主機省燃費運航システム*

小山陽一** 高須 績**
新田啓一** 菅 忠之**

Computer Aided Fuel Saving System for a Marine Diesel Engine

By Youichi Koyama, Isao Takasu, Keiichi Nitta, Tadayuki Kan

The main engine fuel saving system reported here actively reduces fuel consumption during operation by controlling the fuel injection timing of the diesel engine and by making the scavenging air temperature fit for the changes of the environmental conditions at sea. It also improves the longevity and performance of the main engine by the abnormality diagnosis and the trend analysis. These functions are systematically controlled by the computer so as to respond directly to continuously changing external circumstances, and to process the relevant data. This paper describes outline of the system and intends to introduce some of the results of performance on board.

1. まえがき

船用推進プラントの省エネルギーは、多方面からのアプローチが可能である。その一つは、機器単体の効率あるいは推進システムの総合効率を向上させることにより達成される。例えば、低燃費超ロングストローク低速機関の開発と、これに応じた大直径低速回転プロペラの採用、更には廃熱エネルギーの有効利用や主機関による補機駆動などである。

いっぽう実際の運航時に各構成機器の効率を低下させず、その能力を最大限に発揮させることによって可能である。ここに紹介する主機関省燃費運航システム(商品名、住友-SEACAS 1)は、これらの点に着目し、多様に変化する外的条件下で常に主機関の能力を最大限に発揮させ燃費低減を図ると同時に主機関のオペラビリティの向上を目的に開発されたもので、下記機能により構成されている。

a) 最適燃料噴射時期制御

b) 最適掃気温度制御

c) 主機関異常診断・トレンド解析

d) 表示(モニタリング)及びマンマシン情報交換機能

これらの機能は、多量のデータ処理を必要とするためコンピュータをベースとして、有機的な相互関係を保ったシステムとして構成されている。

以下に、これらの機能の概要及び実船での運航データ

を紹介する。

2. システム概要

2.1 ソフトウェア構成 本システムのソフトウェア構成を図1に示す。各プログラムは、小単位のジョブに分割されマルチタスクコントローラにより処理される。プログラム実行の開始は、あらかじめ定められたスケジュールに従うタイマ割込み、一定の条件が整った場合のプログラム割込み及び外部キーボードからの割込み処理によってなされる。

なお、制御に関しては、すべての操作をコンピュータに代り乗組員がマニュアルで行うことも可能である。この際コンピュータは制御に必要な情報を乗組員に提供する。

2.2 ハードウェア構成 ハードウェア構成を図2に示す。ハードウェア設計に当たり特に次の点を配慮した。

a) システム自己診断機能 マイクロコンピュータによるハードウェアの自己点検機能を設け万一装置に異常が発生した場合は、乗組員に警報を発すると共に異常内容を報告する。この中には、全センサ機能点検も含まれる。また、制御に必要な主要センサは、ソフトウェアの面からも同時に点検される。

b) センサの選択 センサは、システム全体の信頼性を左右する要因となるのでシンプルな構造で実績があるものを選択し、個数は必要最小限にとどめた。なお、本システムの主要センサの一つであるトルク計は、当社の設計による高精度(フルスケール0.8%以下)、高信頼性のものを採用した。トルク計の構造図を図3に示す。

* 原稿受付 昭和59年1月5日

ISME TOKYO '83 講演(昭和58年10月6日)

** 正会員 住友重機械工業(株)(倉敷市玉島乙島8230)

図 1 ソフトウェア構成

図 2 ハードウェア構成

図3 トルクメータの構造

c) モジュール化及び無接点化 各回路をすべてモジュール化しプラグイン方式を採用して保守の簡略化を図ると共に、主要構成要素すべてを無接点化し高い信頼性を保った。

3. 最適燃料噴射時期の制御

ディーゼル機関は、圧縮比と空気過剰率が一定の条件下では最高燃焼圧力(以下 P_{max})が高い程、熱効率が増加し燃料消費率(以下 BSFC)が低減する特性がある。船用ディーゼル主機関の P_{max} は、海上運航時の外的条件により表1のように変化し主機関計画動作線上の許容値(100%プロペラ特性線上の P_{max} を許容値と定義)よりも低くなることが多い。この様な条件下では機関の安全性を考慮したうえで P_{max} を目標値($\leq$ 許容値)まで上昇させるために燃料噴射時期を制御すると一層の BSFC 低減が可能となる。 P_{max} の目標値は、軸受負荷、着火時期などを考慮して主機関の回転速度及び負荷に応じて計算される。

