

PS-8 PIVを用いた波浪中自航状態の省エネデバイスまわりの 流場計測手法の開発

流体設計系 *若生 大輔

1. はじめに

近年多くの船舶が推進性能を向上させるためにプロペラまわりにダクトやフィンなどの省エネデバイス（Energy Saving Device, ESD）を装備している。一方それらのESDは平水中を対象に設計されており、波浪中での効果は十分に検証されていない。例えばプロペラ前方ダクトは船尾の流場に合わせて推力が発生するように設計されているが、一方波浪中においては、ダクトへの流向角が変化して、省エネ効果に影響を及ぼす。この影響を調査するためには、波浪中において自航試験とともにダクトまわりの流場を評価する必要がある。

そこで波浪中PIV(Particle Image Velocimetry)試験を行い、抵抗状態と自航状態の違い、平水中流場と波浪中流場の違いについて考察を行った。

また、マイクロバブルをトレーサーとした船舶試験水槽でのPIV試験が提案されている¹⁾が、改めてこれを実施し、マイクロバブルがトレーサーとして適応出来ることを確認した。

2. 概要

2.1 自航状態での波浪中PIV試験

PIV試験では、PIV計測装置(図-1)を曳引車上に曳航装置、前後ガイド装置、クランプ装置とともに設置して模型船の船尾流場を計測する。PIV装置は、2台のカメラでステレオ撮影することにより流速を求める。試験は当所の中水槽（長さ150m、幅7.5m、深さ3.5m）で行い、曳引車の動作は自動計測システムを使用した。自動計測システムから造波装置、消波板、自航用モータ等を同期運転させた。

模型はバルクキャリア（JBC船型）の中型模型を使用した。模型船の要目を表-1に示す。

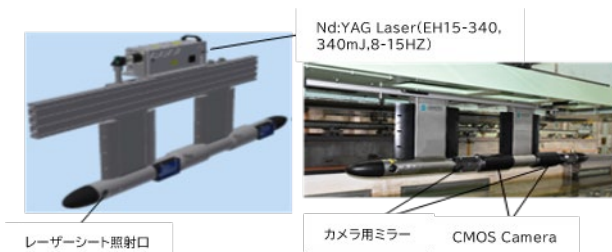


図-1 PIV装置概要

表-1 模型船要目表

	MODEL	SHIP
length of waterline (m)	4.914	285.0
draught (m)	0.285	16.5
displacement (m ³)	0.9155	17,827

2.2 マイクロバブルをトレーサーとしたPIV試験

400m水槽は他水槽と違い水を抜くことが困難なため、水槽水を汚損させる可能性のある粒子を使用することが出来ない。そこでマイクロバブルをトレーサーとして使用出来れば、400m水槽でもPIV試験が可能となる。今回は、抵抗状態でPIV計測を実施した。マイクロバブル発生装置は、ニクニ製の吐出容量50 L/min.を使用した。マイクロバブルは一般に使われる銀コート粒子ほど水中に留まっていなかったため、あらかじめ散布することはせず、模型船前方で撒きながら計測を行った。使用した模型船は、波浪中自航PIV試験と同じ模型である。

3. 計測結果

3.1 自航状態での波浪中PIV試験

中水槽で抵抗状態と自航状態での波浪中PIV試験を実施した。それぞれ図-2、図-3に解析結果の一例を示す。主流速度の計測位置はダクト前縁(DL)で、横軸は0をダクト頂部とした角度（時計回り）である。船速は14.59 knot相当、波高は1.5および3.0m相当とした。波長船長比(λ/L)は0.4の短波長のみとしている。これは中水槽では曳引車にPIV装置を載せた場合にスペースの関係で波浪中ガイドを載せる

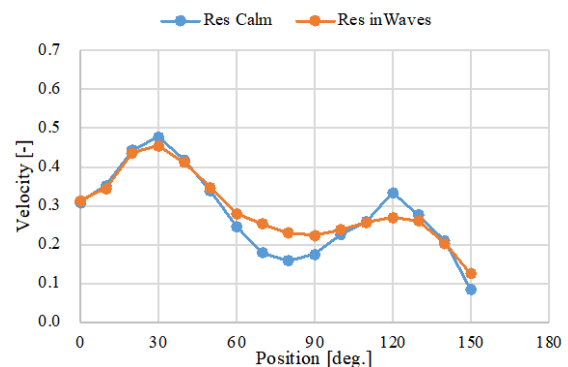


図-2 抵抗状態での平水中、波浪中主流速度

事が出来ないため、船体運動の無い短波長のみとしている。なお、今回の解析結果はダクト無し(Without)状態である。

図-2 より、平水中と比べ波浪中(短波長)の主流速度はダクト横(90度)で30%程度速くなり、ダクト120度付近では11%程度遅くなることが分かる。

また、図-3 より、自航状態では平水中と波浪中(短波長)でダクト周に添って主流速度はほぼ同じであり、平水中で回転数を変えた場合は10%程度の変化があり、回転数による影響が大きいことが分かった。

