

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420839

研究課題名(和文) 検出困難な異常を前提とした漁船機関に最適な状態監視・診断システムの構築

研究課題名(英文) Construction of optimum condition monitoring and diagnosis system to detect hard-to-detect faults for fishing boat engine

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) 3,500,000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届いていない漁船機関や周辺機械設備を対象とする状態監視・診断システムの構築を目的とする。特に漁船機関や周辺機械設備に発生する検出困難な複数の異常が同時に発生している複合異常の検出および潤滑に関わる状態監視技術の高精度化を図り、自動的に診断まで行うシステムを構築している。本研究は平成25年度までに実施した基盤研究(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」の状態監視対象をより広範囲に拡大し、状態監視技術の高精度化と得られた状態監視情報から診断まで行う自動化されたシステムの構築を行っている。

研究成果の概要(英文)：Generally, maintenance of the fishing boats can not completely carry out as compared to the large ship. The objective of this research is to construct of novel condition monitoring and diagnosis system for fishing boat engine and neighboring machinery. Especially, we propose that the novel condition monitoring and diagnosis method on the compound faults occur in fishing boat that it is hard to detect. This method is based on a parabolic sound reflector type microphone and separation signal processing technique about composed sound generated by the monitored facilities. The important time series data generated by the compound faults occur in fishing boat can be extracted using the proposal method.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：漁船 状態監視 診断 複合異常 機械設備 摺動性超音波振動 パラボラ集音マイクロホン 合成波
形分離

1. 研究開始当初の背景

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。これは損傷を早期に発見する故障反応型の保全政策に加え、損傷の元となるストレスの監視、診断を行い取除く故障原因除去型保全(プロアクティブ保全)が保全政策として最適である。漁船は他の船舶に比べ網引作業を伴うため機関に過負荷が作用するトルクリッチ状態になり易い。またコスト的にもマンパワー的にもメンテナンスが行き届いていない傾向がある。近年、船舶の海難事故の約 75%が魚船とプレジャーボートである。機関損傷は他の損傷と比べ、航行不能になるなど重大事故に結び付く傾向が強い事が知られており、損傷部位ではピストン、シリンダライナ、クランク軸の摺動部が約 80%を占めている。漁船機関や発電機は負荷増大による損傷の発生、摩擦抵抗の増大による燃費の低下は潤滑油の性状や汚損、油膜厚さに強く依存しており、これを監視、診断することで最適な保全時期や運転状態を決定することが可能となる。

2. 研究の目的

大型船舶に比べメンテナンスが行っていない漁船機関や周辺機械設備を対象とする状態監視・診断システムの構築を目的とする。特に漁船機関や周辺機械設備に発生する検出困難な複合異常の検出および潤滑に関わる状態監視技術の高精度化を図り、自動的に診断まで行うシステムを構築する。本研究は平成 25 年度までに実施した基盤研究(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」の状態監視対象をより広範囲に拡大し、状態監視技術の高精度化と得られた状態監視情報から診断まで行う自動化されたシステムの構築を行うことを目的とする。本提案手法を実用化させることで漁船のメンテナンスコストの削減、燃費向上による高効率化、省エネルギー化につなげることで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。

3. 研究の方法

回転機械設備に発生する一般的な異常「ミスアライメント」「転がり軸受損傷」「全歯車摩耗」が複合して発生した際の診断手法を確立する。潤滑に関する状態監視技術の高精度化に関しては既存の試験機を使い摺動性超音波振動の発生する正確な周波数帯域の同定を行うため基礎実験を行う。基礎実験終了後、レシプロ機関

に発生する 3 種類の異常「トルクリッチ」「ミスアライメント」「転がり軸受損傷」が複合して発生した際の診断手法を確立する。潤滑に関する状態監視技術の高精度化に関しては試験機による基礎実験の条件を変えながら継続して行い、摺動性超音波振動の発生する正確な周波数帯域とそのパラメータを明らかにする。上記パラメータ同定後、研究代表者の所属する水産大学の練習船の機関室内機械設備を利用して自動状態監視・診断システムの有効性と実用性を検証する。

