

# 中水槽を利用した研究の紹介（その2）

流体制御研究グループ長 川北千春

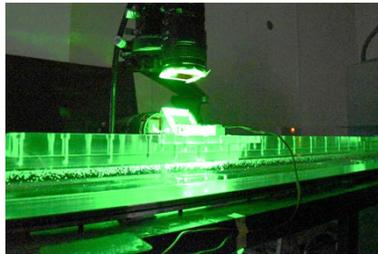
# 目次

1. PIVを用いた流場計測技術
2. 平行平板曳航法を用いた抵抗計測技術

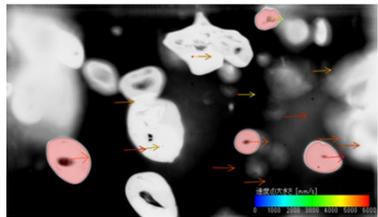
## PIVを用いた流場計測技術

- PIV (Particle Image Velocimetry) : 流体中に散布した粒子を光源により可視化・撮影し、微小時間における粒子群の移動量から速度を計算

# 海技研保有 推進性能関連のPIV技術



TR-PTV-Shadow



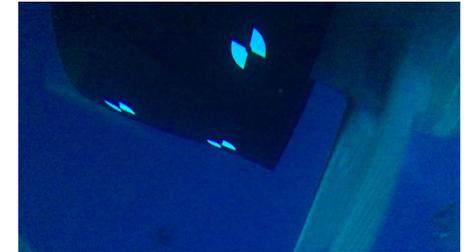
計測例



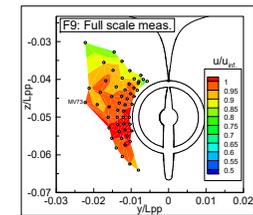
キャビテーション水槽  
用ステレオPIV



曳航水槽用  
ステレオPIV



実船用0D2C PIV計測風景



計測結果<sup>1)</sup>

名称	TR-PTV-Shadow	キャビテーション水槽用 ステレオPIV	曳航水槽用 ステレオPIV	実船用 0D2C PIV
試験施設	水平チャンネル	大型キャビテーション水槽	曳航水槽	実船
計測範囲	約 5 [mm] × 5 [mm]	約 300 [mm] × 300 [mm]	約 300 [mm] × 300 [mm]	約 5 [m] × 5 [m]
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>気泡流中の液相速度、気泡形状・速度を計測可能</li> <li>壁面極近傍 (100 [μm]) における流速の取得が可能</li> <li>高速度カメラを用いた時系列データの取得が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レイアウトの変更により様々な計測が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水中での計測が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実船船尾ダクトまわりのPIV計測を実施 (KED Photonicsと共同で実施)</li> </ul>

1) Hiroi, T., et al., : Full-scale on-board measurements of wake velocity profiles, underwater noise and propeller induced pressure fluctuations, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第29号, 2019.

## 曳航水槽用PIV概要

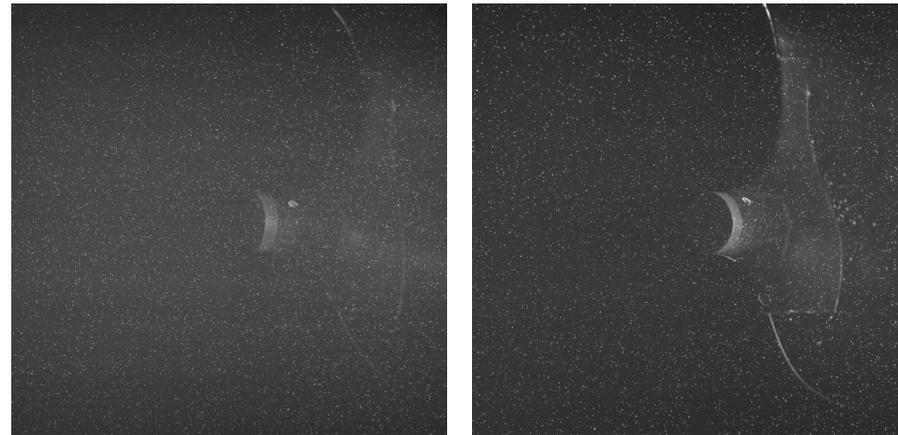
- 近年、省エネデバイスの開発やCFDの検証データとして、船体回りの詳細な流場データの重要性が高まっている
- 2018年から、平面上の速度3成分を計測可能なステレオPIV装置の運用を開始
- 従来の五孔ピトー管計測で1日程度かかっていた伴流計測が、1航走程度で計測可能
- 非接触計測のため、ピトー管では計測が難しかったプロペラなどの物体近傍の計測も可能
- 省エネデバイスまわりの計測などから、波浪中での計測へと適用範囲を拡大中

