

# 超音波発振システムを利用した、加工技術

2022.11.10 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、

音圧測定解析装置（超音波テスター）と

メガヘルツの超音波発振制御プローブにより

物（工具・対象物・・・）の

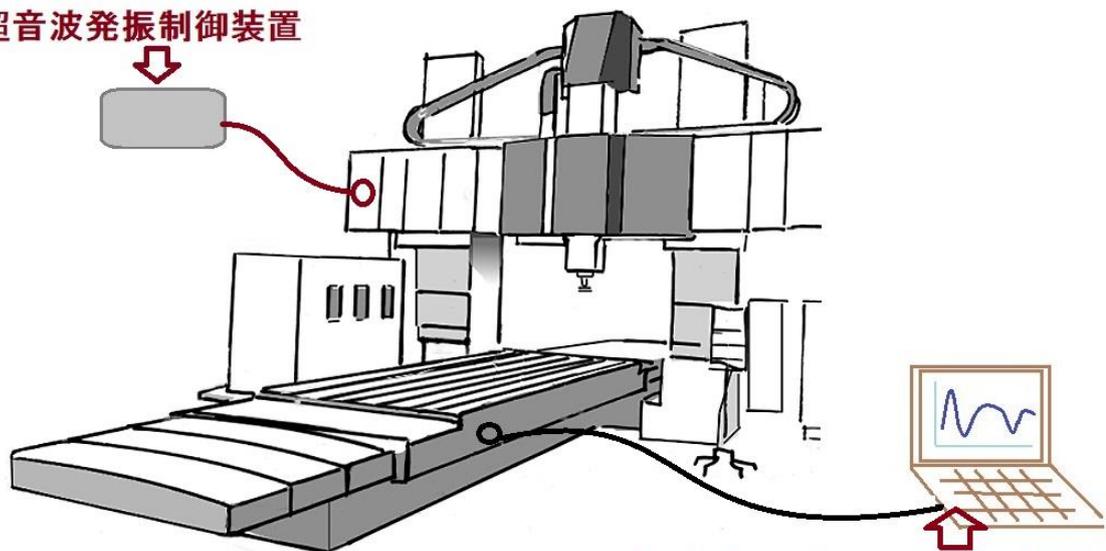
音響特性（振動の応答特性・非線形現象）を利用する、

「超音波発振制御（加工）技術」を開発しました。



## 超音波プローブによる超音波発振(制御)

超音波発振制御装置



超音波の音圧測定解析装置

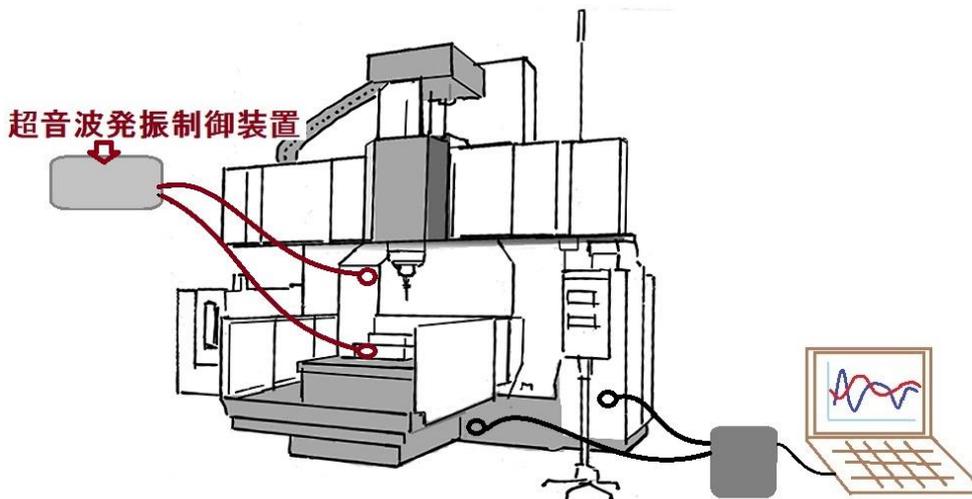
この開発した技術により

「超音波の発振・出力制御」による  
対象物への振動現象をコントロール可能にした、  
超音波のダイナミック制御（洗浄・加工・攪拌・・・）を実現します。  
オリジナルの超音波発振制御プローブにより、  
超音波振動の非線形効果として利用・制御可能になりました。

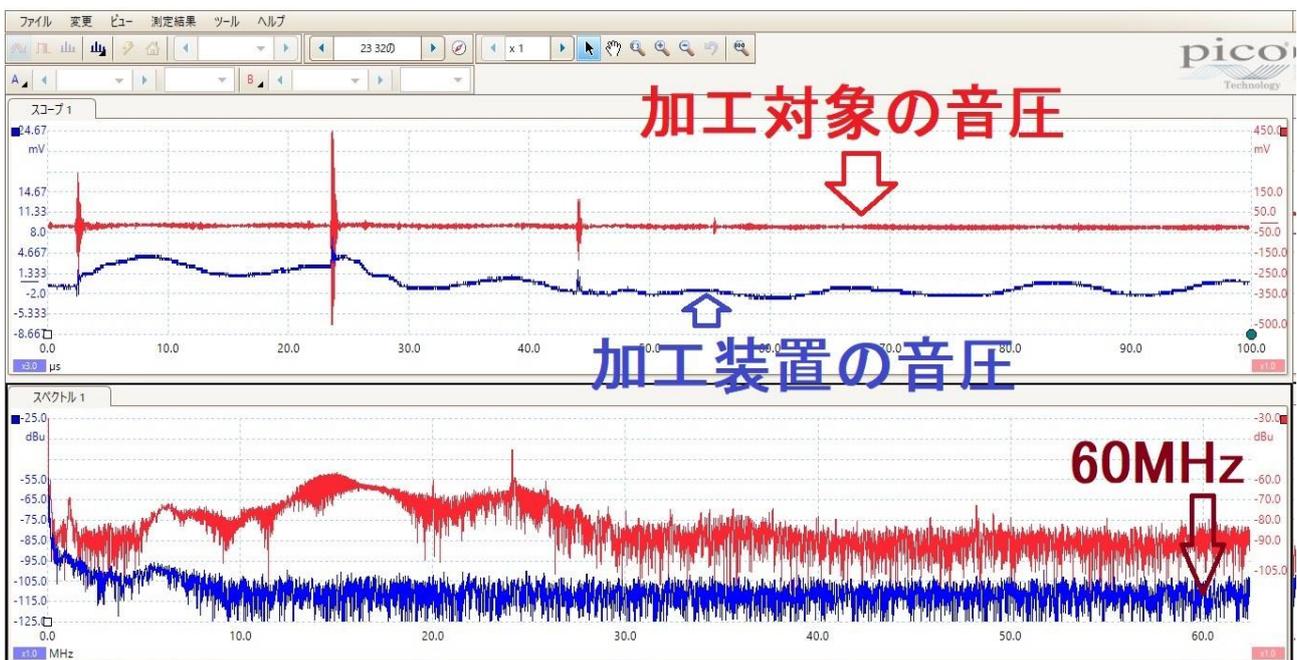
これは、加工・洗浄・表面改質・化学反応の促進・・・に対して  
目的に合わせた、効果的な超音波利用技術です。

刃物（ドリル、リーマー、カッター、ナイフ・・・）の音響特性や  
加工油・治工具・対象物のサイズ・材質・・・に対する相互作用もあり  
解析は、複雑ですが、  
音圧の測定解析に基づいた各種の最適化が可能になります

