



3D計測事例集

株式会社セイコーウェーブ
2021.05.31



事例集内容

1. 本書の要旨
2. 3D計測装置紹介
3. 鋼構造物の表面形状(損傷)計測事例
4. コンクリート構造物の表面形状(損傷)計測事例



本書の要旨

従来の点検手段の限界

- トンネルや橋梁は近接目視点検が義務づけられているが、、、
 - 橋梁 72万橋
 - トンネル 1万本
- 生産プラント等の腐食減肉(表面)の正確な把握が困難な箇所が多い
 - 超音波肉厚計
 - 損傷のある側からの計測は困難
 - 溶接線回りの腐食計測は困難
- 課題
 - 目視点検(写真撮影)では、
 - 判断が主観的(点検者により判断が異なる可能性あり)
 - 数値化ができない(劣化の進展予測が困難)
 - 地方で所有するインフラを点検する人材が足りない
 - 従来手法では測定困難な損傷が多い

非接触・3次元計測手段による解決

- 課題解決提案
 - パターン光投影による点検個所の数値化・見える化
 - 損傷のある面からの測定が可能
 - 対象箇所の3次元座標化により
 - カラーコンター図(見える化)
 - グリッド単位でCSVファイル化(数値化)
 - 劣化進展具合の把握が容易
 - 主観的な判断から数値による客観的な判断へ
 - 装置や解析手段の標準化により、だれでもほぼ一定の結果を得られる
 - 地方の人材不足解消の切り札となりうる

2021/5/31

SEIKOWAVE

3

3



3D計測装置の紹介

装置外観



特徴:

- 現場でのキャリブレーション不要
- マーカの貼付不要
- 正確な位置決め不要
- 手持ち計測可能
- 防塵防滴対応

主な仕様

- 3DSL-Rhino-01の個別仕様
 - 測定画角@450mm : 150mm x 270mm
 - 測定対物距離 : 350mm ~ 470mm
 - 分解能(公称)と深さ繰り返し精度
 - XY: 400um、Z: 50um以下、Z: +/- 50um (1sigma)
- 3DSL-Rhino-02の個別仕様
 - 測定画角@200mm : 80mm x 140mm
 - 測定対物距離 : 160mm ~ 250mm
 - 分解能(公称)と深さ繰り返し精度
 - XY: 200um、Z: 30um以下、Z: +/- 30um (1sigma)


- 3DSL-Rhinoの共通仕様
 - 測定所要時間、CMOS image sensor 画素数
 - 80ms (300fps), 30万画素
 - ファイルフォーマット
 - セイコーウェーブ独自形式(.skw)
 - 一般形式(.ply他)での保管可能
 - PCインターフェース
 - Giga Bit Ethernet (1000 Base T)
 - 連続駆動時間(100WH電池パックにて)
 - 8時間以上(標準的な動作モードにて)
 - 動作環境温度(駆動用PCを除く)
 - 10度 ~ +40度

2021/5/31

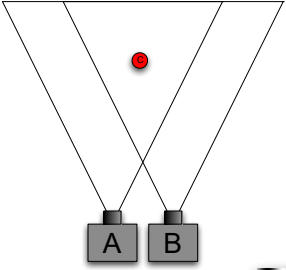
SEIKOWAVE

4

4



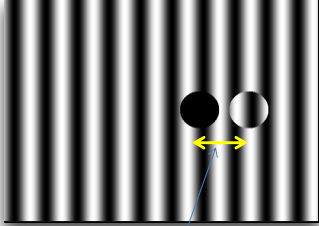
パターン光投影法



A B


構造化光法は、短時間で面単位の計測が可能

カメラAからの見え方




視差SEIKOWAVE

プロジェクターBの“見え方”



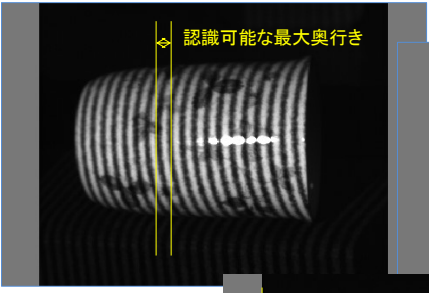
5

5



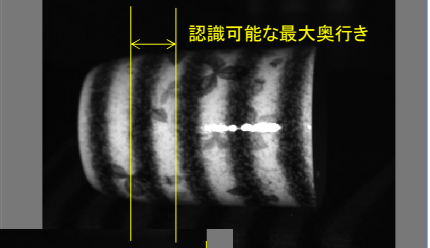
3種類のパターンを投影(全部で24コマ)

32f の画像




認識可能な最大奥行き

8f の画像



認識可能な最大奥行き

1f の画像



認識可能な最大奥行き

1f	0	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	0	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	0	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8	+2π/8
----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

