

## 三次元計測の溶接部検査への適用

(株) セイコーウェーブ 新村稔

### ◆ はじめに

改めて述べることもないが、構造物の溶接の品質を保っていくこと、かつ、効果的な保守を継続することが我々の日常の安全性を保つ上で欠かせない。溶接はそれを実施した時に発生する欠陥と、時間の経過とともに発生する欠陥・不具合があり、それぞれ、内部欠陥、表面欠陥に分類される。これらを検出するための技術は歴史的にも発展を遂げてきているが、ひとつの技術、あるいはひとつの検査装置ですべての欠陥を検出しようとしても効果的ではない。

### ◆ 三次元計測手法

◆ 本稿では、従来、目視、ないしピットゲージ、デプスゲージなどに頼っていた表面欠陥の検出方法を代替しうる、構造化光三次元計測手法<sup>①</sup>を使った表面欠陥検出について解説する。図1<sup>②</sup>で図示される計測装置は、構造化光を投影するプロジェクタと、対象物に当たった構造化光を撮影するカメラとで構成され、プロジェクタ、カメラ、対象物による三角形に三角測量法を適用して、対象物までの距離を、非接触方式で、投影面全体を一括して計測することができる。

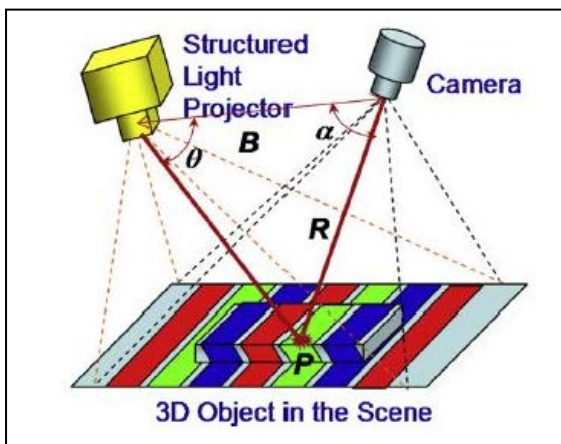


図1. 構造化光投影法の概念図

本稿で取り上げるのは、非接触方式の三次元計測手法を、従来の手法では計測が困難であった部位、例えば、アンダーカットや、溶接線周囲の腐食、ガウジング部位などの計測に適用した事例である。利用した機材は、(株) セイコーウェーブが提供している 3D Toolbox (eVox-LCG) である。

### ◆ アンダーカットの計測

図2はアンダーカットのある溶接部の写真である。このように大きなアンダーカットは計測するまでもなく、不良と認められるが、長さ、幅、深さなどの記録を取っておくことは、今後の品質向上のためにも必要である。従来は、ピットゲージを使ってその深さを計測していたが、ピット

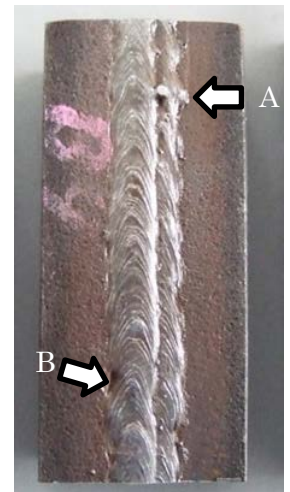


図2. アンダーカット

ゲージの足場となる部位が平滑ではないため、正確な計測は困難であった。そこへ三次元計測手法を適用することで、正確な計測が可能となる。

図3は図2のアンダーカットを含む溶接部位の3次元計測画像に高さ方向のカラーマップを施した図である。白黒印刷であるため判別しにくいのが、カラーマップ上では、アンダーカットの部位は鮮明である。その縦横方向の断面を示したのが、図4、図5である。図4から、アンダーカットAの深さは約0.7mm、図5からアンダ

一カットの深さは 0.2mm であることが読み取れる。尚、これらの計測領域に対して、縦横 1mm の格子を区切り、格子内部の最も深い箇所を拾い出して c s v データ化することも可能である。

