

Automation1とレーザースキャンヘッド

材料加工

レーザースキャンヘッドとサーボを制御する利点

単一のモーションコントローラからのステージ

著者: パトリック・ウィーラー、エアロテック社プロダクトマネージャー

ブライアン・ジャーマン、エアロテック社プロダクトマネージャー

多くのレーザー加工機メーカーは、レーザースキャンヘッドと直接駆動またはネジ駆動のサーボステージの両方を組み込んだシステムの構築経験を有しています。多くの場合、レーザーと材料の相互作用が部品の選択とプロセス制御のアプローチを左右します。例えば、レーザースキャンヘッドは、プロセススループットを考慮して選択されることがよくあります。しかし、レーザースキャンヘッドは通常、f- θ 光学系を使用しており、ビームが光学系の中心から遠いほど、ビーム品質、ひいては部品品質とプロセス性能に影響を与えます。このスループットと品質の両立は、ユーザーが望むタイミングと場所にレーザーエネルギーを照射するという、より広範な概念に当てはまります。

幸いなことに、機械メーカーには、これらのトレードオフを管理し、部品の品質を維持しながらプロセススループットを最適化する機械を構築する方法があります。それは、スキャンヘッドとサーボモーション制御に単一のコントローラを使用し、高精度プロセス制御のためのコントローラ機能を提供する Aerotech の高性能レーザー スキャン ヘッドとコントロールです。

高性能レーザースキャンヘッドとコントロール

[AGV-XPO ハイダイナミックレーザースキャンヘッド](#) エアロテックの最高性能レーザースキャンヘッドです。

これらの2軸レーザースキャンヘッドは、速度と精度のトレードオフを最小限に抑えるのに役立ちます。低慣性・高効率モーターは迅速な加速プロファイルを可能にし、超高解像度の位置フィードバックと最適化された構造ダイナミクスは、最小限の追従誤差で優れた部品プロファイルトラッキングを実現します。図1に示すように、AGV-XPO製品は、Aerotech独自のAGV-HP 2Dスキャンヘッドと比較して、インポジションジッターが桁違いに改善されており、これはトラッキング能力の向上につながります。

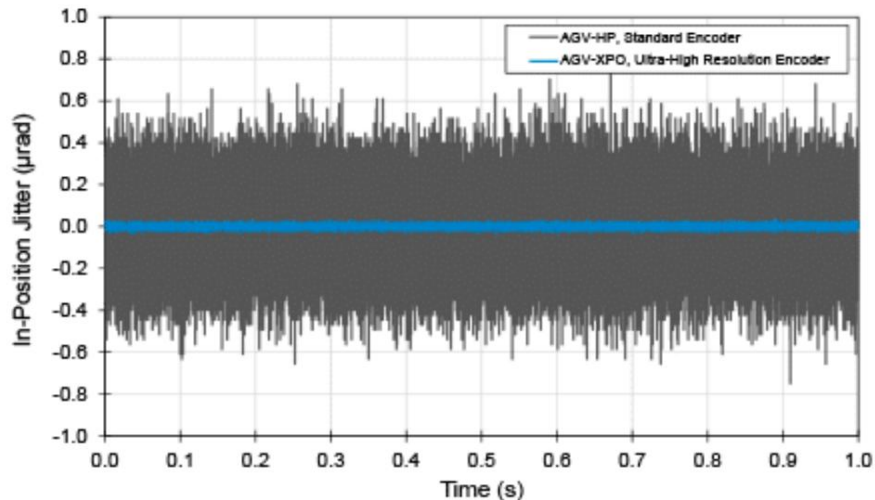


図1.超高分解度フィードバック (-E2 オプション) は、極めて微細な軌道精度が求められるアプリケーションや、長い有効焦点距離の光学系を利用するアプリケーションで、最も低いノイズレベルを実現します。

これらの結果は、AGV-XPOとAerotechのAutomation1モーションコントロールプラットフォームを組み合わせた結果です。AGV-XPOの制御アーキテクチャは独特で、アンプとサーボ制御ループがレーザースキャンヘッドに内蔵されていません。代わりに、[Automation1 GL4ガルバノレーザースキャンヘッドリニアドライブにリモート配置されています](#)。このアーキテクチャは、従来の統合型制御スキャンヘッドでは実現できないシステム性能の向上を実現します。スキャンヘッドから電子熱源を取り除くことで、長期にわたる安定した性能を確保します。これは、あらゆる生産材料加工アプリケーションに不可欠な要素です。GL4は、ガルバノメトリックモーターの駆動に最適な最高性能のアンプ技術であるリニアアンプを採用しており、標準的なパルス幅変調 (PWM) アンプ技術と比較して、速度制御と位置安定性が向上しています。図2をご覧ください。

