

船舶機器の異常振動を検知するシステムの紹介 ～予防保全に向けた異常振動検知システムの可能性～

1. はじめに

日本経済を支える輸出入貿易においては、国際海上輸送が輸出入貨物総量の90%以上を占めており、船舶による輸送は国際貿易を行う上で非常に重要な手段となっている。世界経済の発展やボーダーレス化の進展に伴い、複雑に連関したグローバルリスクが顕在化する中で、海運事業は常に危険と隣り合わせであり、重大事故を起こさない実現を目指しており、輸送スケジュールを維持して安全な輸送を行うために、船舶の安全運航の維持管理はもとより、様々な観点から安全運航並びに海洋環境保全に対する取り組みを行っている。

船舶の安全運航を維持するための基本は、航海士による適正な監視並びに気象、海象を考慮した最適航路の選択などが重要であり、機関室においては船舶の推進力となる主機関、発電機関並びに各種ポンプ、送風機、モーターなどの補機関と呼ばれる運航に重要な機器が機関士により状態監視され、予防保全管理が行われている。機関室内に設置される各機関、機器類については、重大な損傷を未然に防ぐために、運転状態を毎日巡回点検する中で異常を発見し、開放整備するなど早期の対応が非常に重要となる。一昔前までは、船舶に搭載される機器の監視装置は必要最低限の装備しか無く、機関室内の見回り点検においては主に人間の五感に頼る対応がなされてきた。最近では温度、圧力、振動センサーなどの技術の向上により、多くの点検項目が自動監視され、異常をきたすと共に警報するシステムが搭載されているが、船上に装備されている全ての機器の微細な挙動変化や異常振動などについては、まだまだ十分な自動監視が出来ていないのが実情である。今回、商船三井テクノトレード株式会社と株式会社バルカーが共同で取り組み、開発した機器の異常振動を検知するポータブル式システムについて紹介する。

2. 機器の予防保全を目指す取り組み

2-1) 船上搭載機器の状態監視

船上に於ける主機、発電機、ボイラーなどを始めとした主要機器については、各部の温度、圧力、回転数などの運転状態が常時自動監視され、機関制御室に装備されたデータロガーにより定時記録されるとともに、異常が検出された場合には昼夜を問わず警報が発せられ、自動減速あるいは危急停止させ、バックアップ機能を有する機器については予備機が自動起動して航海に支障が出たり、重大な機器損傷を防止する手立てがなされている。

しかしながら、送風機やポンプなどを駆動するためのモーター及び小型回転機器などについては、運転状態を監視するためのセンサーなどは装備されておらず、モーターベアリングの損耗による発熱、異音、振動などに関しては、機関士による定期的な巡回時に触診や聴音棒を使用するなど人間の五感に頼る点検が行われている。異常の発見が遅れた場合には軸受部の損傷に起因するモーターの焼損などに至る場合があることから、船上に搭載される主要機器においては運転時間を基にした定期解放整備などの予防保全が行われているのが現状である。

2-2) 船上におけるビッグデータの活用

最近では、状態監視から得られる膨大なデータを衛星回線を利用することにより、陸上においても常時監視する事が可能になっており、これらのデータを気象や海象データと組み合わせ、船体や推進機関への負担を軽減させるための最適航路の選定や最適自動操舵に利用するなど、安全運航の向上に向けた取り組みがなされている。自動車メーカーなどでは昨今車両の自動運転の技術開発が盛んに行われているが、船舶においても自律航行船(無人化船)の技術開発が開始され、2020年初

頭には実証検証を行うための試験航海が見込まれる中で、気象、海象情報に加え、航海計器(レーダー、衝突予防装置、電子海図)情報や機関室内機器の状態監視情報など、各種ビッグデータが自律航行を推進する上で益々重要な要素となる。しかしながら、現状では船上に搭載されているすべての機器を自動監視するには至っておらず、機器の状態を測定し、異常の有無を確認、判断することが可能なツールが求められている。