6

6



鋼構造物の表面形状(損傷)計測事例

2021/5/31

SEIKOWAVE

7

7



アクセス困難箇所の腐食



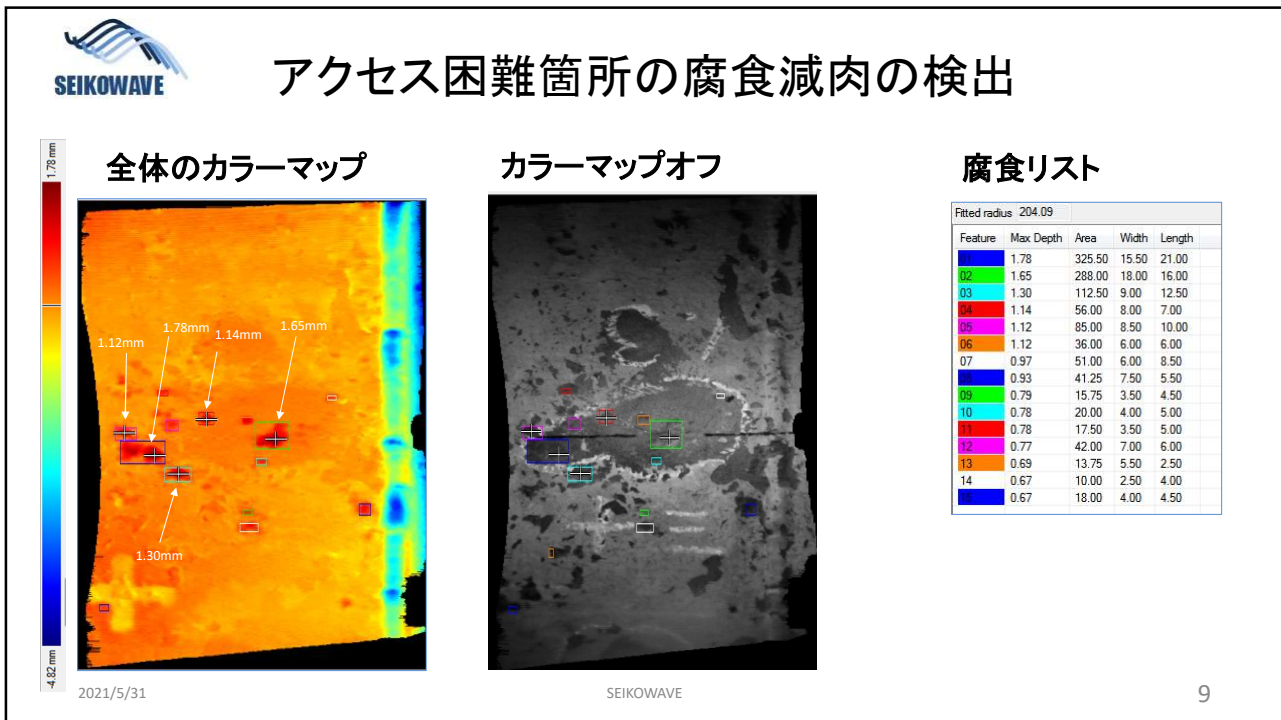
デプスゲージやUTでは計測困難

2021/5/31

SEIKOWAVE

8

8



9



10



外的損傷の計測


複雑な変形



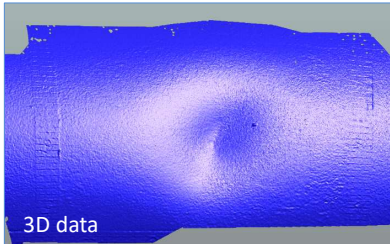

FEM解析のための詳細なデータ取得

2021/5/31
SEIKOWAVE
11

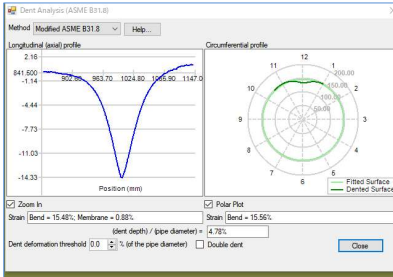
11

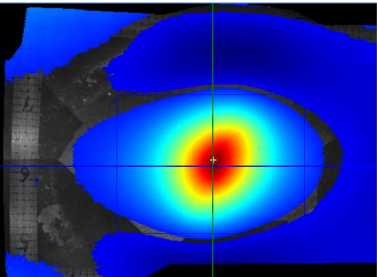


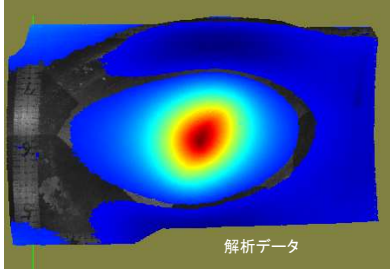
外的損傷の解析




3D data







解析データ



2.25 mm
 Pipe diameter: 200.00 mm
 Pipe thickness: 12.00 mm
 Display data in:
 Fitted radius: 147.28
 Feature: Max Depth: Area: Width: Length:
 14.33 14247.50 102.50 139.00

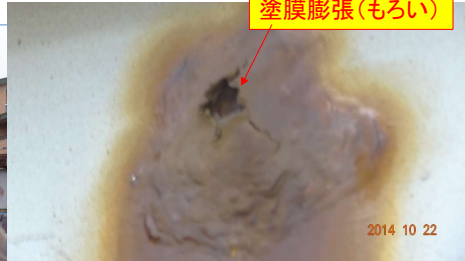
落石によるパイプライン陥没を3次元計測した。
 3次元的な変形データを有限要素解析をすることで、このまま供用が可能か、補修が必要であるかを即座に解析し、石油生産開始の早期判断に寄与した。

2021/5/31
SEIKOWAVE
12

12



橋梁経年変化(塗装、ボルト・ナット)



2021/5/31

SEIKOWAVE

13

13



橋梁経年変化(塗装、ボルト・ナット)




2021/5/31

SEIKOWAVE

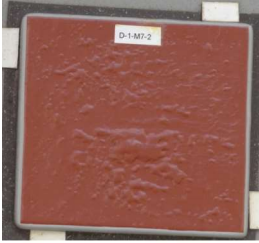
14

14

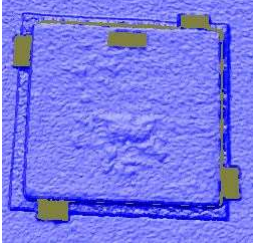


暴露試験片の現場での測定


暴露試験片写真

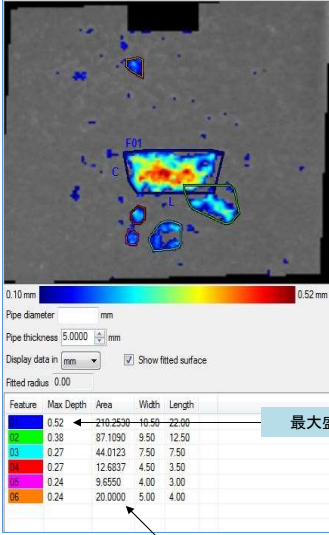


暴露試験片の3D測定画像
(濃淡情報なし)



盛り上がり量の
定量化





効果 従来、暴露試験片を取り外し、研究室にて形状の精密測定を行っていたため、取り外すことで試験片数が減少してしまう。現場で測定可能ことから、連続した観察が可能であり、かつ、試験片数を減らす＝暴露場面積を減らすことが可能となる。

2021/5/31

SEIKOWAVE

最大盛り上がり高さ

27

27



耐候性鋼橋(腐食の進展)






評点1~2の腐食

2021/5/31

SEIKOWAVE

28

28




耐候性鋼橋腐食評価

2017年～2019年、国交省近畿地方整備局主管、
耐候性鋼橋腐食計測プロジェクト参画

評点	桁下暴露試験の写真	実橋での例 (接写写真)	
		セラファンテープ試験	
5			
4			
3			
2			
1			


2021/5/31



SEIKOWAVE 図-1.3 各外観評点における代表的なさび外観 (架設後10年以上経過した橋梁での事例) 1.6 29

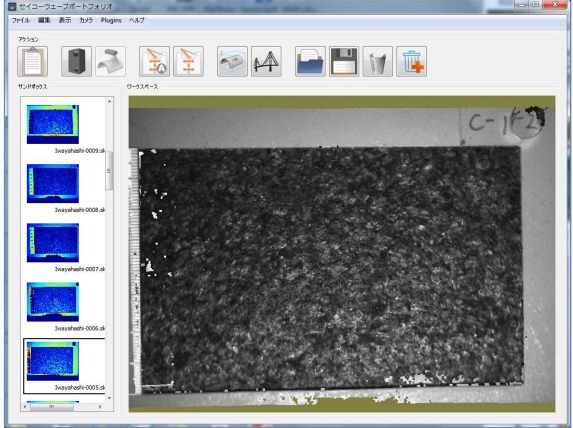
図-1.1 さび外観評点と写真見本 1.3)

29



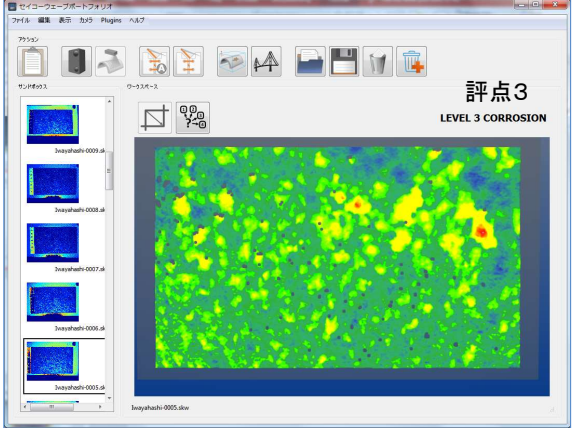
腐食レベル(評点)評価ソフトウェア

3D計測



➔

腐食評価



効果: 評点2と評点3の境界をデジタル的に判定することで、補修の要否を、属人的な要素に頼らず、客観的に判断可能となる。

2021/5/31

SEIKOWAVE

30

30



石油タンク;側板の目視点検



2021/5/31

SEIKOWAVE

31

31



タンク側板: 目視検査の課題と解決手段

- 従来の目視検査の課題: 『Safety & Tomorrow』から抜粋
 - 底板はすべて板厚測定を行うこととされているが、側板は腐食が認められた場合のみ板厚確認を行うこととなっている。もし、側板の外観目視検査で腐食が認められた場合はデプスゲージ等を用いて腐食深さを計測し、旧法タンクの場合、残肉厚が3.2mm以上あることを確認し、3.2mm未満であれば補修を行う様に、現行の消防法では規定されている。ところが、**最大腐食箇所**の場所選定や**計測数値の精度**は検査員の熟練度や体調に影響されることは自明の事実であることや、**腐食測定ポイント位置が次回検査時に同一箇所かどうかの確認が不明確**な場合も多い。
この様にデプスゲージを用いた方法では、測定精度や腐食進展経歴の把握に少し難があると言える。
- 光3次元計測による課題解決
 - 面単位で一括計測し、最大腐食箇所を特定可能
 - 誰が測定しても一定の誤差範囲内にデータが収束
 - マーキング箇所を一緒にデータ化し、測定ポイントが明確

