ビジョンシステムによる プリントヘッド位置調整の自動化

クリス・マクルーン

プリントヘッドの位置調整（アライメント）の大幅な高速化と無駄の削減を実現した、改善事例を紹介する。

米PCMC社は、ティッシュペーパー加工、パッケージング、フレキソ印刷及びデジタル印刷、バッグ加工、不織布技術で主導的地位にある企業である。同社のデジタル印刷製品には、デジタルプレス上のプリントヘッドが正しい位置にあることを確認するためのビジョンシステムが必要だった。同社は、一般的なラインスキャンカメラを検討したが、視野の端のゆがみと、動作距離が長くなることが、2つの課題だった。適用対象は、毎分450フィート（fpm）以上の速度で流れるウェブ（巻き取り紙）に印刷を行う、2つのステージからなる産業用インクジェットプリントエンジン（**図1**）である。一方のステージはウェブの表面、もう一方のステージは裏面に印刷を行う。

エンジンの各ステージには、黒色、シアン、マゼンタ、黄色にそれぞれ対応する、4つのプリントバーがある。各プリントバーには、対象となるウェブの幅をカバーする2つのプリントヘッドがある。可視範囲の色域を再現するには、各ステージの合計8つのプリントヘッドの位置を調整して、4つのカラープレーンのドットの位置を正確に合わせる必要がある。4色の位置がずれていると、KCMYのドットが互いに対して正しく配置されていないために、意図した色にゆがみが生じ、色が正しく再現されない。また、意図に反した白い輪郭、つまり色の「ハロー」が、図形オブジェクトのエッジに現れる。ビジョンシステムは、位置調整処理を自動化して、このようなエラーを防ぐために用いられる。

図1　2つのステージからなるデジタルプレス（写真提供：PCMC社）。

手動アライメントと自動アライメントの比較

プレス機のオペレータは通常、基板を変更した後、プリントヘッドを交換した後、または、プリントバーに何らかの機械的作業を行った後に、プリントヘッドを再調整する。PCMC社のシステムエンジニアリングマネージャーで、ビジョンシステム統合を担当したファビオ・ジロラーミ氏（Fabio Girolami）によると、手作業によるプリントヘッドの位置調整は、以下の手順で行われるという。

オペレータは、位置調整チャートをプリントエンジンにセットし、ウェブを約150fpmの速度で流して、約10部の位置調整チャートを印刷する。印刷されたチャートがプレスの終端に達するのを待って、ウェブを停止し、プレス終端の位置調整チャートを回収する。

「通常、印刷済みのウェブはロールに巻き取られるため、ウェブを切断し、ロールを部分的に巻き戻してチャートを回収しなければならない」とジロラーミ氏は述べた。オペレータは、表面チャートと裏面チャートを1枚ずつ切断して、それぞれを11×17インチのフラットベッドスキャナに配置し、300dpiでスキャンしてTIFFファイルを作成する。続いて、スキャンしたファイルをプリントエンジンの較正機能に入力して、位置調整チャートに対す

る画像解析を実行し、偏差を計算し、補正を適用する。

ジロラーミ氏によると、新しいプロセスは、それよりもはるかに高速に、かつ、(時間と材料の)無駄の少ない方法で、4色のプリントヘッドの位置調整を行うという。「自動」プロセスを導入することで、オペレータは、位置調整チャートをプリントエンジンにセットし、ウェブを約150fpmの速度で流して、約10部の位置調整チャートを印刷した後、直ちにウェブを停止することができる。コンタクトイメージセンサ(CIS、**図2**)とフレームグラバは、表面と裏面の位置調整チャートを同時にキャプチャして、TIFFファイルをプリントエンジンの制御PCに出力する。プリントエンジンの較正機能は、このTIFFファイルに対して画像解析を実行し、偏差を計算し、補正を適用する。較正機能は、結果の成功または失敗を報告する。

「失敗には、オペレータが対処しなければならない。例えば、プリントヘッドが正しい位置に固定されていなかった場合は、画像解析で、通常よりも大きなアライメント誤差が検出されて、補正に失敗する。オペレータはその場合、特定されたプリントヘッドの問題のトラブルシューティングを行い、修正して、位置調整プロセスを再実行する必要がある」とジロラーミ氏は述べた。

