船上又は陸上での運航管理のための 機関運転データの利用方法に関する研究

大見 航也¹・今井 康之²・山野 武彦³・鈴木 治⁴

A Study of a Management System with Engine Running Data at Shore and Onboard

Koya OMI, Yasuyuki IMAI, Takehiko YAMANO and Osamu SUZUKI

Abstract

Sharing a lot of information is used for mariners to confirm a ship's condition. In this study, engineer's data was focused to find a better data display form for effective ship operation. The running engine data was stoked in several months and transported via shore by communication network. Engineer's data is supposed to be used by engineers; officers also can use these effectively if data format was processed. The system which supply data was developed experimentally. Users will be helped navigational management using sharing the engine data by this system with some graphics or figures on any browser.

Keywords : information support, information share, ship management

キーワード: 情報支援, 情報共有, 船舶管理

1. はじめに

船舶の多くでは、船橋にも機関の運転情報を確認可能な設備が設置されている。船舶の近代化、大型化に伴い運航時のコスト減少や、エコシップや、航海時間と燃料消費量の推定のための最適航路シミュレーション⁽¹⁾も研究されている。実際に船舶を運航する際には、荷役の時間短縮などの他に、機関の状態や燃費を適切に保つことが必要であると考えられる。

陸上における船舶管理では、船舶と共有された情報を用いて必要な情報を支援情報として船舶へ提供している。共有されるデータは数字のみや、文章と画像ファイルによる報告が主である⁽²⁾。そこで船舶

から提供される情報を船舶管理者が容易に利用できる形式に変更することで、遠く離れた船舶の状態把握が容易になり、実際に沿った支援や情報の提供が可能になると考える。

図1 船内のデータ収集と共有の仕組み

¹ 学生会員 鳥羽商船高等専門学校 専攻科 (〒517-8501 三重県鳥羽市池上町 1-1) 15602@toba.kosen-ac.jp
² 正会員 鳥羽商船高等専門学校 専攻科
³ 非会員 鳥羽商船高等専門学校 商船学科
⁴ 正会員 鳥羽商船高等専門学校 商船学科

鳥羽商船高等専門学校の練習船鳥羽丸には、航海計器や機関運転データをサーバに蓄積し、陸上と共有可能なシステムが構成されている⁽³⁾。図 1 に鳥羽丸のデータ通信システムの構成を示す。GPS (Global Positioning System) や AIS (Automatic Identification System) などの航海計器の測定値はデータサーバに蓄積される。また機関運転データは運転監視システム (寺崎電機産業 (株) 製 WE500) から専用 PC とデバイスサーバを介して各センサの計測値が出力されている。ところで、航海士が船舶運航を行うにあたり、機関の情報をより有効的に利用することで、より経済的な運航が可能になると考える。また船上での船舶運航と同様、陸上の船舶管理においても、データ利用効果が向上する形式があると考ええる。

そこで本研究では、船上と陸上における運航管理の向上を目的とし、運航支援情報に活用できる機関運転データの処理や表示方法について検討を行う。また、運航管理を想定した表示システムの試作を行う。

2. 陸上設置型船用機関の機関運転データの検証

従来、機関部で使用される機関運転データを用いて、運航管理や支援で取り扱う機関運転表示システム（以下、表示システム）を試作する。まず始めに、鳥羽商船高等専門学校の陸上設置型船用機関を対象として出力されるデータの評価を行った。

表1に船と陸上設置型機関の性能及び計測点数を示す。この陸上設置型機関は、鳥羽丸の機関室と比較し、機械や計測点の数が少ない。しかし、構成機器やメーカーが異なるものの運転監視システムは鳥羽丸と同様のものが設置されている。鳥羽丸と同様に機関に設置されているセンサから計測値を運転監視システム((株)ケーイーアイシステム製 KEI-3240)で収集し、サーバを介して、PCで加工等が行える仕様となっている⁽⁴⁾。

本運転監視システムの最小データ計測間隔は1秒である。陸上設置型船用機関を25%から100%まで出力を変化させ運転した場合、燃料消費量は出力値に追従し増減する。しかし、燃料消費量の計算には一定の時間を要するため正確な値になるまで計測値に変動があるなど、表示システムへの利用には適さないと考える。そこで、一般商船における運航管理は正午報告を使用していることから解析に使用するデータの取得間隔について検討した。解析用時

