

# 超音波による「金属部品のエッジ処理」技術

## —非線形発振制御による表面残留応力の緩和・均一化技術—

2024. 2. 2 超音波システム研究所

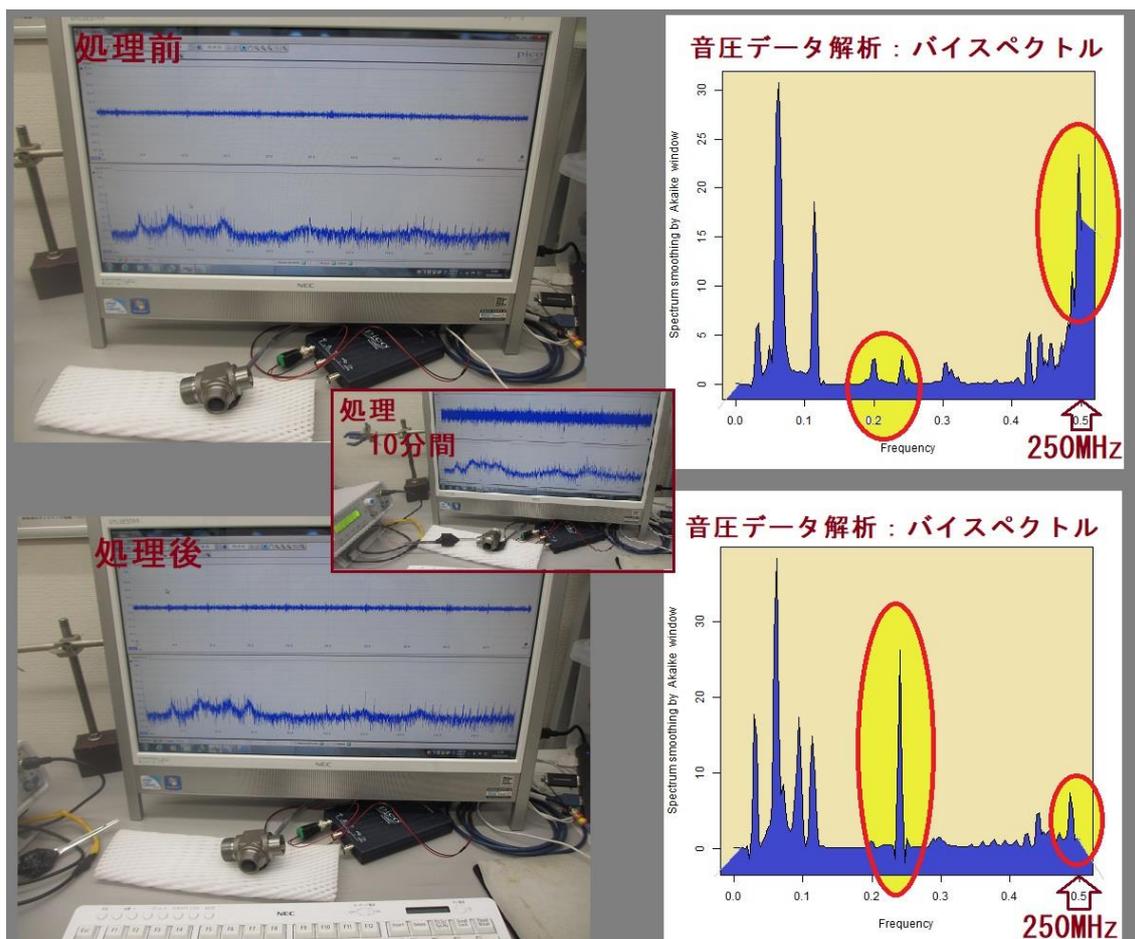
超音波システム研究所は、2014年に、

- \* 超音波の非線形性に関する「測定・解析・評価」技術、
- \* 超音波のダイナミック特性を「コントロール」する制御技術、
- \* 超音波振動子・水槽の設置方法による「キャビテーション」の制御技術、
- \* 液循環とマイクロバブルによる「音響流」の制御技術、