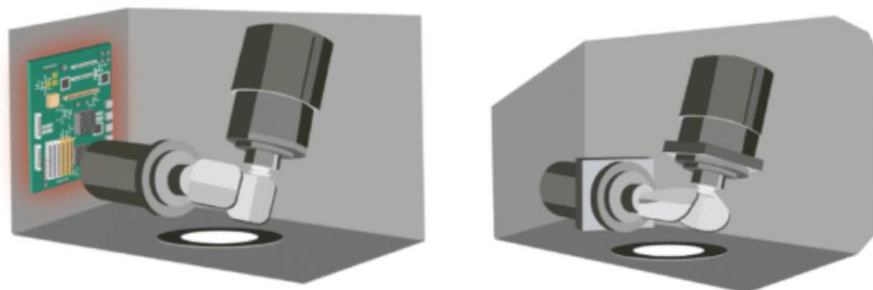


図2.多くのレーザースキャンヘッドは、熱を放散する電子部品をスキャナー機構のすぐ近くに配置しているため、熱安定性に問題が生じます。AerotechのAGVレーザースキャンヘッドは、熱を放散する電子部品を制御盤内に配置することで、より高い性能と熱ドリフトの低減を実現しています。

スキャンヘッドとサーボモーション制御用の単一コントローラ

Automation1はSMCインテリジェントソフトウェアベースモーションコントローラHyperWire制御通信バスを介してモーション制御位置の単一ストリームを生成できる中央モーションエンジンです。Automation1のレーザー・スキャンヘッドとサーボモーター駆動エレクトロニクス [モーション](#) [ス](#)。

HyperWireバスは2ギガビット/秒 (Gbps)で動作し、位置更新レートは100kHzです。Automation-iSMCコントローラは、レーザー・スキャンヘッド軸に対して毎秒10万点の位置コマンドポイント、サーボ軸に対して毎秒2万点の位置コマンドポイントを生成・通信できます。Automation1-GL4はHyperWire経由で100kHzのポイントストリームを受信し、200kHzの2軸レーザー・スキャンヘッドサーボコントローラで使用するためにポイント数を200kHzに補間します。Automation1の様々なサーボモータードライブが使用可能で、それぞれがHyperWire経由で20kHzの位置コマンドポイントストリームを受信し、ドライブのサーボ制御ループで直接使用します。

軌道ポイントは64ビットの倍精度浮動小数点値であり、単一のHyperWireポートに合計16軸を追加した後でも、ドライブ間のジッターは1ナノ秒未満になります。

端的に言えば、高精度レーザー・スキャンヘッドとサーボ軸の動きを協調させる、これより優れたモーション制御技術は存在しません。単一のコントローラを使用することで、最も要求の厳しいレーザー加工アプリケーションにおいて、レーザー・スキャンヘッドとサーボ軸の最高性能の協調を実現できます。AerotechのAutomation1コントローラプラットフォームは、スキャンヘッドとサーボ軸を単一の構成とプログラミング環境だけで構成できるだけでなく、次のセクションで説明する独自のコントローラ機能により、より高性能なシステムを実現できるという点で他に類を見ません。

精密プロセス制御のためのコントローラ機能

Automation1は、精密レーザー加工機の構築に役立つ様々なコントローラ機能を備えています。その代表例が、Automation1 Studioアプリケーションの「マシンセットアップウィザード」です。図3に示すように、このウィザードでは、実際の電気機器と機械機器を設定し、それらを相互接続して実際の動作軸を形成することができます。

