

AWAシステムの開発

Development of bubble sensor system

山下 敏 実 堀 内 秀 樹 吉 田 亮
Toshimi Yamashita Hideki Horiuchi Ryo Yoshida

要 旨

省エネ運航を行う技術の一つとして、空気潤滑システムを用いて船体の摩擦抵抗を低減させる方法がある。株式会社大島造船所殿、日本郵船株式会社殿、株式会社MTI殿は、世界で初めて主機掃気バイパスにより空気潤滑システムを搭載した9万トンクラスのバルクキャリア船で、船体の摩擦抵抗低減の実証試験を行う予定である。これまでは水中カメラなどを用いてカメラ画像から気泡の有無を判定していたが、海水中の汚れなどの影響により恒久的な使用が困難であった。恒久的に気泡を確認するため、商船において一般的に利用されている音響測深機のセンサーを船底に複数個配置し、気泡からの反射波を用いて船首から船尾における気泡有無を判定するためのAWAシステム（気泡検出システム）を開発したので紹介する。

Abstract

One of the technologies to realize energy saving ship operation is reduction of the frictional resistance of the ship's hull using an air lubrication method. For the first time in the world, Oshima Shipbuilding Co., Ltd., Nippon Yusen Kabushiki Kaisha and Monohakobi Technology Institute will be performing testing of frictional resistance reduction of the hull of an actual ship, a 90,000 ton class vessel of using the main engine scavenging air bypass air lubrication method. The existence of bubbles has previously been detected using an underwater camera, but it is difficult to carry this out continuously over a long period due to the turbidity of seawater. In order to check for bubbles continuously during operation, JRC has developed the "AWA System" (bubble detection system) to confirm the existence of bubbles from the bow to the stern. This report introduces this system, in which multiple echo sounding sensors, commonly used on merchant ships, are mounted on the bottom of a ship.

1. まえがき

日本の造船業界では、韓国や中国などの造船所に対して、コスト競争での共倒れを危惧し、独自技術による差別化を図る上で重要なテーマである、「省エネ運航」に取り組んでいる。

現在、株式会社大島造船所殿をはじめとする、日本の造船業界をリードする企業が集まり、「省エネ運航」をテーマの一つとして、「空気潤滑法を用いた船体の摩擦抵抗低減」に取り組んでいる。空気潤滑法とは、船首部分から排出される気泡にて、水中部分の船体底面を船首から船尾にかけて均一に覆い、船体の水から受ける摩擦抵抗を低減する方法である。図1は、空気潤滑法イメージ図である。船の船首部分から気泡を放出させ、船底全体を気泡層で覆い船体と海水の摩擦抵抗を低減させる方式である。

大型タンカーやバルクキャリア船などの肥大船は、船体に加わる摩擦の約80%が水から受ける摩擦抵抗であるが、平らで広い船底を持つため、船首付近で船底に気泡を注入すると、浮力により長い距離にわたって、船底を効率的に覆うことができ、高い摩擦抵抗低減効果が期待されている。これまで1万トンクラスの重量物運搬船などにおいて実証試験が行われているが、9万トンクラスのバルクキャリア船に主機掃気バイパスによる空気潤滑法を用いた船体の摩擦抵抗低減の実証試験を世界で初めて行う予定である。過去の試験では、気泡有無の判定に水中カメラなどを用いて画像から判定していたが、海水中の汚れなどの影響により恒久的な使用が困難であった。株式会社大島造船所殿から、既存の超音波機器を用いて気泡有無を判定出来るシステムの要望があり、これを受けて気泡検出システム（以下：AWAシステム）を開発した。

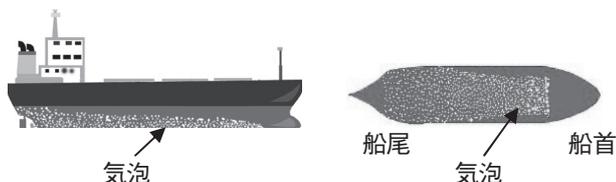


図1 空気潤滑法イメージ図
Fig.1 Air lubrication method image

2. 装置概要

開発したAWAシステムは、気泡判定用の8個の振動子（校正用1個と検出用7個）からなり、校正用振動子の受信信号と、検出用の振動子からの受信信号を比較し、気泡による反射信号を解析することで気泡有無の判定を行い、検出番号1～7それぞれに気泡有無の符号を付加してシリアル通信にて船内の管制盤に出力する装置である。主な仕様を表1に、外観を図2に示す。

