

溶接技術の高度化に関する調査研究

長谷川 雅人* 五十嵐 宏* 大野 宏** 平石 誠** 馬場 大輔* 田村 信** 菅野 明宏***

Study on Improvement of Welding

HASEGAWA Masato*, IKARASHI Hiroshi*, OHNO Hiroshi**, HIRAISHI Makoto**, BABA Daisuke*,
TAMURA Makoto** and KANNO Akihiro***

1. 緒 言

アーク溶接、ガス溶接やレーザ溶接は、県内でも多くの企業に普及している工業生産活動には欠くことのできない技術である。これらの溶接技術自体は歴史もあり、比較的成熟した技術である。しかし、近年ロボットを使った溶接が普及してきており、この分野に関してはまだまだ課題が多い。つまり、自動化、省力化を狙って溶接ロボットを導入しても、ティーチングに時間がかかる、溶接によるワークの熱変形で狙いが溶接線から外れるなどの問題が発生し、結局期待したほどの効果があがらずに悩んでいる企業が多い。

そこで、溶接ロボットの導入においてティーチングや溶接線狙いのズレなどが、県内企業でどの程度問題となっているのかを調査するとともに、それらの問題を解決するための研究を行った。また、レーザとアークの二つの熱源を組み合わせて互いの欠点を補完し、従来にない高品位で高能率な溶接ができると言われているハイブリッド溶接についても調査した。

2. 県内企業の現状と研究テーマ意向調査

県内溶接関連企業 18 社を訪問し、どのよう

な溶接を使いどんな製品を製造しているか、工業技術総合研究所に対し何を研究対象として望むのかを、ハイブリッド溶接、自動追尾溶接、簡易ティーチング技術についての研究を候補として提示し調査した。

さらに、訪問した企業の中から、工業技術総合研究所の研究に関心があり、研究テーマについて検討していただける方々に集まっていただき、検討委員会を 2 回開催した。

訪問調査、検討委員会での討議は以下のよう
に集約される。

- (1) ハイブリッド溶接については、用途やメリット・デメリットが明確でなく、導入には前向きになれないとの意見が多かった。
- (2) 多くの企業でロボットのティーチングに課題を持っており、簡易ティーチングには関心が高かった。
- (3) 自動追尾溶接については、簡易ティーチングと組み合わせて大幅な省力化ができる理想的なシステムにできないかとの意見に集約された。

3. 先端溶接技術セミナーの開催

県内企業に最新溶接技術の紹介・普及を図るため下記の 2 テーマについてセミナーを開催した。

3.1 「レーザ・アークハイブリッド溶接の特徴と応用」

講師：三菱重工業(株) 神戸造船所

* 上越技術支援センター

** 研究開発センター

*** 下越技術支援センター

先端製品・機械システム部

メカトロシステム設計課

主席技師 渡辺 眞生 氏

開催日：平成 20 年 11 月 11 日 (火)

参加人数：31 人

3.2 「溶接ロボットにおける倣い(アークセンサ)精度及びティーチング技術」

講師：コマツエンジニアリング(株)

産業システム事業部システム営業部

横山 祥二 氏

開催日：平成 20 年 12 月 18 日 (木)

参加人数：46 人

4. 調査研究

4.1 レーザ・アークハイブリッド溶接

レーザ・アークハイブリッド溶接（以下「ハイブリッド溶接」）は、レーザ溶接とアーク溶接を組み合わせたもので、両者の短所を補完した溶接方法である。その効果としては「要求ギャップ精度の緩和」、「高速度化」、「低歪」、「深溶け込み」、そして「溶接欠陥の抑制」などがあげられる^{1) 2)}。そこで、ハイブリッド溶接について技術調査を行うとともに本県における適用可能性について検討した。

4.1.1 現状技術の調査

表 1 に市販のハイブリッド溶接機の主要メー

カと、その装置の特徴を示す。ここでは三菱重工製のレーザとアークが同軸上に配置されている方式³⁾と、それ以外に大別できる。これらの適用先で最も多いのは自動車用鋼板類であり、Frounius 社の装置は VolksWagen や Audi のドア部溶接ラインにも導入されている⁴⁾。

