1.はじめに

排ガス中の NO_x の抑制に有効なガスタービンと 電気モータで駆動するポッド・プロパルサ [1, 2] を組み合わせた電気推進法に関する研究プロジェ クトが本年度から開始された。ポッド・プロパル サは旋回性能や静粛性に優れるばかりでなく、機 関係の容積が小さくなるとともに船内配置の自 由度が増すことから、船型、とりわけ船体後半部 形状が在来型と大幅に変更できる可能性があり、 これによる推進性能の向上も期待できる。しかし ながら、ポッド・プロパルサ対応船型(以下、ポ ッド船型という)を採用することによって、その 推進性能が在来型船型(以下、原型という)より どの程度向上し、どの様に変化するかは、公表さ れたデータがなく、予測することができない。

このため、ポッド型プロペラ動力計を製作し、 749GT型の内航貨物船を例に、原型とポッド 船型について、抵抗・自航試験、伴流計測及びプ ロペラ単独性能試験とポッド・プロパルサ単独性 能試験[3]を行った。ここでは、自航試験を中心に 種々のポッド配置方法が推進性能に及ぼす影響を 調べるとともに、2つの考え方による自航試験解 析方法により比較検討した結果を速報する。

2. 供試模型及び計測装置

2.1 模型船

本試験のために原型(M.S.No.634)とポッド船型 (M.S.No.638)の2隻の模型船をパラウッド方式 (骨材として木材を、船殻にパラフィンを用い る。)で製作した。両船型の主要目を表-1に示す。

両者の船体前半部は全く同一線図からなり、 CFD計算[4]を用いて設計されたポッド船型 の後半部は図-1に示す様にウォールサイドを もつバトック・フロー船型となっている。なお、 ポッド船型の排水量は原型より約 2.7%少なくな ったため、ポッド船型の主な試験は原型と同一

推進性能部 *右近 良孝、藤沢 純一 日野 孝則、工藤 達郎

の吃水とした状態と排水量を同一とした状態に ついて行ったが、ここでは排水量合わせ状態 (Full-2)での結果についてのみ述べる。

表-1 模型船主要目及び実験状態表

	1	Y	
SRIM. P. No.	634	638	
	Conv. Ship	Podded Ship	
Condition	Full	Full-1	Full-2
		Given Draft	Given Disp.
Length between Perpen [m]	6.6667	6.6667	6. 6667
Length at Load Water Line [m]	6.8836	6.8836	6. 8836
Breadth (Mould) [m]	1. 1111 ³¹	1. 1111	1. 1111
Depth (Mould) [m]	0.5983	0. 5983	0.5983
Draft [m]	0. 3939	0. 3939	0. 4034
Displacement w/o Appen. [m³]	2.0456	1. 9890	2.0456
Wetted Surface w/o Appen. [m ²]	9. 7306	9. 5462	9.6768
I _{CB} [XL _{PP}] (Aft., +)	-1. 44	-2.39	-2.30
Block Coefficient C _B [-]	0.7008	0. 6818	0.6844
Prismatic Coefficient Cp [-]	0.7380	0.7180	0.7200
Midship Coefficient C _M [-]	0. 9490	0. 9493	0.9505
Inclined Angle [deg]	2° -	0° 5°	0° 5°



図-1ポッド船型形状

表-2 模型プロペラ主要目

SRIM. P. No.	300	037R
Diameter [m]	0. 1965	0. 2233
Boss Ratio [-]	0. 1665	0. 1800
Pitch Ratio at 0.7R [-]	0.6800	0.8000
Exp. Area Ratio [-]	0.6200	0.5500
Number of Blades	4	4
Rotational Direction	Right	Right
Blade Section	NACA	MAU

乱流促進のため、スタッドを S.S. 9 1/2 と船 首バルブ中点の2ヶ所に従来通りの方式で打ち 付けた。ビルジキールは付けなかった。原型の 舵は実船に合わせてシリング舵とした。

