

# 大径管向け自動ティグ溶接技術の 開発と適用状況

松岡 孝昭

(株) IHI 技術開発本部 技術基盤センター 溶接グループ

## 1 はじめに

発電用火力ボイラでは、保守期間の短縮ならびに短期間での新設が要請されており、工場内だけでなく現地溶接の溶接工期短縮が求められている。一方、発電用火力ボイラの大径管は、近年のプラント蒸気条件の高温・高圧化によって素材の厚肉化・高級化の傾向にあり、溶接施工には高い効率に加え品質が求められる傾向にある。

大径管の溶接施工は、工場内では管を回転させて下向姿勢で施工するサブマージアーク溶接 (SAW) が主に適用されている。この溶接方法は高電流による効率的な施工が可能であるが、フラックスを用いるため溶接姿勢は下向に限定される。そのため、ブロック化にとまらない

管の回転が不可能な場合には、被覆アーク溶接 (SMAW) による全姿勢溶接を実施している。また、現地溶接も管の回転が不可能なため、SMAWを採用している。極厚板に対してSMAWで高品質の溶接継手製作を実現するためには、熟練者の高い技術が必要不可欠である。しかし、近年の世代交代によってその人材確保は難しくなっており、育成においても長期間の施工訓練と継続的な施工実績が必要であるためままならないのが実状である。

そこで、安定した品質と工期短縮を実現するとともに熟練工依存からの脱却を図ることを目的に、狭開先用全姿勢ティグ溶接機を開発した。

本稿では、その開発経緯と実機への適用結果を紹介する。

## 2 開発内容

### 2.1 狭開先用ティグ溶接機の開発

狭開先での品質確保を実現するために電極先端を斜めに切り落とした形状の斜切電極を用いた回転電極方式を採用した。斜切電極は電極中心軸からのアーク偏芯を可能にし、先端を壁面に向けることで狭開先に対する安定した壁面溶融が容易になり、融合不良を低減できる。また、電極回転方式にオシレート機構を付与することで、従来1層多パス溶接により行われていた広い開先幅においても1層単パス溶接が可能となる。これにより、溶接士による電極狙い位置調整が不要となり、品質の均一化が図れる。斜切電極を用いた回転電極方式の概要を図1に示す。

### 2.2 工期短縮への取組み

ティグ溶接は全姿勢への適用が可能でスパッタやスラグの処理が不要であるため、連続溶接・放置化に適した

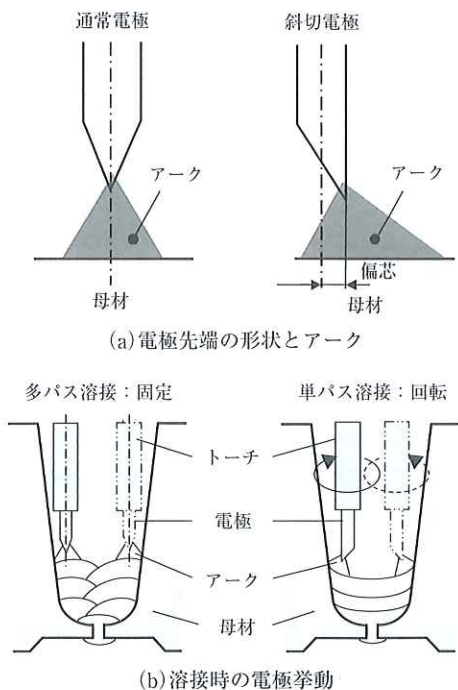
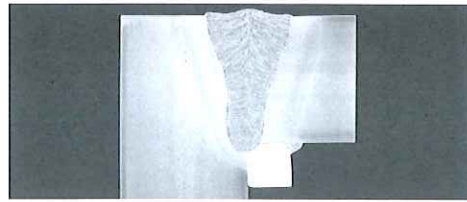


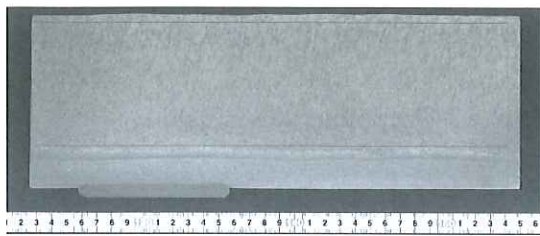
図1 斜切電極によるアーク偏芯と回転電極方式の挙動



a) KB8-NS1 (NE側)



b) KB8-NS1 (SW側)



c) KB8-NS1縦断面 (NW側)

写真3 マクロ試験結果

ト母材の規格下限値である $550\text{N}/\text{mm}^2$ を十分上回る結果であった。また、0.2%耐力、引張強さも大きくなばらつきはなく、安定した品質が保たれていると言える。

#### 4.2.2 シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験片採取位置を図4に、結果を表6に示す。溶接金属中央部位置で3本の平均が $45\text{J}\sim 66\text{J}$ であり、Bond部およびHAZ部 (Bond+ 1mm) 位置で3本の平均が $78\text{J}\sim 184\text{J}$ であった。

