県内ものづくり企業の早期復興を支援する溶接技術高度化事業

－平成 30 年度東日本大震災復興推進基金活用事業－

Improvement of welding technique to support manufacturing industry in region affected by disaster

加藤　大樹、佐々木　正司

溶接は、作業を行う溶接士の技量が加工品質に大きく影響する加工技術であり、優れた品質を得るためには溶接士自身に高い溶接技能が求められる。一方で、震災以降は復旧関連事業の増加などで需要があるにも関わらず、技術力不足のため継続的な受注に結びつかない場合もあり、業界として未だに厳しい状況が続いている。

そこで本事業では、溶接士を早期に育成するためのシステムの開発ならびに県内企業を対象とした講習会、実習の開催を通して、県内の金属、鉄工関連業界の早急な人材育成と技術支援を行う。

昨年度は、未熟練者の溶接品質が劣る原因の一つとして、溶接トーチ高さのばらつきが大きいことを示した。そこで本年度は、トーチ高さを矯正するためのトーチ動作矯正システムを作製し、実証試験を行った。その結果、作製したシステムを使うことで高さのばらつきが低減し、溶接品質が向上することを明らかにした。また、県内企業向けに最新の溶接関連技術等に関する講習会および実習を開催した。

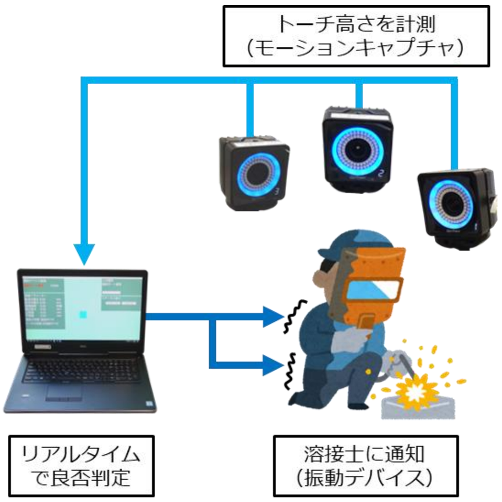


図１　トーチ動作矯正システム

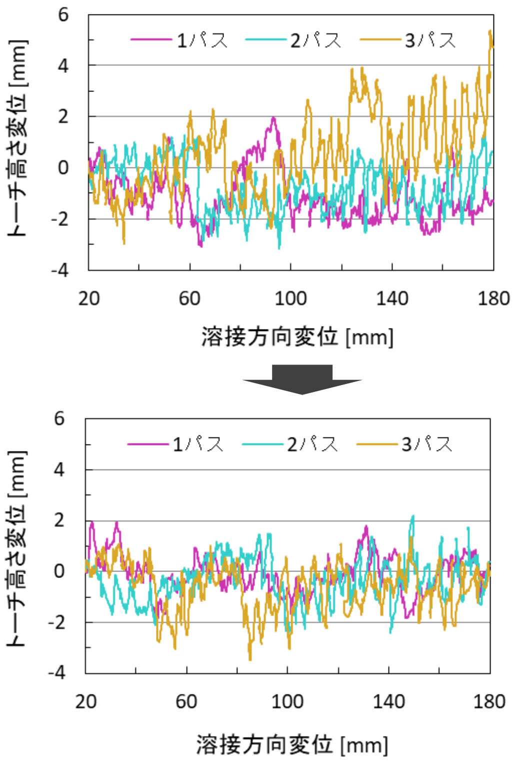


図２　溶接中のトーチ高さ（上：システム不使用時、下：システム使用時）

１．はじめに

金属溶接は、機械、鉄骨、配管、建築、造船など様々な業種が必要とする技術であり、溶接士の技量は品質を左右する重要な要素である。震災以降は復旧関連事業の増加や製造業の生産の回復により新規求人数が伸びている一方で、一部の熟練溶接士においては高い収益を求め県外へと流れるという状況もあり、県内企業での人材減少は否めない。

その結果、技術力不足のため継続的な受注に結びつかない場合もあり、業界として未だに厳しい状況が続いている。このような現状から脱却するため、溶接士のレベル向上が急務となっているが、それには相当な期間と費用を要するという課題がある。

