

(タイトル)

CSV書式を活用した3次元計測データの解析事例

(英文タイトル)

Examples of 3D data analysis using CSV format

(サブタイトル)

CSV書式化で、腐食減肉データの取り扱いと記録、見える化がこんなに簡単

(社名) 株式会社セイコーウェーブ

(筆者名) 新村 稔

1. はじめに

我が国の製油所や石油化学コンビナートにおける生産プラントは、戦後の高度成長期におおいに増設され、すでに半世紀以上にわたり運用されているが、定期補修を経ても経年劣化が目立つようになってきた。また、橋梁やトンネルなども同じように経年劣化が激しくなっている。人口減少を迎えるに至った現在でも、このような生産プラントや社会インフラは、適切な技能を保有した人材による、安全で効率的な保守と運用が求められる。

しかし、高度成長期に現場を指揮した先達はすでに退職され、高度な保守・保全技術を持った技術者の絶対数が年々減少してきているのも事実である。そのため、経済産業省をはじめとして、ICT先進技術を活用した設備保全の効率化による安全安心の推進が国の一つの目標として掲げられている。

株式会社セイコーウェーブは2010年の創業以来、配管や圧力容器の外表面腐食を面単位で一括計測し、腐食減肉量の定量化とそのデータを使って供用の適性を評価するシステムの開発に勤しんできた。2013年に最初の製品3DTOOLBOX / LCGシリーズを市場投入し、2017年にはその後継機種である3DSL-Rhinoシリーズの展開を始めた。

本稿では、配管外面の3次元計測データから、腐食減肉量をカラーコンター図化する事例、および、そのデータをCSV (comma separated value) 書式で出力

する事例を紹介する。その中で、腐食減肉量をカラーコンター図化するにあたって採用した原理も簡単に紹介する。

2. 3次元計測装置 3DSL-Rhino の概要

写真1に3次元計測装置 3DSL-Rhino の外観、写真2に現場での計測風景を示す。この装置は現場での活用を前提に設計・製造されており、基本的に手持ちでの計測が可能である。表1は 3DSL-Rhino シリーズのうち、対物距離 400mm 版の基本的な仕様を示したものである。



写真1. 3DSL-Rhino の外観



写真2. 計測風景

表1. 3DSL-Rhino-01 の概仕様

項目	仕様
3次元化方式	構造化光・位相シフト法
光源	LED(目に安全)
対物距離	350mm~470mm
測定画角	150mm x 270mm @ 400mm
平面分解能	400 μm
奥行分解能	50 μm
誤差	±50 μm (1σ)
計測所要時間	0.08 秒
画素数	30 万画素
入力電源	12V, 1A
PC 接続方式	ギガビットイーサネット
環境仕様	防塵、防滴
基本ソフトウェア	3DSL-NDT software suite (計測、合成、解析、評価)

3. 配管外面性状の3次元計測と解析

図1に、外面腐食のある外径 218mm 配管を3次元計測し、そのデータをスクリーンショットしたものを示す。表面に、直線や数字、腐食の淵に沿ったチョークなどを入れてあるが、点群やメッシュにフェース色が載っているので、モノクロ写真のようにも見える。



図1. 配管外観(3次元データ)

