

タンデム型ポッド推進器を装備した船舶の 自由航走実験について

スーパーエコシッププロジェクトチーム ＊榎野 純、塚田 吉昭、原口 富博、加納 敏幸

1. はじめに

平成13年度より国土交通省からの委託を受け、内航船にスーパーエコシップの技術を適用する事を目的に、タンデム配置のCRPポッド推進器を装備した船舶について日本造船技術センターの武隈技官と共同で開発を進めている。タンデム配置のCRPポッド推進器とは、船体内部で駆動されるプロペラ（前プロペラ）とその直後に置かれたトラクタ型ポッドのプロペラ（後ろプロペラ）を組み合わせることでCRPを構成し、推進効率の向上をねらった推進器である（図1）。しかし、1軸ポッド推進器を装備した船舶は針路安定性が悪くなる傾向がある。これはポッドを装備するために船尾に大きな空間ができ、旋回抵抗が減少する事が主な要因である^[1]。そこで本研究では、針路安定性の改善のために補助舵を装備する（特許出願中）事として、補助舵無しの場合（図1）、ポッドの後ろに1舵を装備した場合（図2）および前プロペラの斜め前方（両舷）に2舵装備した場合（図3）について、4m自航模型による自由航走試験を行ったので、その結果について報告をする。

2. 使用した模型船

今回用いた模型船の対象船は、3,000D.W.Tのケミカルタンカーであり、主要目は表1の通りである。試験状態は満載等喫水状態で、設定船速は15ノット（模型船で約1.7m/s）とした。また、ポッドの回転速度については、NKの基準で6.0deg/sec以上と定められており、スーパーエコシッププロジェクトで検討中のポッドは最大9.0deg/secと予定されているが、今回の実験では実験装置の制限から約7.8deg/sec（模型

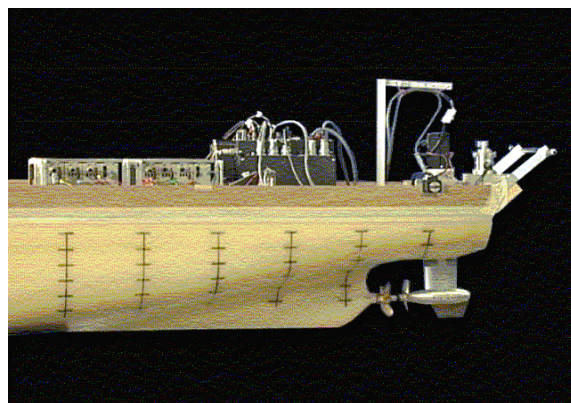


図1 タンデム配置のポッド推進船(補助舵無し)

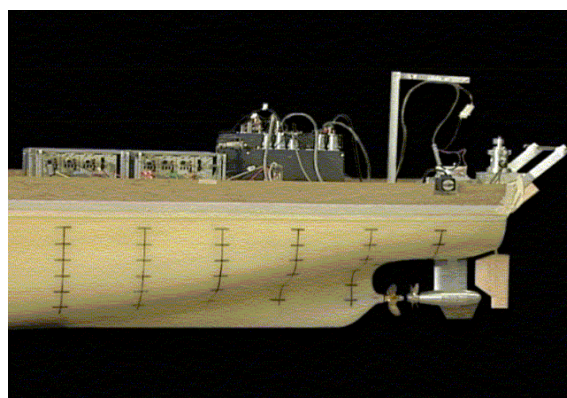


図2 1 補助舵を装備した場合

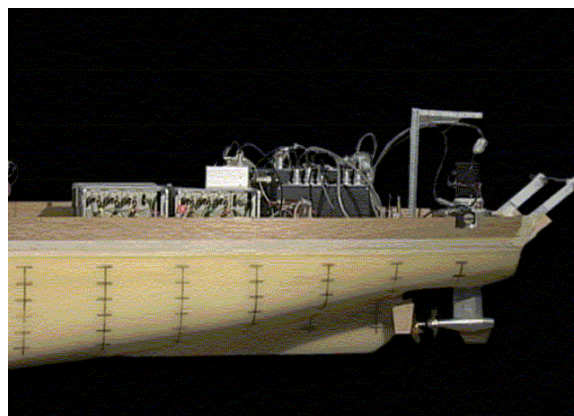


図3 2 補助舵を装備した場合

船で 35.0 deg/sec) とした。なお、補助舵の転舵速度は SOLAS 条約で最低限必要とされている 2.3 deg/sec (模型船で約 10.4 deg/sec) とした。