また、欧州の Meyer 造船所ではハイブリッド溶接を用いた低歪溶接により、歪修正作業の簡略化を実現している^{5) 6)}。

その他は重工業向けや、手持ち溶接による薄物製品向けであるが、現時点での実用事例は少ないようである。

4.1.2 方向性

ハイブリッド溶接法の導入が進められているのは主に自動車と造船の分野である。これらの分野ではハイブリッド溶接に有効なロボットやガントリーシステムを用いた自動溶接ラインが多く、また設計製造から検査までの全工程を通したコスト検討が比較的容易である。

すなわちハイブリッド溶接は、そのシステムに対する大きな投資を、一貫した工程管理と自動化によって回収できる分野でのみ積極的に実用化が進められていくと考えられる。

4.1.3 まとめ

県内の溶接産業を俯瞰すると、大型構造物や産業機器、精密板金など対象は多岐にわたるが、

表 1 レーザ・アークハイブリッド溶接機の主要メーカーと特徴

メーカー	レーザ光源	アーク源	特徴
三菱重工業(株)	YAG, Fiber	TIG, MIG	レーザ・アーク同軸方式 (3 次元溶接に適している)
Precitec (ドイツ)	YAG, Fiber, Disc, LD	種々	ワイヤ横入れ方式 溶接部モニタリングカメラ シームトラッキング機構有り
Frounius (オーストリア)	YAG	MIG	ワイヤ横入れ方式 タンデムタイプ有り
(株)WEL-KEN	YAG	プラズマ	レーザ・アーク近軸方式 ハンディヘッド (手持ち可)

多品種少量生産が多く、自動化が進んでいる分野は少ない。したがって、県内でハイブリッド溶接を有効に利用できる企業は一部に限定されると思われる。

4.2 自動追尾（倣い）溶接

溶接ロボットなどの自動機によって溶接を行う場合、部品寸法誤差、位置決め誤差、溶接時の熱変形などにより、溶接トーチの狙いと溶接すべきライン（溶接線）にズレが生ずる場合がある。こうした事故を防ぐために、溶接ラインを自動的に検出し、トーチのズレを自動的に修正する自動追尾（倣い）溶接の実現が求められている。

4.2.1 現状技術の調査

溶接線の倣い制御には、現状ではアークセンサが広く用いられている。これは、例えばV字型の形状を持つ溶接継手部に対して、溶接トーチを左右に揺動（ウィービング）させ、そのときの電流変化をモニタリングしながら、溶接トーチが常に開先の中央に来るように制御する方式である。この方式は、アーク自身をセンサとするためトーチ回りがシンプルで低コストであるが、用途が隅肉溶接などに限定され、薄板の突き合わせ溶接などでは溶接線の検出が不可能である。また、ラインレーザセンサを用いた開先検出システムも実用化されているが、開先が大きくかつ溶接方向に急激な変化のない溶接事例に限定される。

4.2.2 方向性

ロボット溶接では、三次元的で溶接線が複雑な溶接物にも対応することが必要である。そこで、複雑な溶接物にも対応するため画像処理による溶接線検出方法を検討した。また同時に、高さ方向を検出するために光切断法を検討した。

4.2.3 実験

画像処理による溶接線検出方法は、カメラか

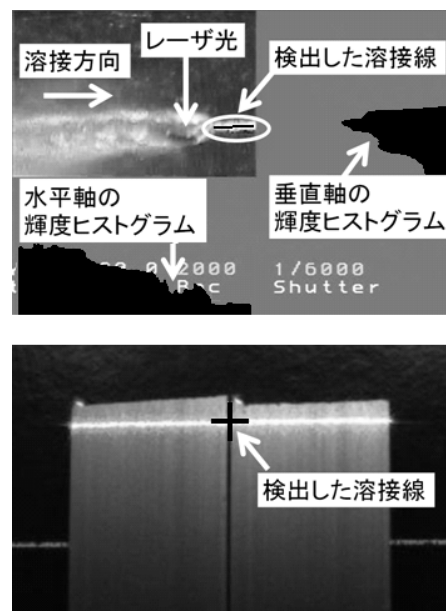


図1 上 画像処理による溶接線検出
下 光切断法による検出

ら得られた映像を直接画像処理して輝度などの特徴量を抽出し溶接線を検出するものである。また、光切断法は、ライン状レーザ光を対象物に照射し、それを斜め前方からカメラで撮像し、形状計測を行って溶接線を検出するものである。