図2 機関運転データの計算間隔の違いによる
燃料消費量の変化傾向の比較

図 3 機関運転データを Web ブラウザで表示する手法

表1 鳥羽丸と陸上設置型船用機関の仕様

	Toba Maru	Marine Engine for Education
Power	1300PS × 370rpm	350PS × 420rpm
Bore × Stroke [mm]	290 × 520	230 × 380
Class	4cycle Diesel	4cycle Diesel
Maker	YANMAR	MATSUI Diesel
Type	MF29-UTD1	MU323
Data output	Each 20 sec.	Each 1 sec.
Number of Data	276	90

図 4 現場の機器配置を考慮した配管表示
(燃料系統)

間隔を 5 分、10 分、30 分、60 分とし算出した燃料消費量を図 2 に示す。時間間隔を増やすことで計測値の平滑化が行われるが、異常時における変動が見えにくくなることがグラフより確認できた。また平滑化を行うことで運転時における突発的な変動を含めた積算燃料を容易に算出でき、陸船間におけるデータ転送量の削減に有効となると考えられる。

3. 船舶管理における機関運転データの利用

機関運転データを船舶管理の面で適切に利用することを目的とし、陸上設置型船用機関用の PC にデータサーバ及び Web サーバの機能を持たせた。図 3 に試作した表示システムの、データ取得から表示までの流れを示す。計測値は、センサ番号や状態と共に CSV (Comma Separated Values)⁽⁵⁾形式で出力される。利用者が更新される機関データを Web ブラウザで確認できるようにするため、計測データが更新された後、プログラミング言語である Perl を用いて CSV ファイルを JSONP(JavaScript Object Notation with Padding)形式⁽⁶⁾に編集可能とした。

また、JavaScript のプロパティ⁽⁷⁾を利用することで、一時的に警報内容と運転状態を同一画面に表示可能となる。警報が発令された場合には対処するための情報も表示する仕様とした。更に JavaScript のライブラリ⁽⁷⁾である epoch.js や Speak.js を利用することで、変化傾向を示すトレンドグラフの表示や、警報等の内容を音声情報としても利用者に提供可能とした。作成したシステムは、機関に設置されたセンサから出力されているデータを Perl と JavaScript を用いて処理することで Web ブラウザを用いた表示が可能としたものである。これより例えば今まで船社が委託していた船舶管理を自社で行う場合でも、本表示システムの導入により機関運転データの記録を有効に活用できると考える。

3.1 機関運転データの表示方法の検討

機関系の運転監視システムのモニタには MIMIC 画面と呼ばれるプラントの概要図とそれに対応する計測値を併記する表示が使用される。MIMIC 画面には、多くの機関運転データが表示されるが、航海士には不便な形態であることが多い。図 4 に試作した表示システムの画面を示す。機関全体の配管図から機器構成がわかる図とし、配管系統毎に分けた表示を行えば、機関士以外が関連機器を見る際の援助や機関部の作業概要の把握に繋がると考える。

図 5 試作した関連する情報を含めた機関監視モニタの機能と説明

図 6 鳥羽丸の 2 時間航海時の燃料消費量と機関回転数及び CPP 翼角

3.2 情報の提供手法の考察

配管図と機関運転データの表示と合わせて警報や想定される危機への影響など、機関の運転状態と対応策及びその状況を表示することで、機関運転データを利用して、より効率的に運航計画を立案できると考える。そこで、従来の機関警報と合わせて、警報に対応した作業箇所や注意事項等を表示するシステムを作成した。図 5 に MIMIC 表示と警報、警報に関連する情報を同時に表示している携帯端末の画面を示す。航海士が機関の異常と概要を把握することができれば、機関への負担軽減につながる運航の支援になると考える。

