

特殊船の機関部計画

—その1 帆装商船—

伊 藤 雅 則*

1 はじめに

世を挙げての省エネルギーブームの中で、1980年第一船が誕生した帆装商船は、主目的である燃料消費量の低減に加えて、減揺効果による耐航性の向上、それに伴う稼働率の増加と波及効果も明らかになり、船舶に於ける地位を確かなものとすると共に、就航実績も1985年1月現在16隻に達するなど順調な発展を続けている。

それ等には帆装船として最初から計画されたものばかりでなく、建造中に帆装が追加されたもの、就航船に追加装備されたものなども含まれている。また船種も、タンカー、貨物船、カーフェリー、漁船等多岐にわたると共に、装備される帆も初期の矩形硬帆に加えて三角形の軟帆が現われるなど対象に応じた多様化が図られるようになった。

一方この帆装商船の機関部についても、省エネルギー船を代表するものとして、可能な限り省エネルギー型の機器を装備すると共に、より大きな帆装効果を得るため帆と機関部を関連付ける制御機能も併せ持つものから、構成機器は標準的なものとし、特に帆との積極的な関係は持たないシステムまで、幅広い適用形態が現われている。

以下では、まず帆と操帆システムについて概説し、次いで機関部の主な構成要素と機能について述べる。

2 帆および操帆システム

2.1 概要

新しい帆装商船の開発は欧米がやや先行し日本がこれを追う形で行われたが、開発思想の上で大きな相違点があり、そのため実用化に於て日本が先んずる結果となった。

すなわち、欧米の基本思想が帆を主推進装置とする帆主機従方式であるのに対し、日本の場合は帆を補助推進装置とし、風が利用出来ないときは従来船と同様に主機のみによる通常の航海を行い、適当な風がある場合は推力として主機を助ける機帆従（機帆船）方式により省エネルギーを図ろうとするものであった。

この思想はその後一貫して継続されており、今日では欧米に於ても適用されるようになっている。

機主帆従方式による新しい帆船が具備すべき条件をまとめると次のようになる。

① 風向によらず常に最短航路を採るため必然的に前寄りの風が多くなり切上り性の良い帆が必要となる。

② 乗組員数は従来通りとする。したがって展縮帆・施回等の操帆作業はすべて機械力によって行われ、作業の増加を伴わない帆および操帆システムとする必要がある。

③ 帆の装備により復原性等安全の面で支障をきたすことのないものとする。当初は帆装商船の安全性に関する規則や基準が無かったため新しく設けられた「帆装商船安全性検討委員会懇談会」に於て基本概念が作成され、以後はこれに基づいた十分な検討の下に帆が設計装備されている。

これ迄に建造された帆装商船は、多様化の傾向にありながら、程度の差はあるもののいずれもこれ等の条件を満足させたものである。

2.2 帆装置

使用される帆装置としては、鋼製の矩形フレームに帆布を張った矩形硬帆・デリックブームなどを利用するヨットと同じ三角形の軟帆・台形軟帆等が主なものである。帆の材質は、天然繊維・化学繊維にコーティングを施したもの、強化プラスチックなどが使用されている。