2.2 プロペラ模型

原型は同型船で2種類の直径のプロペラが使 用されていることから、表-2に示す2個のス トック・プロペラを用いた。これらのプロペラ のプロペラ単独性能とポッド・プロパルサ単独 性能の試験結果は文献[3]に示す。なお、ここで は直径の小さな M. P. No. 300 を用いた試験の結 果のみを記す。また、これらのプロペラはポッ ド・プロパルサ用でないため、図-2に示す様 に、ボス周りが段付き形状なっている。



図-2 ポッド型動力計と船体後半部形状

2.3 計測装置

(1) 原型

船体抵抗は高速艇用抵抗計測装置(抵抗計測 用センサ容量;300N)を用いて計測した。自航 試験でのプロペラとトルクは自航動力計 No.4 (容量;スラスト120N、トルク5N-m)で計測し た。この他、船体沈下量はポテンショメータで、 舵力は3分力計(容量;2分力20N)で計測した。 (2)ボッド船型

抵抗と船体沈下量は、原型と同じ計測装置を用いて計測した。

ポッド・プロパルサの自航時のスラスト T、ト

ルク Q、ポッド推力 Fx、横力 Fy、モーメント Mzから成る5分力とプロペラ回転数nはポッド 型動力計システム(容量;スラスト200N、トル ク4N-m、推力300N、横力300N、モーメント 30N-m)で計測した。このポッド型動力計を模 型船にトラクタ型(プロペラがポッドの前方に 付く形式)で取り付けた状態を図-2に示す。 なお、プロペラがポッドの後方に付く形式をプ ッシャ型という[2]。なお、ポッド形状に関して は今回最適化を行わず、動力計の標準形状のま まで試験を行った。

3. 試験状態と結果

3.1 抵抗試験

原型の他、ポッド船型でポッド付(ダミーボ ス)とポッドなし(裸穀; Naked)状態について、 満載状態に対して抵抗試験を行った。ポッド船 型に関しては、トラクタ型とプッシャ型の両形 式に対して、それぞれプロペラ軸を0°水平と した場合と船型に沿って5°下方に傾けた場合 について試験を行った。ポッド船型のポッドな し状態の計測結果はポッド・プロパルサ全体を 推進器として考えて解析する時の船体抵抗を求 める際に使用する。

各状態における抵抗試験で得られたデータの うち、造波抵抗係数 r_W と有効馬力 EHP に関する 比較を図-3と4に示す。なお、形状影響係数 1+K は、原型舵付が 1.225、ポッド船型のトラク タ・ポッド付(両角度とも)が 1.140、プッシャ・ ポッド付が 1.130 であった。摩擦抵抗計算は Schoenherr の式で行った。粗度修正係数ΔC_F は 0.0005 とした。



各配置での造波抵抗を比べると、フルード数 Fn=0.1650から 0.2564の間で、計測値に差が現 れる。10kt 以上で原型舵付の造波抵抗はポッド 船型より大幅に大きく、舵付、舵なしの順で大 きい。ポッド船型ではトラクタ型、プッシャ型 の順で大きく、ポッドなしはプッシャ型とほぼ 同レベルであった。

一方、船速 Vs が 12kt の時について各配置に おける有効馬力を比べると、図-4に示すよう に原型舵付を基準として、舵なしは 99.5%となる。 ポッド船型のポッドなしは 84.1%、トラクタ型で は 86.4%となり、プッシャ型では 84.6%となった。 船体後半部をバトック・フロー船型とすること のみで、原型舵なしに対してポッドなしで約 15%、 原型舵付きに対してポッド付きで 14%から 15%抵 抗低減したことになる。





3.2 自航試験

自航試験は満載状態において、原型の他、種々 のポッド配置について行った。ダクト・プロペ ラなどの特殊プロパルサを装着した時、どこま でを推進器として考えるかが問題となる。今回 開発されたポッド型動力計は、プロペラのスラ ストとトルクのみならず、ポッド・プロパルサ 全体に加わる流体力も計測できるので、ポッド を船体の一部として、ポッド付き船体の抵抗と プロペラ単独性能試験から自航要素を算出する 方法と、ポッド・プロパルサ全体を推進器とし て取り扱い、裸穀の抵抗と3分力計の計測値か ら解析する方法が可能である。後者の方法は、 ヨーロッパで用いられているが、ここでは計測 精度と安定性の点から、前者の方法に基づいて 解析した結果を中心に以下に述べる。