以下に燃料噴射時期を制御するために従来とられてきた手法と新しく開発されたバラストレバの機能について説明する。

3.1 VIT(可変燃料噴射時期)装置

機関の強度上の余裕から P_{max} は、100-85%負荷の範囲において一定に保つことができる。VIT機構は、機関負荷を代表するガバナ出力位置に対応するCAM形状によって燃料噴射時期を自動的に変更し、常用負荷域の P_{max} を定格出力点の値と同一とすることにより常用負荷でのBSFCを低減させるものである。ただし、ガバナ出力位置と燃料噴射時期の関係は、主機関計画動作線上で最適になるよう固定されている。なお、ここでVIT装置による燃料噴射時期

はCAM形状で決定されるので今後下記二つの機能と区別するためVIT-CAM装置と呼ぶことにする。

3.2 油質レバ(FQSL)

実船で使用する燃料油の質は、陸上運転時に比べ悪化するので着火遅れ時間が長くなり、 P_{max} が低下し更にはBSFCの悪化を招く。油質レバは、ガバナ出力位置に関わらず全負荷域にわたり均一に燃料噴射時期を調整しBSFC悪化防止を可能とした。

在来船に油質レバ機構を組み込んだ時の実船での効果を図4に示す。

3.3 バラストレバ(BL)

主機関運転点か、船体の汚れが少なく100%プロペラ特性線以下の場合、例えば94%の低トルク運転では、VIT-CAM装置を持つ機関でも図5-line③のように P_{max} は、許容値line②より低下する。これは前述のとおりVIT-CAMが主機関計画動作線上で固定されているので、低トルク運転では燃料噴射の進角が図5中段line②→③に示すように高回転速度側にずれるためである。この状態で更に油質レバのみを進めるとline⑥のように高回転域で P_{max} が過大となり、逆に低回転域では許容値を下まわる。

これを解決するために新しい機構のバラストレバが開発された。バラストレバは、ガバナ出力位置に対し従来

表1 陸上運転と海上運転の相異

	Operating point	Environment	Fuel oil used
Shop Trial	Prop. Characteristic : 100% Line = Eng. design point	ISO Reference Condition	Diesel oil
On Board	Varied due to: 1) Fouling of hull & Propeller 2) Cargo Condition 3) Weather and sea condition	Changing widely	Heavy oil
P_{max} Drop	1) Clean hull 2) Light cargo 1) following wind etc.	—	Ignition delay at running on Heavy oil

図4 油質レバの在来船での効果

	Applied Mechanism			Propeller Characteristic
	VIT	BL	FQSL	
①	—	—	—	100 %
②	○	—	—	*
③	○	—	—	94 %
④	○	○	—	*
⑤	○	○	○	*
⑥	○	—	○	*

図5 VIT-CAM, バラストレバ, 油質レバの特性

図6 VIT-CAM, 油質レバ, バラストレバの構造図

CAM形状で決定されていた燃料噴射時期の関係をプロペラ特性線に応じて変更可能としたもので、この調整により P_{max} は line ④ のようになる。ただし低トルクであるため P_{max} は、許容値に比べなお余裕がある。これを上昇させるのは、従来より使用されている油質レバの役

割である。

以上のように低トルク運転時にも、バラストレバと油質レバの組合せ効果で、 P_{max} をより低燃費の得られるポイントまで安全性を確保しつつ上昇させることが可能である。

VIT-CAM, 油質レバ及びバラストレバの機構を図6に示す。

3.4 最適燃料噴射時期制御の流れ 燃料噴射時期すなわち、 P_{max} 制御を実行するための操作は、バラストレバと油質レバの位置調節である。バラストレバの位置は、現在何%のプロペラ特性線上で主機が運転されているかにより定められる。次に油質レバの位置は、バラストレバ設定後の P_{max} を計測し、より低いBSFCの得られるポイントに P_{max} を調整するに必要な燃料噴射時期変更量から決定される。これら制御機能に加え図7に示す様な安全性を確保するための機能が付加されている。