上記の技術を応用・発展させ

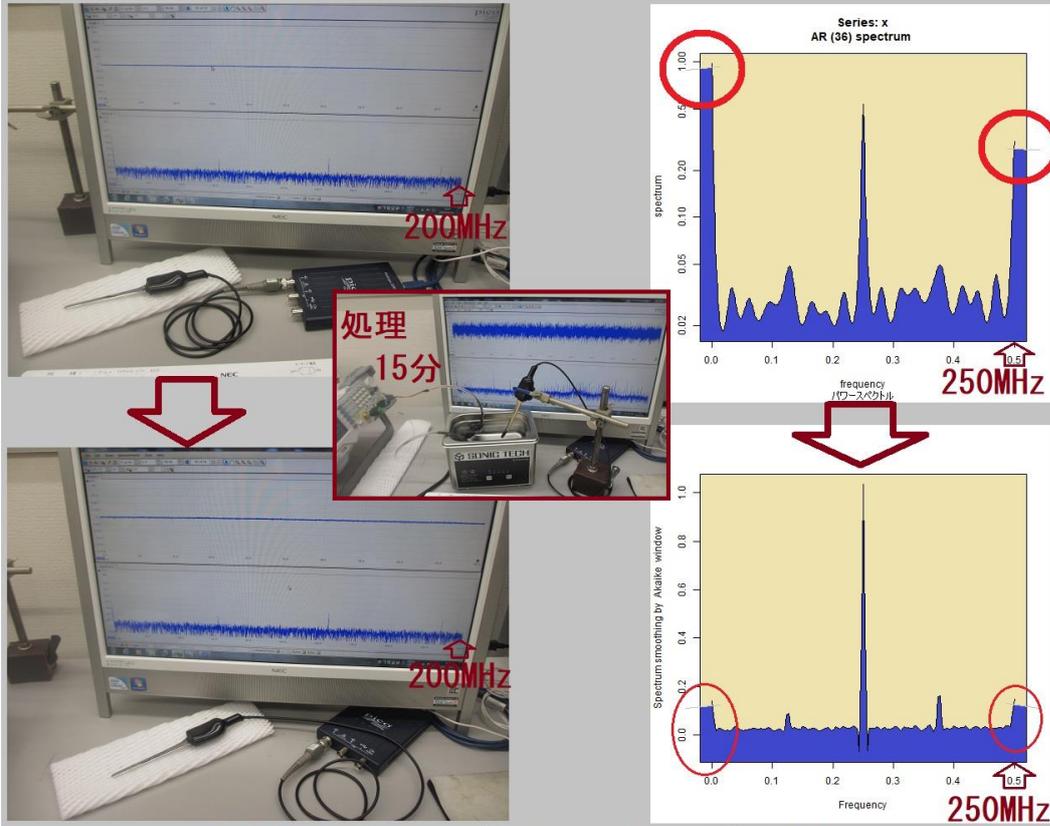
超音波による「金属部品のエッジ処理」技術を開発しました。

超音波の音圧測定解析システムを利用した、これまでのコンサルティング対応により、各種部品の洗浄効果と合わせて多数の、エッジ処理効果（表面残留応力の緩和・均一化を実現させてきました。

