

スポット溶接ロボットシステムの開発

Development of Integrated Robotic Resistive Welding

キーワード

スポット溶接、抵抗溶接、ロボット、ロボットシステム、溶接機タイマーコントローラ

ロボット製造所技術部

細井 一

Nachi Robotic Systems, Inc.

Michael Bomya

Joseph Aleman

Medar, Inc.

James W. Hagen

Chrysler Corp.

K. G. Mills

1. はじめに

自動車ボディの溶接などに使用されるスポット溶接（抵抗溶接）は、比較的自動化が容易だったために産業用ロボットの創世期からロボット化が進められてきた。しかし、いままでの溶接ロボットシステムは基本的には汎用ロボットの手首に、従来、人が操作していた溶接ガンを持たせた形態であり、自動化の効果はあったものの、生産性、操作性、設備のコスト、信頼性などのあらゆる面で必ずしも最適なシステムではなかった。

今回これらの課題を解決する新しいスポット溶接ロボットシステムを開発した。

2. 従来のスポット溶接システム

従来のスポット溶接システムでは、ロボットコントローラと溶接機タイマーは個別に設置され、その間のインタフェースはパラレル信号によるものとシリアル通信によるものがあつた。

2.1 パラレル信号によるインタフェース

初期のスポット溶接ロボットシステムでは、ロボットの手首にスポット溶接ガンを持たせ、溶接電流、溶接時間などの溶接制御を行う別置型の溶接機タイマーコントローラとロボットコントローラ間はパラレルI/O信号によるインタフェースであつた。図1はパラレル信号によるインタフ

ェースの構成例である。

オペレータはまず、溶接機タイマーコントローラに接続された操作ボックスを使って溶接電流や溶接時間などを組み合わせた溶接条件をあらかじめ数種類設定しておく。つぎに、ロボットのティーチペンダントを使ってロボットの動作経路をプログラムする。このとき、溶接個所では溶接機タイマーコントローラ上であらかじめ設定したどの溶接条件を使用するかを汎用パラレル出力信号の組み合わせで指定する。ロボットのプログラムを再生させると、溶接個所では溶接機タイマーコントローラへ溶接条件を指令する複数の出力信号と溶接開始を指令する出力信号が出力される。そして、溶接終了時には溶接機タイマーコントローラから溶接終了を表す入力信号がロボットコントローラ側に入力され、ロボットはその入力を受けて次の位置へ動作を進める。つまり、ロボットコントローラは溶接を行う各教示位置でパラレルI/O信号を使って溶接機タイマーコントローラと溶接信号の授受を行うことになる。

この方式では互いのコントローラ間でやりとりする情報のひとつひとつに信号線が1本ずつ必要となるので、システム全体ではかなりの数の配線本数を必要とする。配線本数が増えればコストがかかり、また信頼性も低下することになるので、最低限必要な情報のみやりとりするのが一般的である。たとえば、溶接機タイマーコントローラではさまざまな溶接に関する異常の検知を行うが、配線コストなどの関係で通常は1本の異常信号としてロボットに供給されている。また、溶接の良否を判定するための溶接結果

のモニタリングは情報量が多く、そのための配線コストがかかり過ぎるので行われることはなかった。

2.2 シリアル通信によるインタフェース

平行信号によるインタフェースの課題であった配線コストのコストダウンと信頼性の向上、溶接結果モニター機能を取り入れるために、ロボットコントローラと溶接機

タイマーコントローラ間をRS422やRS485などのシリアル回線で結線するシリアル通信インタフェースが開発された。この方式では、平行インタフェースで必要だった複合ケーブルは1本のツイストペアケーブルに置き換わり、コストダウンと信頼性の向上が図られた。図2はシリアルインタフェースの構成例である。ロボットコントローラと溶接機タイマー間のケーブル本数が縮減されてい