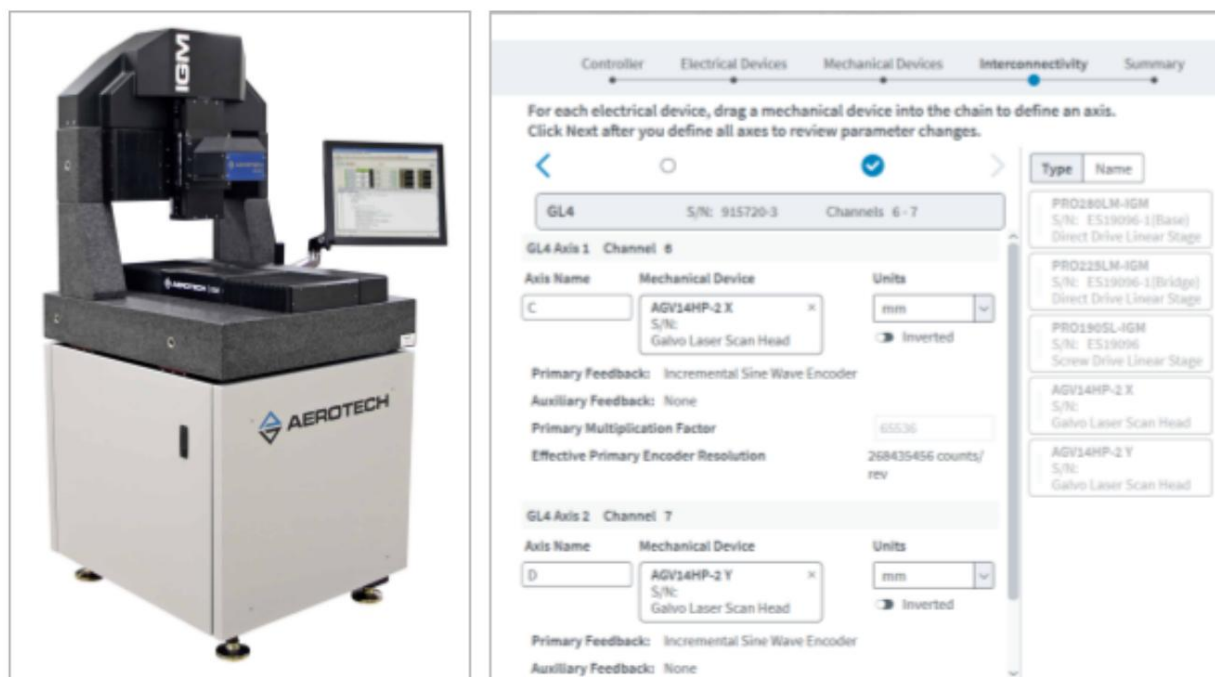


図 3.このサンプル システム (AGV-HP レーザー スキャン ヘッドを備えた Aerotech IGM) は、Automation1 Studio のマシン セットアップ ウィザードで構成されています。

レーザースキャンヘッドの軸は一定の慣性（スキャナーミラー）を持つため、工場での最適化で十分です。しかし、多くの機械メーカーはサーボ軸にカスタム負荷をかけており、さらなる最適化が必要となることがよくあります。Automation1は、これらの軸のパフォーマンスを最適化するための、広範なエンコーダフィードバックチューニングおよびサーボチューニングツールを提供しています。

サーボ制御レベルで軸を最適化した後、指令された位置が実際の動作に反映されず、目標とする位置に到達しない場合があります。これは、レーザースキャンヘッドの光学歪みや、レーザースキャンヘッドとサーボ軸の両方を制御する光学フィードバックデバイスの製造公差に起因する誤差によって発生する一般的な問題です。誤差が再現可能である限り、この問題の解決策は誤差マッピングです。

エラーマッピングに基づく1Dおよび2Dキャリブレーションテーブルを作成し、Automation1コントローラにロードできます。Aerotechは、サーボ軸のエラーマッピングに関する特別なサービスを提供しています。

ただし、機械メーカーは独自にこのプロセスを管理できます。同様に、レーザースキャンヘッドのキャリブレーションも機械メーカーが行うことが多く、AerotechのGalvoCFC（ガルボキャリブレーションファイルコンバータ）などのツールを使用することでプロセスが簡素化されます。（図4）。

