

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月20日現在

機関番号：5 6 3 0 2
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2010年度～2012年度
 課題番号：2 2 5 6 0 7 9 1
 研究課題名（和文）船舶機関員の保守点検における感覚記憶力の支援と感覚技能の育成に関する研究
 研究課題名（英文）A study to support Marine Engineers' sensory memory and to raise their sensing skills in maintenance inspection
 研究代表者
 木村 隆一 （KIMURA RYUICHI）
 弓削商船高等専門学校
 研究者番号：2 0 0 9 3 5 4 4

研究成果の概要（和文）:

本研究は船舶機関士に対する技術の支援と育成を目的として取り組んでおり、この開発によって機関の異常を早期に発見することができる。実験はディーゼル機関の設定項目(燃料弁噴射圧力や弁間隙など)の値を種々に変更して行った。実験時の音や振動を用いて多変量解析をした結果、それらには設定項目の情報が存在することを確認できた。次に機関員の感覚記憶力を保全支援システムによって支援できるかどうかの検証を行った。機関の設定項目を標準値に設定した時と、標準値以外に設定した時の発生する音や振動を被験者に体験させて、それらから両者の区別ができるかどうかをアンケート調査したところ、90%程度の確率で両者の識別ができた。これによって機関員の感覚記憶力も保全支援システムによって支援できることが分かった。

研究成果の概要（英文）:

This study was conducted to support and improve techniques of marine engineers. We expect to help them detect engine operation malfunctions earlier. Our experiment was conducted by changing settings of diesel engines including the blast pressure of fuel valves and valve clearance. Results of multivariate analyses using sound and vibration in experiment confirmed the information of setting items. Then we verified whether or not the maintenance support system was able to support engineers' sensory memory. We used two sets of setting items in the experiment: a standard setting and a non-standard setting. We made our examinees experience sound and vibration in each setting. Subsequently, they answered a questionnaire asking if they were able to distinguish one setting from another by sound and vibration. Results showed that they were able to judge correctly with around 90% probability. We found that the maintenance support system was able to support the engineers' sensory memory.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：船用機関・燃料

1. 研究開始当初の背景

わが国の海運界で顕在化しつつある日本人船員の質的・量的不足に対処するため、国土交通省・日本船主協会・海事教育機関などで組織する協議機関は「次世代の優れた船員を確保することが緊急の課題」と結論づけている。また、交通政策審議会の場においては「安全運航を支える技術力の確保とその伝承の観点から将来に不安を残しており、船員の技術力向上の必要性がある」と答申している。このことは「海洋基本法：第三章第二十条」の中にも「効率的かつ安定的な海上輸送を図るため、日本船舶の確保、船員の育成と確保」と明記されている。

このように関係各所で船員の育成と技能向上が必須としているが、海技の習得には長い年月が必要となる上に団塊の世代後の技能伝承が危惧され、その対応策が強く求められている。

2. 研究の目的

本課題は懸念されている船員の熟練技能育成問題にこたえるべく取り組んでいる研究である。

船舶の機関は機関員の保全業務によって管理されているが、その業務の一つに聴覚や触覚などの感覚器官による点検作業がある。この作業は長年の経験から達成される技能であるため、その習得と伝承は難しいとされている。本課題はこのような曖昧な感覚技能を支援して、船舶の安全運航に寄与することを目的とし、この運用により蓄積される保全データを用いて機関員に感覚技能を習得させる技能育成の機能を併せ持つ。

3. 研究の方法

(1) システムの構想概略

日常の点検では、機関員が巡回点検時に受けた音や振動を過去に記憶したものと較べて判定しているが、判定基準となる「過去の記憶」は個人差がある上に曖昧さがあり正確性に欠ける。このことは聴覚による診断力を調査(参考文献)した結果で明らかになったが、熟練機関員でも85%程度の正答率しか得られず、人の感覚記憶だけでは異常の兆候を見逃す危険性がある。そこで、曖昧な感覚記憶に頼らず、機関員に正確な情報を与えて感覚記憶を補完する保全支援システムが必要と考えた。

(2) 実験装置

実験に使用した内燃機関は3気筒4サイクルディーゼル機関でこの主要目は表1に記した。実験項目は弁間隙を変更した場合と燃料弁の噴射圧力を変更した場合の2つの事象について実施した。計測項目はマイクロホンによる機関放射音と加速度センサーによる機関振動を採取した。図1はそれぞれのセンサーの取り付け位置を示したものであるが、マイクロホンは機関上方よりNo.2cyl.方向に向け、加速度センサーは機関側壁に取り付けた。なお、使用したマイクロホンは20~20kHz(±3dB)、加速度センサーは5~30kHz(±3dB)の性能である。さらに機関のクランク角度と音響並びに振動との同期を取るためのタイミングパルスをNo.1cyl.の燃焼時T.D.C.の位置で発生させている。このパルスを基準に機関放射音の様子を表したものが図2となっている。横軸は機関のクランク角度を表し、縦軸は放射音の周波数、音圧は濃淡で記した。図では縦方向に濃いパターンが3本認められるがこれはNo.1、No.2、No.3 cyl.における燃焼を表している。

