

# 船用推進機と推進性能の相関について

山谷 尚弘\*, 池野 一成\*\*,  
高橋 淳\*\*\*, 中村 慎太郎\*\*\*\*,  
中西 優太\*\*\*\*\*, 西井 典子\*\*\*\*\*

Regarding the correlation between marine propulsion equipment and propulsion performance

YAMATANI Naohiro\*,  
IKENO Kazunari\*\*,  
TAKAHASHI Jun \*\*\*,  
NAKAMURA Shintaro\*\*\*\*,  
NAKANISHI Yuta\*\*\*\*\*,  
NISHII Noriko\*\*\*\*\*

Ship propulsion systems are also changing with the times. In recent years, as various efforts have been made to reduce environmental impact, ships that incorporate electric propulsion and hybrid propulsion are being built. These propulsion systems may not be suitable for all ships. In this research, regarding the propulsion performance required for training ships, we investigated the characteristics of the propulsion systems used in ships, examined the correlation between propulsion equipment and propulsion performance, and proposed a propulsion system that is suitable for the usage environment.

キーワード: 船舶, 推進装置, プロペラ, 電気推進, 防災船

## 1. 緒言

船用推進機も時代と共に変わりつつある。近年、環境負荷低減を目標に様々な取り組みがなされる中、電気推進やハイブリッド推進<sup>(1)</sup>を取り入れた船舶が建造されている。これらの推進システムが将来的にすべての船舶に良好とは限らない。使用用途や航路などによっては、今までと同様の推進装置がよい場合もある。現在、商船系高等専門学校では練習船の代替時期を

迎え大島丸から順次建造されている。大島丸は、1番船として電気推進装置を採用し、2023年3月に就航した。電気推進装置は、次世代推進装置としては注目されているものの、その船舶にふさわしいものなのかはよく検討する必要がある。従来搭載されているディーゼル機関直結の推進装置と比べ、機関室レイアウトの変更や騒音発生音域の変化、電磁波の問題までも浮上している。このような問題を解決しながら次世代船舶の建造をおこなわなければならない。

近年、船舶より排出される排気ガスも規制が強化されている中で、ディーゼル機関直結の推進と同等の効率を発揮でき、なおかつ、機関効率をプラント全体で向上させる必要がある。機関単体での改善には限界があるが、シンプルなものを求めるユーザーも多く、推進装置においても大きく変化していないのが現状である。

本研究では、既存船舶に採用されている推進装置の調査をおこない、次世代練習船に求められる推進

---

\* 練習船若潮丸

e-mail: yamatani@nc-toyama.ac.jp

\*\* 練習船若潮丸

e-mail: ikeno5176@nc-toyama.ac.jp

\*\*\* 練習船若潮丸

e-mail: jtakahashi@nc-toyama.ac.jp

\*\*\*\* 練習船若潮丸

e-mail: nakamura0116@nc-toyama.ac.jp

\*\*\*\*\* 海事システム専攻

e-mail: ms2230002@toyama.kosen.ac.jp

\*\*\*\*\* 商船学科

e-mail: nishii@nc-toyama.ac.jp

機の選定基準や推進性能について検討し、代替練習船に求められる推進装置の提案をおこなった。

## 2. 研究背景

第一種船舶職員養成施設が所有する練習船は、船員教育をおこなうことに特化しているものの、高等教育機関としての研究支援や地域貢献として防災船としても活躍することが求められている。船舶寿命としてひとつの基準として 30 年が挙げられているが、高等専門学校が所有する練習船もその時期を迎えている。代替船において、5 商船でのシリーズ船化が決まり、船体については、同一船型とすることが決定された。しかしすべてがシリーズ化とすることはなく、各校の特徴を取り入れた個性化が認められた。その中で共通する項目として防災能力の強化が挙げられた。

近年、日本近海では地震による集落の孤立や津波による海岸周辺の被害によって大きな被害が発生している。2024 年 1 月 1 日には、能登地方を震源とする大規模地震により多くの人々が被災した。能登半島の 85% の海岸線は断層のずれによって隆起した。各地の漁港や港は、隆起の影響により水深が浅くなり、船舶が入港できない状況となった。海からの支援はその船舶の大きさや推進能力に委ねられることになる。

