

(解説)

中厚板向け溶接ロボットシステムの紹介

Robotic Welding System for Mid-to-heavy Gauge Plate Structures



武富康宏*¹
Yasuhiro TAKETOMI



近藤 亮*¹
Makoto KONDO



黒川尚重*¹
Naokazu KUROKAWA



長島 稔*¹
Minoru NAGASHIMA



戸川貴雄*¹
Takao TOGAWA

We have installed many welding systems for thick-plate structures in Japanese and other markets. A welding system requires high productivity and efficiency, as well as a low cost. This paper introduces the features of a highly efficient welding process and off-line teaching system to realize those requirements. Also introduced is a welding system with improved robot availability and shortened robot-teaching time, the results of system engineering in accordance with applications.

まえがき = 当社のアーク溶接ロボットは、1980年代初頭から中厚板分野（建設機械、建築鉄骨、橋梁、鉄道車両など）を中心に、国内外の顧客において数多く採用されている。同分野の溶接ロボットシステムに求められるニーズには①サイクルタイム短縮、②安定した溶接施工、③自動化率の向上、④稼働率の向上などが挙げられる。

サイクルタイムの短縮では、一般的に70～80%程度の割合を占める溶接時間の短縮が重要となる。溶接時間の短縮には、溶着効率を上げ溶接パス数を低減する、あるいは溶接速度を上げることが効果的である。それぞれに対応した溶接法として「大電流MAG Process」, 「タンデムアーク溶接法」が実用化され、能率向上に加え溶接品質の安定化にも寄与している。また、稼働率の向上については、多品種少量製品の生産を行う場合、ロボットの教示時間がトータルの稼働率に与える影響が大きいことから、当社はパソコンを用いたオフライン教示システムを開発、提供している。

本稿では、溶接電源の機能向上と溶接材料などの組み合わせで実現した二つの高能率溶接法について、特徴と最新のオフライン教示システムを解説する。また、ロボットシステムの稼働率向上を実現した新規導入事例と既納入システムの更新事例について紹介する。

1. 高能率溶接法

1.1 SENSARCTM注1) AB500

ロボット専用デジタル制御溶接電源SENSARCTM AB500は出力波形制御が可能であり、緻密なパルス波形制御により優れた溶滴移行を実現する。さらに、2つの電源を並列に接続することにより、最大出力700A、使

用率100%の高出力を可能としている。この電源特性を最大限に生かした二つの高能率溶接法が「大電流MAG Process」と「タンデムアーク溶接法」である。

1.2 大電流MAG Process

ソリッドワイヤを用いたAr-CO₂混合ガス雰囲気溶滴移行は、電流が大きくなるに従ってスプレー移行からローテーティング移行となり、多量のスパッタが発生する。つまり、シングル施工において溶着量を増加させるためには、この大電流化に伴うスパッタの課題を解消する必要があった。この課題は、フラックス組成を最適化した本溶接法専用のフラックス入りワイヤFAMILIARCTM注2) MX-A100Dの開発とSENSARCTM AB500の専用波形制御によるアーク長の安定化で解消され、図1に示す大電流化による溶着速度の増加と、図2に示すスパッタ発生量の低減とを両立させた¹⁾。本溶接法は厚板継手への大脚長溶接かつパス数の低減に効果を発揮する。本プロセスのシステム構成の概略を図3に示す。

1.3 タンデムアーク溶接法

タンデムアーク溶接法とは、2本の溶接ワイヤで同時にアークを発生させる溶接法である。例えば、下向きすみ肉溶接では一般的なシングル施工と比較して1/4～1/3の時間で溶接可能である²⁾。しかしながら、タンデムアーク溶接法では各極の溶接条件の設定によっては、電極間のアーク干渉に起因するアーク長変動やスパッタ発生が問題となっていた。

SENSARCTM AB500によるタンデムアーク溶接法では、先行極と後行極とのパルス同期を維持しつつ、ピーク電流とベース電流の双方を変調してアーク長を制御す

脚注1) SENSARCTM (SENSARCTM) は当社の商標である。

脚注2) FAMILIARCTM (FAMILIARCTM) 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

