

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：85502

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560981

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Next-generation highly precision monitoring system for fishing boat based on waveform separation

研究代表者

太田 博光(Ohta, Hiromitsu)

独立行政法人水産大学校・その他部局等・准教授

研究者番号：80399641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年、漁業者は厳しい経営環境で新船建造の余力がなく、ほとんどの漁船が船齢15年を超え、漁船の高船齢化が進み、その安全性が問題となっている。本研究では漁船内の機械設備を対象とした高精度かつ実用的な状態監視手法を提案している。提案手法の特長として特定の方向のみに感度が優れたパラボラマイクロホンを遠方に1個設置するのみで複数機械設備の状態監視が可能。さらに得られた信号に対し提案する振動および音響に対する波形分離を適用することで複数存在する機械設備の中から特定の対象設備のみの時系列波形を分離でき高精度な状態監視が可能となっている。提案手法に関わる特許出願2件をおこなっている。

研究成果の概要(英文)：This research proposes a novel condition monitoring method for dynamic plural facilities using a parabolic sound reflector type microphone and separation signal processing technique about composed sound generated by the monitored facilities. Discrimination of driving frequency components of several facilities has been performed by estimating intensity difference of the driving frequency. The intensity differences of the driving frequency components are estimated by the directivity of an applied parabolic microphone which has high sensitivity in the specific direction. In the next place, the discriminated individual driving frequency components are extracted by the signal processing operation about its amplitude and phase values in frequency domain. Finally, extracted individual driving frequency components convert into time series of by invserse FFT. Time series data generated by the condition monitored facility from plural facilities can be extracted using the proporsal method.

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：漁船 状態監視 波形分離 超音波振動 機関 機械設備 パラボラ集音マイクロホン 信号処理

1. 研究開始当初の背景

近年の厳しい漁業情勢の中、漁船の代船建造は進まず船齢 15 年以上の高船齢漁船での操業を余儀なくされている。高船齢化により、機関故障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。

2. 研究の目的

漁船用レシプロ機関、発電機、レシプロコンプレッサなど機関室内の複数機械設備を対象とした状態監視システムの高精度化が目的である。平成 22 年度まで基盤研究(C)採択課題「超音波振動による漁船機関に最適な次世代型状態監視システムの開発」にて実施した駆動中の漁船用レシプロ機関から発する超音波振動および低周波振動を非接触方式のマイクロホンにより簡便に計測し、潤滑油性状の劣化、機関に作用する危険なトルクリッチ状態を推定する手法に今回提案する「指向性マイクロホン」と「波形分離」の手法を取り入れることで機関室にて複数台稼動する機械設備の状態監視を同時かつ高精度化に行えるシステムの実用化を目指す。

3. 研究の方法

限られた空間内に多くの機械設備が配置されている機関室では状態監視対象設備近傍において他の機械設備が稼動した場合、そのノイズが測定データに混入するため検出精度が大幅に低下するという欠点がある。それぞれの機械設備の駆動周波数成分とその高調波が狭帯域に多数存在することとなるため通常の帯域フィルタによる監視対象外設備のみの周波数成分除去は困難である。また適応フィルタを用いたノイズ除去手法では周期性のないホワイトノイズ成分に関しては除去可能であるが状態監視で重要となる駆動に関連する周期信号に関しては対象、対象外設備に関わらず同時に抽出するため検出精度の向上には繋がらない。本提案課題では以下 2 点の特長を利用し問題の解決にあたる。