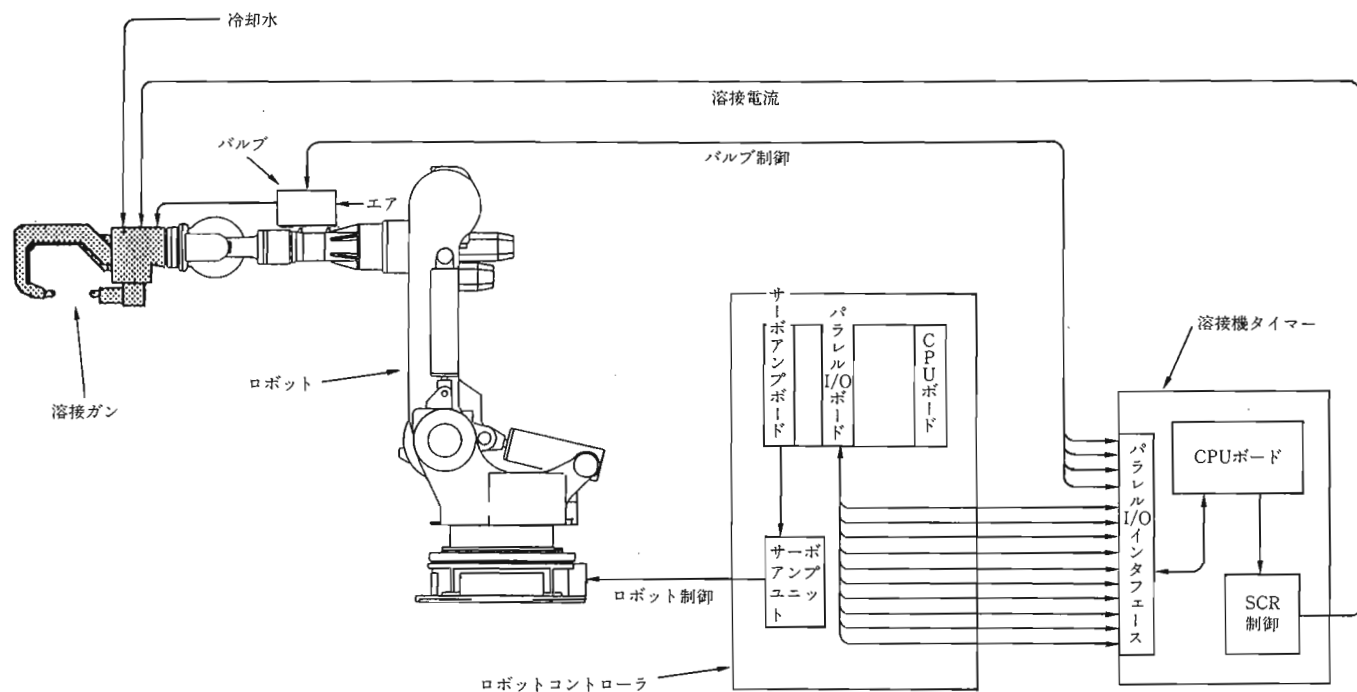


図1 平行インタフェースの構成例

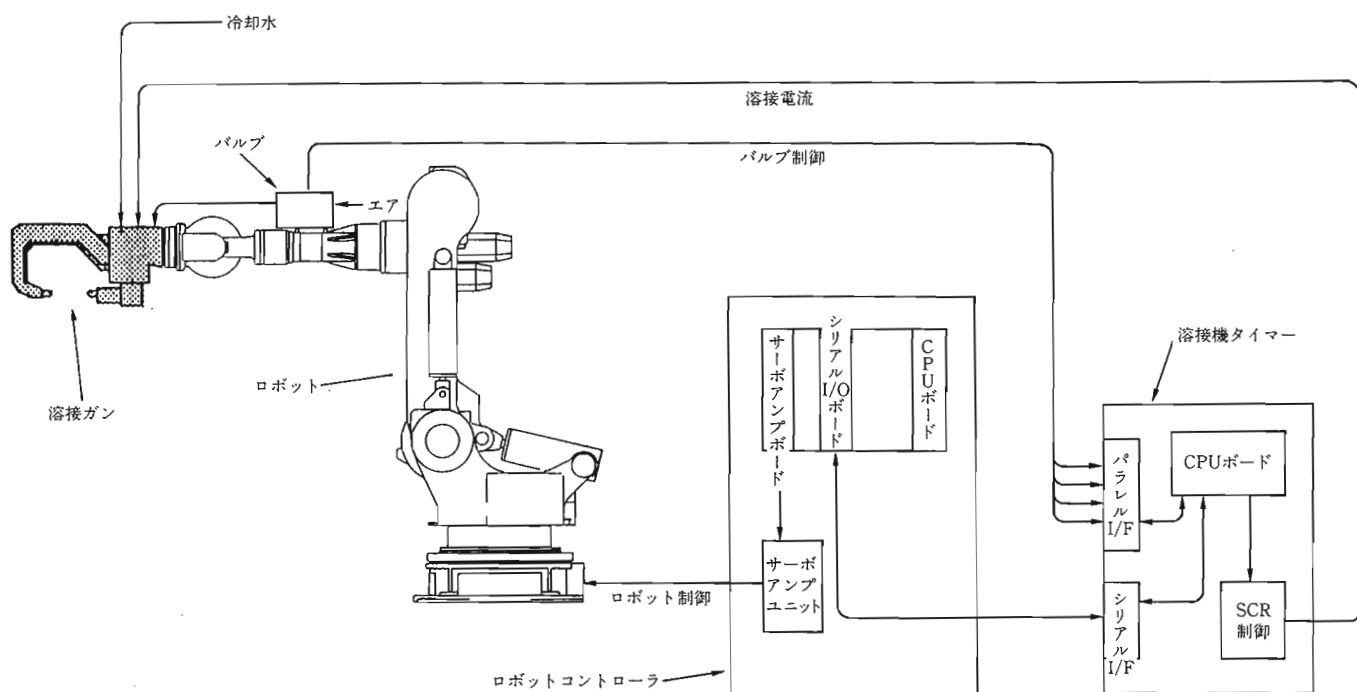


図2 シリアルインタフェースの構成例

ることがわかる。ロボットコントローラと溶接機タイマーコントローラ間の情報のやりとりは、ソフトウェアで作成されるデータパケットの交換によって行われるので、従来のパラレルインタフェースにくらべてさまざまな種類のデータのやりとりが可能となった。これによって、溶接結果や溶接異常データなどのモニタリングが行えるようになった。図3は溶接結果モニタの表示例である。ここではプログラム番号 (PROG#), ステップ番号 (STEP#), 溶接点ID番号 (ID#), 溶接条件番号 (SEQ#), 電源電圧 (LINE), 溶接電流 (CURR), ステッパ番号 (STPR#), ステップ数 (STP#) などが表示されている。

さらに、この方式では溶接機タイマーコントローラのプログラミング作業もロボットのティーチペンダントで行えるようになった。従来、ロボットのプログラムはロボットのティーチペンダントで行い、溶接のプログラムは溶接機タイマーコントローラの操作ボックスで行っていたが、これをロボット側の操作に一元化したわけである。この改良により溶接システムとしての操作性が格段に向上し、またオペレータのトレーニング期間を大幅に短縮させることができた。図4はロボットのティーチペンダントでの溶接条件編集画面の例である。

以上述べたように、シリアルインタフェースは従来のパラレルインタフェースに比べてさまざまな利点を持つが、データを直列伝送する原理上データの量に比例して通信時間がかかり、それによって作業全体のサイクルタイムが増大するという欠点があった。生産ラインではサイクルタイムは重要なファクターである。シリアル通信によるインタフェースでは通信速度 (ボーレート) と通信データの量によって通信時間が決まるが、通信速度には限界があるためにサイクルタイム短縮のための改良は容易ではなかった。シリアルインタフェースの利点を生かしつつこの欠点を解消することが今回の開発の目的であった。

3. バス直結によるインタフェース

今回開発したスポット溶接ロボットシステムでは、ロボットコントローラのCPUバススロットに直接挿入することができる溶接機タイマーコントローラ基板を新たに設計した。この溶接機タイマーコントローラ基板には溶接制御の頭脳部分が入っている。ロボットコントローラと溶接機タイマーコントローラのそれぞれのCPUは溶接機タイマーコントローラ基板上のデュアルポートRAMを介してお互