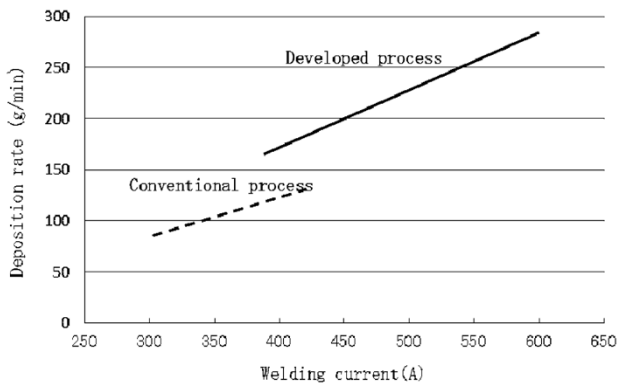


図1 電流と溶着速度の関係

Fig. 1 Relationship between welding current and deposition rate

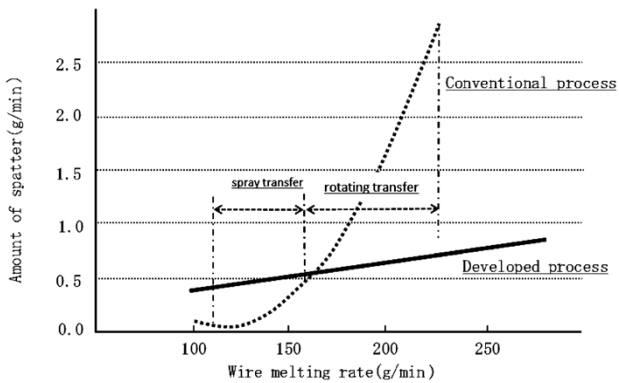


図2 スパッタ発生量の比較

Fig. 2 Comparison of spatter generation rate

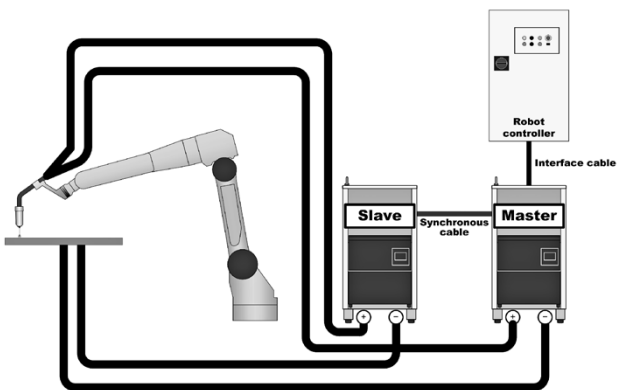


図3 大電流 MAG Process 溶接システム構成概要図

Fig. 3 Concept figure of ultra high current GMAW Process welding system

る機能によって低スパッタ化が実現されている。図4に示すとおり、タンデムトーチはシングルトーチに比べてトーチ形状に方向性があることから、溶接適用性に制限がある。しかし、本溶接法は高溶着量により溶接パス数を低減でき、かつ溶接速度を上げられる。このため、1電極で高溶着量を期待され、大脚長に適した大電流MAG Processと比較して、すみ肉溶接の高速化に有効である。

