

(技術資料)

溶接ロボットシステムにおけるICT活用

Applications of ICT to Robot Welding System



小池 武*1
Takeshi KOIKE



井上芳英*2
Yoshihide INOUE



福永敦史*1
Atsushi FUKUNAGA

In recent years there has been a rise in expectations for the improvement of the productivity of robot welding systems using information and communication technology (ICT). In response, Kobe Steel has developed a 3D-CAD link system that retrieves the data of work pieces from the design department and automatically extracts welding lines to create a robot program. This has eliminated the need for customers to teach robots and has greatly improved their productivity. The company also provides a production monitoring software, called AP-Support™. This software has the capability of automatically collecting production data for the welding robot systems and outputting reports on production results, thus contributing to the improvement of productivity at customers' sites.

まえがき=ICT (Information and Communication Technology) が進展するなか、ドイツとアメリカがそれぞれ提唱したIndustrie4.0, Internet of things (IoT) の影響によって生産現場は大きく変わろうとしている。生産性向上が求められる溶接工程に用いる機器・装置に対してもICTが利用され始めており、浸透しつつある。

とくに近年では、複雑な形状かつ多品種少量ワークに対する生産性向上が求められてきており、生産の上流である設計と生産現場との密な結合により、システム全体としてより高い生産効率が求められてきている。

本稿では、当社のICTを用いた溶接ロボットシステムの機能とそれらを用いた生産性向上への取り組みについて説明する。

1. PLMにおける溶接システムの位置づけと課題

製品ライフサイクル管理 (Product Lifecycle Management, 以下PLMという) は、収益の最大化を目的として、製品の設計・生産・保守・廃棄・リサイクルなど、製品のライフサイクル全体を通して製品関連情報をICTで一元管理するものである。PLMのなかでも、設計ツールに3次元CAD (以下、3D-CADという) を導入し、製品データをデジタルデータ化してその製品の誕生から廃棄までデータを一元管理する方式が提案されている (図1)。

3D-CADデータを用いた生産性向上は、国土交通省が推進するi-Construction, i-Bridge, i-Shippingでも取り上げられており¹⁾、PLMの垂直統合では重要な役割を果たすと考えられている。また、建築分野ではビルディング インフォメーション モデリング (Building Information Modeling:BIM) も提唱されており、調達・設計・製造を含めたワークフローの実現を進めている。

PLMでの生産垂直統合のためには、設計情報と生産指令の自動的な連係が不可欠である。また、製造現場の機器情報を収集し、生産計画やより上位の設計、調達さらには企画へフィードバックできることが求められている。

しかし、中厚鋼板溶接となる造船・建設機械・高層ビル用鉄骨などの製造では、溶接を行うためのロボットの動作指令を3D-CADデータから生成することは簡単ではない。中厚鋼板溶接で使用される溶接積層パターンや溶接条件、トーチの運棒動作の決定には溶接施工、ロボット動作、および溶接対象物の位置決めなどを含んだノウハウが必要である²⁾。また、溶接ロボットシステムの溶接時の電流や電圧、ロボットの稼働状況などに加え、スパッタあるいはヒュームなどの発生状況のほか、ロボットが異常停止した場合には停止時の状態の記録が必要である。

当社の溶接ロボットシステムでは、生産垂直統合の課題を解決する3D-CADデータからロボット稼働指令を生成するCAD連係システムと、ロボットの稼働状況を

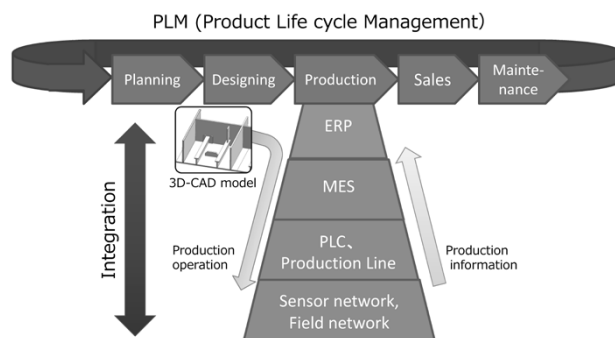


図1 3D-CADデータを主体としたPLMと生産垂直統合
Fig.1 Vertical integration of production and PLM mainly based on 3D-CAD