表 1 使用した模型船の主要目

主要目	実船	模型船
Lpp(m)	83.000	4.150
B(m)	14.500	0.725
D(m)	6.600	0.330
d(m)	5.500	0.275
κ	0.243	0.243

3. 実験結果

今回行った試験項目は、旋回試験、逆スパイラル試験、Z 試験、緊急停止試験である。

図 4、図 5 は実験結果の 1 例で、図 4 がオートパイロットで直進中(設定方位 0 度)の船首方位とポッド角の時系列、図 5 が 35 度旋回中の模型船の航跡である。直進中(図 4)は当て舵を取らなくても設定方位を保持できていることから、CRP 効果によってプロペラの放出流が整流され、左右非対称性が現れていないことがわかるが、旋回中(図 5)では左右非対称性が顕著に現れている。これは、前プロペラ(左回り)の放出流の側圧作用が主な原因であると考えられる。

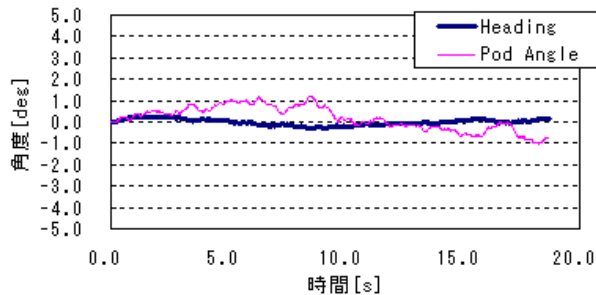


図 4 実験例(直進中の船首方位とポッド角)

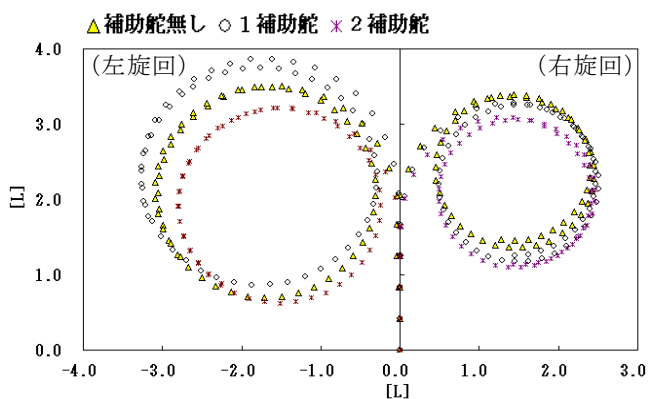


図 5 実験例(35度旋回中の航跡)