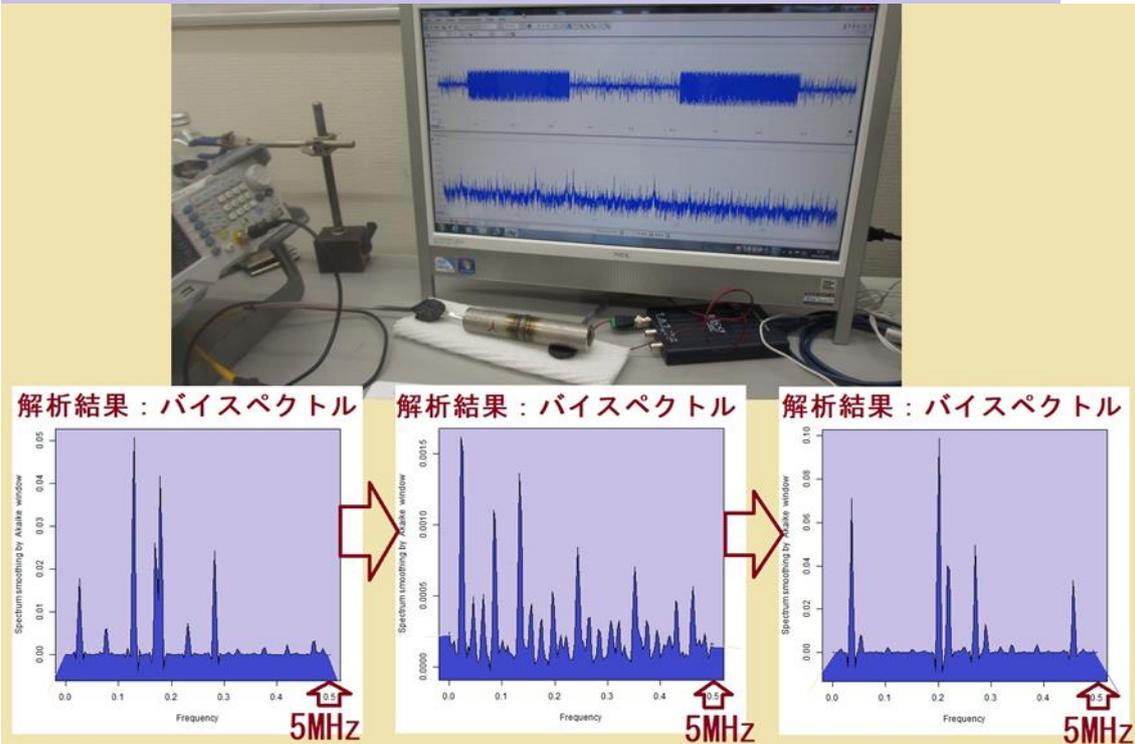


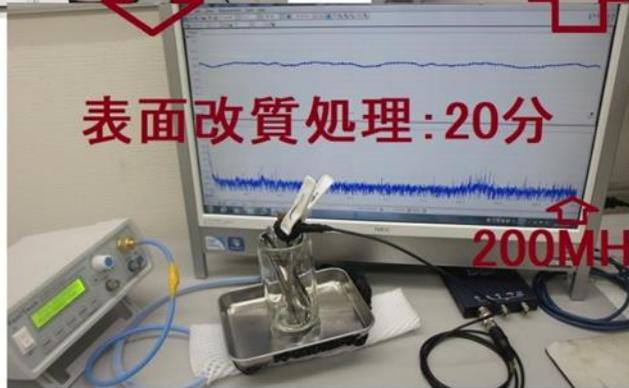
## メガヘルツ超音波による表面処理技術

これまでのデータを整理することで  
 様々なノウハウ（個別の対象物・装置・・・に関する具体的な方法）を  
 確認し、利用方法を開発しました。



超音波プローブのエイジング処理





450MHzの伝搬状態可能な表面が、750MHz以上の伝搬状態可能に変わりました

溶接

200MHz

処理 10分

200MHz

音圧データ解析: 自己相関

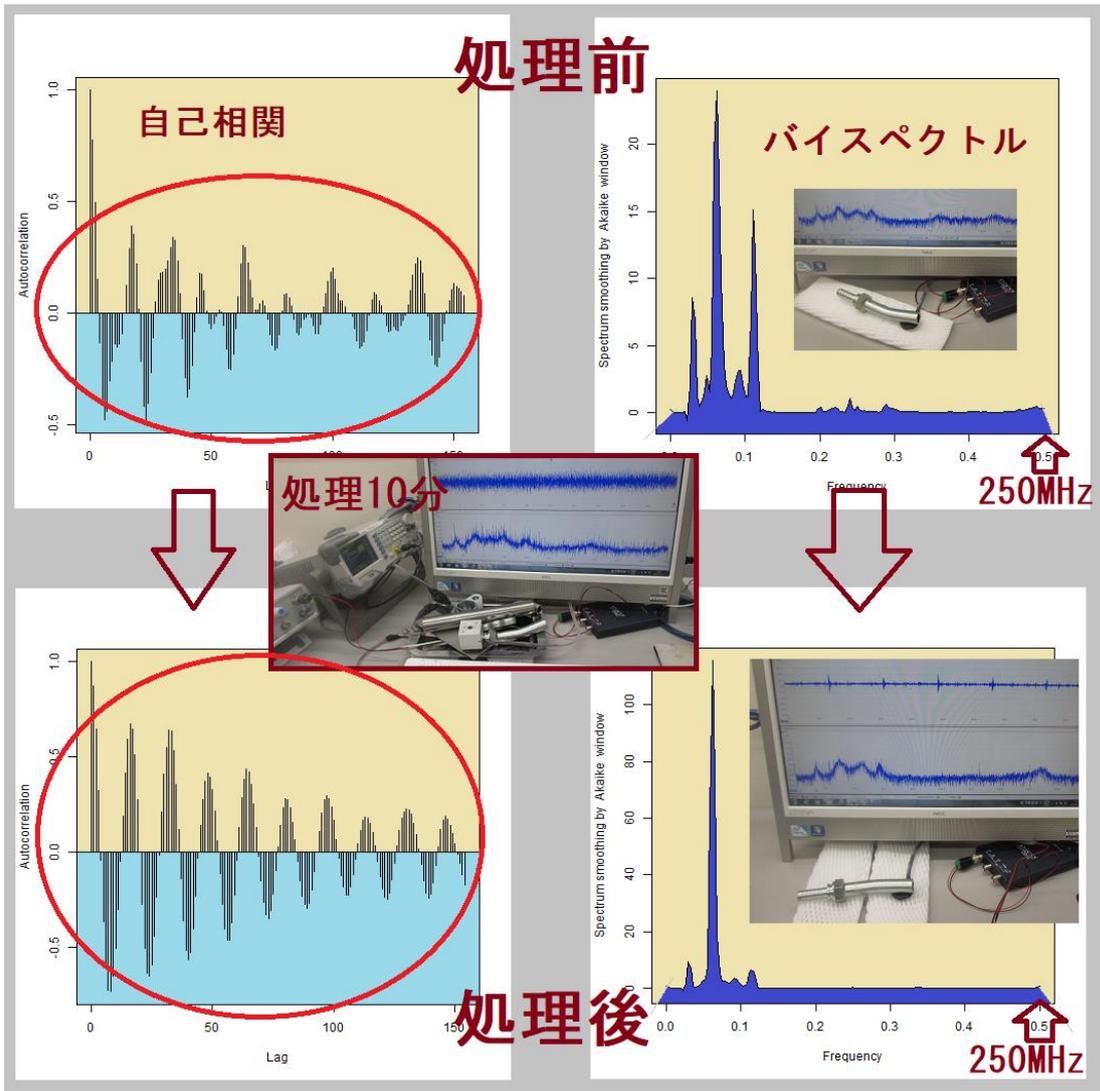
Autocorrelation

Lag

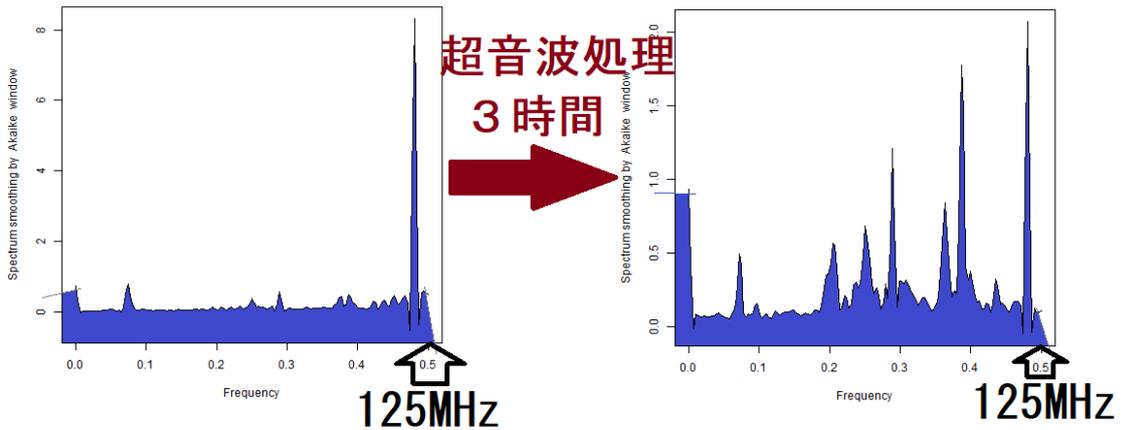
音圧データ解析: 自己相関