2. オフライン教示を活用したシステム

2.1 オフライン教示システム

オフライン教示は、生産ラインを止めることなくパソコン上で教示作業を行うことで稼働率向上が図られる。しかし、実機システムと同様にパソコン上でロボット操

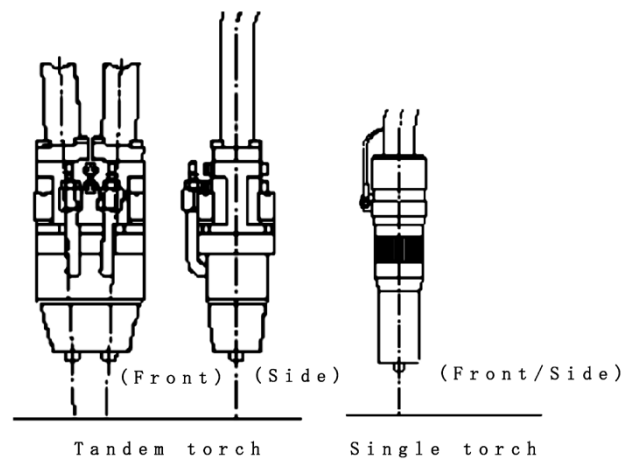


図4 トーチ形状比較図

Fig. 4 Comparison of welding torch form

作を行う必要があるため、多品種少量生産では溶接対象物の数に比例して教示時間が多く発生する³⁾。この問題に対しては、マスタプログラム(実績のあるプログラム)方式の自動プログラミング機能を利用することが効果的である⁴⁾。また、対象ワークの全溶接線を一括して管理および編集操作ができる溶接線ウィザード機能を併用することにより、対象ワークの全プログラムを一気に作成でき、プログラム完成までの作業を容易に行える。本方式による教示プログラムの自動生成手順を下記に示す。

- ①溶接線ごとにマスタプログラムを作成する。
 - ②3D-CADデータから溶接線を抽出する。
 - ③各溶接線に対してマスタプログラムを割り当てる。
- 同形状でサイズが異なる溶接対象物に対しては、さらに溶接線再利用機能を使用することで②、③の操作を自動化できる(図5)。

3. ロボット溶接システムの導入事例

3.1 鉄骨溶接システムを活用した導入事例

当社は建築鉄骨向け溶接ロボットシステムをラインナップし、多数の納入実績がある。鉄骨ファブリケータには、この鉄骨向けシステムを使用して建築鉄骨以外の溶接構造物を適用したいとの要望が少なからずある。本節では、鉄骨溶接ロボットシステムをベースに他の溶接構造物の自動化を実現した事例を紹介する。

3.1.1 鉄骨柱大組立溶接ロボットシステム

本事例は、鉄骨溶接ロボットシステムのメニューの1つである「鉄骨柱大組立溶接ロボットシステム」をベースとした。このシステムは移動装置とポジショナから構成され、柱大組立を主として、コアや仕口など建築鉄骨の様々なワークの溶接が可能である。また、生産性向上のためロボットを2台配置した2アーク仕様とした(図6)。

3.1.2 システム制御の課題

建築鉄骨のワークは、ポジショナの片側からロボットがアプローチすることで適用可能である。いっぽう本事例では、対象ワークの構造上、片側のみのロボット配置では適切な溶接姿勢が取れず、ワークの載せ替え作業が発生する。このため、ポジショナを挟んだ両側からアプ

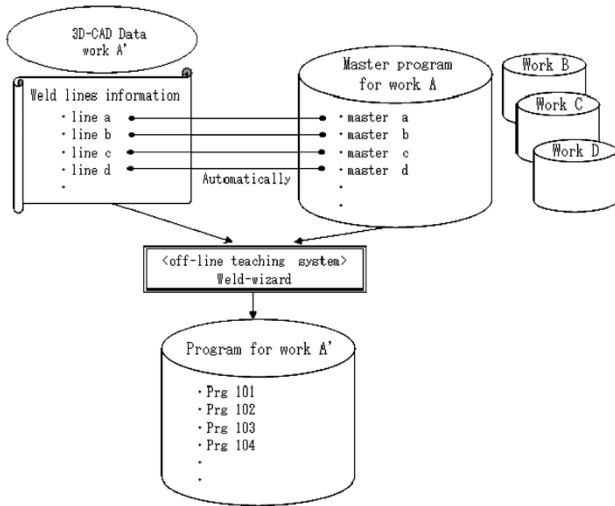


図5 溶接データの再利用
Fig. 5 Reuse of weld data set in Weld-wizard

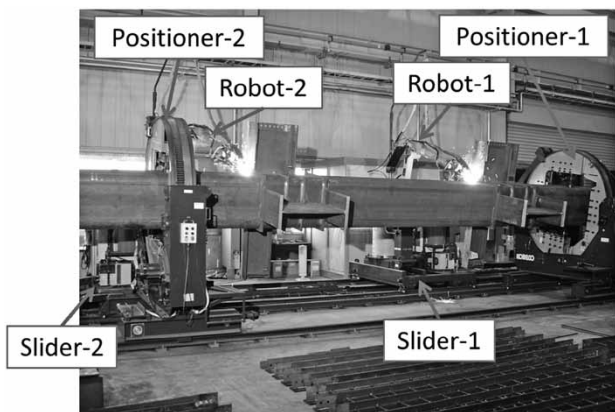


図6 柱大組立て溶接ロボットシステム
Fig. 6 Structural steel large assembly 2-arc welding robot system

