

電気推進船における実測値を用いた燃料消費シミュレーションの評価

東京海洋大学 ◎井上 泰輔 木船 弘康 勝見 健 北野 庸介

1. はじめに

著者らは、船舶の燃料消費量（FOC: Fuel Oil Consumption）節減に関する研究を行っている。新造船の FOC 節減効果を評価する際に、大型の模擬船を建造し FOC を把握することは費用と時間の面で現実的ではない。そこで、本研究では仮想の推進システムをパソコン上に構築し、FOC を推定できるシミュレーションの開発を行ってきた⁽¹⁾。開発したシミュレーションの精度を評価するために、主機駆動の船舶において FOC の実測値とシミュレーション結果の比較・評価が行われている⁽²⁾。しかし、電気推進船において本シミュレーションの評価は行われていない。

本論文では、電気推進船におけるシミュレーションの精度を評価するために実測値との比較を行った。比較にあたり、東京海洋大学に所属する CPP の電気推進船神鷹丸における航海中の発電機電力、燃料消費量、推進用電動機電力などを計測した。そして、神鷹丸と同じ機能を持つ推進システムをパソコン上に構築し、実測された発電機電力を入力することで FOC を算出した。このシミュレーション結果と実測値を比較して本シミュレーションの精度を評価した。

間推移を示したグラフである。いずれの時間帯も発電機は主発電機 2 台の並列運転となっており、2 台合計の発電電力が 600 kW 前後で変動している。負荷が不安定となった要因は、風や波などの外乱により推進用電動機に大きな力がかかり、その影響で電動機電力の変動が大きくなったためである。本論文では、この 2 つの負荷条件において、3 時間分の積算燃料の実測値とシミュレーションから得られる積算値の比較を行った。

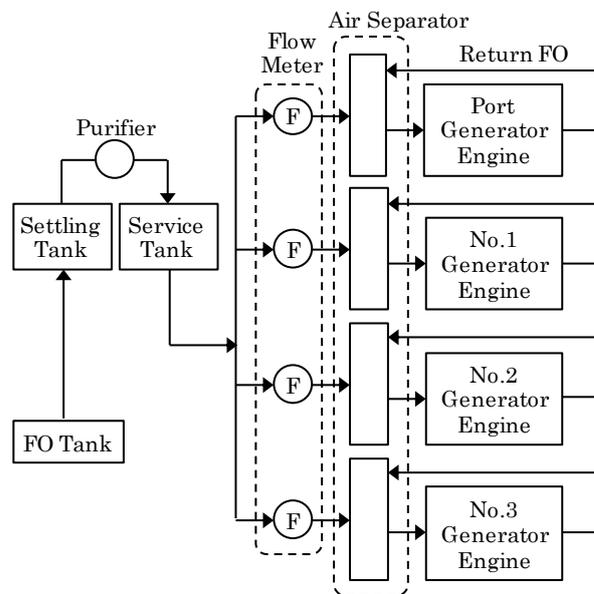


図 1 神鷹丸の燃料系統概略図

2. 燃料消費量の実測値

図 1 は神鷹丸の燃料系統概略図である。神鷹丸では発電機 1 台ごとに燃料流量計を設置しており、瞬時値および積算値を計測することができる。しかし、流量計で計測できる最小単位が大きいため、瞬時流量の値を用いたシミュレーションの評価はできなかった。そこで、本論文では瞬時値ではなく積算値でシミュレーションの評価を行うこととした。計測されたデータの中に、負荷の変動が少なく発電電力が安定した時間帯と、負荷の変動が激しく発電電力が不安定な時間帯があった。図 2 は合計発電電力の時