# 曳航水槽用ステレオPIV計測装置

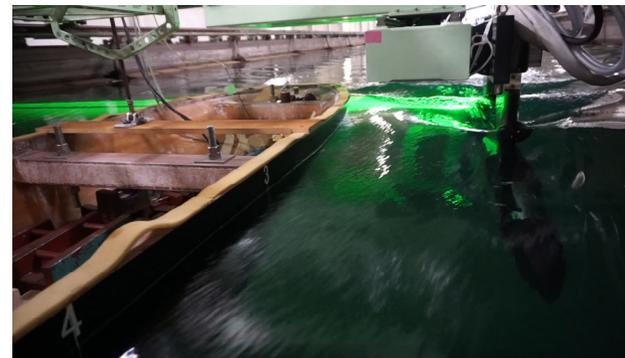
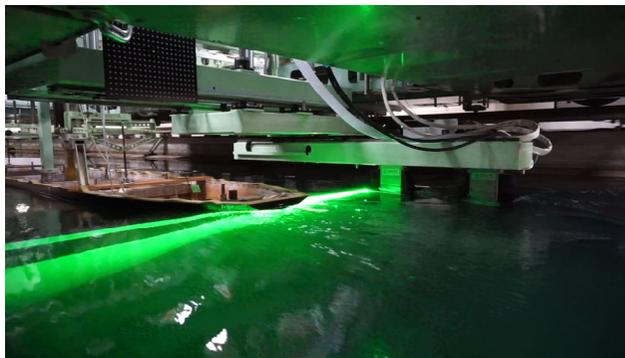
- ステレオPIV：2台のカメラによりステレオ視をすることにより、平面上の速度3成分を計算