特に船上の機器においては、陸上に設置の機器とは異なり、機器が設置される場所自体が動揺したり、他の設置機器の振動影響を受けるなど、機器単体の異常振動などを測定、監視することが非常に難しい環境にある。各機器がこのような環境にあることを踏まえて新たに開発された、「船用機器の異常振動を検知するシステム」では、船舶に搭載されるあらゆる機器に対して改造工事の必要が無く、測定対象機器以外から発生する外乱振動を除去する事が可能なノイズキャンセリング機能、並びに無線式での検知機能を付加するなど、危険箇所や高所などの立ち入りが制限される場所に設置される設備機器の無線遠隔振動計測が可能な簡易監視ツールとして、船舶に搭載される機器はもとより、陸上産業機器、プラント関連機器などの予防保全に広く利用することが期待されるシステム構成になっている。

3. 振動検知保全システムの概要

3-1)振動検知保全システムの機能と特徴

本システムは現在、実船にて検証中のシステムである。上述のように、機器の状態を監視する上で改造工事を必要とせず、動揺による振動影響を受けずに機器振動を測定監視できるシステムとして実証を進めている。

Figure1,2に振動検知保全システムの外観を、Table1にシステム本体の主要諸元を示す。

振動を検出するセンサー部はふっ素樹脂を活用して、ポンプなど高温となる場所での使用も出来るよう100℃環境下での耐熱性を想定している。機器の形状に関わらず手軽に設置出来るようテープや磁石で固定する方式とした。

センサーからの信号は、無線ドックを通じて離れた場所からタブレット端末で受信し、異常可否を経時的な変化として確認出来る。センサーとタブレットをケーブルで直接つないでの計測も可能である。

機能面では、船や機器の揺れや大きさのパターンを

振動周波数として分析する機能を搭載している。船の揺れによる振動影響(外乱振動)を軽減し、機器自体の振動と区別することで、継続的に機器単体の振動モニタリングを行う。



Figure1 振動検知保全システム外観
左 : タブレット端末
右上 : センサー (約2cm角)
右下 : 無線ドック(アンプ)



Figure2 薄膜ふっ素樹脂有機圧電素子

Table1 システム本体の主要諸元

表示部	10inch タブレット(タッチパネル)
Ch数	4ch or 2ch / アンプ 最大12ch (アンプ4台を無線接続)
出力	SD カードスロット (SDHC 対応 最大32GB)
防水等	IP54 相当
使用範囲	-10℃～50℃、90% RH 以下(結露ないこと)
大きさ 重さ	40(H)x275(W)x188(D)mm, 1200g (Li-ion バッテリー 280g 含む)
[予定]	電波法承認(欧州、米国、中国、日本) CE マーキング、WEEE 指令、 中国版 RoHS

3-2) 外乱振動の低減に係る検証実験例

航行時の風浪の状態など、船上計測における航行環境がもたらす影響(外乱振動)について、実験的手法による検証を試みた。

外乱振動源として加振装置を利用、加振台の上にモーターをセットアップすることで、外乱振動とモーター振動の区別が可能であるか確認した。加振装置は、IMV製i240SA3M、5Hz、5mmp-p条件にて加振方向はZ軸方向(上下に加振)とした。モーターは、スーパーライン単相モータ(SC-KR-100W-4P-100V)を用い、1720rpm(28.7 Hz)の条件、モーター回転軸が加振方向に対して垂直になるように設置・固定した。計測結果についてFigure3, 4に示す。