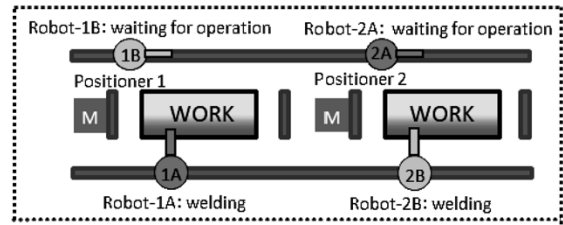
ローチする必要があった。また、より稼働率を高める運用を目的にポジションを2台配置したため、単に両側にロボットを配置するだけでは2台のポジション(図7)を使って効率よく運用できない。すなわち、一方が溶接中はもう一方は溶接ができない、あるいはポジションを有効に制御できないことが明らかとなった。通常、2台のロボットの中の1台(親機)がポジションの制御をつかさどるため、もう1台のロボット(子機)では制御することができない。つまり、図8に示すパターンaでは問題ないが、パターンbでは親機がつかさどるポジションと違うステージに移動した場合、制御ができないことになる。

3.1.3 問題解決

前項で述べた問題の解決にあたっては、親機・子機それぞれのロボットコントローラを接続することによって、子機からも親機を経由してポジションを制御することを可能としたロボット間協調機能を採用した⁵⁾。さらに、システム全体を監視する制御を追加することによって、ロボット4台とポジション2台を有効に活用することができ、生産性を約2倍に向上させた(図9)。

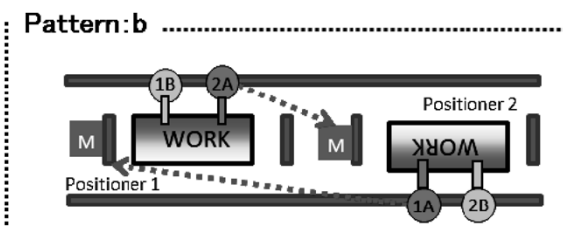
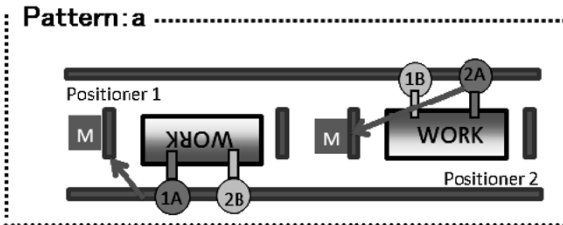
3.2 工作機部材溶接ロボットシステムの更新事例

溶接ロボットの寿命は10年程度であり、古くなったロボットシステムに対しては更新の必要がある。システム



A: A robot with the positioner
B: A robot without the positioner

図7 システム配置図
Fig. 7 System layout



A: A robot with the positioner
B: A robot without the positioner

図8 運転パターン
Fig. 8 Operation pattern

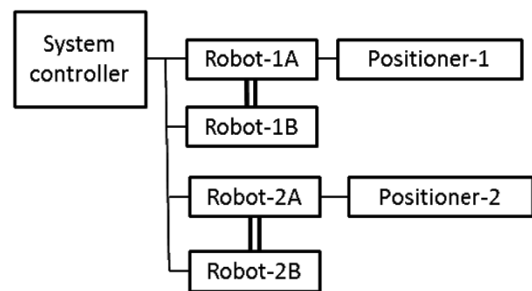
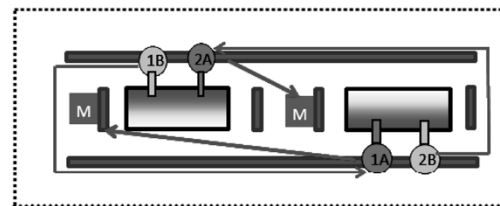