### 複数の超音波プローブによる超音波発振(制御)を行う



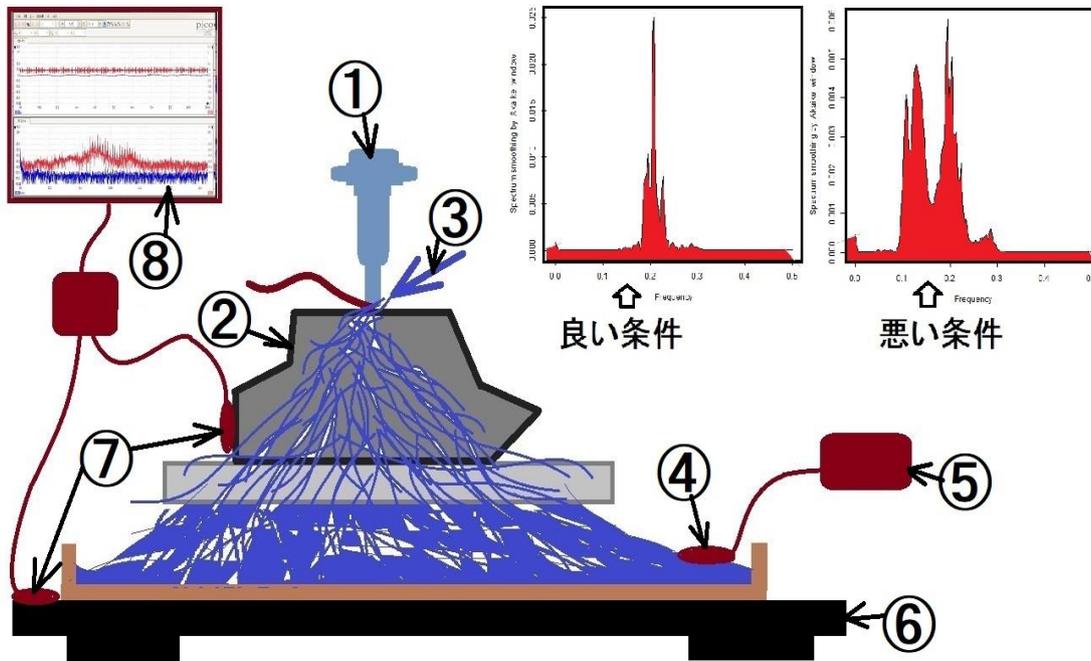
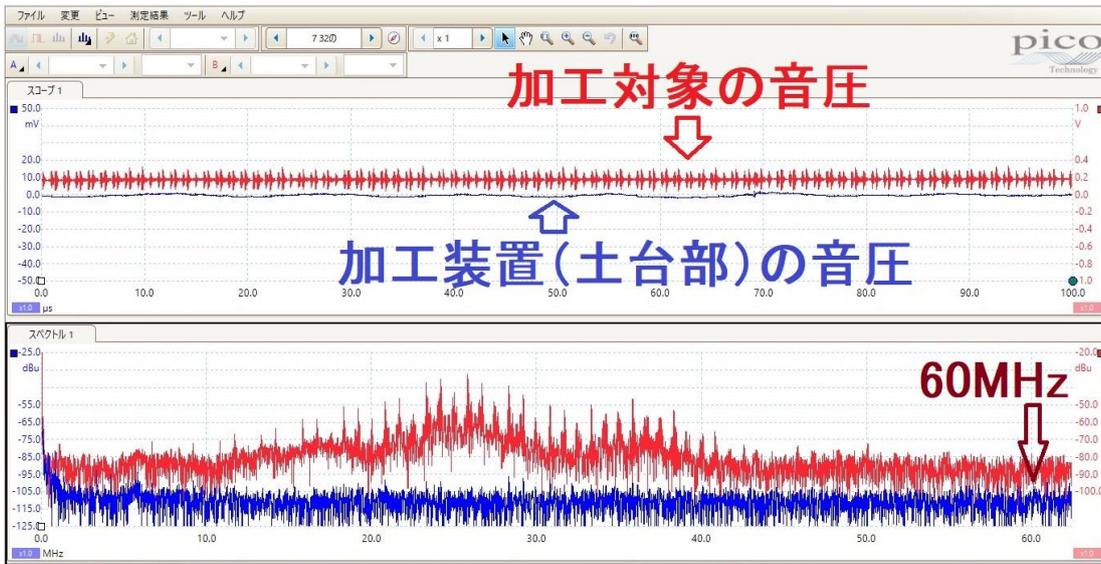
### 発振信号、受信信号のデータから振動状態を解析する



オリジナルの超音波伝搬状態に関する、測定・解析技術により、以下の事項について  
実験確認を続けた結果として、このような方法を開発しました。

- 1) 超音波の非線形現象と、表面弾性波の影響を解析
- 2) 加工油による超音波伝搬現象の影響を解析
- 3) 加工油の流れについて、超音波のダイナミック特性の変化を解析
- 4) 超音波による、部品の表面検査技術を応用
- 5) 超音波伝搬現象に関する、オリジナル論理モデルの応用

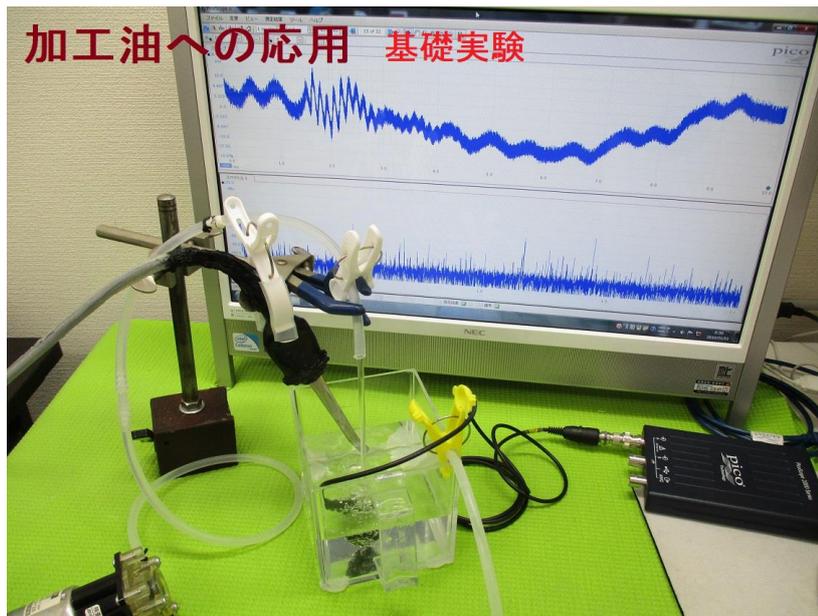
各種部品・・・に対して効果的な実績が増えています。



図面番号の説明

- |          |           |            |             |
|----------|-----------|------------|-------------|
| ① 加工用の刃物 | ② 加工対象物   | ③ 加工油      | ④ 超音波発振プローブ |
| ⑤ 超音波発振機 | ⑥ 加工装置の土台 | ⑦ 音圧測定プローブ |             |
| ⑧ 音圧モニター |           |            |             |