#### 4.2.3 マクロ試験

マクロ試験結果を写真3に示す。NE側から1ヵ所、SW側から1ヵ所、溶接方向スタート側から採取した。左右対称で細かなデンドライトが見られ、溶込み形状は、割れない安定したV形の形状であった。溶込み量も余盛高さも十分確保されている。また溶接方向に沿った初層の溶込み状況を確認するために、NW側からSAW縦断面マクロを採取した。写真3 c) に一例を示す。裏当て金に安定して溶込んでいる状況が確認できる。

#### 4.2.4 ビッカース硬さ試験

ビッカース硬さ試験位置を図5に示し、試験結果を図6に示す。図中横軸は、開先幅中心を0とした。いずれの測定位置からも、350 (HV10) を超えるような極端な硬化は見られず、割れを誘発する傾向はないものと考えられる。

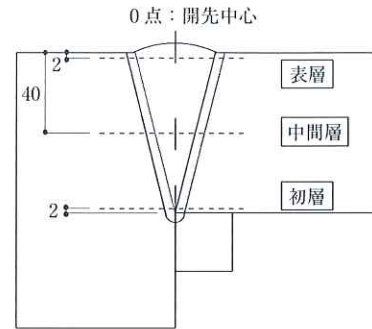
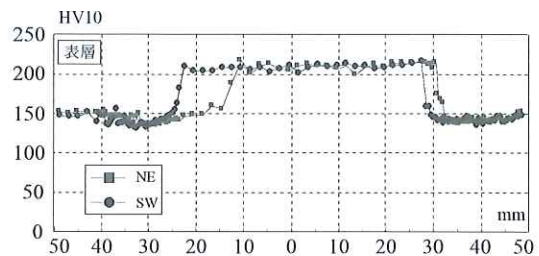
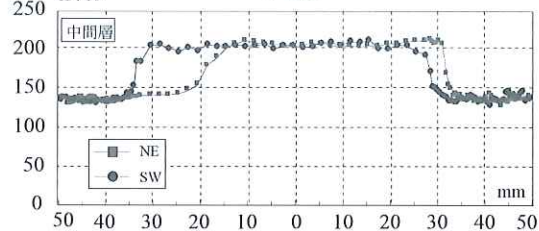


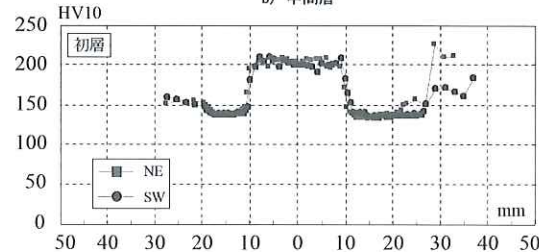
図5 ビッカース硬さ試験位置



a) 表層



b) 中間層



c) 初層

図6 ビッカース硬さ試験結果

## 5 おわりに

従来、2電極タンデムサブマージアーク溶接の1パス溶接が行える最大板厚を70mmとして施工を行ってきたが、今回の実験により板厚80mmに対しても溶接施工が可能であることが実証された。溶接入熱が $758\text{kJ}/\text{cm}$ の施工においても機械的性質は母材の規格値を十分満足することが確認された。

#### 参考文献

- 1) 吉村鉄也, 小林光博, 横山幸夫: 2電極タンデムサブマージアーク溶接の角継手70mm 1パス工法に関する研究, 駒井ハルテック技報 Vol.4, pp.46-49, 2014.12.

溶接方法であるが、他の溶接方法と比較して溶着効率が低い。このため、工期の短縮を目指して以下に示す検討を行った。

### 2.2.1 狭開先化

溶接領域そのものを削減するため、開先形状の狭開先化を図り、開先角度を従来の10度から6度への変更を検討した。開先形状の比較を図2に示す。厚さ（開先深さ）150 mmを想定した場合、この狭開先化によってSMAW開先からは63%程度、従来ティグからは78%程度への断面積削減が見込まれる。

### 2.2.2 溶接シーケンス改善による作業効率の向上

SMAWや従来の自動ティグ溶接では配管の下側から左右に振り分けた上進2分割溶接で施工している。これは溶着速度が大きい上進溶接を選択したための施工方法である。しかし、この施工シーケンスでは装置の引き戻しと次パスの溶接狙い位置のセッティング作業が半周ごとに発生するためアークタイム率が低くなる。これを簡略化して溶接作業効率の向上を図るため、全姿勢で均一に溶接金属が積層可能な適正溶接条件を確立して往復での施工を可能にする。図3に見直し前後の溶接施工シーケンス比較図を示す。このシーケンスの見直しによって、溶接作業効率は30%程度向上することが見込まれる。

## 2.3 自動化による品質の安定化

溶接施工時は積層中の状況変化を確認して条件を修正する、あるいは狙い位置を変更するという技量に依存し

た状況判断をする必要がある。また、厚肉・狭開先となった場合、溶接状況の視認が困難になる。そこで、溶接士の技量によらずに品質の安定化を図るため、以下の検討を実施した。

### 2.3.1 CCDカメラによるモニタリング

溶接作業では欠陥の発生を防止するため、アークの状況をオペレータが確認することで適切な溶接が施工されているかを判断している。しかし、厚板狭開先の全姿勢溶接におけるこの施工確認はオペレータの負担が大きいため、CCDカメラを導入し、溶接のモニタリング負荷を低減させた。また、1人で複数台の同時施工の実現を図った。