図7 最適燃料噴射時期制御流れ図

また一連の操作の実行は、1日に1回ないし数回の定時制御と必要に応じて乗組員が任意に行うことが可能である。

3.4.1 トルク計チェックとバックアップ機能

バラストレバ調整には、主機関回転速度と出力を正確に計測する必要がある。その機能を果たすトルク計の誤計測を回避するため、トルク計チェック機能を設けてある。また万一トルク計が故障したときには、別置回転計とガバナ出力位置 (Load Index) から主機関出力を算出するバックアップ機能を備え、システム全体の信頼性の維持と向上が図られている。

3.4.2 回転変動とトルク変動のチェック 実際の

運航時には海象状況や操船に起因する負荷変動が常に生じている。特に、船速変更時や操舵時などの負荷急変時には、主機関作動線が決定できない。また、荒海などで負荷変動が大きい場合は、短期間の $P_{\max}$ 計測値を用いて燃料噴射時期を調節することは危険である。したがって主機関回転変動とトルク変動を連続的に監視し、制御実施前には必ずその可否判断が実施される。判定基準は、同形船の調査結果から図8のように定めた。

図8 油質レバ(FQ), バラストレバ(BL) 制御可能範囲

3.4.3 排気温度, $P_{\max}$ 計測センサのチェック

入力データの正確を期するため排気温度及び $P_{\max}$ 計測センサのチェックが実施される。

3.4.4 主機関状態予備診断 燃料噴射時期を調整する前に、主機関に重大な異常が生じていないかの予備診断が実施される。これは後述する異常診断とは全く別の機能であり、各シリンダの排気温度と $P_{\max}$ の計測値を用い主にシリンダ間のバラツキから判断される。これによって、 $P_{\max}$ 上昇に対する主機関の安全性が確保される。

3.4.5 性能データ採取 $P_{\max}$ を目標値に設定した後、その時点の主機関性能を代表するデータが採取される。この性能値は、標準状態に換算され陸上運転時の基本性能と比較して表示可能である。また、後述の異常診断とトレンド解析用データとして記憶される。

3.4.6 連続監視機能 最適燃料噴射時期制御が終了すると、次の燃料噴射制御が開始されるまでの間、現状の両レバ位置がBSFC低減及び機関強度面から妥当であるか、あるいは機関の状態が正常であるかを確認するため下記の二つの監視機能が設けられている。

i) 排温連続監視 機関の状態を監視するため、燃料噴射時期制御後のシリンダ出口排ガス温度が、常時各シリンダの基準温度と比較され、次のような偏差が推移した時点で異常発生が乗組員に知らされる。同時に、CRT画面に異常への対処法が表示される。

- 偏差が許容値を超えた場合。
- 偏差が指定値($\leq$ 許容値)を超え指定時間継続した場合。なお、この基準値は、主機関回転速度や負荷を考慮して決定される。

ii) 機関負荷海象状態連続監視 一度設定されたレバ位置が、現在の運航条件下でも適切であるか否かをチェックし、プロペラ特性の変化量に応じて3通りに処理を行う。

- 主機関運航点の変化が小さい場合はバラストレバ、油質レバとも現状が維持される。
- プロペラ特性線が比較的大きく変化した場合はその変化量に応じて、バラストレバと油質レバは自動的に再調整される。
- プロペラ特性線が大きく変化した場合は乗組員に警報を発し、レバ位置の再セットを要求すると同時に次の二つの処置のうちいずれかが取れる。

* 運航点が高負荷(高トルク)側に变化した時は、安全を確保する意味で油質レバ位置は“0”位置に戻され $P_{\max}$ の過上昇を防止する。

* 運航点が低負荷(低トルク)側に移動した時は、両レバとも現状が維持される。

4. 最適掃気温度制御

ディーゼル機関は、燃焼不良を生じない範囲で掃気温度が下がるとBSFCが低下する特性を持つ。ただし、過冷却は露点水を発生させ主機関にとって好ましくない。したがって掃気温度を常時露点よりやや高く保つことが、省エネルギーとトラブルを避ける観点から最適である。

空気冷却器後の掃気露点温度は、吸入空気温度と相対湿度及び掃気圧力により求まる。本システムは、これらの状態量を連続的に計測し、最適掃気温度を計算し、これを目標値として空気冷却器を制御する。空気冷却器に設けられた温調弁が、冷却媒体である海水を調節する機構となっている。