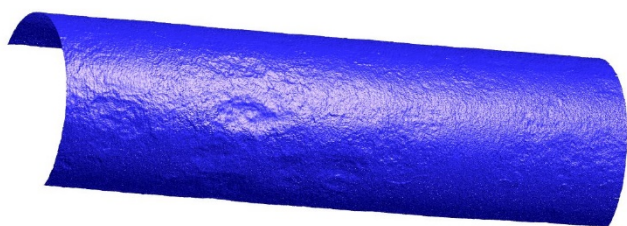


図2. 配管の3次元形状

図2は、図1において、フェース色(テクスチャ)をオフにして、3次元形状を見やすくしたものである。

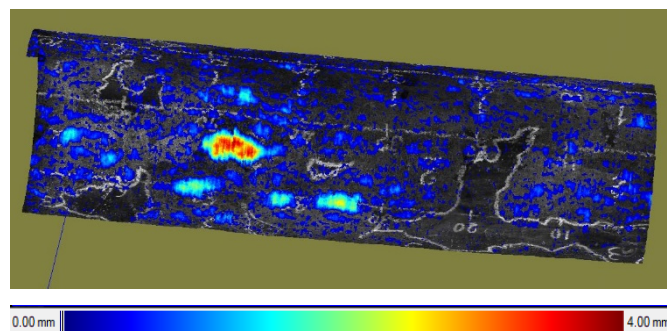


図3. 腐食解析結果(カラーコンター図)

図3は図1、図2の配管計測データに対して、腐食減肉量の解析結果をカラーコンター図化したものである。カラーコンター図化の手順は以下の通りである。

- (1) 計測データに対して、ハフ変換¹⁾を用いて最適な円筒形を算出する(図8参照)。
- (2) 算出された円筒形と計測データを比較し、その距離をカラーコンター図化する。但し、計測対象の配管が歪んでいる場合(実際、ほとんどの配管は歪みをもっており、切り口は真円ではない)、比較結果は図7のようになるため、腐食減肉量を正確に算出できない。
- (3) 本ソフトウェアでは、配管に歪みがある場合、その歪みを無視できるモード(局部減肉検出モード)を持っているため、歪みに影響されない腐食減肉量を算出可能である。まず図9に示すコンベックスハルアルゴリズム²⁾で局部減肉領域を特定し、(1)の手順で算出された円筒をコンベックスハルで特定された局部減肉領域の外周に沿うように再配置して、その距離差を出すことで、カラーコンター図を得る。コンベックスハルとは、局部減肉の集合体を含む凸な閉集合である。
- (4) 一定の基準に従って、腐食をリストアップする(図4参照)。

図4は、図3のカラーコンター図を平面図に展開し、かつ、配管設計肉厚に対する減肉比 A と、最小腐食面積 B の両方を満足する局部減肉をリストアップしたも

のである。A、Bともユーザーによる設定が可能である。腐食リストは腐食減肉量の大きいものから小さいものへと配列し、腐食の長さや面積などは ASME B31G 規格に則って算出している。

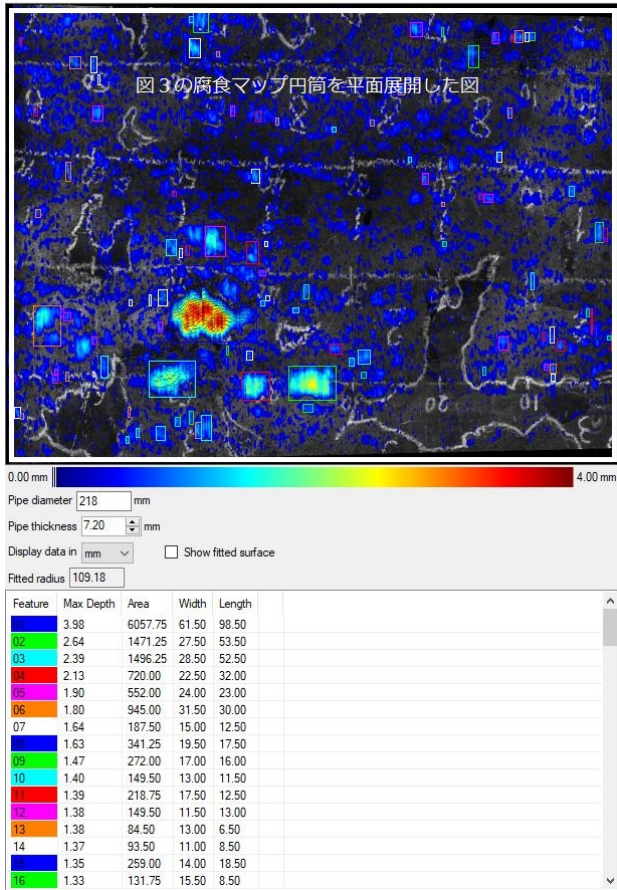


図4. 腐食マップと腐食リスト

ここまででも腐食減肉量の定量化が十分に実現されているが、腐食減肉量のデータ全体にわたって、CSV (comma separated value) 書式に変換することで、さらに使い勝手の良いデータ保存と取り扱いが可能である。