### 2.3.2 開先倣い機構の開発

溶接施工では積層を重ねるごとに開先幅が少しずつ広がるため、従来技術では積層ごとにオシレート幅の設定が必要であった。また、現地継手では継手の真直度が出ていない場合もあり、一周の間で開先幅が変化するため随時オシレート幅の調整が必要となることが予測される。そのため、開先倣い機構を開発することによって、オシレート幅の設定および狙い位置調整の省略を図った。

本開発装置は現地溶接での使用も前提としているため、可能な限りシンプルで壊れない機構が望まれる。そこで、倣い用に別途機器を必要としないAVC制御によるZ軸変化量を閾値に用いた手法の開発を行った。図4に開先倣い機構の概念図を示す。本機構のポイントは、狭開先においても、斜切電極の偏向アークにより、壁に近付いた時に開先底部から開先壁へアークが移行できる

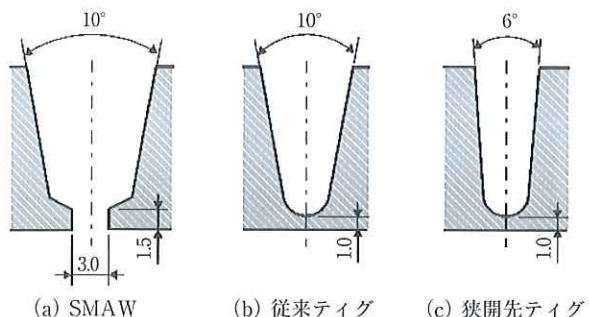


図2 開先形状の比較図

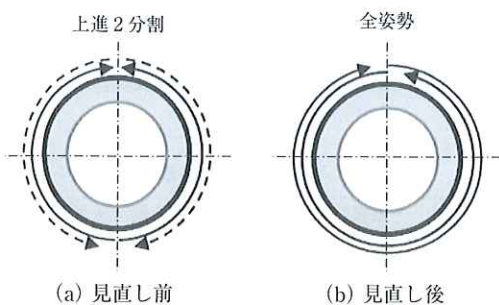
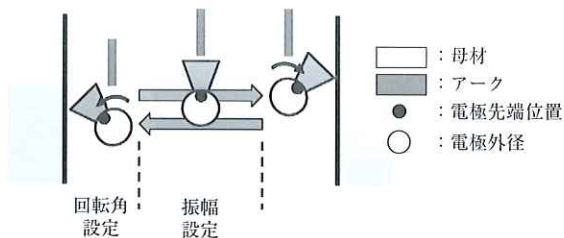
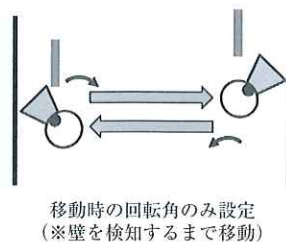


図3 溶接施工シーケンス比較図



(a) 従来の機構（溶接前に振幅を数値設定）



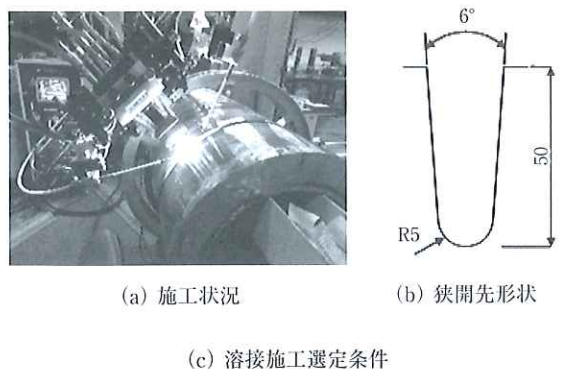
(b) 新規開発の機構（溶接中に振幅を自動制御）

図4 開先倣い機構の概念図

ことである。事前の設定項目は、①電極の回転角と②壁と認識させる（進行方向を折返す）Z軸の変化量のみである。ウィーピング移動時は、向かう壁方向に電極回転してアークを指向させ、壁を検出するまで移動する。検出後は、反対側へ電極を回転し、検出するまで平行移動を行う。この動作を繰り返すことで、開先を造ることが可能となる。

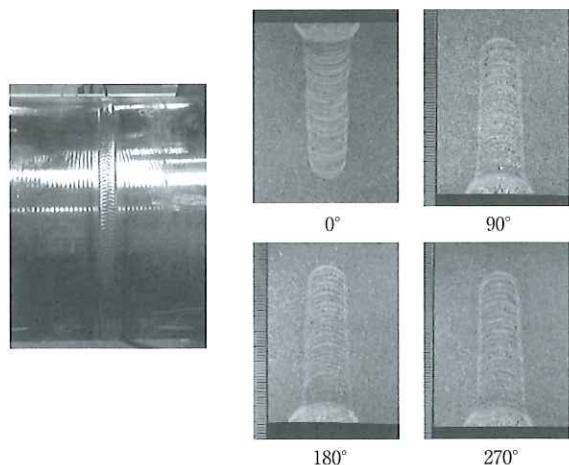
### 2.3.3 開先做い機構による全姿勢溶接

狭開先に対する開先做い機構の実機適用性評価として、9Cr系配管を用いた施工性検証試験を実施した。全姿勢において開先做い機構は有効に機能し、ほぼ放置した状態で溶接施工が可能であった。なお、オペレータによる溶接状況の確認は溶接線前後に配置したCCDカメラの映像で行った。溶接試験状況と溶接施工選定条件