図9 最適掃気温度制御流れ図

一方低負荷連続運転時には、あまり掃気温度が低すぎると露点水が発生しない範囲でも燃焼不良を引き起こす恐れがある。このような場合には、低負荷域で掃気温度を高温に保つ制御モードを選択可能である。

また、露点温度計算に必要な状態量を計測するセンサにはチェック機能が設けられており、センサ異常検出時には一定標準温度 45℃ を目標値として自動的にセットされる。最適掃気温度制御の流れを図 9 に示す。

5. 異常診断・トレンド解析

乗組員の小人数化が進むに伴い乗組員は兼務化が要求され、過去のように特定の分野に熟練することが困難になってきている。したがって主機関及びその周辺機器の信頼性向上もさることながら異常が発生したときの適切な判断や処置の情報、現在の技術ではカバーしきれない汚れや劣化に対する機器のメンテナンスインターバルの情報を乗組員に知らせることは事故への発展防止あるいはアベイラビリティ向上に重要なことである。

よって本システムは、主に燃焼室まわりと吸排気系の異常診断を行い、同時に経年劣化及び汚れ状態とプロペラ特性線の変化を解析(トレンド解析)、収録しその結果を乗組員に知らせ異常や汚れに対する適切な処置を施行してもらうことを目的としている。

異常診断は、定時の燃料噴射時期制御が終了し主機関の状態量が安定するのを待って採取されるデータで行う定時診断と、乗組員の要求による任意時診断とがある。トレンド解析は、定時診断時のデータで行われる。

5.1 異常診断及びトレンド解析の流れ 異常診断・トレンド解析の流れを図 10 に示す。

データが採取された時点の主機関運航点と、あらかじめ

め運航点ごとに記憶している陸上運転と海上運転時の機関性能マップから、機関本来の状態量、すなわち正常な運航で、かつ汚れがないときに得られるべき値(ベースデータ)を補間法で算出する。ただし、 P_{max} は、運航点に対する目標値に制御される値であるので、目標値と設定値の誤差を考慮してベースデータを算出する。

これらのベースデータは、大気温度 27℃ と掃気温度 45℃ で整理されているので、採取されたデータも同様に標準化し、ベースデータと比較しその変化率(%)が求められる。異常診断は、各パラメータの変化率の組合せによって行われる。

診断の結果は、採取されたデータについて行う 1 データ報告と、更に過去 10 日間の診断報告をまとめ必要に応じて再度警告を発する 10 データ報告とがある。1 データ及び 10 データ報告とも、その異常の生じている場所とその警告番号を CRT 画面に表示するので乗組員はこれから、それに対応する原因や対策と処置を示したテーブルを参照することができる。

5.2 データマップの更新 各シリンダの P_{max} と T_{exh} については、シリンダの特性などにより機関が正常時でも、平均値から一定の偏差をもつことが多い。しかも就航後、燃料ポンプ系の再調整や燃焼室コンポーネントの変更などが行われると、機関が正常であるにもかかわらず偏差が変化することがある。よって本システムでは、乗組員の要求に基づいて、記憶されている各シリンダの P_{max} と T_{exh} のデータマップを変更することを図 11 に示すように可能とした。変更は、乗組員による指令入力が行なされた後、採取データを基準として自動的に行われる。

5.3 トrend解析 乗組員が整備時期の予測を

図 10 異常診断及びトレンド解析流れ図

図 11 偏差基準値の変更

行えるよう定時診断の変化率(%)が、トレンドグラフ用に外部記憶装置に記録され、後述のマンマシンシステムを使用することによっていつでも参照することができる。

トレンドグラフは、標準状態に於けるベースデータからの変化率(%)で表されるので連日の傾向が、気象条件、主機関運航点に左右されることなく評価できる。

6. 表示・マンマシンシステム

主機関の性能やトレンド解析結果及びコンピュータからのメッセージ、乗組員への要求事項などをCRT画面上に表示し、その結果を必要に応じビデオプリンタにハードコピーして記録するもので次の3種の機能がある。

6.1 性能、トレンド表示 乗組員の要求により任意に表示するもので、下記のものが用意されている。

1) 運航点表示(図12参照) ドライドック後10日間、最近10日間の運航点及び現在の運航点が表示されるので、船体やプロペラの汚れに伴う運航点の変化を観察することができる。