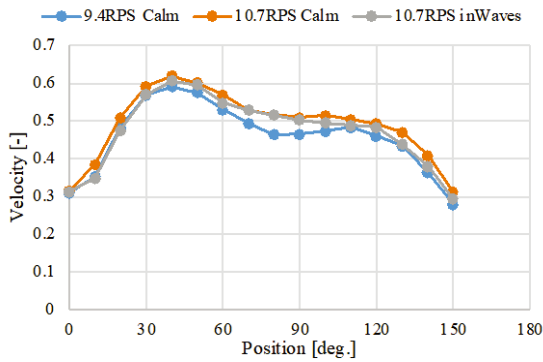


図-3 自航状態での平水中、波浪中主流速度

3. 2 マイクロバブルをトレーサーとした PIV 試験

マイクロバブルをトレーサーとした PIV 試験結果を図-4 に示す。今回の試験では抵抗状態で計測を行った。PIV の計測断面はプロペラジェネレーターラインとした。図-5 に試験画像を示す。また、図-6 に中水槽で銀コート粒子を使用した PIV 試験結果の一例を示す。これは今回の試験と、トレーサーと使用水槽以外は同一条件である。

図-4 と図-6 の比較から、マイクロバブルをトレーサーとした計測結果は流場の傾向を捉えていることが分かる。一方、図-4 では左右舷で主流速度にばらつきがあることがわかる。これはマイクロバブル発生装置に流量の大きい装置を利用したため、吹き出す際に流れを作ってしまったことが原因と考えられる。今後は吹き出し方の工夫をするか流量の小さな装置を使って流れを抑える必要がある。また、上に向かう流れが確認できた。これはマイクロバブルが浮き上がる際に上向きの流れを作ったと考えられる。マイクロバブル発生装置の調整で大きな気泡が発生しないようにすることが必要と考えられる。図-5 では画像の中央左側付近に大きな泡があることが確認出来る。このような大きめの気泡が上向きの流れを作っていると考えられる。マイクロバブルのサイズや発生量の調整などがまだ必要ではあるが、トレーサーとしての使用は可能であることが改めて確認できた。

4. まとめ

PIV 試験により、抵抗状態と自航状態、平水中と波浪中(短波長)での主流速度の違いを計測し、流場の特徴を定量的に把握した。船体運動を伴わない短波長のみでの試験であったが、マイクロバブルがトレーサーとして適応出来ることを確

認した。

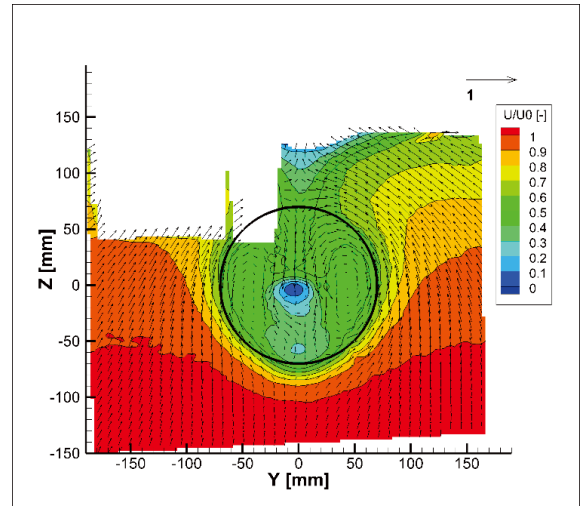


図-4 マイクロバブルとトレーサーとした PIV 計測結果

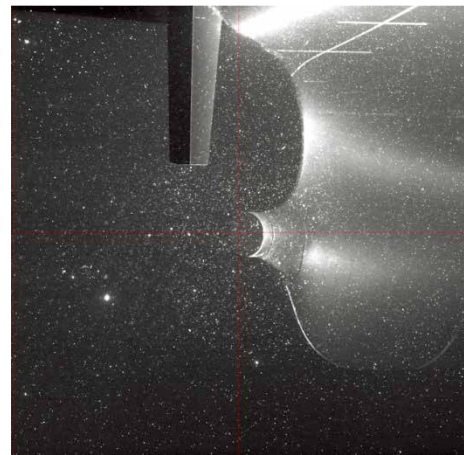


図-5 マイクロバブルをトレーサーとした PIV 試験画像

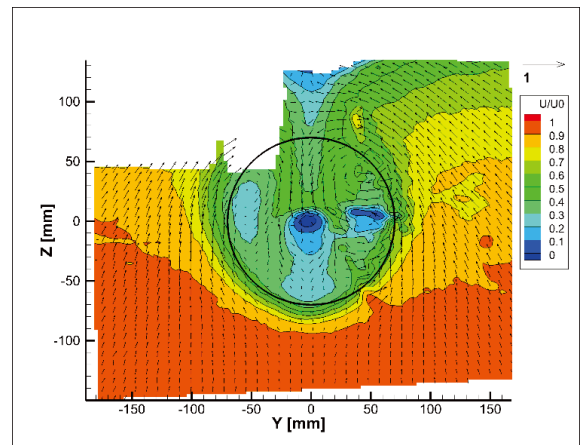


図-6 粒子をトレーサーとした PIV 計測結果

参考文献

- 1) 大場 弘樹他: マイクロバブルをトレーサーに用いた PIV 計測法の開発—船舶試験水槽での適用と検証—, 海上技術安全研究所報告, 第 19 巻, 第 1 号, pp. 91-100, 2019.