4. 鳥羽丸の機関運転データの利用検討

陸上の船用機関向けに試作した表示システムの船舶への適用を図るため、鳥羽丸の運航データを取得し、実際の船舶で利用される機関運転データのうち、燃料消費量について時系列の変化を調べた。鳥羽丸で取得されるデータは 20 秒毎に出力される。本検討ではネットワークを利用し陸上でも共有されている、2 時間の航海における機関運転データを対象とした。図 6 に積算消費量の時間変化を示す。機関始動時より燃料の消費が認められるが、機関始動後からは積算値の増加傾向が時間帯により異なることが確認できる。主機回転数・CPP 翼角の変化と燃料消費量について比較したところ、燃料消費量は計測間隔が 20 秒毎の場合、消費量が小さく、変化量が 0 となる点がみられた。そこで、陸上試験と同様に燃料消費量の変化について 1 分、5 分、10 分、30 分、60 分毎に差をとり 1 時間当たりの燃料消費量を算出した(図 7)。1 分間隔のデータを使用した場合、機関発停時における燃料消費量の増減が直ちにみられるが、20 秒間隔のデータと同様に変動が大きく、変化量が 0 となる時刻も残った。これに対し解析用データ間隔が大きい場合燃料消費量が平滑化され、変化傾向の視認性が向上する結果となった。鳥羽丸の速力は CPP 翼角とプロペラ軸の回転数で制御しており、燃料消費量は主機の回転数と比べ、プロペラピッチ角に影響を受ける。本解析では 5 分間隔、及び 10 分間隔のデータ解析により、翼角と燃料消費量の相関が見て取れた。一方、30 分間隔以上の解析では、図 2 と同様に、燃料消費量による運転状態の判別が困難となる。遠隔地の運航管理者向けに機関運転データを表示する場合には、短時間の航海では 30 分毎の計測が必要であることが示唆された。

5. 船舶管理での機関運転データの利用

燃料消費量の算出や作業箇所の表示等の検討により、船舶に提供する情報に合わせて機関運転データの取り扱いを変えることで、運転状態の把握向上につながると考えられる。そこで、運航に合わせた情報の提供手法を提案する。

5.1 航海士向け機関運転データの利用手法

船舶に設置されている機関監視システムは、機関士が当直や修繕を行う際の利用を主として作成されている。図 8 に運航コストを考慮した航海計画を立てるため、航海士へ提供する機関運転データの表示

図 7 燃料消費量と CPP 翼角の変化傾向の比較

図 8 減速による燃料削減運転に関する情報提供の概念図

図 9 航海士向け燃料代表示画面

案を示す。機関の燃料消費量を燃費として表示し、船速と回転数の関係より予測される燃費情報を航海士へ提供することで、船速の変化を最小限にして燃料消費を抑える効率的な運航が可能になると考える。加えて、燃料代を合わせて表示することで、直感的に運航コストの把握につながると考える。

そこで、陸上設置型船用機関を運転して得られる機関運転データ使用する表示画面を作成した。図 9 に燃料代に関するデータの画面を示す。画面上部に船速と自動計算によって得られる燃料代、下部に燃料代の変化に起因する燃料消費率、船速、回転数、シーマージンを表示させた。特に画面下には現在の値を容易に視認させるため、数字を大きく表示させると共に、過去から現在までの変化を示すトレンドグラフを併記させた。ここで、シーマージンは船体汚れや荒天時に機関に与える負荷を考慮し、機関に過負荷を与えないように設定されるものであり、機関運転の余裕度を示すものではない。しかし、経済運航や次の変針点までの時間を考慮し機関出力を上げる際に、機関の負荷状態を知ることが、甲板部が機関部とのコミュニケーションをとる時の 1 つの指標になると考える。

また、操船時に機関運転データの変化を把握できる様に各計測値のトレンドグラフを選択表示できる画面を作成した(図 10)。数時間後の操船状態の予測資料として、軸出力や回転数の変動、計測データより算出したプロペラピッチの選択を可能とした。継続的に記録された各データのトレンドを見ることで、利用者が直感的に変化傾向を見ることができる。速力やプロペラピッチと軸出力の比較を行うことで燃料消費量の考慮やバンカーの計画を立てる際の資料となると考える。

更に、上記 2 つの表示画面を応用し、出発地から目的地や変針点までの燃料代、予測時間、風向風速を合わせて表示できる画面を図 10 に示す。陸上設置型船用機関では船位のデータがないため、ETA 等の時間には疑似データを利用しているが、進捗に対する燃料消費量に関する情報は、運航計画の立案に有を容易に見つけ、機関運転データの利用が迅速に行えるよう調整できる。

5.2 船舶管理者向けの機関運転データの利用手法

陸上で、自社若しくは契約船社の船舶を管理する船舶管理者にとって、担当する船舶の状態を把握することは重要な業務である⁽²⁾。データ通信に利用する回線の制限等の理由から、機関運転データのリアルタイムでのモニタリングは困難であると考えられる。警報や異常が発生した場合のみ、船舶から陸上へデータ通信を行い、対応箇所と関連機器の表示が行えれば、現状の把握が容易になると考える。図

図 10 操船状態予測用、機関運転データ選択画面

図 11 経済運航計画支援画面の例

11:52 No.1 FO pump is stopped.

11:53 No.1 Generator may has problem of its filter.

11:54 The thruster may be can't used for entering port.