展縮・施回機構として、硬帆は油圧シリンダによりロ

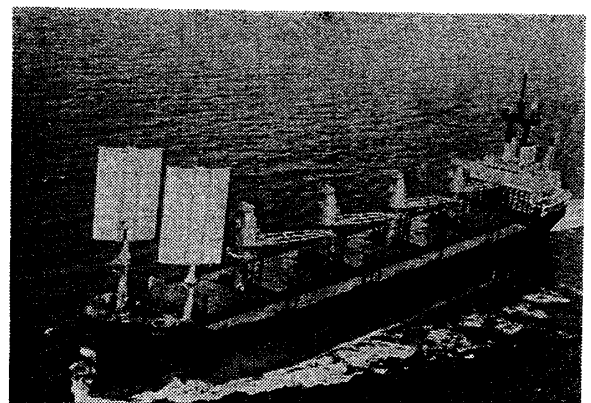


図1 大型帆装商船

* 日本鋼管(株)システム技術研究所

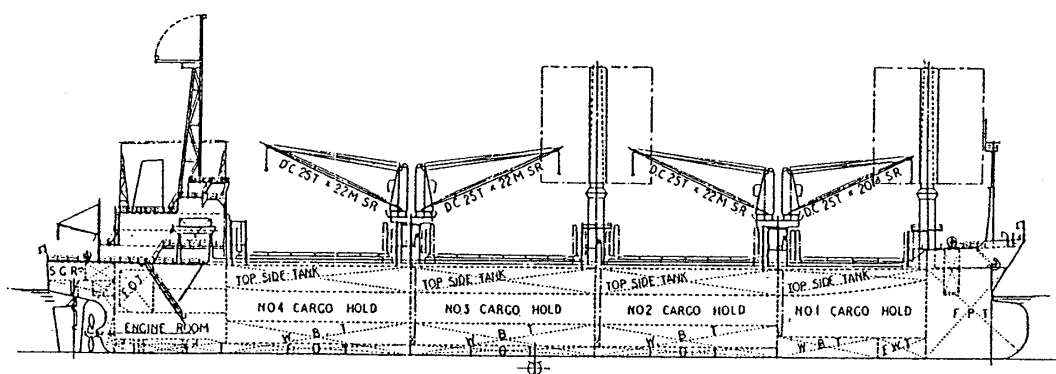


図 2 矩形硬帆搭載船 ($L_{pp}=162.5$ m)

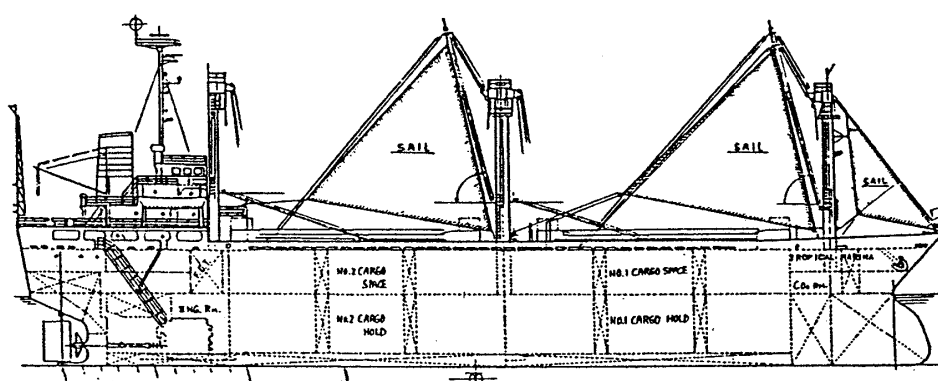


図 3 三角形軟帆搭載船 ($L_{pp}=100.17$ m)

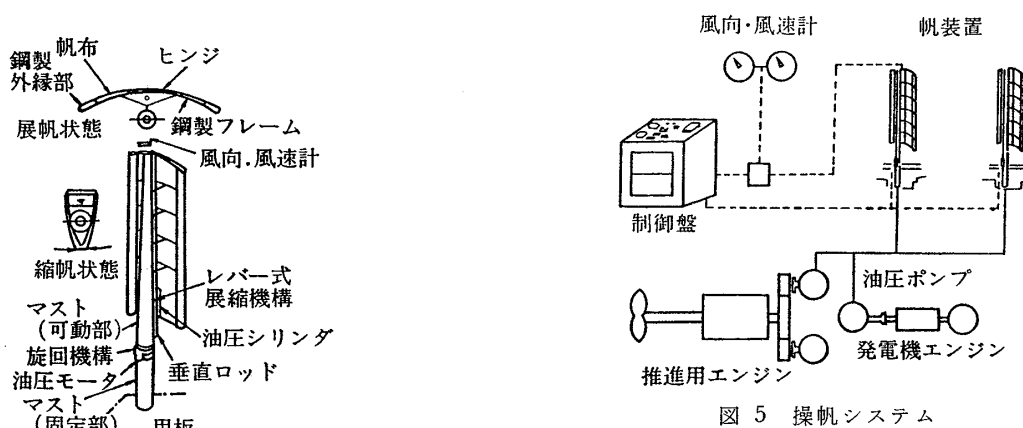


図 4 帆装置 (矩形硬帆)

図 5 操帆システム

ッドを上下させレバーを介して展縮させ、油圧モータにより減速機を介してターンテーブル上で施回させる方式を用いている。なお最近では帆を上下に2分割或いは3分割し、各々を独自に展縮するものも現われている。

三角形軟帆は帆の後端部(クルー)に取付けられた複数のロープをウィンチにより操作することで展縮帆或いは帆に適正な迎角を与える方式としている。ウィンチの動力は油圧モータ或いは電動モータが使用される。