表 1 AWAシステム仕様
Table 1 Specification of AWA system

送受信周波数	200kHz ± 1kHz
送信出力電圧	12V _{p-p} × 8ch
送信周期	0.1秒 ~ 25.5秒
送信パルス幅	0.01ms ~ 2.55ms
受信回路	8ch
受信利得	110dB
TVG機能	有
接続センサー数	7個 (校正用含まず)
信号処理機能	有
出力信号	NMEA0183 1出力
送受信部, 制御PC部 間最大距離	300m
電源	AC85V ~ 230V 50/60Hz単相

AWAシステムは制御PC部と送受信部、振動子8個で構成される。制御PC部は、船舶の機関制御室に配置され、送受信部は船首部分に配置する。また、校正用振動子を船底部の気泡吹き出し口の前方(船首側)に配置し、気泡検出用振動子を気泡吹き出し口の後方(船尾側)に配置する。制御PC部と送受信部との距離が長い(200m以上)ことから、制御信号(制御PC部→送受信部)およびセンサーからの受信信号(送受信部→制御PC部)を伝送するために光ケーブル(100Base-FX)を採用し、100Mbpsの高速通信を実現している。送受信部と振動子との接続は音響測深機と同じ伝送路を用いる。



図2 AWAシステム構成写真
Fig. 2 AWA System configuration

3. 装置構成

装置の構成を、図3に示す。

振動子8個、送受信部、光-LAN変換機、制御PC部からなり、装備時に設定を行うための、LCD表示器、キーボードおよびマウスを接続する。

3.1 振動子

振動子は、商船に採用されている音響測深器用の200kHz振動子と船底に振動子を装着するための船底装備からなる。振動子は、送受信部から入力された電気信号を音波に変換し輻射面から海中に放出する。気泡などに反射して輻射面

に到来した音波を電気信号へ変換して送受信部に出力する。

3.2 送受信部

送受信部は、LAN-光変換器とシリアル-LAN変換器、ユニット4個、電源部からなる。

LAN-光変換器は、制御PC部から100Base-FXで伝送される信号を100Base-TXに変換し、シリアル-LAN変換器へ伝送する。またシリアル-LAN変換器からの信号を100Base-FXに変換し制御PC部に伝送する。

シリアル-LAN変換器は、光-LAN変換器からの100Base-TXの信号を、RS422に変換し19.2kbpsの通信スピードでユニット1から4に振分け伝送する。逆にユニット1から4より送信される19.2kbpsのRS422シリアル信号を合成し100Base-TXに変換し光-LAN変換器に伝送する。

制御PC部からユニット1から4に伝送される制御信号は、送信開始、送信停止、送信周期、送信パルス幅、受信利得、TVG機能の変更、サンプリングレートなどの情報が含まれる。また、各ユニットから制御PC部に伝送される信号に含まれる情報は、振動子で受信した超音波信号や、ユニット1から4の動作状況などである。

ユニット1から4は共通ユニットを使用しており、DPU、送受信機、電源、インタフェースで構成されている。

インタフェースは、シリアル-LAN変換器から伝送された通信スピード19.2kbps、RS422シリアル信号(送信開始、送信停止、送信周期、送信パルス幅、受信利得、TVG機能の変更、サンプリングレート等の情報)を受信し、DPUに伝送する。また、DPUからのデジタル信号を19.2kbps、RS422シリアル信号へ変換し、シリアル-LAN変換器に送信する。DPUはインタフェースから受信した制御信号により送受信機を制御する。また、送受信機からの気泡の反射信号や送受信機の各種設定値の情報をインタフェースに伝送する。送受信機は、DPUから受信した送信周期、送信パルス幅の情報に従い、12V_{pp}、200kHzの電気信号を振動子に出力する。また、振動子によって変換された信号を受信し、受信利得、TVG処理を行い、DPUに伝送する。

