

(技術資料)

溶接ロボットオフライン教示システムK-OTS[®]

K-OTS[®] Off-line Programming Software for Arc Welding Robots



原 督*
Susumu Hara



泉 敏之*
Toshiyuki Izumi



飛田正俊**
Masatoshi Hida

In order to program arc welding robots efficiently, a new multi-purpose off-line programming software, called K-OTS (KOBELCO Off-line Teaching System), was developed. This software incorporates 3D-CAD data conversion, automatic programming functions (based detailed studies of the welding robot programming), a highly accurate robot simulation function and a workpiece position correction function. With these features it is possible to reduce programming time and improve the quality of the programming. The new software proved itself to be a highly effective tool for programming welding robots.

まえがき = ロボットが溶接するためには、ロボット動作プログラム（以下プログラム）が必要である。そして、そのプログラムは、ロボットラインに配置されたワークに対して、溶接位置などをロボットで教示する実機ティーチング作業で作成されることが一般的である。

しかし、この作業のためには、生産ラインが停止することや、ティーチングスキルが必要であった。また、ロボットに近づくことから安全確保も問題となる。

この問題の解決手段の一つとして、コンピュータを使用したオフライン教示システムが有効である。しかし、従来のオフライン教示システム¹⁾では、準備作業が多いことや操作性が低いことから、ティーチングのため多くの時間が必要であった。

そこで、溶接のティーチング作業を自動化した、新たなオフライン教示システム K-OTS (Kobelco Off-line Teaching System) を開発した(図1)。本稿では、このオフライン教示システム K-OTS の特長について紹介す

る。

1. 溶接ロボットオフライン教示

1.1 溶接ロボットプログラムの基本構成

溶接ロボットプログラムの基本構成は、溶接開始位置に向かう 進入動作と、溶接開始位置を検出する ワイヤタッチセンシング動作と、溶接作業動作と、溶接終了位置から退避する 退避動作からなる(図2)。

