

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 12 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K06979

研究課題名(和文) 漁船の健康寿命延長を実現する次世代型状態監視・診断システムの開発

研究課題名(英文) Development of condition monitoring and diagnosis system of the next generation to extend of healthy life of fishing boat

研究代表者

太田 博光(OHTA, Hiromitsu)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産大学校・教授

研究者番号：80399641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：大型船舶に比べメンテナンスが行き届いていない漁船機関や周辺機械設備の健康寿命を大幅に延長させる状態監視・診断システムの開発を行う。基盤となる技術は研究代表者が提案している「パラボラマイク」と提案する信号処理法である「新合成波形分離法」を用いた高効率、高精度な診断手法である。本手法に基づき携帯型診断装置および音響診断プログラム(Wave Diag)の開発を行っている。本音響診断プログラム(Wave Diag)は従来法と比較しても約20倍程度、高精度であることが分かっている。現在、本音響診断プログラムを用いて工場の生産ラインにおける診断業務を実現している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

重要機械設備の保全政策は損傷を前もって予防する予防保全が前提である。これは損傷の元となるストレスの監視、診断を行い取除く損傷原因除去型保全が保全政策として最適である。漁船は他の船舶に比べコスト的にも manpower 的にもメンテナンスが行き届いていない傾向があるため上記の保全政策に基づく「健康寿命延長を実現するための状態監視・診断システム」が必要である。本提案手法を実用化することで漁船の健康寿命の延長、メンテナンスコストの低減、高効率化による燃料消費量および消費電力の低減により高船齢化の傾向が強く表れている我が国の現存漁船の長期利用、低コスト運用の実現に寄与することができる。

研究成果の概要(英文)：We developed the next generation condition monitoring and diagnosis system to extend healthy life for fishing boat. Especially, acoustic diagnosis program(Wave Diag) has been created by applied a parabolic type microphone and unique signal processing method called new composed wave separation method(NCWS).

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：漁船 診断 機械の健康寿命 信号処理 新合成波形分離法 音響診断システム 転がり軸受

1. 研究開始当初の背景

近年、漁船の高船齢化により機関損傷や船体疲労のリスクは年々増加し、修繕に要する費用は増大しており、これが漁業経営を圧迫するという負のスパイラルから抜け出せない状況にある。現状を改善するために平成 24 年から平成 26 まで水産庁主導の「漁船リニューアル促進技術開発事業」が行われた。本事業は現存漁船の安全性向上、低コスト運用に関する技術開発の実施である。本事業の「漁船機関の状態監視・診断に関する技術開発」ではセンサ設置スペースに余裕のある総トン数 200ton 以上、出力 1000 馬力以上の漁船を対象とし、負荷センサに加え潤滑油、清水、海水、給気、燃料油に各圧力センサと温度センサ計 24 個を設置しモニター漁船「平成丸」により状態監視を行っている。本手法は損傷や燃料消費量増大の根本原因である潤滑油の性状など潤滑状態を高精度に推定することが困難なため損傷は発生し続ける。この様に損傷原因を根本から除去する予防保全に立脚したメンテナンスを実施することは困難であり健康寿命延長の観点からも好ましくない。

2. 研究の目的

大型船舶に比べメンテナンスが行き届いていない漁船機関や周辺機械設備の健康寿命を大幅に延長させる状態監視・診断システムの開発を行う。研究代表者がこれまでに実施している機械の損傷を早期に検出する状態監視システムとは異なり損傷の要因を簡便かつ高精度に監視・診断する損傷原因除去型のシステム開発である。具体的には研究代表者が平成 25 年度までに実施している基盤研究(C)「波形分離による漁船機関に最適な次世代型状態監視システムの高精度化」の特長である損傷を早期に検出、監視する機能に加え、本研究では損傷が発生する前に損傷の要因を監視・診断する機能を新たに加えることで健康寿命の延長、安全安心な操業、高効率化による省エネルギーを実現させる状態監視・診断システムの開発を行う。

