

サーボロボットの溶接用レーザビジョンシステム

Servo Robot's Laser Vision System for Welding

魚田 滉一 / Koichi Uota・サーボロボ・ジャパン(株) 社長

要 約

レーザビジョンシステムはアーク溶接の完全自動化のための一手段として、溶接ロボットと組み合わせて本格的に使用されるに至っている。3Dレーザセンサはアークオンの状態でリアルタイムにシームトラッキングと溶接条件の最適化制御(ADAP)が行え、従来のアークセンサでセンシングのため行うウィービングが不要であり、塗装鋼板および仮付などにも影響を受けないので、適用範囲を大幅に拡大できる特徴がある。

Synopsis

The laser vision system is now functioned as one of the industrial applicable techniques to realize fully-automated welding operation by the combination with arc welding robot. By 3-Dimensional laser sensor, weld seam tracking and weld parameters' adaptive control can be performed real time on live arc condition. Laser vision system is expanding applicable fields because weaving operation which is mandatory for arc sensing isn't necessary and sensing results aren't affected by painted plate surface or weld tacks.

1. 緒 言

レーザセンサは対象物の形状を2次元、あるいは3次元で認識できるので、従来より検査用として広範囲に使用されている。一方構造物の組立作業において、溶接作業の自動化がコスト低減と溶接物の品質向上の主たる手段と認識されており、各産業分野において多くのロボットが導入されている。溶接作業の完全自動化を達成するためには、溶接継手の開先の寸法・精度のバラツキおよび溶接の熱歪による溶接シームの変形に対応する必要がある。この目的のため溶接センサ、アークセンサ等が開発され、アークセンサがコスト面および使い易さから、多く適用されている。アークセンサは溶接電流や電圧の変化をセンシング情報として利用しているため、ウィービング動作が必要なため、溶接速度に一定の限界があり、塗装鋼板や仮付部等への適用で、誤作動の原因となることが多い。

レーザセンサは人間の眼のように開先の形状そのものを認識できるのでアークセンサの持つ短所を克服できる可能性があるが、これまでセンシング情報がアーク光、スパッタ、ヒュームや金属の表面状況の影響を受ける、センサヘッドが大型・重量で溶接トーチに固定できず、溶接対象物に近接して使用できない、センサからの情報を処理するソフトウェアの作成が難しい、溶接機器・ロボットへのインターフェイスが複雑等の問題が多く実用が限定されていた。

サーボロボットのレーザセンサは、

- (1) スパッタ・ヒュームが発生するアーク雰囲気下で使用でき、金属の表面状況の影響を受けないシステム
- (2) 小型・軽量のレーザカメラヘッドの開発
- (3) 各種ソフトウェアモジュールの開発

により、各種の溶接法への適用を実現している。

以下にサーボロボットのレーザビジョンシステムの、ハードウェア、ソフトウェアモジュールおよび各種溶接法への適用状況を報告する。

2. ハードウェア

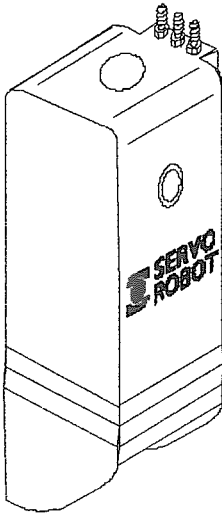
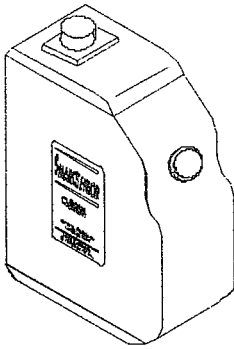
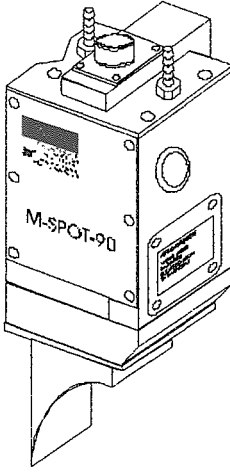
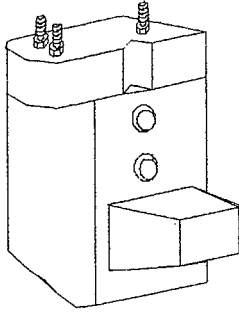
2-1 レーザカメラ

