

(技術資料)

# アーク溶接ロボットにおける安定生産支援システム

## Stable Production Support System for Arc Welding Robot



福永敦史\*1

Atsushi FUKUNAGA



重吉正之\*1

Masayuki SHIGEYOSHI



小池 武\*1

Takeshi KOIKE

In order to maintain and improve the productivity of a welding robot system, we developed a stable production support system. The system supports the gathering of production statistics from production lines, finding out the cause of line stoppage, and solving welding troubles. The system is ready to use and already installed in the actual systems of some of our customers, where it is contributing to the improvement of productivity.

まえがき＝生産現場においては近年、問題の抽出や作業の効率化を行うために、生産の「見える化」が求められている。そこで当社では、溶接ロボットシステムの「見える化」を可能とし、安定生産の維持を支援するシステムAP-SUPPORTを開発した。

溶接ロボットシステムでは生産台数やアーク発生率などの目標値を設定し、システム仕様が決定される。ついで、システムの据付、教示作業を行い、生産を開始する。溶接ロボットシステムの使用者は生産状態を常に把握し、目標が達成できていない場合は問題点を特定し、改善作業を行っている。しかし、チョコ停や溶接不良、機器の故障などによって生産が阻害された場合、それらのトラブルを解消するための原因の追究には相当の時間と労力を要している。

本稿では、このような生産における主なトラブル、およびそのトラブルを解決するための原因追究に有用な安定生産支援システムの機能と活用例について述べる。

### 1. 安定生産を維持するための課題<sup>1)</sup>

安定生産を阻害する主なトラブル事象としては、チョコ停や溶接不良、消耗品・機器の故障、サイクルタイムが長くなることが挙げられる。これらのトラブルは発生したときの情報を正確に把握することが困難なため、容易に原因を絞り込めない。例えば、タッチセンシングが正常にできずチョコ停になった場合、ワークのずれが大きいことや教示位置の不正、ワークに絶縁物があって接触検知できなかったことなど様々な原因が考えられる。また溶接不良においても溶接条件の誤設定、チップやケーブルの消耗などが原因として考えられる。

このようなトラブル発生時の情報を漏れなく取得するには、情報を常に収集しておく必要がある。実際、生産

現場では以下の作業を行って問題を抽出し、改善を行っている。

- 1) 稼動時間やアーク発生率などの情報をロボットコントローラから定期的に取得する。また、溶接電源の電流値や電圧値を確認する。
- 2) 取得した情報から生産時間やアーク発生率の変化、チョコ停の発生頻度を解析し、評価する。
- 3) 問題があれば、その要因をさらに掘下げ、現物を確認しながら原因を特定し、改善する。
- 4) 改善作業完了後、改めて1) および2) を行い、改善結果を確認する。

しかしながら、これらの作業を日々実施するには手間と時間を要するため、問題がしばらく放置されている場合もある。このため生産現場からは、アーク発生率など生産管理データを簡単に集計でき、問題発生時の情報を正確かつ容易に把握することを望まれている。こうした要望に答えるため、当社では安定生産を支援するシステムAP-SUPPORTを開発した。

### 2. AP-SUPPORT<sup>TM</sup>注)システム<sup>2), 3)</sup>

AP-SUPPORTシステムは、ネットワーク接続したロボットコントローラおよび溶接電源から生産情報や溶接情報などの大量データを収集・保存する(図1)。またそのデータを用い、アーク発生率などの生産管理や、チョコ停あるいは溶接不良を解析し、トラブルの解消を効率的に実施することを支援する。

生産に関する支援を行う生産モニタ機能の詳細を3章で、また、溶接に関する支援を行うアークモニタ機能を4章で述べる。

脚注) AP-SUPPORTは当社の商標である。

\*1 溶接事業部門 技術センター 溶接システム部

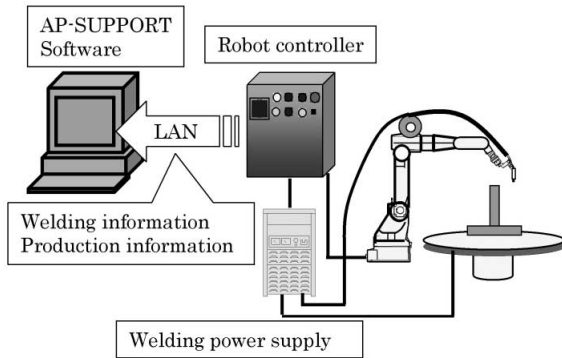


図1 AP-SUPPORTのシステム構成  
Fig. 1 The AP-SUPPORT system configuration

### 3. 生産モニタ機能

生産モニタ機能は生産管理やチョコ停改善を支援する機能である。生産モニタ機能には生産情報をレポートとして出力する機能と、教示データの変更を管理する機能がある。

#### 3.1 レポート出力機能

レポート出力機能は一箇月分の生産管理情報を自動で解析し、表形式に整理してファイルに出力する機能である。出力結果を図2に示す。出力内容は生産管理に必要な情報と、チョコ停の改善作業に必要な情報である。