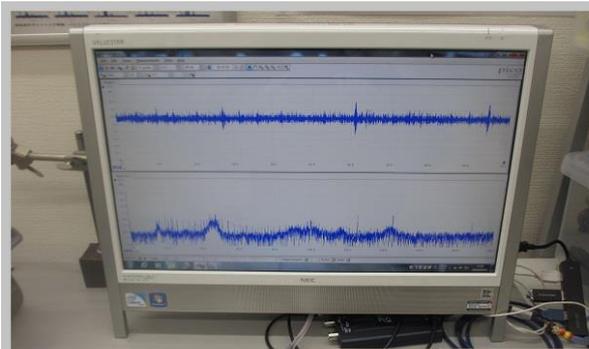
Autocorrelation

Lag

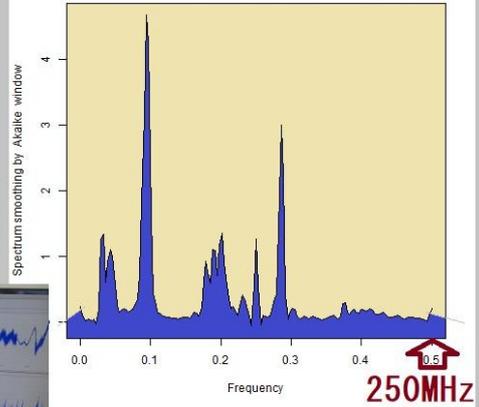


超音波による表面処理結果（音圧データ解析：バースペクトル）

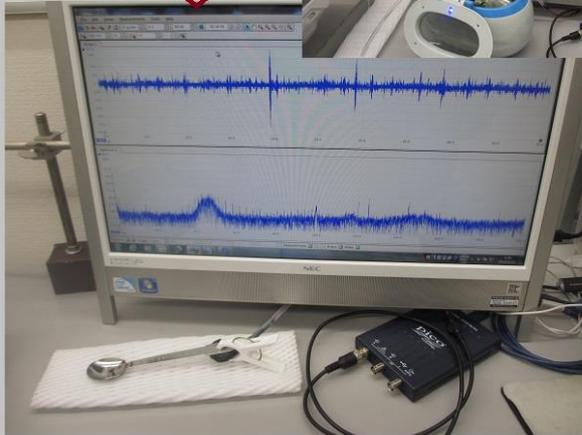




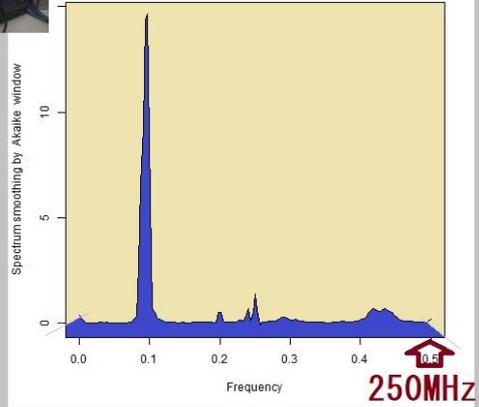
解析結果：バイスペクトル



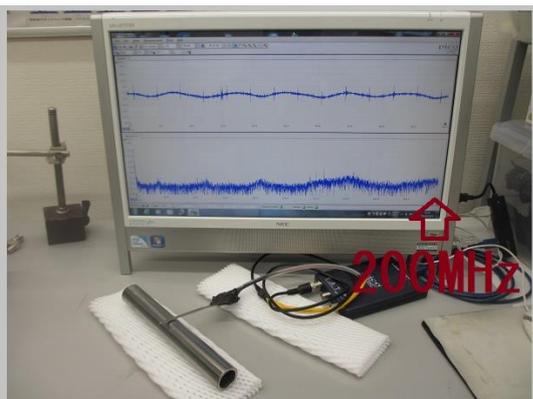
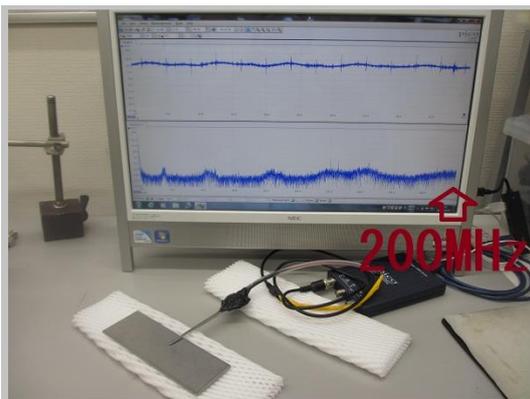
処理



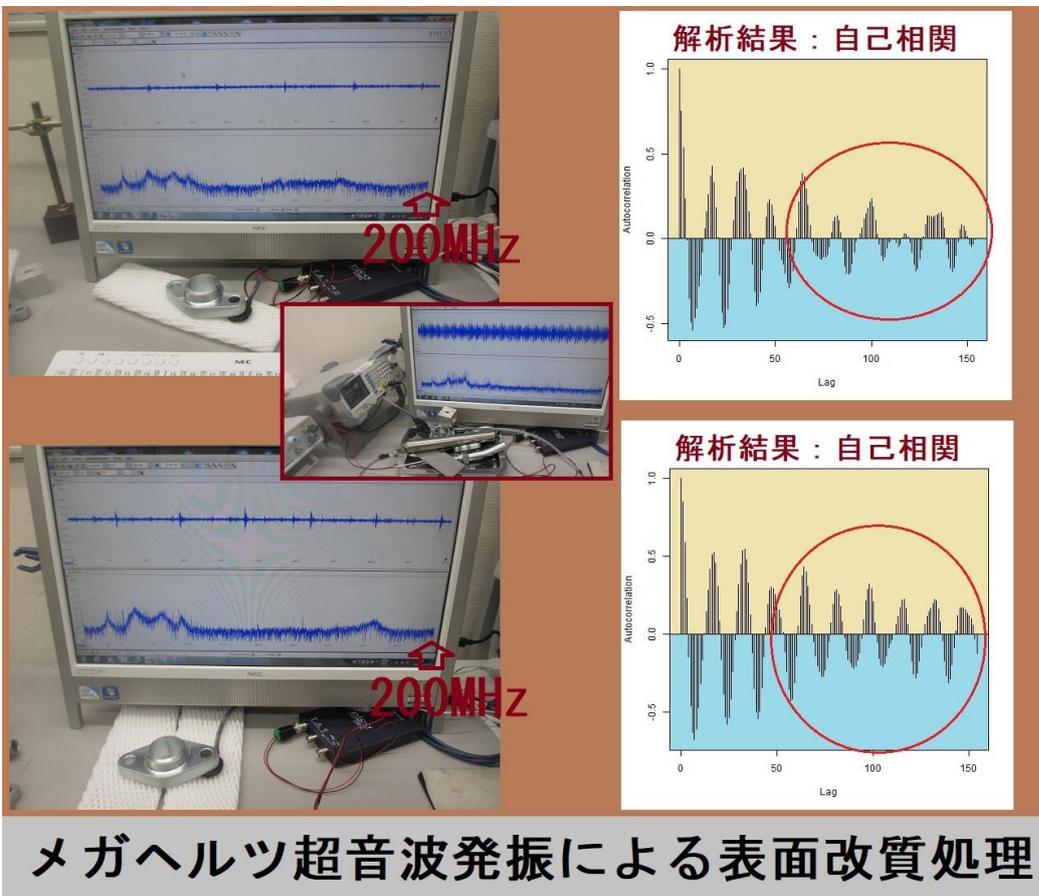
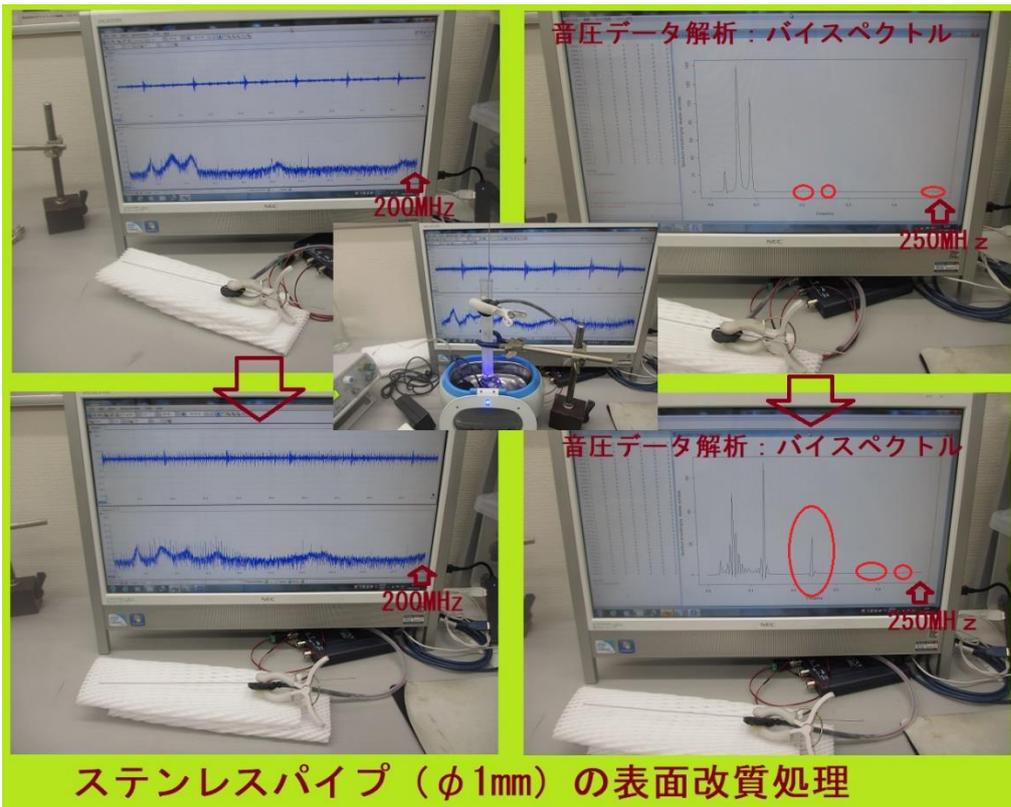
解析結果：バイスペクトル