地震発生から 72 時間<sup>2)</sup>が生命維持の限界とされ、今回のような冬の時期では、低体温症等により短くなる傾向にある。断水、停電、道路被害等により陸上からの支援に限界がある中、海上からの支援は有効な手段として以前から期待されている。しかしながら、今回のような海底隆起は、想定されていなかった。数千年に一度とまで言われた地震被害では、陸上、海上共に支援の限界が見られたのも事実である。そこで、災害時でも活躍できる船用推進機について検討した。

## 3. 船舶における推進装置の調査

既存船舶に用いられている推進機について調査した。図 1 は、2 ストロークディーゼル機関を搭載した推進装置を示している。2 ストロークディーゼル機関の特徴としてピストン行程が長く、機関回転数が低いことか

ら大口径のプロペラを組み合わせたものが多い。また、プロペラは固定式ピッチを採用することで機関効率<sup>3)</sup>、推進効率共に高い組み合わせとなることから、大洋を航行する大型船舶に多く採用されている。この推進装置は、プロペラを固定ピッチとすることで推進効率が向上するが、後進時の能力が低く、停止距離が長くなることから危険回避能力が他の船舶より低い。搭載される船体は、長期連続航海をおこなう貨物船やタンカーなど大型船舶に多く採用されている。そのほとんどがスラスタを搭載しておらず操船能力は直進以外低い。

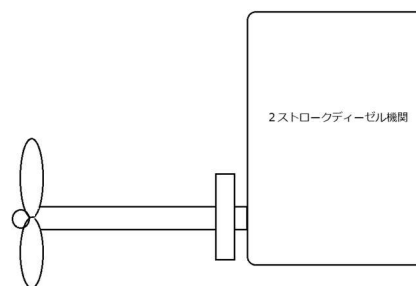


図 1 2 ストロークディーゼル機関推進装置の概要

4 ストロークディーゼル機関について、図 2 に概要を示す。

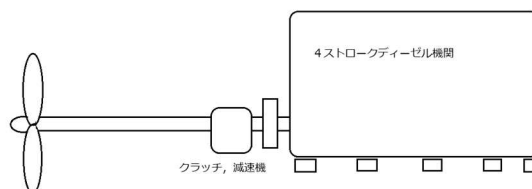


図 2 4 ストロークディーゼル機関推進装置の概要

4 ストロークディーゼル機関に採用される推進機としては、減速機、クラッチ、可変ピッチプロペラを組み合わせたものが多い。4 ストロークディーゼル機関は、ピストン行程が短く、機関高さを低くすることができることから、客船や自動車運搬船、大型カーフェリーなど<sup>4)</sup>に搭載されている。これらの船舶は機関効率や推進効率を犠牲にしてもカーゴスペースや居住区画の確保を重視した船舶が多い。前後にスラスタを配置することで操船能力も高く、可変ピッチプロペラを採用す

ることで停止距離が短くすることが可能となり、航海時間が比較的短く、出入港の多い船舶に採用されている。前述の2ストロークディーゼル推進機と共に現在も多くの船舶に採用されているシステムである。

電気推進システムには大きく2種類のシステムがある。図3に小型貨物船等に採用されているシステムを示す。このシステムは、推進機は既存船舶に多く採用されているものと同様であり原動機のみ電動化されている。構造はシンプルであるが、電気推進を駆動する電気は、ディーゼル機関によって供給されることからあまりメリットはない。大型主機関を採用しないことから、振動の発生を低減することができる。しかしながら、発電機を介して供給されることから効率は低下する。

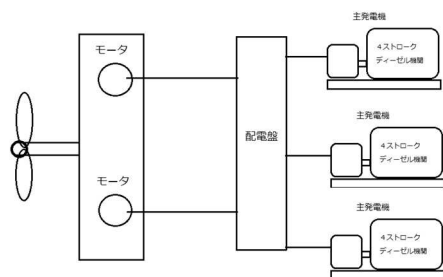


図3 電気推進システムの概要

次に、大型船に採用されているシステムを図4に示す。このシステムは客船や南極観測船などに採用されている。

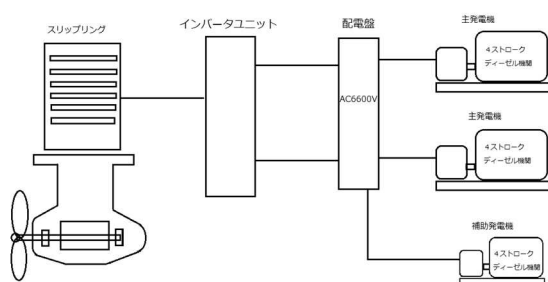


図4 電気推進システム(AZPOD型)の概要

アジマススラスタと呼ばれ、推進機とスラスタの両方を兼ねることができる。電動機と発電機の間にはインバーターを入れることでプロペラ回転数を1回転から制御することができる。客船では、大型主機関から