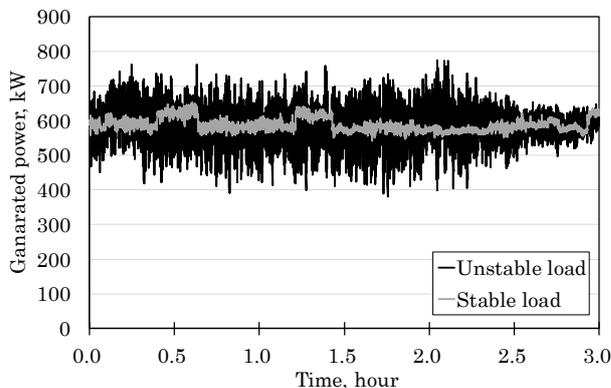


図 2 発電電力

3. 燃料消費シミュレーションの評価

3.1 シミュレーション結果

表1は負荷安定時と不安定時のそれぞれの実測値とシミュレーション結果を示している。ここで、誤差はシミュレーション結果と実測値の差であり、誤差率は誤差を実測値で割った値に100をかけている。負荷安定時では誤差率が+3.8%であったのに対し、負荷不安定時では-14.2%と大きな誤差が生じている。

表1 類推した効率特性による燃料消費シミュレーションの結果と実測値の比較

	Stable load	Unstable load
Measured FOC, ℓ/h	160.6	193.0
Simulated FOC with estimated efficiency, ℓ/h	166.7	165.6
Difference, ℓ/h	+ 6.1	- 27.4
Difference rate, %	+ 3.8	- 14.2

3.2 負荷安定時について

本シミュレーションにおいて、推進システム構成機器の効率は他の複数の船舶に搭載されている機器の効率データから類推する仕組みとなっている。このため、表1のシミュレーション結果は、神鷹丸の発電機エンジンやオルタネータのデータを用いずに得られた値である。神鷹丸の発電機エンジンの回転数は900rpmであるが、類推に用いたエンジンは1200rpmのものも含まれている。発電機エンジンは回転数が高いものほど効率は低くなる傾向にある。したがって、類推された効率は、神鷹丸に搭載されている発電機エンジンの効率よりも低くなり、シミュレーション上でより多くの燃料を消費することとなったと考えられる。この問題を改善するためには、

表2 神鷹丸の効率データを用いた燃料消費シミュレーションの結果と実測値の比較

	Stable load
Measured FOC, ℓ/h	160.6
Simulated FOC with real efficiency, ℓ/h	161.6
Difference, ℓ/h	+ 1.0
Difference rate, %	+ 0.6

効率を類推するための機器のサンプル数を増やしていく必要がある。なお、表2に神鷹丸の発電機エンジンとオルタネータの効率データを用いてシミュレーションを行った結果を示す。誤差率が+0.6%となり、シミュレーション値のほうが実測 FOC よりわずかに多い結果となった。これは、神鷹丸に搭載されている流量計が持つ計測誤差の範囲内にある。したがって、実際に搭載されている機器の効率データを用いた場合、一定程度の精度が得られる。

3.3 負荷不安定時について

本シミュレーションは機器の効率を類推するために、定常状態のデータを用いている。一方、図2に示すような負荷が大きく変動する条件においては、エンジンの運転状態が過渡的になっていると考えられる。このため、エンジンの効率が定常状態よりも低下したと考えられる。本シミュレーションでは過渡状態における効率変化(低下)を考慮しておらず、実際の機器より高い効率を示している。その結果としてシミュレーション結果の方が実測値より少ない値を示したと考えられる。

4. まとめ

著者らが開発した燃料消費シミュレーションでは、負荷が安定した状態において一定の精度があることが分かった。一方で負荷が不安定になった際、エンジンの効率を正確にシミュレーションすることができず、誤差が大きくなってしまった。今後は、負荷変動が大きい場合にも、ある程度の精度が保証できるようなシミュレーションの手法を考えていく必要がある。

参考文献

- (1)Hiroyasu Kifune, Takaaki Nishio, "A Study of Fuel Consumption Model Using Tugboat's Propulsion System", 日本マリンエンジニアリング学会誌 Vol.50, No.4, pp.129-136(2015)
- (2)浅田悠右、西尾尚晃、木船弘康「燃料消費量のシミュレーション結果と実測結果の比較検討」第86回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集、pp.123-124(2016)