2.3 操帆システム

操帆作業が乗組員の負担とならないよう、どの帆装商船に於ても展縮・旋回がブリッジから遠隔操作によって出来ることが最低の仕様となっている。純帆船の場合と異なり帆の数が少ないので手動操帆はそれ程問題にならないとはいえ、常時変化する風向・風速に応じての操帆作業の一層の負担軽減のために操帆の自動化が図られることも多い。硬帆型帆装置の場合その機能は、風向に対し最も大きな推力が得られる帆角を求め帆をその状態に自動設定するいわゆる適帆制御と言われるものと、強風

時或いは風向が推力として利用出来ない範囲に入ったとき自動縮帆する機能、縮帆状態の帆を抵抗が最小となるように風向に応じて旋回する向風制御から構成される。

実施例では硬帆の場合この自動操帆も併せ行うものが多く、一方三角帆では遠隔手動のものが多くなっている。

3 機 関 部

3.1 概 要

機主帆従の基本思想に依る帆装商船では、風が推進力として利用出来ない場合でも非帆装船と同様の通常航海を行うため主機出力は非帆装船と同等のものが装備される。したがって軸系・ボイラ・発電機その他の補機類についても基本仕様は非帆装船と同等のもので良いことになる。

しかしこれ迄の実績では、総合的省エネルギー船としての見地から機関部の各機器についても省エネルギー仕様のもをを装備し、全体として従来に無い大きな効果を挙げるものが多く見られており、帆装商船機関部としての特徴の一つとなっている。また運航計画に合った無駄の無い航海とするため、帆による推力に応じて主機出力を変化させ船速を一定に保つ定船速制御を行うことも多い。

現在就航中の主な帆装商船について船体・帆装置・機関部の主要目を表1に示す。また同表には参考用として一部の帆装商船の同型船、類型船の要目についても示す。

3.2 主機関

小型新造船で種々の省エネ対策を施す場合は、機関室の配置の都合上主機には小型・軽量・高出力であることが必要となる。また燃費低減のため、より低質なC重油の使用出来る機種が選定される。しかし最近建造されるようになった30,000 DWT級の船では、従来から種々の省エネルギー対策が施されており、また燃料も低質C重油の使用が一般的であることから表1に於けるAQUA CITY(帆装)とAQUA GADENの比較からも明らかなように、両者の仕様の差は全く無い。同様に就航船への追装の場合も、小型船では船体重量が重くなる分主機の負担が増すが、量的にはわずかなもので特に配慮の必要は無い。

ただ後述する主機制御を採用する帆船では、一般にC重油を使用出来る主機出力の範囲が限られていることから、この制御範囲をより広くするため特に大型帆船の場合USUKI-PIONEERのように2機1軸の構成を採用するものも現われている。これは大型化に伴って帆船の

主機構成の最適化についての検討が始まったことを示すものであるが、帆装効果を最大限に発揮させるために、主機のC重油使用限界の一層の低減が望まれる。

機関の運転に必要な冷却海水・冷却清水・潤滑油等の供給は、小型船の場合主機駆動のポンプに依り消費電力の節減を図っているが大型船では電動ポンプに依るものが標準的である。

3.3 軸 系

省エネルギーを追求する姿勢は軸系に於ても見られ、就航船では可変ピッチプロペラを採用する船の比率が随分高いものになっている。また通常の固定ピッチプロペラを使用する場合でも、非帆装船と同様に効率の良い大直径低回転形のものを用いられている。さらに一層の省エネルギーを図るためハイスキュー型のプロペラを使用し、同時に振動の抑制に効果を挙げた例もある。

軸の他端は低速エンジンを主機として使用する場合は直接エンジンと結合されるが、中速以上のエンジンを装備する場合には減速機・クラッチ等を介することになる。

小型帆装商船では、この減速機により減速機潤滑油・クラッチ作動油・甲板機械および操帆用油圧ポンプ、さらには軸発電機まで運転し動力の節減を図っている。

3.4 ボイラ・排ガスエコノマイザ

非帆装船の場合と同様、燃料・潤滑油系の加熱、暖房・温水供給用の熱源として、航海中は排ガスエコノマイザを用い、停泊時或いは容量不足のときはボイラを焚くのが一般的な方式である。