上段のグラフは生産管理情報をグラフ化したものである。アーク発生時間やエアカット時間、エラー停止時間などを色分けして1日ごとの棒グラフで表し、チョコ停回数を折れ線グラフで表している。このグラフからアーク時間などの目標達成度合いを簡単に確認でき、異常状態の変化点を捉えることができる。

中段のグラフは、ロボットの稼働プログラム番号（ワーク）ごとの稼働時間、アーク時間、エラー停止時間、センシング時間などの内訳や生産台数、エラー回数をグラフ表示し、さらにアーク発生率や稼働率を数値表示している。これにより、生産時に問題のあるワーク種類を容易に特定することができる。

下段の表はチョコ停情報を整理したものである。チョコ停の発生箇所ごとに発生回数が多い順にまとめ、発生箇所を示す教示データの情報（プログラム番号、ステップ番号）とエラー内容を表示している。この情報からチョコ停の多い箇所の洗い出しが容易となり、多い順に教示データを修正するなどの対策を行うことによって効率的に改善作業が実施できる。

また、より詳細な解析を行うための情報として、センシング回数やセンシング補正量、タイマ待ち時間などもレポートとして出力する機能もある。センシング補正量が小さい場合にはセンシング命令を削除する判断ができ、サイクルタイムの短縮が実現できる。

このようにレポート出力機能は、これまで作業者が手作業で情報を取得し、解析していた作業を自動化することにより、生産状態の正確な把握や生産改善を支援する。

#### 3.2 教示データ管理機能

安定生産を行っていた溶接ロボットシステムに突然の

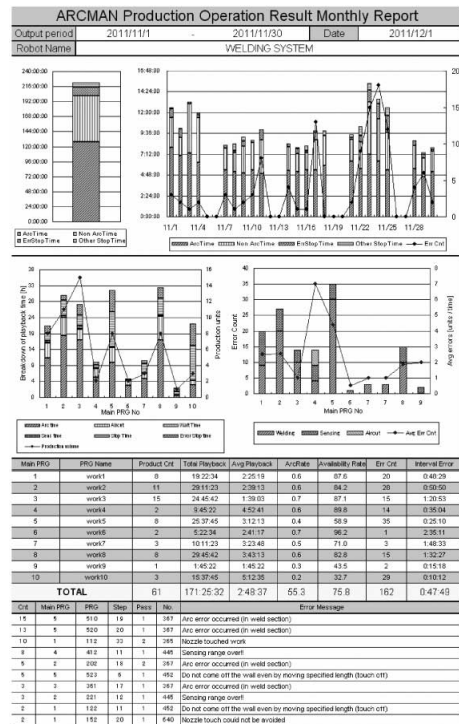


図2 生産レポート  
Fig. 2 Production report

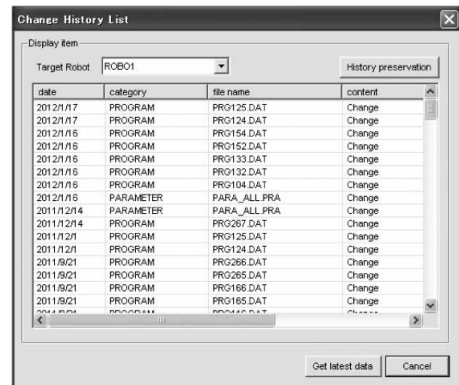


図3 ロボットデータの変更管理  
Fig. 3 Change management of robot data

異常動作や溶接不良が発生したときは、教示データの設定を作業者が誤って変更したことが原因となっている場合がある。しかし、複数人の作業者が教示データを変更した場合や、変更を行ってかなりの時間が経った後でトラブルが発覚した場合などでは変更を正確に把握できず、原因を特定するまでに時間を要することがある。