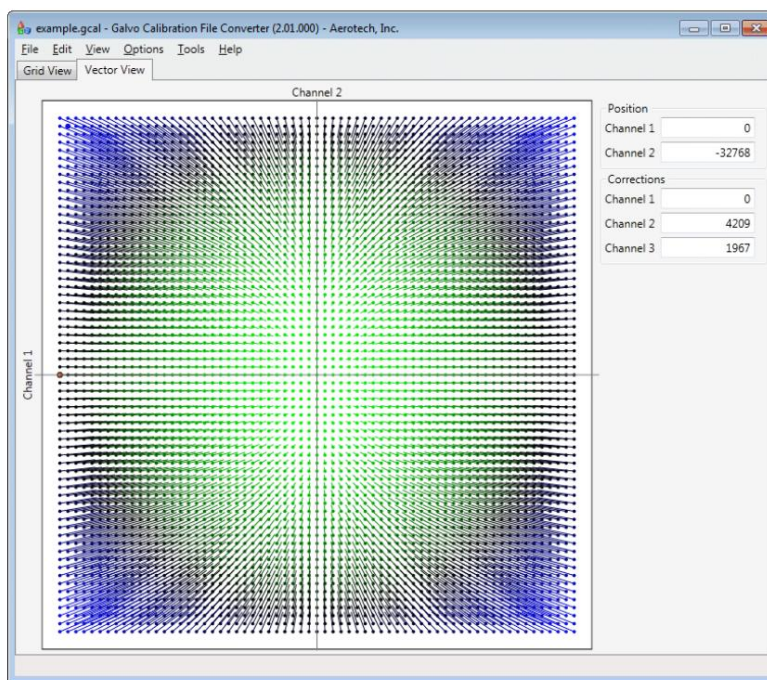


図 4. Aerotech Galvo キャリブレーション ファイル コンバータ ツールを使用すると、ユーザーはキャリブレーション ファイルを作成および変更したり、キャリブレーション ファイルをユーザー単位にスケーリングしたり、キャリブレーション テーブルをより高い解像度に補間したり、複数のキャリブレーション テーブルを 1 つのファイルに結合したりできます。

位置精度が校正されると、スループットと部品の品質を向上させるための次のステップに進むことができます。エアロテックの**無限視野**IFOV (Independent Fove)機能を使用すると、レーザースキャンヘッドの視野 (XYモーション制約)を超える部品 (または複数の部品)を、単一のXY軌道で直接プログラムできます。IFOVは、より大きなモーションパスを前処理し、そのパスの高速部分をレーザースキャンヘッドに配分することでこれを実現します。IFOVは、低速部分をサーボ軸に配分することで、スキャンヘッドが常に視野内で動作するように制御します。

IFOV によりステップおよびスキャン動作がなくなるため、レーザーがオンの状態になる時間の割合が大きくなり、プロセスのスループットが向上します。

IFOVを使用するもう一つの独自の利点は、サーボステージの実際の位置が、サーボ制御ループの直前のAutomation1 GL4レーザースキャンヘッドコントローラによって認識されることです。これにより、レーザースキャンヘッドは動的な位置誤差をリアルタイムで補正できます。このようにスキャンヘッドとサーボステージを組み合わせた動作にアプローチすることで、スキャンヘッドの位置誤差よりも桁違いに大きくなる可能性のあるサーボステージの位置誤差を管理するのに役立ちます。IFOVシステムの構成例については、図5を参照してください。

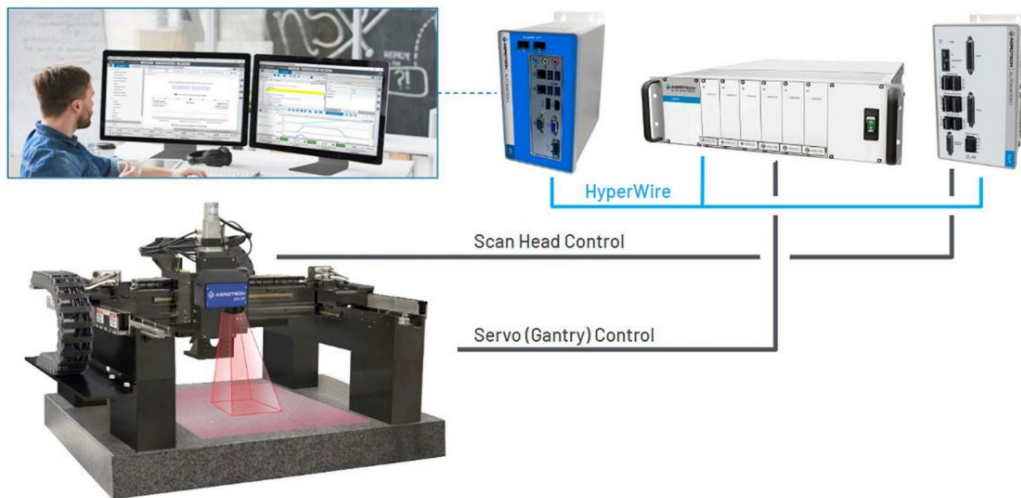


図 5. Aerotech の無限視野 (IFOV) 機能により、サーボ ステージの動きを考慮してステップ アンド スキャン操作を排除することで、レーザー スキャン ヘッドの視野よりも大きなワークピースのレーザー材料加工が可能になります。