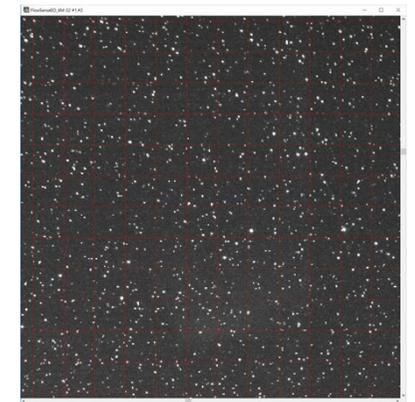
曳航水槽用ステレオPIV計測装置



粒子画像



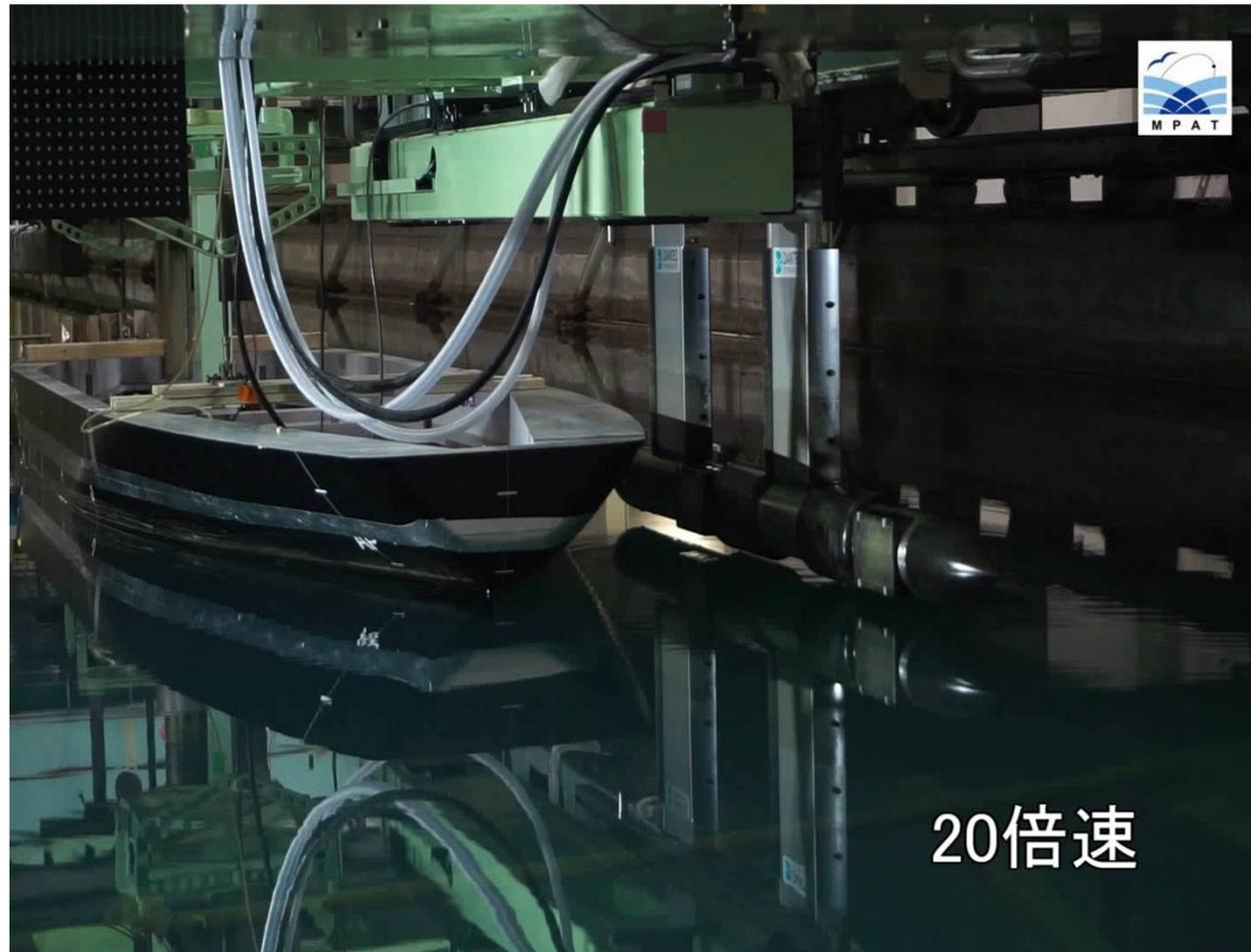
計測風景



微小時間差における粒子画像

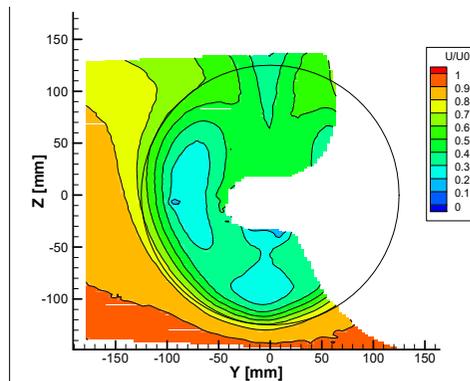
## 曳航水槽用ステレオPIV計測装置

- 3次元トラバースーにより任意断面の計測が可能

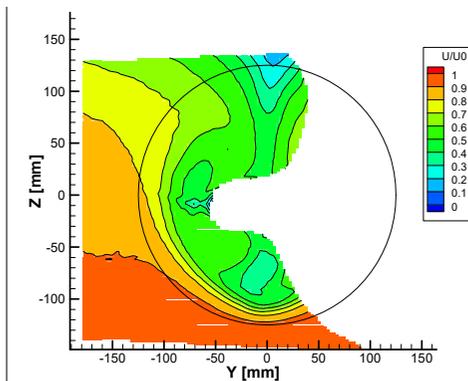


# 省エネ付加物開発における利用

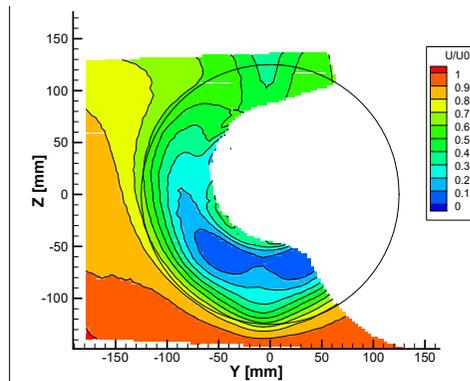
- 抵抗自航状態におけるプロペラ前方流場
- ピトー管では困難な自航時のダクトプロペラ間の流場評価なども可能