*1 溶接事業部門 技術センター 溶接システム部 *2 溶接事業部門 技術センター

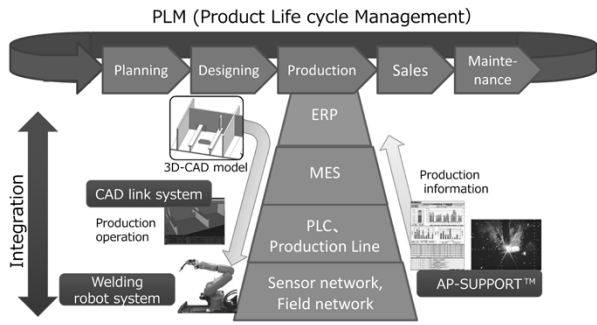


図2 PLMにおける溶接ロボットシステムの位置づけ
Fig. 2 Positioning of welding robot system in PLM

記録・報告するAP-SUPPORT™^{注1)}を有している(図2)。さらに、AP-SUPPORT™に連動して動画を記録できるカメラ機能も有している。

2. 3D-CAD設計データとの連係

我が国は高齢化が急速に進行しており、労働人口の減少が著しい。そうしたなか、プロダクトミックス型の多品種少量生産への戦略シフトが要求される造船業界³⁾も存続を掛けて製造工程の自動化・省人化を進めている。国土交通省の主導により、海事生産性革命(i-Shipping)プロジェクトが2016年度よりスタートした(図3⁴⁾)⁵⁾。そのなかでは、建造工程の生産性向上に3D-CADおよび自動溶接機の活用が推進されている。そこで当社では、造船大組立工程用のCAD連係システムを開発した。

2.1 造船向けCAD連係システムの概要

当社が提供する造船向けCAD連係システムでは、設計部門で作成された3次元モデルファイルを読み込み、データの座標合わせを行う。CADの座標系と実溶接時のロボット座標系が船の部位によって異なる可能性がある。このため、溶接座標を正しく抽出するには、両方の座標系を一致させる必要があり、システム内にて変換を行う。つぎに、溶接情報を自動抽出し、必要に応じて溶接情報を編集した後、教示プログラムを作成する。最後にそれをロボットに送信すると、溶接開始準備が完了する(図4)。

2.2 設計データから製造データの生成、溶接

このシステムでは、3次元モデルの各ソリッド(形状)データが有する座標および寸法に基づいて各部材を自動的に特定し、大組立工程で溶接される継手のみを抽出する(図5)。また、ロボットとワークが干渉する継手や、ロボットが動作範囲外である継手も自動的に除去される。CAD連係システムが溶接部位や溶接条件に関する情報をもっている。このため、お客様が準備するCADデータは幾何情報のみであり、溶接のための追加情報は不要である。溶接の実行に必要なロボット動作指令(ロボットプログラム)と溶接条件は、該当継手の部材の組み合わせ、下板および立板の厚さに基づいて自動的に作成する。溶接ロボットと溶接ワイヤのパフォーマンスを最大限活用できる推奨データをあらかじめ提供しているため、脚長や回し溶接指示などの溶接条件の指示は不要で

脚注1) AP-SUPPORTは当社の商標である。

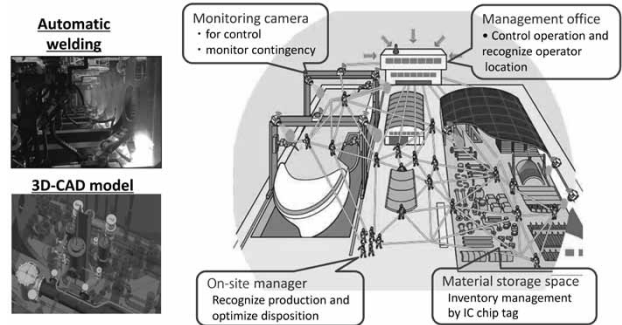


図3 ICTを用いた造船の生産性向上
「海事生産革命について」(国土交通省)を加工して作成⁴⁾
Fig. 3 Productivity improvement of shipbuilding using ICT⁴⁾

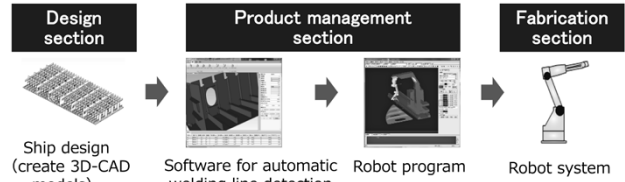


図4 3D-CADモデルからのロボット動作指示自動生成
Fig. 4 Automatic generation of robot program from 3D-CAD model