## 基礎実験



## 基礎実験

### 超音波による工作油の流動性の改善

原理

低周波(50KHz以下)の超音波あるいは循環ポンプによる、

キャビテーションと音響流は、工作油の**乳化促進**

高周波(1MHz以上)のキャビテーションと音響流は、

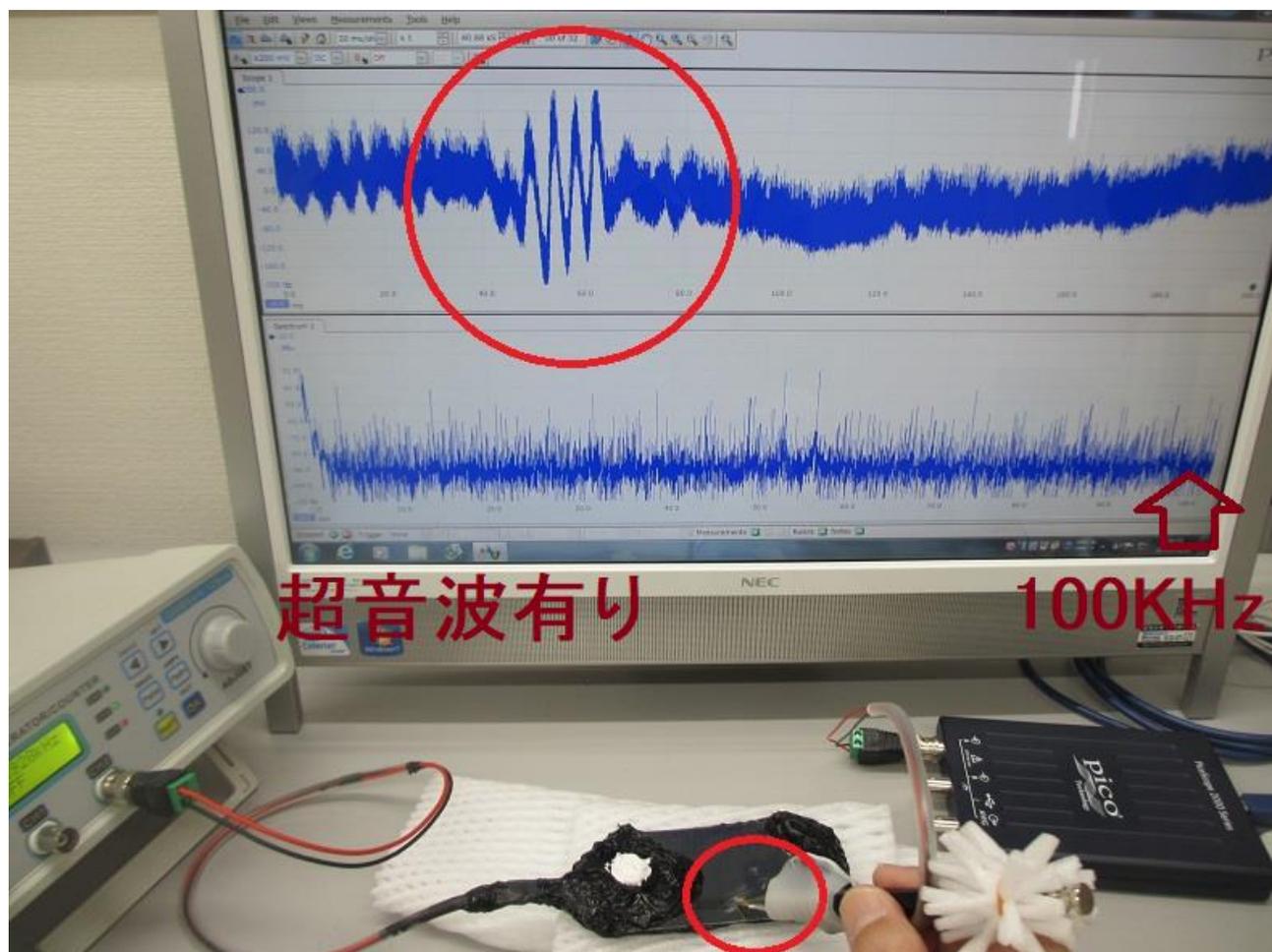
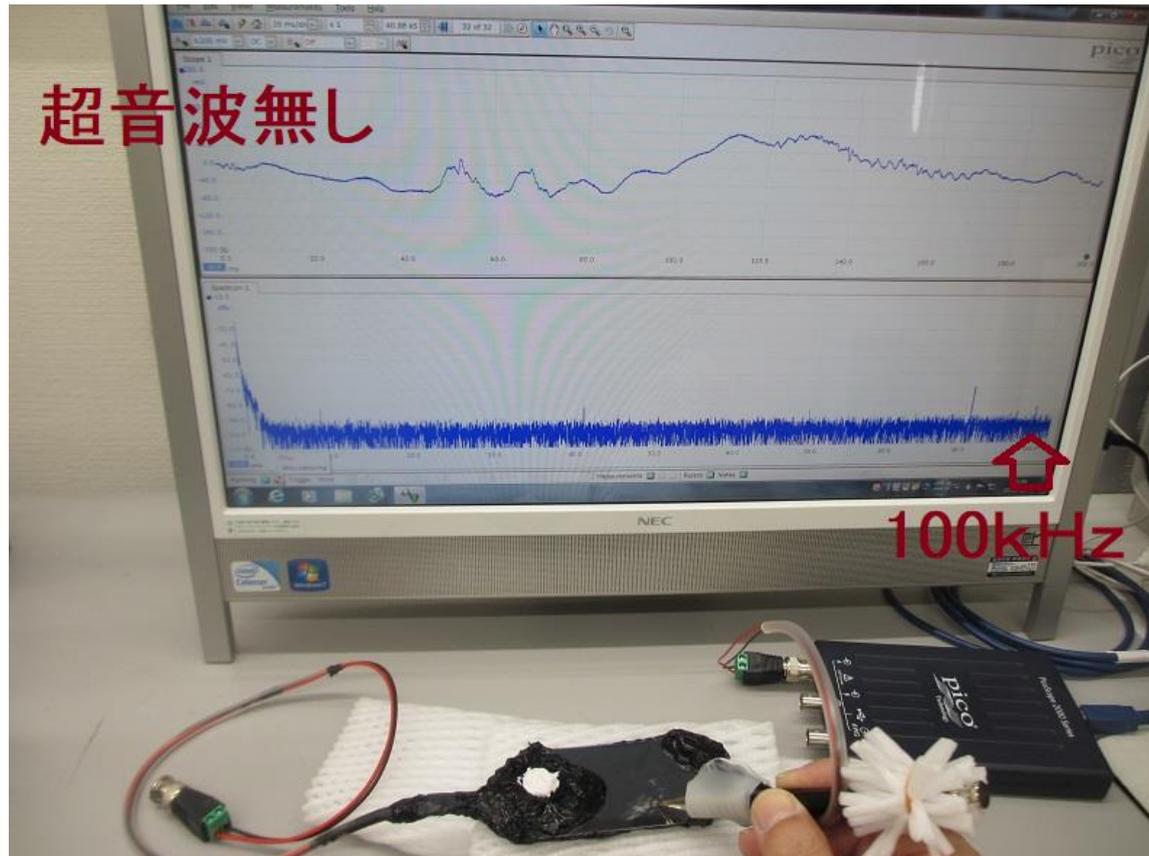
工作油の**乳化分離促進**

中間周波数は、相互作用

以上により、工作油の**流動性の改善・向上**が実現します



# 超音波の効果(効率、加工面、・・・)



## <<超音波伝搬状態の測定・解析システム：超音波テスター>>

超音波プローブによる音圧測定システムです。  
測定データについて、弾性波動を考慮した解析で、  
各種の振動状態（モード）として検出します。

音圧測定解析システム：超音波テスターの特徴

\*測定（解析）周波数の範囲

仕様 0.1 Hz から 10 MHz（標準タイプ）

仕様 0.01 Hz から 100 MHz（特別タイプ）

\*超音波発振

仕様 1 Hz から 100 kHz（標準タイプ）

仕様 1 Hz から 1000 kHz（特別タイプ）

\*表面の振動計測が可能

\*24時間の連続測定が可能

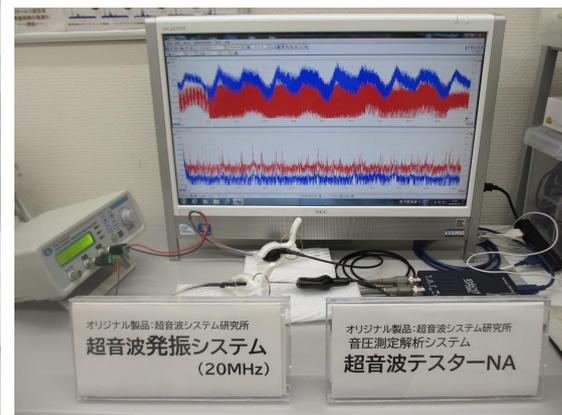
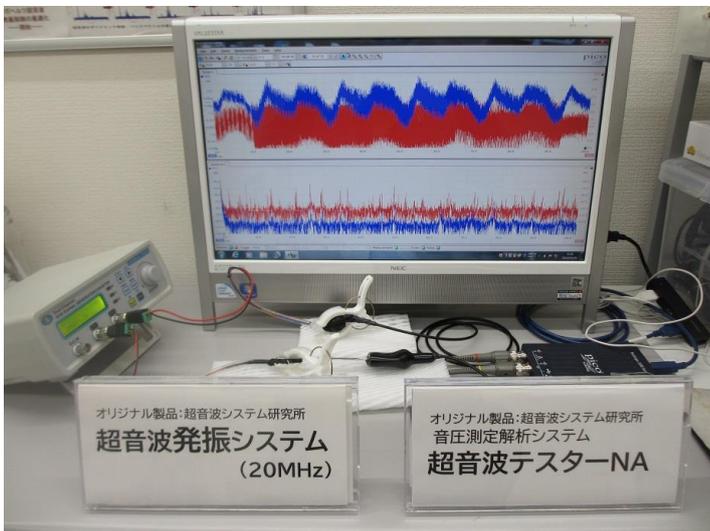
\*任意の2点を同時測定