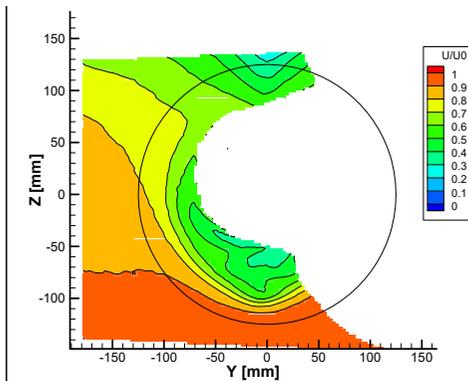
ダクト無し抵抗状態



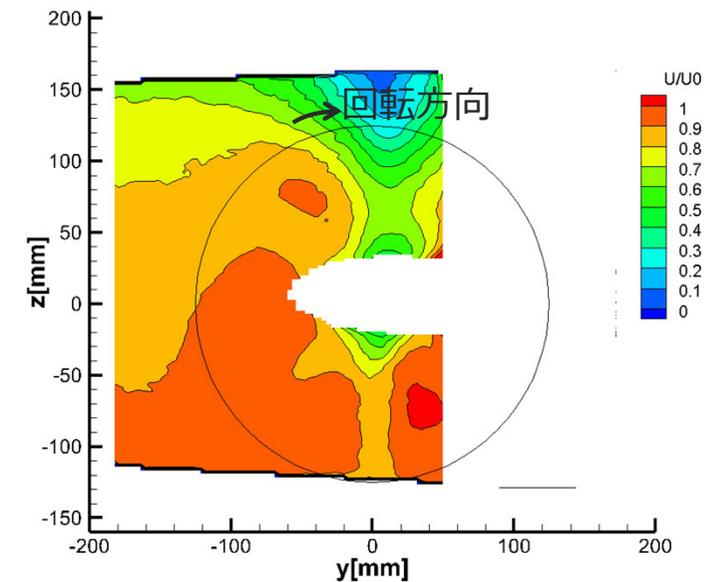
ダクト無し自航状態



ダクト有り抵抗状態



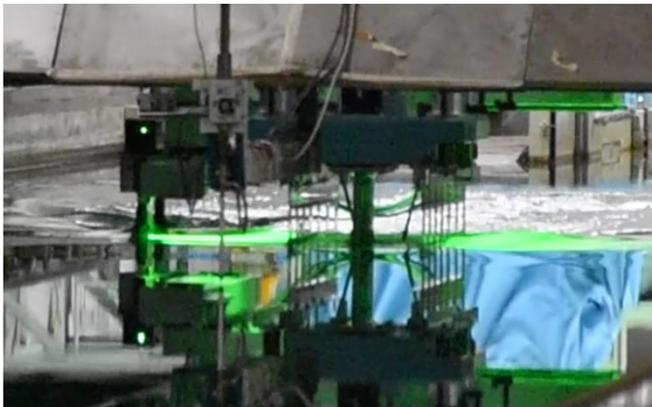
ダクト有り自航状態



自航状態のプロペラ前方流場  
(4翼、位相角15度ごと)

# 省エネ付加物開発における利用

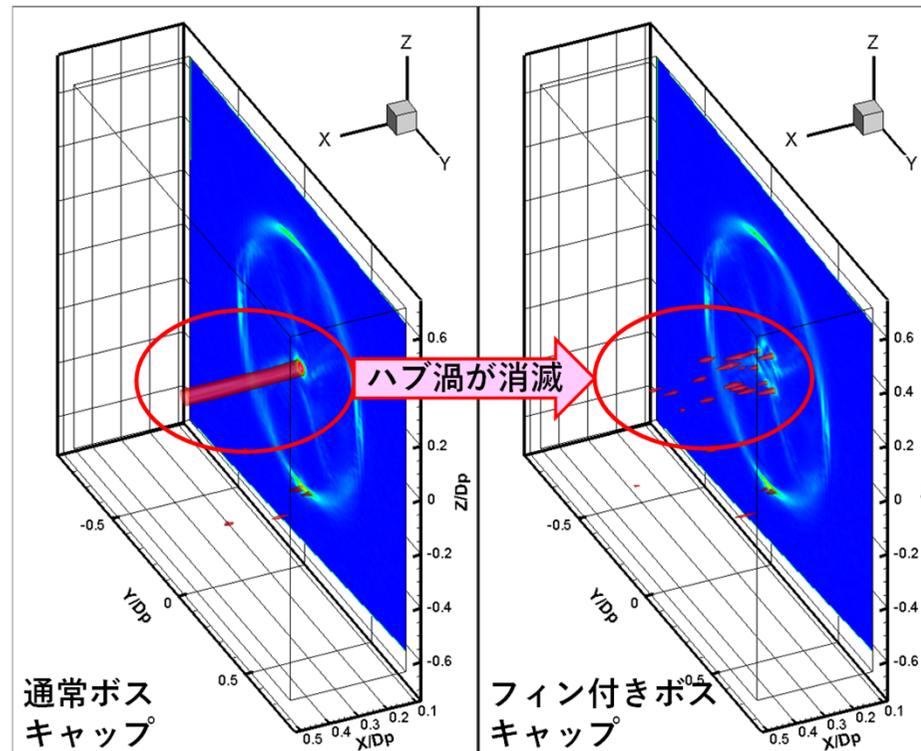
- プロペラ単独状態でのフィン付きボスキャップ有無を対象にした計測
- 複数断面の計測結果を再構築することにより、3次元渦構造を評価可能