(1) 伴流係数 1-w₁



図-5に各種のポッド配置状態における有効 伴流係数を原型のデータとともに、船速ベース にプロットした。伴流係数は原型と比べて、ど の配置でも大幅に大きくなり、トラクタ型より プッシャ型がより大きい。5°傾斜したトラクタ 型の方が大きくなるのは、流れに向けたためで ある。逆にプッシャ型では5°傾けた時の方が小 さくなった。トラクタ型の伴流係数がプッシャ 型より小さいのは、ポッド及びストラットの排 除効果による伴流増加のためと考えられる。



(2) 推力減少係数 1-t

図-6に推力減少係数の比較を示す。原型と 比べてポッド船型のどの配置でも大きくなって おり、このうちプッシャ型がトラクタ型より大 きくなる。船体からプロペラが離れたためと思 われる。ポッドの傾斜の影響はさほど顕著でな い。なお、原型の推力減少係数が小さ目である のはシリング舵を装着したことが一因と考えら れる。

(3) 推進器効率比n₁

推進器効率比 η_Rの比較をすると、いずれのポ ッド形式でも原型より小さくなる。トラクタ型 の推進器効率比は 1.0 より大きいが、プッシャ 型はこれより小さな値となっている。これは後 方にストラットなどがないためと考えられる。

(4)推進係数 η」

図-7に推進係数の比較を原型のデータと ともに示す。推進係数はプッシャ型0°の時が 最も高く、それ以外の各配置は原型とほぼ同程 度である。全体として、船速の増加とともに低 下する傾向が見られる。



図-7推進係数の比較

(5) 伝達馬力 DHP

図-8に伝達馬力の比較を示す。矢崎の伴流 修正係数(1-w_s)/(1-w_y)は、実船の船長が 100m 以下であるので、1.0 とした。得られた伝達馬 力は、原型舵付が最も大きく、プッシャ型0° の配置が全速力範囲にわたって最も小さい。船 速 12kt では、プッシャ型0°は原型と比べて、 伝達馬力が 9.8%低減する。なお、ストック・プ ロペラに関する補正はしていない。

なお、ポッドを船体の附加物と考えると、自 航試験はレイノルズ数が低く、このため、ポッ ドのストラット等の層流域が実船より格段に広 くなり、計測された抵抗を用いて実船の馬力を 計算をすると過大評価すると言われている。ポ ッドの船体抵抗に占める割合は数%であり、通 常の舵と同様の取り扱いで解析してもこの船に ついては1%程度の誤差になると思われる。

本試験では、ポッド・プロパルサ全体を推進 器と考え、ポッド・プロパルサ単独性能試験で



三分力計で検出された系全体のスラストで自航 要素を算出することも行った。その結果、大略 各配置の違いについての大小関係は定性的に一 致するが、解析方法の違いによる5%程度の定 量的差が見られた。なお、推進係数η」に関して は、この方法で解析すると1~2%低めに出る が、プッシャ型が最も推進効率が高いこと、ト ラクタ型では概ねポッドの傾斜の有無で推進効 率に大きな差がでないなど、同様の結論が得ら れた。

まとめ

ポッド・プロパルサを装着した内航貨物船の 抵抗・自航試験を行い、2種類の方法で自航要 素を解析し、在来型船型との推進性能の違いを 評価し、船型設計に有益なデータを得た。

参考文献

1. Kurimo, R.; Sea Trial Experience of the First Passenger Cruiser with Podded Propulsors", Proc. of PRADS 98, den Haag, (1998), pp. 743-748.

2. 玉島正裕;"特殊推進装置(ポッデドプロペ ラ)",試験水槽委員会シンポジウム,日本造船 学会(1999.12), pp.201~227

 3.藤沢純一他;"ポッド・プロパルサ単独性能 試験",第1回海上技術安全研究所発表会講演集 (2001.6)

4. Hirata, N. and Hino, T., ; "An Efficient Algorithm for Simulating Free-Surface Turbulent Flows around an Advancing Ship", Journal of SNAJ, Vol. 185 (1999), pp.1-8.