3. 研究の方法

本研究のテーマは漁船の健康寿命延長を実現する次世代型状態監視・診断システムの開発である。基盤となる技術は研究代表者が提案している「パラボラマイク」と「合成波形分離」を用いた高効率、高精度な状態監視・診断手法である。本手法は回転機械損傷時に発生する低周波の回転周波数成分の強度に着目し、複数の機械設備の中から状態監視対象のみを同定することができる。その後「合成波形分離」を用い損傷信号のみの抽出が可能手法である。新たな提案課題では音源を同定し、抽出するのは低周波の回転周波数成分ではなく潤滑状態が悪化し摺動面同士の間接接触時に発生する摺動性超音波振動である。超音波の場合、解析的に算出可能な回転周波数とは異なり発生する正確な周波数が明らかになっていないため音源の同定を行い、その中から損傷信号のみを効率的に抽出することは不可能であった。しかしながら、提案課題では実験的に摺動性超音波振動のみを抽出し発生帯域と発生量の定量化を行う。超音波振動の測定にはセンサとしてパラボラマイクを用いる。超音波測定に適した AE センサも考えられるが外乱に対して敏感であり、ノイズの混入も多く、安定性に欠ける面がある。また単一での使用では監視対象の音源の同定が物理的に不可能である。それに対しパラボラマイクはその集音効果により SN 比の改善が可能、単一での使用でも音源同定が可能また加速度ピックアップに比べ高周波帯の測定が可能で価格も比較的安価であるという利点がある。本提案課題では状態監視対象として損傷の発生しやすい摺動部が存在するピストン - シリンダライナ機構、転がり軸受、滑り軸受を選択している。指向性が存在する摺動性超音波振動の測定であるため集音効果の高い場所にパラボラマイクを設置する必要がある。これまでに得られた知見によれば状態監視対象の投影面積が最大の面にパラボラマイクを設置すると高い集音効果を得られることが分かっている。この知見を基にパラボラマイクを設置する最適な場所を実験的に同定する。ピストン - シリンダライナ機構試験機、滑り軸受試験機では油膜厚さと摺動性超音波振動の正確な発生帯域と発生量の定量化を行う。同様に転がり軸受試験機においても定量化を図る。最後に潤滑状態の状態監視・診断に加え従来からの機能である低周波領域に現れる回転周波数成分から損傷機械要素の音源同定および損傷信号の抽出を行い損傷に関する精密診断を実施し異常の種類を同定を行い適切なメンテナンス時期を決定するために必要な情報提供を行う音響診断プログラムも同時に構築する。

