

# 超音波音カメラの開発

耳に聞こえない超音波を「見える化」する

## Development of a Ultrasound-Camera

Visualization of unheard ultrasound

(土木建築部 建築G)

当社では、音の発生状況を視覚的に表示させることを目的とし、音源探査装置「音カメラ」の開発・運用を行ってきた。人間は20kHz程度までの音を聞くことができ、これより高い周波数の音が超音波と呼ばれる。設備異常の兆候を示す音は超音波域でも発生することが知られている。そこで、超音波の発生状況を視覚的に示す「超音波音カメラ」を開発した。

(Architectural Engineering Group, Civil and Architectural Engineering Department)

We developed the "Sound Camera" that display the situation of occurrences of sounds. Human beings can hear sounds to around 20kHz. Ultrasound is a sound pressure wave with frequency higher than the upper limit of human beings hearing. It is known that ultrasound occurs when facilities break down. Then, we developed the "Ultrasound-Camera", which can indicate the direction of ultrasound sources.

### 1 開発の背景・目的

設備の異常の兆候は音として現れることが多い。そのため、設備が発する異常音を検知すれば、設備に不具合が生じる前に、その予兆を発見できる可能性がある。音源探査装置「音カメラ」は、音の発生状況を視覚的に表示させることを目的とし、平成11年より、当社電力技術研究所で開発され、平成19年以降、当グループで改良および実運用を続けてきた。音カメラは、5本のマイクロホンを用いて音の時間差から音の到来方向を計算し、同時に小型カメラで撮影される画像上に音情報を重ね合わせることで、音の周波数・音圧・発生方向を視覚的に表示する装置である。音カメラは様々な設備の騒音対策・維持管理に活用されている。ただし、測定可能周波数の上限はマイクロホン間隔に依存しており、音カメラでは20Hz～8,000Hzの音を対象としていた。

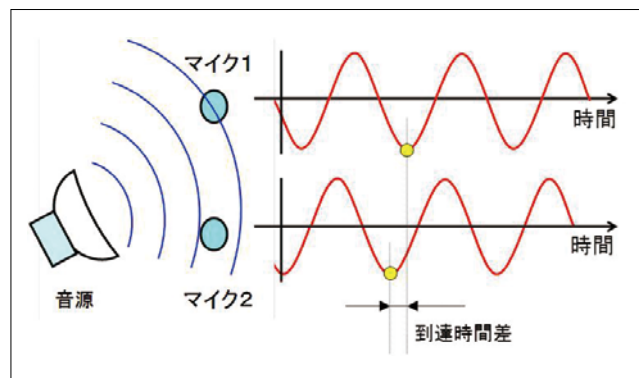
人間は20Hz～20,000Hz程度の音を聞くことができ、これより高い周波数の音が超音波と呼ばれる。超音波は指向性・減衰性が高いため、その特徴を生かして、魚群探知機・自動車のソナー等、位置特定の用途に超音波が活用されている。

また、設備異常の兆候を示す音は超音波域でも発生することが知られており、碍子の亀裂、配管等からの気体漏えい、回転体の故障などの発見のため、超音波発生状況の検出が行われている。超音波を検出すれば、設備の異常が可聴音として顕在化する前に、その予兆を発見できる可能性もある。一般的に用いられている検出器では、集音部が超音波発生源の方向を向いた時、周波数を変換した可聴音を発生させる等で超音波の発生を知らせる方法をとっている。

この方法では、超音波発生源の位置を書面等に記録することが困難であり、計測者以外に発生位置を伝えることが難しい。そこで、超音波の発生状況を視覚的に表示させることを目的として、超音波を検出・表示可能な「超音波音カメラ」を開発した。

### 2 開発機の概要と特徴

音カメラでは、第1図に示す通り、一对のマイクロホンに入力される音の到達時間差に基づいて、両マイクロホンを含む平面に対する、音の入射角度を推定している。この方法は、マイクロホン間の距離を半波長とする周波数以下で成立し、それより高い周波数の音では、音源方向を特定することができない。従来型音カメラのセンサ部を第2図に示すが、マイクロホン間隔が20mmであり、測定可能周波数の上限は8,000Hz程度であった。