## メガヘルツ超音波による表面改質技術

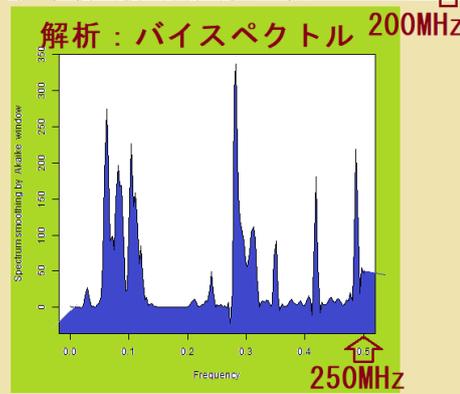
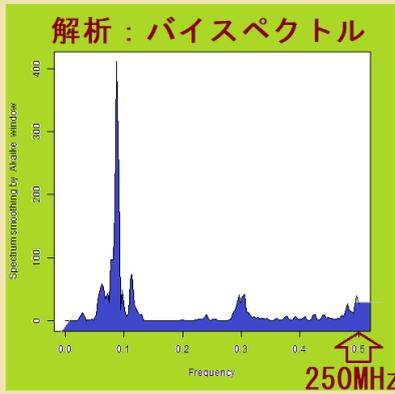
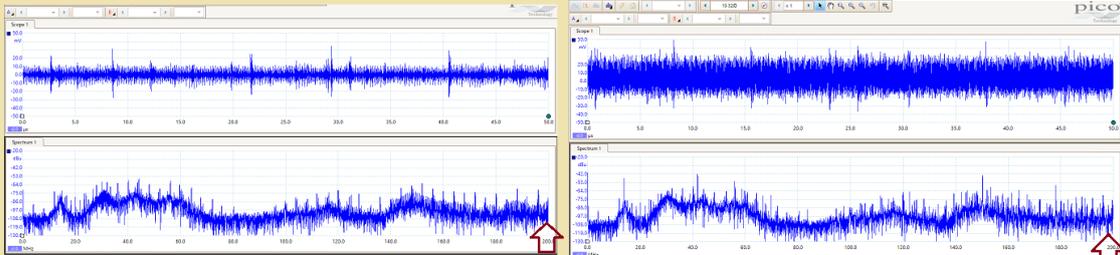
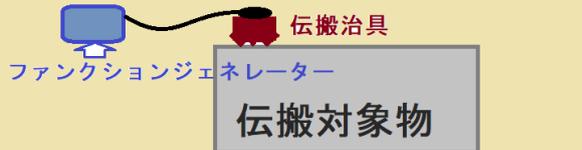
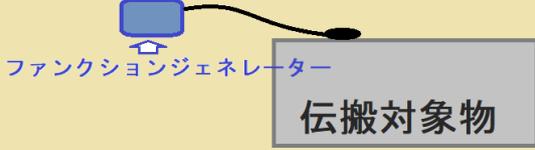