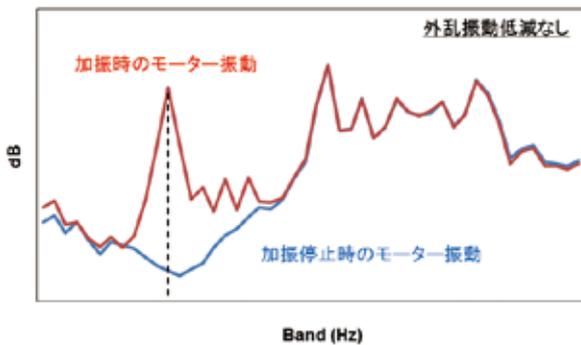


Figure3 加振機振動の影響を受けたモーター振動バンド

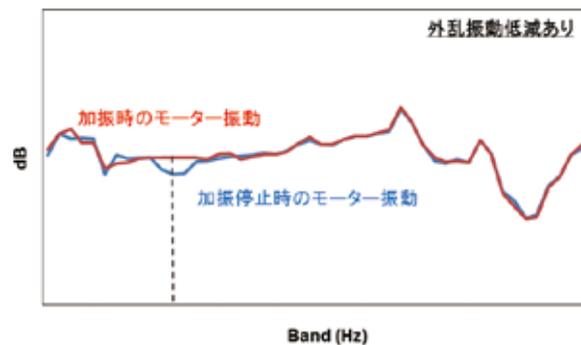


Figure4 加振機振動の影響を低減させた場合のモーター振動バンド

Figure3によれば、モーター振動は外乱振動の影響を受け、加振条件である5Hzの信号強度が上昇、加振器停止中に比べ、振動レベルが大きく変化(約50dB)していることがわかる。一方で、外乱振動を低減させた場合、5Hzでの振動強度上昇は5dB以内に収まることを確認した(Figure4)。同様に、加振振幅を変化させた場合(5Hz: 5, 7, 10mmp-p)、加振振動数を変えた場合(75Hz: 0.03, 0.05mmp-p、200Hz: 0.005, 0.007mmp-p)においても計測

した結果、いずれの条件でも、外乱振動の影響は5dB以内となった。航行時における波の影響を低減出来る可能性が示唆された。

3-3) 実船での計測例

商船三井テクノトレード㈱の内航給油船(テクノスター)での、冷却海水ポンプにおける計測結果の一例をFigure5に示す。経時的な信号強度の変化が見て取れる。本格的な実証試験に向けて、外乱振動の影響も加味しながら継続計測を行っていく予定である。

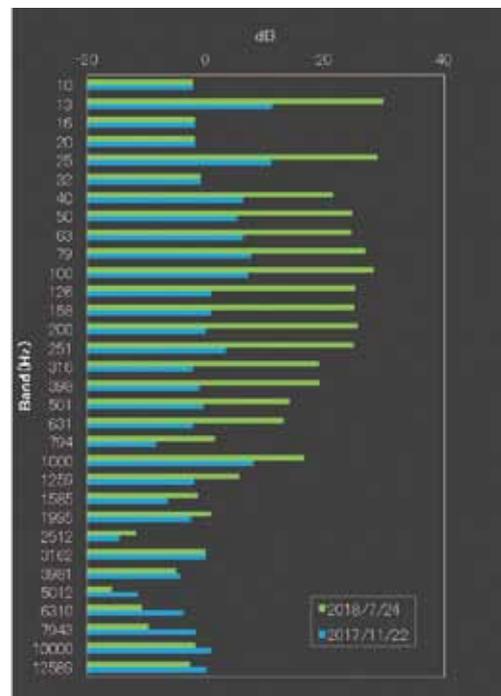


Figure5 実船での振動計測結果の一例(冷却海水ポンプ)

4. まとめ

開発したシステムにおいて、実験室レベルでの検証実験では外乱振動の低減を確認することが出来た。また、実船での計測においては経時的な信号強度の違いを確認するに至った。しかし、実際の航行においては、主機出力や往航・復航時の载荷条件、周辺機器の稼働状況など、逐次周囲環境が変わる中での振動状態を計測することになる。本格的な実証試験に向け、多岐多様な外乱振動の影響を確認・加味しながらも、機器振動の状態変化を検出し、適切な閾値設定を行うことが今後の課題である。

5. おわりに

個々の機器に関する不具合や故障の癖を把握し、メンテナンス部品の持ち方も含めた適切な保全管理を進めることは、陸地を離れ洋上を航行する船舶においては

有効であると考えます。継続して実証試験を進めていくことで、健全な状態とは異なる状態が見える化し、予知保全効果が期待出来るシステムとして、海陸を問わず広く産業界の安全・安心に貢献したいと考えています。



羽根田 誠
商船三井テクノトレード株式会社
常務取締役



佐藤 央隆
研究開発本部 第1商品開発部



米田 哲也
研究開発本部 第1商品開発部



油谷 康
研究開発本部 先行技術開発部