(c) 溶接施工選定条件

溶接区分	1～8(1周を8分割)
溶接電流(ピーク/ベース)	300/220 A
アーク電圧	10 V
溶接速度	3040 mm/min
ワイヤ送給速度(ピーク)	1000～1530 mm/min
ワイヤ送給速度(ベース)	600～900 mm/min



(d) 溶接後のビード外観と断面マクロ

図5 9Cr系配管を用いた施工性 検証試験結果

件、および溶接施工後の90度ごとの断面マクロ結果を図5に示す。溶接継手はJISに則ったRTおよびUTによって、有害なきずは認められないことを確認した。

## 3 実工事への適用

### 3.1 工場溶接への適用

基礎試験で確立した条件を基に、実機の9Cr系鋼配管(外径457.0mm, 肉厚74mm)に対して溶接施工を実施した。実機施工は表1に示す3つのステップで実施した。施工時の状況を図6に、適用結果を表2に示す。各ステップにおける実機溶接では非破壊検査としてRT(ASME: American Society of Mechanical Engineers 要求)およびUT(社内自主検査)を実施して合格であることを確認した。

ステップ1では電極回転機構の実機適用を実施し、適切な施工が確認された。ステップ2ではステップ1と同じ機構を用い、溶接士1人で溶接機2台を操作し、2継手の同時施工を実施した。装置の段取り替えによってステップ1と比較して若干の施工時間の増加が認められた

表1 実機配管への適用ステップ

項目	操作台数	電極回転	開先做い	ワイヤ回転
ステップ1	1	適用	-	-
ステップ2	2	適用	-	-
ステップ3	2	適用	適用	適用

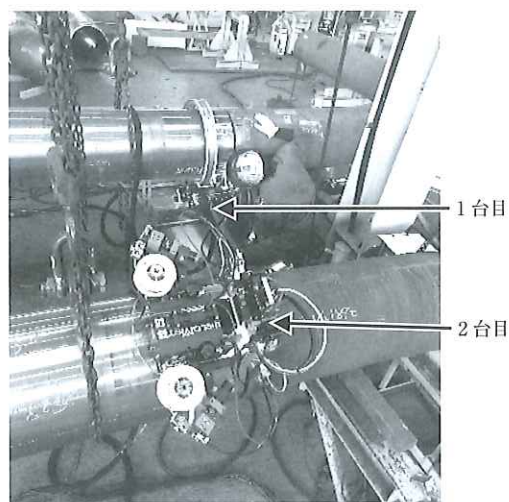
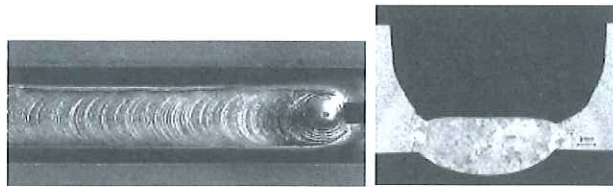


図6 施工状況

表2 実機配管への適用結果

溶接方法	手溶接*	全姿勢自動ティグ溶接		
		1継手施工	2継手施工	3
施工継手	1継手	1	2	3
ステップ	-	1	2	3
施工時間	58.8	54.0	58.5	51.5

\*手溶接の施工時間は、開先断面積と作業効率から算出した参考値

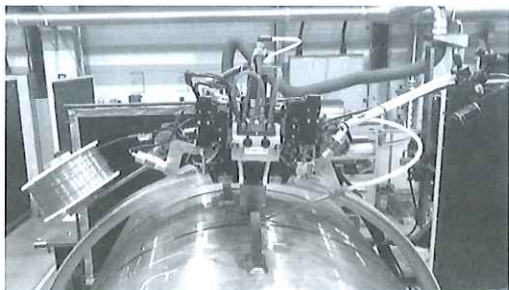


(a) ビード外観 (b) 断面マクロ

写真1 ルートギャップあり開先での溶接試験結果の一例 (ルートギャップ3mm)



(a) 試験体外観



(b) 溶接機外観

写真2 ルートギャップを変化させた配管での溶接試験状況

が、1台操作時と同レベルの時間で2継手の施工が可能であることが確認された。ステップ3ではステップ2に開先做いとワイヤ回転機構を追加し、溶接経験3年未満の非熟練者で施工を実施した。施工の結果、各種機能の活用によって非熟練者でも安定した品質の溶接継手が施工可能であり、溶接施工に要する時間も短縮することができた。これらの結果から、工事適用可能と判断した。これまでに12件の実工事に適用しており、今後も実工事への適用を計画している。

### 3.2 現地溶接への適用

本自動溶接機の開発は工場溶接の適用とともに現地溶接への適用もターゲットとしている。これまでに7件の現地工事に適用し、工場溶接と同等の成果が得られている。また、全姿勢（2台/継手）/人による能率向上や横