この問題を解決するための機能が教示データ管理機能である。この機能は、教示データを定期的に取得し、いつ、どのデータが変更されたかを管理することができる（図3）。また変更前のデータを保存しているため、当社教示データ編集ソフトウェアTBOX2.EXEと組み合わせることで、変更前のデータに戻すことや変更内容を確認することができる。

### 4. アークモニタ機能

アークモニタは、溶接電流、溶接電圧、ウィービング幅、入熱量、溶接速度、ワイヤ送給速度（ワイヤ送給装置のモータ回転速度から算出）、ワイヤ送給負荷（ワイヤ

送給装置のモータ電流から算出), センシング補正量, およびアークセンサ補正量を溶接データとして取得し, 脚長不足やアーク不安定, 溶接線ずれなどの溶接トラブルの解決を支援する(図4)。アークモニタには取得したデータをグラフ表示する機能と, 溶接不良を捉えるアラーム検出機能がある。

#### 4.1 溶接データの表示

取得した溶接データ, 例えばロボットコントローラで指令した電流の設定値(以下, 設定電流という)および溶接電源からの電流フィードバック値(以下, FB電流という)は, 溶接線ごとにグラフ表示できる(図5)。図5ではそれらの電流値を縦軸, 時間およびロボット位置情報(ステップ番号)を横軸にグラフ表示している。また, グラフの上部にはどの溶接線の溶接データかを示す教示データの情報を表示している。

溶接データは全てAP-SUPPORTシステムに保存されており, 現在溶接中のデータだけでなく, 過去の溶接データもグラフ表示することができる。

#### 4.2 アークモニタ活用例<sup>4)</sup>

アークモニタでは全ての溶接データを確認することができるため, これらのデータから溶接トラブルの原因が究明されることが期待できる。以下に, アーク不安定となった場合の溶接データから原因を探る二つの実験を紹介する。

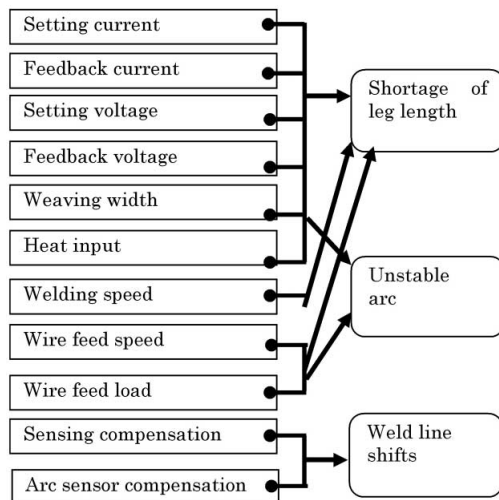


図4 溶接情報とトラブルの関係  
Fig. 4 Welding information and troubles

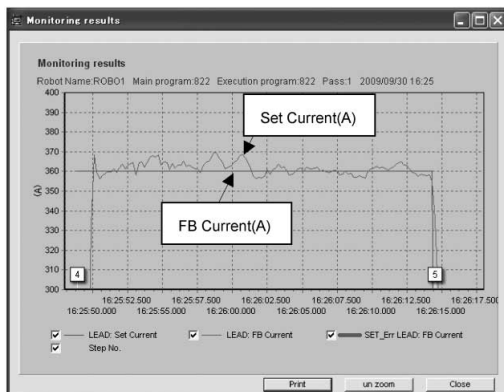


図5 溶接電流値のグラフ表示  
Fig. 5 Graph of welding current

#### 4.2.1 ワイヤ送給不良

アーク不安定となる原因の一つとしてワイヤ送給不良が挙げられる。ワイヤ送給不良はワイヤ送給経路に問題がある場合が多く, コンジットケーブルの摩耗や曲がりが多いことによってワイヤの送り量の不足や変動が発生し, アーク不安定となることがある。この現象を確認するため, ワイヤ矯正器の矯正を意図的に強くして送給に負荷を与えた場合と与えない場合とでビードオンプレート溶接を行い, アークモニタの波形を比較した。実験時の溶接条件を表1に示す。図6および図7はそれぞれ, 負荷を与えない正常時の場合, および負荷を与えた異常時の場合の溶接電流, 電圧およびワイヤ送給速度, 負荷の波形である。

