

製品紹介

オフラインティーチングシステム「ティーチモア」の紹介

Off-line Teaching System “TCHMORE”

山中 伸好
Nobuyoshi Yamanaka

溶接ロボットのティーチングを、パソコン画面の仮想空間で行うことをオフラインティーチングと言う。オフラインティーチングの新しい形として、パソコンとロボットコントローラを組み合わせたシステム「ティーチモア」を開発し、ロボットオペレータの支持を得て、多数台を工場へ導入したので紹介する。

Teaching of a welding robot in a virtual space on the screen of a personal computer is called “off-line teaching.” A new system “TCHMORE” has been developed to combine a personal computer and robot controller as a new form of off-line teaching. This system has been installed in many factories gaining the support of robot operators.

Key Words: Welding robot, Offline teaching, “TCHMORE”, Robot operator, Programming pendant, Robot controller

1. 背景

溶接ロボットは、過酷な溶接作業を人間に代わって行う機械として工場に導入されている。溶接ロボットなどの産業用ロボットを動かすには作業プログラムを作成する必要がある。産業用ロボットでは、一般的に実際のロボットを操作してプログラムを作成するティーチングを行い、プログラムを再生して作業させるティーチングブレイバック方式が採用されている。

ティーチングでは、溶接の開始位置や終了位置、退避位置を順番にプログラムに記憶する。ロボットは多数の動作軸を持っている。衝突しない姿勢で、先端を持った溶接トーチの向きを決めるには時間がかかるため、建設機械のような溶接箇所が多いものでは1ワークのティーチングに1週間以上必要な場合もある。ティーチング中は、ロボットでの生産が止まるため、モデルチェンジで新規にプログラムを作成する場合には、ティーチング期間をどうするかが問題になる。

これを解決するために、オフラインティーチングが使われる。パソコンの画面上にロボットと周辺装置、ワークを表示した仮想空間で、ロボットを操作してティーチングする。オフラインティーチングは3次元CADの普及とパソコンの性能向上で適用が拡大した。従来は、オフラインティーチング用にワークモデルを作成していたが、3次元CADで設計したデータを流用することで、作成する必要がなくなり、新規に設計したワークモデルで、すぐにティーチングを開始できるようになった。また、パソコンのグラフィックス機能が向上して、リアルな表示で、画面の更新が速いので、実際のロボットと同

じ速度で動かしながら、衝突や溶接トーチの動きを確認できるようになった。

コマツでは、1994年に市販のシステムを導入してオフラインティーチングを進めた。生産性の検討には効果があったが、本来の目的であるオフラインティーチングについては課題が残っていた。

2. 狙い

ロボットのティーチングにはプログラミングペンダント（ティーチングボックス）と呼ばれる操作盤が使われる。ロボットオペレータがロボットに接近するので、持ち運び可能で、ティーチングのためのプログラム表示器と操作キーが付いている。キー配置や機能が工夫されているので、ロボットオペレータにとって非常に使いやすいものである。一方、オフラインティーチングは、パソコンのマウスやキーボードで操作する。確かに、パソコンには、どのアプリケーションにも共通の操作がある上、アイコンやメニューを、マウスを使ってクリックするだけで操作できる便利さはある。しかし、ロボットオペレータにとっては決して使いやすくない。

オフラインティーチングが普及しても、実機でプログラムの確認や修正、3次元CADで設計されていないワークは、実機でティーチングが必要になる。コマツでは、ロボットオペレータが実機のティーチングとオフラインティーチングの両方を行えるように教育している。溶接ロボットの場合は、ロボット以外に溶接についての知識も必要で、実機のティーチングとオフラインティーチン

グの操作も覚えることは、負担になっていた。実機のティーチングもオフラインティーチングもロボットのプログラムを作成することが目的である。ほとんどのロボットオペレータが、オフラインティーチングでも使い慣れたプログラミングペンダントを使いたいと考えていた。しかし、パソコンにプログラムペンダントを接続して操作するような市販のオフラインティーチングシステムは存在しなかった。

また、オフラインティーチングシステムは、実際のロボットのように全命令を実行して確認することはできない。確認できない命令は実機を使って追加する必要があり、実機のティーチング時間を長くしていた。

そこで、市販のオフラインティーチングシステムを改造しても、これらの課題は解決できないと考え、新しいシステム「ティーチモア」を企画した。図1のようにプログラミングペンダントで操作ができて、実機にある全命令の確認できるということが目標である。