図9 システムコントローラの追加
Fig. 9 Additional of system controller

の更新には、①システム全体を新規に製作する方法のほか、②既存機器を再利用してロボットおよび周辺装置を更新する方法がある。門型移動装置を有するような大規模システムでは、設備停止による生産への影響を最小にするため、②の方法がとられることがある。本節では、既存機器を再利用しつつ、生産能力を向上させた更新事例を紹介する。

3.2.1 既設システムの概要と課題

既設システムは、ステージA、Bに区分けされたそれぞれにポジションを1台設置し、4台のロボットと移動

装置から構成される（図10）。2台の床置き移動装置はステージを行き来でき、門型移動装置の1台と合わせ3台のロボットで同時に溶接を行うことができる。3台のロボットの同時溶接では、干渉の確認など実機での作業が困難であるが、オフライン教示システムで教示を行うことによってソフト上で干渉を確認しながら容易に作業できる。

既存システムの課題は、例えば、ステージAで溶接中はステージBでワークを載せ替える作業のみとなり、ステージAの溶接が完了するまでは待ち時間となる（図11）。溶接時間は対象ワークによって異なり、多いときで数時間の待ち時間となる。ワーク載せ替えに要する時間を差し引いても長い時間1台のロボットは稼働しないことになる。また、それぞれのステージでロボットとポジショナの位置関係が反対となるため、同一のワークであってもステージ用の教示プログラムを作成する必要がある。

さらに更新工事では、既存の教示システムを流用する要求に対応するため、改造前後の据付位置の差異を最小にすることが求められていた。

3.2.2 改造概要および課題解決

(1) 2ステージ分割による同時生産

既設システムに2台の床置移動装置と搭載するロボットを追加し、ステージA、ステージBにそれぞれ3台のロボットを配置することで同一機器構成の2システムに分割した（図12）。これにより、両ステージでの同時溶接を可能とした。

(2) システムレイアウトの共通化

図12に示すようにステージAのポジショナの向きを変えてステージBと同じように配置した。これによってステージのレイアウトを統一し、オフライン教示システムの共有が可能になって教示時間の削減に結びつけた。ただし、同一形状の2つのワークをそれぞれのステージに搭載する場合は、一方のワークを反転する作業が発生する。

(3) 更新工事前後の据付誤差最小化

システムを解体する前に基準ワークに数点の測定点を設け、ロボットが保有する座標値を使って測定点の位置を計測した（図13）。更新工事では測定した座標値と測定点との差異が最小となるように、ポジショナの据付位置や移動装置の原点位置などの微調整を行った。その結果、実績のない手法にも関わらず、工事後の誤差を2mm以内に抑え、更新前の教示プログラムを修正することなく、既設システムを流用することができた。前述の(2)システムレイアウトの共通化と合わせ、更新システムの垂直立ち上げに大きく寄与している。

3.2.3 導入効果

本改造工事による効果を以下に記す。

(1) 生産能力の向上

2システム同時に生産を行うことが可能になり、生産能力を80%程度向上させることができた。

(2) 教示時間の削減

新規ワークの教示を1ステージ分にすることが

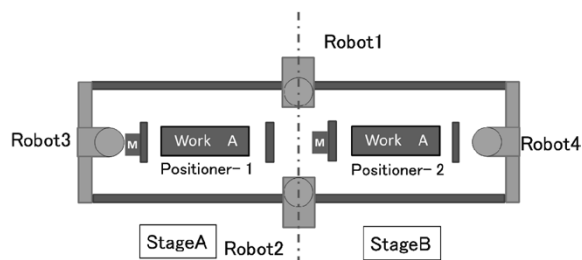
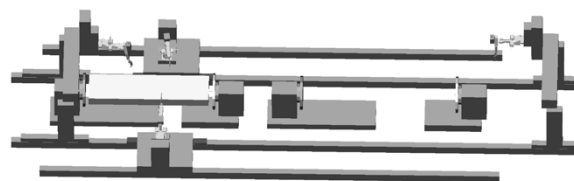