4. 研究成果

(1) 平成 26 年度

本年度は複合異常が発生した場合の状態監視手法の構築を試みている。特に回転機械設備に発生する一般的な異常である「ミスアライメント」「転がり軸受損傷」「全歯車摩耗」が同一の機械設備に同時に発生した際の状態監視・診断手法の確立である。手法としては各機械設備から発生する固有のパス周波数を検出することで各異常状態の発生を検出している。検出後、提案する波形分離手法を適用し、さらに逆フーリエ変換を施すことで、状態監視・診断上重要な各異常別の時系列波形を得ることが可能となっている。次に潤滑に関する状態監視手法の開発に関して述べる。提案した摺動性超音波振動を測定、定量化する手法は各段に迅速かつ簡便なもので、さらに潤滑油の性状だけでなく同時に油膜厚さの予測できる利点がある。しかし、摺動性超音波振動の発生する正確な周波数帯域は明らかになっておらず、現在経験的に 5[kHz] ~ 200[kHz]の広帯域にて解析し、定量化を行っている。そこで本年度は供試用潤滑油として粘性が高く、形成する油膜が厚くなる無添加タービンオイル(ISO 粘度グレード 46)を使用し、基礎実験を行い、摺動性超音波振動の発生帯域の同定とその発生量の定量化を行っている。

(2) 平成 27 年度

本年度は検出困難な複合異常に関して対象設備を循環水ポンプとし 3 種類の異常「トルクリッチ」「ミスアライメント」「転がり軸受損傷」が同時に発生した際の診断手法に取り組んでいる。前年度までに提案した手法「パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離手法」を用いて複合異常をそれぞれ単一の異常に分離した後、自動診断を行うために、それぞれの異常に対して検出感度の高いパラメータの同定を行っている。本パラメータを用いることで、発生した異常の種類を推定し、診断を行うルーチンをプログラミング化し、自動診断システムの構築を実施している。潤滑に関する状態監視技術の高精度化に関しては粘度の低い無添加鉱物油(ISO 粘度グレード 22)を使用

した基礎実験を実施し、摺動性超音波振動の正確な発生帯域の同定と発生量の定量化を実施している。具体的には採取油の計数汚染度と試験機の摺動速度、作用荷重、油温から推定される油膜厚さを基に「係数汚染度(潤滑油性状) - 油膜厚さ(潤滑状態)」を同時に予測する事が可能となっている。

(3) 平成 28 年度

本年度は共同研究を実施している企業の所有する化学プラントの循環水ポンプおよび研究代表者 所属機関の練習船機関室内の主機関、発電機、ポンプに複合異常として「トルクリッチ」「ミスアライメント」「転がり軸受損傷」を人為的に発生させ実環境における提案手法の有効性と実用性を検証し、複合異常の検出が可能であることを証明している。潤滑に関する状態監視技術の高精度化に関しては実機である実証試験用 単気筒 4 サイクルガソリンエンジンを用いて、前年度に得られた「係数汚染度 - 油膜厚さ - 摺動性超音波振動の発生量」に関する 3 次元グラフの整合性と実用性を検証した結果、高い有効性と実用性を確認している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

H.OHTA, M. KAWABATA, H. EMURA and M. NAKAMURA, Novel Lubrication Condition Estimation Method by Sliding Ultrasonic Vibration Generated from Piston-Cylinder Liner Portion, International Journal of Comprehensive Engineering, Part A: Maintenance Engineering, Vol.3, No.2, pp.43-49,(2014).

太田博光, 川畑雅彦, 榮村英臣, 中村 誠, 摺動性超音波振動によるピストン - シリンダライナ機構の潤滑に関わる状態監視手法, 日本設備管理学会誌, Vol.26, No.2, pp.34-41, (2014).

太田博光, 榮村英臣, 中村 誠, パラボラ集音マイクと駆動周波数成分の強度差に着目した合成波形分離による複数動機器の高効率状態監視手法, 日本設備管理学会誌, Vol.26, No.3, pp.75-83, (2014)

中村誠, 太田博光, 鴻上 健一郎, 明田川 雅子, 徳永憲洋, 前田俊道, ファジィ推論を用いたフグ類身欠きの熟練的品質評価モデル, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.26, No.4, pp.45-56 (2014)

中村 誠, 太田博光, 徳永憲洋, 鴻上 健一郎, フグ類身欠きの肉眼鑑別モデルについて, 日本人間工学会誌, Vol.51 特別号 pp.166-167 (2015)

太田博光, 松田弦也, 中村 誠, 福永 哲, 松山恵也, パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法によるクーリングタワー減速機の高効率状態監視手法, 日本設備管理学会誌, Vol.28, No.1, pp.22-30 (2016).

H.Ohta, M.Nakamura, T.Watanabe, Novel Condition Monitoring Method Using a Parabolic Sound Reflector Microphone and Separation of Composed Sound Waves, The 29th International Congress on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management, pp.421-427, (2016).

[学会発表](計 16 件)

太田博光, 横木誠史, 北野裕至, 末石章二, 榮村英臣, パラボラ集音マイクと合成波形分離法による水産機器の高効率状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 26 年度春季研究発表大会論文集, pp.9-14 (2014), 東京都.