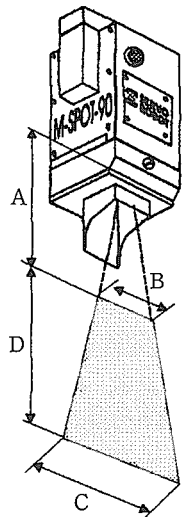
第1表に各種カメラヘッドの仕様を示す。

M-SPOT および JUPITER カメラはレーザをスキャンしてセンシングを行うフライングスポットカメラで、それぞれのスポット点が独立したレーザ強度を持ち、深さ方向の解像力が大きく、広い視野が得られる。BIP および SMART カメラはレーザをレンズで拡げて視野を確保するライトプレーンカメラで横方向の解像力が高く、ステンレス、アルミ合金を含めた薄板の溶接に適用される。3Dレーザカメラは横方向の平均の解像力が0.04~0.08 mm程度の精度を持ち、1秒間に30~60像を生じる電気光学的なレンジファインダで第1図にレーザカメラの視野の一例を示

製品紹介

第1表 レーザカメラヘッド

| | | | |
|---|--|--|--|
| <div>BIP</div> <div>(20, 60, 60 L, 90)</div> <div><ul style="list-style-type: none">・薄板の角継手, 重ね継手, 突合せ継手, すみ肉溶接用・高い解像力を持つ・アルミ, ステンレス鋼にも適用できる・可視光レーザ</div> <div>寸法(mm) : 56×42×110 重量(g) : 400~500 解像力(mm) : 0.02 から</div> |  | <div>SMART</div> <div>(HR, 10, 75)</div> <div><ul style="list-style-type: none">・高精度検査用・薄板の重ね継手, 突合せ継手溶接用・BIP カメラよりも高い解像力を持つ・可視光レーザ</div> <div>寸法(mm) : 80×45×140 重量(g) : 680 解像力(mm) : 0.002 から</div> |  |
| <div>M-SPOT</div> <div>(90, 200, 280)</div> <div><ul style="list-style-type: none">・厚板のV型突合せ, レ型突合せU型突合せ, すみ肉溶接用・多層盛溶接用・大きい視野 (深さ 90~280 mm)・赤外線レーザ／可視光レーザ・スキャニングカメラ</div> <div>寸法(mm) : 60×48×85 重量(g) : 480 解像力(mm) : 0.05 から</div> |  | <div>JUPITER</div> <div>(HR, M, LR)</div> <div><ul style="list-style-type: none">・大きな対象物の計測用・工業用検査用・開先のカス切継用・3Dによる表面のデジタル化・大きい視野 (深さ 110~2 000 mm)・スキャニングカメラ</div> <div>寸法(mm) : 116×95×179 重量(g) : 1 600 解像力(mm) : 0.03 から</div> |  |

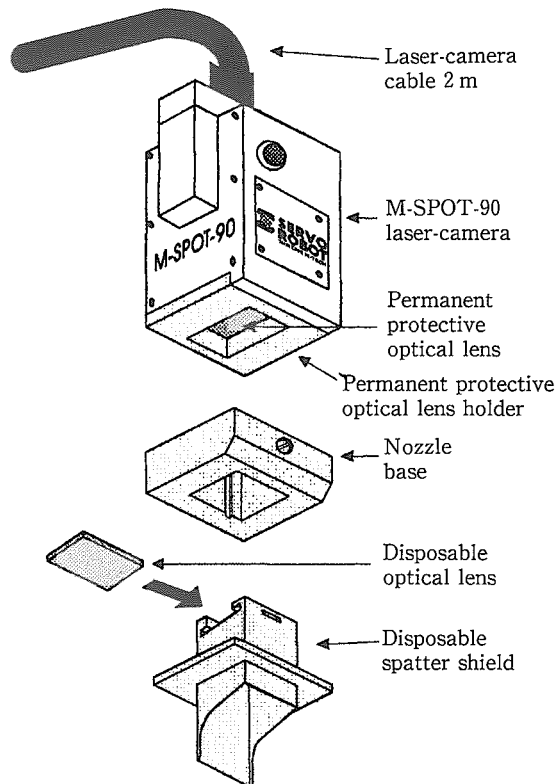


| | | |
|----------------|----------------|-------|
| Field of view | A | 45 mm |
| | Stand off | 1.75" |
| | B | 40 mm |
| | Close plane | 1.57" |
| Depth of field | C | 82 mm |
| | Far plane | 3.22" |
| Depth of field | D | 90 mm |
| | Depth of field | 3.54" |

Camera dimensions : 80×45×130 mm
3.15"×1.77"×5.12"

す。自動同調レーザ三角法がカメラヘッドを高精度にしており、特別な光学系により溶接アークに対して敏感かつコンパクトな形状となっている。ガスシールド溶接の場合、カメラは溶接トーチの前方約 35 mm の位置に取り付けられるので、スパッタやヒューム等の厳しい環境下に置かれる。カメラをアーク熱から保護するためカメラ内部に冷却通路を開け、圧縮空気で冷却する。他の通路からカメラ前方の保護シールドノズルに圧縮空気を送り、ヒュームやスパッタからカメラを保護する。カメラの前方に二個のレンズを配置し、一方は恒久的にカメラをシールドし、他方は必要に応じて交換できる。ノズルが汚れた場合のレンズの交換は工具を使用せずに簡単に行える。第2図にカメラヘッドの溶接用シールドの構成部品の一例を示す。

第1図 3Dレーザカメラ

WELDING SHIELD ASSEMBLY
FOR M-SPOT-90 LASER CAMERA

第2図 溶接用シールドの構成部品

2-2 制御ユニット

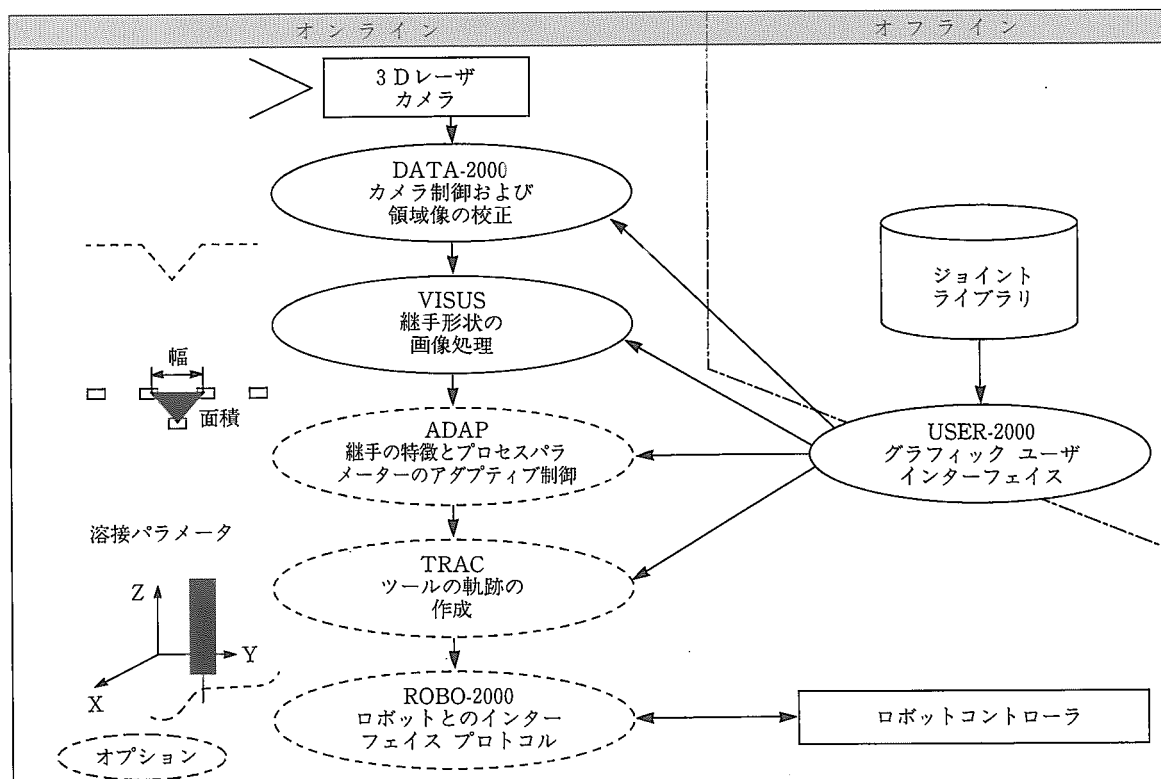
標準の制御ユニットとしてカメラヘッドとの組み合わせおよび用途に応じて SMART-BOX, CAMI-BOX および PILOT-3000 の三種類を用意している。SMART-BOX はライトプレーンカメラ用の制御ユニットで、CAMI-BOX はフライングスポットカメラ用である。PILOT-3000 はすべてのカメラに使用できる直交座標系の外部機器用のユニットであり、ユニット内部にレーザカメラ制御ユニット、3軸のロボットコントローラと PC を含み、レーザカメラ制御ユニットとロボットコントローラを ISA バスで接続しており、直交スライドを直接制御できる。レーザカメラの制御ユニットとロボットコントローラ間の通信が確立されているため、外部機器側でレーザセンサ制御ユニットと通信するためのソフトウェアを準備する必要がなく、レーザビジョンシステムを簡単かつ迅速に現場適用できる。関節型ロボットとレーザカメラの制御ユニット間の通信は一般的に RS-232 C 或いは RS-422 のシリアルコミュニケーションで行われる。

各制御ユニットは、複数のデジタル入出力、およびアナログ出力端子を有している。

3. ソフトウェアモジュール

サーボロボットの標準的なソフトウェアモジュールを第2表に示す。

第2表 サーボロボット社のモジュラー アダプティブ コントロールシステムの概要



製品紹介

3-1 DATA-2000

DATA-2000 はレーザカメラの操作と画像のキャリブレーションに使用されるソフトウェアで、カメラの操作パラメータの感度、スキャン速度、視野の幅、1 画像当たりのスポット数、レーザ強度などを制御する。

3-2 VISUS

VISUS はセンシングから軌跡の修正までのサイクルを短時間にリアルタイムで処理するために、得られた画像のデータからブレイクポイント、ギャップ、目違い等の特異点を抽出するためのソフトウェアである。第 3 表に示す継手形状に対応できるソフトウェアを標準として持っている。

3-3 ADAP

ADAP は VISUS によって処理されたギャップ、目違い、断面積等の情報から、溶接パラメータ (溶接電流、電圧、速度、ウィーピング条件等) を SPREADSHEET を使用して数式若しくはテーブルを使用して変更するためのソフトウェアで、各溶接方法によって変更すべき溶接パラメータを定義できる。

第 3 表 識別できる継手形状

| 継手形状 | 継 手 | プロフィール |
|---------|-----|--------|
| 角 継 手 | | |
| 端 部 継 手 | | |
| すみ肉継手 | | |
| 重ね継手 | | |
| 突合せ継手 | | |
| V 開先継手 | | |
| レ型開先継手 | | |
| U 型開先継手 | | |

3-4 TRAC

TRAC は TCP (溶接トーチの中心点) の軌跡を作成するソフトウェアモジュールでレーザカメラと溶接トーチ間で連続的に蓄積されたデータがパスジェネレータで処理され、溶接トーチがレーザカメラのセンシング位置に到達した時点で、溶接トーチの位置修正を行い、軌跡が作られる。TRAC はシームの開始点と終了点を見つける能力を有し、仮付けおよび治具部分についてもデータ処理を行い、溶接トーチの軌跡を生成する。