そこで本事業では、県内の金属鉄工関連企業に対し、早急な人材育成と技術支援を行うことを目的とし、溶接士の効率的な育成システムを開発するため、熟練者と未熟練者の間で大きな差が出る要素であると考えられるトーチ動作について計測ならびに解析を行い、トーチ動作と技量の関係性を明らかにする。また、人材育成の取り組みとして、最新の溶接関連技術等に関する講習会や実習を実施する。

昨年度までに、熟練者に比べ未熟練者の溶接品質が劣る原因の一つとして、溶接トーチ高さのばらつきが大きいことを示した。そこで今年度はこれを矯正するためのトーチ動作矯正システムを作製し、実証試験を行った。また、県内企業を対象として溶接プロセスの監視システム、溶接の実技、および溶接材料に関する講演会、実習を開催した。

２．実施内容

２．１　高度溶接技術の見える化と育成システムの構築

２．１．１　トーチ動作矯正システムの作製

青森県内のものづくり企業で行われる金属加工は、鉄鋼製品の加工、製造がその大多数を占めており、これには半自動溶接が広く使用されている。そこで昨年度に、シールドガスとして炭酸ガスを使用する半自動炭酸ガスアーク溶接についてトーチ動作計測および動作解析を行い、トーチ高さのばらつきと技術レベルの間に相関がある事を明らかにした。そこで今年度は、溶接士の育成に使用できるツールとして、トーチ高さを矯正するためのトーチ動作矯正システム（以下、矯正システム）を作製した。

本矯正システムの模式図を図１に示す。本矯正システムでは動作計測を行うため H28 年度導入の NaturalPoint 社製モーションキャプチャ OptiTrack を使用している。データ処理の流れは以下のとおりである。まずはモーションキャプチャによってトーチ動作を取得し、データを良否判定用ソフトウェアに送る。この動作データを受け取った良否判定用ソフトウェアは、現在のトーチ高さが適正範囲内であるかどうかをリアルタイムで判定する。トーチ高さが適正範囲から逸脱したならば（図２)、振動または音声によって作業者に通知する。

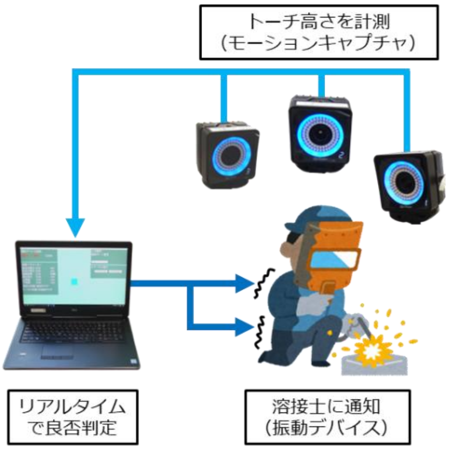


図１　トーチ動作矯正システム

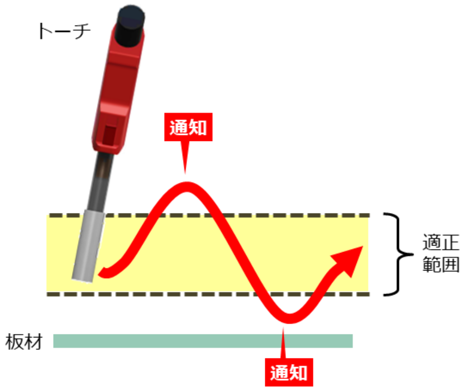


図２　トーチ高さの良否判定

２．１．２　実証試験方法

（１）溶接方法

本矯正システムの矯正効果を実証するため、未熟練者 2 人（a、b）を対象に、本矯正システムを使用しなかった場合と使用した場合それぞれの溶接品質およびトーチ動作の比較を行った。溶接機はパナソニック溶接システム(株)製半自動溶接機 YD-350AZ4 を使用した。
溶接材料、溶接姿勢、および溶接作業条件を表 1 に示す。また、比較のため全ての継手について、表 2 に示す設定電流および設定電圧を適用し、後進溶接かつ 3 層 3 パスで溶接を実施した。