4. 腐食カラーコンター図のCSV書式化

図5は、前記腐食カラーコンターデータを、縦横1ミリの格子で区切り、その中の最大値を抽出し、縦横に配置したCSV書式で保管したデータをエクセルで読み込み、色付けをしたものである。

図6は図5の黒枠で囲った部分のデータを拡大し、腐食減肉の数値を明示したものである。この事例では縦横1ミリの格子でデータを生成したが、弊社の腐食解

析ソフトウェア (PAS) では、2次元空間におけるバイリニア補間法を採用しているので、最小0.5ミリの格子から、最大10ミリの格子まで、CSV書式でデータ生成することが可能である。また、格子の中の数値の抽出方法は、最大値(絶対値)、平均値、格子内の左上の値、の3通りから選択できる。最大値抽出を選択した場合、減肉の特徴を保ったまま、格子の大きさを任意に変えることができる。

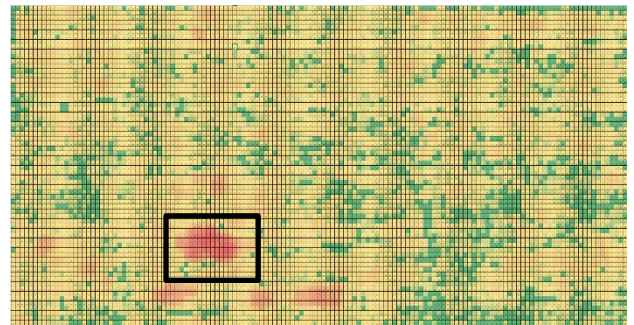


図5. 腐食データCSV出力のエクセル表示

0.72	0.39	0.42	0.79	0.77	0.59	0.57	0.48	0.49	1.15	0.79	0.38	0.47	0.65	1.13	1.19	1.11
1.08	0.83	0.60	0.63	0.66	1.16	1.63	1.81	1.25	2.02	1.67	0.47	0.00	0.54	1.11	1.16	1.11
1.09	0.88	0.53	0.77	1.40	2.50	2.54	2.67	2.79	3.20	2.86	2.11	1.28	1.19	0.54	0.67	0.88
0.82	0.51	1.24	1.42	2.06	2.88	3.30	3.53	3.49	3.86	3.74	3.31	2.72	2.44	1.59	0.83	0.66
0.41	0.51	1.84	2.38	2.32	3.35	3.37	3.65	3.79	3.92	3.75	3.45	3.02	3.28	2.84	1.93	1.58
0.29	0.59	2.01	2.32	2.77	3.46	3.43	3.56	3.78	3.62	3.27	3.23	3.61	3.80	3.45	2.75	1.83
0.50	0.64	1.00	1.65	2.41	3.25	3.32	3.18	3.22	3.29	3.22	3.55	3.70	3.98	3.59	2.80	1.74
0.85	0.48	0.49	0.74	2.40	3.18	3.25	2.68	2.22	2.36	3.05	3.42	3.38	3.67	3.26	2.29	1.04
0.54	0.74	0.65	0.52	1.56	2.06	2.18	1.94	1.47	0.97	1.69	2.44	2.43	2.33	2.27	0.84	0.59
0.76	0.38	0.38	0.38	0.00	0.45	0.90	0.46	0.00	0.29	0.16	0.97	1.02	1.09	1.06	0.62	0.88
0.48	0.41	0.33	0.00	0.42	0.36	0.33	0.33	0.54	0.74	0.72	0.42	0.42	0.48	0.95	1.09	0.95