3-5 ROBO-2000

ROBO-2000 は多関節型ロボットおよび自動溶接機器とレーザビジョンシステムを通信するためのインターフェイスプロトコルで、RS-232 C シリアルリンクあるいは ISA バスを介して行われる。ROBO-2000 は制御用の文字とすべてのメッセージに使用されるフォーマットを定義し、ロボットコントローラから送られる「コマンドメッセージ」に対してビジョンシステムから応答する「応答メッセージ」を持つ。フォーマットは {STX} {message} <data> ... <data> [DLE] [EXT] [CKS] である。

3-6 USER-2000

USER-2000 は IBM-PC あるいは互換機をサーボロボットのレーザビジョン制御ユニットとインターフェイスするためのソフトウェアモジュールで、使用者のレベルに応じて OPERATING, PROGRAMMING および CONFIGURING の三種類のアクセスレベルをサポートする。USER-2000 により、画像のプロフィールと強度の表示、画像処理結果の表示、および VISUS, ADAP, TRAC, ROBO-2000 のプログラムメニューを持つ。

4. 各種溶接法への適用

4-1 マグ・ミグ溶接

直交型・関節型ロボットならびに直交型の自動機器との組み合わせで、鉄鋼、アルミニウム合金の薄板および厚板溶接に使用されている。カメラヘッドは、レーザセンシングが溶接アークに影響を受けない特別な光学系を有するとともに、カメラをアーク熱から保護するためカメラ内部に冷却通路を設け加圧した空気で冷却を行っている。ヒュームやスパッタからカメラを保護するためカメラの前方に二組の保護用レンズを配置するとともに、カメラ前部の保護シールドノズルに加圧した空気をパージしヒュームやスパッタの侵入を防止する。写真 1 に M-SPOT カメラのマグ溶接での適用例を示す。

4-2 レーザ溶接

レーザ溶接(CO₂レーザ・YAGレーザ)では溶接熱源のレーザのビーム径が1.0 mm程度と小さく、一般に溶接速度が大きいので、溶接線のシームトラッキングが健全な溶接部を確保するために特に重要である。写真2にBIPカメラによりシームトラッキングを行っている15 kW CO₂レーザ溶接装置を示す。CO₂レーザの容量が大きくなると溶接ヘッドが大型で重量が大きくなり、溶接中に溶接ヘッドの支持軸を機械的に動かしてトラッキングするのが困難となる。大容量CO₂レーザ溶接のシームトラッキングはレーザセンサと一体となった振動するミラーを使用して、熱源レーザの

レーザスポットを動かしてトラッキングを行う方法がある。また、レーザセンサからのギャップ・目違に等の情報によりミラーをオシレートさせることにより、溶接上許容できる開先ギャップを拡げることができる。

写真3にBIPカメラと組み合わさった SESO 社製のミラー振動装置 TOM を示す。最大 200 Hz までのオシレートが行える。20 kW CO₂レーザ熱源を使用して、板厚 12 mm のギャップ 1.5 mm の継手を溶接速度 1.2 m/分、オシレート 10 Hz で行っている。現在、45 kW CO₂レーザ用の機器を完成し、試用中である。



写真1 マグ溶接への適用(M-SPOT カメラ)

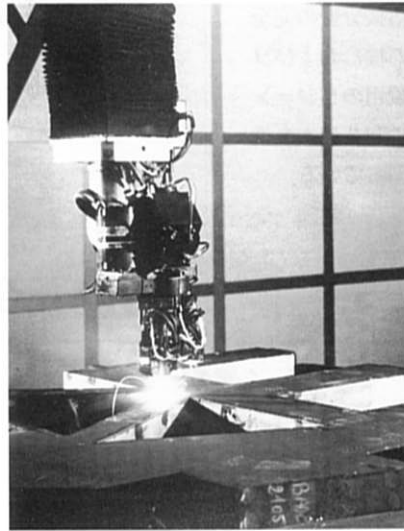


写真2 CO₂レーザ溶接への適用(BIP カメラ)