図1 実機でのティーチング（左）と「ティーチモア」でのオフラインティーチング（右）

目標を達成するには、市販のオフラインティーチングシステム以上の機能が必要になるが、「ティーチモア」では図2のようにロボットコントローラとパソコンを組み合わせることで課題を解決している。ロボットコントローラにはプログラミングペンダントが付いているので、ロボットの操作やプログラムの編集ができる。実機と同じプログラムが作成できて、同じ動作を再現できる。ロボットコントローラはロボット本体のモータを駆動しているが、切り離して各モータの位置をパソコンに送信してパソコン上のロボットを動かせばよい。パソコン側は、ロボットやワーク、周辺機器を表示して、ロボットの各モータの位置を受信したとき、表示しているロボットを動かせばよい。ロボットコントローラは、「ティーチモア」

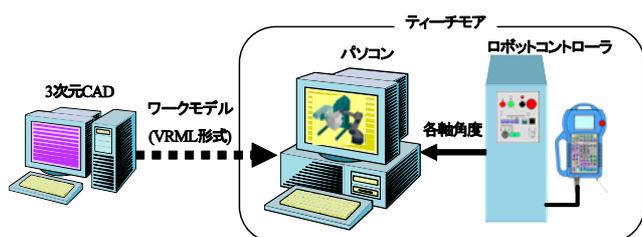


図2 「ティーチモア」のシステム構成

に必要な基板だけで構成して小型化し、ソフトは短期間の改造だけで開発できた。パソコンのソフトについては、グラフィックス機能の向上とともに、プログラミングも簡単になり、CAD やゲームなどの専門メーカでなくても開発可能になったので、要望に迅速に対応するために社内開発した。

3. ティーチモアの特長

3.1 DirectXによる高速描画と衝突検出

「ティーチモア」の3次元グラフィックス処理には、主にゲーム用として使われている DirectX を採用している。最新のパソコンであれば安価なものであってもグラフィックス・ボードを装着することで、3次元CADと遜色ない表示が可能になる。ほとんどのロボットシステムで20fps（1秒間に画面を更新する回数）以上の表示が可能で、ロボット先端の溶接トーチを数Hzで左右に振る、ウィービング動作まで確認できる。

ロボットの動きが実機並みに見えても、パソコンの画面ではロボットの衝突を目視で確認することは難しく、パソコンの処理でロボットの衝突を検出して、オペレータに警告する機能が必要である。物体の衝突を検出する処理は、ゲームなどで使われているが¹⁾、CPUへの負荷が高く、画面の更新が大幅に遅くなる。そのため、衝突検出の有効/無効をオペレータが切り替えて、必要な場合だけ有効にすることで対応しているものが多い。「ティーチモア」では、グラフィックス・ボードを使った独自の方法で衝突を検出しているため、常に衝突検出を有効にしても、画面の更新が遅くならない。また、ロボットとワークが接近したニアミスも検出可能である（図3）。

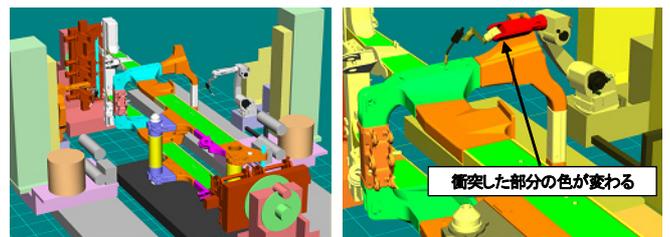


図3 通常表示（左）とロボット衝突時の表示（右）

3.2 ワイヤタッチセンサのシミュレーション

建設機械のような厚板の溶接では、溶接の熱歪みで継手の位置がずれるため、ワイヤタッチセンサで継手の位置を検出している。ワイヤタッチセンサは、溶接ワイヤに電圧を印加した状態でロボットを動かし、ワイヤがワークに接触したことを検出したらロボットを停止している。「ティーチモア」では、図4のようにグラフィックス処理で、表示している溶接ワイヤがワークに接触したことを検出したらロボットコントローラに検出信号を出力している。ロボットコントローラは実機と同様に検出信

号を受け取ると、ロボットを停止する。これで、実機と同じワイヤタッチセンサの動作を確認できる。また、ワイヤタッチセンサの命令を入力するために、ワークの表面に向かって指定量だけ接近させたり、離したりする操作もできる。