これ迄帆船に適用されたシステムは、

- ① 排ガスエコノマイザとして熱媒油により廃熱を回

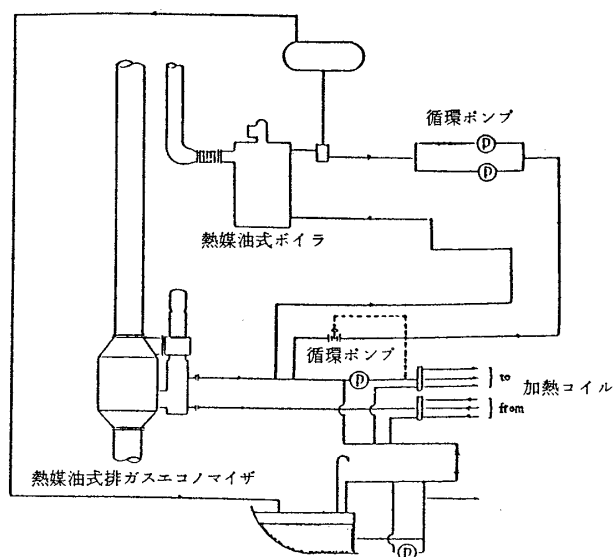


図6 熱媒油方式廃熱回収システム

表 1 帆 装 商

船 名		新愛徳丸 ¹⁾	愛 徳 丸 ²⁾³⁾	扇 蓉 丸 ⁴⁾	日 産 丸	日 徳 丸 ⁵⁾	
就 航 時 期		1980 年 9 月	1981 年 9 月	1983 年 4 月	1983 年 5 月	1983 年 5 月	
帆 装 時 期		同 上	1982 年 4 月	同 上	同 上	同 上	
船 種		タンカー	ケミカル タンカー	貨物船	貨物船	ケミカル タンカー	
船 体 部	全 長(垂線間) (m)	66.0	66.0	72.0	72.0	52.5	
	型 幅 (m)	10.6	10.6	12.6	12.6	10.0	
	型 深 さ (m)	5.2	5.2	6.9	6.9	4.5	
	総 トン 数 (t)	abt 699	abt 697.25	699	699	478.0	
	満 載 排 水 量 (t)	2,400	2,370				
	載 貨 重 量 (t)	1,400(近海)	1,680.17	2,081	2,098	633	
帆 装 置	帆 形 式	矩形層流硬帆	同 左	同 左	同 左	同 左	
	帆 寸 法 H(m)×W(m)×本	12×8×2	10.69×8×1	No. 1 14.5×9.5 No. 2 12.0×8.0	同 左	12.0×8×1	
	旋 回 方 式	油圧モータ	同 左	同 左	同 左	同 左	
	展 帆 方 式	油圧シリンダ	同 左	同 左	同 左	同 左	
機 関 部	主 機	形 式×台 数	単動4サイクル 過給機付デ ィーゼル機関 ×1	同 左×1	同 左×1	同 左×1	同 左×1
		連 続 最 大 出 力	1,600 PS/ 250rpm	1,600 PS× 500rpm/ 234rpm	1,550 PS× 730rpm/ 190rpm		1,050 PS× 400rpm
		使 用 燃 料 油	C 重油 (1,500 秒 RW No. 1) (100°F)	同 左	C 重油 (3,500 秒 RW No. 1) (100°F)		
		燃 料 消 費 率 (g/PS _h)	141	160	143		148
		減 速 機			推力軸受, ク ラッチ付水平 異芯型		
プ ロ ペ ラ	形 式×台 数	CPP*×1	CPP×1	CPP×1 (ハイスキ ュー型)	同 左	CPP×1	
	直 径 (mm)×翼 数	2,650×4 翼	同 左	2,900×4 翼		2,600×4 翼	
補 助 ボ イ ラ	形 式×台 数	熱媒油サーモ ヒータ×1	蒸気ボイラ× 1 672 kg/h 7 kgf/cm ² G 飽和 油焚・熱媒油 兼温水ボイラ ×1	油焚・熱媒油 兼温水ボイラ ×1	同 左	当機関排ガス 利用追焚兼用 コンボジット 型×1	
	熱 出 力	500,000 kcal/h	63,000 kcal/h	40,000 kcal/h (熱媒油) 98,000 kcal/h (温水)		50,000 kcal/h (熱媒油) 25,000 kcal/h (温水)	
	圧 力×温 度	230°C	85°C				