IFOV には、部品の品質向上という意外なメリットもあります。プロセス中のステージモーションをより重視することで、レーザー スキャンヘッドの移動をスキャンヘッドの光学系の中心に制限することができます。光学系の中心は、レーザー スポットの歪みが最も少なくなる部分です。スポットの歪みが大きくなるとプロセス品質が低下するため、IFOV を使用してモーションを制御することで、部品の全体的な品質を向上させることができます。スキャンヘッドの移動を制限するだけでは不十分な場合、Automation1 はガルボ出力補正テーブルも提供しています。レーザー スキャンヘッドの軸の位置に基づいて、ユーザーはアナログ出力の電圧を調整できます。レーザー スポットの歪みは出力密度を変えるため、この出力補正を使用してレーザー出力を調整し、レーザーと材料の相互作用を一定に保つことができます。

各機械装置が各電気装置によって適切に制御されるように設定され、すべての動作軸がキャリブレーションされ、XYレーザー スキャンヘッドの視野全体でレーザー出力がキャリブレーションされたら、動作中に発生するレーザーと材料の相互作用、つまり軸が移動している間にレーザーエネルギーが材料にどのように適用されるかを管理する作業を開始します。動作中に発生するレーザー加工では、少なくとも以下の点を考慮する必要があります。•レーザー照射は連続的に行われるか、それともパルス状に行われるか？•レーザー出力は変調可能か？その速度は？•レーザーと材料の相互作用は加工速度にどの程度影響されるか？

エアロテックの位置同期出力 (PSO) このツールは、精密レーザー加工機メーカーに、レーザーと材料の相互作用を管理するための柔軟なツールセットを提供します。パルスレーザーの場合、実際の移動距離を追跡し、固定または可変の距離に基づいて発射イベントを生成することで、パルス間隔 (図6)を管理できます。

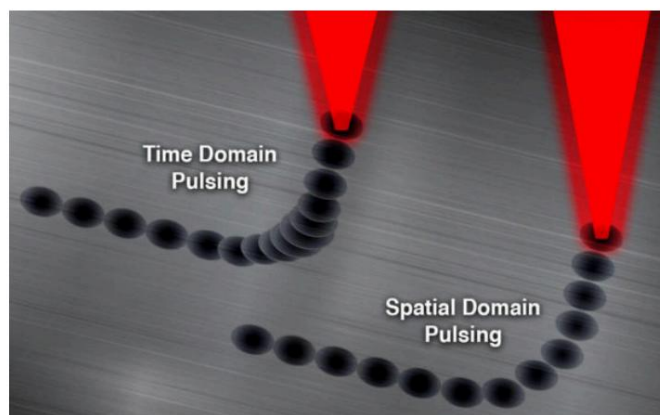


図6.固定距離照射方式の優れた点の一つは、速度（加速度）の変化がパルス間隔に影響を与えないことです。この制御方式は、高ダイナミック精密プロセスにおいて部品の品質とスループットを向上させます。

点火イベントは通常、指定されたAutomation1サーボモータードライブのPSO出力ピンの物理的な状態変化を引き起こします。この出力の動作は設定可能です。出力を一定時間「オン」に保持したり、特定の波形を生成したり、一連のパルスを生成したりできます。さらに、点火イベントごとにアナログ出力を変更することも可能です。

Automation1 GL4 または Automation1 GI4 レーザー スキャン ヘッド コントローラを操作する場合、ユーザーは3つのデジタル出力を制御する一連のレーザー出力制御機能にもアクセスできます (図7)。