2) 性能データ表示(図13参照)

現在の性能データを、陸上運転時の性能曲線と比較して観察する。グラフは大気温度27℃、掃気温度45℃の標準状態で示され、表は実測値を示す。

3) 掃気温度制御状態表示(図14参照) 露点温度曲線と共に現在の掃気温度の設定値と実測値が表示される。

4) P_{max} 、 T_{exh} の棒グラフ表示(図15参照) 現在の P_{max} 及び T_{exh} が陸上運転時のすなわち機関正常時の P_{max} と T_{exh} と共に比較表示される。

5) トレンドデータ表示 外部記憶装置に記憶されている各状態量のベースデータからの変化率(%)が表示される。横軸は要求日数によって60日、120日及び360日に自動的にスケーリングされる。

トレンドグラフには次のものが用意されている。

- プロペラ特性の推移
- 機関出力に対する掃気圧の変化率
- 過給機回転数に対する掃気圧の変化率
- 過給機回転数の変化率

- ENGINE OPERATING POINT MONITOR -

83/05/01 10:28

図12 運航点表示

図13 性能データ表示

図 14 掃気温度制御状態表示

図 15 P_{max} , T_{exh} の棒グラフ表示

- e) 排気温度の変化率(図 16 参照)
- f) 各シリンダごとの P_{max} の変化率
- g) 各シリンダごとの T_{exh} の変化率

6.2 コンピュータからのメッセ

ージ 最適燃料噴射時期の制御や主機の監視及び異常診断の中で何らかの異常を認めたとき、警報(ランプあるいはブザ)を発し、乗組員に警報に対する表示画面を参照してもらう。

最適燃料噴射時期の制御や掃気温度制御に関する異常の場合、乗組員の応答があるまで以降のプログラムは実行されない。

コンピュータからのメッセージ画面には次のようなものがある。

- 1) センサチェック要求
 - a) トルク計異常時処理画面
 - b) 排ガス温度センサ異常時処理画面
 - c) P_{max} センサ異常時処理画面
- 2) 機関異常メッセージ及び乗組員対処画面
 - a) 燃料噴射時期制御予備診断での異常検出メッセージ
 - b) 排ガス温度連続監視での異常検出メッセージ
 - c) 異常診断メッセージ(1 データ報告, 10 データ報告)

6.3 コンピュータへの情報入力

画面 コンピュータへの情報入力は、押ボタン及び操作キーの他に、CRT画面を用いた Ten キー入力がある。入力値は、コンピュータに記憶される。

- a) ドライドックした日時情報入力画面(トレンドデータ収録の起点)
- b) 日付入力画面(コンピュータ起動時に入力)
- c) データマップ更新情報入力画面(燃料ポンプ系の調整などの施行時)
- d) 燃料の低位発熱量、比重入力画面(BSFC 表示のため)
- e) 異常診断メッセージに基づくメンテナンスレポート入力

7. 実船における稼動結果

本システムの初号機は、昭和 58 年 7 月に引渡された第一中央汽船(株)殿覧波丸 201,227 MT バルクキャリアに搭載され、既に第一次航、第二次航を終了し初期の目標が達成されたことを確認した。

- TREND DATA ANALYSIS SCREEN -

図 16 トレンド解析表示例(排気温度の変化率)

図 17 燃料噴射時期制御の実船に於る効果

図 17 は、実船における燃料噴射時期制御の効果を示すもので、バラストレバを最適位置にセットしたのち油質レバを変化させて BSFC を計測した結果である。P_{max} が目標値に達するのは油質レバが、8~9 位置であるがこの点での BSFC は、C 重油の使用にもかかわらず陸上運転の最小値(常用出力, A 重油使用)よりも更に約 2.0 g/kWhr 低減することを証明している。

8. む す び

以上、主機関省燃費運航システムの概要について報告した。本システムを採用することによる省エネルギー効果は、図 18 に示すとおりで概略次の様になる。

適用機能

効果

- 最適燃料噴射時期制御
VIT-CAM 機構 約 2 g/kWhr
バラストレバ+油質レバ 約 2 g/kWhr
- 燃料油質変化による BSFC の悪化の防止(粗重油)
油質レバ 約 3 g/kWhr
- 掃気温度最適制御(10℃の掃気低下に対し)
1.5~2 g/kWhr
- 異常診断及びトレンド解析
アベイラビリティの向上
保守費用の低減
従来より、ディーゼル機関を対象としたコンピュータ