2021/5/31

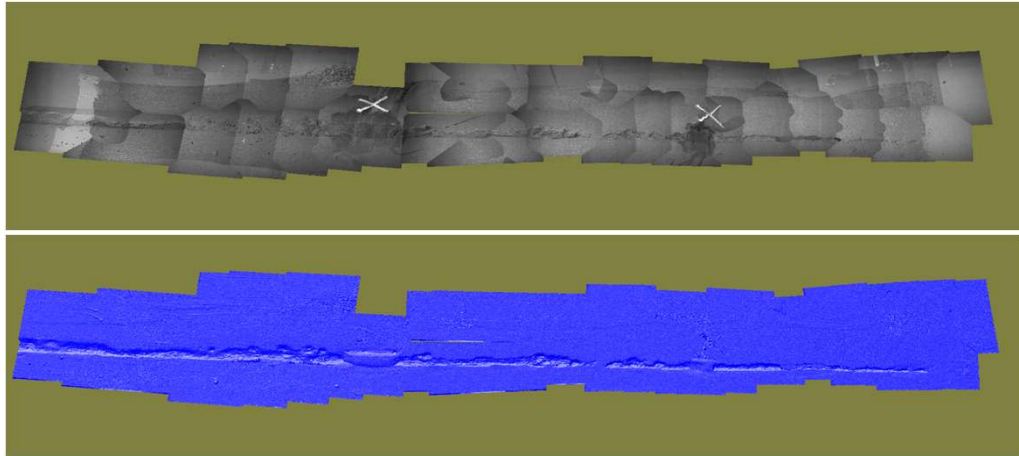
SEIKOWAVE

32

32



溶接線周りの形状計測結果



2021/5/31

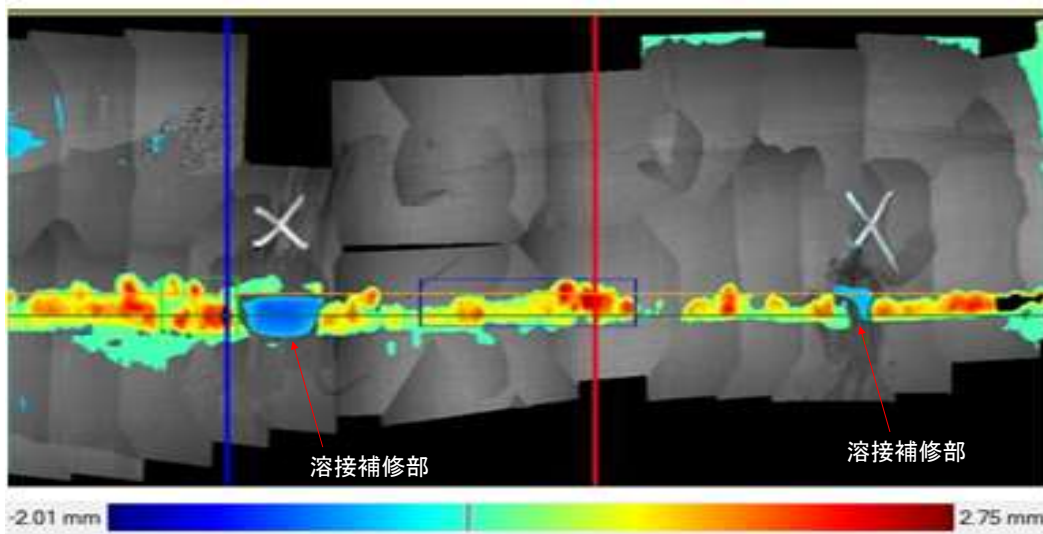
SEIKOWAVE

33

33



解析～減肉カラーマップ



2021/5/31

SEIKOWAVE

34

34



解析～減肉深さのプロット



最大減肉箇所の
減肉深さ

最大減肉箇所を自動検出し、長手方向と円周方向の減肉深さをプロット

2021/5/31

SEIKOWAVE

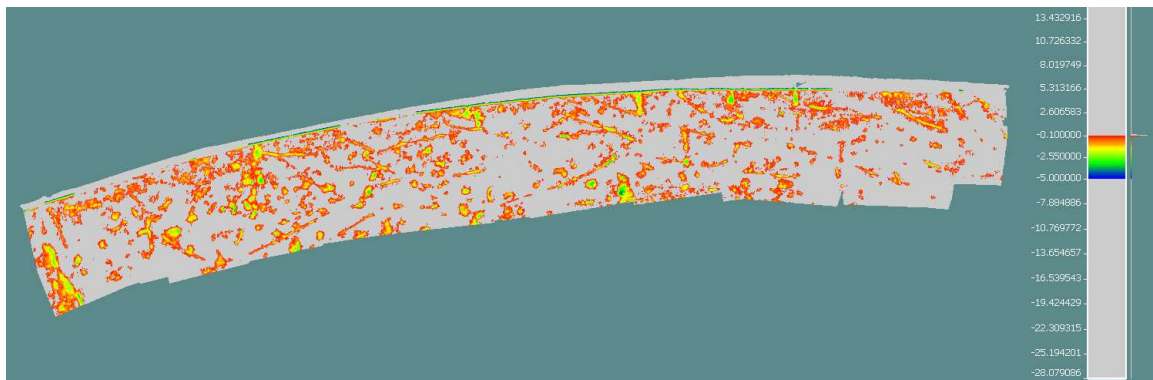
35

35



POLYGONAlmeister で解析

タンク底板(側板周縁部)の腐食




供用年数につれて、ライニング下の底板の腐食が進行する。
底板は施工時の溶接熱歪でもともと平坦ではなく、また、孔食が進展すると、超音波肉厚計や、デプスゲージでは計測が困難となり、従来は正確な腐食量(残存肉厚)の把握が困難であった。