表1 機関主要目

シリンダ数	3
定格回転数	3600
出力(kW)	18
シリンダ径(mm)	76
ストローク(mm)	73

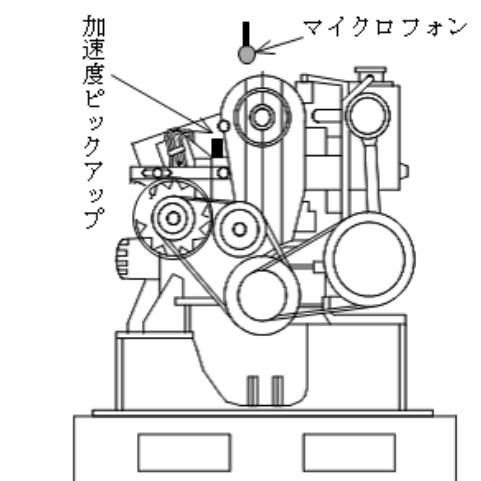


図1 実験装置

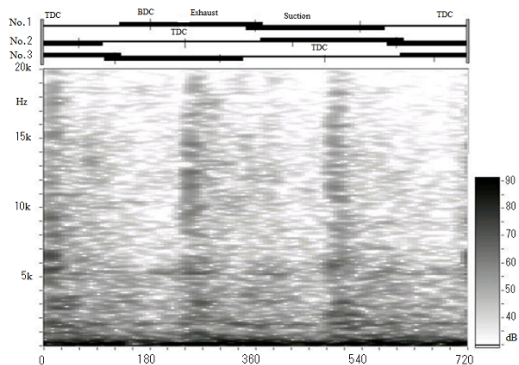


図2 機開放射音

(3) 実験項目

【噴射圧実験】

噴射圧実験は No.2cyl. の燃料弁噴射圧を85、100、120、140、160、180、200、215kg/cm² と8種類に変化させて実験を行った。さらに、No.1、No.2、No.3cyl. 全ての燃料弁噴射圧を85、110、140、180、215kg/cm² に変化した場合の実験を行っている。なお、この機関の標準燃料噴射圧は140kg/cm² となっている。

【弁間隙実験】

実験はNo.1cylinder吸気弁の弁間隙を変化させて実施した。本機関の吸気弁標準弁間隙は0.25mmでこれよりも間隙の大きい試験項目として0.4mm、0.5mmの2種類、間隙の少ない試験項目として0.1mm、0mmの2種類、弁の間隙がなく完全に閉じない状況として0.1mm、0.15mm(0.1mmはバルブが完全に閉まらず弁座と弁の間に0.1mm間隙が存在)の2種類で合計7種類の実験を行った。なお、0.15mmの状態になると十分な圧縮ができなくなり機関が起動不可の状態となる。

(4) 保全支援システム図

感覚量保全支援システム概念図を図3に示す。本システムは、機関員携行端末機と保全情報解析装置から構成される。音と振動は機関員携行端末機のAD変換器でデジタル化して時系列の波形データとFFTによる周波数分解したスペクトルデータの2種類を格納し、保全情報解析装置へ転送しておく。また、機関携行端末機は機関員の感覚量記憶を支援する機能も持っている。これは機関室で保全対象となる機器の音響と振動を本装置で採取し、直ちに現場で

再生し聴覚と触覚で感じ取る。さらに格納している過去の音響と振動を保全データベースから呼び出して再生する。これによって、対象機械の現在の状況が過去のそれと比べて違いがあるかどうかを診断することができる。以下にそれらの人の感覚による診断結果について言及する。

