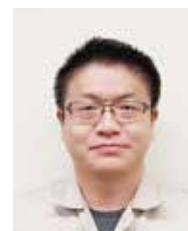


株式会社名村造船所

## 電子聴音棒を用いた異常診断の取り組みの紹介

原田 英光\*

Harada Hidemitsu



船舶の建造中および就航後において、船内の機器から発生する異音に関するコメントやクレームを船主関係者殿から受けることが度々ある。耳で聴き取った音を他者に正確に伝えることは難しく、またその音が異常なのか正常なのかの判断は人それぞれ異なることから、異常とする現象の把握や、問題解決するのに時間を有する事例がこれまで発生している。従来、船舶の機関士は機器から発生する異音を耳で聴き取るためのツールとして聴音棒を使用しているが、定量的で客観的な判断が難しいという課題がある。近年、電子聴音棒という機器が開発され、聴音棒で聴き取った音をそのまま録音することが可能となり、音の共有および解析が出来るようになった。その電子聴音棒を用いて、特定機器の特定箇所の聴音データを採取し、正常データの蓄積を行い、船の建造中および就航後の異常診断に活用する取り組みを紹介する。

### 1. 緒言

従来から機器の異常診断の方法の一つとして、聴音棒が使われている。写真1は、聴音棒でポンプのモータの音を聞き取っている様子である。聴音棒は、細い金属の棒の両端を機器と耳にそれぞれ当て機器内の固体伝播音を聴音することで周囲の機器から聞こえる音(空気伝播音)の影響を無くし、機器の状態診断を行うツールである。しかし、この診断方法には以下の問題点があった。

- ・ 他者に音を伝えるのが難しい
- ・ 異常診断には熟練の経験が必要
- ・ 音を記憶しておくことが難しい



写真1 聴音棒使用時の様子

船舶において機器から発生する音を用いた異常診断は行われており、就航後においても異音に対するコメントが度々ある。その中には以下のような船舶特有の問題点があった。

- ・ 船上から陸上に音を伝えることが難しい
- ・ 船員が定期的に変わり、長期にわたった経年変化の把握が難しい

一方、最近になり陸上の機器を対象とした電子聴音デバイスが発売され、聴音棒で聴き取った音をそのまま録音することが可能となり音の共有および解析が出来るようになった。船舶業界でも日本郵船株式会社および株式会社 MTI が電子聴音棒システム「Kirari MUSE」を開発して発表<sup>1)</sup>している。

本報では、この「Kirari MUSE」を用いて特定機器の特定箇所の聴音データを採取し、正常データの蓄積を行い、船の建造中および就航後において、機器の異常診断に活用する取り組みを紹介する。

## 2. 電子聴音棒システムとは

### 2. 1 電子聴音棒システムの構成

第1図に、電子聴音棒システム「Kirari MUSE」の構成図を示す。本システムは、①センサ部、②タブレット端末および③解析パソコンから構成されており、それぞれ以下の機能を有している。

#### ① センサ部

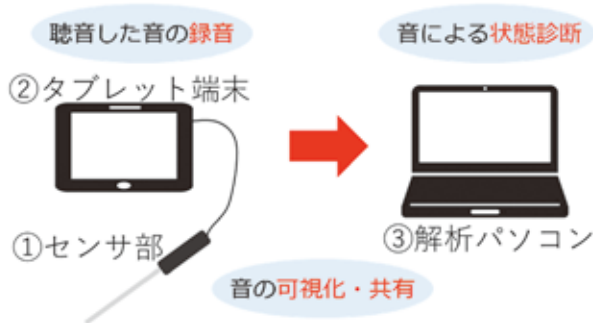
先端の突起部を聴音したい部分に接触させ、内部のセンサにて聴音データに変換する。

#### ② タブレット端末

センサ部とケーブルで接続することで、音の録音および再生が可能となっている。

#### ③ 解析パソコン

Wi-Fi 経由で②タブレット端末から送られてきたデータを再生して解析・診断を行うことができる。また、タブレット端末の設定もこのパソコンで行うことができる。



第1図 電子聴音棒システムの構成図

### 2. 2 Kirari MUSE の特徴

写真2に、センサ部およびタブレット端末の画面を示す。本製品は船舶で使用するために開発されており、船舶の運航状況、機関室の状況および計測対象機器の状態なども手動で入力することができる。また、聴音箇所を写真で示すことにより、誰でも同じ個所の聴音データを採取することができる。つまり、同一機種・同一箇所の聴音データを比較する際、使用状況や経年変化によって現れる聴音データの違いによる比較分析を確実に実行できるように工夫されている。