逆POT状態のPIV計測<sup>2)</sup>



フィン付きボスキャップ<sup>2)</sup>

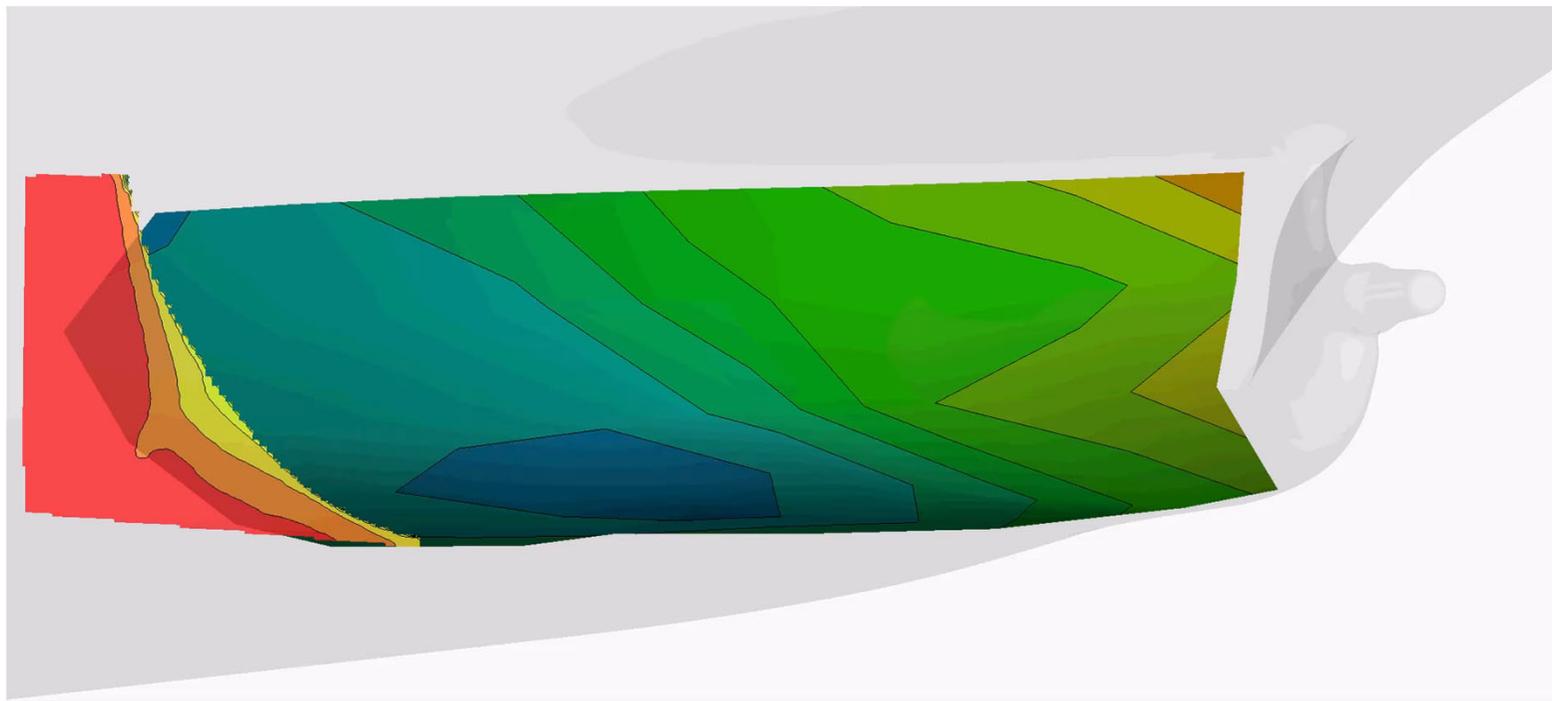


フィン付きボスキャップの有無による  
プロペラ後流渦構造

2) Kobayashi, Y., et al., : Effects of Propeller Pitch and Number of Blades on Energy Saving of an ECO-Cap, Proceedings of Marine 2021, 2021.

## 省エネ付加物開発における利用

- 海技研開発749型内航船の船尾まわりの圧力分布と流速分布
- PIVとFBGセンサーによる圧力計測等を組み合わせることにより、詳細な流場メカニズムの考察を行うことが可能となりつつある (FBG:Fiber Bragg Grating)



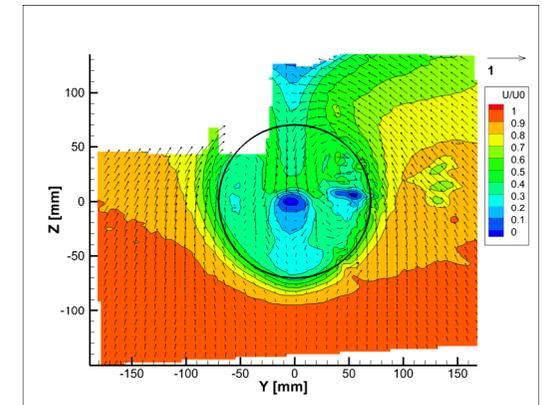
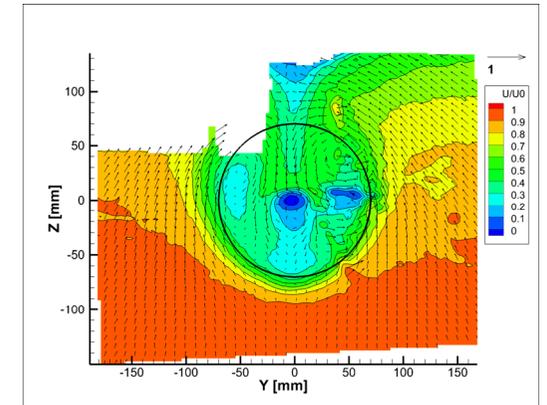
船尾圧力分布と主流方向平均速度分布