対象物の表面を伝搬する超音波の音響特性

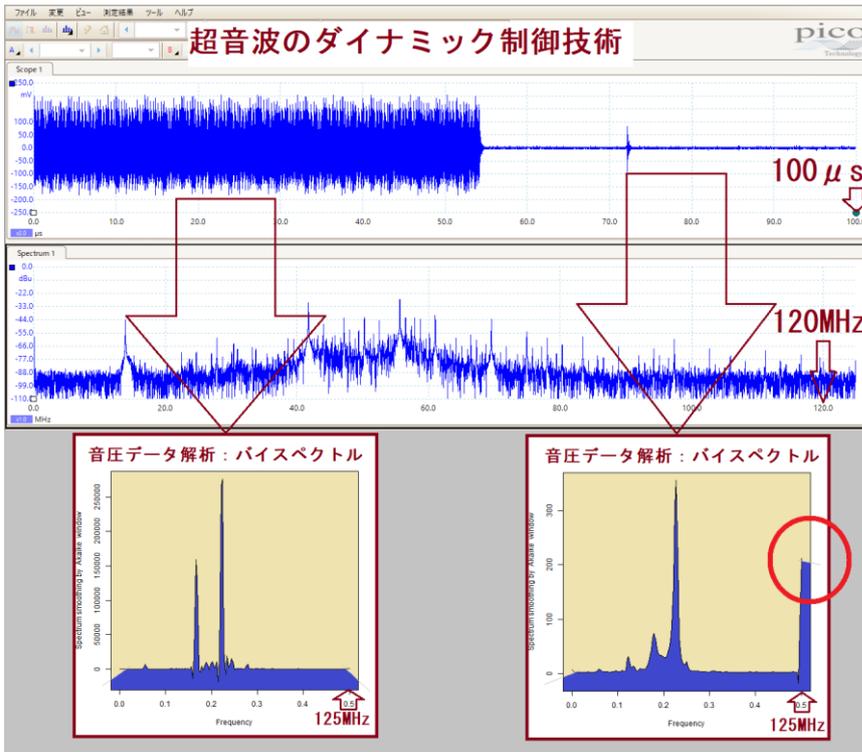


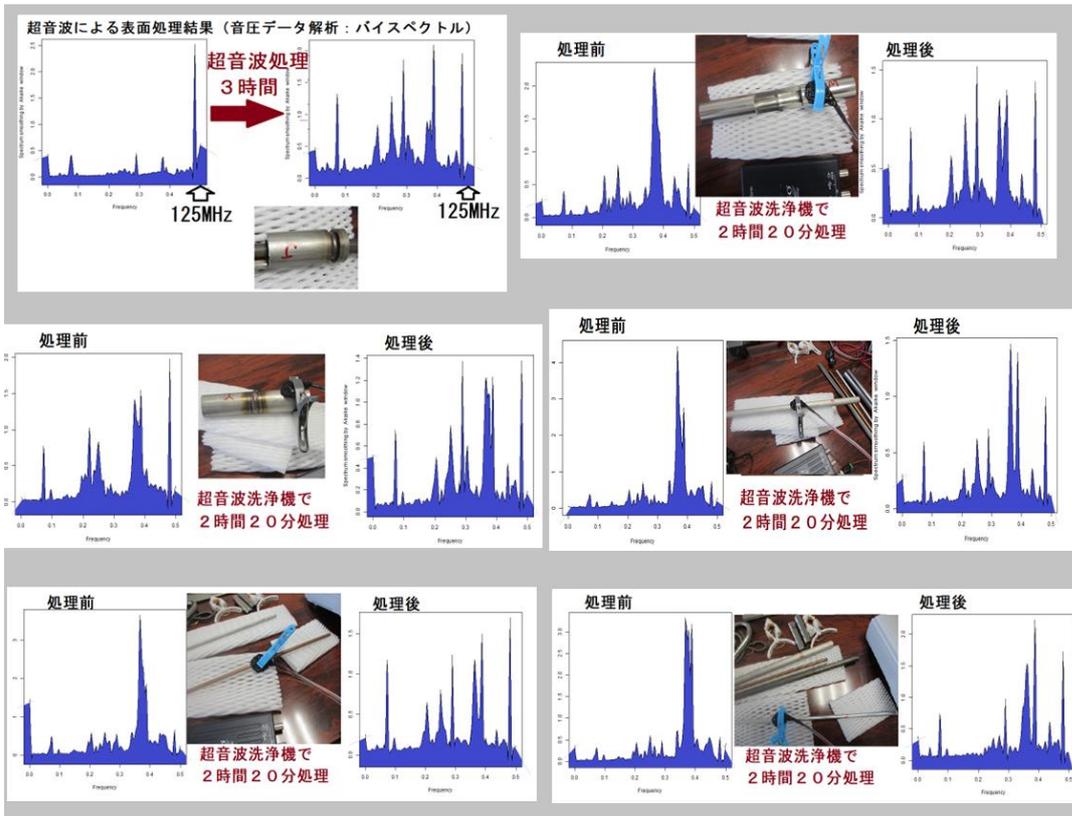
### 従来の超音波伝搬

### 新しい超音波伝搬



## 超音波プローブの接触状態による超音波伝搬制御技





表面処理ノウハウ：標準的な設定

出力 13-15V

矩形波 Duty 47.1%

スイープ範囲 500kHz ~ 13MHz 2秒

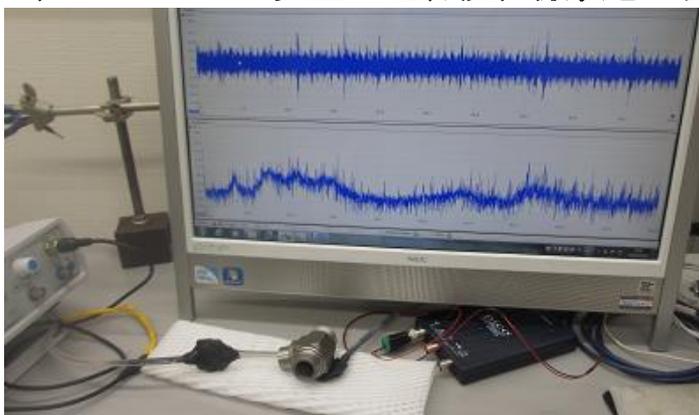
強度が低い対象に対する設定

出力 1-3V

矩形波 Duty 47.1%

スイープ範囲 300kHz ~ 3MHz 1秒

実験用の設定です、8時間の連続使用には採用しないでください  
(700MHz以上の超音波伝搬状態が実現します)



ものがたり 配管の歴史 単行本 2022/8/17 A5判 234頁  
(一社)配管技術研究協会 発行(2,750 税込) 西野 悠司 (著, 編集)

古代から現代に至るまで、  
生活に不可欠なインフラである配管の6000年にわたる歴史を、  
事実の羅列ではなく、ものがたり風に綴りました。  
上水道、下水道、パイプラインなど、管の用途別に見た歴史、  
土、石、鉛、銅、木、鋳鉄、錬鉄、コンクリート、  
そして鋼鉄製の管が辿った進化の軌跡、管と同じ様に、  
配管装置に必須のバルブ、管継手、ハンガの歴史、  
さらに近年における配管の設計・製造・据付の変遷、等を網羅しています。  
一般読者の方にとっては、縁の下の力持ちで、  
あまり知られていない「配管」について、好奇心を掻き立たせます。  
配管技術者の方にとっては、配管技術副読本として、楽しく読み進むうちに、  
配管技術のルーツを知ることにより、より豊潤で、緻密な配管技術の知識を  
身につけていくことができるでしょう。

## 第1章 上水道の歴史

- 1.1 古代ローマ時代の水道
- 1.2 パリの近世・近代の水道
- 1.3 江戸時代の辰巳用水・玉川上水
- 1.4 横浜に日本初の近代水道

## 第2章 下水道の歴史

- 2.1 古代の下水道
- 2.2 近世の下水道
- 2.3 近代の下水道

## 第3章 パイプラインの歴史

- 3.1 ガス輸送から始まったパイプライン
- 3.2 ドレーク油田と油井掘削パイプ
- 3.3 パイプライン VS 鉄道
- 3.4 ビッグインチと小ビッグインチ
- 3.5 アラスカ・パイプライン
- 3.6 日本のパイプライン

## 第4章 非鉄管の歴史

- 4.1 陶管
- 4.2 鉛管
- 4.3 銅・黄銅管
- 4.4 木管
- 4.5 プラスチック管

## 第5章 鉄と鋳鉄・錬鉄管の歴史

- 5.1 鉄そのものの歴史
- 5.2 鋳鉄管
- 5.3 鋼管に先立つ錬鉄管

## 第6章 鋼管の歴史

- 6.1 錬鉄から鋼鉄の時代へ
- 6.2 継目無鋼管
- 6.3 初期の鋼板製鋼管
- 6.4 鍛接鋼管
- 6.5 電縫鋼管
- 6.6 潜弧溶接鋼管

6.7 特殊用途鋼管材

6.8 日本における鋼管史

第7章 バルブ・管継手・ハンガの歴史

7.1 本章の趣旨 7.2 バルブ 7.3 継手・管継手 7.4 配管ハンガ・サポート

第8章 配管の設計・製作・据付の変遷史

8.1 設計の手法 8.2 配管の製作 8.3 配管の組立て法

8.4 非破壊検査 8.5 配管関連の学術・業界団体の誕生

## トラブルから学ぶ配管技術

-トラブル事例とミスを犯さない現場技術 西野 悠司 (著)  
日刊工業新聞社 (2015/3/24) 単行本 240 ページ(2,970 税込)

西野/悠司

1963 年早稲田大学第 1 理工学部機械工学科卒業。

1963 年より 2002 年まで、現在の株式会社東芝京浜事業所、  
続いて、株式会社東芝プラントシステムにおいて、  
発電プラントの配管設計に従事。

その後、3 年間、化学プラントの配管設計にも従事。

一般社団法人配管技術研究協会主催の研修セミナー講師。

同協会誌元編集委員長ならびに雑誌「配管技術」に執筆多数。

現在、一般社団法人配管技術研究協会参与。

日本機械学会火力発電用設備規格構造分科会副主査。

西野配管装置技術研究所代表

はじめに

第 1 章 トラブルは隙を窺っている

1-1 事故、トラブル、不具合、そして失敗

1-2 真の原因究明が不可欠 1-3 新しい技術には隙がある

第 2 章 トラブルを未然に防ぐ

2-1 直感を働かせる 2-2 バランス感覚が大事

2-3 イメージ力を高める 2-4 仮想演習をする

2-5 想像力と恐怖心 2-6 掠め去るものの前髪を掴め

2-7 メリットの裏にデメリット 2-8 凶面を読む

2-9 技術変更点を洗い出す 2-10 デザインレビューの実施

2-11 配管を横から見る 2-12 ラインチェックの実施

2-13 コンピュータ O/P のレビュー 2-14 トラブル未然防止のための各種手法

### 第3章 同じトラブルは二度起こさない

- 3-1 トラブルが起きてしまったら
- 3-2 過去を記憶しないものは
- 3-3 トラブルが起きたらすぐ記録
- 3-4 類似トラブルの共通点抽出
- 3-5 トラブルに敏感な職場風土
- 3-6 真の原因を究める
- 3-7 トラブルの効用

### 第4章 トラブルから学ぶ配管技術

- 4-1 配管で生じるトラブルの原因
- 4-2 配管トラブルの代表事例

### 第5章 トラブル事例 / 配管エンジニアリング編

#### 5-1 圧力損失

- 1 圧力損失の関連で起きるトラブル
- 2 圧力損失が大きすぎる、小さすぎる
- 3 ポンプ有効 NPSH 不足によるキャビテーション
- 4 並列運転機器の流量アンバランス
- 5 入口管の圧力損失による安全弁の不安定作動
- 6 ヘッダの背圧が大きすぎる

#### 5-2 荷重・圧力・差圧

- 1 ベントラインの閉塞
- 2 絞り弁前後の差圧が大きすぎる
- 3 2次側が1次側圧力になる
- 4 強度のみ考えて、たわみを考慮しない設計
- 5 伸縮管継手に生じる推力
- 6 バルブの異常昇圧
- 7 管路の液封

#### 5-3 流れの偏流と乱れ

- 1 流れの偏流による不具合
- 2 合流部の配管形状により振動発生

#### 5-4 重力流れ・飽和水の流れ

- 1 気泡発生による流れの閉塞
- 2 重力流れにおけるベント不良
- 3 重力流れにおける水平管の位置
- 4 負圧のドレンラインにおける U シールの破封
- 5 サイホントラップの自己サイホン

#### 5-5 振動

- 1 振動とはどんなトラブルか
- 2 フレキシビリティのありすぎる配管
- 3 圧力脈動による配管振動
- 4 気液二相流による配管振動
- 5 配管の機械的共振
- 6 励振源なしに共振する自励振動
- 7 弁の自励振動と配管の気柱共振
- 8 カルマン渦によって起こる脈動
- 9 振動によるナットのゆるみと脱落
- 10 ポンプのサージングと配管系