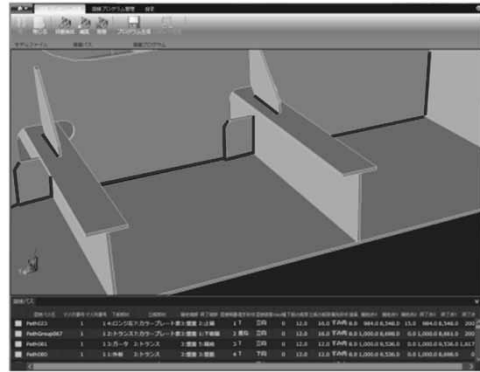


図5 3次元モデルからの溶接線自動抽出
Fig. 5 Automatic detection of welding line from 3D-CAD model

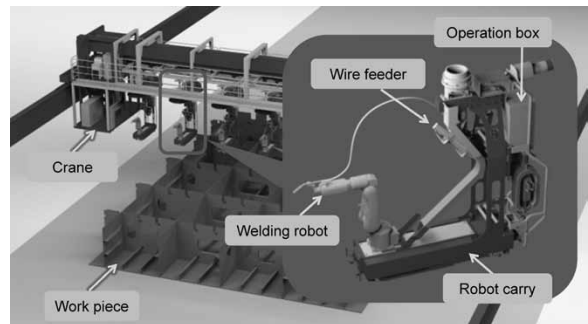


図6 造船所向け大組立溶接ロボットシステム
Fig. 6 Large assembly welding robot system for shipbuilding

ある。

溶接ロボット本体は、運搬のために設計された軽量なロボットキャリアに搭載され、クレーンから吊(つ)り下げられてブロック間の移動を行う(図6)。ロボットキャリアには自動位置決め機能があり、溶接ワイヤ送給装置などの溶接に必要な装置が搭載されている。溶接する際、オペレータがロボットキャリアを溶接該当箇所下ろし、自動位置決め装置による位置決めを行った後、

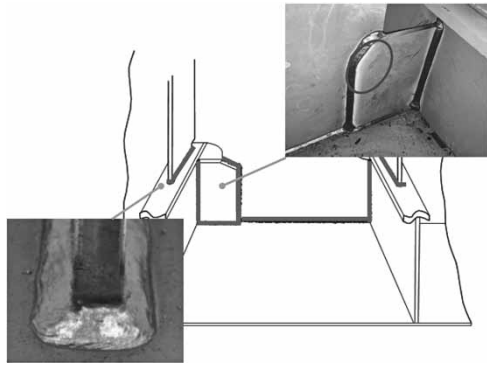


図7 造船大組立ワークの溶接結果

Fig. 7 Welding results of large assembly work pieces for shipbuilding

CAD連係システムによって3D-CADデータからロボットの動作指令が生成され、ロボットに送信されて溶接が行われる(図7)。

2.3 他分野への応用

3D-CADによる設計データから最適な溶接条件とロボット動作を自動的に生成するCAD連係システムを備えた造船大組立ロボット溶接システムは、一人で複数台ロボットを稼働させることが可能であり、溶接ステージの生産性向上に大きく寄与する。また、3D-CADを起点とした自動溶接技術は、鉄骨・橋梁などの他の分野への展開を図りながら取り組みを進めていく。

3. 溶接ロボットシステムの稼働管理

溶接ロボットシステムによる安定生産を実現することは、生産効率を上げ、生産計画を容易にすることにつながる。中厚鋼板溶接では、溶接対象物が大きいことから組立誤差も大きくなる。また、長時間の溶接を行うため、チョコ停(軽度の異常による一時停止)や溶接不良が生じるなど、安定生産を阻害する要因は多い。さらに、問題発生時の原因究明には正確な状況把握と豊富な経験・知識が必要であり、これらが十分でない場合には問題解決までに多くの時間を要す。

当社では、安定した生産を支援するソフトウェアAP-SUPPORT™を提供している。また新たな試みとしてネットワークカメラを接続し、これまでデータだけでは捉えることのできなかった原因を究明するためのトライアルを実施している。

本章では、AP-SUPPORT™の概要とその活用事例、およびネットワークカメラを用いた生産監視カメラシステムについて述べる。

3.1 AP-SUPPORT™の概要

AP-SUPPORT™は、ロボットコントローラとEthernetで接続されたパソコン上で動作するソフトウェアである(図8)。生産情報や溶接情報などの大量のデータを収集し、生産レポートの出力や溶接データのグラフを表示することができる(図9)。これにより、生産台数やタクトタイム、アーク率などの生産指数の管理のほか、チョコ停や溶接不良などのトラブルの解析を支援し、生産改善の効率的な実施につなげることができる^{6)~9)}。

AP-SUPPORT™で収集している主なデータを表1に

示す。

3.2 生産改善事例

AP-SUPPORT™で収集したデータを分析することにより、チョコ停の原因把握および改善につなげることができる。表2は、タッチセンサのエラー発生頻度が高い箇所をランキングし、エラー発生状況から改善方法を検