3.3 光-LAN変換

光-LAN変換回路は、制御PC部から伝送される100Base-TXの制御信号を100Base-FXに変換し、送受信部へ伝送する。また、送受信部から伝送される100Base-FXを受信し、100Base-TXに変換し制御PC部へ伝送する。

3.4 制御PC部

制御PC部は、送受信部に対して、送信開始、送信停止、送信周期、送信パルス幅、受信利得、TVG機能の変更、サンプリングレートなどの制御を行う。接続にはLANポートを使用し、その先には光-LAN変換を接続しデータ伝送する。

また、各々の振動子にて得られたデータを受信し、内部メモリに一時記憶する。記憶されたデータは、気泡検出用信号処理を行い、気泡検出用振動子毎に気泡の有無判定を行い、COM1から機関制御室にある管制盤に結果を出力する。装備時に設定を行うためのLCD表示器の画素数は、1280 × 1024 pixels (SXGA) で表示する。

装備時の各種設定は、LCD表示器に表示される初期画面設定に従い、キーボード、マウスにより行う。

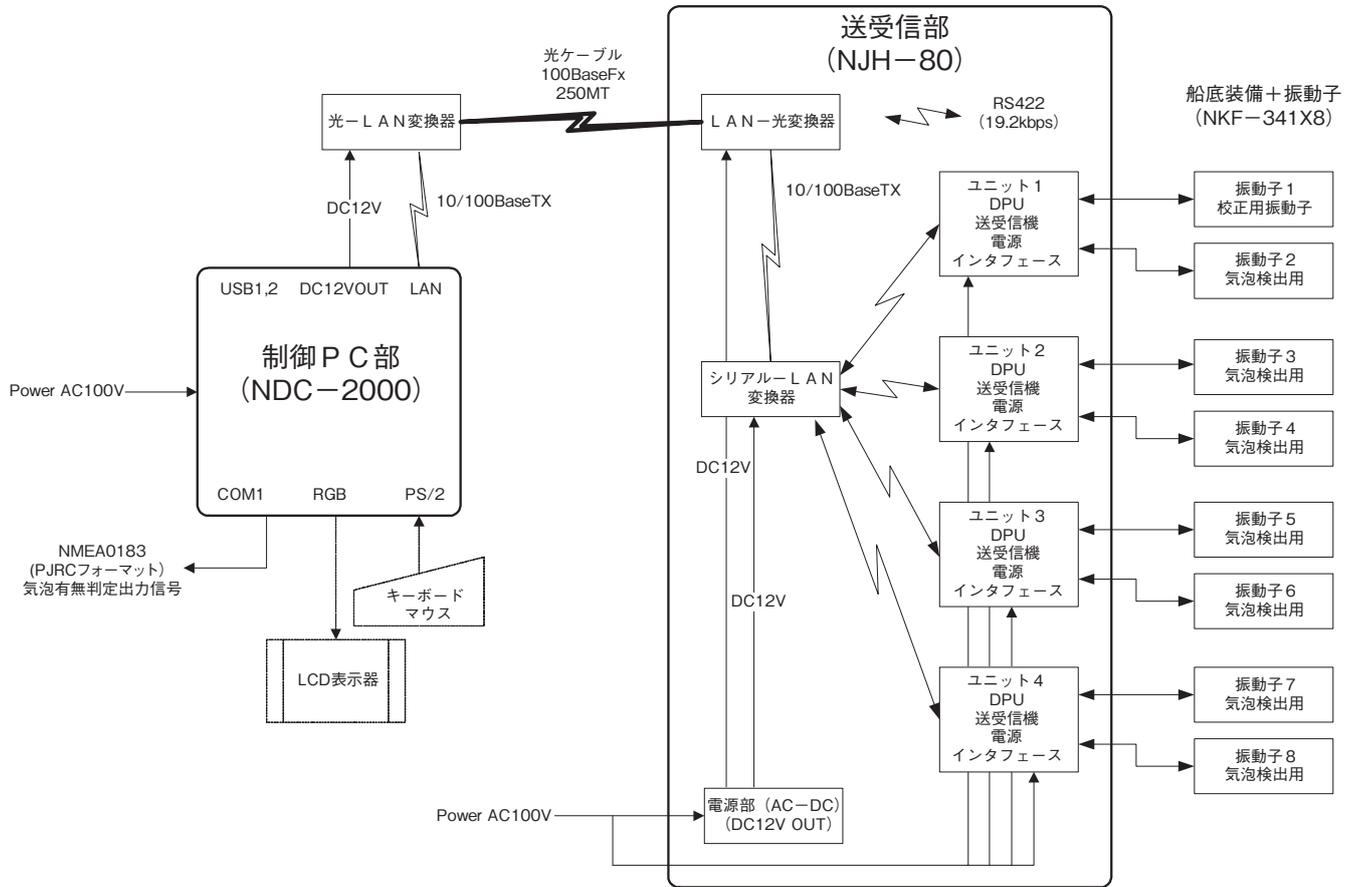


図3 装置システム構成図
Fig. 3 Configuration diagram

4. 気泡検出の原理

4.1 気泡有無の判定方式

本来気泡の厚みなどを測定する場合、本来であれば数MHz～数十MHz帯の超音波を利用して、気泡の大きさを測定するのが望ましい。しかしながら、本システムを開発する条件として、船底に装備する機器は国際的な船級規格を満たす必要があること、さらには株式会社大島造船所殿の要望もあり、商船で通常使用されている音響測深機の装置を用いて開発を進める必要があった。