\*測定結果をグラフで表示

\*時系列データの解析ソフトを添付

超音波プローブによる測定・解析システムです。

測定したデータについて、位置や状態と、弾性波動を考慮した解析で、  
各種の音響特性として検出します。



## メガヘルツの超音波発振制御プローブ：概略仕様

測定範囲 0.01Hz~100MHz

発振範囲 100Hz~25MHz

材質 ステンレス、LCP樹脂、シリコン、テフロン、ガラス・・・

発振機器 例 ファンクションジェネレータ

目的に合わせた特殊超音波プローブを開発・製造対応します



## 超音波発振システム（20MHz）



この技術の基礎事項は、**表面弾性波**に関する、**非線形現象**の利用です

## 表面弾性波の利用技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7665>

## 超音波を利用した「振動計測技術」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16046>

## 非線形振動現象をコントロールする超音波技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15147>

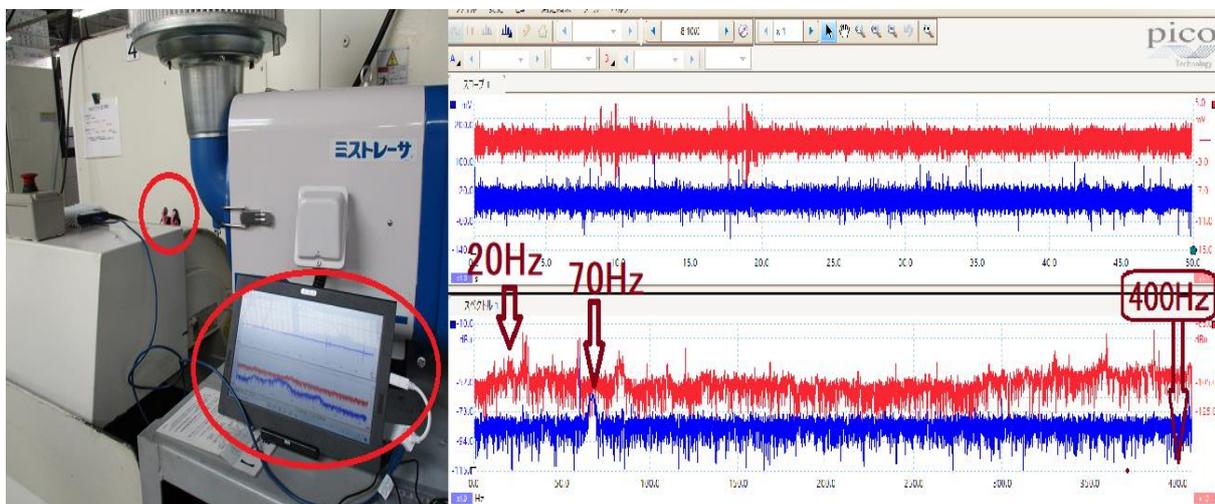
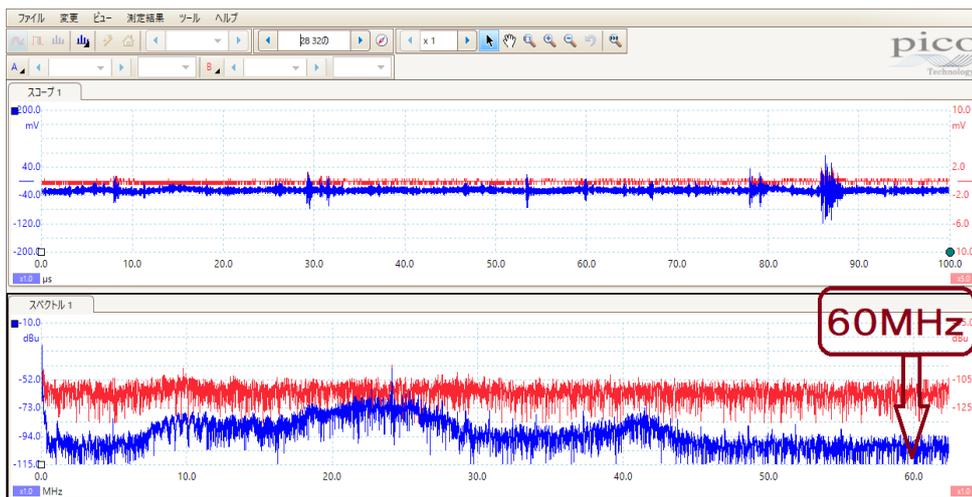
<<特許申請>>

特開 2021-171909 超音波加工  
(特願 2020-90080 超音波加工)

超音波発振制御プローブの製造技術の一部は  
特開 2021-125568 に記載しています

この技術を、コンサルティング提供します  
興味のある方はメールでお問い合わせください

## 基礎実験 NC機械::低い周波数と高い周波数の振動現象



現実の振動現象は、より複雑である(高周波と低周波が同時に伝搬している)  
振動への対応は、高周波・低周波を同時に考慮しなければならない

参考

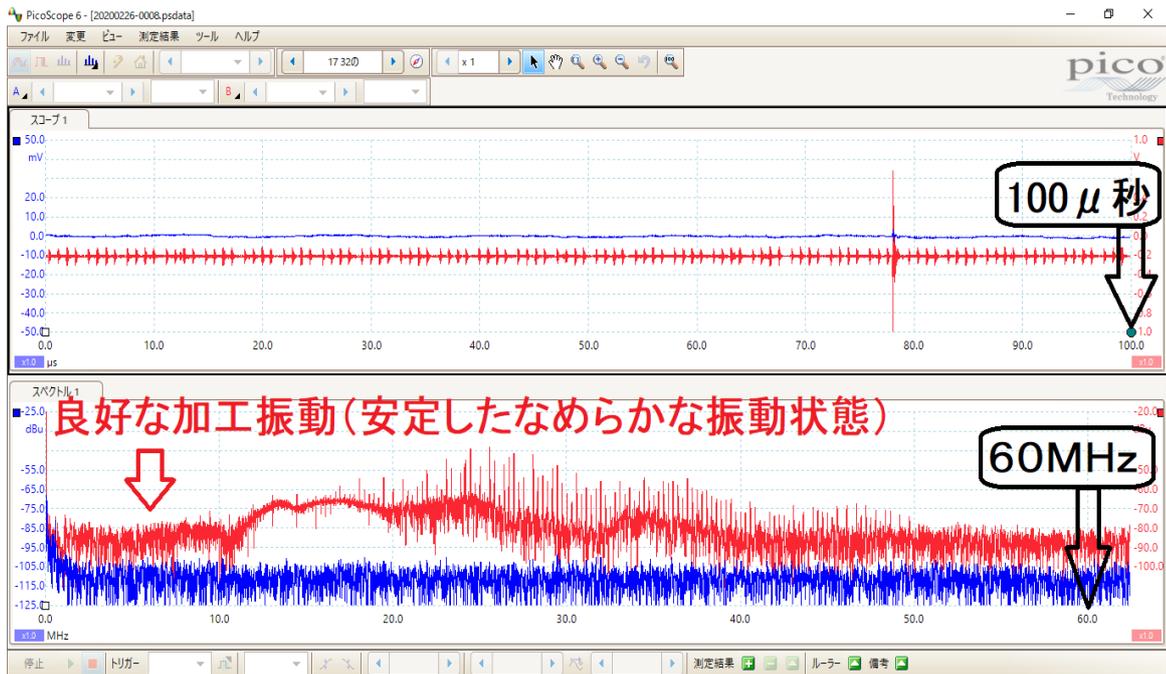
超音波制御技術 <http://ultrasonic-labo.com/?p=16309>

超音波発振制御プローブ <http://ultrasonic-labo.com/?p=14570>

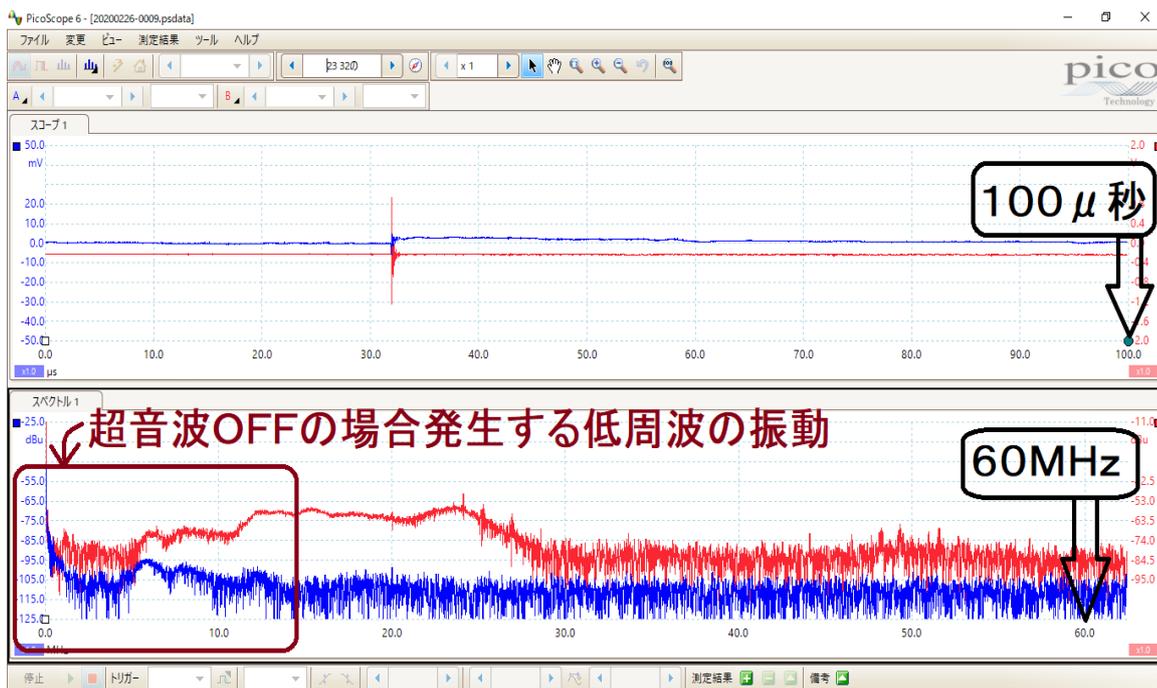
メガヘルツの超音波システム技術 <http://ultrasonic-labo.com/?p=14350>