図 6 にスパイラル特性を示す。図 6-1 が旋回角速度無次元値、図 6-2 が偏角、図 6-3 が速度減少率である。

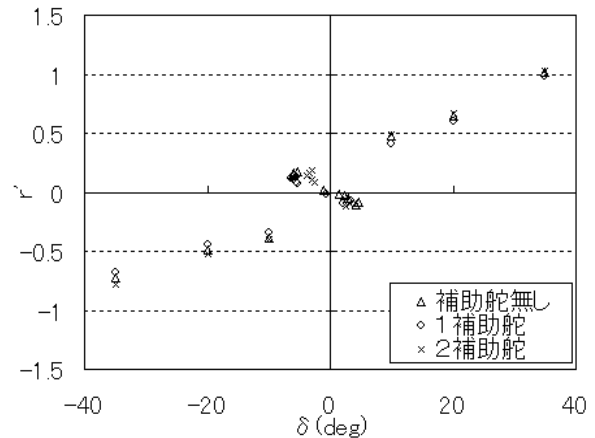


図 6-1 旋回角速度無次元値

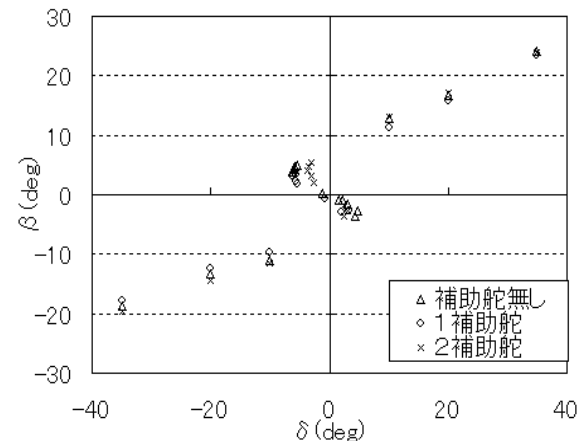


図 6-2 偏角

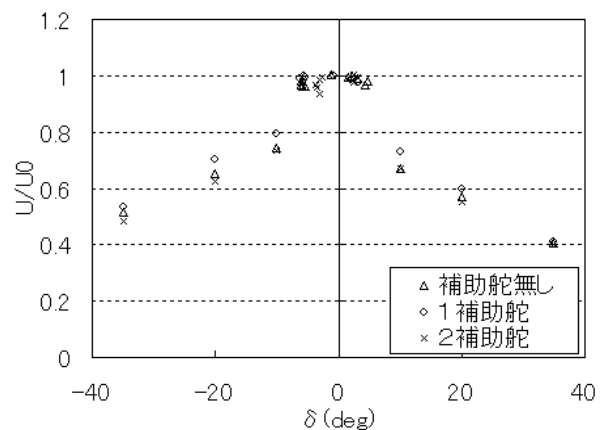


図 6-3 速度減少率

これらの図より、旋回性能(ポッド角 35 度における旋回角速度)は、2 補助舵の状態が一番良く、補助舵が効いている事がわかるが、1 補助舵の状態については補助舵無しの状態よりも悪い結果となった。また、不安定ループ幅については、舵無しの状態が 10.7 deg であるのに対し、1

補助舵の状態が 9.6 deg で 1.1 deg 程度しか向上しなかったが、2 補助舵の状態は 6.9 deg で 3.8 deg 向上しており、補助舵の有効性が顕著に現れた。速度減少率については、1 補助舵の状態が最も速度減少が少ない結果であった。この現象（補助舵＝抵抗物が付いているにも関わらず速度減少が少ない）の解析は、今後の課題とする。

図 7-1、図 7-2 に旋回縦距（Advance）と旋回径（Tactical Diameter）について、今回の実験結果と既存船データベースの操縦性データ^[2]および IMO のガイドライン^[3]との比較を示す。

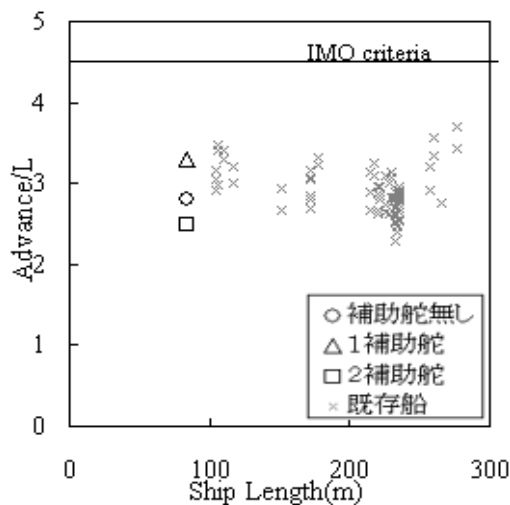


図 7-1 旋回縦距の比較

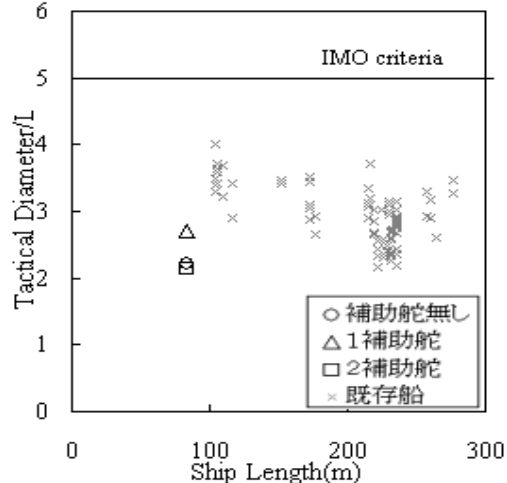


図 7-2 旋回径の比較

IMO のガイドラインでは、旋回縦距が 4.5 L、旋回径が 5 L と定められている。補助舵無し、1 補助舵、2 補助舵のいずれの状態もガイドラインを満たしており、既存船との比較についても、補助舵無しと 2 補助舵の状態は比較的小さい値であった。ここで、1 補助舵の状態は補助舵無しより