1.2 溶接ロボットオフライン教示の作業手順

一般的なオフライン教示の作業手順を、実機ティーチングとの比較で説明する(図3)。

まず、実機ティーチングの特徴は、作業工程数が少ないことや、作業のため実際のワークやロボットシステムが必要なことである。

一方、オフライン教示の特徴は、実際のロボットシステムが存在しない構想段階から作業開始できることや、ライン停止時間を削減できることである。しかし、ワ

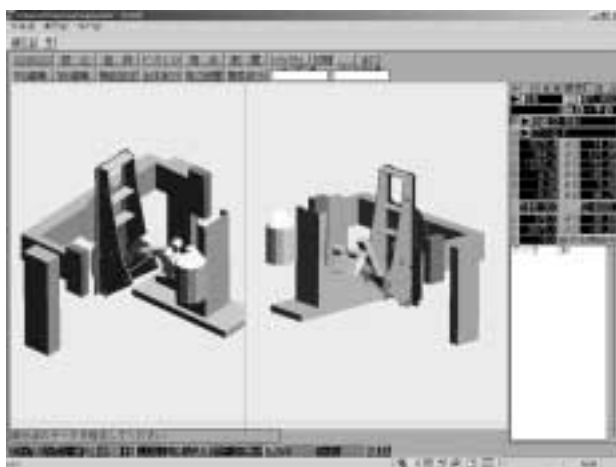


図1 オフラインティーチング教示画面
Fig. 1 Picture of off-line programming

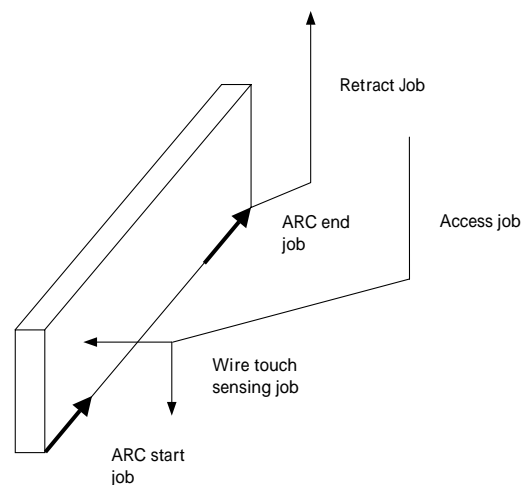


図2 溶接ロボットプログラムの基本構造
Fig. 2 Basic structure of welding robot program

*溶接カンパニー 溶接システム部 **技術開発本部 生産システム研究所

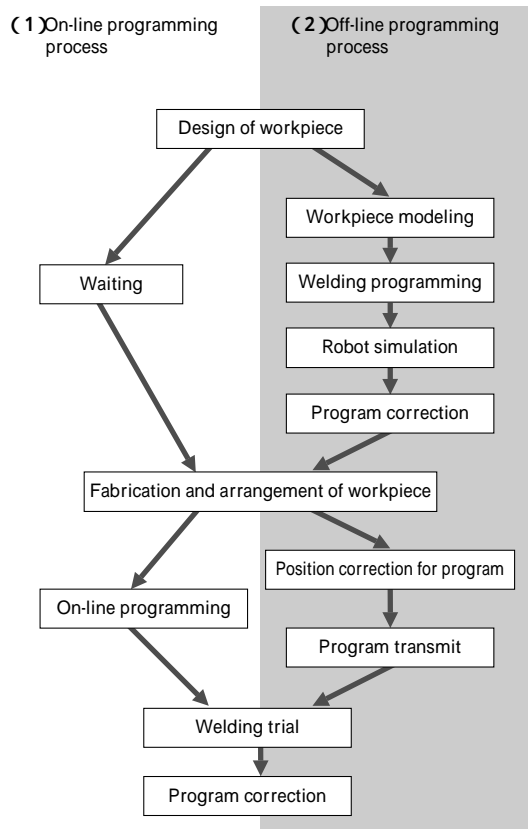


図3 実機ティーチングとの比較
Fig. 3 Comparison between on-line programming and off-line programming

ークモデリング、プログラミング、シミュレーション、プログラム修正、ワークズレ補正、プログラム転送の作業工程が必要である。

そこで、これら作業工程ごとに自動化・省力化することが実用上のポイントと考え、開発を行った。

2. K-OTS の特長

本章では、オフライン教示の作業順に K-OTS の特長を述べる。

2.1 ワークモデリング

K-OTS では、CAD 機能を有しており、ワークのモデリングが可能である。

ところが、近年、3次元CADを使用してユーザがワークを設計するようになってきた。

そこで、3次元CADデータをK-OTSで利用するために、汎用3次元CADデータ変換機能を開発した。その結果、ワークが3次元CADで設計されているときはモデリング作業が不要になった。

2.2 プログラミングの自動化

従来のプログラミングは、教示点を対話で1ポイントごとに入力し、これを繰り返すため、時間を要する作業であった。

これを自動化するため、溶接プログラムを検討したところ、その多くで1.1に示した定型的なパターンとなる特徴を見出した。

そこで、ワークモデルから溶接線を選択し、センシングなどの各動作パラメータを設定することで、その溶接に必要な複数の教示点を自動作成するパス生成機能を開

発した。

2.2.1 パス生成の基本設定項目

1) 接近点、退避点

アークON前とアークOFF後の教示点を作成し、その位置を距離で指定する。

2) ワイヤタッチセンシング

ワイヤタッチセンシング点の作成を画面の選択ボタンで指示できる。センシングする面は、図4で示すように底面、正面、側面などが選択できる。

また、センシングする位置は、溶接線の開始位置、終了位置からの相対位置で指定する。

3) トーチ角度

トーチ角度を溶接線基準の傾斜角度、前進後退角度、ツール先端まわりを数値で正確に指定できる(図5)。このうちのみは、自動(前回値参照)や、ロボット手首1軸固定で最適なものを探索することも可能である。