画像処理による検出方法においては、図1上に示すように、溶接中の動画像⁷⁾から垂直軸、水平軸それぞれについて輝度ヒストグラムを作成し、垂直軸についてはピーク値から、水平軸については設定した閾値以下の部分を抽出し、視覚的に溶接線位置を検出することができた。また、光切断法においては、図1下のようなラインレーザ光より形状情報を得て溶接線の高さを検出することができた。

4.2.4 まとめ

本研究では、画像処理と光切断法から溶接線を検出する手法について検討し、実験的には溶接線を検出することがわかった。これらの手法が実用化されるためには、機器のコンパクト化・耐熱性向上、可視化手法、画像処理手法などについてさらに検討が必要である。

4.3 三次元簡易ティーチングシステム

ロボットを用いた溶接において、動作に必要な情報（位置情報、溶接情報）をロボットに与え、ロボットの動作プログラムを作成する、という一連の作業がティーチングである。一般的にはリモートペンダントを用いたりリモートティーチングが行われているが、複雑部品ではティーチング作業が膨大となり、問題視されている。

4.3.1 現状技術の調査

三次元 CAD モデルからティーチング情報を作成するオフラインティーチングが実用化されている。これは、現場でのティーチング作業を削減できる利点があるが、実ワークと三次元 CAD モデルにはワーク精度などに違いがあるため、動作プログラムの修正が必要な場合が多い。また、三次元 CAD と高価な CAM ソフトが必要なため、県内企業には普及していない。

4.3.2 方向性

そこで、ティーチング作業の軽減を図るため、簡易ティーチングシステムの可能性を検討した。これは、溶接箇所 handheld 可能なティーチペンを合わせ、ティーチペンに取り付けたマーカーの位置情報を計測装置により測定し、その結果からロボットの姿勢を決定し、動作プログラムを生成させるものである。

4.3.3 実験

計測装置としてモーションキャプチャを用い、簡易ティーチングシステムの一連の流れを構築する実験を行った。測定点が 34 点の場合、ティーチング作業時間は約 10 分程度（計測 5 分、データ処理 5 分）であった。ティーチペン位置情報の誤差は、直線距離 100mm で位置 0.3mm、角度 0.05°、400mm で位置 10.1mm、角度 2.3°であった。実験の結果、三次元簡易ティーチングシステムにより作業時間を大幅に短縮できる可能性を見いだしたが、実用化にはティーチペンの三次元位置測定の精度向上が必須である。

そのためには、レンズの歪みなどにより生ずる誤差の補正技術の開発が必要である。

4.3.4 まとめ

本研究では、考案した簡易ティーチングの実現可能性と優位性を示すとともに、その技術的課題を明らかにした。県内企業では、ティーチング作業の作業者への負担、時間的なロスの問題視している企業が多く、早期実現が望まれる。

5. 結 言

- (1) 企業訪問調査、溶接研究会検討委員会などを通じて技術要望調査を行い、ハイブリッド溶接、簡易ティーチング、自動追尾溶接について技術調査および可能性実験を行った。
- (2) 簡易ティーチングシステムについては実現の可能性を示すことができた。
- (3) 理想的な省力化自動溶接を目指すためには自動追尾技術などの開発が必要である。

参考文献

- 1) 阿部，林，”レーザ・アーク複合溶接法とその将来”，溶接技術，51，7，2003，p62-67
- 2) Ed.Hansen，”Ready for hybrid welding?”，ILSJ，October 2008，p22-24.
- 3) 坪田，石出，渡辺，赤羽，”複雑三次元形状対応レーザ加工システム-同軸レーザ加工ヘッドの開発-”，三菱重工技報，42，2，2005，p86-89.
- 4) ”平成 17 年度 IMS 動向調査報告書”，(財)製造科学技術センター，2006，p32-36.
- 5) 石出，”重工業におけるレーザ加工技術の動向”，平成 20 年度(財)溶接接合工学振興会第 19 回セミナー，2008，p73-76.
- 6) C.Yhomy.Wagner,F.Vollersten,B.Metshkow，”Laser in the Shipyard”，ILSJ，January 2008，p11-14.
- 7) 信越スーパーテクノゾーン推進研究の一環として，旧(株)レーザー応用工学研究所 技術課 平賀仁氏が撮影した映像