図 12 機関系統毎に区分化した状況表示

12 に陸上の船舶管理者の利用を想定した、機関運転データの提供手法を示す。時系列に警報や注意とその区画を色別で示すことで操船に及ぼす影響の予測などができる。操船に対する最善策の検討に繋がり、船員への指示がより効果的なものになると考える。

6. システム導入の考察

陸上設置型船用機関で作成及び稼働試験を行った表示システムについて、鳥羽丸の機関運転データの適用を検討した。

出力されるデータは、陸上設置型船用機関、鳥羽丸共に、測定時間毎に定められたフォーマットで出力されており、内容に相違点がある。しかし表示画面に係る部分のデータ配列は、「計測チャンネル番号、計測値、状態」を 1 組として並べられたもので、いずれも同じ仕様となっている。このため、チャネ

ル番号毎に画面表示箇所の設定を合わせることで、適用が可能となる。

表示システムの動作確認には実際に鳥羽丸の運航時に得られた機関運転データを使用した。PCを用いて鳥羽丸のデバイスサーバから機関運転データが出力される仕組みを模擬し、一定間隔で機関運転データの出力を行った。同時に表示システムを動かす事で鳥羽丸の機関運転データを読み込み、画面表示の確認を行った。

データフォーマットが異なる場合でも、計測箇所と計測値が規則的に出力されるデータであれば、JSONP形式に出力するPerlの小修整にて適用が可能である。これよりGPSやAISといったデータの表示も合わせてできる他、鳥羽丸をはじめ、機関運転データの処理システムが稼働している他の船舶でも適用ができると考える。

また、作成した表示システムについて、本校テクノセンターの技術職員が使用したところ、現状の把握はもちろん、本校学生が行う実習初期導入時の補助にも使用できるという意見があった。将来的に配管図上に動作している機器の図を動的に表示させることや、機関の始動準備作業の際に、配管図のどの場所まで燃料や空気が送られているか等の表示をすることで、機関について不慣れな学生においても安全な機関の始動方法を効率的に学べる可能性がある。

7. まとめ

機関運転データを用いて、船上または陸上で最適な運航管理を行うための表示システムを試作した。陸上機関と鳥羽丸の機関運転データを比較することで、航海士や船舶管理者が機関運転データを利用する情報提供の手法について検討した。航海士向けに、自船の現状を直感的に把握できるような仕組みを考案した。船舶管理者には、船舶の管理を支援する情報表示を考案した。

本研究で試作し提案した機関運転データの表示システムは、プログラミング言語であるPerlとJavaScript及びhtml5を用いることで様々な書式の機関運転データを取り扱うことができ、一般的なWebブラウザで必要な情報を提供可能とした。陸と船との違いだけでなく、構成機器のメーカーが異なる機関運転データの処理システムが稼働する他の船舶においても適用ができる。陸上と船上で同様のシステムを利用すれば、今日の船員の業務形態のように、海上勤務の後に船舶管理業務に移行した場合でも、船

上での管理作業と同様に、担当船舶の状態把握が容易になると考える。

今後、実運用における改善点の検討、表示方法の最適化を行うことで、より明確な運航状態の把握に繋がると考える。

謝辞

本研究を行うにあたり、鳥羽丸及びテクノセンターの皆様を始め、本校卒業生の皆様、多くの関係者のご協力を賜りましたこと、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 萩原秀樹・庄司るり:確率的なウェザールーティングに関する研究:航海時間と燃料消費量の標準偏差の推定精度, 日本航海学会論文集, No. 104, 2001.
- (2) 日本海運集会所「船舶管理入門」編纂委員会:船舶管理入門, 外国人船員福利基金管理委員会, pp. 75-78, 2008.
- (3) 鈴木 治・田中友規・浪江宏宗・藤井 肇:海上交通流把握のための陸と船からのデータ収集システム, 日本航海学会論文集, No. 123, pp. 111-117, 2010. 5.
- (4) 今井康之・吉岡裕也・山野武彦・大野伸良:長期間利用したディーゼル機関運転訓練装置の改修とシミュレータ機能の導入, 第85回日本マリンエンジニアリング学会学術講演会講演集, pp. 159-160, 2015.
- (5) 桜木嘉典:Excelを用いた計測制御入門, p. 203, 株式会社電気書院, 2010.
- (6) 清野克行:Ajax ポケットリファレンス, 株式会社技術評論社, pp149-151, 2008.
- (7) 川崎克巳:ゼロから始める Ajax, 株式会社毎日コミュニケーションズ, pp, 124-137, 2007. 2.