なお、トーチ角度の基準となる面は、ワークモデルの任意の面を指定することができるため、水平すみ肉溶接のみならず、下向きや立向き溶接にも利用できる。

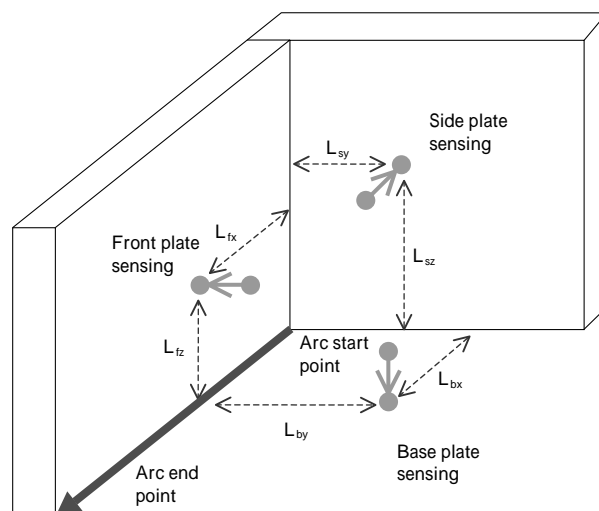


図4 ワイヤタッチセンシング
Fig. 4 Wire touch sensing

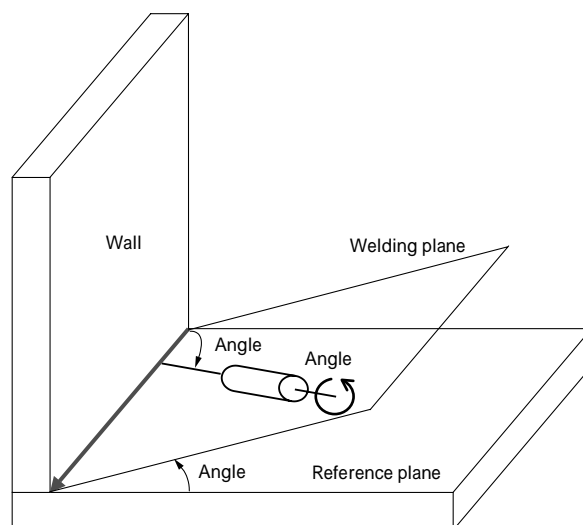


図5 溶接座標系トーチ角度
Fig. 5 Torch angle in welding line coordinate

また、面の指定は、溶接線を選んだ時点で、その近傍の母板（基準面）、立板（壁）を自動判定することから省略することもできる。

4) 溶接パターン

アークON直後と、アークOFF直前のバックステップを持つ溶接パターンを自動的に作成することができる（図6）。

指定する内容としては、バックステップ距離と各教示点で使用する溶接条件などの制御命令である。

2.2.2 トーチ自動干渉回避

従来、狭隘箇所となるコーナ部の教示には、溶接トーチとワークとの干渉に細心の注意を払わねばならないため、多大な作業工数が必要であった。

そこで、この作業工数を削減するため、トーチ自動干渉回避機能を追加した（図7）。

この機能は、コーナ部にトーチモデルを配置したのちに、ワークモデルとの干渉チェックを行い、干渉が認められれば、トーチ角度や を自動変更するものである。

さらに、可能な限りもとのトーチ角度を保持するため、もとのトーチ角度でも干渉しない位置に教示点を自動作成することができる。

2.2.3 エアカットの自動作成

パス生成で、1つの溶接線のプログラムが作成されたのちに、続いて新たな溶接線のプログラムを作成するときには、これらを接続するエアカット（ロボットが作業しない空走移動動作）の教示点を自動作成²⁾する（図8）。

その手順は、まず、作成済みのプログラムの退避点を始点とし、次に選択された溶接線の進入点を終点とし、これら2つの点を結ぶ任意のいくつかの断面を作成する。

そして、その断面上で、ワークモデルに接近危険領域を加味した進入禁止区域を設定し、これを包含するようにエアカットパスを作成する。



図6 溶接パターン
Fig. 6 Welding pattern

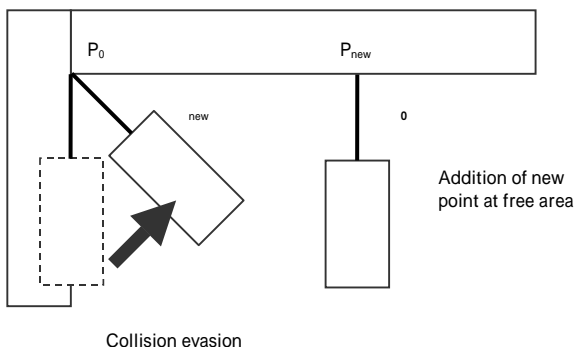


図7 トーチ自動干渉回避
Fig. 7 Automatic torch collision evasion

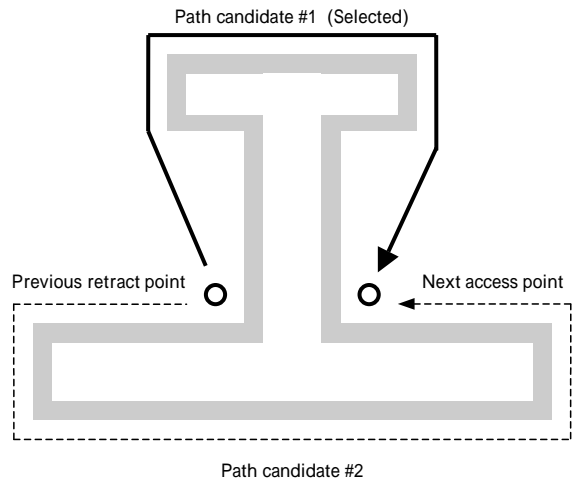


図8 エアカットパス自動作成
Fig. 8 Automatic air cut path programming

このとき、2つの点を結ぶ断面は複数あるため、計算されたエアカットのうち、最短距離を選択したり、ワーク形状にあわせて開口部を選択したりする。

2.2.4 ロボットプログラムの生成

これまでの処理で決定されたロボットの動作を、対象とするロボットシステム構成にあわせた最終的なロボットプログラムに変換する。

このとき、パス生成機能で最低限セットされる情報は、トーチ位置(X, Y, Z)とトーチ角度(,)の5種類であるが、ロボットシステムの構成によっては、ロボット6軸+外部軸スライダ3軸を合計する9軸があり、9 - 5 = 4軸が冗長な軸となる。

したがって、そのプログラムを作成するためには、この冗長な軸値を、何らかのルールにより決定する必要がある。

そこで、K-OTSでは、その時点でのロボットの各軸値を初期値として、各軸の動作範囲や速度の限界に対して余裕度が大きい順に、目標値である(X, Y, Z, ,)に近づけるといった新たなルールを採用した。

その結果、エラーの少ないプログラムを作成することが可能となった。

2.3 シミュレーション

正確なシミュレーションを実現するため、K-OTSでは実際のロボットソフトを内部に組込んだ。その結果、動作範囲、制御命令のチェックも実機同等に正確となった。

なお、このシミュレーションには、以下の特長がある。

2.3.1 パソコンによる高速グラフィックス

3次元CADの高性能化にともない、複雑で大容量なワークモデルが利用されるようになった。

そこで、この大容量のデータに対応するため、K-OTSでは画面描画を高速にする DirectX^{注)}を新たに採用した。

その描画速度は、従来の直接VRAMに書込んだ方式との比較で、約10倍となった。

注) DirectXはマイクロソフト社が開発したWindows上でゲームを高速に動かすためのソフトである。

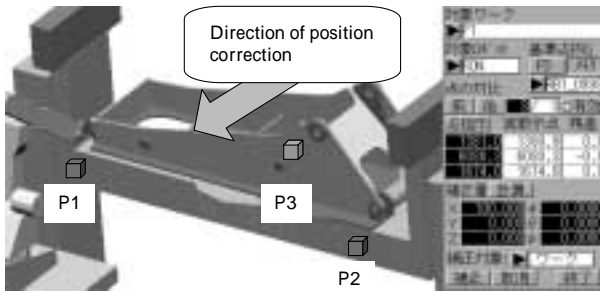


図9 ワークズレ補正
Fig. 9 Position correction for workpiece

2.3.2 ロボットとワークとの自動干渉チェック

シミュレーション中に、自動干渉チェックを行うことで、ロボットの連続動作を反映する正確な干渉チェックが可能となる。

また、パス生成による自動干渉回避では溶接トーチのみが対象であったが、シミュレーション中には、ワークと周辺軸を含むシステム全体との干渉チェックが可能である。

2.3.3 複数ロボットシミュレーション

ロボットシミュレーションは、2台同時に可能である。また、あらかじめ2台のロボット間で外部入出力信号の接続設定を行えば、I/O待ちも再現することができ、実機での動作確認工数を削減できる。

2.4 対話式プログラミング

2.4.1 教示

画面描画の切替えが高速となり、教示作業がスムーズに行えるようになった。

また、ロボットやスライダはワークモデルに対するマウス操作で移動するため、高速な誘導が可能である。

2.4.2 プログラム編集

プログラム編集機能には、プログラムのトーチ角度、狙い位置、制御命令のカット&ペーストがあるため、能率的である。

また、プログラムのシフトやミラー変換は、グラフィック画面上のワークモデルを基準位置にしているため視認性がよく、操作性が高い。

2.5 ワークズレ補正機能

ワークズレ補正機能は、据付精度確保が困難な大型構造物などで必要で、作成されたプログラムを実際のワーク位置にあわせて補正する機能である。

これは実際のロボットでワークの基準点を測定したあと、パソコン上のワークモデルの基準点との誤差二乗和が最小となるように、ワークモデルを再配置する機能である(図9)。

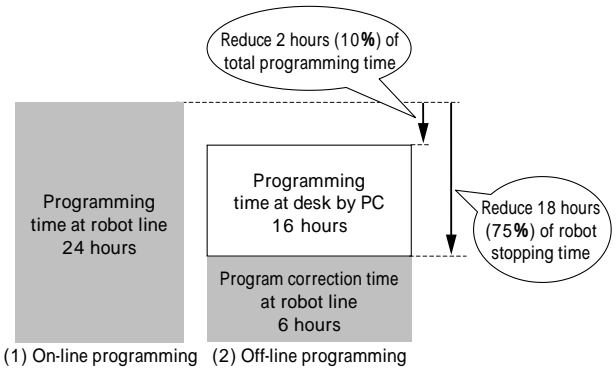


図10 作業時間の比較
Fig.10 Comparison of programming time

そして、K-OTSでは、プログラムをワーク移動に追従させる機能があるため、実際のワーク配置にあわせたプログラム補正が可能となる。

さらに、補正されたプログラムはLANによりロボットに高速に転送することができる。

2.6 作業時間比較

実機ティーチングとの作業時間を比較した一例を図10に示す。これは、ワークの複雑さやオペレータ能力によって変動するが、作業時間全体を約10%短縮できた。

また、ライン停止時間を75%削減することができ、新しいK-OTSの効果が得られている。

むすび=溶接ロボットティーチング作業の工数削減のため、3次元CADデータ変換および自動プログラム機能を追加した新しいオフライン教示システムK-OTSを開発した。自動プログラム機能でプログラミングが簡単となり、誰でも操作できるようになった。

また、トーチ姿勢の設定機能、正確な動作シミュレーション、ワークズレ補正機能により、プログラムの品質が向上した。

その結果、新しいK-OTSを導入すると、ライン停止時間削減などの効果が得られ、現在では、建設機械部品分野など、さまざまな溶接生産現場で使用されている。

参考文献

- 1) 小島建夫ほか:R&D 神戸製鋼技報, Vol.37, No.4 (1987) p.97.
- 2) 特許: 第2875498号