

溶接の見える化

～溶接：溶融部の可視化技術とその応用について～

Application of visualize technology for Arc welding

湯田 誠
Makoto YUDA

川田工業(株)技術研究所
生産技術研究室室長

田尾 めぐみ
Megumi TAO

川田工業(株)技術研究所
生産技術研究室

溶接部の可視化技術は、CCD カメラや画像処理技術を用いることで溶接中の溶融金属部に対する特徴的な挙動を抽出しアークセンサとして応用する技術¹⁾や近年ではカメラを含めた光学技術を駆使し技量評価、分析を行う溶接技能デジタル化システム²⁾等に利用されています。それぞれの目的に応じた1要素として利用されることがほとんどですが、可視化を中心とした汎用性の高い商品化技術への取り組みは一部に見られる程度です。

一方、鋼構造物の製作における溶接とは視覚センサが搭載された自動溶接法の採用がすべてではなく、複雑なディテールなどに対応可能な溶接とはいまだベテラン作業者の技量や経験に負うところが多いのも事実です。技能工の高齢化や技能伝承の問題を抱える現状で高い品質を維持し続けるための方策を考えていくことは重要であり、このような課題に対応可能な可視化技術やその有効利用を考えることが今後求められるものと思います。

ここでは、検討中の可視化技術とその応用について紹介します。

溶接部が見えることに必要な条件

溶接溶融部の観察を可能とすることは、通常、遮光面(ハンドシールド)を通して認識しているものに近い画像が得られること、そのために適したツール(カメラ、フィルタ等)を選定する上で溶接部の光学的な特徴を理解しておかなければなりません。すなわち、

①高輝度と低輝度が同時に存在するため暗い部分の観察を維持しながら眩しさにも飽和しない能力を有するカメラを選定すること

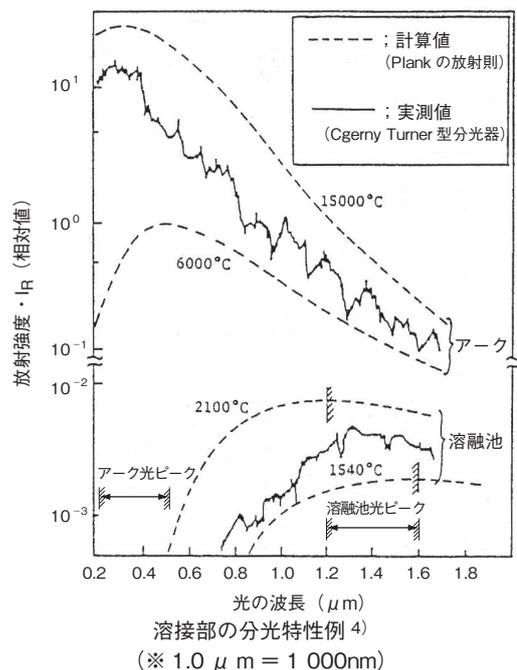
②確認したい範囲(母材部～溶融範囲)を明確にし溶接部の分光特性に応じ適したフィルタを選定すること

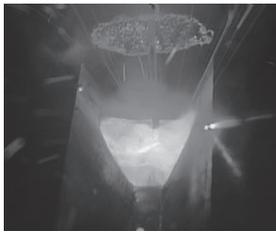
そして、求める画像を得るための最適な組み合わせ条件を抽出していく必要があります。被写体の特徴上、アーク光強度が強いため一般のCCDカメラではスミア

やハレーション(白飛びや白ぼけ現象)を引き起こします。これらを防止し①に示す能力を満足させるためにはCMOSセンサ搭載で広ダイナミックレンジ特性を有するカメラが有効となります。検討ではダイナミックレンジ特性が120dbのカメラを用いました³⁾。

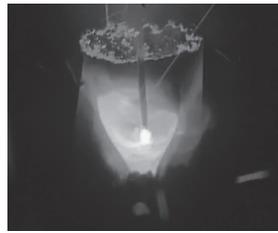
図にアーク溶接部の分光特性例⁴⁾を示します。アーク部は紫外線域から赤外線域にわたり強い輻射光を発生し溶融金属部では近赤外線域を中心とした輻射光となっています。確認したい溶融金属部ならびに開先周辺を同時に確認するためには、アーク光の放射強度が低下し溶融池光の放射強度が立ち上がる近赤外線領域の波長をとらえ、この領域の透過波長をもつフィルタとの組み合わせならびにカメラ側の調整により最適な画像を選定していく必要があります。