これらの条件の下、気泡検出方法について検討を重ね、使用する周波数が音響測深器で使用されている200kHz帯であっても振動子輻射面近傍における気泡の有無判定が可能であることを確認した。図4～図6は、実験段階における振動子輻射面に気泡発生装置を用いて気泡を発生させ、空气の注入量と反射波形の変化を観測した結果を示す。図4は、空气の流量と反射波形の変化を示し、空气の流量を10L/minとした時の反射信号で、縦軸が反射レベル、横軸が時間である。グラフは、気泡がない状態および空气流入量が10L/minの状態における反射波形を示す。



図4 空気流入量10L/min時の反射波形
Fig. 4 Reflection waveform at 10L/min air inflow

図5、図6はそれぞれ空气の流入量を15L/min、20L/minにした時の反射波形となる。



図5 空気流入量15L/min時の反射波形

Fig. 5 Reflection waveform at 15L/min air inflow

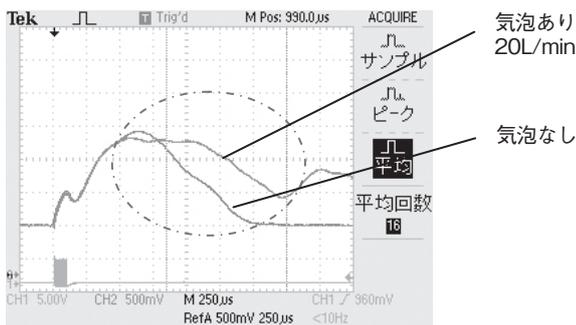


図6 空気流入量20L/min時の反射波形

Fig. 6 Reflection waveform at 20L/min air inflow

図4～6において、にある気泡からの反射波形内を観察すると、空気の流入量により反射レベルと反射時間に変化が発生していることが判る。この反射レベルと反射時間の相関をとり、気泡有無判定を行う。

4.2 外乱による気泡検出除去

航海中に他船の航路に対して直交した場合や、他船の航跡上を航行した場合、自船が発生させている気泡と外乱による気泡が混在してしまう。船底の気泡発生装置前方に校正用振動子を配置することで、外乱の気泡を検出し除去することが出来る。

