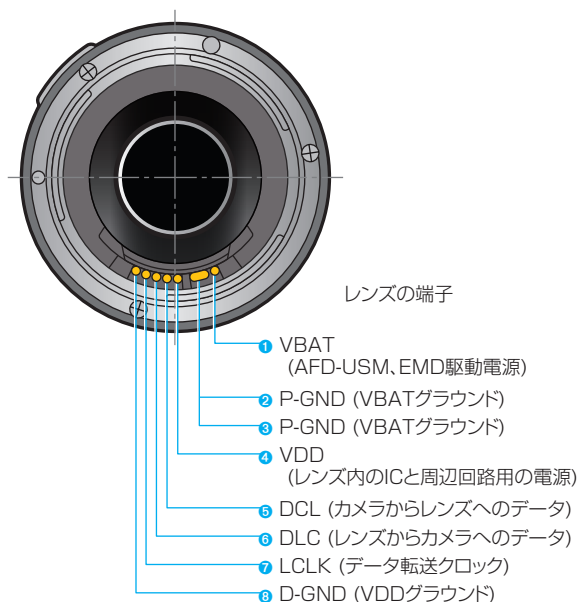


図1 EFレンズは、レンズに内蔵された電気モーターを使用する。レンズは、8個の電気出力端子(そのうち2個は、レンズからのデータを伝達および返送する)によって制御される。レンズとカメラの間の接続は、オートフォーカスやアパーチャなどのレンズ機能をカメラが制御するため、フォーカスやズーム設定などの情報をレンズがカメラ本体に伝達するための両方において必要となる。

レーターは、米ISSI社 (Innovative Scientific Solutions Incorporated)が提供するCanon EFレンズコントローラなど、独立したレンズコントローラを利用することもできる。Canon EF、EF-S、Lシリーズのレンズに加え、シグマとタムロンのEFレンズに対応するように設計された同レンズコントローラは、イーサネットインターフェースを備え、長い距離やネットワーク接続を介して操作することができる(図4)。

マイクロフォーサーズ

当初は民生用カメラ向けに導入されたEF規格だが、マシンビジョン業界である程度の成功を収めている。一方、フォーサーズ業界団体(FOUR Thirds Organization)が推進するマイクロフォーサーズシステム(Micro Four Thirds System)は、そうとは言い難い状況にある。

EF規格と同様に、当初は民生用カメラに採用されていたマイクロフォーサーズシステムは、レンズとカメラ本体の間の電子情報通信をサポートする。交換可能なレンズの1つ1つに、カメラ本体と双方向通信を行うためのCPUが搭載されており、レンズの種類、焦点距離、F値に関する情報を交換して、ズーム、フォーカス、アパーチャをカメラから制御することができる。この規格を採用するカメラ企業のうち、これに準拠するマシンビジョンカメラを製造する企業は非常に少ないが、その1つが、独SVSヴィステック社(SVS Vistek)の「Evo Tracer」カメラである(図5)。

高精度なアパーチャ制御

内蔵レンズモーターによるレンズアパーチャの制御は、スウェーデンのアクシス・コミュニケーションズ社(Axis



図2 EF規格をサポートする12/20/50メガピクセル(MP)のイメージセンサを搭載する「xiB」シリーズカメラ。(提供:シミア社)

Communications)と興和が共同開発したコンセプト「Precision-Iris」(P-Iris)の原理でもある。各P-Iris対応レンズ内では、ステッパーモーターによってアパーチャの開閉が行われる。一般的に、ステッパーモーターは約72~74のポジションを備え、開口値をきめ細かく設定できるようになっている。これにより、被写界深度が最も大きく、かつ、センサがピクセルサイズに応じた回折の影響を受けない、正確な値にアパーチャを設定することができる。

現在、ルメネラ社のLtX45Rシリーズのすべてのカメラに、P-Irisレンズに対応するコントローラが装備されている。デンマークのJAI社が提供する5/12/20 MPの「CMOS Spark+」カメラも同様である。