超音波プローブによる制御技術 <http://ultrasonic-labo.com/?p=1811>

## 結果例1：加工時の刃物・加工油・加工物への超音波追加 超音波ON 良好な加工振動データ



## 超音波OFF 問題のある加工振動データ



超音波の非線形現象をコントロールする技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14878>

超音波発振システム（20MHz）の製造販売

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1648>

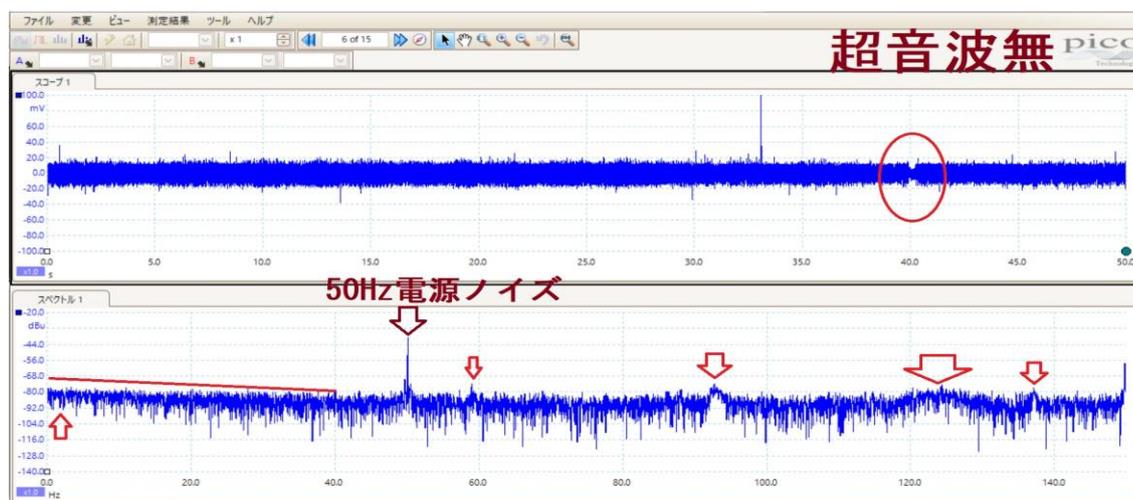
超音波発振システム（1MHz、20MHz）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18817>

200MHz以上の超音波伝搬現象による表面改質処理

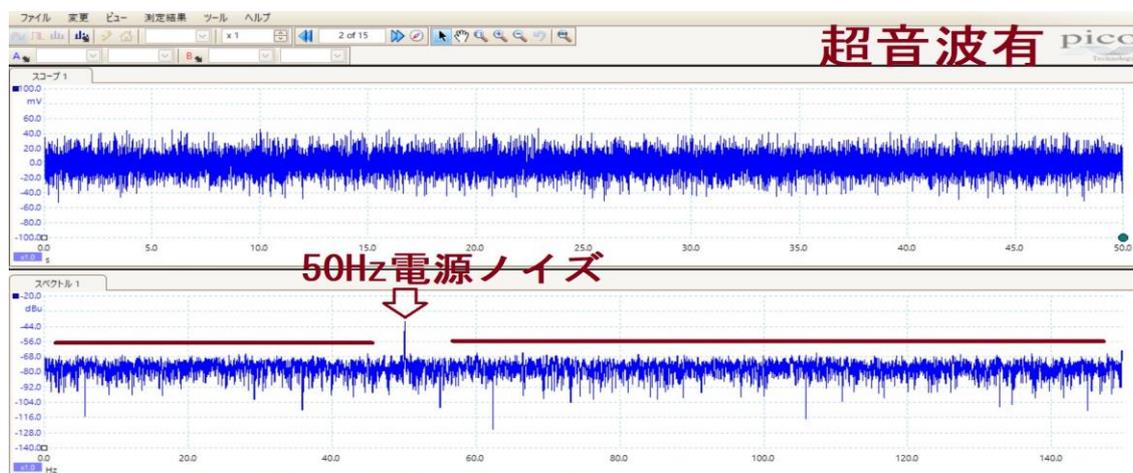
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2433>

## 結果例2：超音波無 1画面50秒（最大周波数150Hz）の測定



説明：振動は小さいが、  
複雑に変化する振動モード（加工バラツキの要因）  
低周波の共振現象がダイナミックに変化している

## 結果例2：超音波有 1画面50秒（最大周波数150Hz）の測定

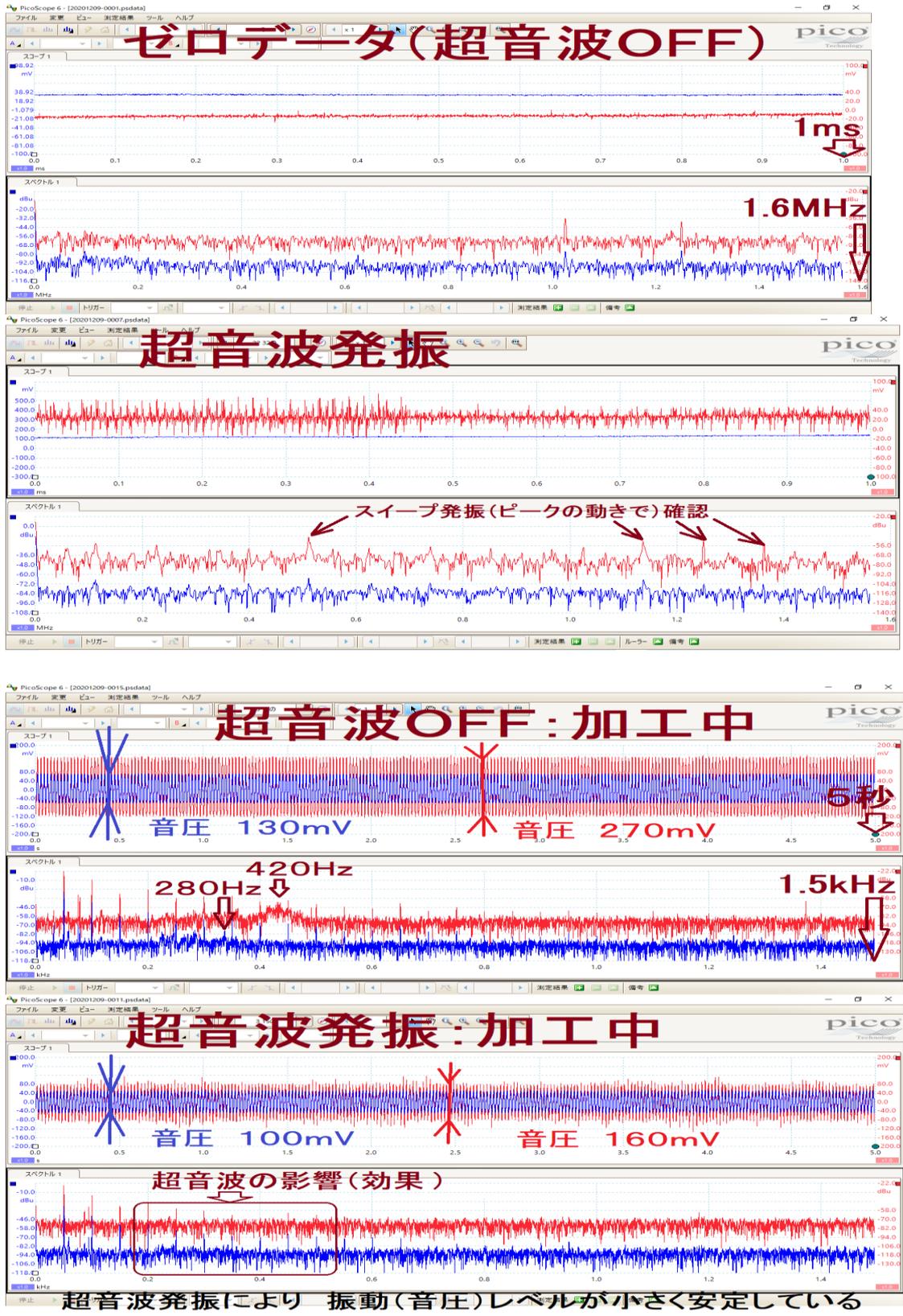


説明：振動は大きい、安定した振動状態  
共振現象の発生が起きていない

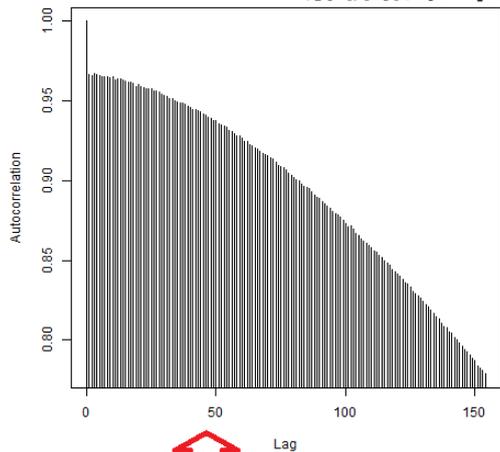
詳細に興味のある方は、メールでお問い合わせください。

【本件に関するお問合せ先】 超音波システム研究所  
メールアドレス [info@ultrasonic-labo.com](mailto:info@ultrasonic-labo.com)  
ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