太田博光, 松田弦也, 町島祐一, 篠原仁, 村中晃一, パラボラ集音マイクと合成波形分離法による水産機械用クーリングタワー減速機の高効率状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 26 年度 秋季研究発表大会論文集, pp.49-52 (2014), 秋田市.

有末健人, 松山恵也, 太田博光, 中村誠: パラボラ集音マイクロホンと駆動周波数成分の強度差に着目した合成波形分離法による複数動機器の高効率状態監視手法. 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 第 13 回 評価・診断に関するシンポジウム, No.14-43, pp.95-99 (2014-12), 北九州市.

太田博光: ノイズ キャプチャとアダプティブラインエンサによる回転機械状態監視技術の高精度化, 日本設備管理学会 平成 26 年度 第 1 回「最新設備診断技術の実用性に関する研究会」, 平成 26 年度報告書 pp.19-24(2014), 東京都.

太田博光, 波動による水産物の非破壊品質評価技術の紹介, 第 12 回 ジャパン・インタナショナル・シーフードショー大阪, (2015-2), 大阪市.

松山恵也, 太田博光, 松田弦也, 福永 哲: パラボラ集音マイクと合成波形分離法による水産機器用クーリングタワー減速機の高効率状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 27 年度 春季研究発表大会論文集, pp.38-43 (2015), 東京都.

太田翔平, 福永 哲, 太田博光, 川畑雅彦: 摺動性超音波振動による漁船用ピストン-シリンダライナ機構の潤滑に関わる状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 27 年度春季研究発表大会論文集, pp.44-47 (2015), 東京都.

Satoshi Fukunaga, Tsubasa Uchiyama and Hirimitsu Ohta, Manufacture of electric RC fishing boat powered by hydrogen fuel cell and analysis of its output property, The 2nd Joint

Seminar between SHOU and NFU, pp.4, (2015), Shanghai, China.

福永 哲, 松田弦也, 松山恵也, 太田博光, 椎木友朗: パラボラ集音マイクと合成波形分離による水産機器用クーリングタワー減速機の高効率状態監視手法, 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 第 14 回 評価・診断に関するシンポジウム, No. 15-123, pp. 53-58 (2015-11), 福井市.

福永 哲, 太田博光, 川畑雅彦, 摺動性超音波振動による漁船用ピストン-シリンダライナ機構を想定した状態監視技術, 日本設備管理学会 平成 27 年度 秋季研究発表大会論文集, pp. 31-34 (2015), 金沢市.

福永 哲, 太田博光, 中村 誠, 椎木友朗, 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手法, 日本機械学会 九州支部第 69 期総会・講演会, No. 83, pp. 71 - 72 (2016-3), 熊本市

太田博光, 松田弦也, 福永 哲, 松山恵也, 椎木友朗, パラボラ集音マイクロホンと合成波形分離法による冷却水循環ポンプの高効率状態監視技術, 日本設備管理学会 平成 28 年度 春季研究発表大会論文集, pp. 35-38 (2016), 東京都

Satoshi Fukunaga, Hiroimitsu Ohta, High Efficiency Condition Monitoring Method of Plural Cooling Towers for Marine Product, International Symposium between National Fisheries University and Pukyong National University, pp. 8-9, (2016).

Matsuyama Toshiya and Hiroimitsu Ohta, Lubrication Condition Monitoring Method Based On Sliding Ultrasonic Vibration for Fishing Boat Engine, International Symposium between National Fisheries University and Pukyong National University, pp. 10-11, (2016).

吉田淳矢, 松田弦也, 福永 哲, 太田博光, 椎木友朗, 漁船を対象とするパラボラ集音マイクと合成波形分離法による循環水ポンプの状態監視・診断技術, 日本設備管理学会 平成 28 年度 秋季研究発表大会論文集, pp. 75-78 (2016), 名古屋市

松山恵也, 松田弦也, 福永 哲, 太田博光, 椎木友朗, 複数循環水ポンプの高効率・高精度な状態監視・診断, 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 第 15 回 評価・診断に関するシンポジウム, No. 16-58, pp. 84-87 (2016-12), 京都市

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

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: 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産大学校, 株式会社トクヤマ, 株式会社レーザック

種類: 特許

番号: 特開 2017-090755

出願年月日: 平成 27 年 4 月 28 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

研究代表者が研究会副主査および幹事を務める日本設備管理学会 最新設備診断技術の実用性に関する研究会のホームページ
http://www.socej.gr.jp/modules/pico3/index.php?cat_id=1

6. 研究組織

(1) 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 海洋機械工学科・教授

研究者番号: 80399641

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号:

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号: