

ポッドを装備した船舶の操縦性能に関する一考察

海上安全研究領域操縦・制御研究グループ *原口 富博、二村 正

1. まえがき

ポッド型推進器は、氷海での操船性能を高めるために開発された推進器であるが、現在ではクルーズ客船にも装備されるまでに普及している。ポッドを装備する船はポッドの推進効率を上げるためバトックフロ-船尾を採用する例が見受けられる。この船尾形状は船尾での横方向の流体力が減少するため針路不安定になる[1]ことが予想されるが、旋回性能、針路安定性能も良いと報告されている。これは、2基のポッドを装備する船が多く、ポッドストラットが水面下の横投影面積を増加させるためと考えられている[2]。一方、国際海事機関(IMO)の第44回設計設備小委員会(DE44)では、ポッドを装備した小L/B、高B/d船が針路安定性基準を満足しないことから[3]変形Z試験による針路安定性能の評価法が提案された。そこで、本論文ではポッドを装備した船と在来型推進器船の比較検討を行い、ポッドを装備した船の針路安定性能に関する操縦性基準について考察した。

2. 在来型推進器船の針路安定性能

2.1 シミュレーションモデル

在来船の針路安定性能を検討するために、主要目と同じで船尾形状が異なる船のシミュレーションモデルを構築した。これらの船の主要目およびボディプランを表1および図1に示す。これらのモデルは仮想のタンカ-であり、模型試験結果を基に構築されている[4]。また、この章で取り扱う在来型推進器船のシミュレーションの運動方程式等は貴島の表現法に基づいている[5]。なお船速(U)は11.3ノットでシミュレーションを行っている。

これらのモデルのスパイラル特性を図2に示す。横軸は舵角(δ)、縦軸は無次元旋回角速度($r^* = r L/U$ 、 r は旋回角速度)である。この図から大舵角での旋回性能

表1 シミュレーションモデルの主要目(在来型)

Ship Type	A	B	C
Length(Lpp)(m)	180.000		
Breadth(B) (m)	32.626		
Draft(d) (m)	10.857		
Trim (m)	0.000		
$A_R/(Ld)$	1/74		
L/B	5.520		
B/d	3.010		
Cpa	0.756	0.753	0.750
Stern Form	V shape	U shape	Medium shape between V and U
L/U(sec)	31.0		

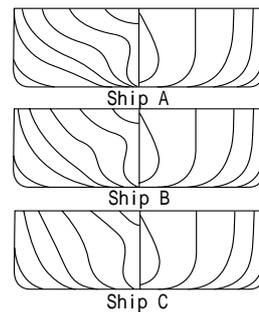


図1 シミュレーションモデルのボディプラン

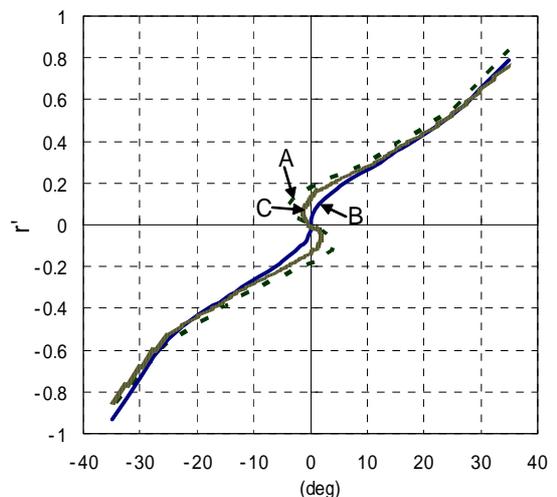


図2 シミュレーションモデルのスパイラル特性

は変わらず、小舵角での針路安定性能が異なることが分かる。なお、ル - プ幅はA船、C船、B船の順にそれぞれ8.4°、3.1°、0.1°である。これらの違いは船尾形状の違いによるもので、針路安定性能に関して船尾形状が重要であることが分かる。

10°/10° Z操縦試験での方位角 () の変化を図3に示す。不安定ル - プ幅の大きいA船、C船、B船の順にオ - バ - シュ - ト角が大きく、方位角のピークに達する時間も同様の順であり、針路安定性能および回頭制動性能がZ操縦試験で表されることがよく分かる。このためIMO決議A751(18)で同性能の基準に10°/10° Z操縦試験のオ - バ - シュ - ト角が採用されているのが理解できる。

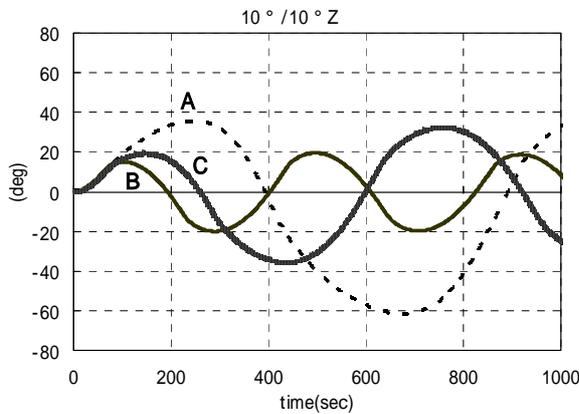


図3 10°/10° Z操縦試験

2.2 変形Z操縦試験でのオ - バ - シュ - ト角

3隻のモデルで変形Z操縦試験およびZ操縦試験のシミュレーション計算を行った結果を図4~図6に示す。横軸は不安定ル - プ幅であり、縦軸は図4および図5がそれぞれ舵角10°のZ操縦試験時のファ - ストオ - バ - シュ - ト角およびセカンドオ - バ - シュ - ト角であり、図6が舵角20°のZ操縦試験時のファ - ストオ - バ - シュ - ト角である。また、変形Z操縦試験としては、10°/5°、10°/1°、20°/10°、20°/5°、20°/1°について行った。

これらの図から、オ - バ - シュ - ト角の値及びその変化は、変形Z操縦試験より10°/10°および20°/20° Z操縦試験の方が大きく顕著であり、針路安定性能の評価法としては10°/10°および20°/20° Z操縦試験の方が性能の違いがよく現れ適切であることが分かる。

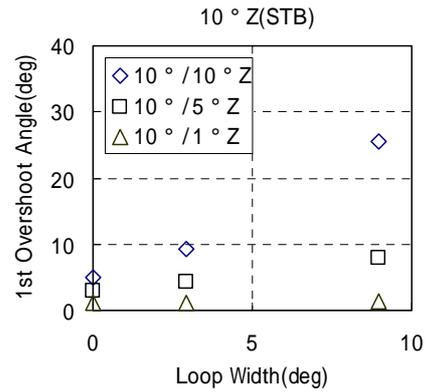


図4 舵角10°のZ操縦試験におけるファ - ストオ - バ - シュ - ト角

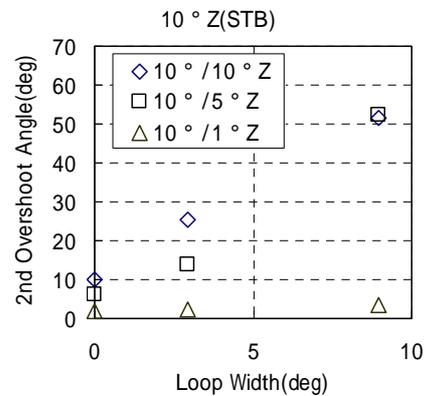


図5 舵角10°のZ操縦試験におけるセカンドオ - バ - シュ - ト角

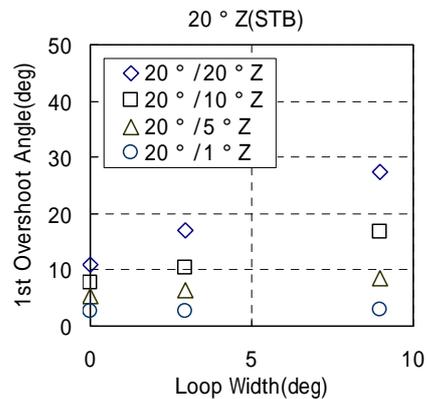


図6 舵角20°のZ操縦試験におけるファ - ストオ - バ - シュ - ト角

3. ポッド型推進器船の針路安定性能

前述したように船尾形状が針路安定性に影響を与えることを考えると、図7に示すバトックフロ - 船尾形状を持つポッドを装備した船でセンタ - スケグが

ついていない船型の場合、針路安定性が悪くなることが予想される。従って、ここではこの種の船型での不安定ル- プ幅に対するオ- バ- シュ- ト角の変化を在来型推進器船と同じ手法で検討する。