写真2 Kirari MUSE

写真3は、電子聴音棒システムを用いてポンプのモータの聴音をしている様子である。このように聴音・録音は技術者一人で簡易に実行することができる。



写真3 電子聴音棒使用時の様子

## 3. 採取条件および聴音箇所

### 3. 1 採取条件

異常診断を行うためには対象とする機器が正常な状態での聴音データが必要であり、新品状態での聴音データを採取することができる海上試運転でデータ採取を行った。就航後では使わない主機負荷や色々な条件で海上試運転の各試験は実施されるため、それらが機器の音に与える影響を確認することで、異常診断の精度を上げることが出来ると考えた。

主機負荷が0%(停止中)、65%、82%(NCO)および100%(MCO)の条件でデータ採取をおこなった。

### 3. 2 聴音の対象機器

以下の項目を考慮し、40 機器を聴音対象に選定した。

- ・ 往復動機器・回転機器
- ・ 航海中に常時運転している機器
- ・ 荷役中に常時運転している機器
- ・ 重要(推進および荷役)機器
- ・ 海上試運転中に1人で採取出来る範囲

### 3. 3 聴音箇所

各機器のメーカーに以下のことを問い合わせ、40 機器において全 302 箇所を聴音対象箇所に選定した。

- ・ メーカー推奨の箇所
- ・ 状態診断が可能な箇所
- ・ 機器の特徴的な音を出す箇所
- ・ 過去にトラブルがあった箇所

聴音箇所の一例として、G.E. MGO/MDO SUPPLY PUMP を紹介する。第 1 表に要目を示す。

第 1 表 G.E. MGO/MDO SUPPLY PUMP の要目

Manufacturer	TAIKO KIKAI
Type	Motor driven, Horizontal, Gear pump
Model	HHCS-6MA
Capacity	3.4 m <sup>3</sup> /h
Discharge press.	0.93 MPa
Suction press.	0 MPa
Motor	3.7 kW x 1,200 min <sup>-1</sup>

写真 4 に、G.E. MGO/MDO SUPPLY PUMP のギヤ部の聴音箇所を示す。メーカーが言うには、本聴音箇所では聴音することでギヤの摩耗や損傷の進行具合の判断材料になるということであった。本報ではギヤポンプの特徴的な音が出るギヤ部に焦点を当てて様々なデータを紹介する。



写真 4 G.E. MGO/MDO SUPPLY PUMP ギヤ部の聴音箇所

## 4. データ解析手法

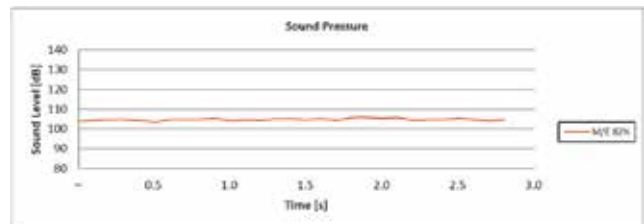
### 4. 1 解析手法

「Kirari MUSE」には、音を録音するだけでなく、そのデータを解析する機能が標準装備されている。その解析結果の一例として、海上試運転における主機負荷 82%(NCO) 時の No. 2 G.E. MGO/MDO SUPPLY PUMP のデータを紹介します。G.E.

MGO/MDO SUPPLY PUMP は発電機関に MGO/MDO を供給するポンプである。

### 4. 2 Sound Pressure

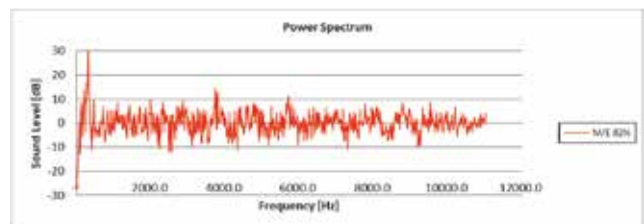
第 2 図に、Sound Pressure のデータを示す。横軸に時間 [sec]、縦軸に音圧 [dB] を示している。この Sound Pressure は、経過時間毎の音圧を示しており、聴音箇所からどれくらいの大きさの音が出ているかが分かる。



第 2 図 Sound Pressure

### 4. 3 Power Spectrum

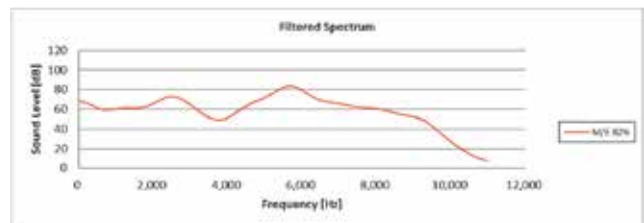
第 3 図に、Power Spectrum 解析の結果を示す。横軸に周波数 [Hz]、縦軸に音圧 [dB] を示している。Power Spectrum 解析とは騒音や振動の解析にも用いられる周波数解析のことであり、周波数毎の音圧を示している。