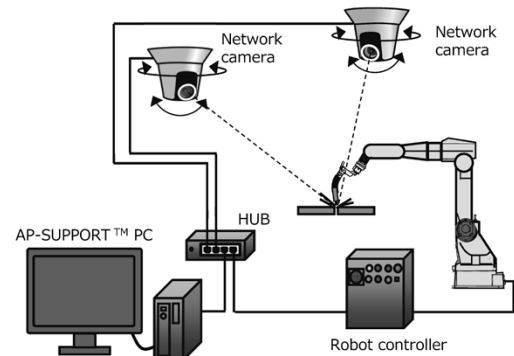


図8 システム構成

Fig. 8 System configuration

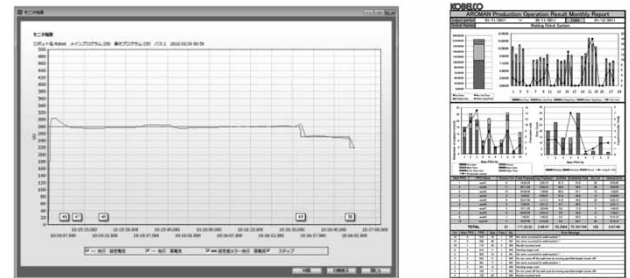


図9 AP-SUPPORT™機能

Fig. 9 Function overview of AP-SUPPORT™

表1 AP-SUPPORT™収集データ

Table 1 Production data collected by AP-SUPPORT™

Production information	Welding information
Work data(Program/ Step/Pass)	Welding current
Production start time/ end time	Arc voltage
Welding start time/ end time	Welding speed
Sensing start time/ end time	Weaving width
Sensing retry start time/ end time	Wire feed rate
Welding retry start time/ end time	Wire feed torque
Error stop start time/ end time	Arc tracking adjustment
Wait timer start time/ end time	
Port in out signal ON time / OFF time	
Deviation of the sensing position	
Error type	
Robot position when error occurred	
Log of teaching pendant	

表2 タッチセンサ誤差の分析結果

Table 2 Results of analyzing touch sensing deviation

Ranking	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Program	88	77	89	80	77	85	78	80	90	88
Step	13	6	8	7	11	10	8	5	8	10
Type of sensing	Start	3-D	3-D	3-D	Start	3-D	3-D	3-D	3-D	3-D
Ave deviation[mm]	7.74	7.12	6.81	5.49	5.28	5.1	4.31	4.15	4.04	4.02
Max deviation[mm]	22.16	11.72	27.06	11.28	10.31	12.1	8.67	9.82	21.56	22.44
Min deviation[mm]	5.11	1.01	1.66	1.05	1.12	0.77	1.48	0.15	0.78	0.14
Standard deviation[mm]	1.77	2.06	3.64	1.81	2.13	2.31	1.44	1.96	2.86	3.13

討した結果である。データ収集、分析、改善のサイクルを回すことにより、稼働率が10%以上向上した実績が多くある。

また、実ワークとあらかじめ教示されたプログラムとの差を把握するため、センシング補正量の傾向を確認することも可能である。これにより、ワークの組立精度の管理にも利用できる(表2, 表3)。例えば、センシング補正量のばらつきが大きい場合は、前工程の組立精度

表3 チョコ停分析レポート例
Table 3 Examples of analyzing report of robot errors

Error information		Error Message	Error occurrence situation	Improving point (how to avoid the error)
Error No.	Program No.			
365	100	Nozzle touched the work.	(Situation)In the switch back welding program, error occurred after changing the tandem welding to single welding. Nozzle of R torch touched the work. (Caused for)Accuracy error between real work and teaching data at the switch back point.	・Correcting the teaching point
Step No.	25			
Weld Pass No.	1			
Occurred in	Welding			
Frequency	21%			
367	101	Arc error occurred (in weld section)	(Situation)Error occurred right before the L torch's arc off point. When robot was executing the timer wait operation, L torch touched the work. (Caused for)Accuracy error between real work and teaching data.	・Correcting the teaching point ・Insert "Nozzle touch avoid function" command to the program.
Step No.	15			
Weld Pass No.	2			
Occurred in	Welding			
Frequency	15%			
445	111	Sensing range over (touch off)	(Situation)3 seconds after tandem welding(both RL) starts, L torch touched to work. (Caused for) Accuracy error between real work and teaching data.	・Correcting the teaching point ・Insert "Nozzle touch avoid function" command to the program.
Program No.	23			
Weld Pass No.	1			
Occurred in	Sensing			
Frequency	10%			
367	105	Arc error occurred (in weld section)	(Situation)2-3 seconds after tandem welding(both RL) starts, L-torch 2times, R-torch 4 times. (Caused for)contact tip error from burn-back.wire feed error cause from contact tip	・Check and change the weld start point ・Check the wire feed root (torch cable, conduit cable)
Program No.	11			
Weld Pass No.	4			
Occurred in	Welding			
Frequency	8%			