写真3 溶接中の裏波溶融状況（左）と初層溶接後の裏波外観

向姿勢への展開も進めている。

一方、現地工事特有の課題として、開先合せが挙げられる。工場の自動溶接ではルートギャップをゼロとして適用しているが、現地溶接では開先合せでルートギャップをゼロとすることは困難なため、適用対象が限定されているのが実状である。そのため、ルートギャップを持つ開先には初層を手溶接、残層に自動溶接を適用することで対応しているが、初層からの自動溶接適用への要望は大きい。

初層の溶落ちを防止するためにはルートギャップ中心の入熱を抑制することが有効であるが、厚板狭開先では平行オシレートができないため、斜切電極を回転させることで同様の効果を実現した。一例としてルートギャップ3mmのビード外観および断面マクロを写真1に示す。これまでに、ルートギャップに応じた施工条件を最大4mmまで選定している。

現在、ルートギャップ変化への対応可否を検証している。溶接試験の状況を写真2、写真3に示す。9Cr鋼大径管（外径965.2mm、肉厚50mm）を用い、ルートギャップを0～3mmに変化させた状態で仮組みを行い、全姿勢溶接試験を実施した。溶接条件をステージ分けして設定し、溶接の進行とともに自動で条件変更させることで、全姿勢において安定した裏波溶接が可能であることを確認した。本年度、本技術を実工事に適用予定である。

## 4 おわりに

安定した品質と工期短縮の実現および熟練工依存からの脱却を目的に、狭開先全姿勢ティグ溶接機を開発した。また、本溶接機の実工事適用により、手溶接と比較して半分の工数での施工を実現した。

今後も、高い品質を維持しつつ工期短縮を目指した技術開発を進める。

# 溶接外観検査ソリューションによる 溶接後工程の自動化

小松 嵩宙

パナソニック スマートファクトリーソリューションズ(株)  
熱加工システム開発総括部 アーク・ロボティクスソリューション開発部

## 1 はじめに

溶接で「Only One」を追求し続ける当社は、これまでに「フルデジタル溶接機」や「融合」をコンセプトとしたアーク溶接ロボット「TAWERS」を製品化した。多くのユーザーから高い評価をいただいている。「TAWERS」は、生産性、溶接品質、操作性、IT活用、メンテナンス、トータルコスト等ユーザーからいただく様々なご要望にお応えするために開発した「アーク溶接専用ロボット」で、「The Arc Welding Robot System」の頭文字をとり「TAWERS」と命名し2004年10月に発売した<sup>1)</sup>。「TAWERS」は2004年の発売以降もワイヤ送給を正送および逆送を繰り返し制御することでスパッタ量を大幅に削減した「Active TAWERS」(2010年4月)を発売し、その後も高出力・高精度のサーボモータを採用し、モータとフィードローラを直結したダイレクトドライブ機構にすることで、より高精度なワイヤ送給制御によってスパッタ量削減を実現した「Super Active TAWERS」(2017年3月)を発売し、2019年には「Super Active TAWERS」の低スパッタ・高速溶接性能を継承

しつつ、高電流化により、さらなる高速溶接と、中厚板溶接での低スパッタ化を可能とし、ワーク適用範囲拡大および高生産性を実現した「Super Active TAWERS HP」を発売した。このように当社は溶接工程の高生産性・高品質溶接に向けて様々なソリューションを提供し続けてきた。

溶接工程ではこのように様々な進化を続けてきた一方で、現状の溶接現場では溶接前後工程を中心に適正人材の不足や人件費の高騰など生産設備を維持する「人」に起因する課題が増加しているのが現状である。今回は溶接後工程に着目して代表的な課題とその課題に対する当社が開発してきたソリューションを説明する。

アーク溶接ロボットを用いた溶接工程の後工程としては溶接ビードの外観検査工程が存在する。この外観検査工程は多くの溶接現場で人による目視検査が主流である。自動車部品の溶接工程では1日に何万点もの溶接ビードを目視検査することになり、検査担当の作業者の負担は非常に大きかった。また、溶接ビードの目視検査のため、誰もが行えるというのではなく、溶接ビードの可否を判定できる高いスキルを持った人材の育成が必

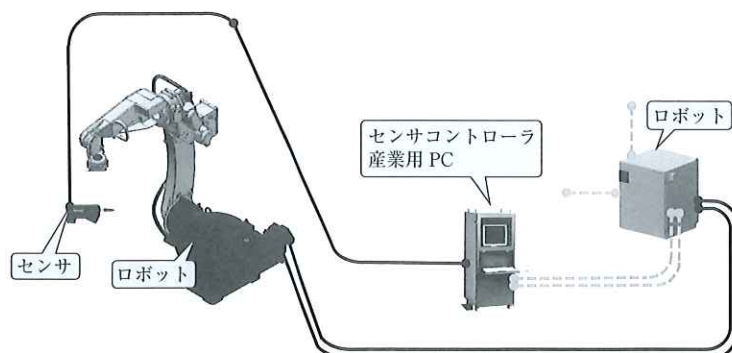


図1 Bead Eyeのシステム構成

要となり、今後の労働者不足を考えるとスキルを持った人材の確保が難しいという課題もある。このようなスキルを持った人材でさえ、どうしても検査判定結果が人によりばらつく、検査結果の数値化ができないなど、品質トレーサビリティの確保が難しいといった課題も存在している。