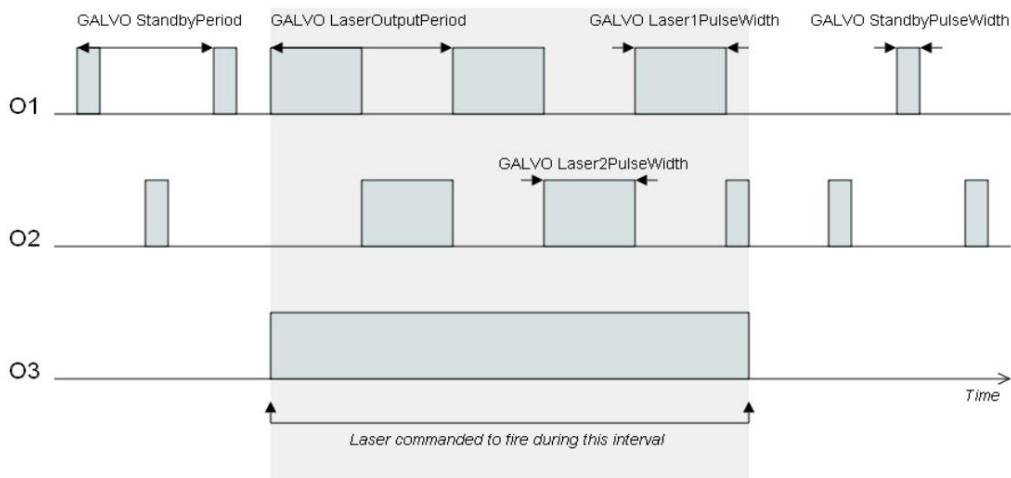


図7.この標準的なガルボレーザーモード制御構成では、レーザーが発光しているとき、O1とO2は設定可能な周波数と固定の180°位相シフトを持つ変調信号です。レーザーが発光していないときは、O1とO2出力をスタンバイパルスを出力するように設定できます。

これら3つの出力はそれぞれ異なるモードで動作し、それぞれ特定の種類の産業用レーザーで動作します。最初のレーザーデジタル出力 (O1)は通常、レーザーの発射を制御します。2番目のレーザーデジタル出力 (O2)は、最初に要求されたレーザーパルスを抑制するか、最初の出力の反転または位相シフトされたバージョンとして使用されます。3番目のレーザーデジタル出力 (O3)は通常、

レーザーのゲートを制御し、レーザー発射期間中は常にオンになります。一部の産業用レーザーでは「ティックル」パルスが必要です。そのため、レーザーゲート制御がオフのときに、O1とO2にスタンバイ周期出力パルスを設定できます。スタンバイパルス長を0マイクロ秒に設定することで、このパルス出力をオフにできます。

IFOV、PSO、レーザー出力制御機能は、いずれもAutomation1モーションコントロールプラットフォームの強力な機能であり、併用することでさらに強力になります。Automation1 GL4は、IFOVシステムで使用するように構成すると、スキャンヘッドとサーボステージのエンコーダフィードバックの両方にアクセスできます。この情報を用いてIFOVを有効にし、2軸PSOを実行します。

サーボX軸とガルボX軸をそれぞれ1つずつ1軸に統合し、サーボY軸とガルボY軸をそれぞれ1つずつ1軸に統合します。これにより、GL4コントローラは、パーツに沿って移動したレーザースポットの実際の距離に基づいて、レーザー出力の発射イベントをリアルタイムで制御できます。PSOとレーザー出力制御機能の両方が適切に設定されている場合、O1レーザー出力はPSO制御になり、O2およびO3出力はガルボモードの動作を維持します。図8を参照してください。

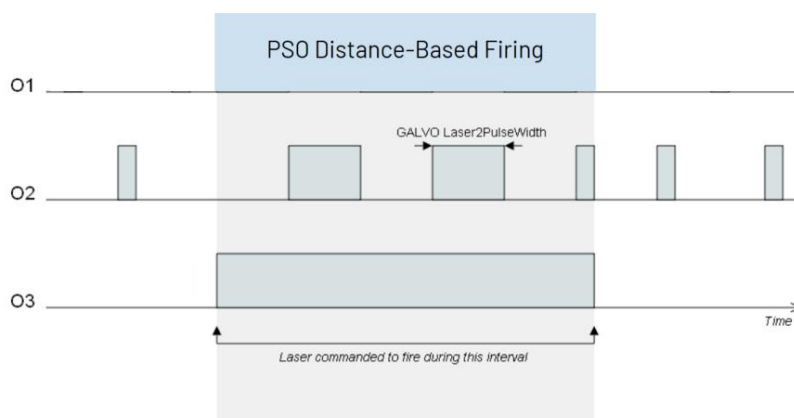


図8. 位置同期出力 (PSO) と Galvo 機能の両方が適切に設定されている場合、O1 出力 (上記の図 7 を参照) は PSO 設定によって上書きされますが、O2 と O3 は Galvo 機能設定に従って引き続き機能します。

