

# CoaXPress 2.0: マシンビジョンのメリットと最新製品

ジェームズ・キャロル

CXP2.0 準拠のカメラやフレームグラバは、高速マシンビジョン向けに最大 12.5Gbps の速度をサポートする。

複数の CoaXPress 2.0 (CXP 2.0) 対応製品が、ドイツのシュトゥットガルトで開催された VISION 2018 で発表されていたが、この規格が正式に発行されたのは 2019 年のことだ。バージョン 2.0 は、2011 年に最初に規格としてリリースされた、日本インダストリアルイメージング協会 (JIIA) の CoaXPress 規格を拡張したものである。

CXP 2.0 により、新しい機能とともに、以前の上限である 6.25Gbps (CXP-6) を上回る、10Gbps (CXP-10) 及び 12.5Gbps (CXP-12) の速度が実現された。また、CoaXPress 2.0 は、長さ 2m 以下のパッシブケーブルに依存する USB3 とは異なり、シグナルインテグリティに悪影響を及ぼす可能性のあるリピーターを追加する必要なく、最大 100m の同軸ケーブルに対応する。

CXP 2.0 は CXP-12 まで拡張可能だが、両者は同義語ではないと、ベルギーのユレスシス社 (Euresys) で米州セールス及びサポート担当副社長を務めるマイク・サイロス氏 (Mike Cyros) は説明した。

「CXP-12 と CXP 2.0 の間に関連性はあるが、両者はそれぞれ別のものとしてとらえる必要がある。新しい CoaXPress 2.0 仕様には、タイムスタンプ統一機能、エラーのレポート機能、データ共有、最大 12.5Gbps までの新しい速度範囲、HD-BNC コネクタへの対応といった複数の重要な新機能や改良に加えて、その他の電氣的／機械的改良が含まれている」と同氏は述べた。

続けてサイロス氏は、「両者を個別のものとしてとらえる必要がある理由は、CXP 2.0 の新機能や拡張は、すべ

ての速度の CXP に適用されるものであり、新しい CXP-12 の速度のみが CXP 2.0 によって実現されたわけではないからだ」と述べた。

## CXP 2.0 のメリット

速度の向上に加えて、4 つの CXP-12 接続を使った CXP 2.0 リンクは、最大 50Gbps のデータ転送レートをサポートする。これは、10 ビット / 12 メガピクセルのエリアスキャンセンサを、300fps を超える速度で十分に稼働できる速度である。また同規格では、CXP-10 と CXP-12 のホストからデバイスのアップ接続のビットレートが、20.83Mbps から 41.6Mbps に引き上げられる。CXP 2.0 は、最大 12Gbps の速度で求められる高周波信号に対応可能な Micro-BNC (または HD-BNC) コネクタもサポートする。

CoaXPress 2.0 では、デバイス、ホスト、ソフトウェアからのイベントを統一された時間基準に変換する、タイムスタンプ統一機能も提供されている。この機能により、ホストとデバイスは内部の独立した自走時間クロックを維持し、ホストとデバイスの両方が、それぞれの時間クロックを使って内部イベントのタイムスタンプを作成する (デバイスイベントは「t-dev」、ホストイベントは「t-host」)。CoaXPress 2.0 に導入された新しい通信パスであるイベントチャンネルにより、メッセージ



図 1 バスラー社は、「boost」シリーズの CoaXPress 2.0 カメラに CXP-12 インタフェースカードを付属した Bundle パッケージを提供している。カメラはカラーとモノクロで提供されている。

やステータス更新情報をデバイスからホストに非同期に送信するメカニズムが提供されている。すべてのイベントメッセージに、タイムスタンプ統一機能を用いたタイムスタンプが付与され、特定の内部イベントが発生した場合に、デバイスはこの新しいチャンネルを通じて、アプリケーションに通知することができる。

CoaXPress 2.0には、稼働中のリンク品質をユーザーに明確に示す、一連のカウンタも導入されている。これらのカウンタは、リンク関連の問題が発生するたびにインクリメントされ、エラー報告アプリケーションは、GenApiを使ってこれらのカウンタの読み取りやリセットを行うことができる。CoaXPress 2.0のもう1つの新機能として、デバイスが2つ以上のホストに同時にデータをストリームする際のデータ共有に関する規則が定義されている。データ共有が可能なデバイスは、2つ以上のリンクを持ち、各リンク(「サブデバイス」と呼ぶ)は標準的なCoaXPressリンクでなければならない。