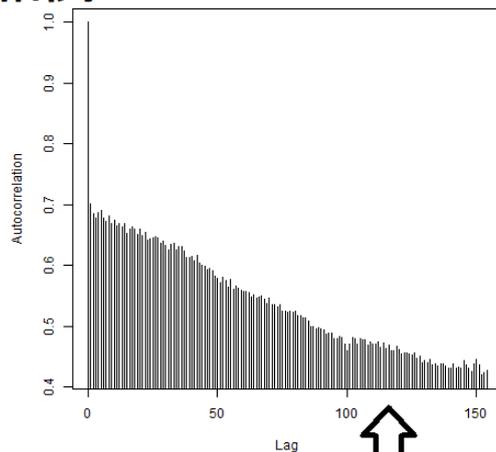
### 果例3: 超音波効果



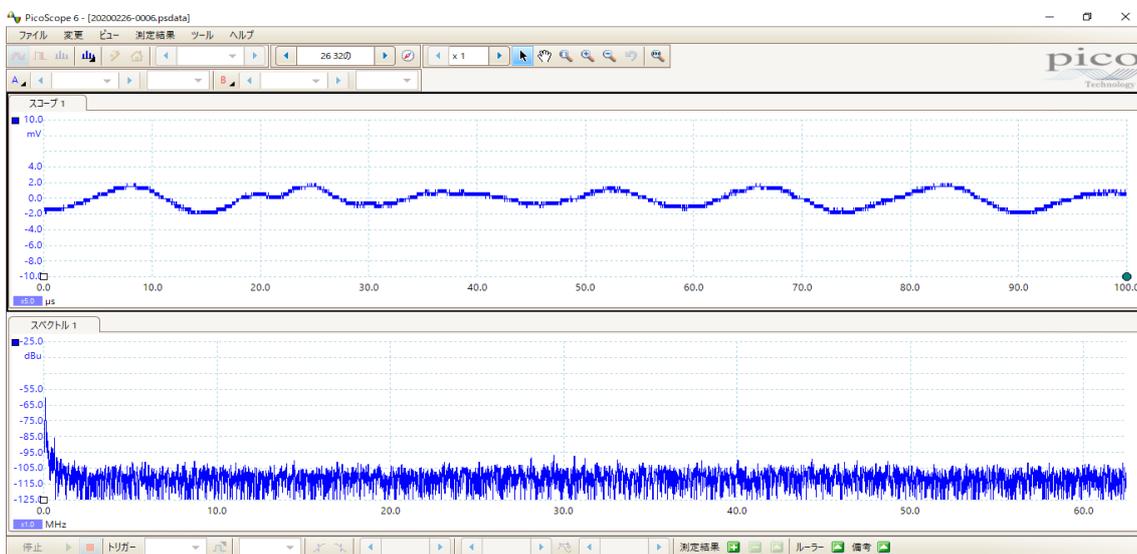
## 解析結果: 自己相関



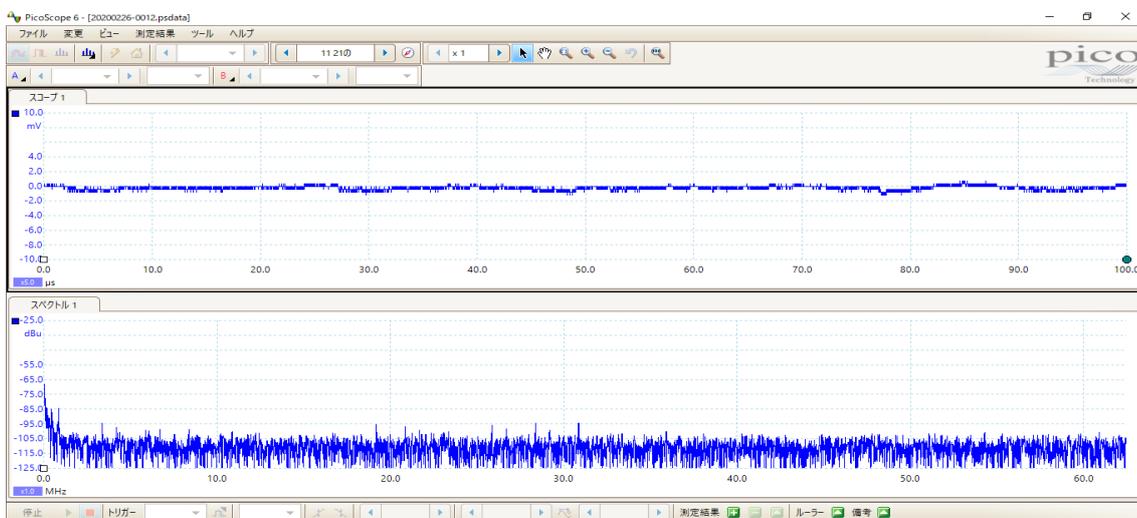
↑  
なめらかな変化を推測



↑  
同じ刃物で回転数を2倍に変更



自己相関結果 左図音圧データ (なめらかな振動状態)

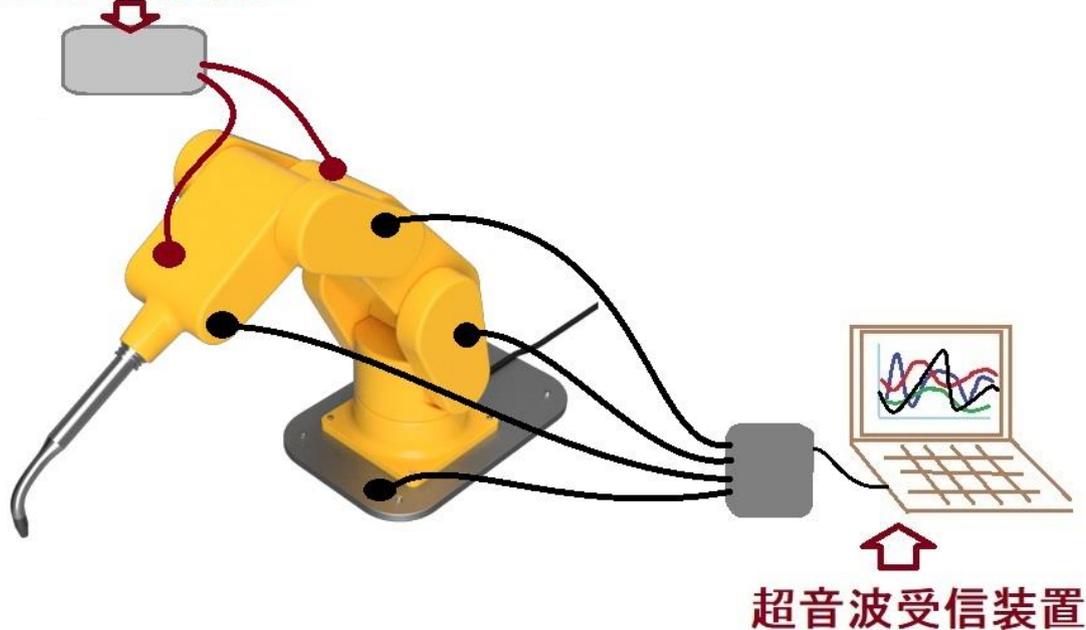


自己相関結果 右図音圧データ (不規則で複雑な振動状態)