正常時と比較すると, 異常時は溶接電流, 電圧に大きな変動が見られ, アーク不安定状態が明確に捉えられている。また, ワイヤ送給負荷は, 意図的に負荷を与えたことから正常時に比べて定常的に高い状況にあるなかで, ワイヤ送給速度は正常時と異常時とで大きな差がないことが分かる。このことから, ワイヤ送給負荷の異常はワイヤ送給モータの異常を直ちに引起すのではなく, 送給ローラ部での滑りを引起すことによってワイヤ送り量の変動したものと推定できる。このように, アークモニタの溶接データからワイヤ送給不良の現象を捉えることができる。

#### 4.2.2 チップ摩耗

チップの摩耗によってアークが不安定となる現象を確認するため, チップが溶着するまでビードオンプレート

表1 溶接条件(ワイヤ送給不良)  
Table 1 Welding condition (in defectiveness state of wire feed)

Setting current(A)	350
Setting voltage(V)	33
Setting wire feed speed(m/min)	11.8
Welding speed(cm/min)	46

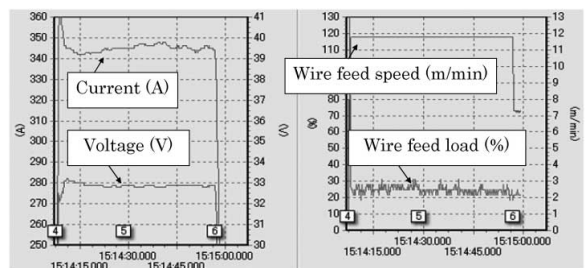


図6 無負荷(正常)時の溶接データ  
Fig. 6 Waveform without loading (in normal condition)

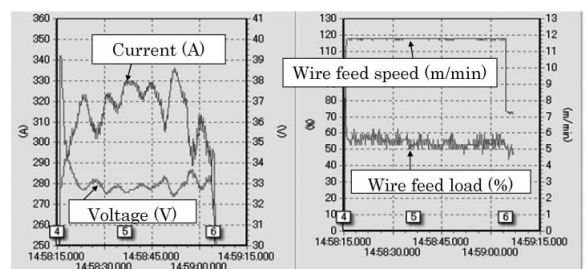


図7 負荷(異常)時の溶接データ  
Fig. 7 Waveform with loading (in abnormal condition)



溶接を行った。実験時の溶接条件を表2に示す。図8はチップが溶着する約10分前からの溶接電流、電圧とワイヤ送給速度、負荷の波形である。

図7(負荷時)ではワイヤ送給負荷が定常的に高いのに対し、図8では比較的low負荷な状態のなかで大きく変動している。これは、チップ摩耗によってチップ内面とワイヤの接触抵抗が増加することによって互いに微小溶着を起し、一時的に送給負荷が高くなったためと推定される。一方で、ワイヤ送給速度には大きな変動は見られないことからワイヤ送給モータは異常を起していないと推定でき、チップの摩耗現象を捉えているといえる。

#### 4.3 アラーム検出機能

前述のように、溶接データから異常を捉えることができるが、生産における全ての溶接データを作業者がリアルタイムに確認することはできない。そこでアークモニタには、溶接データを自動でチェックするアラーム検出機能を具備させている。この機能は、取得したデータをリアルタイムでチェックし、アラームとして履歴に残す機能である。アラームを検出する方法は、設定値比較と基準値比較、絶対値比較の3種類あり、異常箇所をグラフ上で強調(太線)表示する(図9)。

##### 4.3.1 設定値比較

設定値比較は設定電流とFB電流を比較し、その差が

表2 溶接条件 (チップ摩耗)  
Table 2 Welding condition (Worn-out tip)

Setting current(A)	350
Setting voltage(V)	33
Setting wire feed speed(m/min)	11.8
Welding speed(cm/min)	20