特定の方向のみに感度が優れたパラボラ集音マイクロホンを比較的遠方に 1 個設置するのみで複数機械設備の状態監視が可能。

得られた信号に対し提案する波形分離を適用することで複数存在する機械設備の中から特定の対象設備のみの時

系列波形を分離でき高精度な状態監視が可能。

4. 研究成果

(1) 平成 23 年度

特定の方位のみ感度が優れた指向性マイクを異なる回転数で駆動する複数の機械設備に対して向け音圧の時系列波形を測定する。フーリエ変換を行い周波数領域に変換後、各周波数成分の強度差から状態監視対象の機械設備から発生した周波数成分とそれ以外の機械設備から発生した周波数成分を判別する手法である。判別後、状態監視対象設備に関して必要な駆動周波数およびその高調波の周波数成分を残し、他の設備の周波数成分を 0 と置く操作を行っている。操作後、周波数領域データに逆フーリエ変換を施すことで対象設備のみから生じた時系列音圧波形を得ることができる。昨年度行なった予備実験では特定の方向のみの音を集音するパラボラ集音マイクロホンを使用し、状態監視対象設備として真空ポンプ 3 台を使用した場合の有効性を検証し有効性を確認している。本提案手法の対象は転がり軸受損傷、歯車摩耗、ローターのアンバランスなど機械要素の異常状態の検出である。上記状態の回転ローター装置 3 台とパラボラ集音マイクロホン 1 本を使用し有効性を検証している。特に各回転ローター装置の駆動周波数成分を分離するために有効な「装置-装置」間距離と「指向性マイク-装置」間距離の定量化を行っている。さらに方向識別精度に悪影響を与える壁面からの反射音の影響を検証し識別に有効な「指向性マイク-壁面間」距離と壁面に吸音材を配置し、反射音を低減させた場合の有効な距離を検証し定量化を行っている。

(2) 平成 24 年度

本年度は研究室に設置してある 3 台の機関に対して波形分離を適用し、潤滑油性状および危険なトルクリッチ状態の高精度検出を行っている。潤滑油性状が劣化するに伴い機関のシリンダライナとピストンリング間の摺動部分の直接接触回転数が増加し超音波領域の特定の周波数帯域の強度が強くなることが判明している。評価量としてシリンダ壁面に設置した AE(Acoustic Emission) センサおよび振動加速度のデータ測定を行っている。また潤滑油性状の検証は計数汚染度、SOAP 法、フェログラフィー法により性状解析を実施し周波数成分の強度と定量化を行

っている。また提案手法の単一パラボラ集音マイクロホンを使用し測定を行っている。本提案手法の距離減衰による SN 比低下防止対策としては適応フィルタを用い、関連ある周期成分の強調を行い、ランダムなホワイトノイズ成分の除去を行っている。危険なトルクリッチ状態の検出に関してはトルクリッチ状態の進行と共に機関の駆動周波数成分の強度が増加する特性を利用して定量化を行なっている。トルクリッチ関連の周波数成分の距離減衰による SN 比低下は適応フィルタを用いることで高精度化を実施している。さらに高精度な判別が可能な「機関-機関」間距離と「パラボラ集音マイクロホン-機関」間距離に関して定量化を行っている。また反射音の影響を検証し識別に有効な「パラボラ集音マイクロホン-壁面間」距離の定量化を行っている。本年度は関連技術 2 件に関して特許出願を行っている。

(3) 平成 25 年度

本年度は水産大学の練習船 耕洋丸(排水量 2352 トン)および小型練習船(排水量 15 トン)の機関室内の実環境を使用し機関の潤滑油性状、危険なトルクリッチ状態および発電機、コンプレッサなどの機械設備に対して提案する波形分離技術を適用し船舶に対する状態監視の高精度化を検証し、実用化を図るための乗船実験を行っている。今年度は特に状態監視対象設備と検出する種類が異なる場合、例えば機関のトルクリッチ状態と複数の発電機の潤滑油性状の検出、機関のトルクリッチとレシプロコンプレッサの軸受、歯車摩耗など機械要素の損傷検出の高精度化を行っている。提案手法の実環境での高精度化が検証され、より実用性の向上を確認している。

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 9 件)

Hiromitsu Ohta, Keiji Sasada and Md.Ta whidul Islam KHAN, Faults Component Extraction Method on Vibration and Acoustic Signals Generated by a Reciprocal Engine Based on Characteristic of Parallel Auto Regressive Model with Extra Input, 24th International Congress Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management (COMADEM 2011), pp.109-116.

Hiromitsu Ohta, Keiji Sasada, Shintaro Shiota and Satoru Ezo, New Condition Monitoring Method of Rotary Machine Elements under the Other Operating Machineries Located Close Range -- Extraction of Fault Components Based on Proposed Multiplex Elements AR Model --, International Journal of Comprehensive Engineering, Vol.1, No. 1, Part A, pp.185-195, (2012).