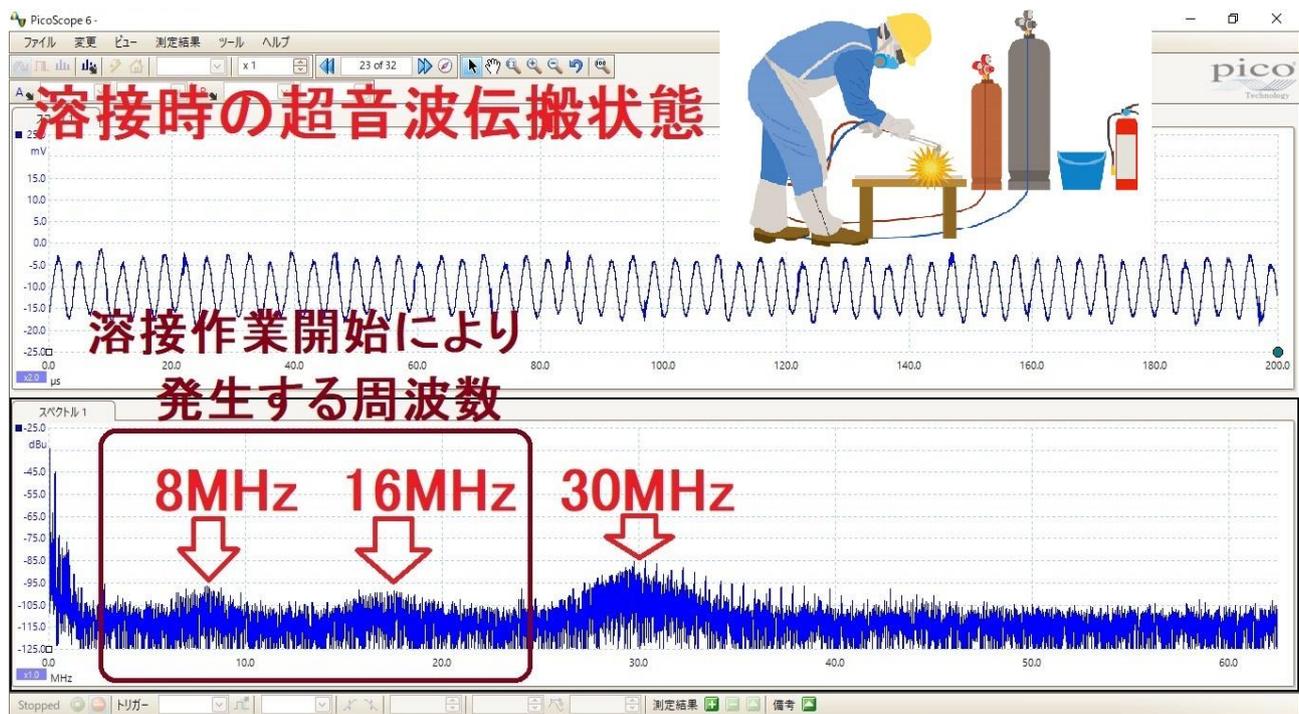
## 参考 超音波溶接

複数の超音波プローブによる超音波発振(制御)を行う

超音波発振装置

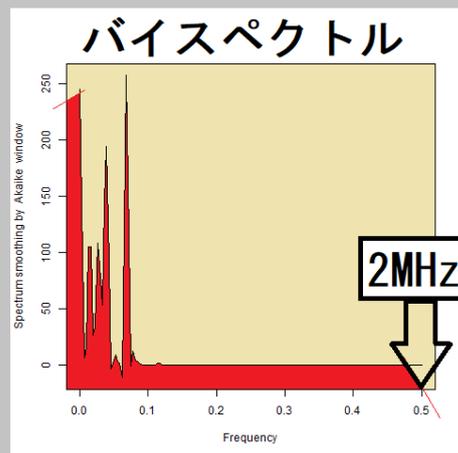
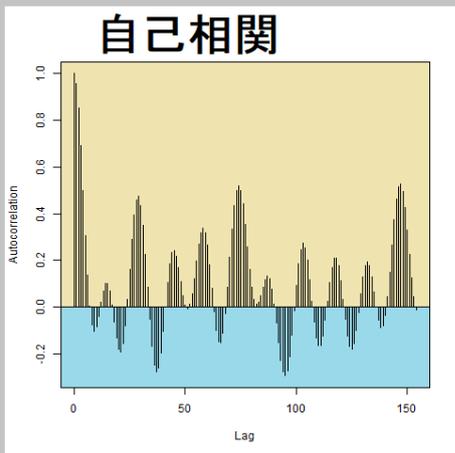
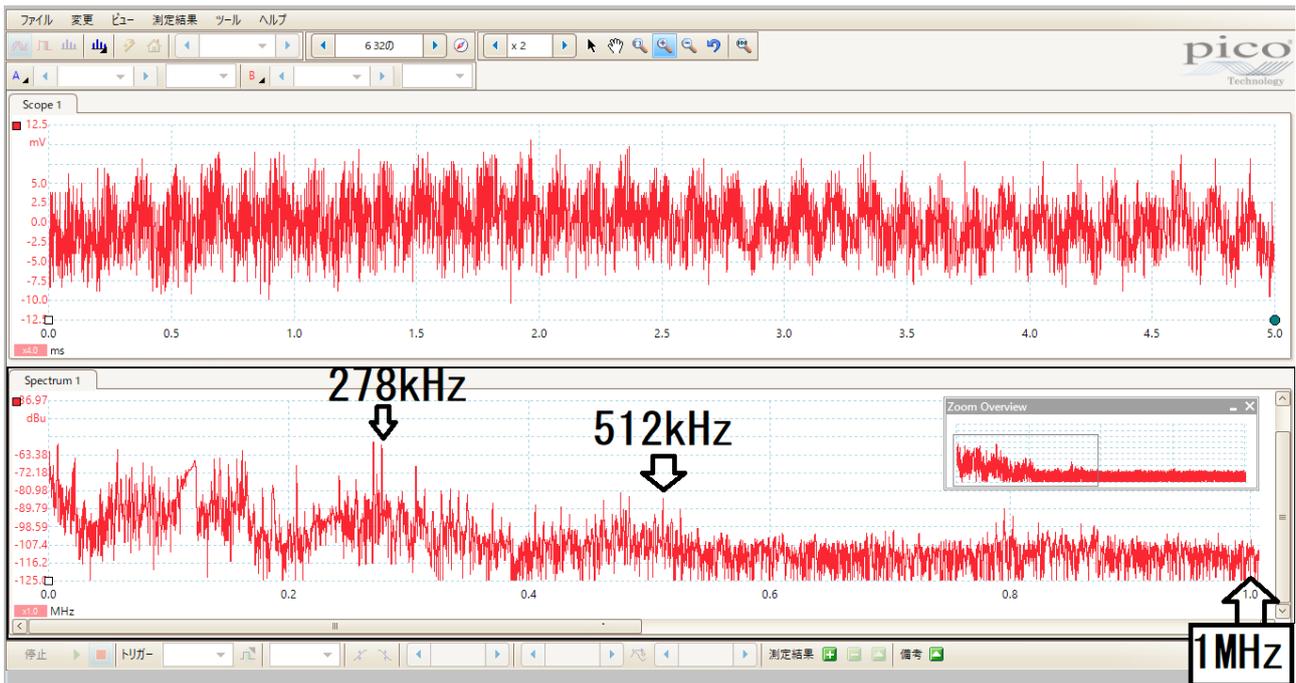


基本的な振動モードに基づいた  
様々な組み合わせの発振受信について検討・測定する

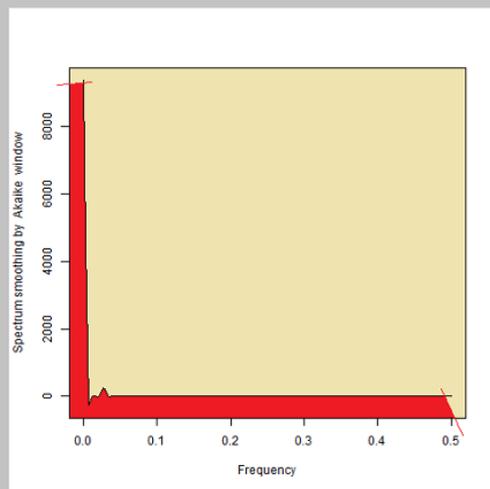
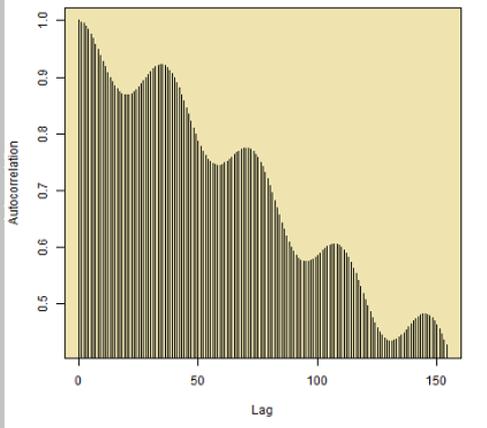