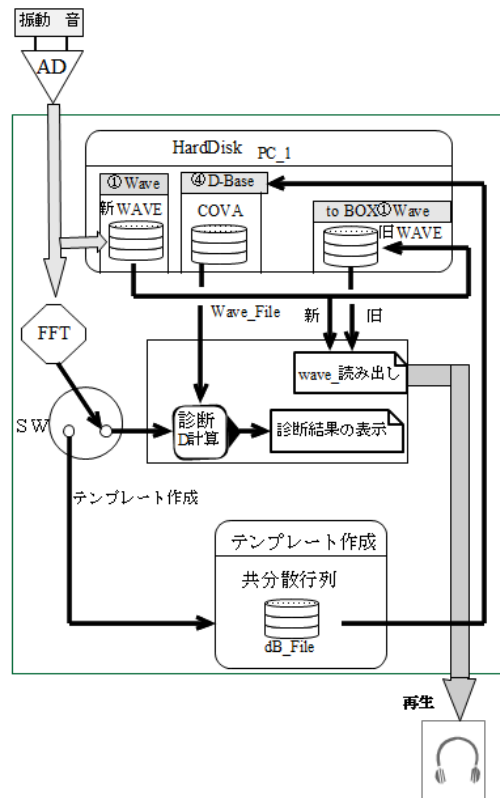


図3 保全支援システム

4 研究の成果

(1) 実験結果

【噴射圧実験】

被験者に正常噴射圧の音を聴取させた後、検査の対象となる噴射圧の音を聴取させた。この時、2つの音の違いを識別できるか否かの方法で調査した。回答方法は2つの音が同じという判定、2つの音は異なると判定、どちらともいえず不明瞭とする判定に分類させた。図4はそれぞれの噴射圧の音と正常の噴射圧140kg/cm²との違いを記したものであるが棒の長さがそのカテゴリーにおける回答割合を示している。例えば、85kg/cm²の噴射圧の音を聴取させた場合、正常時の音と「異なる」と回答した割合が100%であることを示している。この図では100、215kg/cm²の実験時に20%、160、200kg/cm²で10%程度不明瞭に判定されているが、正常時の140

kg/cm²以外の実験ではほとんど正常時とは異なると判定されている。このことは噴射圧140kg/cm²の過去のデータと聞き比べると噴射圧の変化はすぐに識別できることを示している。一方、140 kg/cm²のデータは「同じ」以外に「不明瞭」と判定されているが、「異なる」と判定されることはない。

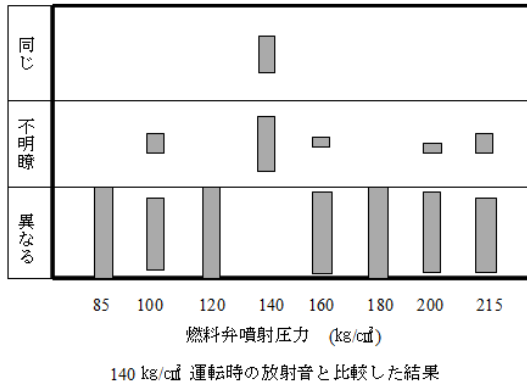


図4 放射音の聴取(噴射圧実験)

次に、同じ実験を振動センサで感覚評価した結果について述べる。ここでは、振動データを音響として再生させ、スピーカによる音を聴取した場合と、振動体を加振して手による感覚量から回答させた場合の調査を行った。図5は音響聴取による結果を示したが、図4の放射音の判定よりも明確な判定が行われていることが分かる。つまり、噴射圧140kg/cm²の振動は全て140kg/cm²のカテゴリーに判定され、それ以外の噴射圧は比較対象となった140 kg/cm²のカテゴリーとは「異なる」と判定されている。これは、振動にはその場所のデータが直接反映されるのに対して、音は周辺の雑音も収集するため噴射圧の違いだけの情報が取り難いことに起

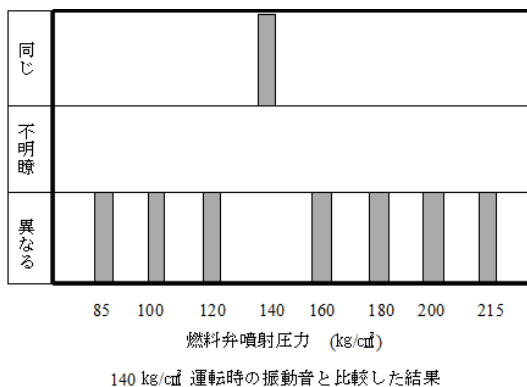


図5 振動再生音の聴取(噴射圧実験)

因していると考えられる。

図6は手で振動体を触診してそれぞれの振動が標準噴射圧140kg/cm²と異なっているかどうかの回答結果である。この結果によると図5の振動再生音の場合よりは診断結果が低下するが、標準時と異なり、異常状態にあるかどうかの判別は可能である。

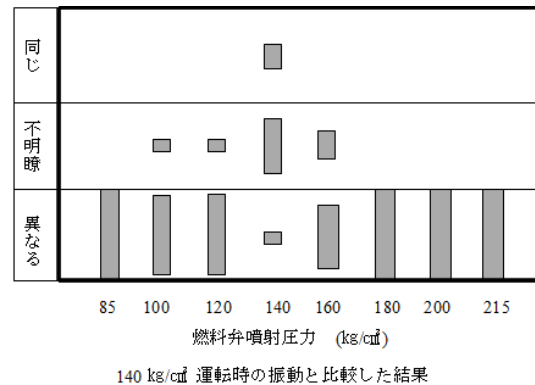


図6 手による触診(噴射圧実験)