Hiromitsu Ohta, Keiji Sasada, Shintaro Shiota and Makoto Nakamura, Non Destructive Estimation Method about the Texture of Raw Puffers Meat on its Frequency Response-- Identification of Optimum Discrimination Sensitivity by Discrimination Index--, International Journal of Comprehensive Engineering, Vol.1, No.1, PartC, pp133-139, (2012).

Non Destructive Estimation Method about the Texture of Puffers Meat Based on its Frequency Response and Discrimination Index, Hiromitsu Ohta, Shintaro Shiota, Makoto Nakamura, Satoru Ezo and Eiji Morimoto International Information Institute, Vol.15, No.10, pp.125-135, (2012).

近接駆動下における回転機械複数異常の高精度状態監視手法(第1報) - 多入力多重要素 AR モデルによる状態監視 - , 太田博光, 塩田 真太郎, 江副 覚, 中村 誠, 日本設備管理学会, Vol.24, No.4, pp.170-178, (2013) .

近接駆動下における回転機械複数異常の高精度状態監視手法(第2報) - 単一入力多重要素 AR モデルによる状態監視 - , 太田博光, 塩田 真太郎, 中村 誠, 江副 覚, 日本設備管理学会, Vol.24, No.4, pp.179-186, (2013) .

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.2, pp. - , (2014) . 掲載待ち

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. - , (2014) . 掲載待ち

Hiromitsu OHTA, Masahiko KAWABATA, Hidemi EMURA and Makoto NAKAMURA, Novel Lubrication Condition Estimation Method by Sliding Ultrasonic Vibration Generated from Piston-Cylinder Liner

[学会発表](計 21 件)

太田博光, 笹田敬司, 並列型自己回帰モデルの性質に着目した船外機の状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 23 年度 第 1 回 最新設備診断技術の実用性に関する研究会, pp.15-18, (2011), 東京都.

太田博光, 笹田敬司, 塩田真太郎, 並列型自己回帰モデルの性質に着目した船外機の状態監視手法 ~船外機 吸気・排気バルブ, 駆動用歯車の状態監視~, 日本設備管理学会 平成 23 年度 春季研究発表大会 論文集, pp.111-116, (2011), 東京都.

太田博光, 笹田敬司, 塩田真太郎, マイクロホンによる複数台設置された機械設備の状態監視, 平成 23 年度 第 3 回 最新設備診断技術の実用性に関する研究会, pp.22-25, (2011), 千葉県市原市.

笹田敬司, 太田博光, 江副 覚, 塩田真太郎, 自己回帰モデルと近接信号間の相互相関性による回転機械の状態監視手法, 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 主催 第 10 回 評価・診断に関するシンポジウム, No.11-49, pp.48-52, (2011), 大阪市.

太田博光, 笹田敬司, 木村諭史, 中村 誠, 周波数応答による水産物の非破壊食感評価法, 平成 23 年度 日本設備管理学会 秋季研究発表大会 第 3 回 検査・評価・保全に関する連携講演会 論文集, pp.249-252, (2011), 大阪市.

太田博光, 笹田敬司, 塩田真太郎, 近接した複数回転機械設備の高精度状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 23 年度 第 4 回 最新設備診断技術の実用性に関する研究会, pp.9-13, (2012), 北九州市.

塩田真太郎, 太田博光, 笹田敬司, ピストン シリンダライナ摺動系の潤滑状態推定に関わる高周波解析, 日本機械学会 中国四国支部 第 50 期 総会・講演会, No.125-1, CD-ROM, (2012), 東広島市.

太田博光, 塩田真太郎, 船舶のメンテナンスに関わる潤滑状態評価技術, 日本設備管理学会 平成 24 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 24 年度 最新設備診断技術の実用性に関する研究会報告書, (2012), CD-ROM, 東京都.

太田博光, 塩田真太郎, 江副 覚, 笹田敬司, 近接した環境下で駆動している回転機械の高精度状態監視手法, 日本機械学会 九州支部福岡講演会, No.128-3, pp.21-22, (2012), 福岡市.