図 18 省燃費運航システムの効果

搭載船については数多く報告されている。しかしその主眼とするところは主機関の状態監視と異常診断に置かれていた。このため汚れや異常発生に対する予防保全の面では有効であるが、積極的に BSFC 低減に寄与するものではなかった。

本システムは、BSFC 低減を主目的の一つとしているため、初期投資の回収はもとより、運航経済性の向上を可能とした。

本システム開発にあたり、運航データの提供など多大なご助力をいただいた第一中央汽船(株)殿及びハードウェアの製作について協力をいただいた寺崎電気産業(株)殿に感謝の意を表します。

〔質 疑 応 答〕

質問者 HENRY KLINTORP B & W A/S

〔質問〕 著者の多大なる成果に対し敬意を表します。我々では、5年前に同様なプロジェクトを企画し、このようなプロジェクトは多大なる労力を要することを良く承知しています。しかし我々のマーケティング調査では我々のねらう、コスト/利益比を得ることが困難であることがわかりました。

現時点での機関室の乗組員数の規制により人員数の変更が出来ないので、メリットとしては予備品費用と燃料消費量の削減しかないように思います。以上から下記の質問を致します。

1) VIT-CAMによるBSFC 2g/kWhr低減に加えBLとFQSLの効果で更に2g/kWhrの低減が可能なのか。

2) 乗組員による計測、調整という従来の手順で、燃料油性状に対応して3g/kWhrの低減が可能なのか。

3) 定期メンテナンスに代わり、異常診断によるメンテナンスで予備品や燃料消費量の節約が可能なのか。

〔回答〕 1) BLとFQSLの相互効果により更に2g/kWhrの低減は可能です。

2) 従来の手法とは、 P_{max} を手引きの指圧図採取装置により乗組員が計測することだと解釈すれば、我々の経験からFQSLの適正な調整は困難であると考えます。なぜなら、時々刻々に変化する主機関の運航点、海象状況、あるいは使用燃料油の性状に対し最適になるよう乗組員が判断することは困難であるからです。このことは、主機能力を十分発揮し得ないことになり3g/kWhrのBSFC低減も同様に果し得ないと考えます。

3) 本システムは、その総合効果により推進プラントの省エネルギーを計ったもので、付図1はその償却年数を示したものです。約3.5年以内に投資は回収されるので、船主は燃料節減に加え主機の状態監視と云う付加的なメリットを受けることが可能となります。

質問者 Y.LE.DISEZ, S.E.M.T. PIELSTICK,
Saint-Denis (FRANCE)

〔質問〕 長年にわたり、機関メーカーは、推進装置の燃費低減に努めてきたが、航海中の運航条件がテストベンチと相異なるため十分なものでなかった。運航点の種々のパラメータを考慮し、BSFCの最適化を試みた研究を賞賛します。噴射時期が P_{max} を変化させるのは事実であるが、 P_{max}/P_{comp} 比(P_{comp} は圧縮終り圧力)がある値でセットされるときBSFCが最小になることを考慮すれば P_{max} は無条件に上昇させるべきではない。とくに機関の低負荷運転時、かりに P_{max} を噴射時期の変化だけで操作すると不自然に P_{max} の増加率が高くなり機関に悪影響を与えることになり、S.E.M.T.は、この問題を次のようにして解決しました。一定の P_{max} を保つVIT

Fuel Oil : 180\$/ton
Service Hours: 6,000hrs/year
Engine Load : 85% (mean)
Interest : 10%/year
Main Engine : 14,000 KW

付図1 償却期間

付図2

のコントロールは行わないが、しかしVITの範囲を減じた特別のデザインによるSelf-timingの燃料ポンププランジャーか、最適過給空気を得るため過給空気バイパスシステムを使うことによって運転荷荷に応じて P_{max}/P_{comp} を最適化しました。付図2参照。