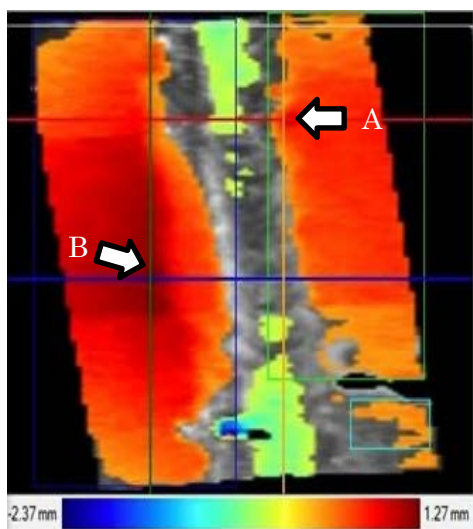


図3 溶接部の三次元計測（カラーマップ）

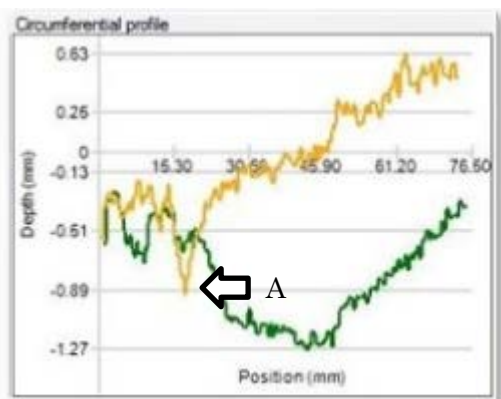


図4. アンダーカット A の深さ

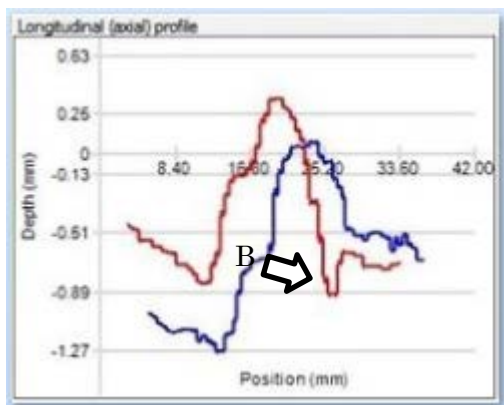


図5. アンダーカット B の深さ

#### ◆ 溶接線周囲の腐食計測

図6は、溶接の欠陥ではないが、供用後に溶接線の周囲に発生した腐食をとらえた三次元計測画像である。これに高さ方向のカラーマップを施し、腐食領域をリストアップしたものが図7である。溶接線の右側に大きくえぐれている箇所を F01 とし、そのデータは図7の腐食リストの最上段に表されている。F01 の最深部は 5.24mm、軸方向の長さは 43mm、周方向の長さは 108mm と検出された。溶接線の周囲に発生した腐食は、デプスゲージで計測することの困難な事例の一つである。

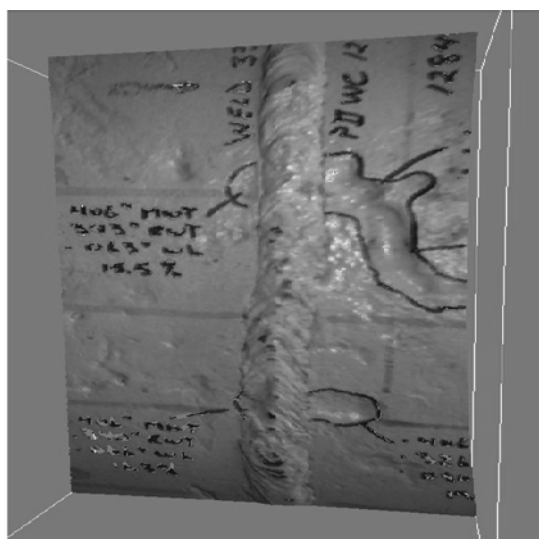


図6. 溶接線周囲の腐食

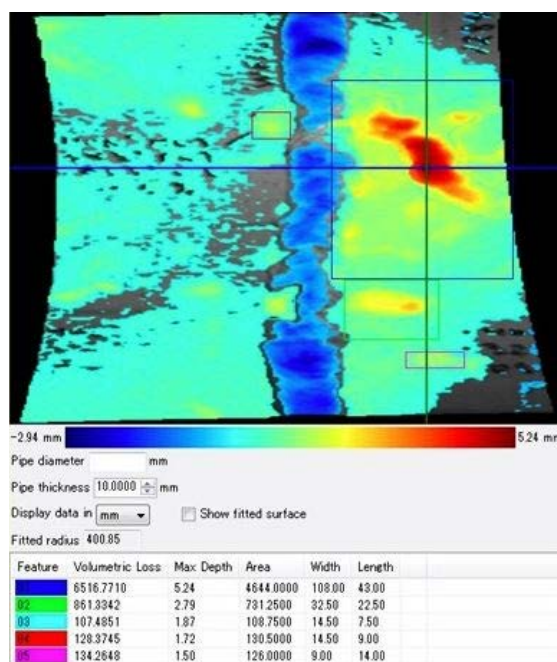


図7. 溶接線周囲の腐食リスト

### ◆ 溶接線や腐食の補修

次の事例は、前記のような腐食や溶接内部のブローホールなどを修繕する時に実施されるガウジングを三次元計測した事例である。



図 8. ガウジング部の写真  
(PT 現像スプレー適用)