も大きい値となっているが、これは前述の旋回性能と速度減少率の影響である。

次に Z 試験について、今回の実験結果（平均値）と既存船データベースの操縦性データおよび IMO のガイドラインとの比較を図 8 に示す。図 8-1、図 8-2、図 8-3 は 10° Z 試験のトラックリーチ、1st オーバーシュート角、2nd オーバーシュート角で、図 8-4 は 20° Z 試験の 1st オーバーシュート角である。IMO のガイドラインの中で 10° Z 試験のオーバーシュート角については、船速と船長（ $=U/L$ ）によって値に差が設けられている。これらの結果から、補助舵無しと 1 補助舵の状態では IMO のガイドラインを満足する事が困難であるが、2 補助舵の状態に関してはポッド下のフィン^[4]もしくは補助舵を少し大きくする事により、IMO のガイドラインを満足する事が可能であると考えられる。

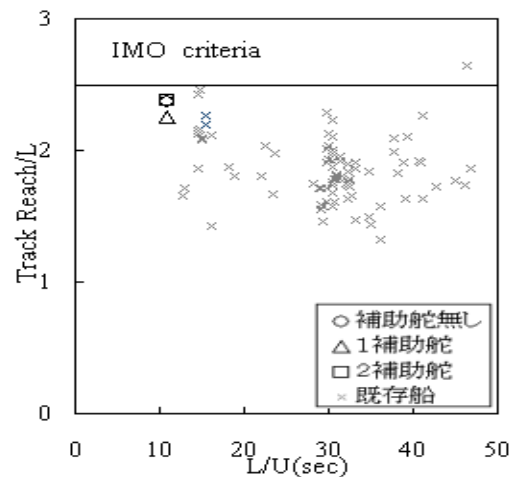


図 8-1 10° Z 試験のトラックリーチ

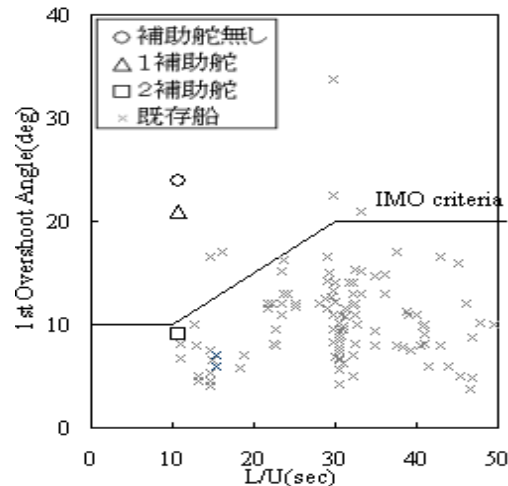


図 8-2 10° Z 試験の 1st オーバーシュート

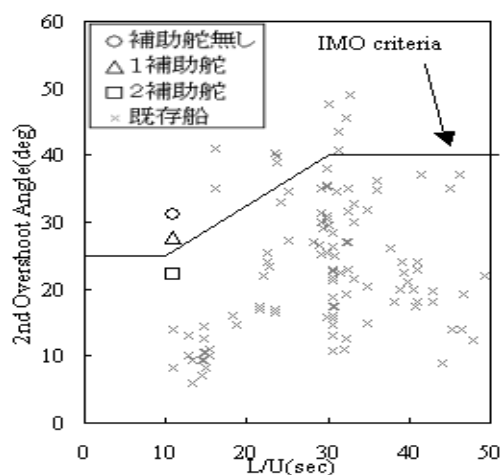


図 8-3 10° Z 試験の 2nd オーバーシュート

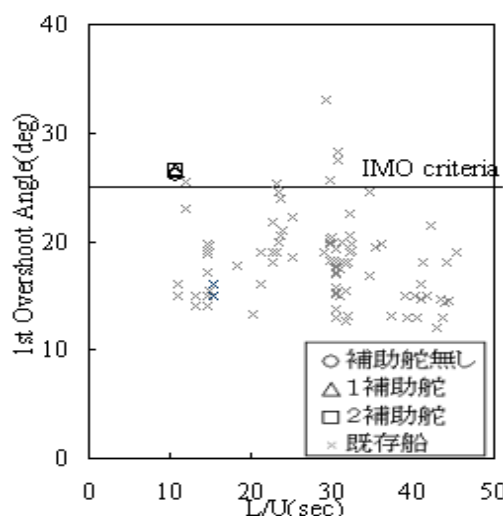


図 8-4 20° Z 試験の 1st オーバーシュート

図 9 に緊急停止試験の結果を示す。IMO のガイドラインではトラックリーチが 1.5L 以下と定められている。今回の実験では、いずれの状態も約 6L であり、ガイドラインの 4 割程度で停止できた。

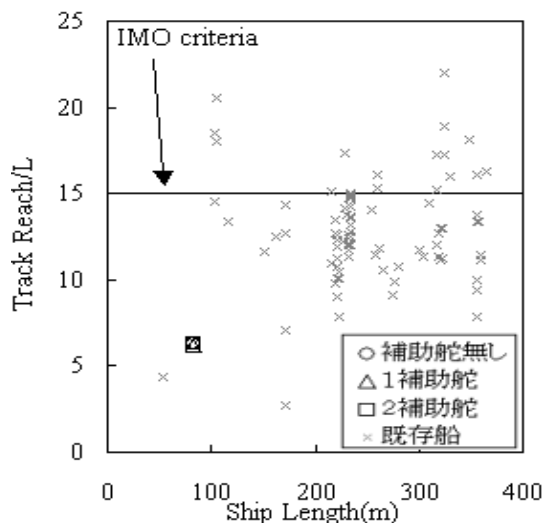


図 9 緊急停止試験のトラックリーチ

4. まとめ

今回、タンデム配置のポッド推進船について針路安定性の改善のために補助舵を装備する事とし、補助舵をつけない状態、ポッド直後に 1 舵を装備した状態および前プロペラ直前に 2 舵を装備した状態について、4 m 自航模型による自由航走試験を行った。その結果、