船 主 要 目						
TROPICAL MARINA ⁶⁾	第一協栄丸 ⁷⁾	はまなす ⁸⁾	AQUA CITY	USUKI PIONEER ⁹⁾¹⁰⁾	新愛徳丸型 在 来 船	AQUA GADEN
1984年1月 同上 貨物船	1984年5月 同上 タンカー	1972年3月 1984年7月 カーフェリー (双胴)	1984年7月 同上 ばら積船	1984年11月 同上 ばら積船	タンカー	1985年4月 ばら積船
89.80 18.8 12.9 6,650	95.80 15.00 7.80 2,901 4,894	38.0 15.0(単胴4.5) 5.0 488	173.0 26.0 14.5 19,000 30,900	152.0 25.2 14.8 abt 15,700 26,000	62.0 11.2 5.0 abt 699 2,400 1,400(近海)	173.0 26.0 14.5 19,000 30,900
三角形軟帆 No. 1 m ² JIB 42.5 No. 1 MAIN 193.0 No. 2 MAIN 193.0 電 動 電 動	矩 形 硬 帆 18.0×12.0×1 油 圧 モ ー タ 油 圧 シ リ ン ダ	同 左 9.0×6.0×1 同 左 同 左	同 左(並列) 16.0×11.0×2 同 左 同 左	同 左 16.0×20.0×2 同 左 同 左	な し な し	な し な し
同 左×1 3,300 PS× 240rpm C 重 油	同 左×1 3,000 PS× 225rpm C 重 油	同 左×2 750 PS× 720rpm	単動2サイク ル過給機ディ ーゼル機関× 1 8,300 PS× 99rpm C 重 油 124 な し	単動4サイク ル過給機ディ ーゼル機関× 2 3,300 PS× 240rpm/ 88rpm C 重 油 133	同 左×1 1,800 PS× 320rpm B 重 油 160	単動2サイク ル過給機付デ ィーゼル機関 ×1 8,300 PS× 99rpm C 重 油 124 な し
FPP**×1 3,000×	CPP×1	FPP×2 1,850×4 翼	FPP×1 6,250×4 翼	CPP×2 4 翼	FPP×1 2,300×4 翼	FPP×1 6,250×4 翼
円筒立型コン ボジット×1 油 焚 600 kg/h 7 kgf/cm ² G 飽和	×1		円筒立型コン ボジット×1 油 焚 1,000 kg/h 7 kgf/cm ² G 飽和	油 焚・熱媒油 兼温水ボイラ ×1 400,000 kcal/h	蒸気式ボイラ ×1 1,000,000 kcal/h 7 kgf/cm ² × 170°C	円筒立型コン ボジット×1 油 焚 1,000 kg/h 7 kgf/cm ² G 飽和

排 ガ ス エ コ ノ マ イ ザ	形 式×台 数	熱媒油式排ガ スエコノマイ ザ×1	同 左	同 左	ヒートパイプ 2次加熱, 熱 媒油式排ガ スエコノマイ ザ×1	
	熱 出 力 圧 力×温 度	80,000 kcal/h 150°C			84,000 kcal/h 180°C	
発 電 機	主 発 電 機	主機油圧駆動 80 kVA×1 220V 60 Hz	同 左 90 kVA×1	同 左 110 kVA×1 445V 60 Hz	同 左 120 kVA×1 445V 60 Hz	同 左 60 kVA×1
	補 助 発 電 機	ディーゼル機 関駆動 80 kVA×1	同 左 90 kVA×1	同 左 120 kVA×1	同 左	ディーゼル機 関駆動 2 段切 替 40/20 kVA×1
	停泊用発電機	ディーゼル機 関駆動 30 kVA×1	同 左 30 kVA×1	同 左 40 kVA×1	同 左	なし
主 機 制 御 機 能		定 負 荷 制 御 定 船 速 制 御	同 左	同 左	同 左	定 負 荷 制 御

* Controlled Pitch Propeller

** Fixed Pitch Propeller

収し, またボイラも熱媒油を燃料により加熱する方式とし, この熱媒油を循環させ船内熱源として利用するもの。

② ボイラとエコノマイザを一体化したコンポジットボイラを用い船内熱源として蒸気を発生させるものいづれかになっており, 一般に小型帆装船では前者が用いられ, 大型帆装船では後者が用いられる傾向にある。

さらに他の熱源として主機関高温冷却水を分離型ディーゼルタンク内で循環させ熱媒油と合わせて燃料タンクの加熱等に使用するものも, 小型帆装船の一部には適用されている。

3.5 発電装置

発電装置構成の基本的な考え方は船の大小に依らず, 通常航海中・出入港・離着岸時は特に大きな電力が必要とならない限りは主発電機1台で必要電力を賄い, 異常時に備えて補助発電機を一台, さらに停泊時の必要電力が大幅に航海時を下回る時は必要最小限の容量のものを装備するというものである。