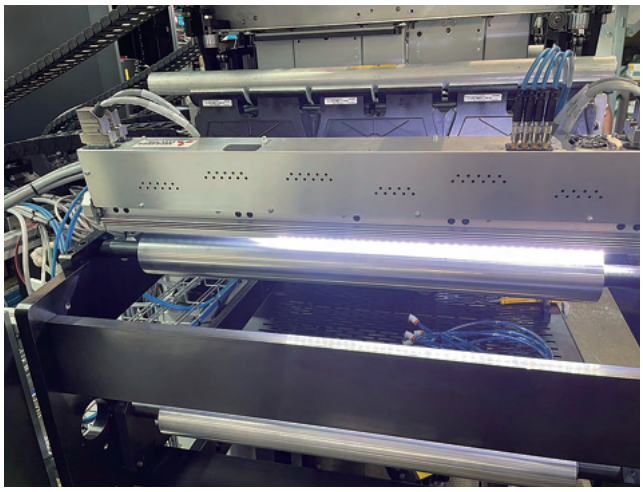


図2　デジタルプレスの裏面ステージに設置されたCISカメラ(写真提供:PCMC社)。

システムの中心要素は、CISカメラとフレームグラバ

ビジョンシステムは、デジタルプレス上に設置された、各ステージ(表面と背面)に1台ずつの2台のカメラで構成される。ビジョンシステムの主なコンポーネントは、コンタクトイメージセンサ、フレームグラバ、エンコーダ、エンコーダスプリッタ、制御PCである。

このシステムのCISを提供したのは三菱電機である。「KD6R587CXS CIS Line Scan Bar」(**図3**)は、読取幅587mm、画素密度600dpi、合計画素数13824ピクセルで、CoaXPressインタフェースを備える。三菱電機でCIS及びMICMO製品担当ビジネス開発マネージャーを務めるロウ・フェッチ氏(Lou Fetch)は、「CISラインスキャンカメラの1:1のイメージングとロープロファイルにより、これは当社のKDカメラに理想的なアプリケーション」だと述べた。

カメラ用照明は、センサ筐体のフレームに直接搭載された、高輝度で均一性に優れたLED照明であるため、照明は常にセンサに対して最適な位置にある。外部光源の較正と位置調整は不要である。

ベルギーのユレシス社(Euresys)が、「Coaxlink Quad G3」フレームグラバ(**図4**)と、「eGrabber」ソフトウエアライブラリ、ユーティリティ、ドライバを提供した。これらを使用するアプリケーションソフトウエアは、米メムジェット社(Memjet)が記述した。PCMC社はこのソフトウエアを使用して、複数のプリントヘッドのカラーアライメントを解析し、無駄を最小限に抑えつつ、最高の色品質と印刷品質を確保する。

ユレシス社の南北米地区セールス及びサポート担当副社長を務めるマイケル・サイロス氏(Michael Cyros)は、次のように述べている。「常に言えることだが、フレームグラバは通常、構築されるシステムにおいて最も安価だ

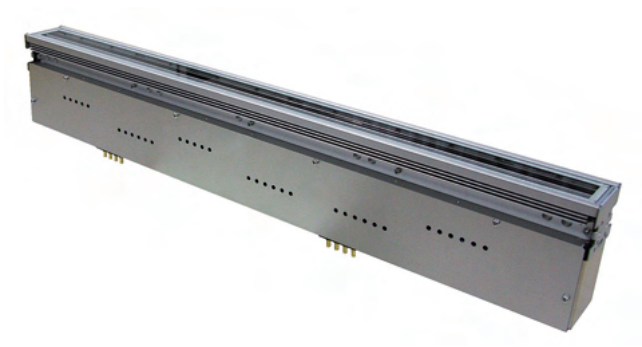


図3　三菱電機の「KD6R587CXS CIS Line Scan Bar」(写真提供:三菱電機)。

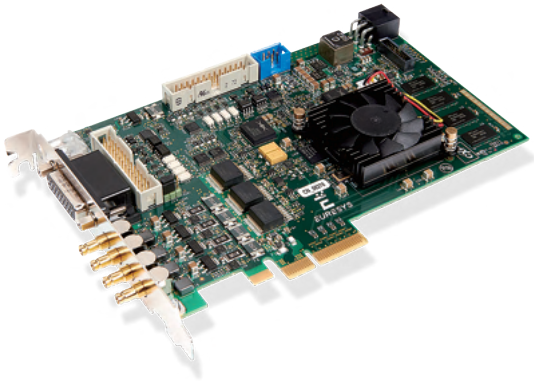


図4　ユレシス社の「Coaxlink Quad G3」フレームグラバ(写真提供:ユレシス社)。

が、アプリケーション全体の神経中枢として機能するため、技術的なサポートを最も必要とする要素である。そうした背景から、カナダのモントリオールを拠点とするPCMC社のファビオ(ジロラーミ氏)とそのチームと懇意になり、三菱電機やメムジェット社とても良い業務関係を築いている理由も、そこにある」。