4. 研究成果

本手法は回転機械損傷時に発生する低周波の回転周波数成分の強度に着目し、複数の機械設備の中から状態監視対象のみを同定することができる。その後、提案する信号処理法「新合成波形分離」を用い損傷信号のみを高精度に抽出することが可能となった。最終年度となる2020年度は研究代表者の所属する水産大学校の練習船 耕洋丸の機関室に設置してある循環水冷却ポンプの転がり軸受、滑り軸受を対象として提案手法の実用性の検証をおこなっている。実用性を確認後、回転機械試験機を用いて診断に関わる閾値「正常」「注意」「損傷」の設定を行った。さらに本手法に基づき携帯型診断装置および音響診断プログラム(Wave Diag)の開発を行っている。本音響診断プログラム(Wave Diag)は従来の信号処理法である適応信号処理(適応線スペクトル強調器、ノイズキャンセラ)に基づいた手法と比較しても約20倍程度、高精度であることが分かっている。現在、本音響診断プログラムを用いて共同研究先の工場の生産ラインにおいても診断業務に従事している。本音響診断システムの実用化により、機械設備の損傷を従来よりも早期に診断できるようになり、余裕を持った操業計画の立案が可能となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 太田博光, 松田弦也, 町島祐一, 松山恵也, 福井良輔	4. 巻 31
2. 論文標題 周波数領域自己回帰モデルを応用したバケットエレベータ低速転がり軸受の状態監視・診断法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 16-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiromitsu OHTA, Ryousuke FUKUI, Yuta YAMADA, Naoya NAGAHASHI, Tomoo SHIIGI, Satoshi TAMURA	4. 巻 32
2. 論文標題 Vibration Characteristics of Self-Excited Vibration about Sliding Bearings	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 32nd International Congress and Exhibition on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management	6. 最初と最後の頁 154-160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 太田博光, 福井良輔, 長橋尚也, 山田雄太, 高田寛大	4. 巻 31
2. 論文標題 滑り軸受に発生する自励振動オイルホワールの振動・潤滑油解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 42-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 太田博光, 山田雄太, 長橋尚也, 福井良輔, 高田寛大	4. 巻 31
2. 論文標題 パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法の高精度診断のための無次元兆候パラメータ尖り度の閾値解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 48-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 太田博光	4. 巻 67巻10号
2. 論文標題 AE法によるバケットエレベータ軸受損傷検知の高精度化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 非破壊検査	6. 最初と最後の頁 507-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 太田博光, 松田弦也, 町島祐一, 福永 哲, 松山恵也	4. 巻 31巻3号
2. 論文標題 周波数領域自己回帰モデルを応用したバケットエレベータ低速転がり軸受の状態監視・診断法 稼働中のプラント内実機に適用した場合の実用性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 21-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 太田博光, 松田弦也, 中村 誠, 福永 哲, 松山恵也, 椎木友朗	4. 巻 VOL.29, No.2
2. 論文標題 パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法による複数循環水ポンプ系の高効率状態監視	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 37-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 太田博光, 松田弦也, 町島祐一, 福永 哲, 松山恵也	4. 巻 VOL.29, No.2
2. 論文標題 周波数領域自己回帰モデルを応用した高ノイズ環境下でのバケットエレベータ低速転がり軸受の状態監視・診断法	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 48-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村 誠, 川口健太郎, 椎木友朗, 高岡佑多, 渡邊敏晃, 太田博光	4. 巻 VOL.53, No.5
2. 論文標題 習熟したふぐ処理師によるフグ肉の肉眼鑑別モデル	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 人間工学	6. 最初と最後の頁 147-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村 誠, 渡邊敏晃, 椎木友朗, 徳永憲洋, 太田博光, 前田俊道	4. 巻 VOL.30, No.1
2. 論文標題 ファジィ推論を用いたブリ属の鮮度推定モデル	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本知能情報ファジィ学会誌	6. 最初と最後の頁 9-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 山田雄太, 福井良輔, 長橋尚也, 太田博光, 殿明栄志
2. 発表標題 パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法の高精度診断のための閾値解析
3. 学会等名 日本設備管理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長橋尚也, 福井良輔, 山田雄太, 太田博光, 田村賢, 椎木友朗, 川畑雅彦
2. 発表標題 滑り軸受に発生する自励振動オイルホワールの振動・潤滑油解析
3. 学会等名 日本設備管理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya NAGAHASHI, Hironitsu OHTA
2. 発表標題 Vibration characteristics of self-excited vibration "Oil Whirl" about sliding bearings
3. 学会等名 2019 Joint International Symposium Between Pukyong National University and National Fisheries University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田博光
2. 発表標題 DADiSPを活用した生産機械設備の異常診断法
3. 学会等名 株式会社CAEソリューションズ主催 第8回DADiSP利用技術研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田雄太, 太田博光, 長橋尚也, 高田寛大, 福井良輔
2. 発表標題 パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法に基づく回転機械診断法
3. 学会等名 日本設備管理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福井良輔, 太田博光, 長橋尚也, 山田雄太
2. 発表標題 滑り軸受に発生する自励振動オイルホワールの振動特性