5. AWAシステム海上試運転試験

本装置を利用したシステムを9万トンの船舶に装備し、気泡発生装置から出力される気泡の変化が、AWAシステムが当初想定した気泡検出原理に基づき検出できることを確認した。図7は、各チャンネルのエンベロップ波形である。振動子1は気泡発生装置の前方に配置された校正用振動子、振動子2～8は、気泡発生装置の後方に配置されている気泡検出用振動子である。図中の縦軸が反射レベル、横軸が反射時間を示し、濃い部分のエリアが気泡有無の判定に用いる範囲である。

図8は、気泡発生装置を時間とともに放出→停止→放出と制御した場合における、AWAシステム測定結果である。

縦軸が、振動子の番号、横軸が時間である。

図中振動子2 (TD2) から振動子8 (TD8) が気泡検出用振動子の出力で、灰色が気泡あり、黒が気泡なしを表現している。

本結果により、気泡の放出→停止→放出が正しく検出できており、AWAシステムにより気泡の有無を判定することが可能であると判断する。

(濃い部分：気泡有無判定エリア)

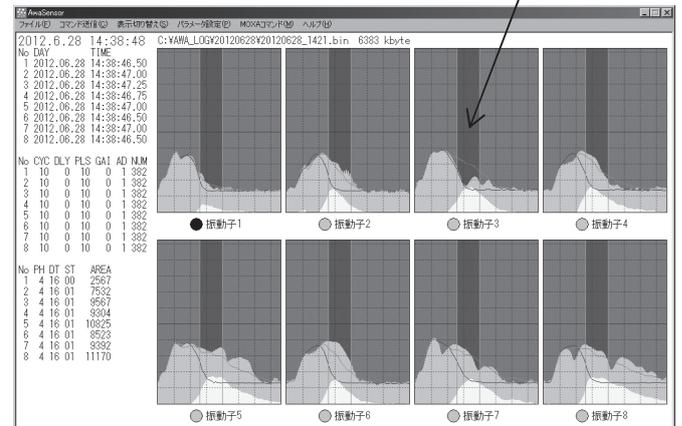


図7 海上試運転試験時の振動子出力波形

Fig. 7 Reflection waveform at sea trial the actual vessel

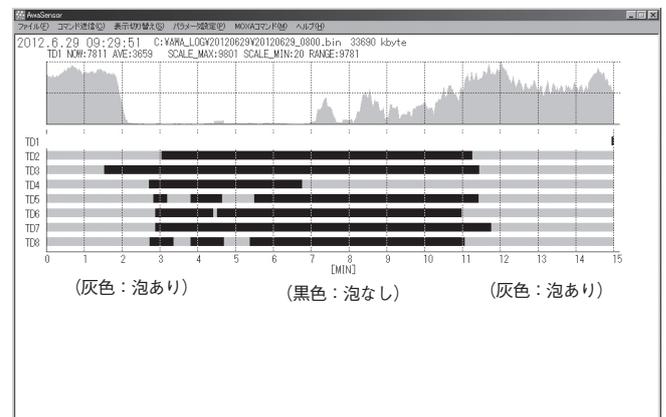


図8 海上試運転試験時の気泡有無判定出力図

Fig. 8 Temporal response of bubble-generation

6. あとがき

今回の装置では、音響測深器にて使用実績のある周波数を使用したため、短時間でAWAシステムを開発することが出来た。しかし今後は、気泡の有無を判定するだけでは無く気泡単体の厚みを計測可能とするため、高周波を用いる必要がある。

本システムを用いることにより、恒久的に気泡の有無を判定することが出来た。今後とも船舶の省エネ運航につながる新技術の開発に取り組んでいきたい。

用語一覧

- AWA: 気泡検出システムの呼称
- COM: communication 通信
- DPU: Digital Processing Unit デジタル演算ユニット
- LAN: Local Area Network ローカルエリアネットワーク
- LCD: Liquid Crystal Display 液晶ディスプレイ
- SXGA: 画面サイズ, ピクセル数1280×1024 (縦×横)
- TVG: Time Variable Gain ゲインの特性カーブ
- USB: Universal Serial Bus ユニバーサル・シリアル・バス
- 空気潤滑システム: 気泡による船体摩擦抵抗低減装置