#### 5-6 ウォータハンマ (水撃)

- 1 ウォータハンマはどんな原因で起こるか
- 2 バルブ急閉によるウォータハンマ
- 3 ポンプ起動によるウォータハンマ

- 4 ポンプ停止によるウォータハンマ 5 蒸気凝縮によるウォータハンマ
- 6 蒸気流駆動ハンマ

#### 5-7 熱膨張と相対変位

- 1 運転モードが複数ある系のフレキシビリティ評価
- 2 要注意、小径枝管の熱膨張
- 3 フレキシブルメタルホースの経年後の干渉
- 4 ボウイングという配管の変形
- 5 熱膨張差で起きるフランジ締結部の漏洩

#### 5-8 劣化・疲労 急冷で起きる熱衝撃

- 1 すみ肉溶接部の高サイクル疲労 2 クリープ損傷による割れの発生

#### 5-9 腐食・浸食

- 1 腐食にはどんなトラブルがあるか
- 2 絞りの下流で起きるエロージョン
- 3 ポンプキャビテーションによるエロージョン
- 4 流れ加速腐食 (FAC) と減肉管理
- 5 同じ金属内の電位差で起こる孔食と隙間腐食
- 6 減肉が非常に速く進む異種金属接触腐食
- 7 電気防食によるチタンの水素脆化
- 8 高温高圧の水素雰囲気中における割れ
- 9 溶接残留応力が影響する応力腐食割れ (SCC)
- 10 溶接二番に発生する粒界腐食
- 11 埋設管で起きるマクロセル腐食
- 12 保温材の下で起きる配管外部腐食 (CUI)

### 第6章 トラブル事例 / 配管接続・配管配置編

#### 6-1 配管接続

- 1 相フランジとのボルト穴が不一致
- 2 取合い部における突合せ溶接開先の不一致
- 3 配管を誤った機器ノズルに接続

#### 6-2 配管配置

- 1 他の配管と干渉して勾配配管が通せない
- 2 床スリーブのために配管の現場溶接ができない
- 3 防災上安全でない配管

### 第7章 トラブル事例 / 調達・製造・据付編

#### 7-1 調達・製造・据付

- 1 「ブラックボックス」と「暗黙の了解」という落とし穴
- 2 年度ごとに改訂される基準類 3 溶接すれば部材は変形する

- 4 溶接施工法確認試験記録がないと溶接できない
- 5 フランジはもともと漏れやすい箇所
- 6 アスベストフリーのジョイントシートは熱で硬化する

## 第8章 トラブル事例 / 配管コンポーネント編

### 8-1 バルブ

仕切弁で起こるトラブル

- 1 スイング逆止弁で起こるトラブル
- 2 バルブにもっとも多いシートリーク
- 3 弁体回転による弁体脱落
- 4 流れ方向のあるバルブ
- 5 仕切弁、ボール弁の中間開度での使用
- 6 絞り弁のオーバーサイジング
- 7 逆止弁のチャタリング、フラッタリング
- 8 ラバーライナ付フランジレス形バタフライ弁とガスケット
- 9 倒立姿勢のバルブ

### 8-2 配管スペシャルティ

- 1 ストレーナ金網の振動による疲労破壊
- 2 伸縮管継手ベローズの振動
- 3 内圧による伸縮管継手ベローズの座屈
- 4 芯のずれた二組の伸縮管継手 (Flixborough の事故)
- 5 スチームトラップのベーパーロック
- 6 スチームトラップの不適切なタイプ選定
- 7 破裂板は設置場所の運転温度が大事
- 8 流量計前後の直管長さが不足
- 9 圧力計導管を取り出す方向
- 10 P&ID と異なる温度計位置

### 8-3 ハンガ・サポート

- 1 ハンガ形式選定とポンプ、機器への転移荷重
- 2 サポート固定金具の外し忘れ
- 3 レストメントに要求される最小必要強度
- 4 ハンガロッドねじ部に曲げモーメント

ピーニングによる溶接部の疲労限度改善(博士論文)

[https://ynu.repo.nii.ac.jp/record/9758/files/fueki\\_ryutaro-thesis.pdf](https://ynu.repo.nii.ac.jp/record/9758/files/fueki_ryutaro-thesis.pdf)

エアードルピーニング装置

<https://toyoseiko.co.jp/product/portable-pneumatic-needle-peening/>

超音波ショットピーニング装置

<https://toyoseiko.co.jp/product/ultrasonic-shotpeening-equipment/>

金属材料の超音波疲労試験規格

2019年：SUF小委員会「金属材料の超音波疲労試験規格原案作成委員会」

<https://www.jwes.or.jp/mt/kenkyu/ae/pdf/suf.pdf>

金属材料の超音波疲労試験方法 (WES 1112:2017) が制定!

[https://www.an.shimadzu.co.jp/sites/an.shimadzu.co.jp/files/pim/pim\\_document\\_file/an\\_jp/brochures/17040/c225-4647.pdf](https://www.an.shimadzu.co.jp/sites/an.shimadzu.co.jp/files/pim/pim_document_file/an_jp/brochures/17040/c225-4647.pdf)

超音波ピーニングによる 高張力鋼溶接継手の疲労強度の改善

[http://www.go-](http://www.go-beyond.jp/_src/sc656/8D8292A397CD8D7C81i88F38DFC97p81j-1.pdf)

[beyond.jp/\\_src/sc656/8D8292A397CD8D7C81i88F38DFC97p81j-1.pdf](http://www.go-beyond.jp/_src/sc656/8D8292A397CD8D7C81i88F38DFC97p81j-1.pdf)

新日鉄住金

溶接部疲労強度向上技術の UIT 工法が

2014 年度国土交通省新技術活用システム (NETIS) の推奨技術に選定

新日鉄住金株式会社 2014 年 07 月 15 日

<https://digitalpr.jp/r/8320>

超音波ピーニング処理 (UIT [Ultrasonic Impact Treatment]) 工法は、溶接止端部に処理する工法で、溶接構造物の疲労強度を向上させる技術です。

約 10 倍以上の寿命増 :

十字継手の場合、溶接のままの約 10 倍以上の寿命が得られることがあります。

(ただし、寿命の増加代は応力範囲の条件によっては変化します。)

平成 26 年度推奨技術概要一覧

<https://www.mlit.go.jp/common/001044116.pdf>