精密レーザー加工機を産業用機械に導入し、準備が整ったら、部品パス（またはプロファイル）を作成する必要があります。Automation1コントローラはデフォルトでGコードを処理するため、Gコード構文を出力する任意のコンピュータ支援製造（CAM）ツールで部品パスを生成できます。Aerotechは、ガラス切断やビアホール加工などの2D輪郭モーションアプリケーションを対象とした独自のソリューションを提供しています。このツール、CADFusion®は、実装リスクを低減し、Automation1コントローラで最高のパフォーマンスと精度を実現します。PSOやIFOVなどのレーザー加工機能の実装をサポートすることで、部品品質を飛躍的に向上させます。CADFusionを使用すると、既存のDWGまたはDXFファイルをインポートすることも、ゼロから設計を開始することもできます。

レーザー加工の現実に対応するため、CADFusionにはパフォーマンスを最適化する一連の部品パスプランニング機能が搭載されています。図9に示すように、ユーザーは部品パスプランニング機能を使用して部品を作成できます。

CAD Fusionでパスを作成し、リードインやリードアウトなどのツールを適用したり、スカイライティングなどの遷移動作を作成したり、パーツパスの繰り返しセクションを設定したり、カタログマネージャを使用してPSOを含むプロセスツール制御構文を自動的に適用したりなど、様々な操作が可能です。その後、Automation1コントローラで実行するためのAeroScriptプログラムファイルをエクスポートするのは、ボタンをクリックするだけです。

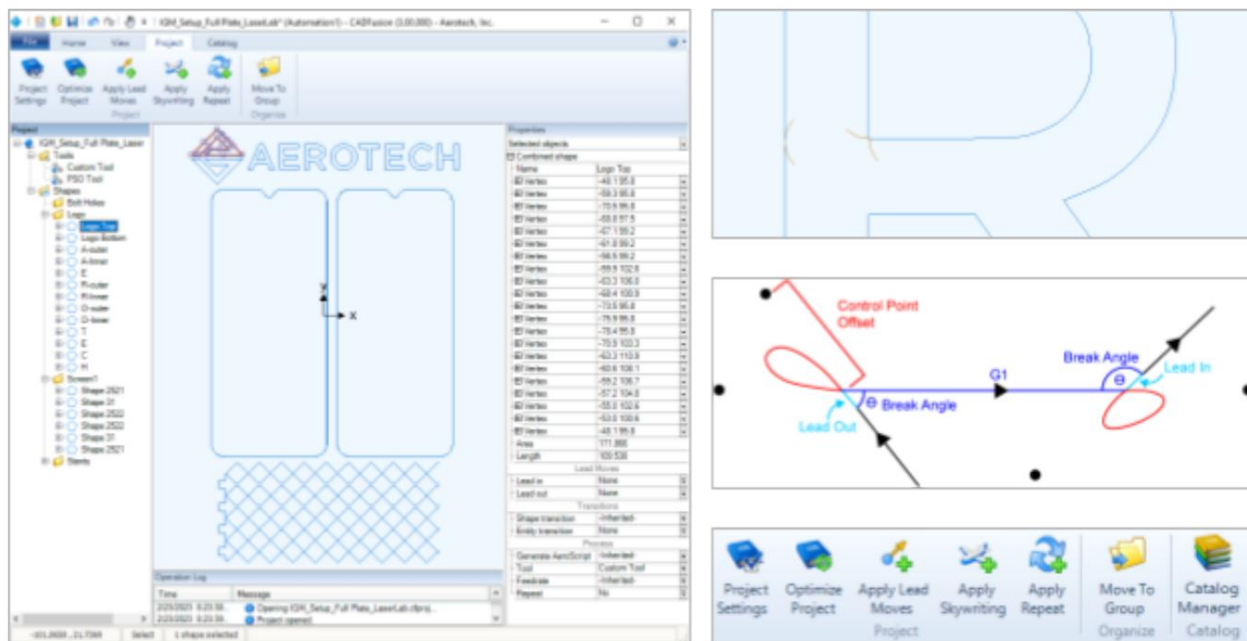


図 9. CAD Fusion では、ユーザーは新しいプロジェクトを最初から開発したり、既存の DWG または DXF ファイルをインポートしたりできます。

CAD Fusion の描画キャンパス (左) と、リードオンおよびリードオフ移動 (右、上)、スカイライティング (右、中央)、その他のツールバー項目 (右、下) などのツールを使用して、パーツパスを最適化します。