これ迄に適用された形態は以下のように分けられる。

① 主発電機として, 主機駆動油圧ポンプによる油圧モータ方式の軸発電機を, 補助発電機として同程度のディーゼル発電機を, 停泊用として小容量のディーゼ

ル発電機を装備するもの。

② 主発電機は軸発電機, 補助発電機および停泊用発電機として回転数の切換えが可能な二速発電機を使用するもの。

③ 荷役・出入港時に大きな電力が必要となるが, 航海中は低下する船のため, 前者は高速・後者は低速で運転するディーゼルエンジン二速発電機を装備するもの。

④ 航海中1台, 荷役・出入港時2台運転を行うことで, 同容量のディーゼル発電機2台を装備するもの。

⑤ 上記に加え必要な場合には3台運転も行い得るよう, 同容量のディーゼル発電機3台を装備するもの。

いずれも機関室の大きさと所要電力を考慮して計画・設計されたものであるが, 荷油ポンプやデッキクレーンを持たず荷役時所要電力が小さい小型帆装船は, ①或いは②の方式, 荷役設備を持つものや大型帆装船は, ③, ④, ⑤の方式を採用している。

3.6 その他の特殊機器・装置

以上の一般的なシステムのほかに機関部として種々の試みが行われている。これは船毎の特殊な事情による傾向が強く, 必ずしも一般化されるものではないので, ここでは主なものについて列記するに留める。

排ガス 400 kg/h	×1		排ガス 1,000 kg/h	熱媒油式排ガ スエコノマイ ザ×2 200,000 kcal/h	なし	排ガス 1,000 kg/h
ディーゼル機 関駆動 265 kVA×2 450V 60 Hz	ディーゼル機 関駆動 2 速発 電機 375/250 kVA×1 (1,200/900 rpm) 250/160 kVA×1 (1,800/1,200 rpm)	ディーゼル機 関駆動 62.5 kVA×2 205V	同 左 400 kW ×3 450V 60 Hz	同 左 100 kW×2 445V 60 Hz	同 左 100 kVA×2 220V 60 Hz	同 左 400 kW×3 450V 60 Hz
なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
なし	定負荷制御	なし	なし	定負荷制御 負荷平衡制御 定船速制御 (含 2機・1機 自動切換)	なし	なし

- ① 主機関燃料油系に水添加装置を装備し、清水/燃料油エマルジョン燃焼による燃費改善を図るもの。
- ② 主機関燃料油系に A-C ブレンドを装備し、A 重油および C 重油の混焼による燃費改善を図るもの。
- ③ 燃料油清浄装置として遠心分離式に代えてスラッジ迄すりつぶすホモジナイザを装備しフィルタにより金属粉を取り除くことで、スラッジの完全燃焼、燃料油ポンプの焼付き、ノズルのつまり等の防止を図るもの。

4 機関部の制御システム

4.1 概要

一般に機関部には、エンジンの円滑な運転や安全の維持のため、ボイラ、発電機、その他の補器機類に対して各々の機器の目的に合わせた自動制御機能が装備されている。帆装商船に於ても前述のように非帆装船と同じ機器構成となるので、特別な機能は持たない機関部とすることは可能である。しかし帆装の効果をより高めるため、システム構成上可能であるならば、帆によって得られた推力に応じてエンジン出力を変化させ、総合推力を一定に保つことで定船速を保持する制御機能が採用される。

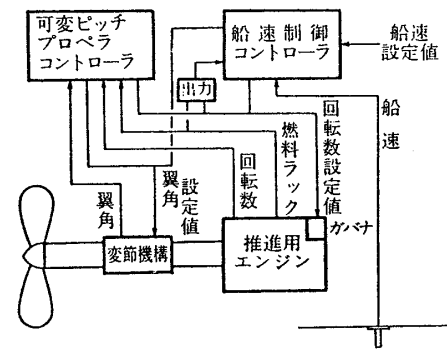


図 7 1機1軸船主機制御システム

この主機制御システムの機能はディーゼルエンジンの運転性能上の制約により適用範囲が限定されるので、主機および軸系の構成を広い出力変化が可能にすることで帆装効果をより高いものとする試みも行われている。

4.2 主機制御システム

帆によって得られた推力を船速の増加として還元させ航海時間の短縮を図るよりも、その分主機出力を減じて船速を保持し従来と同じ航海時間とする方が燃料消費量の節減につながるとの観点から定船速制御を特徴として本システムは作られている。ただ、主機・軸系の構成に

より内容が多少異なっており、また制御アルゴリズムについても、いくつかの考えによるものが提案されている。

以下ではこれ迄実施された主機・軸系についての基本方式を紹介する。

① 1機1軸船 (固定ピッチプロペラ)