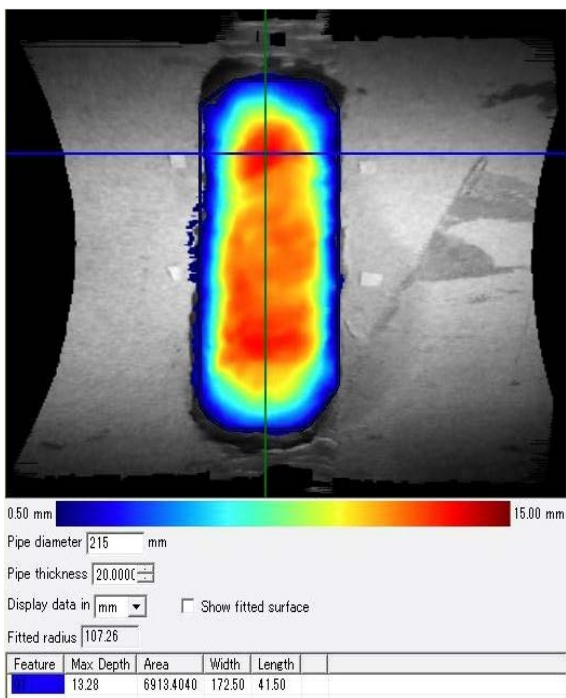


図 9. カラーマップ適用

図 8 は問題のある溶接部位を削り取った後の写真。ガウジング直後は金属光沢があるため、PT 現像スプレーを塗布し、正反射を抑えてある。

図 9 は三次元計測結果にカラーマップ処理を施した図。図 10 はガウジング部の周方向の断

面グラフ、図 11 は同長手方向の断面グラフである。予熱をかけて切削した直後は、配管に残留熱があるため、接触式の計測をすると火傷を負う可能性があるが、非接触式の計測方式である構造化光法三次元計測であれば、安全に切削部位の寸法を計測することが可能である。

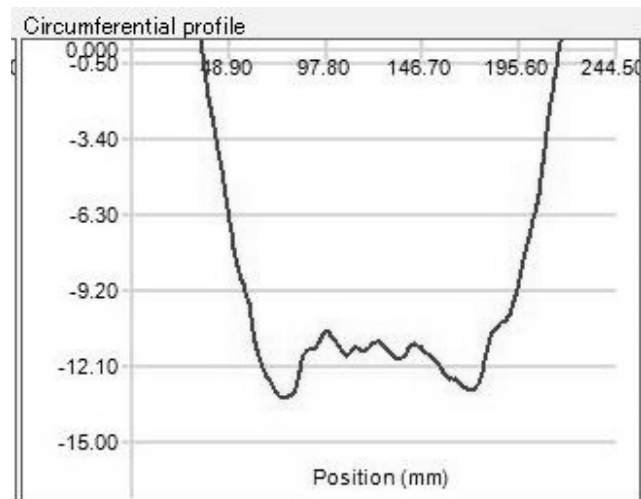


図 10. 周方向の断面グラフ

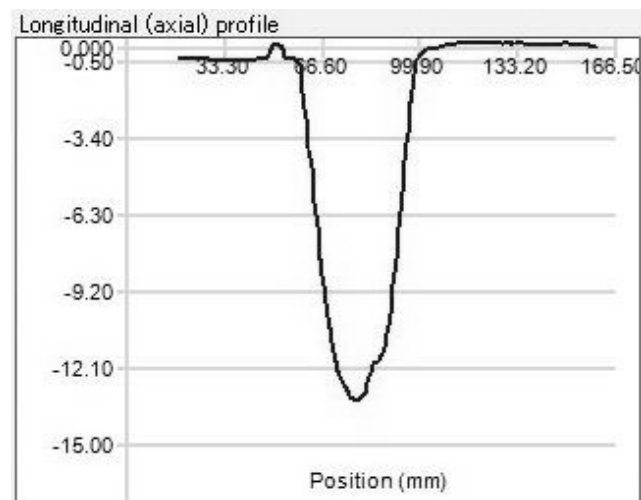


図 11. 長手方向の断面グラフ

### ◆ 溶接隅内部に発生した腐食の計測事例

図 12 は、橋脚鋼板の溶接隅内部に発生した腐食をデジタルカメラで撮影したものである。図の黒四角で囲んだ部分に構造化投影パターンを投射し、得られた三次元データをカラーマップとともに表示したものが図 13 である。計測領域の中で最新部を“+”印(“A”)で示し、その横方向の深さ断面を示したのが、図 14 であ