しかし、異なるレンズに対して同じようにアパーチャを設定しても、レンズの焦点距離が同じだったとしても、同量の光がセンサに届くとは限らない。米ルーダカーディナル社(Ruda-Cardinal)のシニアテクニカルディレクターを現在務めるスチュアート・シンガ

ー氏(Stuart Singer)が指摘するように、撮影技師は、F値ではなくトランスミッション(透過率、T値)が表記されたレンズを使用する。

T値は、F値と直接的に関連するが、



図3 EF規格をサポートする2.35 MPのGigE Visionカメラである「Prosilica GT1930L」。(提供:アライドビジョン社)



図4 非互換のカメラとともにEF規格を使用したいと考えるシステムインテグレーターは、ISSI社が提供するCanon EFレンズコントローラなど、独立したレンズコントローラを利用することもできる。

T値で規定されたレンズでは、シーンの撮影に焦点距離が異なるレンズが使われる場合でも、特定レンズの軸上の光透過率の測定値が考慮される(Vision Systems Design誌2014年5月号の記事「Lenses, lights, camera and action: Applying cinematography lessons to machine vision systems」(レンズ、光、カメラと、アクション:映画撮影術の教訓をマシンビジョンシステムに適用する)、<http://bit.ly/VSD-LLCA>を参照)。

ただし、T値のテストにはコストも時間もかかるので、マシンビジョンレンズに対して実施されることはまれである。異なるレンズを採用した複数のカメラが使用される映画撮影においては、T値が規定されたレンズを使用することが重要である。これを使用しない場合、撮影後の編集で個々の映像を修正する作業のコストが、非常に高くなることがわかっている。シンガー氏が「Do you know what you are buying, a clarion call for lens-tolerance standards」(自分が何を購入しているかわかっていますか? 大いに求められるレンズ公差規格、http://bit.ly/VSD_SCH)で指摘するように、光学レ

ンズの技術データシートは、規格によって統一化されておらず、各ベンダーがそれぞれ都合の良いようにデータを記載できるようにになっているため、性能に関する誤解が生じやすく、同一条件での比較が難しい状態にある。

新規格

つまり、レンズ性能を測定するための標準的な手段と、スマートカメラがスマートレンズと相互に通信するための手段が、明らかに必要である。後者の問題に対し、英クークオプティクス社(Cooke Optics)は1998年、「/i」プロジェクトを導入した。クークオプティクス社社長を務めるレス・ゼラン氏(Les Zellan)によると、T値のコンセプトと同様に、/iプロジェクトは当初、映画業界とテレビ業界をターゲットに開発されたという。

基本的に/iプロジェクトは、/iプロジェクト規格に対応するデジタルカメラへのインタフェースとして使用できる、レンズマウント内の4つの接点を規定するものである。これらの接点を使用して、アイリス(絞り)、フォーカス、被写界深度などの情報を、ユーザ

ーが選択するか、カメラによって設定することができる。この情報はフレームごとに保存可能で、カメラまたは外部デバイスにメタデータとして保存される。

ゼラン氏によると、「Canon EFともマイクロフォーサーズ規格とも異なり、/iは、クークオプティクス社のウェブサイトにおいて誰もがアクセスできる、オープン規格だ」という。独アーノルド&リヒター社(ARRI: Arnold & Richter)、キヤノン、独ライカ社(Leica)、米パナビジョン社(Panavision)、ソニー、ツァイス社、シグマ社など、既に多数の企業がこの規格を採用している。/iパートナー企業一覧は、クークオプティクス社のウェブサイトを確認できる(http://bit.ly/VSD_COO)。/iを採用して実装したいメーカー、つまり、/I Technology Partnerになることを希望するメーカーは、年間1ポンドで同システムのライセンスを利用することができる。

4つの端子は、レンズとカメラ間の電力とデータの送受に使用される。バージョン/i1では、ズーム、フォーカス、アイリス制御がサポートされ、バージョン/i2では、慣性トラッキング用のメタデータが追加され、/i3では、レンズゆがみとシェーディング用のメタデータが追加されている。ユーザーマニュアルと仕様書は、<http://bit.ly/VSD-CKE>でダウンロード可能である。