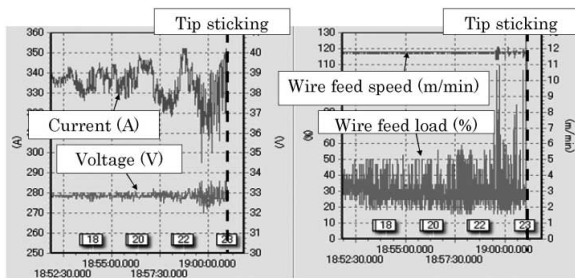


図8 チップ摩耗時の溶接データ  
Fig. 8 Waveform of worn-out tip

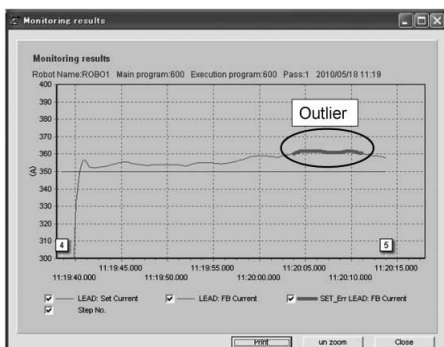


図9 アラーム検出時のグラフ  
Fig. 9 Graph at the time of alarm detection

閾(いき)値( $d_1$ )を一定時間( $T_1$ )を超えた場合にアラームを検出する(図10)。これにより電流が設定のどおりに出力されているかを確認できる。また電流のほか、電圧、溶接速度、ワイヤ送給速度のチェックもできる。

##### 4.3.2 基準値比較

基準値比較は過去の溶接と現在の溶接を比較し、アラームを検出する機能である。過去の溶接データを基準値としてあらかじめ登録し、その基準値とFB値を所定時間( $T_2$ )の移動平均値で比較し、閾値( $d_2$ )を超えた場合にアラームを検出する(図11)。正常時の溶接データを基準値として登録しておくことにより、正常データからの異常な変化を捉えることができる。また設定値比較の場合と同様に、電流、電圧、溶接速度、ワイヤ送給速度のチェックも可能である。

##### 4.3.3 絶対値比較

設定値比較と異なり、設定値を持たないワイヤ送給負荷に対して上限値( $d_u$ )および下限値( $d_l$ )を設定し、一定時間( $T_3$ )で範囲外となった場合にアラームを検出する(図12)。このチェックによってワイヤ送給負荷が高くなったことを検出でき、ワイヤ送給性の確認に使用できる。

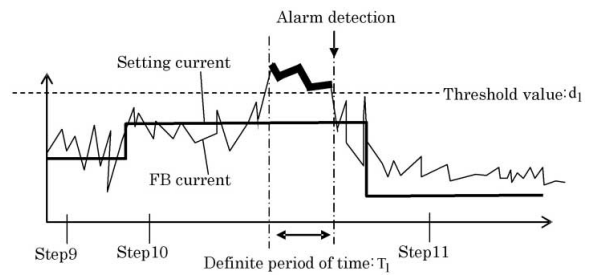


図10 設定値比較  
Fig.10 Comparison of setting value

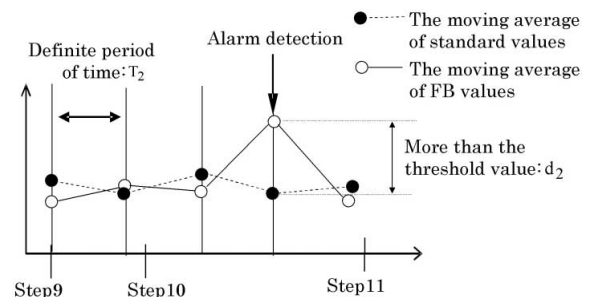


図11 基準値比較  
Fig.11 Comparison of standard value

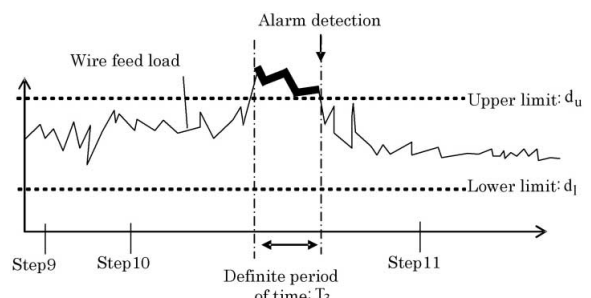


図12 絶対値比較  
Fig.12 Comparison of absolute value

むすび＝溶接ロボットシステムの課題と、「見える化」を可能にして生産改善を支援するシステムAP-SUPPORTの機能について述べた。

今後、さらなる機能充実を図ることによって安定生産の支援を強化し、より一層お客様の生産性向上、溶接品質向上に役立つシステムを提供していく。

#### 参 考 文 献

- 1) 永田 学ほか. 溶接技術. 2010, Vol.58, No12, p.56-61.
- 2) 福永敦史. 技術がいで. Vol.51, 2011-3, p.1-6.
- 3) 福永敦史. ぼうだより. Vol.470, 2012-8, p.4-5.
- 4) 永田 学ほか. 溶接法ガイドブック7. (社)溶接学会. 2012.