第 3 図 Power Spectrum

### 4. 4 Filtered Spectrum

第 4 図に、Filtered Spectrum 解析の結果を示す。横軸に周波数 [Hz]、縦軸に音圧 [dB] を示している。Filtered Spectrum 解析とは Power Spectrum を逆フーリエ変換したものであり Power Spectrum に含まれる周期性を表している。Power Spectrum 解析に比べてグラフの曲線がなだらかになり、複数の解析結果を比較しやすいのが特徴となる。



第 4 図 Filtered Spectrum

#### 4. 5 異常診断

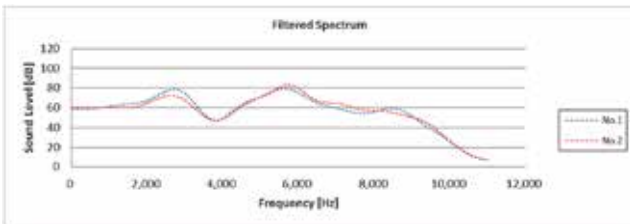
「Kirari MUSE」には、各解析手法の結果を基に機器の異常診断を行う機能が装備されている。周波数毎の音圧の経年変化を記録し、設定した閾値以上に変化すればアラートを出す仕組みとなっている。

この閾値は、ユーザーが設定する必要があるために大量のデータに基づく閾値の設定のための知見が必要となる。

### 5. 考察

#### 5. 1 同型機器の比較

重要機器は冗長性を確保するため同じ型式の機器を2台搭載することがルール上要求されており、それらの聴音データを比較し、機器の個体差で聴音データの波形がどれくらい違うかを把握する。第5図に主機停止中のG.E. MGO/MDO SUPPLY PUMPの1号機と2号機のFiltered Spectrum解析結果の比較を示す。波形はほぼ一致しているが、新品状態での同型機でも周波数によっては10 dBくらいの個体差が出るということが分かる。

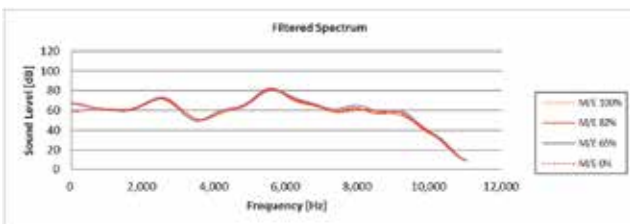


第5図 同型機器の比較

#### 5. 2 主機負荷の影響

主機は船舶に搭載されている機器の中で最も大きい起振源および騒音源であるため、主機負荷毎の違いが聴音データに与える影響を確認した。これにより、今後の状態診断における基礎聴音データをどの主機負荷時に取得すればいかなかの判断材料とすることが目的である。

第6図に、No. 2 G.E. MGO/MDO SUPPLY PUMPの主機負荷毎(0%, 65%, 82%および100%)のFiltered Spectrum解析結果の比較を示す。主機停止中と主機運転中では多少音圧は違うが、主機負荷の違いによらず波形はほぼ一致している。主機負荷の違いによる影響度はほぼないことが分かる。



第6図 主機負荷の影響

#### 6. 今後の展望

建造中および就航後の機器から発生する異音に対するコメントを船主関係者殿から受ける場合に、当社および機器メーカーが異常診断を行い、問題を早期に解決し、生産効率およびアフターサービスの顧客満足度を向上させることが本取り組みの最終目標である。

そのためには、まず異常診断の基礎となる正常時の聴音データを蓄積し、どの程度ばらついていても正常といえるかどうかを把握することが重要となる。つまり、正常時と異常時の閾値を定めることが重要となってくる。よって、さらなるデータ蓄積のために今度も海上試運転時のデータを収集する予定である。

また、就航後のアフターサービスの顧客満足度を向上させるためには、海上試運転での新品状態の聴音データだけではなく、就航後に経年変化する聴音データも必要となる。よって、船主殿にご協力いただいで就航後のデータ収集も行っており、これらのデータについては別報で紹介する予定である。

本報では電子聴音棒を船舶に活用することを紹介してきたが、工場でも活用出来るため、今後、当社工場の管理に活用する方法を模索していきたい。

#### 7. 結言

電子聴音棒を用いた機器の異常診断への当社の取り組みのうち、海上試運転時の聴音データ収集について紹介した。機器の異常診断には正常状態の基準データが必要であり、閾値の設定が最も難しいところである。

まだまだ異常診断時の閾値選定が実施できるほど聴音データの蓄積・解析が十分ではないため、今後、海上試運転および就航後のデータ収集を進めて電子聴音棒を用いた異常診断を確立し、他社との差別化を目指したい。

#### 謝辞

最後に、本報執筆にあたり、多大なご協力頂いた日本郵船株式会社殿および株式会社MTI 殿に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 日本郵船株式会社ホームページ ニュースリリース：音を活用した状態診断ツール「Kirari MUSE」を開発  
[https://www.nyk.com/news/2018/20180221\\_01.html](https://www.nyk.com/news/2018/20180221_01.html)