図6. CSVエクセル表示の部分拡大

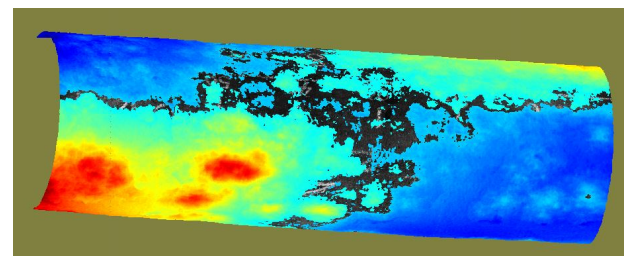


図7. 配管腐食マップ(グローバルモード)

図7は前述の通り、計測対象配管の歪みを補正せず、そのまま生成円筒と比較した場合の腐食減肉量(生成円筒との距離差)をカラーコンター図化したもの

である。配管の歪みや広範囲の腐食全体 (general corrosion) を検出する場合にはこの手法が有効であるが、局部減肉 (local corrosion) の場合には、歪み成分が上乘せされてしまうため、正しい腐食減肉数値を得ることができない。

図8は計測したデータから円筒を生成するために利用したハフ変換を説明するための図である。詳細は参考文献(1)を参照されたい。

図9は局部減肉検出モードで局部減肉部位を特定するために利用したアルゴリズム、コンベックスハルを説明した図である。詳細は参考文献(2)を参照されたい。

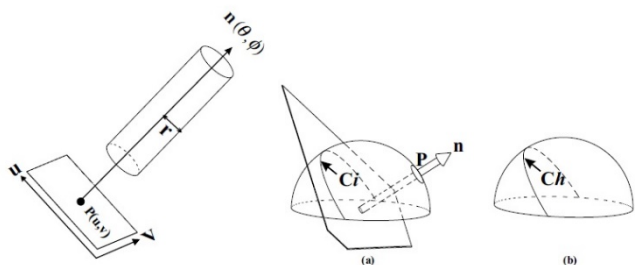


図8. ハフ変換の説明図



Figure 1 Left: the set P of 10 points in the plane. Right: the convex hull of P .

図9. コンベックスハルの説明図

5. 最後に

腐食減肉の深さをカラーコンター図化し、かつCSV書式で出力できる対象物形状は、図形を平面展開できる形状に限定される。現状では、平面、円筒がそれにあたる。それ以外の形状は、カラーコンター図化は可能だが、平面展開が困難なため、CSV書式化は、一定の限定条件を加えないと難しい。

腐食減肉量のCSV化が適用可能な保全分野は、以下の通りである。

- 貯槽の側板(円筒)、底板(平板)
- 圧力容器の円筒部分
- 配管の直管部分(円筒)

- 鉄橋のウェブ、フランジ等平板部分
- コンクリート橋のコンクリート平面部分
- 他多数

このような分野で、保全のための現状把握、さらに過去データとの比較による損傷進展度の把握による余寿命評価などに活用され、保全の効率化と安全安心の推進に貢献することを願ってやまない。

<参考文献>

(1)Tahir Rabbani and Frank van den Heuvel, Section of Photogrammetry and Remote Sensing, Faculty of Aerospace Engineering, TU Delft, The Netherlands, “EFFICIENT HOUGH TRANSFORM FOR AUTOMATIC DETECTION OF CYLINDERS IN POINT CLOUDS”, ISPRS WG III/3, III/4, V/3 workshop "Laser scanning 2005", Enschede, the Netherlands, September 12-14, 2005

(2) Maarten Löffler, Dept. of Information and Computing Sciences, Utrecht University, The Netherlands, “A Manual Comparison of Convex Hull Algorithms”, 2019

<筆者紹介>

新村 稔

2010年 株式会社セイコーウェブ創業
アジア・オセアニア担当副社長(現)