```

19:10:22          ** TEACH **          Coord0 ROBOT1

Program=014          Weld Id#0
Step= 0             Speed 30.00 Interp.off  Seq#1 Sch#1
                                     Acc.0 Tool0

*** Welder monitor ***          <Linear.Auto>
PROG#00  STEP#0003  ID#9999  SEQ#01
LINE=480  LOW=464  PF=75  CURR=0325
SECONDARY CURR=09862AMPS (RATIO=050:1)
STPR#01  WLD#1234  STP#5  HT=15Z ( ON)

==>
Service          I release          WI release          Condition

```

図3 溶接結果モニタの表示例

```

** Spot Welding Data **          ROBOT1

Setting of weld sequence data
Sequence No. 01
80 STEPPER #1 ASSIGNED(0=OFF)
50 TURN ON PRESSURE SELECT #1
52 TURN ON WELD SOLENOID #1
01 SQUEEZE 12 CYCLES
72 WAIT 000 CY FOR 440 VOLTS
20 WELD 10 CY.50Z
03 HOLD 10 CYCLES
53 TURN OFF WELD SOLENOID #1
51 TURN OFF PRESSURE SELECT #1
54 TURN ON EWS OUTPUT
14 DELAY(5CYCLES)
55 TURN OFF EWS OUTPUT
20 WELD 10 CY.50Z

Please input sequence number(1 -- 15)
==>
Sequence No.  copy sequence  cut  paste  Record