小型発電機を多く搭載することで振動を軽減することができる。しかし、システムが複雑であり、高電圧の電動機を採用することで電磁波の影響やシステムを扱うにあたり、熟練の技術が必要となる。単独採用の他、二重反転推進装置としても近年、採用されている。

タグボートなどに多く採用されている推進装置を図5に示す。この推進装置は回頭性能に優れており、タグボートのみならず、定点保持や海洋調査などをおこなう船舶に搭載されている。主機関からプロペラを繋ぐシャフトの形状から、「Zプロペラ」通称、「Zペラ」と呼ばれている。プロペラと動力との間にシャフトを介すことから推進効率はよくないが、推進性能、特に回頭性能が非常に良い推進機である。2機採用によりその場での回頭も可能である。また、喫水の浅い船舶においても大型のプロペラが搭載できるなどのメリットがある。

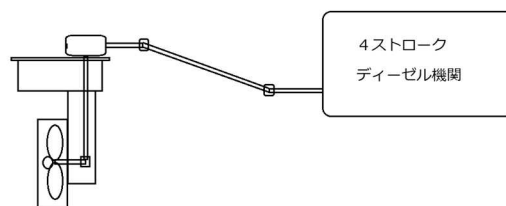


図5 Zプロペラ推進装置の概要

#### 4. 推進装置の進化について

3章では既存船舶に搭載されている推進機について調査した。近年、推進装置に電動機を組み合わせたものが多く販売されている。電動機を組み合わせることからシステムは、ハイブリッド推進と呼ばれている。このハイブリッドシステムは自動車分野では回生ブレーキを設けるなどのエネルギー回生をおこなっているが、船舶ではおこなわれていないのが現状である。4ストロークディーゼル機関に電動機を組み合わせたシステムを図6に示す。このシステムは電動機が減速機を介してアシストするようになっている。この場合は、推進出力は合算された出力となる。出力は、船体トン数と同様、いろいろな規則の制限となることから組み合わせには注意が必要である。電動機はあくまでも発電機より供給されることから安全面で2系統の動力を確保

することがメリットとなる。

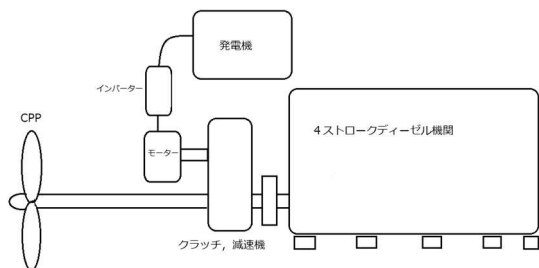


図 6 4 ストロークディーゼル型ハイブリッドシステム

図 7 は、前述の電気推進システムにインバーター、二重反転プロペラを組み合わせたシステムである。このシステムは、発電機と電動機の間でインバーター制御をおこなうことでプロペラ回転を 1 回転から制御することができる。シンプルな電気推進システムにインバーターを採用することで機関使用範囲が広がることから定点保持や低速航走から通常航走まで対応することができる。

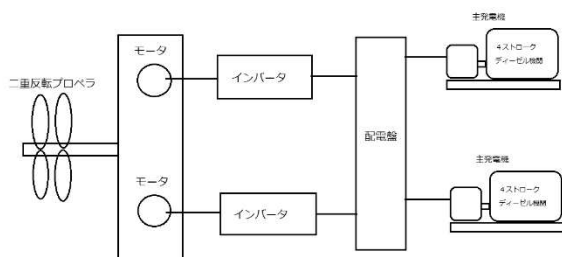


図 7 インバーターシステムを採用した電気推進装置

AZPOD 推進装置の応用として近年注目されているのが、ディーゼル推進装置の後方に AZPOD 型電気推進装置を組み合わせ二重反転とした<sup>(5,6)</sup>推進装置が開発された。この推進装置を図 8 に示す。このシステムは、推進効率に優れ、従来のディーゼル直結の推進機に比べ、2 割程度燃料消費量が削減できることも報告されている。また、電気推進ユニットは、左右 135 度まで可動することができるので、スラスタを兼ねることができる。特に船尾側のスラスタは推進用のプロペラ水流が影響し、効きが弱いと言われているが、このシステムは、出力も大きく気象、海象の影響を受けず出入港が可能となるなどのメリットがある。しかしなが