表 1　溶接作業条件

試験材料	材質	軟鋼 SS400
	寸法	l 200mm × w 125mm × t 9mm
溶接ワイヤ		YGW-12　φ1.2mm
シールドガス		100% CO_2
裏当て金		有り
溶接姿勢		下向
開先形状		V 型（開先角度 60°）

表 2　溶接電流および溶接電圧設定条件

パス	設定電流 [A]	設定電圧 [V]
1	180	22
2	170	21.5
3	160	20

（２）動作計測

本試験では、矯正システムを構成しているモーションキャプチャを用いて、同時に動作計測を行った。計測箇所は最も溶接品質に影響すると思われるコンタクトチップ先端とした。また、サンプリング間隔は 0.01 秒とし、溶接長 200mm のうち始終端部各 20mm を除く 160mm について評価した。

（３）矯正システムの設定

本矯正システムを使用するにあたっては、トーチ高さがどのような値であれば適正とみなすか、その範囲の設定が重要となる。今回は予備試験として同溶接条件下で熟練者に溶接してもらい、その計測結果に基づいて表 3 に示す通りに適正範囲を定めた。この適正範囲を 0.1 秒以上継続して逸脱してからトーチ高さが適正範囲内に戻るまでの間、通知用の振動デバイスが振動し続ける。トーチが高すぎるときと低すぎるときを場合分けして通知するため、適正範囲下限を超えた場合は下脚部が、上限を超えた場合は上腕部が振動するように、2 個の振動デバイスを作業者に固定した。

表 3　トーチ高さの適正範囲

パス	上限値 [mm]	下限値 [mm]
1	1.5	4.5
2	6.0	10.0
3	7.0	11.0

※母材表面を基準としたトーチノズル先端の高さ

（４）溶接継手の評価試験

溶接の良し悪しを正しく把握するため、溶接継手の外観試験を行いビード波形等について評価した。さらに JIS Z 3841 および JIS Z 3122 に定められたとおりに加工した試験片について曲げ試験（表曲げ、裏曲げ）を行い、溶接欠陥の発生状況等を評価した。なお、それぞれの評価基準につ

いては平成 29 年度青森県溶接技術競技大会審査内規を参照し、外観試験、表曲げ、裏曲げ各 100 点からの減点方式（合計 300 点満点）とした。

２．１．３　実証試験結果

作製した溶接継手について、外観試験および曲げ試験による品質評価結果を図 3 に示す。未熟練者 a、b ともに、矯正システム使用時の方が、不使用時と比較して高い溶接品質を得られていた。

次に、各作業者の矯正システム不使用時と使用時の作業について、溶接中のトーチ高さの変化を図 4 に示す。トーチ高さは、溶接開始点から 20mm 地点での高さを基準にした変位として表している。また、トーチ高さについて、最高点と最低点の差および標準偏差によりパスごとに比較した結果を表 4 に示す。ほとんどのパスにおいて、使用時の方が不使用時よりも高さのばらつきが小さかった。未熟練者 b の第 1 パスでは矯正システムの効果が表れていないが、これは、不使用時においても適正範囲内に収まるような安定したトーチ高さを維持できていたためである。