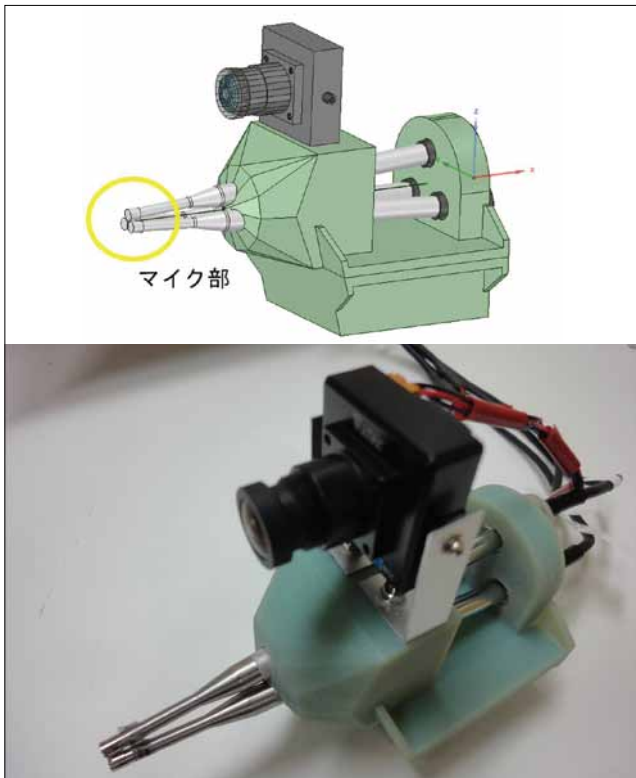


第1図 音源方向推定法の概念図



第2図 従来型音カメラセンサ部

より高い周波数の音を対象とするためには、マイクロホン間隔を狭める必要がある。しかしながら、5本のマイクロホンを並列する従来型音カメラの形状では、個々のマイクロホン自体の外形寸法による制限を受けるため、マイクロホン間隔をマイクロホン自体の直径以下に狭めることができない。そこで、直径の小さい超音波用マイクロホンを使用するとともに、マイクロホン本数を5本から3本に削減することで、マイクロホン間隔を狭めた。超音波音カメラのセンサ部の3D設計図および3Dプリンタによる完成写真を第3図に示す。



第3図 超音波音カメラセンサ部

### 3 高圧ピン罫子での試計測結果

開発した超音波音カメラの適用性検討のため、亀裂のある罫子を対象に試計測を行った計測状況の写真を第4図に示す。

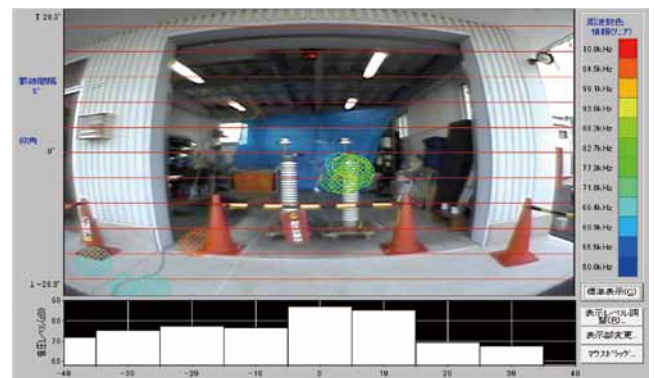
正常な罫子(左側)と亀裂が確認されている罫子(右側)に通電し、超音波音カメラで計測した結果を第5図に示す。亀裂が確認されている罫子からは超音波が発生していることが推定される。

稼働中の柱上設備を超音波音カメラで計測した結果を第6図に示す。第6図より、一部の罫子から40,000Hz近傍を主要周波数とする超音波が発生していることがわかる。後日、同設備を再度計測したところ、この超音波は計測されなかったことから、罫子に水分・塩分等が付着したことが超音波発生の一因になっていることが推察できる。

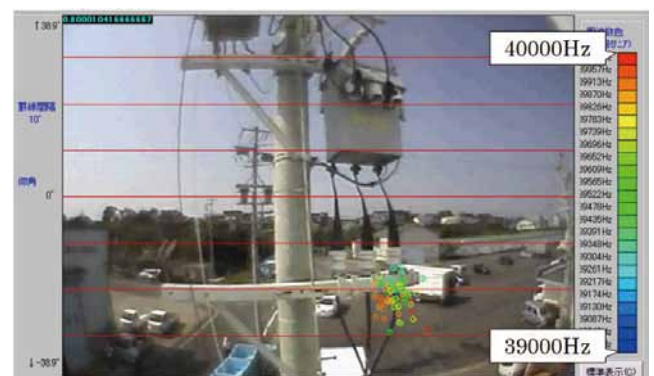
上記2例の通り、罫子に亀裂や汚れが生じている場合には超音波が発生することがあり、これらの計測結果は、超音波音カメラの活用によって罫子の劣化や汚れを非接触で診断し、客観的な診断結果を記録できる可能性を示唆している。



第4図 試計測状況



第5図 試計測結果



第6図 稼働中設備の計測事例

## 4 今後の展開

今後は、発電所・変電所での気体漏えいや回転体の異常等といった様々なニーズを把握し、適用範囲を拡大していきたい。



執筆者／石田梨佳