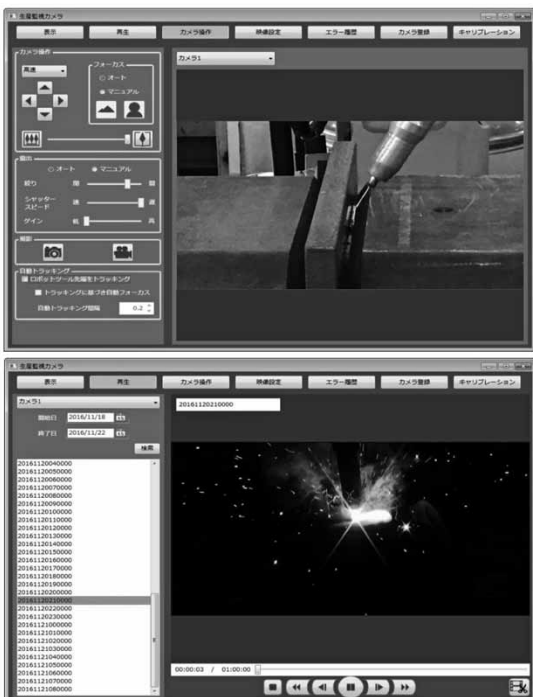


図10 生産監視カメラによる映像
Fig.10 Pictures using production monitoring camera

が悪いことが分かる。また、補正量が安定して小さい場合はセンシング動作自体を削減し、タクトタイム短縮につなげることも可能となる。

3.3 生産監視カメラシステム

生産監視カメラシステムは、溶接ロボットシステムに搭載したカメラとロボットコントローラとをパソコン経由にて接続し、生産中のロボットを常時撮影するシステムである(図8)。ロボットコントローラから位置情報を取得し、この情報を用いてカメラ方向を制御することによって常にロボット先端位置を捉えた映像を確認することができることを特長とする(図10)。

また本カメラシステムは、現在の撮影映像の表示や過去に撮影した映像を検索、表示する機能をもつ。さらに、パソコンからカメラを制御することができ、カメラ方向の変更やズーム、フォーカス変更が可能である。

単にセンシングエラーとしか分からなかったチョコ停が、本カメラシステムの導入によって映像とともに記録することができ、ワーク誤差が大きい、スラグなど絶縁物がある、ワイヤが曲がっているなど、チョコ停の原因をより詳細に把握することができる。また、スパッタ量やヒューム量の変化も捉えることができ、溶接安定性評価などへの活用が期待できる。

むすび=本稿では、ICTを活用した溶接ロボットシステムの機能について紹介した。今後、国内の少子高齢化の進展に伴って溶接士の数も少なくなり、溶接ロボットシステムの生産性向上のニーズはさらに強くなると予想されている。このため、今後も本分野への開発に注力し、溶接の自動化・品質向上に取り組むことによって顧客の生産性向上へ貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 溶接技術編集部. 溶接技術 1月号. 産報出版, 2018, p.42-45.
- 2) 定廣健次ほか. R&D神戸製鋼技報. 2018, Vol.48, No.1, p.61-65.
- 3) 株式会社 三井住友銀行. 造船市況の見通しと日系造船・船用機器メーカーの戦略の方向性. 2017, p.8. http://www.smbc.co.jp/hojin/report/investigationlecture/resources/pdf/3_00_CRSDReport023.pdf. (参照 2018-03.23).
- 4) 国土交通省. 海事生産革命について. p.3. <http://www.mlit.go.jp/common/001173453.pdf>. (参照 2018-03.23).
- 5) 国土交通省. 海事生産革命(i-Shipping)の全体像. <http://www.mlit.go.jp/common/001150897.pdf>. (参照 2018-03.23).
- 6) 永田 学ほか. 溶接技術. 2010, Vol.58, No.12, p.56-61.
- 7) 福永敦史. 技術がいと, 2011-3, Vol.51, p.1-6.
- 8) 福永敦史. ぼうだより, 2012-8, Vol.470, p.4-5.
- 9) 永田 学ほか. 溶接法ガイドブック7. 溶接学会 溶接法研究会. 2012, 223p.