る。白黒印刷では判然としないが、もともとのカラーマップであれば、腐食の進行状況を直観的につかむことが可能であり、かつ、グラフ化、CSV データ化を瞬時に行うこともできる。



図 1 2. 隅肉溶接部の腐食計測

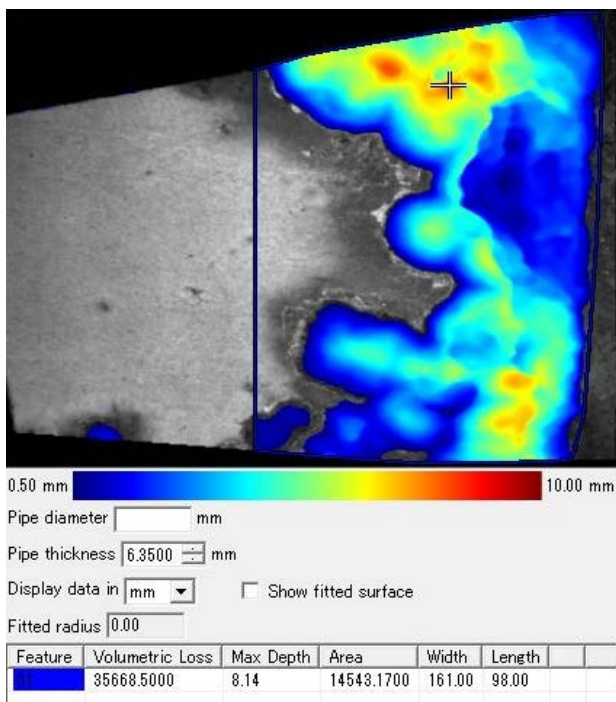


図 1 3. 隅肉溶接部の三次元解析

図 1 3 では更に腐食による体積損失も表示しており、この図から 35,668mm<sup>3</sup> が失われていることが分かる。

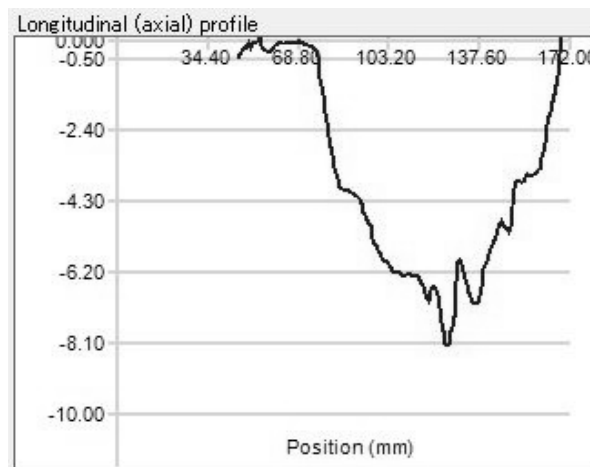


図 1 4. A 地点の横断面

◆ おわりに

これまでの事例が示したように、今までデータ化を行っていなかった部位、或いはデータ化が困難であった部位に対して、非接触の三次元計測を行うことで、欠陥のより正確な把握が可能であり、更に、より適切な補修を行うことができるようになる。配管や圧力容器、インフラ構築物など溶接に頼っている部位は無数にあり、それらのより効率的で正確な保守を継続することが、我々の日常生活、経済活動の安全を担保する。

<参考文献>

- (1)吉澤徹編著「最新光三次元計測」朝倉書店
- (2)Jason Geng 著、「Structured-light 3D surface imaging: a tutorial」, Optical Society of America, OCIS codes: 150.6910.110.6880

<筆者紹介>

(株) セイコーウェーブ 副社長、米国 SEIKOWAVE INC. 副社長兼取締役。1960 年生まれ。1982 年東北大学工学部電気系卒業。同年信州精器 (後、セイコーエプソン) 就職。米国向けパソコンの設計や半導体の設計、マーケティング担当を歴任。2007 年退職。2010 年 (株) セイコーウェーブを創業し、現在に至る。