セイコーウェーブでは、面単位で計測可能な光方式の3次元計測で計測を行い、板の波状歪の影響を排除する解析手法を開発し、当該腐食マップを得た。

2021/5/31

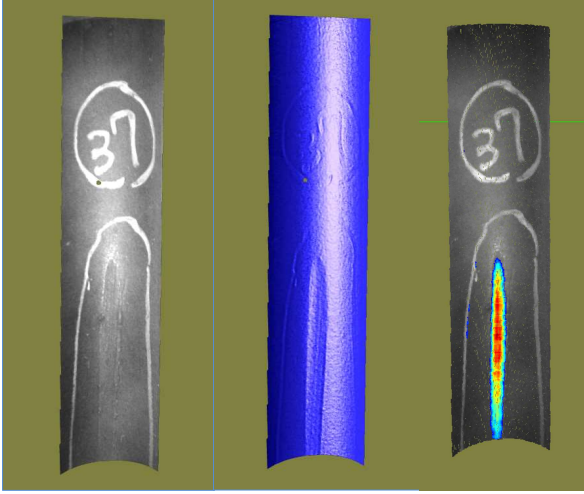
36

36

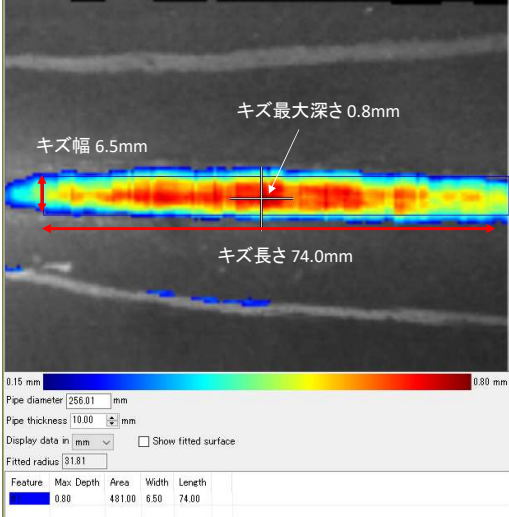


ボイラー内部水冷管損傷計測

水管壁には上下方向に多少の歪みが発生しているが、この解析ソフトウェアでは、その歪みに影響されずに、キズ深さを検出可能。



外形64mm




キズ幅 6.5mm
キズ最大深さ 0.8mm
キズ長さ 74.0mm

Feature	Max. Depth	Area	Width	Length
■	0.80	481.00	6.50	74.00

2021/5/31
SEIKOWAVE
37

37



Uni-Fitness

圧力容器の供用適性評価

WES2820-2015準拠

2021/5/31
SEIKOWAVE
38

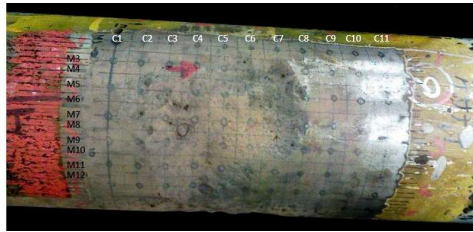
38



腐食減肉を伴った配管

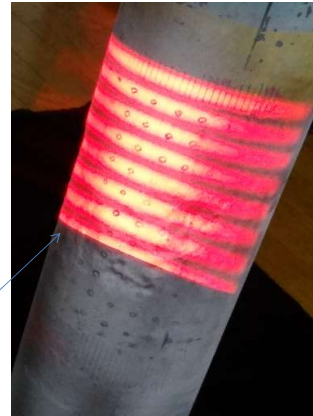
Target pipe

3D measurement



Nominal pipe thickness = 7.2mm
 Outside diameter = 165mm
 Inside diameter = 150.6mm

Phase-shifted pattern is projected to the target surface.



2021/5/31

SEIKOWAVE

39

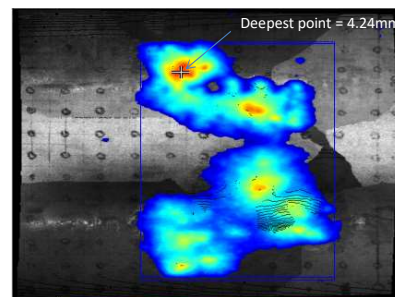
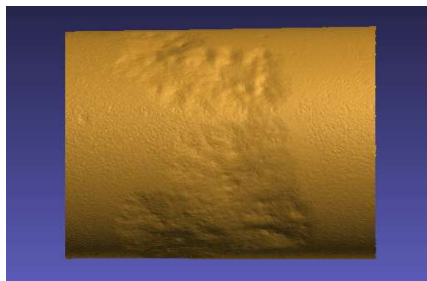
39



3D analysis

3D data (no texture)

Corrosion color map



0.00 mm 5.00 mm

Pipe diameter 165 mm

Pipe thickness 7.20 mm

Display data in mm Show fitted surface

Fitted radius 92.37


Feature	Max. Depth	Area	Width	Length
4.24	4.24	22533.00	203.00	111.00

2021/5/31


SEIKOWAVE

40

40



CSV data of the corroded area




2021/5/31

SEIKOWAVE

41

41



直管パラメータ入力

WES 2820-2015 02 WES 2820-2015 解説 K < > | 28 / 29

5 例題 5.5 局部減肉例 HPI RRT

形状・材質 | 厚さ計測データ | 判定結果 | 計算データ

対象部位

円筒胴 半球形鏡板 直管 円すい胴と円筒胴の接続部

円すい胴 半楕円形鏡板 エルボ・ベント管

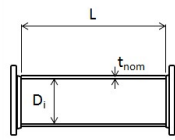
球形胴 皿型鏡板 常圧円筒タンク

ぎず・損傷位置

内部 外部

サブメンタル荷重

有り 無し



不連続部からの距離 [mm] 1,000.00

公称厚さ tnom [mm] 7.20

内径 Di [mm] 150

許容引張応力を自動計算する 材質 ASME SA-516 60 Plate Carbonsteel

許容引張応力 [MPa] (*) 101.0 評価温度 [°C] 380.0 評価圧力 p [MPa] 4.50

機械的余裕代 MA [mm] 0.00

(*) 設計温度における値

	内部	外部	
一様減肉量 [mm]	0.00	0.00	<input checked="" type="checkbox"/> 最小必要厚さを自動計算する 軸方向 周方向
将来腐食代 [mm]	0.00	0.00	

2021/5/31

SEIKOWAVE

42

42



腐食データcsv読み込み

WES 2820-2015 | 02 WES 2820-2015 解説 | 28 / 29
 5 例題 | 5.5 局部減肉例 HPI RRT

形状・材質 | 厚さ計測データ | 判定結果 | 計算データ

厚さ測定法
 点厚さ測定法 詳細厚さ測定法 グループ

軸方向 周方向
 測定点数 73 87 Excelデータの貼付け
 グリッド間隔 [mm] 3.00 2.62 3DSLデータの取込み

	位置	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
M1	0.00	7.19	7.20	7.18	7.19	7.20	7.21	7.22	7.24	7.25	7.27	7.28	7.27	
M2	2.62	7.16	7.16	7.18	7.17	7.19	7.21	7.23	7.24	7.25	7.26	7.26	7.27	
M3	5.24	7.16	7.17	7.20	7.17	7.20	7.21	7.22	7.24	7.25	7.26	7.24	7.27	
M4	7.86	7.17	7.18	7.18	7.18	7.21	7.21	7.22	7.23	7.24	7.23	7.26	7.27	
M5	10.48	7.18	7.17	7.17	7.16	7.18	7.21	7.22	7.23	7.21	7.25	7.24	7.25	
M6	13.10	7.16	7.15	7.16	7.20	7.17	7.20	7.21	7.21	7.20	7.23	7.24	7.23	
M7	15.72	7.10	7.15	7.15	7.17	7.20	7.18	7.19	7.20	7.20	7.24	7.25	7.24	
M8	18.34	7.12	7.12	7.15	7.15	7.17	7.18	7.20	7.18	7.21	7.21	7.22	7.23	
M9	20.96	7.14	7.12	7.14	7.16	7.17	7.17	7.19	7.20	7.20	7.21	7.21	7.21	
M10	23.58	7.10	7.10	7.14	7.15	7.14	7.15	7.16	7.18	7.19	7.20	7.20	7.20	
M11	26.20	7.12	7.10	7.11	7.13	7.14	7.15	7.14	7.16	7.18	7.20	7.18	7.19	
M12	28.82	7.12	7.08	7.11	7.11	7.12	7.14	7.15	7.14	7.15	7.17	7.18	7.20	
M13	31.44	7.11	7.10	7.08	7.09	7.11	7.12	7.13	7.13	7.13	7.15	7.17	7.17	
M14	34.06	7.11	7.07	7.07	7.09	7.11	7.11	7.14	7.14	7.15	7.13	7.15	7.18	
M15	36.68	7.08	7.06	7.07	7.06	7.09	7.10	7.12	7.12	7.14	7.13	7.15	7.15	

2021/5/31

SEIKOWAVE

43

43



判定結果

WES 2820-2015 | 02 WES 2820-2015 解説 | 28 / 29
 5 例題 | 5.5 局部減肉例 HPI RRT

形状・材質 | 厚さ計測データ | 判定結果 | 計算データ

tFCA [mm] 0.00 tmin_S [mm] 1.80 tmin_C [mm] 3.80 tmm [mm] 3.06

全面減肉(詳細厚さ測定法)
 供用可能 tam_S [mm] 3.39
 tc [min] 7.20 tam_C [mm] 3.43

tam_S - tFCA [mm] 0.9 * tmin_C [mm]
 3.39 >= 3.24

tam_C - tFCA [mm] 0.9 * tmin_S [mm]
 3.43 >= 1.62

tmm - tFCA [mm] 0.5 * tmin [mm] tmm - tFCA [mm] Max (0.2*tmm, 2.5[mm])
 3.06 >= 1.80 3.06 >= 2.5