太田博光, 塩田真太郎, 江副 覚, 中村 誠,

近接駆動下における回転機械複数異常の高精度状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 24 年度 第 2 回 最新設備診断技術の実用性に関する研究会, 平成 24 年度 最新設備診断技術の実用性に関する研究会報告書, (2012), CD-ROM, 宝塚市.

太田博光, 塩田真太郎, 江副 覚, 中村 誠, 複数入力多重要素 AR モデルによる近接駆動下の複数回転機械高精度状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 24 年度 秋季研究発表大会, pp.57-62, (2012), 名古屋市.

太田博光, 塩田真太郎, 江副 覚, 中村 誠, 単一入力多重要素 AR モデルによる近接駆動下の複数回転機械高精度状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 24 年度 秋季研究発表大会, pp.63-68, (2012), 名古屋市.

太田博光, 塩田真太郎, 江副 覚, 柴崎隆之, 近接駆動下における回転機械の高精度状態監視手法, 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 主催 第 11 回 評価・診断に関するシンポジウム, No.12-70, pp.79-84, (2012), 川崎市.

太田博光, 塩田真太郎, 柴崎 隆之, 不連続な運転時点推定に基づく転がり軸受の高精度状態監視手法, 日本設備管理学会 平成 24 年度 第 3 回 最新設備診断技術の実用性に関する研究会, CD-ROM, (2013), 下関市.

塩田真太郎, 川畑 雅彦, 太田博光, 摺動性超音波振動によるレシプロ式機械設備に潤滑に関わる状態監視技術, 日本機械学会 九州支部 第 66 期 総会・講演会 論文集, No.138-1, pp.369-370, (2013), 福岡市.

太田博光, 川畑雅彦, 塩田真太郎, 榮村 英臣, レシプロ式機械設備の潤滑油に関わる状態監視技術の高精度化, 日本設備管理学会 平成 25 年度 春季研究発表大会 論文集, pp.17-20, (2013), 東京都.

太田博光, 榮村英臣, 機械の健康診断と水産への応用, 高大連携 出前講義講演, pp.1-25, (2013-9), 福岡県福津市.

太田博光, 川畑 雅彦, 榮村 英臣, 中村 誠, 適応信号処理手法による転がり軸受の高精度状態監視, 日本設備管理学会 平成 25 年度 秋季研究発表大会 論文集, pp.61-64, (2013-11), 北九州市.

榮村 英臣, 川畑 雅彦, 太田博光, 塩田真太郎, ピストン-シリンダライナ系から発生する摺動性超音波振動による潤滑状態推定法, 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 第 12 回 評価・診断に関するシンポジウム, No.13-24, pp.37-41, (2013-12), 名古屋市.

太田博光, 榮村 英臣, 漁船機関に適した潤滑油の高精度状態監視・診断技術の提案, 一般社団法人海洋水産システム協会 第

411 回月例懇談会，講演資料集，
pp.1-6, (2014-2), 東京都。

- ②1 太田博光，榮村 英臣，パラボラ集音マイクと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，日本設備管理学会平成 25 年度 第 4 回「最新設備診断技術の実用性に関する研究会」，平成 25 年度報告書，pp.15-20, (2014-2)，北九州市。

〔産業財産権〕

出願状況（計 2 件）

名称：動的設備の状態監視システムとその方法とそのプログラム

発明者：太田 博光，横木 誠史，北野 裕至，末石 章二，日高 治紀

権利者：独立行政法人 水産大学校，日鉄住金テックスエンジニアリング株式会社

種類：特許

番号：特開 2014-10139

出願年月日：平成 24 年 7 月 3 日

国内外の別：国内

名称：レシプロ式機械装置の状態監視システムとその方法とそのプログラム

発明者：太田 博光，川畑 雅彦，塩田 真太郎

権利者：独立行政法人 水産大学校，トライボテックス株式会社

種類：特許

番号：特願 2012-283380

出願年月日：平成 24 年 12 月 26 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)

独立行政法人 水産大学校 海洋機械工学科・准教授

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

陳山 鵬 (JINYAMA HOU)

三重大学 生物資源学研究科・教授

研究者番号：50231428