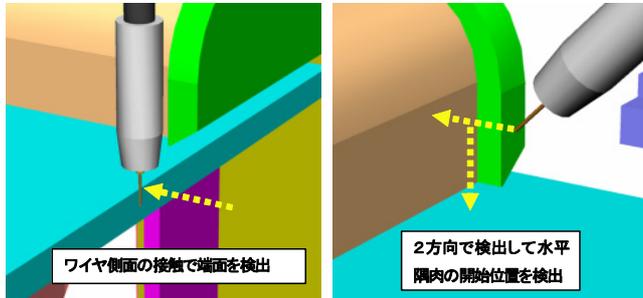


図4 ワイヤタッチセンサの使い方

3.3 正確な溶接姿勢でティーチング

溶接作業をティーチングする場合、以下の操作で継手の姿勢と溶接トーチの向きを決める。角度を数値で指定するため、正確な姿勢を実現できる(図5)。

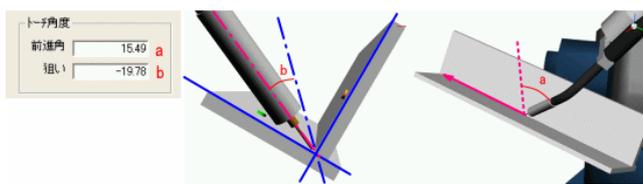


図5 溶接トーチの姿勢を指定

- (1) ワークの継手を下向きや水平にする指定をして、ワークを載せたポジションを回転させる。下進や上進角度の指定や隅内の不等脚長を指定して溶接ビードの表面が水平になる姿勢も指定できる。
- (2) カーソルを溶接開始位置に合わせて、溶接トーチを移動させる。
- (3) 継手に対する溶接トーチの前進角、狙い角度を指定して、溶接トーチの向きを決定する。

「ティーチモア」では、(2)でロボットが目標位置まで移動できないときはロボット本体をスライドさせる走行軸を移動させ、(3)でロボットが動けないときは溶接トーチを捻って、自動でロボットが動ける姿勢にしている。

3.4 溶接トーチケーブルの表示

ロボットに付いている溶接トーチケーブルは、ロボットの姿勢によっては腕に巻きつくことがある。ケーブルが巻きついた状態でティーチングしたプログラムは、パソコン上では実行できるが、実機では溶接ワイヤの送給が悪くなり、ケーブルが破損する場合もあるので実行できない。動くケーブルを表示することは計算量が多く、

現実的ではないので、「ティーチモア」では図6のように腕の周りにリングを表示して、ケーブルの巻きつきを簡易表示している。これを確認しながらティーチングすれば、巻きつきのないプログラムを作成できる。

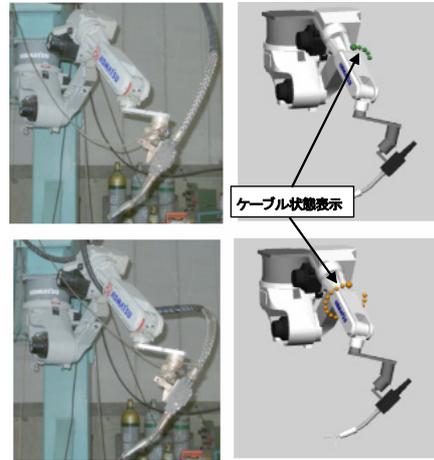


図6 巻いてない状態(上)と巻いた状態(下)

3.5 作成したプログラムの確認

キャプチャー機能を使って、プログラム実行中のロボットの動きを、すべて記録できる。また、ロボットが衝突したときはプログラムのステップ No.も同時に記録する。プログラムが終了したら、衝突したときの動きを再生して確認し、プログラムを修正する(図7)。実行時間が長いプログラムは、キャプチャー機能を使って、夜間に無人で運転し、翌朝確認できる。ロボットの位置とプログラムのステップ No.を記録しているが、1時間程度の記録でも数 MB の小さいファイルに圧縮して保存している。

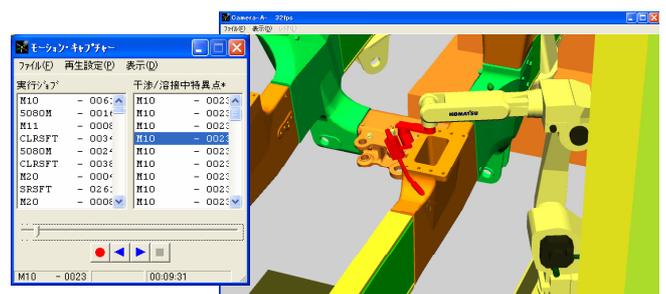


図7 衝突した場面をキャプチャー機能で再生

保存したファイルは、ロボットコントローラを接続しなくても(早送り)再生できるので、別のパソコンを使って、グループでプログラムの改善を検討する場合やロボットの溶接手順を海外の工場に説明する場合に活用している。

3.6 機差補正

古い設備の場合、設置時の精度が悪くロボットやポジ

ショナの位置がレイアウト図と違っていることが多い。「ティーチモア」には、レイアウト図に従った配置と実際の位置を比較して合わせる機差補正機能がある。実際のロボットでポジションや治具の基準位置を数点、ティーチングで記憶し、このプログラムを「ティーチモア」で実行して、差分を求めて位置を修正する。走行軸の移動方向やポジションの回転軸を合わせる専用の機能もある（図8）。

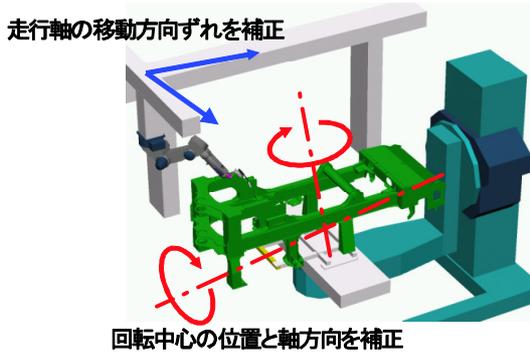


図8 走行軸，ポジションの回転軸を補正

3.7 レイアウト検討

レイアウト検討とは、ロボットやポジション、ワークの配置を検討することで、新規設備の導入や新しいワークを溶接する前に実施する。「ティーチモア」でレイアウト検討を行う場合、ロボットコントローラを接続する必要はないので、別のパソコンが使用できる。レイアウト検討用として以下の機能を追加している。

- (1) 溶接トーチにカーソルを合わせてドラッグすると、ドラッグした方向に溶接トーチが移動する（図9）。これを使って、ロボットの動ける範囲を確認できる。

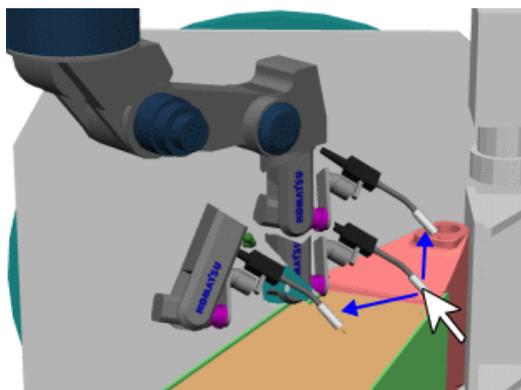


図9 マウスでロボット操作

- (2) 溶接トーチの形状でロボット化率が上下する。最適なトーチの選択と取り付け位置を検討するために、溶接トーチを作成する機能がある（図10）。数種類のトーチが選択可能で、寸法や取り付け位置を数値

入力で変更できる。



図10 トーチ作成

- (3) ロボットを操作して溶接可否を確認するが、このときの位置を記録、再現させる機能がある。ファイルとして保存できるので、ティーチング時に再現することも可能である。

4. 主仕様

「ティーチモア」はコマツ製と安川電機製（図11）のロボットに対応している。表1に仕様を示す。



図11 KXRC (XRC) 対応「ティーチモア」

表1 ティーチモア仕様

項目		CXX	KXRC
対応コントローラ		コマツ製 CXX	安川電機製 KXRC (モートマン XRC)
対応ロボット		地上/天吊型	地上/天吊型 ケーブル内臓機
パソコン	ハード	Intel PentiumIV 2GHz 相当以上 メモリ 128MB 以上 DirectX8 以上対応のグラフィックス・ボード	
	システムソフト	Windows Me/2000/XP DirectX9 以上	
	I/F	RS232C×2 パラレル I/O 8 点以上	
	ソフトプロテクト	Aladdin HASP(USB キー)	
コントローラ	構成	サーボアンプ未装着 実機と共通な基板装着 プログラミングペンダント付き	
	筐体	専用ボックス(コマツエンジニアリング(株)製)	
他機種対応		コマツ製 CX (コンバータソフト)	安川電機製 NX
販売		コマツエンジニアリング(株)	

5. ティーチモア導入実績

国内の主力工場では、溶接ロボットのオフラインティーチングはすべて「ティーチモア」で行っている。現在、グループ各社と海外現法への導入を進めている。以下は現在の導入実績である。

- 国内工場 11 台
- 海外工場 3 台

6. 今後の予定

「ティーチモア」は、実機のティーチングとオフラインティーチングで、同じプログラミングペンダントを使えるので、ロボットオペレータに受け入れられた。ティーチング用であるが、ロボットオペレータの教育用としても評価が高い。

今後は、溶接条件のデータベース化やプログラムの標準化を各工場と協力して進め、衝突を回避する軌跡の生成などの技術課題を解決して、他の業種では実用化されている²⁾ティーチングの必要がない自動プログラミングを実現したい。

参考文献

- 1) 3D ゲームプログラミング入門, インプレス (2000) .
- 2) 勘定 : 溶接学会誌 Vol. 74, No.5 , 372-382 (2005) .

筆者紹介



Nobuyoshi Yamanaka

やま なか のぶ よし

山中 伸好 1983 年, コマツ入社.

現在, 生産本部 生産技術開発センター所属.

【筆者からひと事】

今回紹介した特長のほとんどが工場の要望を実現したものが、プログラミングペンダントで操作できるだけで、何も機能がなかった初期のバージョンに、工場のロボットオペレータが諦めずに要望、改善案を出してくれた点に感謝している。