3. 学会等名 日本機械学会 第18回 評価・診断に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長橋尚也, 太田博光, 福井良輔, 山田雄太, 高田寛大, 田村 賢
2. 発表標題 滑り軸受に発生する自励振動オイルホワールの振動・潤滑油解析 -ロータにアンバランスが発生した際の振動特性-
3. 学会等名 日本機械学会 第58期 総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田博光, 椎木友朗, 渡邊敏晃, 徳永憲洋, 中村誠, 福井良輔, 山田雄太
2. 発表標題 回転機械を対象とする音響診断高精度化に関する一考察
3. 学会等名 日本設備管理学会 春季研究発表大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福井良輔, 太田博光, 川崎潤二, 高橋竜三, 三好 潤, 溝口弘泰
2. 発表標題 水素燃料電池船の振動特性
3. 学会等名 日本設備管理学会 春季研究発表大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福井良輔, 太田博光
2. 発表標題 Characteristic of self-excited vibration about sliding bearings
3. 学会等名 The 24th Joint International Symposium between National Fisheries University and Pukyong National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田雄太, 太田博光
2. 発表標題 Novel condition monitoring and diagnosis method using parabolic sound reflector microphone for rotary machinery
3. 学会等名 The 24th Joint International Symposium between National Fisheries University and Pukyong National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田博光, 田村賢, 椎木友朗
2. 発表標題 周波数領域自己回帰モデルの応用したバケットエレベータ低速転がり軸受の高精度状態監視・診断法
3. 学会等名 日本設備管理学会 平成30年度 第2回 最新設備診断技術の実用性に関する研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長橋尚也, 太田博光, 殿明栄志, 山田雄太, 福井良輔
2. 発表標題 パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法による動機器の高効率状態監視・診断法
3. 学会等名 日本設備管理学会 秋季研究発表大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田雄太, 福井良輔, 長橋尚也, 太田博光, 松田弦也, 椎木友朗
2. 発表標題 パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法による複数クーリングタワー減速機の高効率状態監視・診断法
3. 学会等名 日本機械学会 第17回 評価・診断に関するシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福井良輔, 太田博光
2. 発表標題 High efficiency condition monitoring for reduction gears of the plural cooling towers based on a parabolic sound reflector type microphone and separation method of composed sound
3. 学会等名 The 5th Joint International Symposium between National Fisheries University and Shanghai Ocean University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田博光, 田村賢, 椎木友朗
2. 発表標題 滑り軸受に発生する自励振動オイルホワールの振動解析
3. 学会等名 日本設備管理学会 平成30年度 第3回 最新設備診断技術の実用性に関する研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田博光, 田村賢
2. 発表標題 フグ肉の動特性に基づく非破壊食感評価法
3. 学会等名 平成29年度 日本水産工学会学術講演会論文集
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 太田博光, 松田弦也
2. 発表標題 高ノイズ環境下でのバケットエレベータ低速転がり軸受の状態監視・診断法
3. 学会等名 平成29年度 日本設備管理学会春季研究発表大会論文集
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 太田博光, 松田弦也
2. 発表標題 周波数領域自己回帰モデルを応用したバケットエレベータ低速転がり軸受の状態監視・診断法
3. 学会等名 平成29年度 日本設備管理学会秋季研究発表大会論文集
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 松山恵也, 太田博光
2. 発表標題 パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法による動機器の高効率状態監視・診断法
3. 学会等名 日本機械学会 第16回 評価・診断に関するシンポジウム講演論文集
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 太田博光
2. 発表標題 高ノイズ環境下でのバケットエレベータ低速転がり軸受の状態監視・診断法
3. 学会等名 2017年度 メンテナンス分野合同研究会講演論文集 (招待講演)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Toshiya Matsuyama, Hiromitsu Ohta
2. 発表標題 Novel Condition Monitoring Method Using a Parabolic Sound Reflector Microphone and Separation of Composed Sound Waves
3. 学会等名 Proceedings of the 4nd Joint Seminar between Shanghai Ocean University and National Fisheries University (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 太田博光
2. 発表標題 音響による生産機械設備の高精度・高効率な状態監視・診断の事例
3. 学会等名 CAE利用技術研究会2017講演資料 これからのCAE（招待講演）
4. 発表年 2017年～2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 太田博光 他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 テクノシステム	5. 総ページ数 8
3. 書名 IoT・AIを活用したヘルスマonitoring ～技術動向と今後の展望～ 第1節 最新音響診断装置システムによる高精度・高効率なヘルスマonitoring	

1. 著者名 太田博光	4. 発行年 2017年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 29
3. 書名 製造プロセスにおけるIoT, ICT技術の活用	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 動的設備の診断システムとその方法とそのプログラム	発明者 太田博光, 松田弦也, 町島祐一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-090755	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

水産大学校 教員研究情報データベース
<http://perch.fish-u.ac.jp/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------