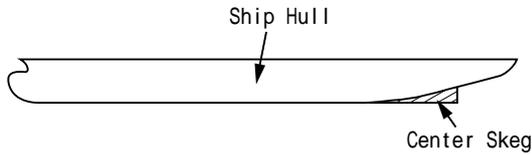


図7 ポッド船の概略形状

3.1 シミュレ- ションモデル

今回シミュレ- ションにより針路安定性能について検討した船は、ポッド1基を装備したバトックフロ- 船尾を持つタンカ- 船であり、その主要目を表2に示す。この模型船を用いて、海上技術安全研究所の屋外にある三鷹船舶第1試験水槽(通称角水槽、80m×80m×4.5m)で自由航走模型試験を行った。その結果を図8に白丸で示す。横軸はポッドの旋回角(p)であり縦軸は無次元旋回角速度を表している。この図からこの模型船は旋回性能が極端に良く、不安定ル- プ幅が極めて広い(25°)ことが分かる。

この模型船のシミュレ- ションモデルは、別に行われたPMM試験結果を用いて構築した。このシミュレ- ションモデルにより推定されたスパイラル特性を図8に実線で示す。この図からこのシミュレ- ションモデルが模型試験結果をよく表していることが分かる。従ってこのモデルを基本とし、以後オリジナルモデルと呼ぶ。なおこの模型船のポッドの旋回速度は、SOLAS条約で定められた速度の3倍である。

3.2 センタ- スケグ付きシミュレ- ションモデル

第2章の在来船で検討したのと同様の方法で検討するには、ル- プ幅が異なるモデルが必要となる。そこで、前述したモデルに図7の様なセンタ- スケグをつけた模型船の斜航試験を行い、その結果から得られた偏角に関する操縦微係数を求め、前述のオリジナルモデルでその微係数だけを入れ替えて、新たにシミュレ- ションモデルを構築した。ポッド旋回角が大きいときの旋回性能はオリジナルモデルとほとんど変わらず、不安定ル- プ幅はオリジナルの約半分の12°である。このモデルを以後スケグ付きモデルと称する。

表2 シミュレ- ションモデルの主要目(ポッド型)

	Model
Lpp(m)	4.000
Ldwl(m)	4.200
B(m)	0.657
Draft (d)(m)	0.265
L/B	6.087
B/d	2.477
L/U(sec)	14.111

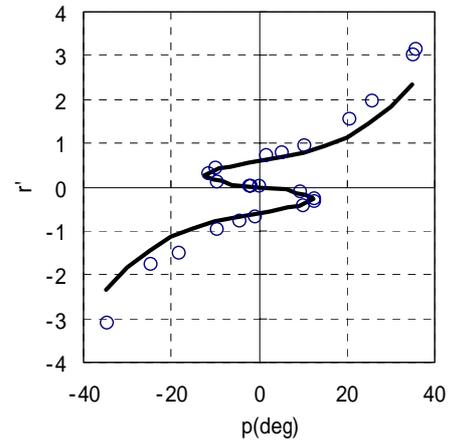


図8 ポッド推進器を装備した模型船のスパイラル特性

さらに第3のモデルとして、スケグ付きモデルのポッドのストラット面積のみを単純に1.5倍に変えたモデルを構築した。このモデルは、ポッド旋回角が大きいところでの旋回角は他のモデルと大差なく、ル- プ幅が8°ある。以後センタスケグおよび大ストラット付きモデルと称する。

3.3 変形Z操縦試験でのオ- バ- シュ- ト角

3.1および3.2で構築したモデルを用いて、在来型推進器船と同様の変形Z操縦試験およびZ操縦試験のシミュレ- ション計算を行った。その結果を図9~11に示す。なお、オリジナルモデルの場合、不安定ル- プ幅が広いいためポッド旋回角10°の場合のZ操縦試験ではオ- バ- シュ- ト角が求まらなかった。

これらの図から、オ- バ- シュ- ト角の値及びその変化は、変形Z操縦試験より10°/10°および20°/20°Z試験の方が大きく顕著であり、針路安定性能の評価法としては10°/10°および20°/20°Z試験の方が性能の違いがよく現れ適切であることが分かる。