当社ではこの課題に対して溶接後の外観検査をAI (Artificial Intelligence) 技術・3次元データ解析技術を用いて自動化・省人化する溶接外観検査ソリューション Bead Eye (ビードアイ) をリンクウィズと共同開発した。

## 2 Bead Eyeのシステム構成

Bead Eyeのシステム構成を図1に示す。Bead Eyeの主な構成要素としてはロボット、センサ、センサコントローラ、産業用PCで構成される。図1に示す通り、ロボットのフランジ部にセンサを取り付ける。センサは青色レーザを用いた光切断方式のセンサを採用しており、溶接ビード形状を高精度に検出することが可能である。

センサで検出した3次元データはセンサコントローラで処理され、産業用PCに送信される。産業用PCでは、取得した3次元データの前処理などが行われた後、あらかじめ設定された外観検査設定に基づき判定を行う。今回採用した産業用PCは高性能なGPU (Graphics Processing Unit) を搭載しており、高速な演算や画像処理、AI推論が可能である。また検査データを保存する記憶装置には2つのSSDでミラーリング記憶する構成を採用しており、耐障害性を高めている。

検査の開始タイミングについてはI/OやEthernet通信によってロボットからセンサコントローラや産業用PCより指示される。ロボットが取得した判定結果などは開始タイミングとは別のI/Oやフィールドネットワーク通信によってロボットよりシステムPLCに対して通知することが可能である。

## 3 Bead Eyeを用いた検査の流れ

Bead Eyeを用いた検査の流れ(図2)は下記の通りである。

### (1) 溶接ビードスキャン

ロボットにセンサを取り付け、ロボットが検査対象の溶接ビード上を移動することで、溶接ビードの3次元形状の座標データを取り込む。

### (2) 検査判定

溶接ビードスキャンによって取り込んだ溶接ビードの3次元データより溶接ビードの判定を行う。Bead Eyeでは検査ロジックとして2つのロジックを保有している。

1つ目がAI検査、2つ目が良品比較検査である。これらの2つの検査ロジックはどちらか一方を使用するのではなく、両方の検査を用いることでより多くの溶接欠陥に対して検査を行うことが可能である。

### (3) トレーサビリティ

検査結果などは産業用PCに保存することにより、デジタルデータとして蓄積することが可能である。

## 4 Bead Eyeの特徴

Bead Eyeは2つの検査ロジックを有していることが大きな特徴である。1つ目がAI検査、2つ目が良品比較検査である。本章ではそれぞれの検査ロジックについての概要と、2つの検査ロジックを有することによる効果を説明する。

### 4.1 AI検査

AI検査では、溶接ビードの3次元データを当社があらかじめ学習させたAIエンジンにて検査をかけると、図3のように溶接ビード上の様々な溶接欠陥の要因と欠陥箇所を特定することができる。近年様々な分野でAIが活用されるようになったが、AIを活用する上で一般的には大量のデータを用いてあらかじめ学習させる必要

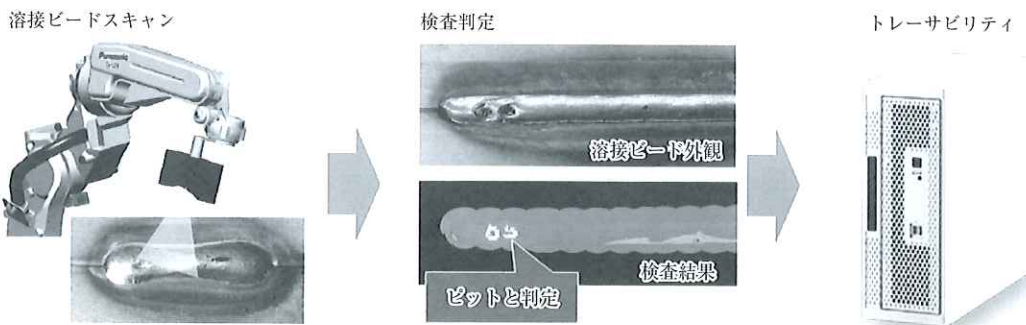


図2 Bead Eyeを用いた検査の流れ

がある。AIはあらかじめ学習したデータに基づいて推論が行われるため、学習量が少ないと正確な判定ができない。しかし、本ソリューションでは当社がこれまで蓄積した豊富な溶接実績やノウハウを基にあらかじめ学習させたAIエンジンを標準搭載している。これにより導入後、ユーザーごとに、新たにデータを学習させることなくすぐにAIエンジンを用いた外観検査を使用できる点が大きな特徴である。またそれぞれの溶接欠陥において判定の実施可否や、サイズや個数などのしきい値を設定することが可能であり、ユーザーの検査基準に合わせたAI検査設定が可能である。