- ・ 旋回性能は 2 補助舵の状態が最も良く、次いで補助舵無し、1 補助舵の状態の順であった。
- ・ 不安定ループ幅は 2 補助舵の状態が最も良く、既存船に近い値となった。
- ・ Z 試験の結果に関して、補助舵無しと 1 補助舵の状態は IMO のガイドラインを満足する事が困難であるが、2 補助舵の状態は IMO のガイドラインを満足する事が可能であると考えられる。
- ・ 旋回縦距、旋回径および緊急停止距離は、IMO のガイドラインの半分程度であり、この船が安全性の高い船である事が確認できた。

等の結果が得られた。

謝辞

本研究は、国土交通省からの受託研究「次世代内航船の研究開発」の研究の一部として行ったものであり、発表を許可して頂いた国土交通省の関係者各位に深く感謝します。また、本研究に対して貴重なお助言を頂きました(財)日本造船技術センターの武隈 克義技官及び実験に際してご支援を頂きました海上技術安全研究所 海上安全研究領域 耐航・復原性能研究グループ南 佳成主任研究員に深く感謝いたします。

参考文献

- [1]Haraguchi T., Kayano J. and Tsukada Y., The Effect of Propulsion System to the Ship Manoeuvrability, Proceedings of the 4th conference for new ship and marine, 2004
- [2]IMO.2002. Standards for Ship Manoeuvrability, Resolution MSC.137(76) adopted on 4 December 2002
- [3]原口 富博, 操縦性能データベースと実船の操縦性能簡易推定法, 操縦性および復原性基準に関する研究の動向, pp. 3-1-3-27, 2000
- [4]Lech Kobylinski, Manoeuvrability Tests of a Vessel with POD Propulsion, Proceedings of 1st International Conference on Technological Advances in podded propulsion, 2004.