## CXP 2.0対応カメラ

独バスラー社(Basler)は「boost」シリーズにおいて、4種類のCXP 2.0対応カメラを提供している。「boA 4112-68cm」(モノクロ)と「boA4112-68cc」(カラー)は、ソニーの12.29メガピクセルのPregius採用CMOSセンサー「IMX253」をベースとし、最大68fpsのフレームレートを実現する。「boA4096-93cm」(モノクロ)と「boA 4096-93cc」(カラー)は、ソニー製の8.85メガピクセルのCMOSセンサー「IMX255」を搭載し、最大93fpsのフレームレートを実現する。どちらのモデルも新しいMicro-BNCコネクタを備え、同社はカメラにCXP-12インタフ



図2 マイクロトロン社の「EoSens 2.0CXP 2」は、2メガピクセルCMOSイメージセンサ「LUX19HS」を搭載し、フル解像度で2220fpsを達成する。

ェースカードを付属したBundleパッケージ(図1)を提供している。同社によると、1つのソフトウェア開発キットによって両方のコンポーネントが円滑に統合されるため、複雑なアプリケーションを扱う顧客にとってもメリットがあるという。

「boostシリーズの目標は、医療、オートメーション、交通などの分野向けの当社の既存製品を、さらに高速なCoaXPress 2.0対応カメラによって強化することにある。今後のロードマップについて、現時点であまり多くを語ることはできないが、このポートフォリオを拡充するつもりであることは確かだ」と、バスラー社の製品市場マネージャーを務めるトーマス・カロー氏(Thomas Karow)は述べた。

イスラエルのカヤ・インスツルメンツ社(Kaya Instruments)は、「Iron」シリーズにおいて5種類のモデルを提供している(「Iron CXP 305」は、ソニーの8.85メガピクセルCMOSセンサー「IMX 305」搭載で62.5fps。「Iron CXP 255」は、ソニーの8.85メガピクセルCMOSセンサー「IMX255」搭載で87.6fps。「Iron

CXP 253」は、ソニーの12.29メガピクセルCMOSセンサー「IMX253」搭載で68.3fps。「Iron CXP 252」は、ソニーの3.15メガピクセルCMOSセンサー「IMX252」搭載で205.8fps、「Iron CXP 250」は、ソニーの5.01メガピクセルCMOSセンサー「IMX250」搭載で155.5fps)。すべてのモデルが、カラーとモノクロの両方のカメラを提供し、Micro-BNCコネクタを備え、オプションでMCX7コネクタシリーズに対応する。

カヤ・インスツルメンツ社の創業者で最高経営責任者(CEO)のマイケル・ヤンボルスキー氏(Michael Yampolsky)は、「CoaXPressと、特にCoaXPress 2.0は、性能面で大きな前進となることがわれわれには明白で、当社は、そのようなマシンビジョン技術関連の未来に常に目を向けることが重要だと考えている。今後については、ファイバのCoaXPress 12Gレンジエクステンダや、中国のGPIXEL社製イメージセンサを搭載するコンパクトなグローバルシャッターカメラの新シリーズなど、CoaXPress 2.0製品ラインを拡大することを計画している」と述べた。

独マイクロトロン社(Mikrotron)は、「EoSens 1.1CXP2」と「EoSens 2.0CXP2」という2種類のカメラモデルを提供している。EoSens 1.1CXP2はカラーとモノクロで提供されており、米ルキシマ・テクノロジー社(Luxima Technology)製の1.1メガピクセルCMOSイメージセンサ「LUX13HS」を搭載し、フル解像度で3600fpsのフレームレートを実現する。EoSens 2.0CXP2(図2)は、2メガピクセルCMOSイメージセンサ「LUX19HS」を搭載し、フル解像度で2220fps、解像度を落とせば最大で17万fpsを達成する。どちらのモデルもサイズは80×80×53mmで、Micro-BNCコネクタを備える。

マイクロトロン社で米州ビジネス開発担当ディレクターを務めるステファン・フェレル氏(Stephen Ferrell)は、次のように述べた。「1.1CXP2と2.0CXP2のCXP12カメラによって、マイクロトロン社はCXPカメラポートフォリオを拡大し、限られた垂直関心領域(ROI)で非常に高いフレームレートを必要とする3Dレーザ三角測量やレーザ目標追従などの用途に対応している。2.0CXP2カメラは47695fpsという、さまざまな表面検査におけるインライン解像度を高めることのできる速度を達成する」。

独オプトロニス社(Optronis)は、ルキシマ・テクノロジー社のセンサを搭載する「CamPerform-Cyclone」シリーズにおいて、それぞれカラーとモノクロが選択可能な4種類のCXP 2.0カメラを提供している。「Cyclone-16-300-M/C」は、16メガピクセルCMOSセンサ「LUX160」を搭載して284fps、「Cyclone-2-2000-M/C」は、2メガピクセルCMOSセンサ「LUX19HS」を搭載して最大2158fpsを達成する。