ユレシス社は、CIS撮像装置とシステムI/Oの制御や画像取得に必要な、カスタマイズされた長さと構成のCoaXPressケーブルも提供した。これらのケーブルは、Coaxlink Quad G3ボードをプレス上の直交エンコーダに直接接続し、必要に応じて、他のシステムタイミング信号を提供する(**表**参照)。

サイロス氏の説明によると、Coaxlink Quad G3フレームグラバは、メムジェット社のソフトウエアによって使用される複数のオンボード機能を提供するという。これには、リアルタイムのガンマ補正、色変換、そして重要なフラットフィールド補正(FFC)が含まれる。FFCは、三菱電機のCIS撮像装置から出力される各ピクセルを、ピクセル単位で補正することにより、クロスウェブの輝度のばらつきを調整して、均一で一貫した照明を確保する処理である。

「当社のCoaxlinkシリーズのCoaXPressフレームグラバ/画像キャプチャカードの主な強みの1つは、非常に柔軟でプログラマブルなエンコーダインタフェースを備えており、三菱電機のCIS撮像装置の露光時間とライン周波数の正確な制御と、搭載されているLED照明の制御を行うことである」と、サイロス氏は付け加えた。

サイロス氏によると、分数単位(非整数)のトリガスケーリングを備えたプログラマブルなI/Oが、適切なCIS実装の鍵を握る要素だという。ウェブ速度にかかわらず、ダウンウェブの動きに合わせて撮像装置を正確にトリガすることが、用途で求められる正確なdpi解像度で撮像を行うために必要である。

「メムジェット社の標準的なアプリケーションでは、プリントシステムの

表

Coaxlink QSFP+:いかにパフォーマンスを損なうことなくケーブルの到達距離を延長するか?

CoaXPress-over-Fiberは、CoaXPress 2.0仕様のアドオンとして設計された。光ファイバを含む標準的なイーサネット接続で、CoaXPressプロトコルをそのまま変更することなく実行する方法として提供されている。

用途でCoaXPress-over-Fiberを使用するメリットは何か?