```

図4 溶接条件編集画面

いに通信する。デュアルポートRAMはI/O信号部分とメッセージの受け渡し部分に別れている。図5はこのスポット溶接ロボットシステムの概観を、図6はシステムの構成をブロックダイアグラムであらわしたものである。この方式では、データ通信にほとんど時間がかからないので、大量のデータを瞬時にやりとりすることが可能である。パラレル信号によるインターフェースではリレー接点を介して通信するために、時間的ディレイが存在し、また、シリアルインターフェースではボーレイトが低いために通信のための無駄時間があったが、このバス直結インターフェースではこれらの時間的ディレイをほぼゼロにすることができ

た。
また、バス直結によるインターフェースではシリアルインターフェースで開発した溶接結果モニタや操作の一元化などの利点をそのまま受け継ぐと同時に、シリアルインターフェースと同様のマンマシンインターフェース (MMI) を実現し、オペレータにとって操作面での差異がほとんど無いようにしている。さらに、従来の機能にくらべて、溶接結果のセーブ機能や溶接位置を特定するための溶接ID番号登録機能、溶接関連メニューのオンラインヘルプ機能などの改良を行っている。表1に本システムの仕様を示す。

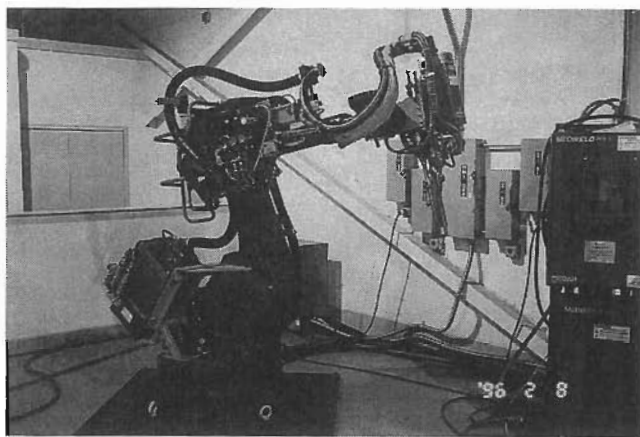


図5 スポット溶接ロボットシステムの外観

表1. スポット溶接ロボットシステムの仕様

項目	仕様内容
溶接機インターフェース方式	ロボットCPUバススロット内蔵方式 デュアルポートRAMによる通信
溶接機プログラミング方式	ロボットのティーチペンダントによる
溶接結果モニタ方式	ロボットのティーチペンダントによる
制御可能ガン台数	2台
溶接条件数	31種類
溶接異常検知機能	有り, 48種類
溶接結果セーブ機能	有り, 100打点分
ステップアップ機能	リニアアップ方式, 自動制御方式の2種類 有り
プリンタ出力機能	各31種類の条件設定が可能 溶接条件, 溶接結果をロボットのプリンタ から印字可能
ネットワーク機能	イーサネットTCP/IPにより溶接条件, 溶 接結果ファイルのアップロード, ダウンロ ードが可能
溶接点ID番号設定機能	有り, 1から16000の数値を設定可能