「Cyclone-5-700-M/C」は、5メガピクセルCMOSセンサ「LUX51」を搭載して705fps、新しい「Cyclone-1HS-3500-M/C」は、1メガピクセルCMOSセンサ「LUX13HS」を搭載して最大3518fpsのフレームレートを達成する。すべてのカメラモデルがMicro-BNCを装備する。

CoaXPress 2.0カメラに柔軟性を与える製品として、米セイバーワン・テクノロジー社(Saber1 Technologies)からCoaXPressロータリージョイントが提供されている。最大6つのCXP-12チャンネルに対して360°のフル回転が可能である。このシングルチャンネルの銅合金製ロータリージョイントは、最大60rpmの回転速度に対応する。

### CXP 2.0対応フレームグラバ

英アクティブ・シリコン社(Active Silicon)は、画像取得用のCoaXPressフレームグラバとして、「FireBird Quad CXP-12 3PE8」や「FireBird Quad CXP-12 3PE4」などを提供している。同社の最高技術責任者であるクリス・ベイノン氏(Chris Beynon)は、CoaXPress規格のTechnical Chair(技術委員長)を務めている。PCI Express

3.0(PCIe Gen 3)対応のこれらのフレームグラバは、4本のCXP 2.0リンクを4または8レーン(モデルによって異なる)提供し、最大で4x CXP-12の速度をサポートし、Micro-BNCコネクタを装備し、エンドブラケットにI/Oアクセスを備える。

「CoaXPress v2.0の最大のメリットは、速度が倍増し、カメラがコンパクトで低コストのケーブルを使用して50Gbpsで出力可能になることだ。それに加えてもちろん、v2.0は、CoaXPressが従来から持つすべてのメリットを継承している。そのメリットが理由で、CoaXPressは重要な高速検査において非常に広く採用されるようになっており、1本の長いケーブルで画像データ、リアルタイムトリガ、カメラ制御、PoC(Power over Cable)をサポートする」とベイノン氏は述べた。

続けてベイノン氏は、「そのため、この堅牢な規格を採用するビジョンシステムがますます増加すると期待してよいと思う。V2.1の計画も既に始まっており、これには、3Dイメージングやその他のさらに複雑なフォーマットをより利用しやすいものにする、新しいGenDC規格のサポートが含まれてい



図3 1~4基のCXP 2.0カメラをサポートする、ビットフロー社のCXP-12 PCIe Gen 3フレームグラバ「Claxon」は、フレームグラバを介したデータ速度は倍増しているが、アーキテクチャは1つ前の世代の「Cyton」と同じである。



る」と述べた。

米ビットフロー社 (BitFlow) も、CoaXPress フレームグラバで知られる企業で、1～4基の CXP 2.0 カメラをサポートする CXP-12 PCIe Gen 3 クワッドフレームグラバ「Claxon」を開発している (図3)。フレームグラバを介したデータ速度は倍増しているが、ボードのアーキテクチャは1つ前の世代の「Cyton」と同じであるため、同社によると、ソフトウェアを大幅に変更することなく、新しいカメラに簡単に移行できるという。

ビットフロー社のセールス担当ディレクターを務めるドナル・ワイデ氏 (Donal Waide) は次のように述べた。「自動光学検査装置のメーカーはこれまで常に、次の最速マシンビジョン規格を追い求めてきた。CXP 速度が 50Gbps に倍増されたことで、今のところその渴望は満たされている。現時点でそれだけの速度を達成するマシンビジョン規格は、他には存在しない」。

ユレシス社は現在、「Coaxlink Quad CXP-12」と「Coaxlink Quad CXP-12 JPEG」を提供している。どちらのフレームグラバも、4つの CXP-12 接続によって 5000Mbps のカメラ帯域幅をサポ



図4 ユレシス社は CoaXPress 2.0 対応フレームグラバとして、「Coaxlink Quad CXP-12」と「Coaxlink Quad CXP-12 JPEG」に加えて、「Coaxlink Mono CXP-12」と「Coaxlink Duo CXP-12」を提供する。



図5 CXP 2.0 フレームグラバ「Komodo II」は、4つの CXP-12 チャンネルと、最大 55 Gbps のスループットを達成する PCIe Gen 3 x8 インタフェースを備える。

ートし、PCIe Gen 3 に対応する。Coaxlink Quad CXP-12 JPEG のボードには、250メガピクセル/秒の JPEG エンコーダが4つ搭載されており、カメラあたり JPEG ストリームと RGB プレビューストリームの2つのストリームをサポートする。どちらのボードも Micro-BNC コネクタを備える。また、同社のイベントロギングツール「Memento」は、開発/デバッグ用ツールであるとともに、カメラ、フレームグラバとそのドライバ、及びアプリケーションに関連するすべてのイベントを記録する。