# 波浪中PIV計測

- 波浪中におけるPIV計測法を開発・検証中
- 自動計測システムを使用



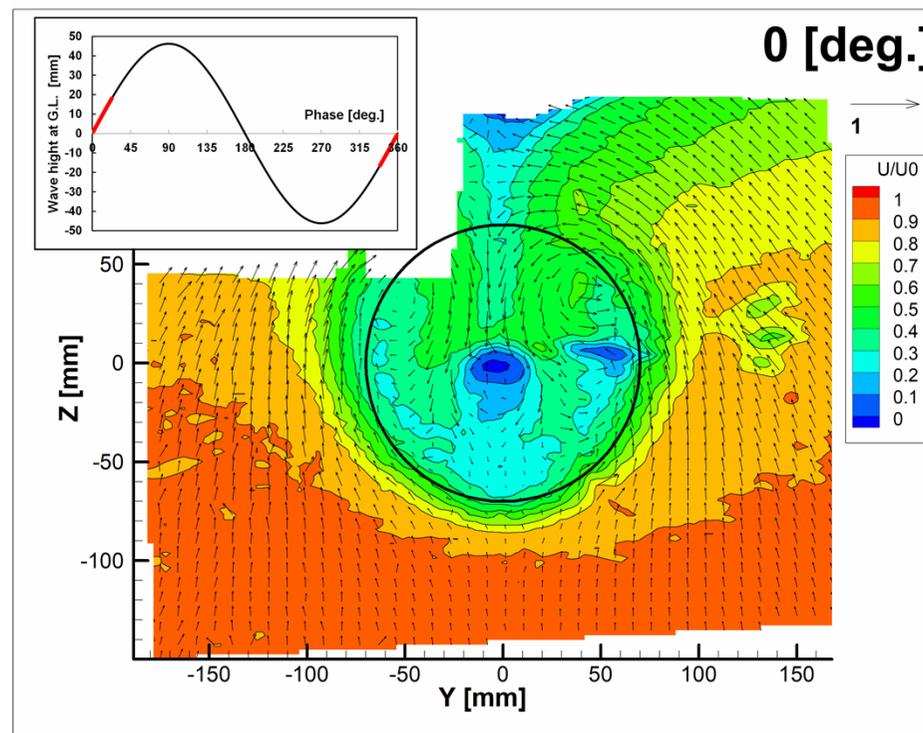
実験風景（波高実船相当3.0 [m]、 $\lambda/L=0.4$ ）



ばら積み船模型船（JBC）の  
平水中（上図）および波浪中  
時間平均船尾伴流（下図）

## 波浪中PIV計測

- 波周期に同期した解析も可能。一方、十分な統計量を得るためには、複数航走においてデータを取得する必要がある
- 自動計測システムにより計測の効率化および精度向上が期待される



ばら積み船模型船 (JBC) の波浪中船尾伴流 (波高実船相当3.0 [m]、 $\lambda/L=0.4$ 、船体固定)