## 4.2 良品比較検査

もう1つの検査ロジックである良品比較検査では、図4に示す通り、あらかじめ良品の溶接ビードを登録しておき、良品の溶接ビードとの差異を比較することで判定を実施する。本方式を採用することにより、簡単な設定で、溶接外観検査を実現することができる。

良品比較検査の検査設定は良品マスターとの差異の範囲については図5に示す通りユーザーで設定することが可能である。良品マスターデータと比較して、へこみ許

MIN	Steps	VMin	Steps	VMax	Steps	Max
-3	16 ▼	-0.5	15 ▼	0.8	16 ▼	2.5

Min/Max values in [mm]

図5 良品比較検査におけるしきい値設定

容値からふくらみ許容値の範囲内のデータがどの程度の割合で存在するかで判定を行う。

この判定基準は検査箇所ごとに設定することが可能であり、検査箇所に応じて検査基準を変更することができる。例えば重要な溶接箇所については通常の判定基準とは異なった厳しいしきい値にて判定するという使い方や、溶接箇所によっては、ビード欠けは必ず不合格としたいが、溶着量が多い分についてはある程度許容できるということであればへこみ許容値だけを厳しく判定するということも可能である。

同様に本検査は1回のスキャンした溶接ビードの3次元形状データにおいて複数の判定を行うことも可能であ

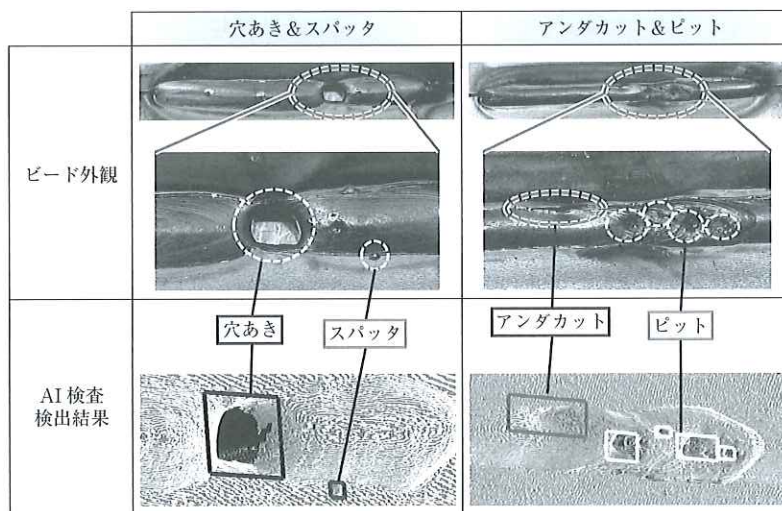


図3 AI検査結果

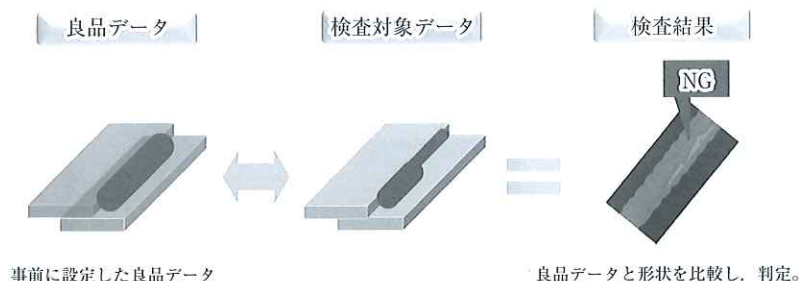


図4 良品比較検査



表1 検査ロジックと判定できる溶接欠陥種別

溶接欠陥	検査ロジック		
	AI検査 ※パナソニック 独自技術	良品比較検査	Bead Eye
良品マスターとの良品比較		○	○
ビード欠け		○	○
ビード位置ずれ		○	○
余盛不足/過多		○	○
ビード幅不足/超過		○	○
ビード長さ不足/超過		○	○
穴あき	○		○
ピット	○		○
アンダカット	○		○
スパッタ	○		○

る。例えば溶接ビード全体の判定だけでなく、溶接開始部と溶接終了部だけは個別にも検査を行い、厳しい基準で判定を行うということも可能である。

### 4.3 2つの検査ロジックの組み合わせ効果

この2つの検査ロジックを組み合わせることで様々な溶接欠陥に対応することを可能としている。

表1にはそれぞれの検査ロジックで判定できる溶接欠陥を示している。表1に示す通りAI検査は溶接欠陥発生時に溶接ビード上にあらわれる特徴的な形状変化を見つけることが得意である。従来3次元形状データから微小な形状変化であるピットや、スパッタという細かい形状変化を正確に特定することは困難であったが、AI検査を用いることで従来は検出できなかった微小な溶接欠陥までを検出することが可能である。当社の検証において最小で0.5mmまでのピットやスパッタまで特定することが可能である。一方、ビード欠けなどやビード位置ずれといった溶接欠陥は溶接ビードの3次元形状データだけを見ても特徴的な変化がでにくいいため、AIによる判定が難しい。そこでこれらの溶接欠陥については、良品マスターと比較するという方式を採用することで溶接欠陥の検出を可能としている。このように2つの検査ロジックを有することで多くの溶接欠陥に対応することが可能である。実際の運用においてはAI検査と良品比較検査の両方の検査に合格したときを検査合格とし、どちらか一方に不合格の判定がなされた場合は、検査不合格と判定する。