写真は、撮影条件選定のためにCO₂溶接(380～400A)を対象としたデモを行ったときの静止画像を示

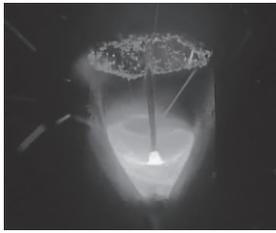




(絞り 4, 880nm)



(絞り 6, 880nm)



(絞り 6, 940nm)



(絞り 6, 1064nm)

CO₂ 溶接デモによる静止画像例

※括弧内はカメラの絞り値, フィルタ種別を示す

したものです。このように近赤外フィルタの透過波長と絞り値の組み合わせによっても認識できる範囲が異なること、また強調したい部分はどこかによっても撮影条件は異なります。デモの結果では、880nm もしくは 940nm のフィルタを用いカメラ側の調整によって良好な画像を得られることがわかりました。

可視化技術の応用

溶接溶融部の撮影に際し最適な機材, 撮影条件を決定した上で応用編として以下の2点の検討を進めています。

(1) 技能伝承ツールとしての取り組み

熟練工の技量を動画として残し技能伝承や日々の教育ツールとして役立てることを検討中です。対象としては、
・ 鉄骨向け技量検定試験でのフラックスタブ部の技量
・ 溶接コンクールで要求される技量 (裏波溶接)

などが挙げられます。写真にフラックスタブを用いた溶接中の静止画像を示します。撮影においては、

- ① 求める運棒に対する着眼点が十分に表現されたか
- ② 裏波溶接は運棒の狙いと表裏の溶融金属の動きがうまく表現されているか

など溶接作業者の目線にあわせた撮影方法について熟練が必要となります。また、②については、表裏からの2台同時撮影も視野に入れて今後検討の予定です。



タブ近傍における運棒処理の静止画像例

(2) 技能支援ツールとしての取り組み

溶接溶融部を観察するのと同様のレベルでモニター中に間接的な映像として認識することが可能となれば作業者による確認が困難な溶接継ぎ手に対しても可視化技術を役立てることができそうです。現在、要求品質の厳しい橋梁部材の隅角部3線交差の溶接作業を対象に可視化技術の適用を検討中です。写真は隅角部の実大モデルを用いた検討の様子を示します。基本的な撮影条件はこれまでの取り組みにて決定していますが、実部材の溶接を対象とする上で次のような点を考慮していく必要があります。

- ① カメラを含む機材のコンパクト化と耐環境性の確保 (湿度, 温度対策)
 - ② 輻射熱やスパッタ飛来を考慮した被写体 (溶接部) とカメラとの距離の決定
 - ③ ②を含めモニターに広角視野で収めるための光学系の決定 (レンズ焦点距離と被写界深度の確保)
 - ④ モニター中に確認する視野の自動追従を目的とした雲台システムの開発
- ①~③についてはデモをふまえ諸条件をほぼ決定し、また④は我が社のロボットの要素技術を応用したシステムの開発をすすめています。



実大モデルを用いた取り組み

まとめ

溶接部の可視化技術とこれを生かすための応用技術について紹介しました。撮影技術の向上も含め、あらゆる用途に向けた検討を今後も深めて参りたいと思います。

参考文献

- 1) 浅井：光学センサの使い方, 溶接学会誌, 第69巻 第2号, pp.40-45, 2000.
- 2) 佐久間ほか：ビジュアルセンサを用いた溶接技能デジタル化システム, 溶接学会誌, 第75巻 第8号, pp.43-47, 2006.
- 3) 前田：溶接可視化カラーカメラ「Weld Viewer」, 映像情報インダストリアル, 2007 10月号, pp.1-6.
- 4) 大前ほか：アーク光および溶融池光の特性解析に関する研究, 溶接学会全国大会講演概要集, 第34集 pp.66-67, 1984.