図10 改造前レイアウト図
Fig.10 System configuration before remodeling

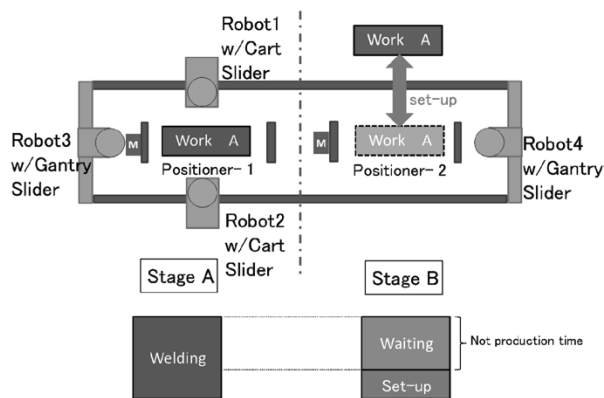


図11 改造前のシステム稼働状態
Fig.11 Operation state before remodeling

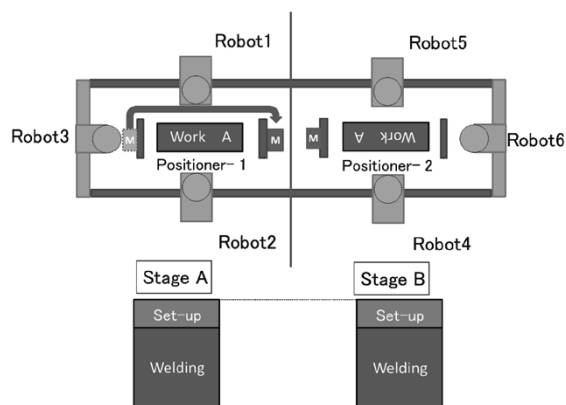
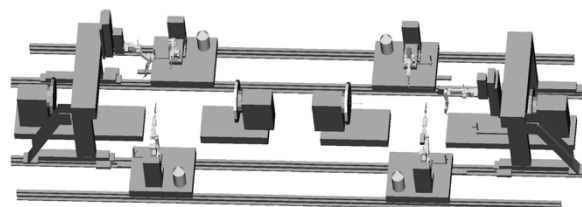


図12 改造後のシステム稼働状態
Fig.12 Operation state after remodeling

でき、教示時間を50%程度削減できた。

(3) 生産停止の極小化

システムを垂直立ち上げることにより、顧客の生産への影響を最小に抑えることができた。

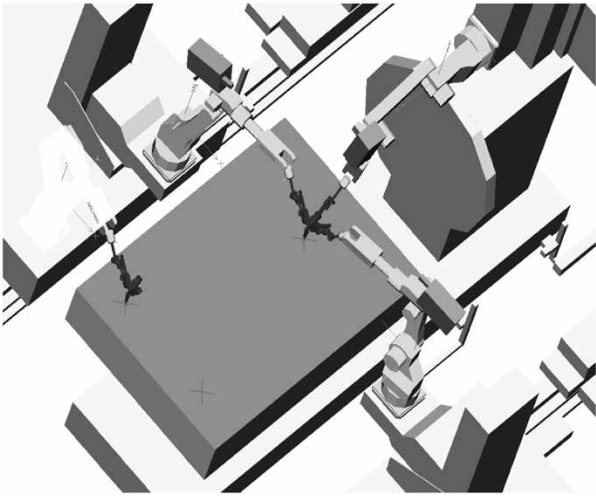


図13 ロボットを用いた据付位置校正方法

Fig.13 Calibration method for installation location by robot coordinate

むすび=多岐にわたるニーズに対応するため、溶接ロボット、溶接電源、溶接施工、周辺装置、オフライン教示システムなどを組合せ、顧客に最も適したシステムを提案した事例を紹介した。今後も技術開発を推進し、溶接の自動化、高品質化のための溶接ロボットシステムを提案することによって顧客利益の最大化に貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 辻 勝之ほか. R&D神戸製鋼技報. 2013, Vol.63, No.1, p.48-51.
- 2) 辻 勝之. 溶接だより, 技術レポート. Vol.52, 2012-11, p1-6.
- 3) 泉 敏之ほか. R&D神戸製鋼技報. 2013, Vol.63, No.1, p.94-98.
- 4) 原 督ほか. R&D神戸製鋼技報. Vol.54, No.2, 2004, p96-99.
- 5) 浅井明彦. 溶接だより, 技術レポート. Vol.49, 2009-3, p.1-6.