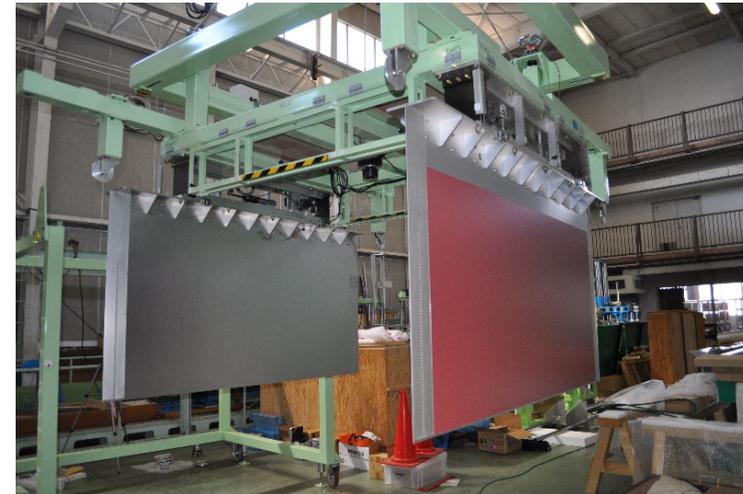
## 平行平板曳航法を用いた抵抗計測技術

# 平行平板曳航法の開発

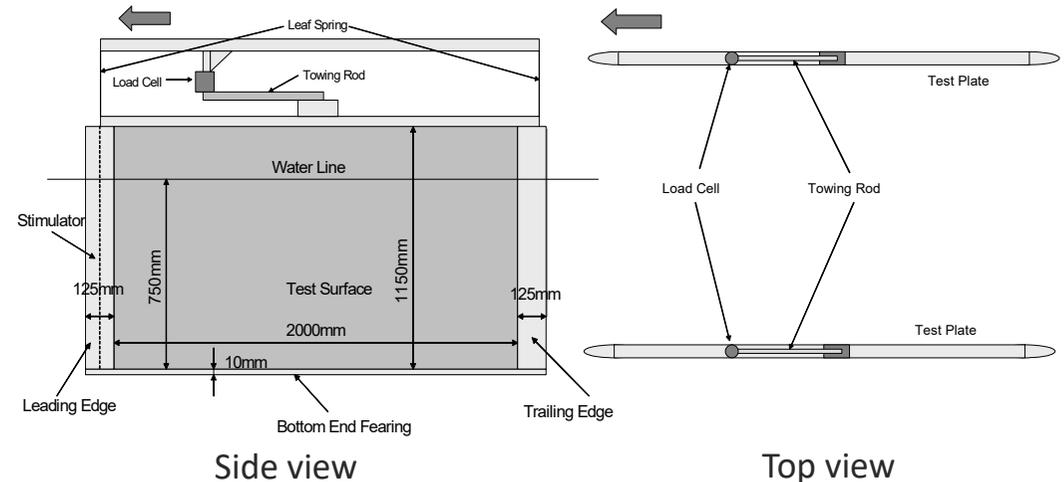
塗装面の乱流摩擦抵抗の違いを精度良く評価するため、**1%以下の乱流摩擦抵抗の差**を計測可能な手法として開発した試験法<sup>1)</sup>である。

曳航水槽における試験では、試験体の造波抵抗や圧力抵抗等、摩擦抵抗成分以外の抵抗成分の影響や、試験体の設置精度、水槽内の残流、静振、水温の空間的・時間的变化などが、誤差要因となる。

2枚の平板を平行に設置し、同時に曳航し、抵抗を計測することで、**誤差要因が2枚の平板に同時に影響を及ぼし相殺される**ようにしている。



Load cell		196N×2
Flat plate	Length	2250mm
	Depth	1160mm
	Draft	760mm
	Thickness	10mm
Distance between plates		2000mm
Test surface	Length	2000mm
	Draft	750mm

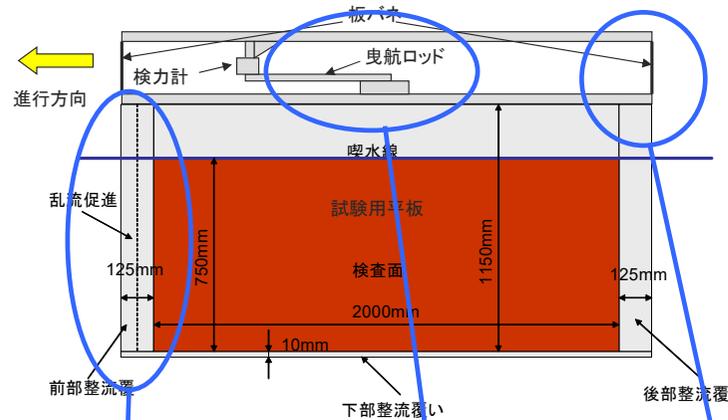


1)川島英幹 他, :平行平板曳航法による塗装面の乱流摩擦抵抗計測, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第46巻, 第5号, 2012.