以上より下記のことを質問します。

1) VIT, BLとFQSLが自動あるいは、手で制御されたとき再度乗組員によって運転状態がチェックされるのか。

2) VITは、たとえば80~100%負荷というように、

特別な運転範囲が決められているのですか。

3) $P_{\max}$ の許容値は事前に設定されているのですか。

4) BSFC, 機関構成品に関して, 掃気温度コントロールは重要な因子である。過給機, 過給空気冷却装置の汚れ状態チェックをする機能は装備されていますか。

5) 機関出力はトルクメータを使用しているとのことですが, その精度はどの程度ですか。

〔回答〕 1) 主機関の運転状態は, コンピュータにより連続的にチェックされるので乗組員は, いつでもCRT画面からそれらの状態を参照することができます。

2) 燃料噴射時期の制御は, FQSL以外は, 65~100% 負荷範囲で規制されます。

3) 目標となる $P_{\max}$ はあらかじめコンピュータに記憶されています。この目標値により燃料噴射時期の最大進角値が制限されます。

4) 本システムの異常診断の中で, 過給機及び過給空気冷却機の汚れが監視されます。

5) トルクメータは, 当社で開発されたものでその精度はフルスケールに対し 0.8% です。

質問者 運輸省船舶技術研究所機関性能部 塚原茂司

〔質問〕 コンピュータを使用し船用ディーゼル機関の省燃費運転を可能とした研究に敬意を表します。下記の点について著者の見解を伺いたい。

1) 可変燃料噴射タイミングシステム (VIT) において, FQSL または, BL の一方のみを制御することにより, あらかじめ定められた $P_{\max}$ を得ることが可能ですか。

2) 図5によれば, VIT の効果は, 機関負荷 85% 付近で著しく BSFC 低減がされますが, 低負荷となると効果が薄れるが, これに関しどのようにお考えか。

3) センサーの信頼性, 特に本システムでは $P_{\max}$ 計とトルク計が重要と思われるが, どのような種類のものを使用し, また信頼性についてどう考えておられるか。

4) コンピュータが比較的長期にわたり異常となった場合, 主機関はどのように制御されますか。

5) 採取されたデータが, 変動許容値を越えた場合燃料噴射時期はどのように制御されるのか, 特にデータ採取間隔との関係はどのようになっていますか。

〔回答〕 1) 本文図5に示すように, プロペラ負荷特性が 100% 以下の範囲では, BL だけでは $P_{\max}$ を目標値まで上げることができません (ライン④)。これは, BL がガバナ出力位置と燃料噴射時期の関係を調整する機能しか持っていないためです。一方 FQSL のみを調整すると, $P_{\max}$ は目標値と一点のみで交差し, 高回転域では目標値を上回り, 逆に低回転域では下回り燃費低減の目的を達することが出来ません (ライン⑥)。したがって, FQSL と BL の組合せによる効果が重要と考えます。

2) ご指摘のとおり VIT の効果は, 低負荷域では小さくなります。これは通常機関が, 85% 負荷域を中心に使用されることを考慮したためです。但し, FQSL の効果は, 低質燃料油で運転するときには, 全負荷域にわたり有効となります。

3) $P_{\max}$ 計は, 水晶発振体を用いピエゾ効果を利用したものです。8000 時間の連続運転の耐久性が保証されています。トルク計は, 2 対の歯車で軸のねじりを直接計測する高精度のもので 2 年以上にわたる工場運転において信頼性は確認されています (筑波丸に搭載されたものは, 約 4500 時間連続使用していますが何ら問題は発生しておりません)。また万一トルク計に異常が発生した場合には, 従来より採用されているガバナ出力位置と主機関回転速度による出力算定ルーチンに自動的に切換が行われ, 系の信頼性を保つ設計となっています。

4) コンピュータ異常時には, 全ての制御機能は乗組員が遠隔にてマニュアル操作が可能となっています。設計の基本としてフェイルセーフ機能を設けており, VIT システムではコンピュータ異常時には VIT-CAM 機能のみが従来のものと同様な機能を継続して発揮しますが, BL と FQSL は, 最も安全な位置に自動的にセットされます。

5) タイムスケジュールによる定刻制御は, 基本的には 4 時間ないし 24 時間毎に実施され, この間に必要なデータは連続的に採取され監視が続けられています。連続監視機能は, この間に急激な負荷変動が発生したとき, BL と FQSL を最適位置にセットするように働きます。