結果

最終的に、Automation Motion Development Kit (MDK)のあらゆる利点 (Studioアプリケーション、Automation1 API、WindowsベースのカスタムHMIツールであるAutomation1 MachineAppsなど)を備えた、世界クラスの高精度オートメーションマシンが完成しました。Automation1 Studioアプリケーション (図10)は、システムの構成、プログラミング、試運転、最適化をすべて単一のアプリケーションで実行できます。

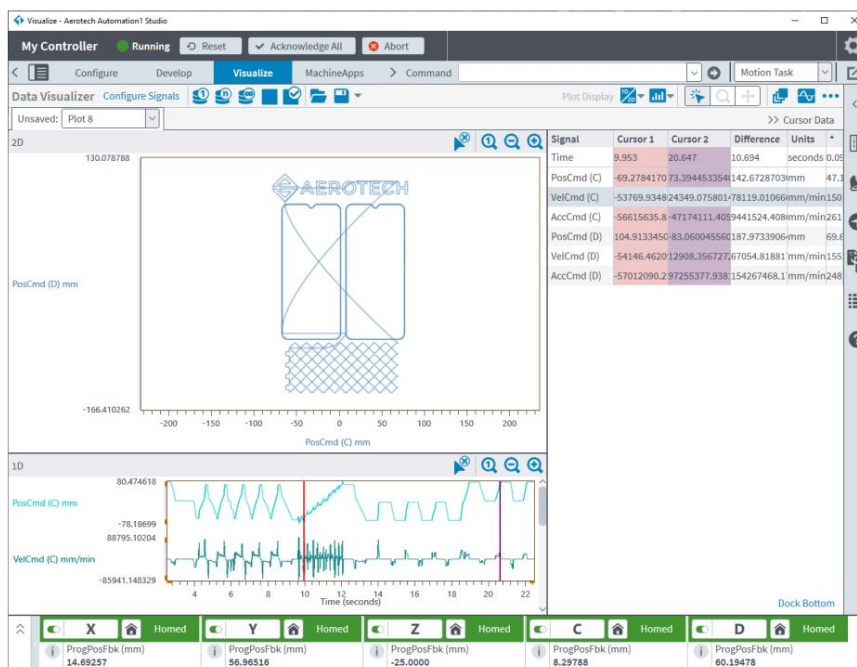


図 10. Automation1 Studio アプリケーションには、マシン セットアップ ウィザード、MachineApps HMI ビルダー、最新の AeroScript™ プログラミング言語、デジタル オシロスコープ（データ ビジュアライザー）が含まれており、ユーザーは 1 つの開発環境でサーボ モーターやステッピング モーター、精密ステージ、ガルボ スキャン システムなどをセットアップ、プログラム、最適化できます。

Automation1 Studioは、強力なプログラミングIDEに加え、1Dデータと2Dデータを同時に表示できるデータビジュアライザーツールを備えています。Automation1のAPIには、.NET、C、Pythonが含まれています。さらに、MachineAppsを使用すれば、ユーザーは独自のカスタムHMIを構築できます。MachineAppsは、マシンやモーションシステム向けに、効果的なカスタムHMI画面を迅速に開発できるツールです。MachineAppsを使用すると、マシンメーカーは自社ブランドをマシンインターフェースに適用でき、モジュールベースのアプローチでユーザーインターフェースを迅速にレイアウトできます。

これらのツールにより、Automation1 は、精密レーザー材料加工アプリケーションで業界をリードしたい機械メーカー向けのシングルモーション制御環境になります。

著者について



シニアプロダクトマネージャーとして、パトリック・ウィーラーは、ソフトウェア、制御機器、駆動エレクトロニクスを含むエアロテックの制御製品ライン全体を統括しています。リーハイ大学で電気工学の学士号、南カリフォルニア大学で電気工学の修士号を取得しています。16年以上にわたる業界での経験は、オペレーション、プロジェクトマネジメント、営業、マーケティングなど多岐にわたります。キャリアを通じて、制御機器と産業オートメーションの仕様策定とインターフェース設計に携わってきました。



Aerotechのプロダクトマネージャー、ブライアン・ジャーマンは、AerotechのAGVレーザー
スキャンヘッド、関連するAutomation1ドライブ、ソフトウェア制御機能など、光操作
製品に特化しています。高精度モーションコントロールおよびオートメーション機器・製品
の設計・製造管理の実務経験を有しています。

ジャーマン氏はサウスカロライナ大学で機械工学の学士号と修士号を取得しました。米国およ
び国際特許を17件保有しています。