実船速をフィードバックし目標船速となるよう主機ガバナの回転数設定値を変更する船速制御のみが可能であるが、燃料としてC重油が使用出来る主機出力の制限のため制御範囲が限られたものとなる。また帆による馬力利得が大きい場合は、高い船速に於て、プロペラを低回転で運転することになり、プロペラ効率の低い運転となる。また軸発電機等主機駆動の機器が装備されている場合は頻繁な回転変動を与えることになるため油圧を媒介としたリサイリスタ変換方式が必要となる。

② 1機1軸船 (可変ピッチプロペラ)

可変ピッチプロペラに標準的な機能の定負荷制御と帆船のための定船速制御を持つシステムで、これ迄最も多く採用されている。システム構成の一例を図7に示す。

定負荷制御はエンジン出力を外的条件の変化に対して一定に保つもので、燃料ラック位置と回転数より求められた出力と出力設定値との偏差に対して得られる制御出力を定められたロジックにより回転数或いはプロペラピッチ変節機構に与える。したがってこのモードでの運転は風の状態により船速が上下するものとなる。

定船速制御は船速偏差に対して得られる制御出力を回転数およびピッチ変節機構に与えるもので、この方式によれば FPP と異なりプロペラ効率の低下は避けられる。しかしこの場合にも軸発電機、機付補機使用上の制約とC重油に対するエンジン特性から、出力、回転数お

よび翼角に上下限を設けており、制限を越える運転状態に入りそうになると自動的に船速制御より負荷制御運転に移向し条件の逸脱を防ぐ、また制限を越える可能性が無くなると、自動的に船速制御を再開する。したがって風から得られる推力が小さい場合は出力を下限値を越えない範囲で低下させ一定船速を保持するが、大きい推力が得られる場合は出力を下限値に保つと共に船速の上昇で余剰分を吸収する。この動作概要を図8に示す。

③ 2機1軸船 (可変ピッチプロペラ)

1機1軸船では定船速制御範囲があまり広くないことから、その拡大により、より大きな省エネルギーを図るための方式の一つとして考えられたものである。すなわち、主機関を2台装備することで、帆による推力が大きくなった場合最終的には1台を停止し、もう1台を下限出力で運転する状態まで定船速制御を実行出来るようにしている。