2021/5/31

SEIKOWAVE

44

44



コンクリート構造物の表面形状(損傷)計測事例

2021/5/31

SEIKOWAVE

45

45

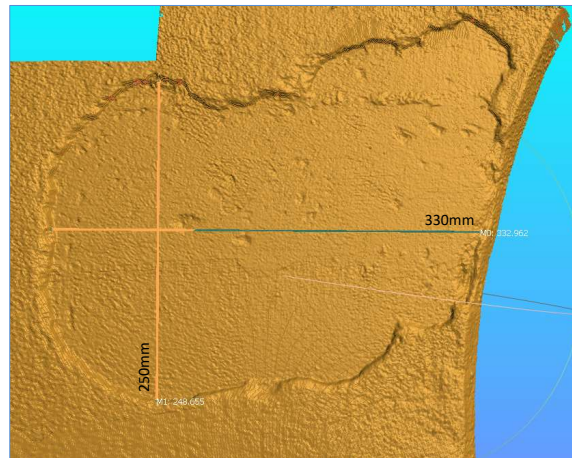


跨線橋のコンクリート剥落

計測の様子



3次元画像



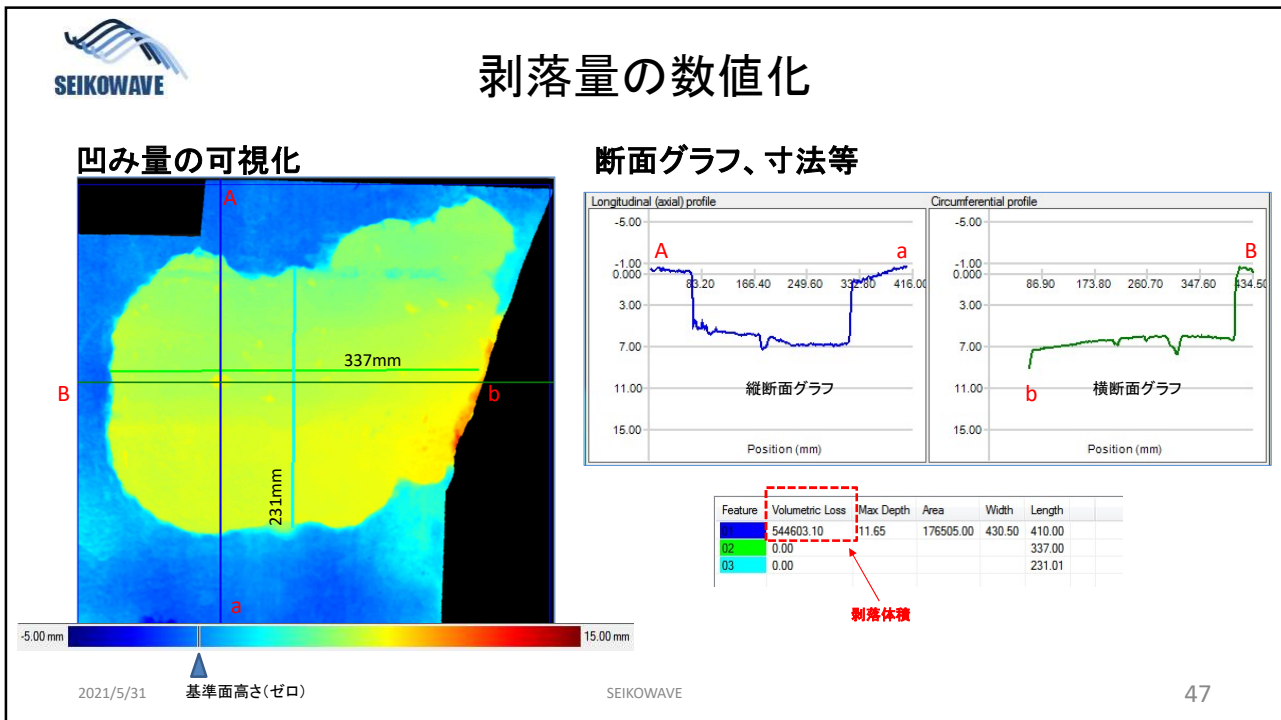
計測および自動合成所要時間≒1分以下

2021/5/31

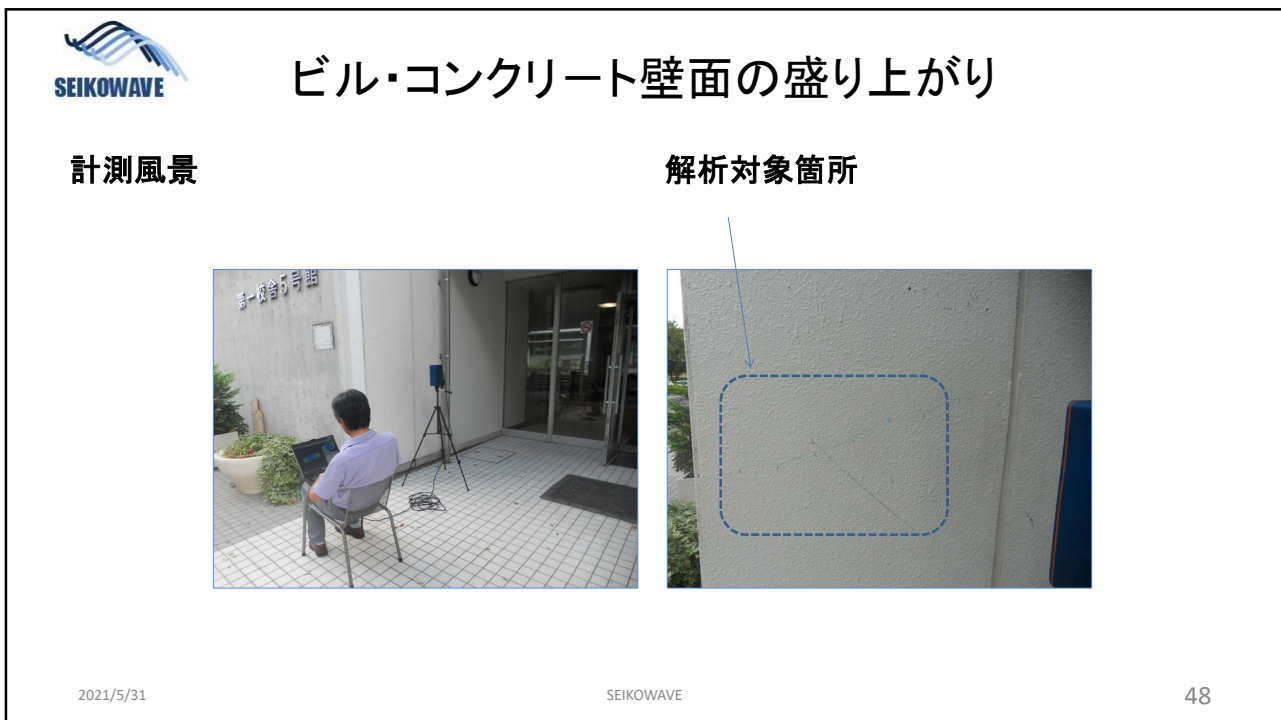
SEIKOWAVE

46

46



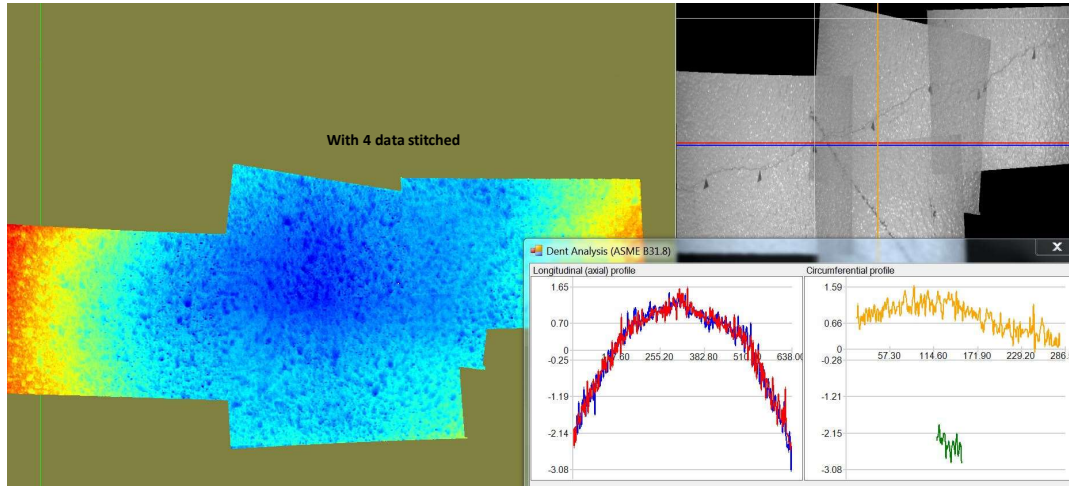
47



48



ビル・コンクリート壁面の盛り上がり



2021/5/31

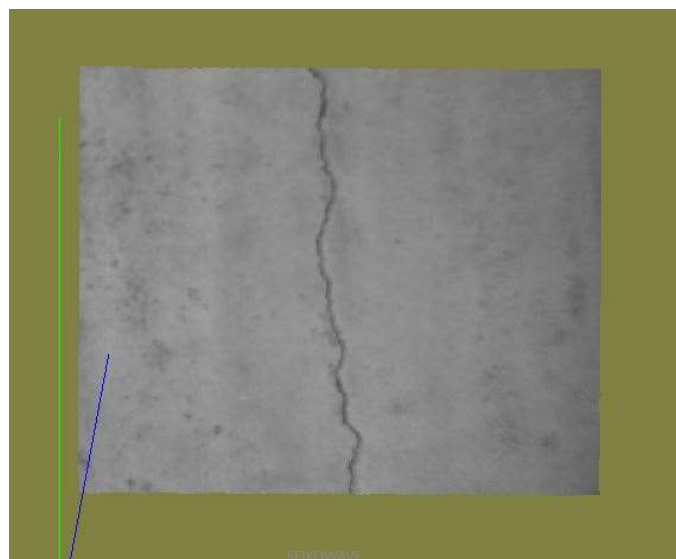
SEIKOWAVE

49

49



コンクリート壁面の亀裂



2021/5/31