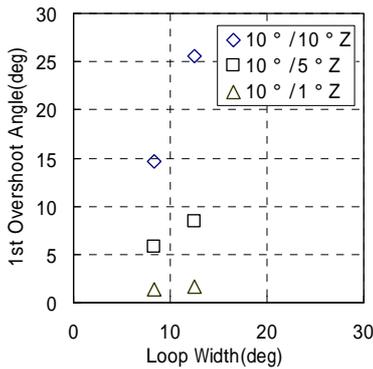


図9 ポッド旋回角10°のZ操縦試験におけるファーストオバ-シュ-ト角

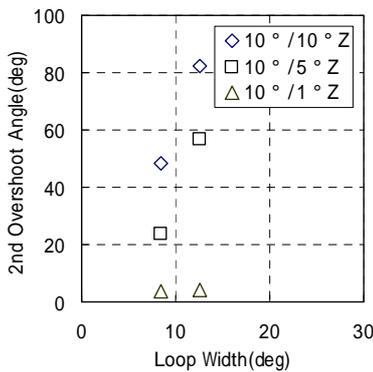


図10 ポッド旋回角10°のZ操縦試験におけるセカンドオバ-シュ-ト角

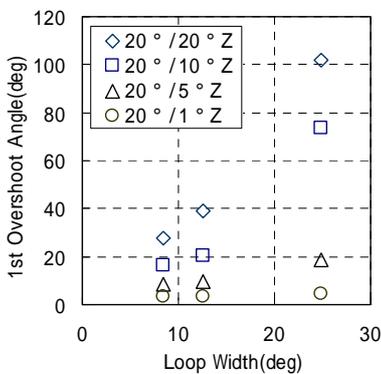


図11 ポッド旋回角20°のZ操縦試験におけるファーストオバ-シュ-ト角

4. 在来型およびポッド型各推進器装備船の比較

在来型推進器船のA船（以後在来船と称する）とポッド型推進装置を装備したセンタ-スケグおよび大ストラットをつけたモデル船（以後ポッド船と称する）は、いずれも不安定ル-プ幅8°を持っている。在来船のシミュレ-ション計算結果では、舵面積を単純に20%増やすとル-プ幅が6°となり、IMO決議A7

51(18)の針路安定性および回頭制動性能のオ-バ-シュ-ト角基準を満足することができる。一方、ポッド船のシミュレ-ション計算結果では、ストラットの面積を1.5倍から2.5倍に増やすとル-プ幅が6°となりほぼIMO決議A751(18)を在来船同様に満足できる。従って、今回のシミュレ-ションモデルの場合在来船もポッド船も同様な不安定ル-プ幅を持てば、即ち同様な針路安定性能を有すれば、IMO決議A751(18)で示された10°/10°および20°/20°Z操縦試験のオ-バ-シュ-ト角の基準を満足できることが解る。このことからこの基準はポッド船に対しても在来船と同様のレベルにあることが解った。

5. おわりに

在来型推進器船とポッド型推進器船のシミュレ-ションモデルを構築し、その針路安定性能を比較検討した結果、IMO決議A751(18)の針路安定性能に対する基準は、今回検討したポッド型推進器船に対しても在来型推進器とほぼ同レベルの基準であることが解った。今後L/Uの違いを含めさらに検討する必要がある。

参考文献

- [1]元良誠三、藤野正隆 “ . 針路不安定な船の特質”, 第2回操縦性シンポジウム, 日本造船学会, pp.1-39, 1970
- [2]R. Kurimo “Sea Trial Experience of the First Passenger Cruiser with Podded Propulsors”, proc. of Practical Design of Ships and Mobile Units, The Netherlands, pp.743-748, 1998
- [3]Hans Otto Holmegaard Kristensen “The Manoeuvrability and Propulsion of Double-Ended Ferries-Design Considerations, Construction and Service Experience”, 6th SVA Forum (Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam), pp 1-28,1998
- [4]M Fujino “Keynote lecture : Prediction of ship manoeuvrability : State of the art”, Proc. of MARSIM’96S, Denmark, pp. 371-398, 1996
- [5]K Kijima etc. “ON A PREDICTION METHOD OF SHIP MANOEUVRING CHARACTERISTICS”, Proc. of MARSIM’93, pp. 285-294, 1993