

# 溶接部可視化技術（可視化から評価サポートまで）

大脇 桂<sup>\*1</sup> 川口 勲<sup>\*1</sup> 藤田 秀一<sup>\*2</sup>  
Owaki Katsura Kawaguchi Isao Fujita Shuichi

溶接部可視化技術の従来方法である「iL-Viewer<sup>®</sup>」を使用する方法から高速度カメラを用いて適切な可視化フィルタを選択する新方法に変更することにより、補助光源不要で鮮明な画像が取得できる新溶接部可視化技術を確立した。また、新溶接部可視化技術から得られた鮮明な画像を用いて、溶接評価サポートするソフト「インプロセスサポートソフト<sup>™</sup>」を開発した。「iL-Viewer<sup>®</sup>」の原理と良否判定事例、高速度カメラを用いた新溶接部可視化技術および「インプロセスサポートソフト<sup>™</sup>」の原理と適用事例について紹介する。

キーワード：溶接部可視化、高速度カメラ、良否判定

## 1. 緒言

当社および株式会社 IHI では、従来から溶接部可視化技術に着目し、レーザー溶接等の溶接・溶断時に高輝度になる溶融部と低輝度部である開先部、ビード外観など周辺部分を同一画面上でリアルタイムに確認できる溶接部可視化装置「iL-Viewer<sup>®</sup>」シリーズを開発し<sup>(1)</sup>、各地の工業試験場や研究機関における実験用ツールとして、また、自動車関連メーカー等の製造部門における品質安定化のための診断ツールとして納入し、多くの実績を積んできた。特に、レーザー溶接では溶融部付近がより高輝度になること、また、レーザーを用いる溶接・溶断状況の監視は安全管理の観点から遠隔監視になることから、可視化技術が重要となる。本装置はこのようなレーザー溶接の最適施工条件の確認手段としてのみならず、開先状態、溶接ビードの評価を行う良否判定システムへ適用し、製造

現場における溶接品質安定化に大きな役割を果たしてきた<sup>(2)</sup>。

しかしながら、近年、高速度カメラの高性能化・高感度化が進み、照明無しでも鮮明な画像が得られるようになり、また、カメラ部の小型化により装置の設置に自由度が増してきた。さらには高速度撮影により、これまで以上に溶接現象を詳細に観察することが可能になってきた。一方、溶接品質の維持向上には、前述したような外観評価だけにとどまらず、スパッタやヒューム等の検出をインラインプロセスで実施することが必要不可欠であり、溶接部可視化技術の適用により実現可能となる。

本稿では、従来の溶接部可視化装置「iL-Viewer<sup>®</sup>」と、新溶接部可視化技術の確立および画像解析用ソフトウェア「インプロセスサポートソフト<sup>™</sup>」について紹介する。

\*1：試験プロジェクト部 レーザ技術グループ 課長

\*2：試験プロジェクト部 レーザ技術グループ

## 2. 溶接部可視化装置「iL-Viewer®」

従来、当社が開発・販売してきた「iL-Viewer®」の可視化部を図1に示す。

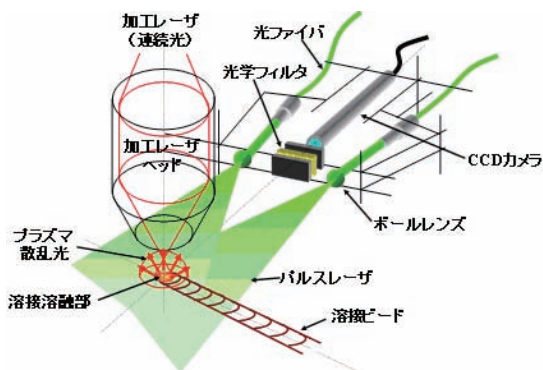


図1 「iL-Viewer®」可視化ヘッドの概略図

高輝度パルス YAG レーザ（第2 高調波）をカメラの撮影フレームと同期させて溶接部へ照射させ、その波長のバンドパス光学フィルタを備えたカメラにより撮影する。撮影素子には高速度シャッター、ズーム機能を備えた市販の CCD カメラを用いた。