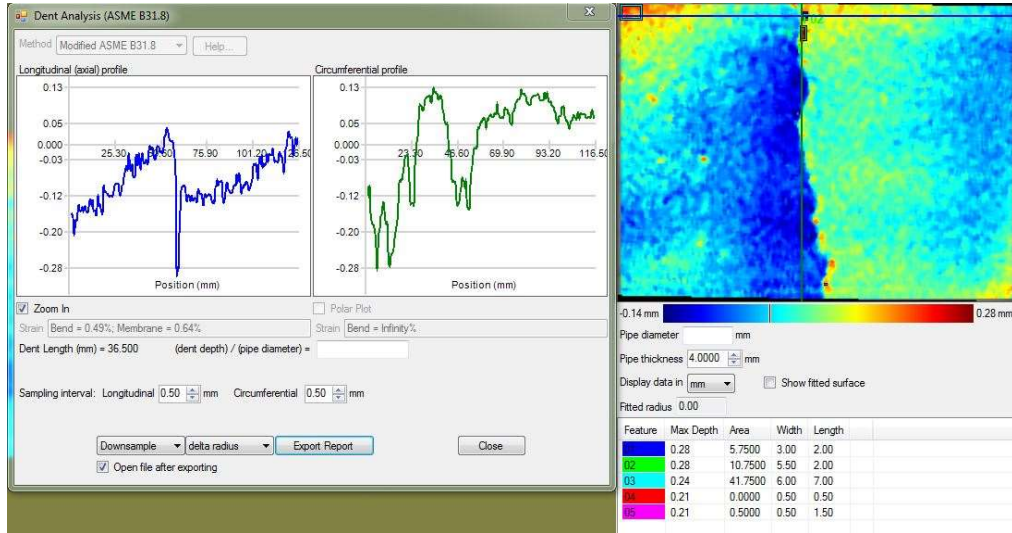
SEIKOWAVE

50

50



コンクリート壁面の亀裂;面の段差



2021/5/31

SEIKOWAVE

51

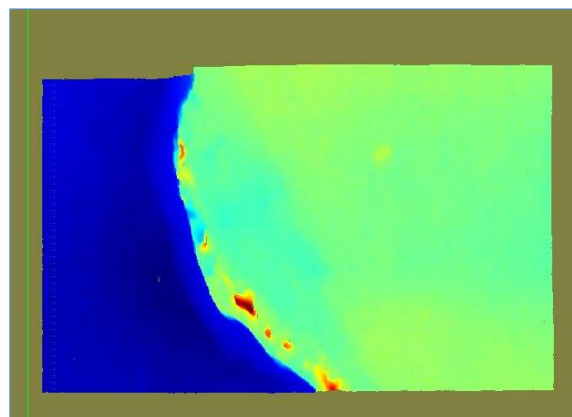
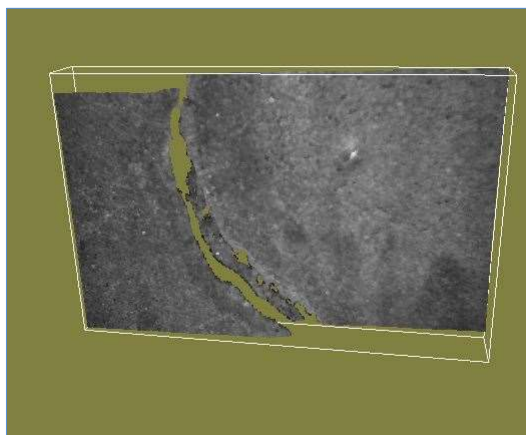
51



コンクリート表面の段差

3D画像

カラーコンター図



2021/5/31

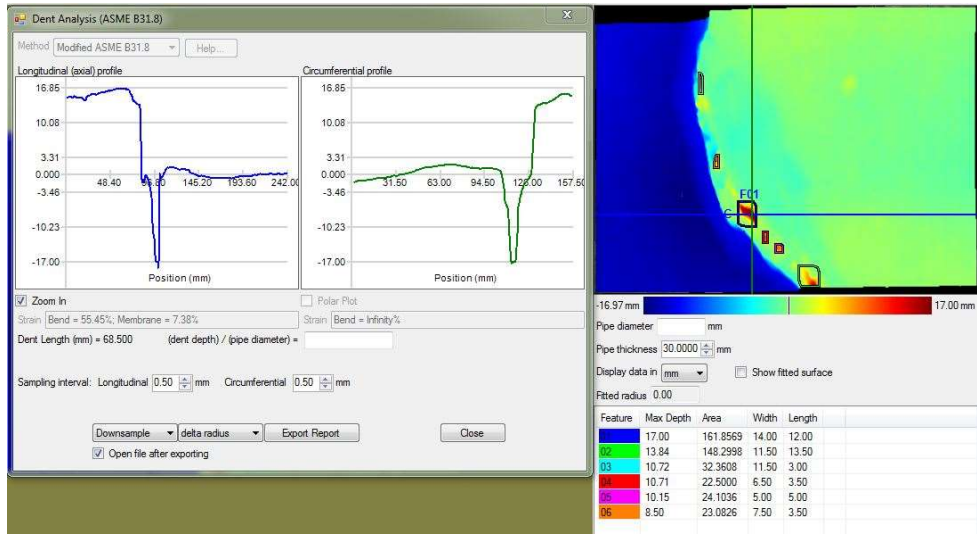
SEIKOWAVE

52

52



コンクリート表面の段差



2021/5/31

SEIKOWAVE

53

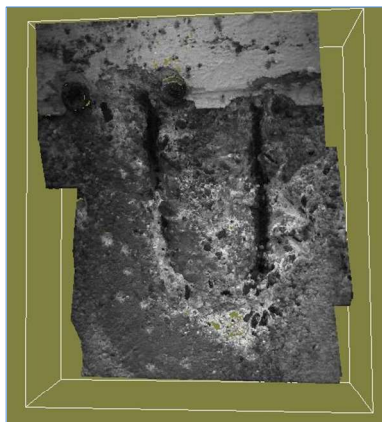
53



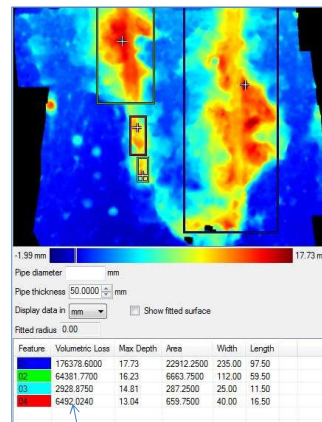
鉄筋コンクリート造、鉄筋腐食膨張による剥落

3D画像

解析



Courtesy by Prof. Kitano, Nagoya Univ.