EMVAの参入

上記のコンセプトは、映画業界で適切に適用されているが、読者の身の回りにあるマシンビジョンレンズにも同じコンセプトがまもなく導入される可能性がある。

実際、欧州マシンビジョン協会(EMVA: European Machine Vision

Association)の目的はそこにあり、同協会は2018年5月、Open Lens Communication Standardを策定するための作業部会を結成した。カメラとレンズの間の電気接続の標準化を目的に、標準的なコネクタ、電圧、通信プロトコル、レンズパラメータの標準的な命名に加え、レンズからカメラへのフィードバックを提供する。

独ハイデルベルグ大(Heidelberg University)のHCI(Heidelberg Collaboratory for Image Processing)の教授であるベルンド・イエーネ博士(Bernd Jähne)と、EMVAの理事会メンバーの主導の下で作成され、EMVAの第2回European Machine Vision Forumで発表されたポスターに示されているように、このインタフェース規格の当初の構想は、モーターを制御して、フォーカス、焦点距離、アパーチャ、そしてレンズデータをカメラとの間で送受するための双方向通信インタフェースを調整する能力を、レンズに与えようというものだった(「On the urgent need of an open camera to lens communication standard for vision systems」(ビジョンシステム用のカメラとレンズ間のオープン通信規格に対する、差し迫った必要性について)、<http://bit.ly/VSD-OCL>を参照)。

その機能は、キャノンのEF仕様とマイクロフォーサーズ規格にも含まれているが、前者はプロプライエタリであり、後者は仕様を取得するために秘密保持契約書に署名することが企業に求められる。イエーネ教授によると、Open Lens Communication Standard作業部会は、カメラとレンズの両方のメーカーが、自由に利用可能なオープン仕様を開発する予定だという。

2018年7月にハイデルベルグ大で開



図5 マイクロフォーサーズシステムは、レンズとカメラ本体の間の電子情報通信をサポートする。SVS ヴィステック社のEvo Tracerカメラは、この規格に準拠する。

かれたEMVAのOpen Lens Communication Standard作業部会の最初のミーティングでは、独バウマーオプトロニクス社(Baumer Optronics)のマーセル・ナガッツ氏(Marcel Nagatz)と、米バージャーエンジニアリング社(Birger Engineering)のエリック・ウィディング社長(Erik Widding)が、同部会の会長と副会長に選出された。

主要なマシンビジョンカメラとレンズのメーカーは、すでに同部会に加入しており、いずれかのG3協会に加入している任意の企業が、同部会への加入を申し込むことができる。

「主なテーマは、適切に定義されたプロトコルを含む、電気インタフェースを開発することだ。GenICamに準拠し、できるだけ多くのマウントとともに使用できる必要がある。ニーズがあれば、新しいマウントの開発も検討するが、その場合はJIAAと密接に協力する」とイエーネ教授は述べている。

どのようなものになろうとも、オープンな電気インタフェースと、GenICam準拠のソフトウェアは、マシンビジョンシステムの設計に多大なメリットをもたらす。例えば、レンズ

のフォーカス、ズーム、アパーチャの自動制御を可能にし、アパーチャ依存のシェーディング、形状歪み、レンズ横色収差などの情報提供を可能にする。この情報はカメラ内で修正することができる。カメラ内に保存されたメタデータは、レンズ、メーカー、製造日などの情報を示す他、レンズの変調伝達関数(MTF: Modulation Transfer Function)データをカメラに供給することができる。

オープンなレンズ通信規格という概念は、確かに良いものである。しかし、T値のコンセプトと同様に、カメラとレンズの両方の供給メーカーに対して新しい規格を策定すると、追加コストが発生するのではないかという点については、現時点では不明である。

おそらく本稿の締めくくりとしては、クークオプティクス社のレス・ゼラン氏の次の言葉が適切だろう。

「これを達成したいのであれば、ただ/ π 規格を採用すればよいはずなのに、EMVAはなぜ、わざわざ一から同じことをやり直しているのか。同じ処理を行う規格をさらに増やすというのは、私たちに最も不要なことである」