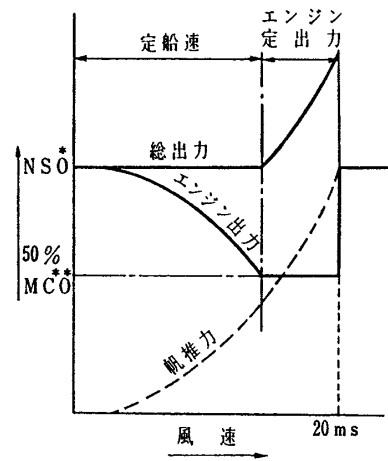


図 8 1機1軸船主機制御概念

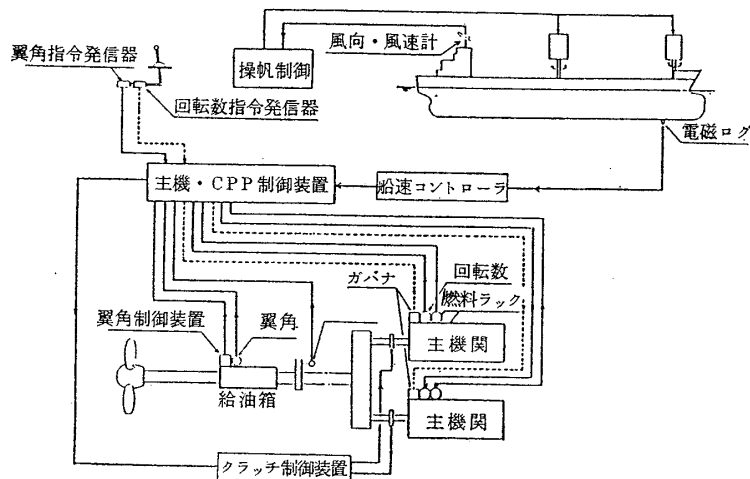


図 9 2機1軸船主機制御システム

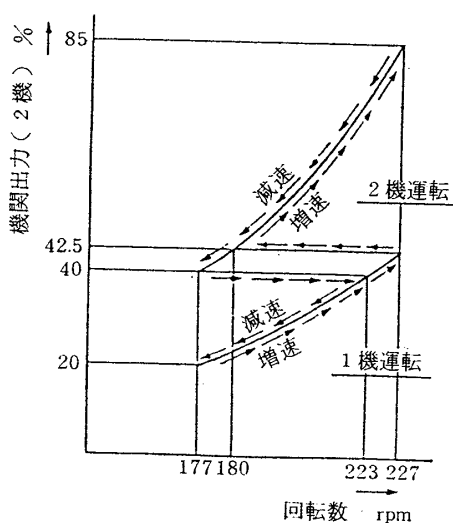


図 10 2機1軸船主機制御概念

このことを踏まえて2機1軸船の主機制御を整理する。

制御系統としては図9に示すものが使用されている。

2台の主機関運転の基本機能として自動負荷平衡制御が用いられている。これは、双方の燃料ラック位置を一致させるようにガバナに操作指令を与えるものである。

2台連動運転の下で行う定負荷制御は、機関の回転数と負荷を設定すると予め定められた関係により翼角の目標値が求まり自動設定される方式のものが用いられている。

定船速制御は既に述べたように、図10に示す自動発停および自動負荷平衡機能から成る運転台数制御を併用されるもので、実施例では総合出力で20~85%の広い範囲での制御を可能にしている。

ただ本システムは大きな機関室容積が必要となるため、大型船でないと適用出来ず、また價格的にもやや割高となる。

5 結 言

船舶に於ける省エネルギーの展開を代表するものとして登場した帆装商船は、効果、安全性等に対する当初の危惧を運航実績により払拭し、十分な有効性を持つものとしての認識を定着させると共に大型船への装備を通して適用範囲の拡大を図っている。このような動きの中で新しく建造された帆装商船の機関部は、総合的な省エネルギー船の一環として、種々の省エネルギー対策を施工したものであり、その結果得られた大きな効果が、帆装商船評価につながっていた。この効果は主機燃料消費量の低減という具体的な形で現われる。したがって帆装の結果得られた馬力利得をどのようにして燃料消費量の変

化に結び付けるかが機関部に課せられた課題すなわち唯一の帆と機関部の接点となる。

その問題に対する考え方の一つとして定船速制御があり、総合的な省エネルギー船の重要な機能としてこれまで多くの帆装商船に採用されて来た。特に最近の大型化の中で、この考えの徹底を図り、この定船速制御機能を最も有効に使用出来るように主機・軸系を構成したのも現われている。

一方、帆による馬力利得を積極的に主機に環元することとはせず、その時々状況に乗組員が適当に対応するという考えもあり、これ迄は就航船や漁船への装備の場合に用いられて来たが、最近建造された大型船で自動操帆機能だけは持つが主機とは関係付けず、また機関部構成も従来通りとするものもある。

これ等は帆装商船の機関部計画の考え方が多様性を持つことを示すものであるが、いずれにせよ主機関性能が帆装効果に大きな影響を与えるものであり、帆装商船の今後の発展のために帆性能の向上と共に大きな課題となっている。

これ迄述べてきた帆装商船はいずれも貨物船に属するものであるが、昨今漁船で帆装を施すものが建造されるようになり、貨物船と同程度の隻数に上っている。これ等はいずれも三角形軟帆を装備するものであるが、機関部仕様については十分な資料がなく、また欧米で建造された船についても同様の理由で対象から除かせて戴いた。

参 考 文 献

- 1) (財)船用機器開発協会：帆装タンカー“新愛徳丸”について、船用機器開発協会資料、(1980年6月)。
- 2) (株)今村造船所設計部、他：愛徳丸、内航海運、(1981年10月)。
- 3) (株)愛徳、他：帆装の実態、船の科学、Vol. 36 (1983年8月)。
- 4) 日本鋼管(株)船舶計画部：省エネ帆装商船“扇蓉丸”および“日産丸”、船の科学、Vol. 36 (1983年8月)。
- 5) 船舶整備公団工務部、他：帆装PO船日徳丸、内航海運、(1983年7月(増))。
- 6) 桜井邦夫：軟帆式帆装商船“TROPICAL MALINA”船の科学、Vol. 37、(1984年7月)。
- 7) 志賀竹磨、他：第一協栄丸、内航海運、1984年9月)。
- 8) 高橋嘉勝：横揺れ防止型双胴カーフェリー“こぼると”の計画、NEK技報、(1972年)。
- 9) 日本船舶振興会、他：D/W 26000M. T. 型近代帆装貨物船“ウスキパイオニア”、日本船舶振興会資料(1985年)。
- 10) 臼杵鉄工(株)技術部：26000DWT 帆装貨物船の推進システムと制御について(1985年)。
- 11) 写真で見る日本の帆装商船、世界の艦船 No. 348 (1985年3月)。