撮影された動画は、リアルタイムでモニタに表示するとともに、外部機器へ送信し、良否判定システムの判定画像として使用することができる。

図2に機器の基本構成を示す。この装置により

撮影したレーザ溶接部の画像を図3に示す。レーザ光とプラズマ光が除去された状態で溶接溶融部および溶接ビードの鮮明な観察が可能である。また、図4に示すようにガスシールドアーク溶接においても良好な観察画像が得られた。さらに本装置で撮影した動画にリアルタイムで画像処理を施し良否判定を行うことにより、溶接中の溶接不良の発生を検出することができ、不良原因の特定にも大いに役立つ。

このような良否判定システムを備えたテーラー加工システムを実用化し、自動車関連メーカー等の製造部門で使用された結果、溶接品質管理に有効であることが確認された<sup>(2)</sup>。

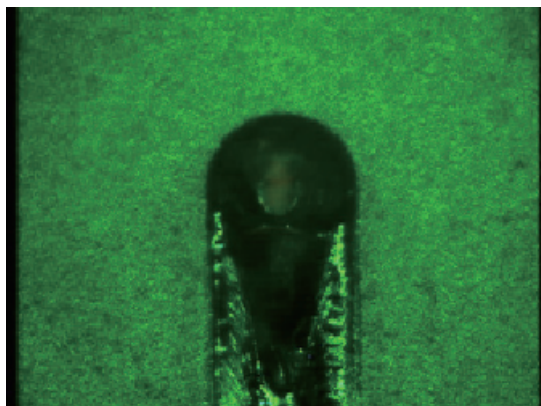


図3 「iL-Viewer®」による観察例 レーザ溶接

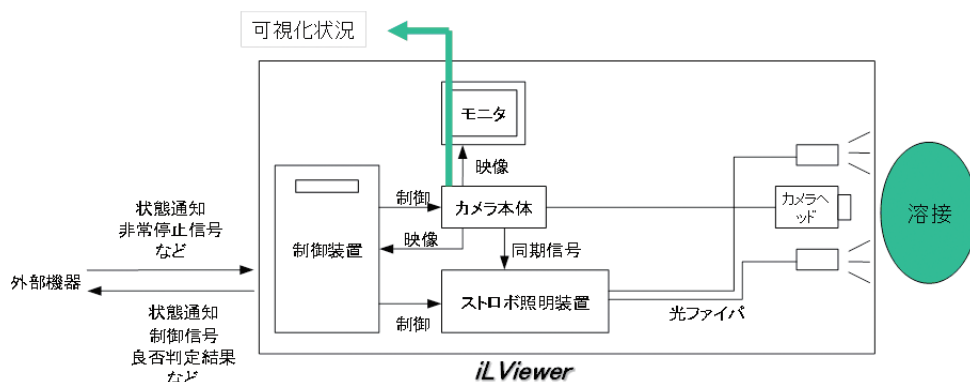


図2 「iL-Viewer®」の基本構成

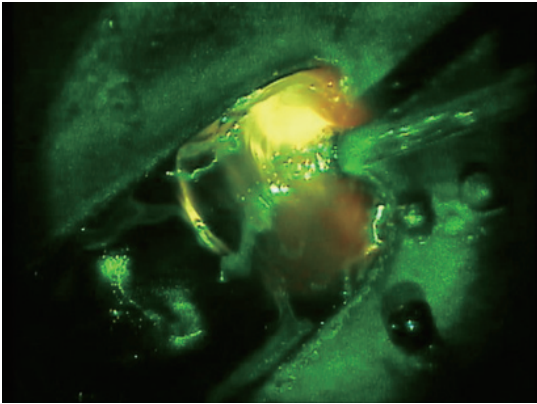


図4 「iL-Viewer<sup>®</sup>」による観察例  
ガスシールドアーク溶接

### 3. 新溶接部可視化技術の確立および「インプロセスサポートソフト<sup>™</sup>」

新たに確立した溶接部可視化技術は、高速度カメラを用いることにより、高速な溶接現象についても観察が可能となった。この技術は溶接条件・溶接方法や撮影条件・可視化フィルタによっては照明を用いることなく観察が可能であり、また約1m離れた位置からの遠距離撮影でも補助光源を用いることにより鮮明な画像が得られる<sup>(3)</sup>。