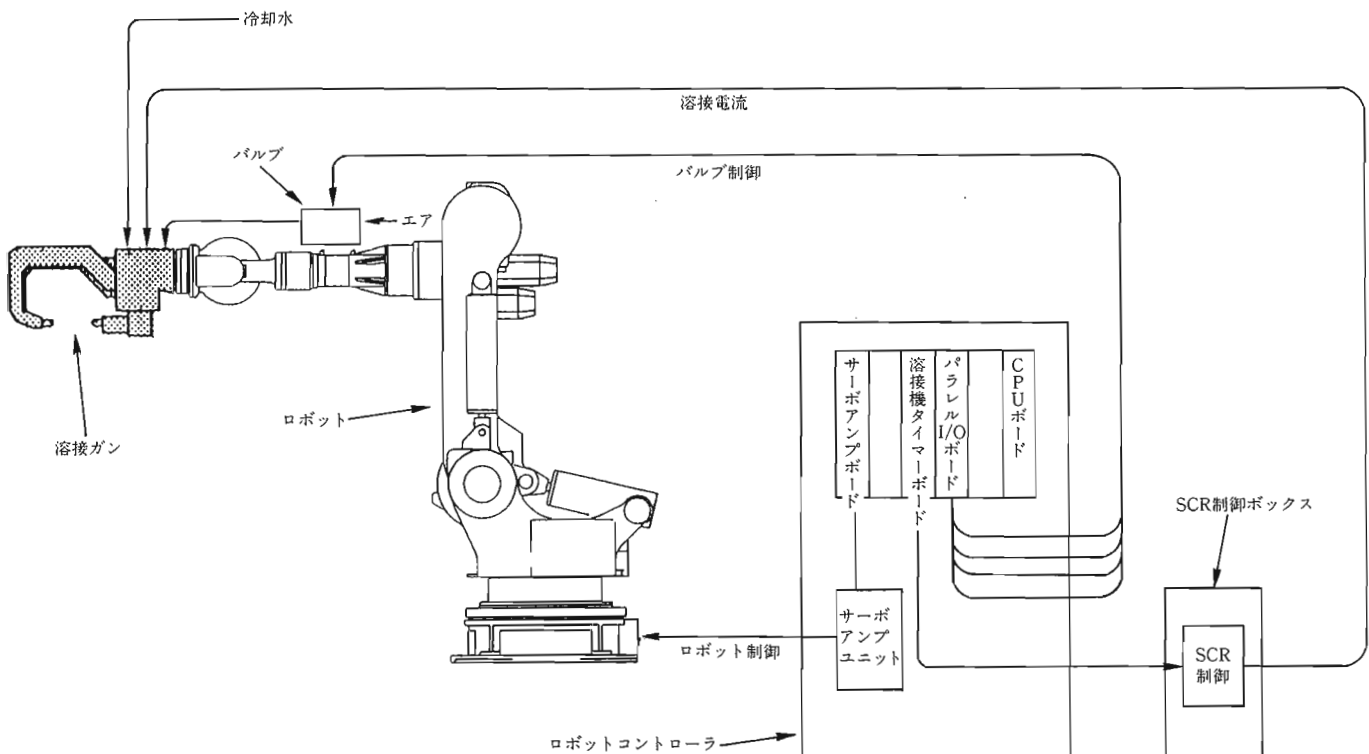


図6 バス直結インターフェースの構成

4. 動作時間性能測定

今回開発したバス直結インタフェースと従来インタフェースの動作時間を比較するために実験を行った。測定はパラレル、シリアル、バス直結の3つのインタフェースで行なった。測定の内容は、溶接指令を出力してから、溶接シーケンスの終了を検知するまでに必要な時間を求めることである。それぞれのシステムでは同一の溶接条件で同一個所の溶接を行った。各システムでの1打点あたりの溶接時間を表2に示す。

一般的に自動車ボディーのスポット溶接工程では毎分25打点程度の溶接をおこなうが、この場合、本システムではパラレル方式にくらべて2.25秒、シリアル方式にくらべて3.75秒のサイクルタイム短縮効果が得られることがわかる。もし、サイクルタイムが固定であればロボット1台あたりの打点数を増やすことができるので、ロボットの設置台数を減らし、設備のコストダウンを図れる。

表2. 各インタフェースにおける溶接時間の比較

パラレル	シリアル	バス直結
0.98 sec	1.04 sec	0.89 sec

表3. 各インタフェースの比較

項目	パラレル	シリアル	バス接続
配線本数	多い	少ない	少ない
コスト	大	小	小
信頼性	低い	高い	高い
機能	少ない	多い	多い
サイクルタイム	中	長い	短い
操作性	悪い	良い	良い
保守性	悪い	中	良い

5. まとめ

3つのインタフェースの比較を表3に示す。

3つのインタフェースによる溶接ロボットシステムを比較した場合、パラレルインタフェースが配線本数からみてもコストが高くなり、また機能的に低いシステムである。シリアルインタフェースとバス直結インタフェースは配線本数が少なく多機能であるが、シリアルインタフェースはシリアルリンクの速度が遅いためサイクルタイム面で不利である。バス直結インタフェースではロボットCPUとバス上で通信するためサイクルタイムを最小にすることができ、その結果生産性が向上する。また配線本数が少ないのでコストも最小にでき高い信頼性を得ることができる。さらに、ロボット操作と溶接機操作をロボットティーチペンダントに一元化して操作できるようにしたことによりシステムとしてのトータルな操作性が向上し、また操作や保守のトレーニング時間も短縮できる。以上、今回開発したスポット溶接ロボットシステムについて述べた。

スポット溶接はロボットによる自動化がかなり進んでいるが、溶接条件出しの難しさや確実に溶接品質を保証する手段がないなどまだまだ課題の多い分野でもある。今後はこれらの課題を解決するため、本システムでの成果をベースにさらにスポット溶接ロボットシステムの開発、改良に努めていきたい。