ら、初期コストが高いことから建造費負担が大きくなることから燃料消費が多い船舶にメリットが大きい。

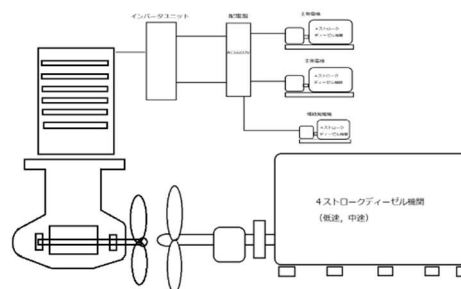


図 8 AZPOD 推進装置の応用

Z プロペラ推進機を用いたハイブリッドシステムを図 9 に示す。このシステムは、4 ストロークディーゼル推進と同様、機関を電動機がアシストするシステムを採用している。

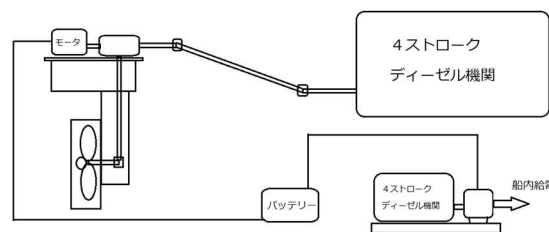


図 9 Z プロペラ推進を応用したハイブリッドシステム

各メーカーは、既存のシステムを発展させながら新しい推進装置の開発をおこなっている。二重反転プロペラを用いた推進装置は、プロペラ外径を変えずに推進効率を向上させることができることから積極的な採用がなされている。練習船への搭載に関しては、船体の大きさや搭載スペース、初期コスト、ランニングコストも含めて検討する必要がある。また、練習船としての基本的要素も残さなければならず、ベースを既存船舶と同様とし、付加価値を加えることで実用的な推進装置となる。

### 5. 結論および今後の展望

本研究では、推進機と推進性能の相関について調査し、練習船に求められる推進性能について得られた知見より次の結論を得た。

- (1)練習船に求められる防災船としての能力は限られている。しかし、乗船実習において学生の乗船を想定した場合、2次推進装置として電気推進の採用は必要である。
  - (2)洋上観測時、定点保持能力を向上させるためには観測時の低速航行が可能である電気推進システムは推進システムとして有効である。
  - (3)「練習船」、「防災船」、「観測船」の用途をすべて受け入れるには以下の推進システムが理想と考えられる。
- ・4 ストロークディーゼル機関+電気推進とする。ディーゼル機関への電動アシストはおこなわず、双方が単独運転とする。馬力を合算した場合、乗組員の増員等の問題も発生することから望ましくない。
  - ・スラスタは、船首、船尾に採用し、船首側をポンプジェット式とすることで、独立した推進装置として使用することができる。

## 6. 引用文献

- (1)脱炭素技術センター,  
[https://www.decarbonation-tech.com/ship\\_3000/](https://www.decarbonation-tech.com/ship_3000/)  
電気推進船の開発状況, 2023.07.21.
- (2)内閣府政策統括官(防災担当),「災害救助法の概要(令和2年度)」, 2020.
- (3)青波徹, EEDI バルチラ-2 ストローク機関の取り組み-船舶の消費エネルギー高効率化を目指して-,  
Journal of the JIME, 50(2), 233-237, 2015.
- (4)ダイハツディーゼル株式会社,「船舶用ディーゼル主機関 総合カタログ」.
- (5)新日本海フェリー株式会社 はまなす/あかしあ  
DECKPLAN.  
[https://www.snf.jp/cms/wp-content/uploads/2020/05/akashia-deck\\_plan.pdf](https://www.snf.jp/cms/wp-content/uploads/2020/05/akashia-deck_plan.pdf).
- (6)上田直樹, 大島明, 雲石隆司, 藤田重友, 武田信玄, 北村徹,「世界初のハイブリッド型 CRP ポッド推進高速フェリー」, 三菱重工技報, 41(6), 338-341, 2004.