ポイント: 金属が固体と液体の状態になっているときの振動

# 超音波加工データ (良好な加工状態)



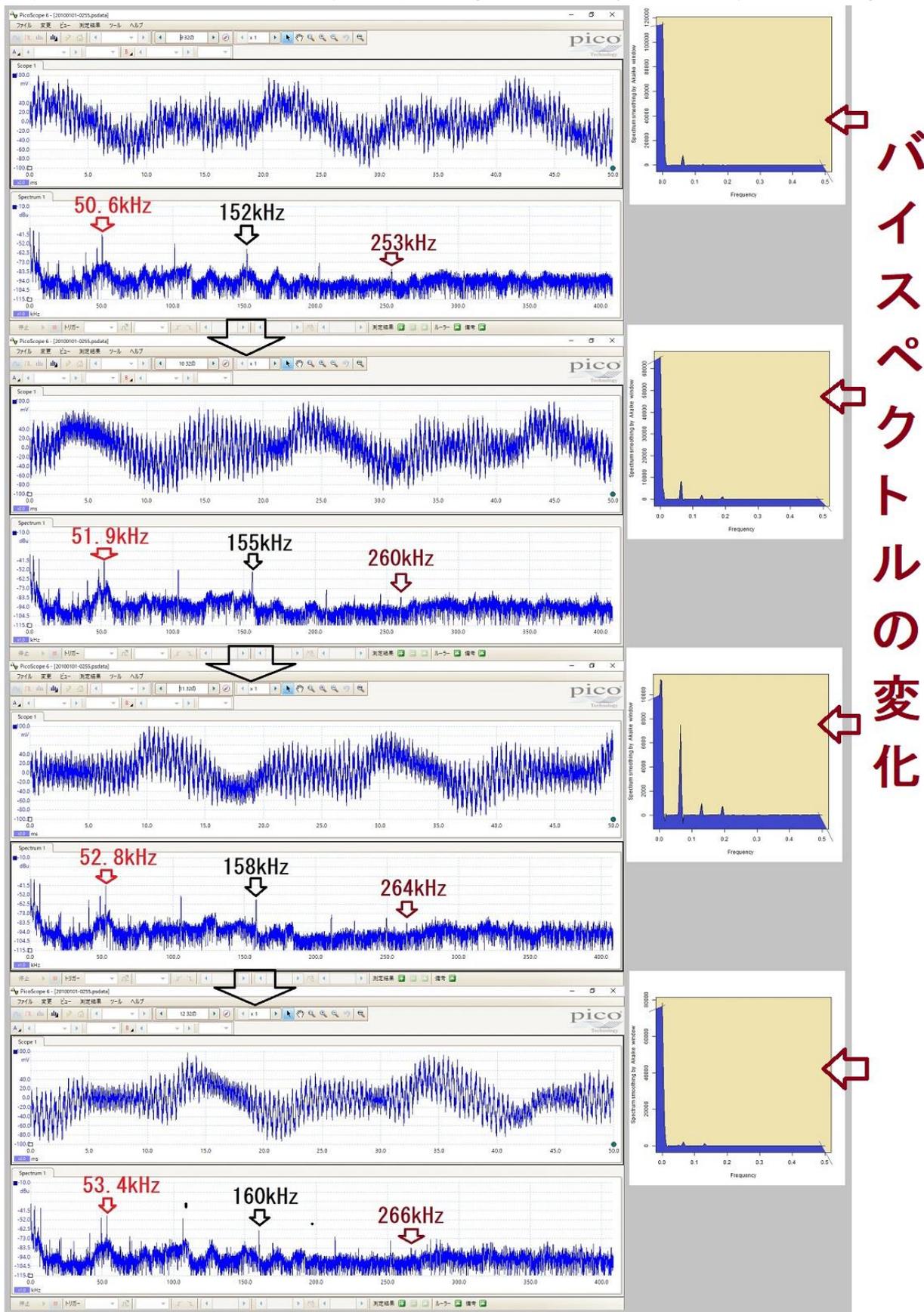
## 超音波無しの場合



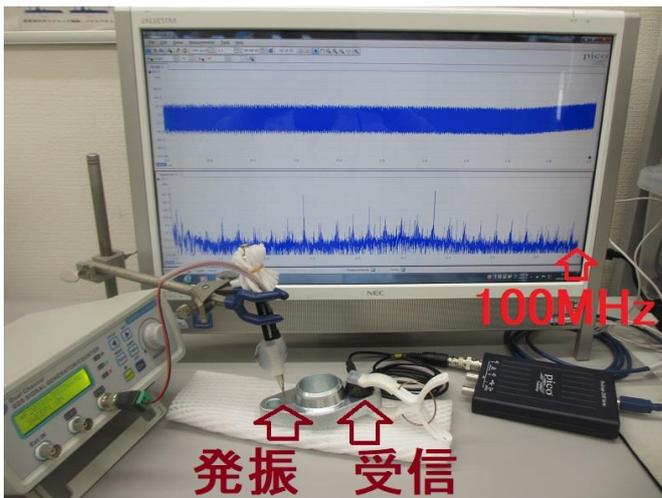
加工状態が悪い場合の、加工対象表面の音圧データ

# 超音波加工データ

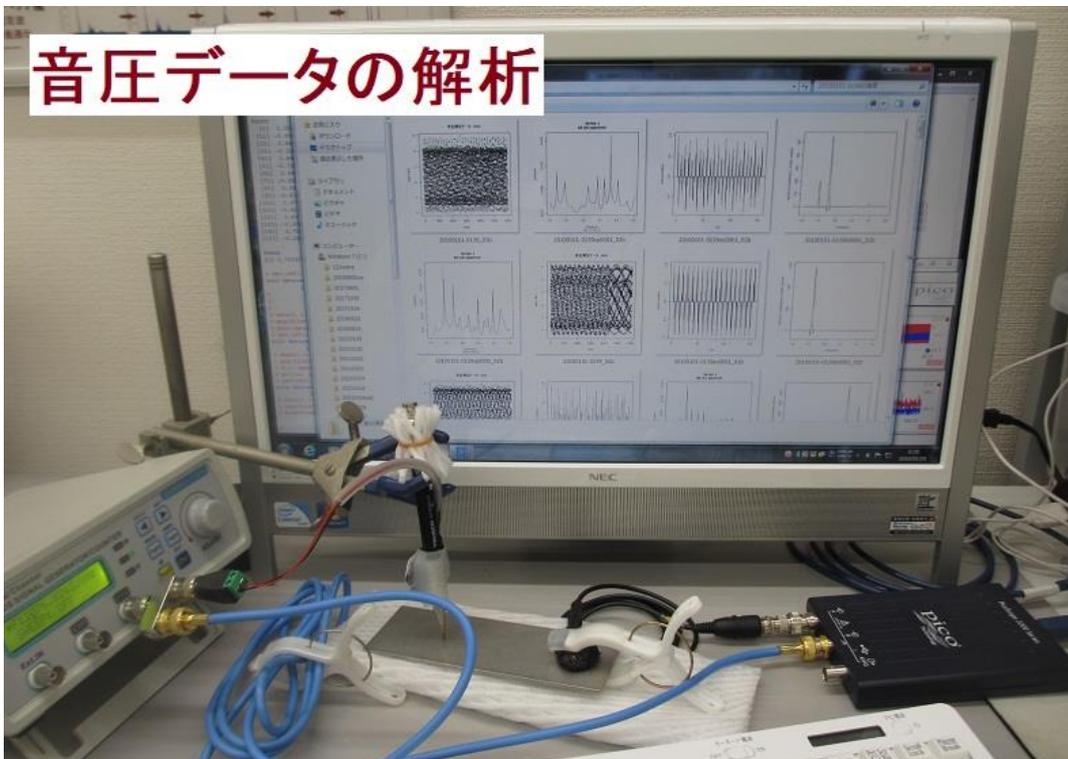
(ダイナミックな超音波伝搬状態の変化：良好な加工状態)



# 表面検査



## 音圧データの解析



### 参考

超音波の音圧測定解析システム「超音波テスターNA」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16120>

超音波の音圧測定解析システム（オシロスコープ 100MHz タイプ）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17972>

超音波発振システム（1MHz、20MHz）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18817>

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=19422>

超音波技術資料（アペルザカタログ）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=8496>

以上