また同社は、PCIe Gen 3 対応の

「Coaxlink Mono CXP-12」と「Coaxlink Duo CXP-12」を提供する予定である。前者は1つ、後者は2つの CXP-12 接続によって、それぞれ 1250Mbps と 2500Mbps のカメラ帯域幅をサポートする。どちらのボード (図4には、これら2製品に加えて Coaxlink Quad CXP-12 のボードが示されている) も、Memento ツールと Micro-BNC コネクタを備える予定だ。

「ユレシス社は CoaXPress 2.0 規格に積極的に関与している。当社は、傘下の Sensor to Image GmbH グループからの IP コア製品を、デバイスとホス



図6 「Matrox Rapixo CXP」フレームグラバは、1接続あたり最大 6.25 Gbps (CXP-6) または 12.5 Gbps (CXP-12) のデータレートに対応し、最大4接続をサポートする。



図7 「Xtium2-CXP」フレームグラバは、PCIe Gen 3 x8プラットフォームのシングル/デュアル/クワッドポートモデルで提供されており、1チャンネルあたり12.5Gbpsで、最大4つのCXP-12入力チャンネルからの画像取得をサポートする。

トの両方でCXP 2.0とCXP-12の速度をサポートするように拡張した他、低コストのシングル/デュアルボードから、カスタムロジックをサポートするオープンなFPGAアーキテクチャを採用するCXP-12フレームグラバに至るまでの複数の新製品を、フレームグラバシリーズに追加した」とサイロス氏は述べた。

カヤ・インストゥルメンツ社も、2種類のCXP 2.0フレームグラバを提供している。そのうちの1つである「Komodo II」(図5)は、4つのCXP-12チャンネルと、最大55Gbpsのスループットを達成するPCIe Gen 3 x8インタフェースを備える。加えて同社は、シングルチャンネルのフレームグラバである「Predator II」を開発している。こちらは、1つのCXP-12チャンネルと、最大12.5GbpsのPCIe Gen 2 x4インタフェースを備える。どちらのフレームグラバも、オンボードの画像処理機能と、Micro-BNCコネクタを装備する。

加マトロックス・イメージング社(Matrox Imaging)が提供するフレームグラバ「Matrox Rapixo CXP」(図6)には、Matrox Imaging Library (MIL)

ソフトウェアのライセンスフィンガープリントが付与されている。これらのフレームグラバは、1接続あたり最大6.25Gbps (CXP-6) または12.5Gbps (CXP-12) のデータレートに対応し、最大4接続をサポートする。また、Micro-BNCコネクタを備え、Power-over-CoaXPressをサポートする。

同社は、「Matrox Rapixo CXP Pro」も提供している。こちらには、さまざまなインタフェースの制御、フォーマット、ストリーミングロジックを組み込むための、米ザイリックス社(Xilinx)の「Kintex UltraScale」FPGAが搭載されている。開発者はこれを利用して、マトロックス・イメージング社やカスタムの画像前処理機能を組み込み、ホストコンピュータの負荷をオフロードすることもできる。

「シングル、デュアル、クワッドボードで提供されるMatrox Rapixo CXPフレームグラバにより、どれだけの接続数が必要なケースに対しても、機能と価格の面で条件に合致する最適なソ

リューションを、当社は必ず提供することができる」と、マトロックス・イメージング社の製品マネージャーを務めるマテュー・ラルーシェ氏(Mathieu Larouche)は述べた。

加テレダイン・ダルサ社(Teledyne DALSA)のPCIe Gen 3 x8採用の「Xtium2-CXP」フレームグラバ(図7)は、シングル/デュアル/クワッドポートで提供されており、2GBのオンボードメモリを備え、ホストメモリに対して最大6.4GB/秒の帯域幅を提供する。また、1チャンネルあたり12.5Gbpsで、最大4つのCXP-12チャンネルからの画像取得をサポートする。複数のCXP 2.0またはCXP 1.Xカメラからの画像取得も可能である。

このフレームグラバは、Sapera LT SDKとGeniCam GenTLをサポートし、Micro-BNCコネクタを備える。

シニア製品マネージャーを務めるインダー・コーリ氏(Inder Kohli)は次のように述べた。「Xtium2-CXPシリーズには、CXP12またはCXP6のカラー、Bayer、モノクロのエリア/ラインスキャンカメラなど、多様なカメラをシングルスロットのソリューションに統合するためのさまざまな機能が融合されている。従ってXtium2-CXPは、複数のカメラから同時に画像を取得する必要のある、半導体及びPCB検査に対する理想的な選択肢である」。

## 今後の展望

CXP 2.0対応製品を開発している企業はそれほど多くない。しかし2020年には、多数の企業がCXP 2.0対応製品を開発し、市場に提供される製品の数は増加する可能性がある。

謝辞 .....  
本稿の準備に助力いただいたユレシス社のハードウェアエンジニアであるパウロ・ポッサ氏(Paulo Possa)に感謝する。