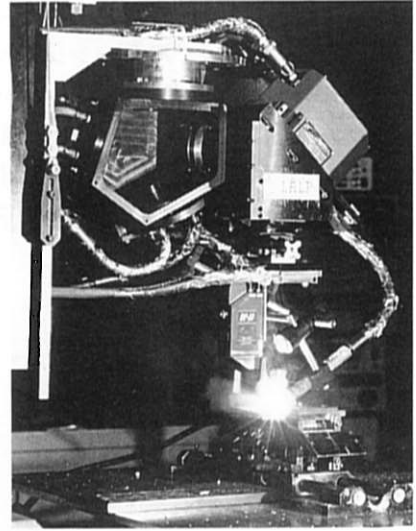


写真3 大容量CO₂レーザ溶接用スキャン装置 TOM

4-3 ティグ溶接

サーボロボット社のレーザビジョン装置は高周波対策が標準仕様となっており、ティグ溶接に問題なく使用できる。写真4はLNGタンカーのステンレス鋼メンブレンの溶接の適用例を示す。メンブレンの溶接では溶接線の形状が三次元で急激に変化するため、レーザ光をカメラから傾斜させて出し、溶融池とセンシング位置の距離を最小にしている。

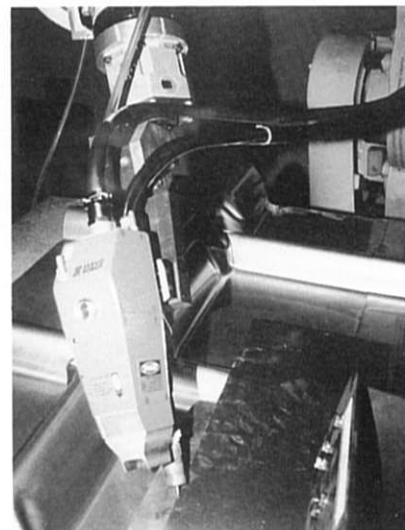


写真4 ティグ溶接によるLNGタンカーメンブレンの溶接(BIP-TIG カメラ)

製品紹介

4-4 サブマージ溶接

サブマージ溶接への適用は、レーザカメラが直接アーク光に露されることがなく比較的容易である。写真5は造船所で長さ20mのパネルラインの2電極タンデム(DC-AC)溶接への適用で、溶接シーンをトラッキングするとともに部分的にシール溶接されている箇所をセンシングし、シール部分での溶接条件を変化させて、仕上げビードの余盛形状を一定にしている。

5. 結 言

サーボロボット社では、マグ、ミグ、ティグ、レーザ、プラズマ、サブマージ等のすべてのアーク溶接分野の完全自動化を目指し、レーザビジョンシステムの機器およびソフトウェアの開発、改良を続けている。溶接用のビジョンシステム以外にも、溶断用や検査用の種々のシステムを供給しており、広範囲な工業分野への適用を図っている。

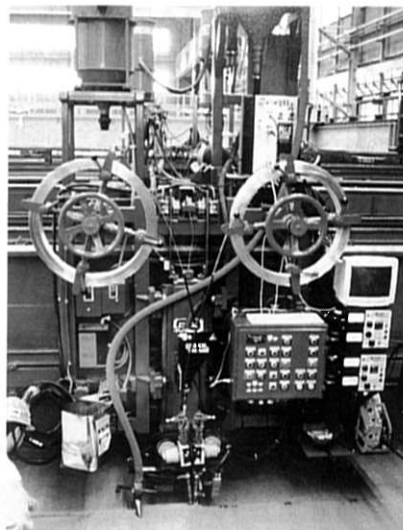


写真5 サブマージ溶接への適用(BIPカメラ)

問合せ先

サーボロボ・ジャパン(株)
社長

☎ 06(482)5598 魚田 晃一