Volumetric loss

2021/5/31

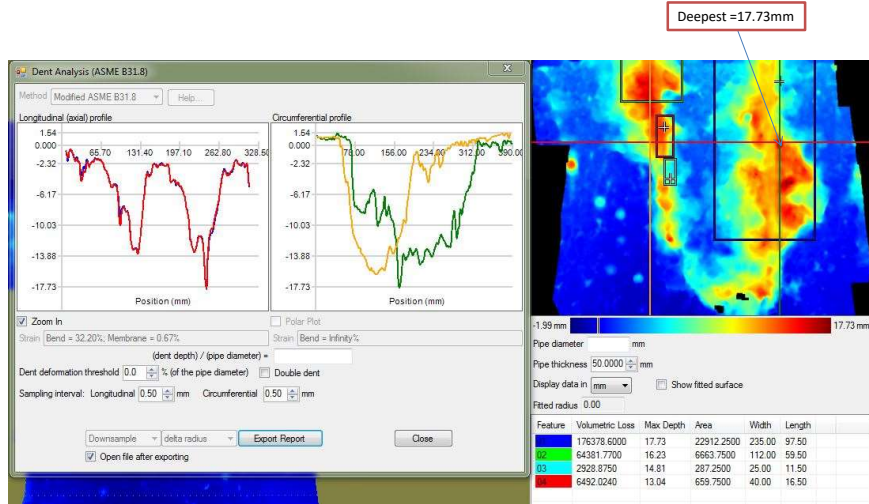
SEIKOWAVE

54

54



鉄筋コンクリート造、鉄筋腐食膨張による剥落



2021/5/31

SEIKOWAVE

55

55



アスファルト舗装面の亀裂1



2021/5/31

SEIKOWAVE

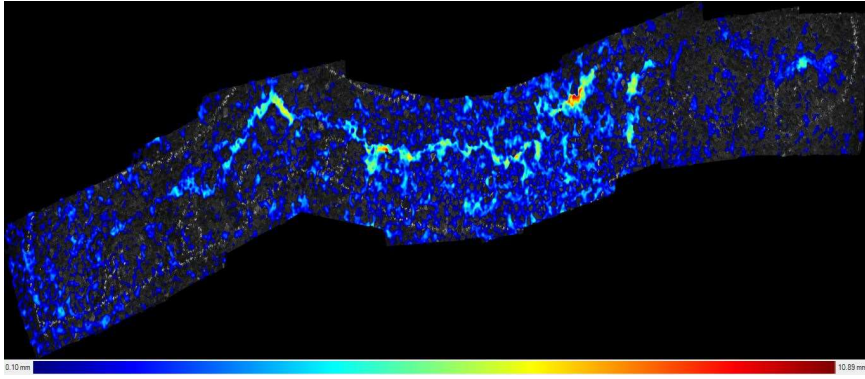
56

56



アスファルト舗装面の亀裂1

Local analysis



2021/5/31

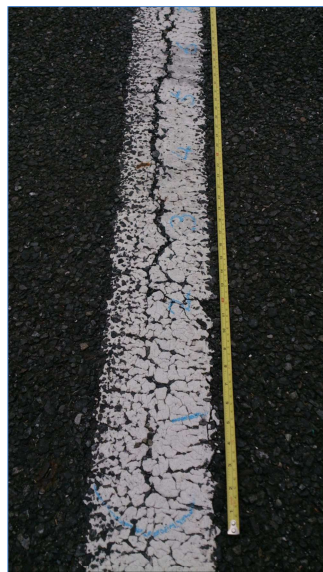
SEIKOWAVE

57

57



アスファルト舗装面の亀裂2



2021/5/31

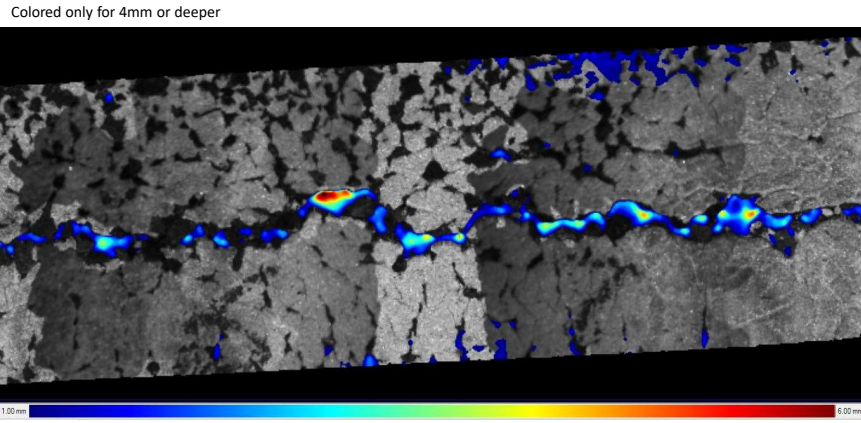
SEIKOWAVE

58

58



アスファルト舗装面の亀裂2



2021/5/31

SEIKOWAVE

59

59

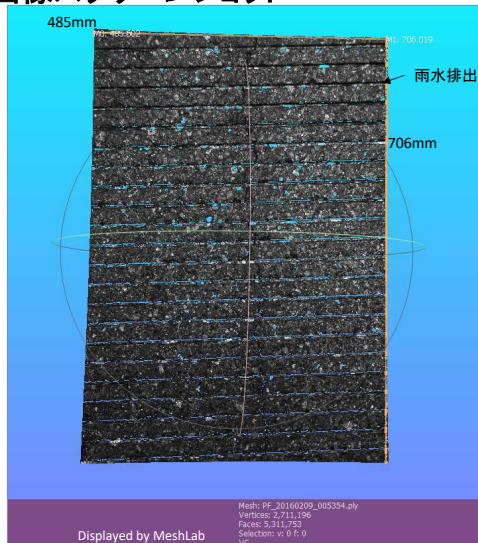


滑走路の亀裂3D画像

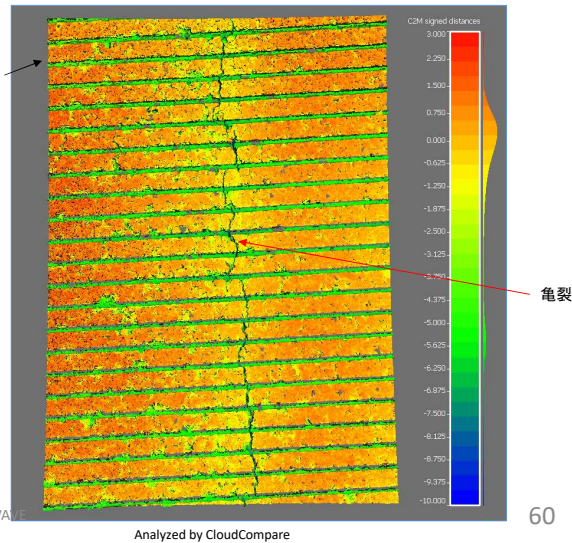
Cloud Compare で解析

SIP (2015年度、経産省戦略的イノベーションプログラム) 参加～羽田空港滑走路の亀裂計測(夜間)