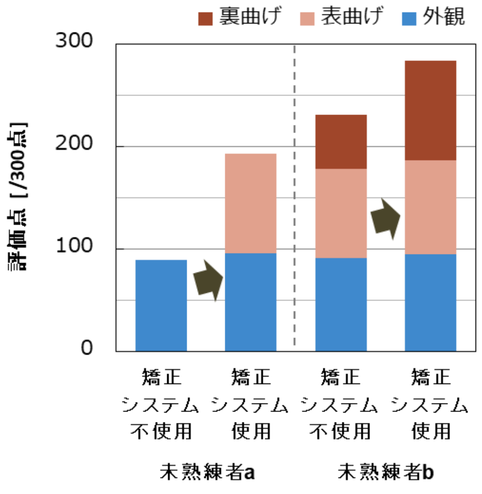


図 3　継手の評価試験結果

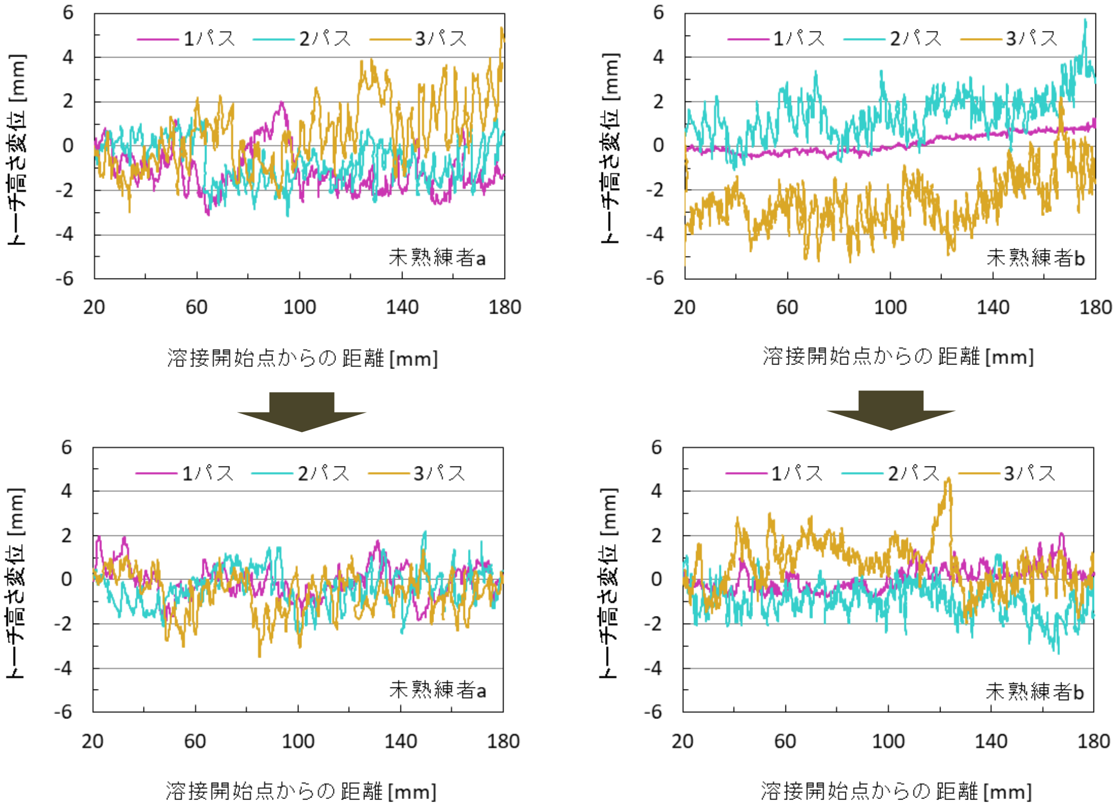


図 4　溶接中のトーチ高さ
（左上：未熟練者 a　矯正システム不使用時、左下：未熟練者 a　矯正システム使用時、
右上：未熟練者 b　矯正システム不使用時、右下：未熟練者 b　矯正システム使用時）

表４　トーチ高さのばらつき

パス	未熟練者 a 矯正システム不使用	未熟練者 a 矯正システム使用	未熟練者 b 矯正システム不使用	未熟練者 b 矯正システム使用
1	5.1mm (1.0)	4.0mm (0.7)	1.9mm (0.4)	2.9mm (0.5)
2	4.4mm (0.9)	4.6mm (0.9)	6.8mm (1.1)	4.5mm (0.7)
3	8.3mm (1.5)	4.9mm (0.9)	7.7mm (1.2)	6.6mm (1.1)

※かっこ内は標準偏差

２　高度溶接技能人材の育成（一般社団法人青森県工業会委託事業）

２．２．１　講演会

（１）「ハイスピードカメラによる溶接プロセスの可視化と解析」

日時：平成 30 年 7 月 3 日（火）13:00～16:10
場所：八戸工業研究所 実験棟研修室
講師：石井清一 氏（㈱ナックイメージテクノロジー　計測営業部）
参加：18 名
内容：ハイスピードカメラを使用した溶接プロセスの可視化・解析について講義した。