また、外観検査結果は前述の通りデジタルデータとして産業用PCに保存することが可能である。外観検査結果を蓄積・解析することで、溶接欠陥の多い箇所は溶接条件を適切な値に見直すことにつなげることが可能である。

以上のとおり当社が開発したBead Eyeを活用することで溶接後の検査工程を「人」による目視検査から自動化・省人化して作業負荷を低減し、検査基準を統一するとともに、検査結果をデジタル化することでトレーサビリティの確保など溶接現場のさらなる生産性向上、溶接品質向上に向けて貢献できるものと考えている。

## 5 Bead Eyeの導入による効果

Bead Eyeは当社プロセスエンジニアリングセンター(大阪、埼玉、愛知)にて実証試験を行うことが可能であり、自動車部品の溶接外観検査を中心に実証事例が増えてきている。その中で多くの部品の外観検査が本ソリューションによって判定可能なことが確認されている。これらの取組みにより今まで2人体制で実施していた外観検査を1人に削減していくケース、外観検査時の補助機能として使われるケース、完全無人化を目指すケースなどユーザーのライン構成に応じた具体的なシステム構想の検討も始まっている。

## 6 おわりに

今後、溶接現場において適正人材の不足や人件費の高騰など生産設備を維持する「人」に起因する課題が増えていく中で、溶接工程そのものだけでなく、溶接後工程の検査に対して省人化・自動化につながるソリューションであるBead Eyeを開発した。これらのソリューションについては、さらなる省人化・自動化を目指して今後もAIを進化させていくことで適用材質、適用ワークの拡大を展開していく予定である。

また、当社の強みである溶接工程で取得可能な様々な溶接に関するデータと今回開発した外観検査のデータを紐づけていくことで、外観検査の不良の傾向などから生産時の溶接条件を最適化するなど溶接欠陥そのものを減らしていくアプローチも行っていく予定である。

今回は、溶接後工程の自動化に焦点をあてたソリューションについて記述したが、当社は溶接前工程の省人化・自動化ソリューションや溶接工程全体の見える化ソリューションも同時に展開を始めている。これらの溶接前後工程や溶接工程の見える化のソリューション展開を通じてお客様の生産性向上、溶接品質の向上にさらなるお役立ちができるよう今後とも貢献していきたい。

### 参考文献

- 1) 川本篤寛：溶接技術, Vol.53 (2005) 12月号 溶接電源融合型ロボット「TAWERS」のアーク溶接制御

## ゼロエミッション

エミッション（排出）をゼロにすることで、1994年に国連大学が提唱した考え方。あらゆる廃棄物を原材料などとして有効活用することにより、廃棄物を一切出さない資源循環型の社会システムをいう。狭義には、生産活動から出る廃棄物のうち最終処分（埋め立て処分）する量をゼロにすることを指す。

具体的には、生産工程での歩留り（原材料に対する製品の比率）を上げて廃棄物の発生量を減らし、廃棄物を徹底的にリサイクルすることを目指す。国内では、環境管理の国際規格ISO 14001の普及や埋め立て処分費用の上昇とあいまって、工場のゼロエミッションに取り組む企業が増えている。

A社の副産物をB社の原材料に転換したり、B社の廃棄物をC社の再生資源に転換したりして、企業間の連携によりゼロエミッション化を目指すアプローチもある。また、こうした企業間の連携を効率的に行うよう、関連産業を集積するエコタウン事業もある。

## カーボンオフセット / カーボンニュートラル

カーボンオフセットは、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出をまずできるだけ減らすように努力をした上で、それでも排出してしまう温室効果ガスの

排出量を、他の場所での削減・吸収活動（削減・吸収量）により埋め合わせようという考え方。他の場所での削減・吸収活動とは、例えば森林の管理・育成などの森づくりにより二酸化炭素の吸収を促す活動やバイオマス・風力・水力・太陽光発電など再生可能エネルギーの利用や高効率省エネ機器の導入などにより温室効果ガスの削減を実現できる活動であり、個々に行う活動としては実施することが難しいような活動になる。

他の場所での活動により削減・吸収された温室効果ガスは、一定のルールに基づき定量化することで「クレジット」と呼ばれるものに変えることができ、市場で取引が可能となる。カーボンオフセットをする際にはこのクレジットを購入し無効化をすることで埋め合わせをする。クレジットを購入することを通じて、森づくりや再エネの利活用・高効率省エネ機器の導入といった活動により多くの資金が循環することになり、さらなる温暖化対策が実現できるようになる。

カーボンオフセットされた商品は環境貢献型商品とも呼ばれ、消費者としてその商品を購入することが、森づくりを通じた二酸化炭素の吸収、再生可能エネ導入等の温室効果ガスの削減プロジェクトの支援を行うことにもなる。

カーボンニュートラルとは、カーボンオフセットの取組みをさらに深化させ、事業者の活動から排出される温室効果ガス排出総量のすべてを他の場所での排出削減・吸収量でオフセット（埋め合わせ）する取組み。