3D画像スクリーンショット



亀裂深さのカラーコンター図



2021/5/31

SEIKOWAVE

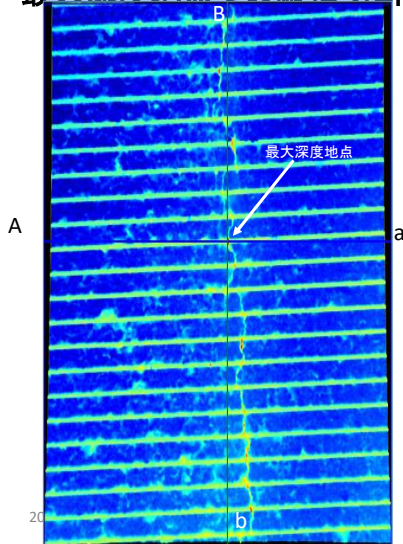
60

60

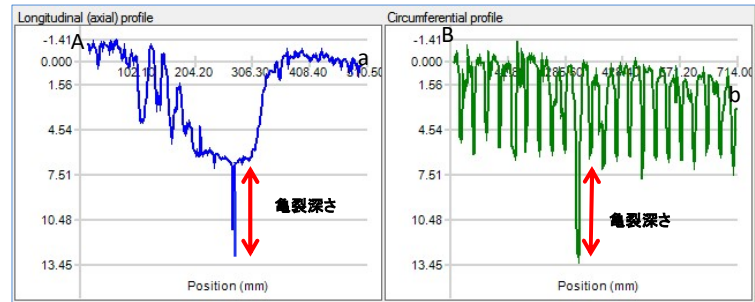


滑走路の亀裂検出

最大深度地点での縦横切断面指定



縦横切断グラフ



SEIKOWAVE

61

61

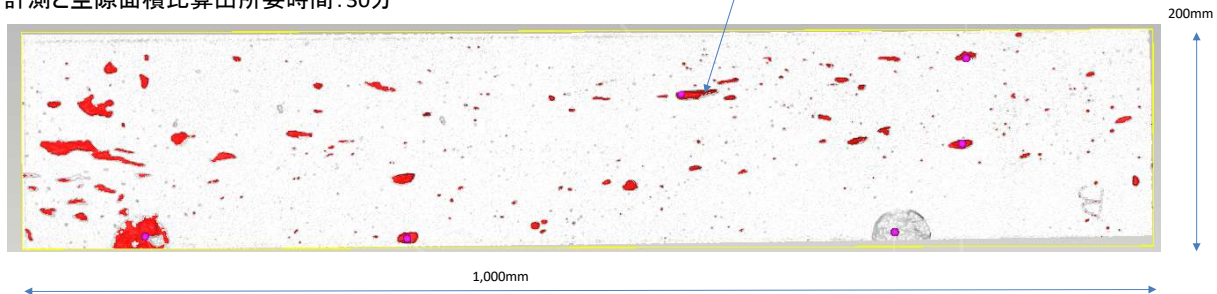


POLYGONalmeister で解析

免震基礎コンクリート柱上面の空隙

ソフトウェアにより、深さ0.5mm以上、かつ長さ5mm以上の空隙のみ着色し、総面積と面積比を算出(従来は手作業)

計測と空隙面積比算出所要時間:30分



2021/5/31

SEIKOWAVE

62

62



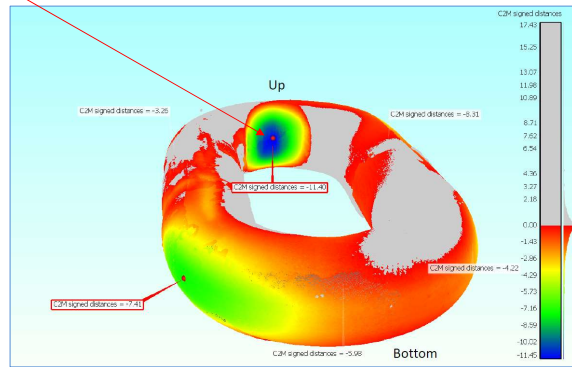
Cloud Compare で解析

1. 船舶係留チェーンの全周計測と摩耗量解析



内側は摩耗

外側は腐食



計測と解析所要時間: 30分

2021/5/31

SEIKOWAVE

63

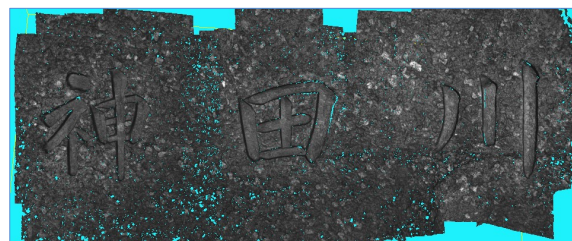
63



石碑の碑文

計測風景

3次元データ

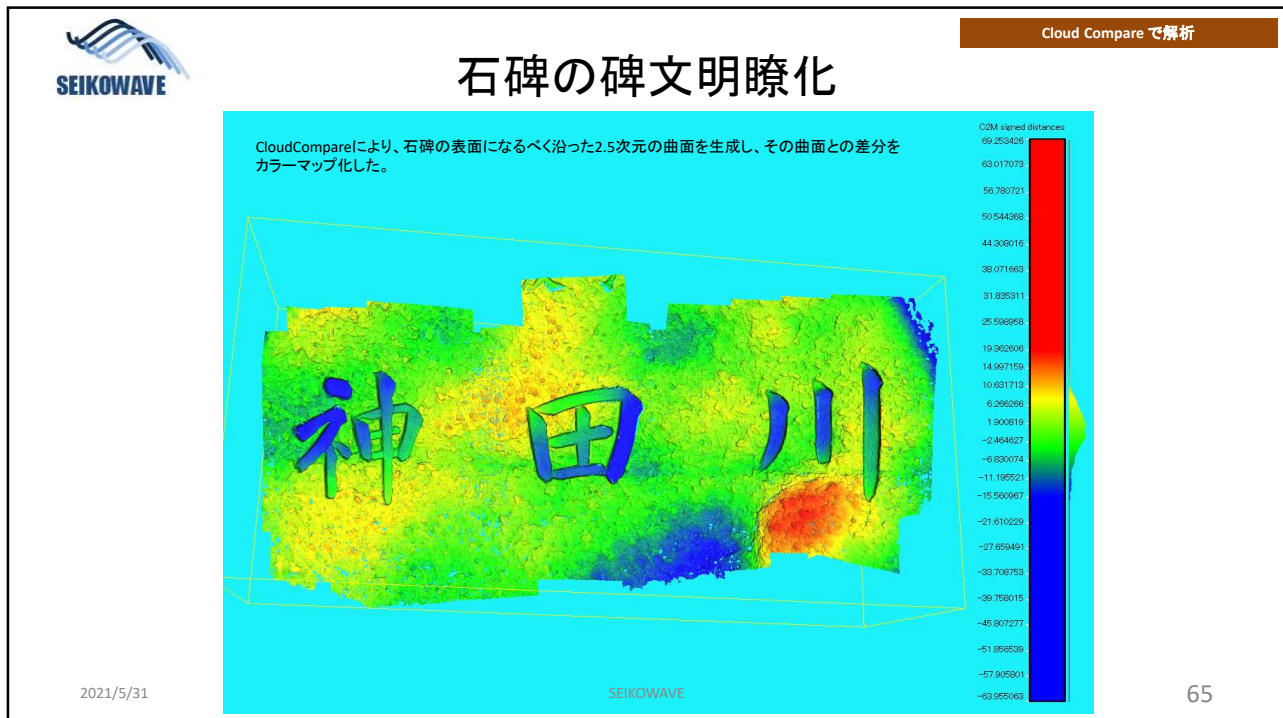


2021/5/31


SEIKOWAVE

64

64



65



SEIKOWAVE

まとめ

• 課題解決提案

- パターン光投影による点検個所の数値化・見える化
 - 損傷のある面からの測定が可能
 - 対象箇所の3次元座標化により
 - カラーコンター図(見える化)
 - グリッド単位でCSVファイル化(数値化)
 - » 劣化進展具合の把握が容易
- 主観的な判断から数値による客観的な判断へ
 - 装置や解析手段の標準化により、だれでもほぼ一定の結果を得られる
 - 地方の人材不足解消の切り札となりうる

• 現在の装置の限界と今後の展開

- ヒトが運搬する必要があるため、近づけない箇所の点検ができない。
 - 現在、ドローンに搭載し、安定して近接3次元計測ができるよう、技術開発中。
 - 2021年度中には実証実験可能
 - » 目標仕様
 - 手持ちの計測装置と同等の計測範囲と分解能
 - ドローンから無線でライブビデオと3Dデータの送信

2021/5/31

SEIKOWAVE

66

66