得られた画像を解析するため、図5に示す機器を構成し、専用の溶接画像解析ソフトウェア「インプロセスサポートソフト<sup>™</sup>」を開発した。

本ソフトウェアで観察動画を解析する項目は、熔融池の高輝度部の検出、スパッタ発生数の計算、

ヒューム発生量の計算の3種類である。

図6に観察動画の一例を示す。

高輝度部の検出およびヒューム発生量の計算は、図6に示すようにそれぞれ設定した円領域内において、設定した輝度範囲のピクセル数により判定する。

ただし、ヒューム発生量に関しては、広範囲に及ぶ比較的低輝度のピクセルを解析するため、誤判定を回避する目的で判定除外領域の設定ができる。一方、スパッタ発生数の計算は、図6の外側二つの円で囲まれた領域内において、図7に示した方法で計算した。本ソフトウェアは、これら3種類の判定方法に対し、それぞれ設定したしきい値により判定結果を表示する。

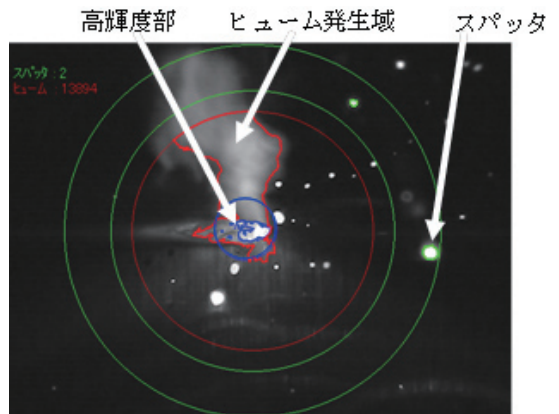


図6 「インプロセスサポートソフト<sup>™</sup>」による観察動画の一例（レーザ溶接）

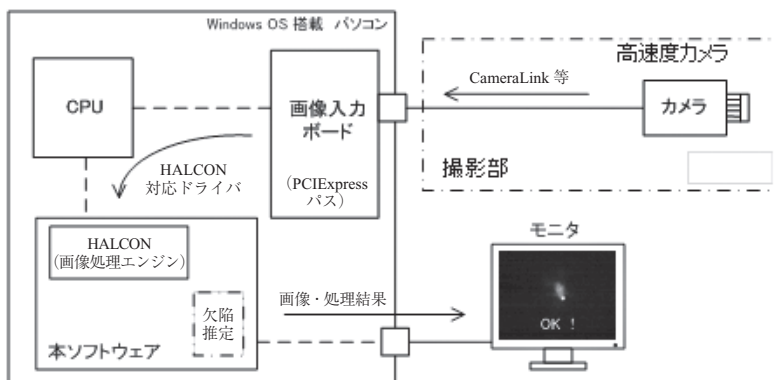


図5 高速度カメラを用いた新溶接部可視化技術と「インプロセスサポートソフト<sup>™</sup>」

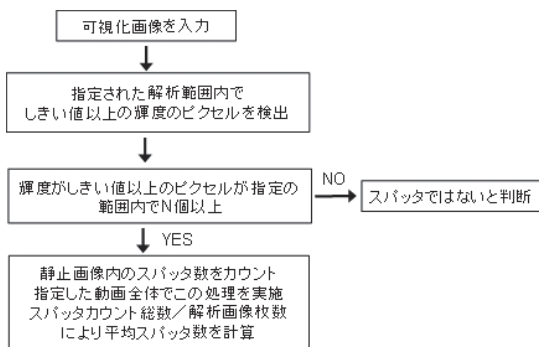


図7 スパッタ発生数の計算方法

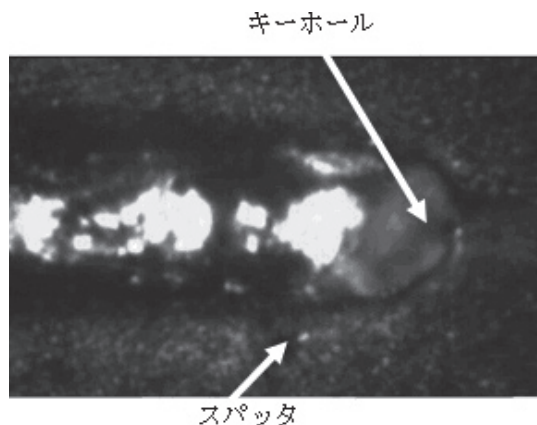


図9 新溶接部可視化技術による観察例

#### 4. 「インプロセスサポートソフト™」の適用例

##### 4.1 亜鉛メッキ鋼板の重ねレーザー溶接

亜鉛メッキ鋼板の重ね溶接の溶接品質は、すきま量の変化に敏感に影響され、高精度・高信頼性の検査が求められている。図8は亜鉛メッキ鋼板の重ね溶接を新たに確立した溶接部可視化技術で観察した例である。観察結果を図9に示す。スパッタおよびキーホール部を観察することができた。スパッタ発生数と欠陥発生率とは相関があることから<sup>(4)</sup>、本ソフトウェアによるスパッタ発生数の計算は欠陥発生の推定に有効であると考えられる。

補助光源 レーザ加工ヘッド 高速度カメラ