# 平行平板曳航装置



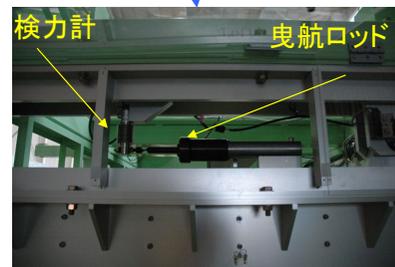
平行平板曳航装置計測状態



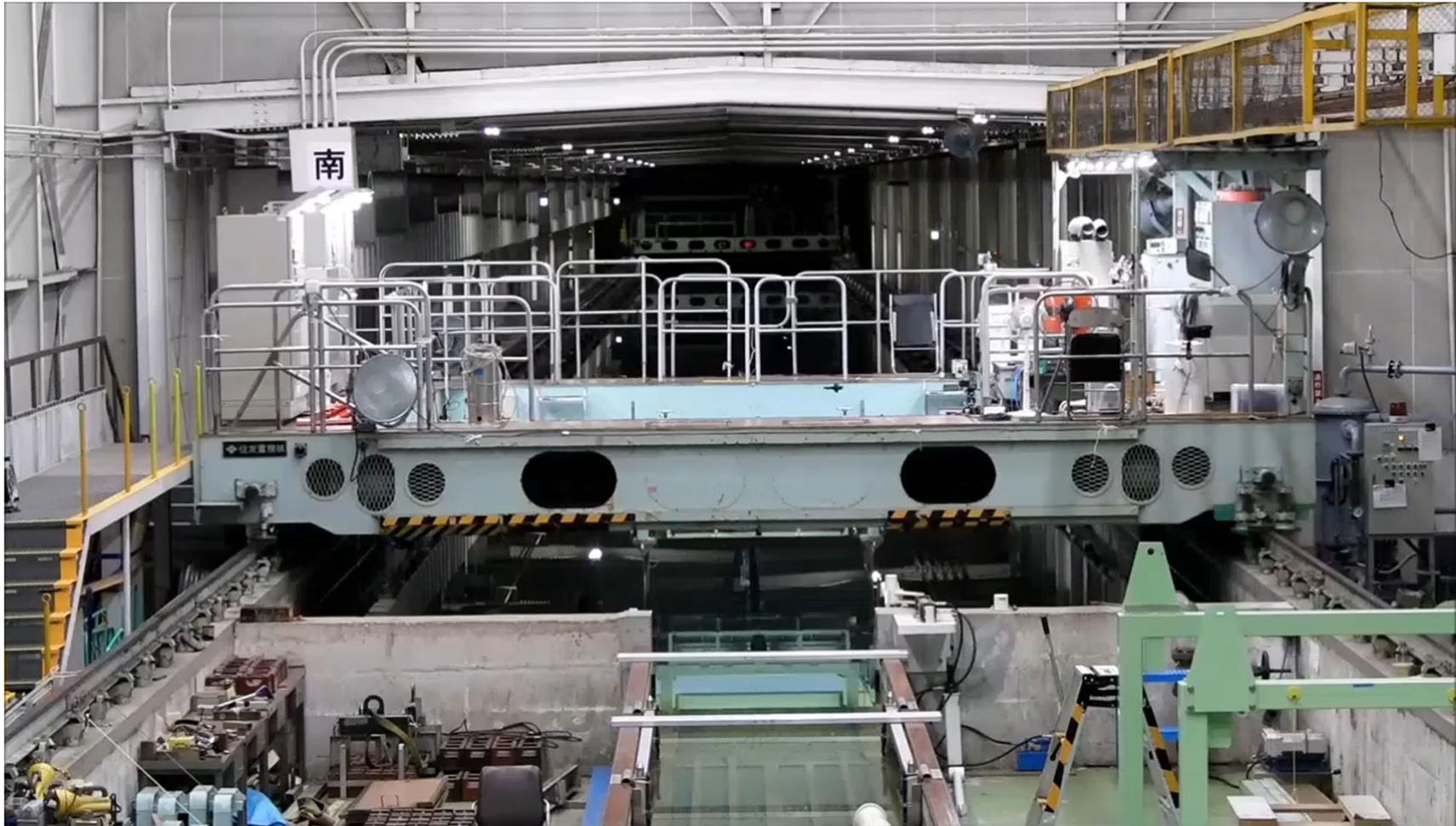
中水槽計測桁を拡げて設置



平板噴水状態



# 平行平板曳航試驗實驗風景



# 平行平板曳航法を使った研究

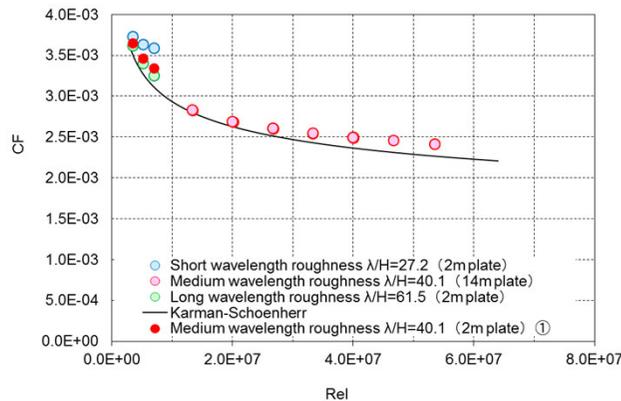
塗膜面の摩擦抵抗と表面粗度の形状パラメータの関係を明らかにするため、平行平板曳航法による2 m平板の試験と14m長尺平板の試験（400m水槽で実施）を実施し、実船における塗膜面の摩擦抵抗を推定式を導出した。<sup>2)</sup>



平行平板曳航法による2 m平板の評価試験



14m長尺平板



塗膜面摩擦抵抗の水槽試験結果

$$C_F = C_{F0} + \left(\frac{V_k}{V}\right)^2 \frac{S_k}{S} \alpha C_{d\_roughness}$$

$$S_k = \beta \frac{S \times Rce}{\pi \times RSm \times Rc} \times A$$

- $V$  : Velocity of test surface
- $V_k$  : Effective velocity at a roughness
- $S$  : Wetted surface area of test surface
- $S_k$  : Total effective front projected area of roughness
- $C_{d\_roughness}$  : Drag coefficient of a roughness
- $C_{F0}$  : Frictional drag coefficient of smooth surface
- $\alpha$  : Roughness interference coefficient
- $Rce$  : Average effective height of roughness
- $RSm$  : Average wavelength of roughness

導出した塗膜面の摩擦抵抗の推定式

<sup>2)</sup> Kawashima, H., et al., : Effect of Roughness Shape Parameter of Painted Surface on Frictional Resistance, Proceedings of the 14th International Symposium, PRADS 2019, Vol. I, 2019.