（２）「溶接技術の見える化と動作矯正システムの開発」

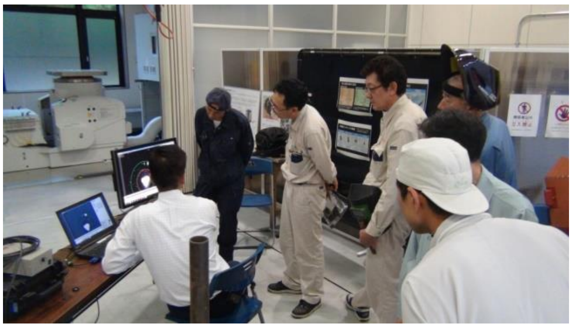
日時：平成 31 年 2 月 20 日（水）13:05～13:35
場所：八戸工業研究所 実験棟研修室
講師：加藤大樹（八戸工業研究所）
参加：16 名
内容：本事業における研究開発の成果について紹介した。

（３）「高機能な溶接材料の紹介」

日時：平成 31 年 2 月 20 日（水）13:40～15:30
場所：八戸工業研究所 実験棟研修室
講師：高田徹 氏（㈱神戸製鋼所 溶接事業部門 マーケティングセンター東日本営業室 東北営業所）
参加：16 名
内容：高機能なフラックスコアードワイヤについて、動画による作業性の比較を交えて紹介した。

２．２．２　実習

（１）「ハイスピードカメラによる可視化実習」

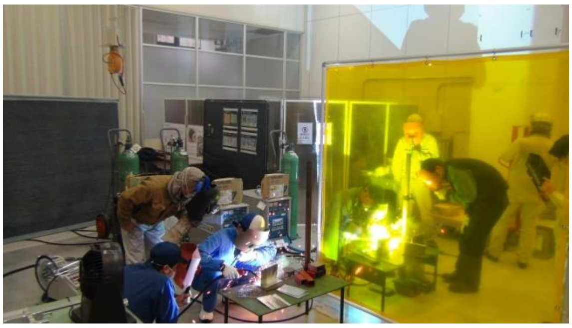


日時：平成 30 年 7 月 3 日（火）13:00～16:10
　　※講演会と同時開催
場所：八戸工業研究所　実験棟
講師：藤井慎二　氏（㈱ナックイメージテクノロジー 計測営業部）
参加：16 名
内容：ハイスピードカメラを使用して実際に溶接プロセスを撮影し解析する実習を行った。

（２）　高度溶接技能実習「半自動炭酸ガスアーク溶接」

日時：平成 30 年 11 月 8 日（木）13:00～17:00
場所：八戸工科学院 機械第二実習場
講師：中里政人志　氏（高度熟練技能者、あおもりマイスター）
　　佐藤　薫　氏（㈱高橋製作所　生産管理部　製缶課長、あおもりマイスター）
参加：11 名
内容：半自動炭酸ガスアーク溶接（下向、立向、横向）のコツについての説明後、2 人の講師が、各参加者のレベルや要望に合わせて指導した。

（３）高機能な FCW の実演・体験実習



日時：平成 31 年 2 月 20 日（水）13:40～15:30
　　※講演会と同時開催
場所：八戸工業研究所　実験棟
講師：秋山了亮 氏（神鋼溶接サービス㈱ CS 推進部 CS グループ）
参加：16 名
内容：高機能なフラックスコアードワイヤを使い、体験実習を行った。

３．まとめ

本事業は、被災地域を中心とする金属・鉄工関連業界における接合技術向上を促進するための溶接技能評価に関する研究開発と、講演・実習をとおした一連の人材育成の 2 つの取組によって、被災から低迷している金属、鉄工関連業界での復興・復旧の加速化を図るものである。

トーチ高さを矯正するためのトーチ動作矯正システムを作製し、実証試験を行った。その結果、作製したシステムを使うことで高さのばらつきが低減し､溶接品質が向上することを明らかにした。人材育成については県内企業を対象とし、講演会、研究発表および実習を合わせて 6 回（同時開催含む）開催した。