【弁間隙実験】

図7は供試機関の吸気弁間隙を7通りに変化させて運転し、そのときの放射音を標準状態の弁間隙量(0.25mm)の音と聞き比べた時、どのように判定されるかを示している。結果としては、0.5mm、0.4mm、0.15mmでは標準音と明らかに異なると回答しているが、標準状態と同じの0.25mmの場合は30%が全く同一状態であると回答し、70%の人が同一と判定するかどうか迷っている。従って、正常時の状態を音だけで聴取して確実な判断をすることが難しいが、異常時はかなりの割合で異常状態にあると判定できる。

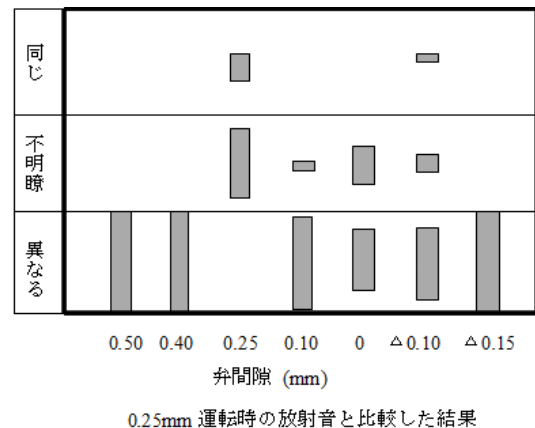
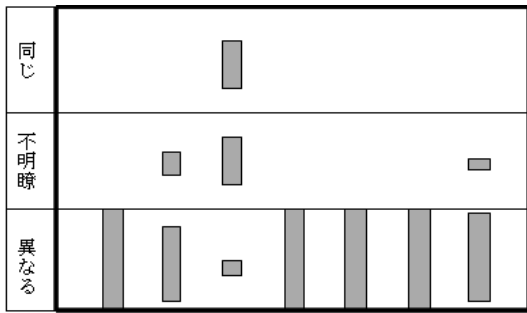


図7 放射音の聴取(弁間隙実験)

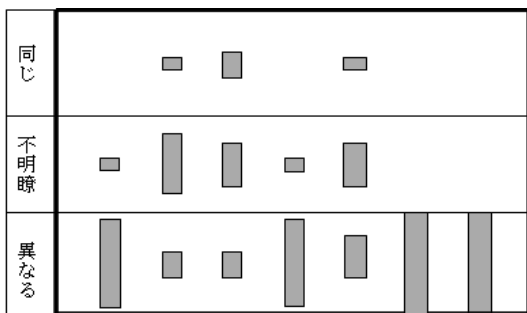


0.25mm 運転時の振動再生音と比較した結果

図 8 振動再生音の聴取(弁間隙実験)

次に噴射圧実験と同様に振動センサーで感覚評価した結果について述べる。最初に振動を音で再生した場合を図 8 に示すが、噴射圧実験の時ほど明確な形で識別はできないが、放射音の聴取よりは識別率が上がる。特に0.25mm以外の異常時の場合、わずかに「不明瞭」と判定されることもあるが多くのケースで「異なる」と識別され、異常と診断される。

また、手の触診による結果を図 9 に示すが、0.4mm、0mmの場合で標準と診断されることが15%の割合で存在している。これは誤った診断結果であるが、多くの場合で標準以外の弁間隙の時は「異なる」に診断されている。



0.25mm 運転時の振動と比較した結果

図 9 手による触診(弁間隙実験)

以上のことから、診断法として、「放射音の聴取」よりは周辺雑音の少ない振動情報による「振動再生音」が優れ

た結果を示した。さらに「手による触診」でも診断は可能であるが、振動情報を聴覚で得るのに比べると触覚では劣ることが分かる。

しかし、ここで取り上げたように、過去の情報を現場で再現することによる「感覚記憶の支援」は明らかに船舶機関員の保全作業に有効である。

(2) 今後の展開と波及効果

機関員の感覚だけに頼っていた領域の保全作業を提案のシステムで簡単に診断できるようになれば、特殊な技能を有さずとも機関員全員が高度な診断技能を共有でき、船用機関の保全に寄与できる。さらに本装置は熟練技能のシステム化という点では、船用機関にとどまらず全ての産業用機器の保全作業に適用でき、広範囲のシーズになることが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1 件)

木村隆一、近藤恵太、保全における情報の検出、日本保全学会 平成22年7月、静岡県掛川市

(参考文献)

三輪 誠、井川博雅、木村隆一
船用ディーゼル機関の保全における音響情報の活用、日本マシニング・エンジニアリング学会、平成20年5月、Vol.43, No.3

pp111-116

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村 隆一 (KIMURA RYUICHI)

弓削商船高等専門学校・校長

研究者番号：20093544