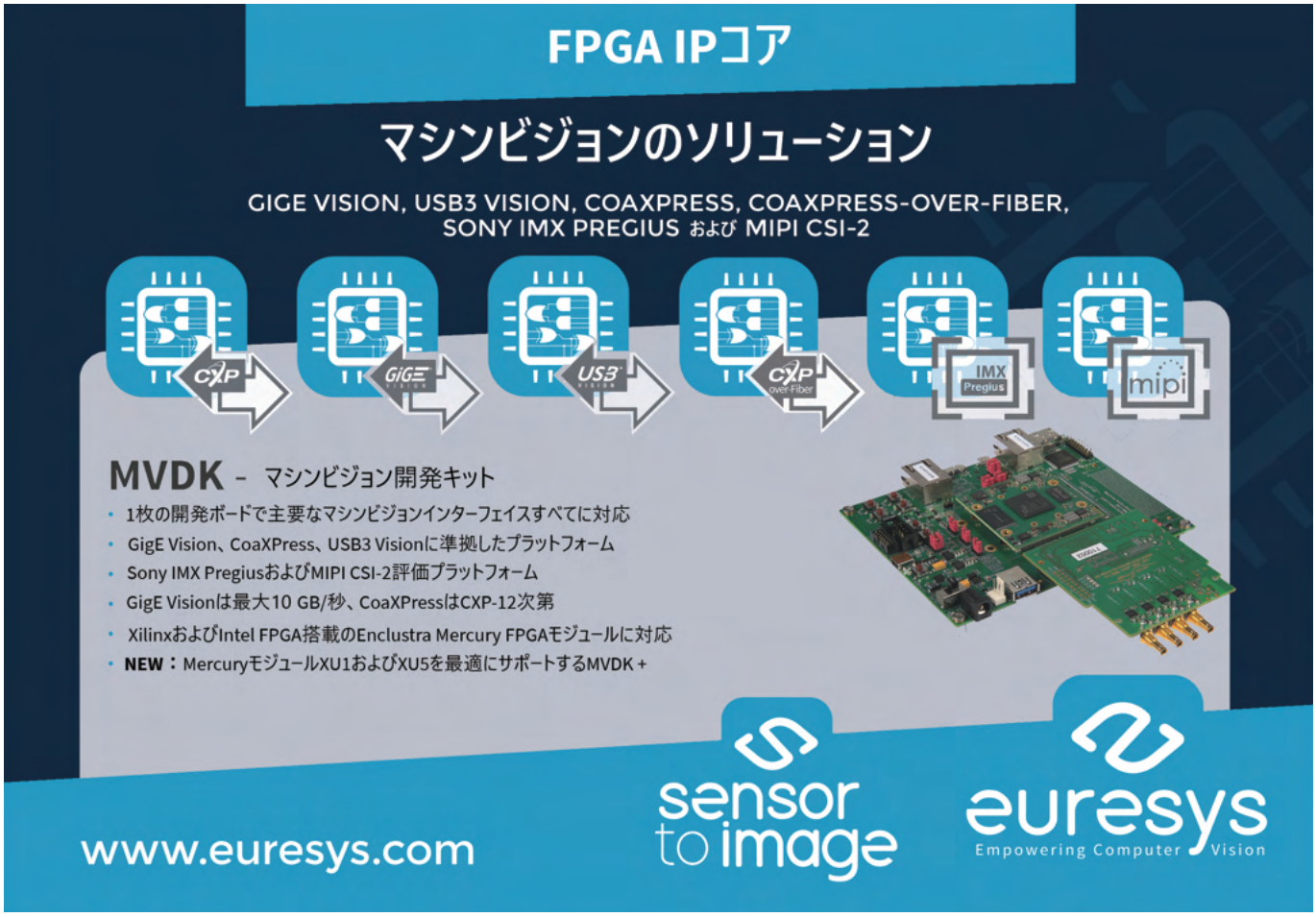
ファイバ接続には基本的に長さの制限がないため、ケーブルの長さに伴う問題がない	低CPUオーバーヘッド、低レイテンシー、ジッターの低い画像の取り込み
光ファイバの接続標準はファイバ当たり10Gbpsと25Gbpsで、データセンターでも幅広く使用される高い帯域幅を提供できる	光ファイバは電気的ノイズへの耐性があるため、生産フロアや医療分野での応用に大きなメリットがある。
光ファイバは、同等の銅ケーブルに比べ軽量でサイズが小さいため、この特性が不可欠となる用途に最適である	JIIAとIEEEによる標準化による、業界での幅広い採用
Sensor to Imageからカメラメーカーに対しCoaXPress-over-Fiber Bridge IPコアとして提供される	非常に競争力のあるコストパフォーマンス比

正確なカラーレジストレーションを実現するための撮像解像度は、クロスウェブ方向とダウンウェブ方向の両方で300 dpiである。クロスウェブ解像度は、三菱電機のCIS撮像装置によって固定されているが、ダウンウェブ解像度は、プリントシステムの速度の変化に応じて可変となっている。Coaxlinkシリーズの CoaXPressフレームグラバは、ウェブエンコーダから入力を受け取り、それに応じて撮像装置に送信するライントリガをスケーリングすることができる。これにより、撮像装置はウェブの速度にかかわらず、常に正確に300 dpiで、ダウンウェブの撮像を行う」とサイロス氏は述べた。

米エンコーダ・プロダクツ・カンパニー社（Encoder Products Company：EPC）が、「Model 260 Accu-Coder」エンコーダと「RX/TXD」エンコーダスプリッタを提供した。

最後に、システムの制御PCには、米プロアクティブテクノロジーズ社（Proactive Technologies）の「9021-PCMC-CVPC」を使用した。これには、4Uの産業用ラックマウントサーバーシャーシ、台湾アスロック社（ASRock）の「Z590 Pro4」マザーボード、米インテル社（Intel）の「Core i9-10850K」プロセッサが採用されている。

社内予備試験では、このシステムによって正確な位置調整が行われることが示された。本記事執筆時点では、運用現場からは限られたフィードバックしか寄せられていない。今後数カ月のうちに、より多くの体験談が上がってくる予定である。全般的に、ジロラーミ氏はシステムの性能に満足している。

「すべてが期待どおりに動作した。当社の初めてのアプリケーションの構築、設定、起動に際し、ユレシス社と三菱電機は素晴らしいサポートを提供してくれた。すべてのコンポーネントの仕様を定義し、その購入を調整し、イメージングに対応するためのPCMC社のプレスシステムに対する変更を設計し、すべてを統合したのは、ジロラーミ氏である。ファビオは、このプロジェクトを成功させるために、重要な役割を担ってくれた」とサイロス氏は付け加えている。

VSDJ