図8 亜鉛メッキ鋼板の重ね溶接の高速度カメラによる観察例

##### 4.2 レーザ・アークハイブリッド溶接への適用例

新たに確立した溶接部可視化技術を用いて照明無しで撮影した結果を図10に示す。

パルスアーク溶接を併用したハイブリッド溶接においても、ベース電流時のみの画像を選択して判定する機能により鮮明な画像が得られ、スパッタ発生数およびヒューム発生量の計算結果から、より確実な評価判定が可能となった。

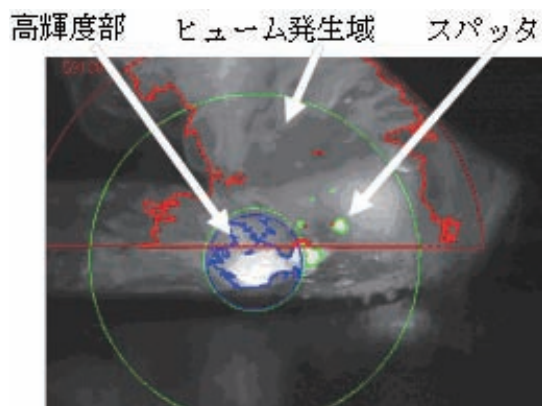


図10 ハイブリッド溶接への適用例

## 5. 結言

(1) 高速度カメラを用い、照明無しで鮮明な溶接部の画像が得られる新溶接部可視化技術を確立した。

(2) スパッタ発生数、ヒューム発生量および高輝度部面積をリアルタイムに測定できるインプロセスサポートソフトを開発し、レーザー溶接をはじめアーク溶接にも適用可能であり、溶接品質評価の一助となることを示した。

(3) 溶接継手のインライン良否判定への適用の研究開発が重要であると考える。

## 参考文献

- (1) 大脇ら：レーザー可視化装置の開発 (2)、溶接学会全国大会講演概要、65(1999)、pp.224-225
- (2) 高橋ら：溶接部可視化装置による溶接良否判定システムの現状と今後－テーラード加工システム実機適用－、溶接学会全国大会講演概要、72(2003)、pp.20-21
- (3) 大脇：リモート溶接とその応用、溶接学会全国大会講演概要、82(2008)、pp.F-29-34
- (4) 篠崎ら：長焦点リモートレーザー溶接時のインプロセスモニタリング技術の開発、溶接学会全国大会講演概要、83(2008)、pp.230-231



試験プロジェクト部  
レーザー技術グループ  
課長

大脇 桂

TEL. 045-759-2120  
FAX. 045-759-2119



試験プロジェクト部  
レーザー技術グループ  
課長

川口 勲

TEL. 045-759-2120  
FAX. 045-759-2119



試験プロジェクト部  
レーザー技術グループ  
藤田 秀一

TEL. 045-759-2120  
FAX. 045-759-2119