屈折率整合技術の水槽試験への応用
－省エネダクト内部の詳細流場計測法の開発－

Application of refractive index matching technology to tank test.
- Development of detailed flow field measurement method inside energy saving duct -

国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所　海上技術安全研究所

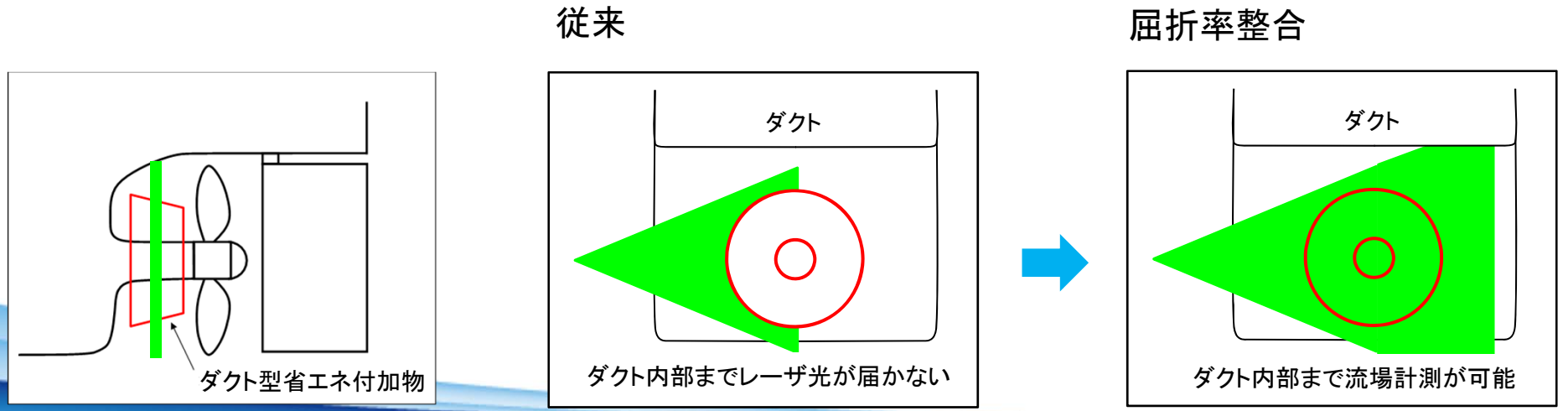
*濱田達也　大場弘樹　辻本勝

概要

- ダクト型省エネ付加物の高効率化のため、ダクト外部および内部の詳細な流場を把握する必要がある。しかし、レーザ光が届かないダクト内部は非接触計測である粒子画像流速計(PIV)でさえ計測は困難である。

- ダクト内部の流場計測を行うためには、ダクトを水中で見えなくする必要がある。ダクトを水中で見えなくするための手法として屈折率整合技術がある。

- 屈折率整合技術が船舶試験水槽での水槽試験に実用できるかを検証するため、小型回流水槽にて流場計測を実施した。



屈折率整合技術について

- 屈折率整合に必要な条件は、模型と流体の透明性が高い、屈折率が等しい、および模型内部の歪が少ないことである。

- 流体中で模型を見えなくすることができるため、模型に遮られることなく模型背面の流場計測をすることができる。

・従来の屈折率整合技術
水の屈折率(1.333)と同じ屈折率の透明材料がなかったため、
一般的な透明材料の屈折率に流体の屈折率を近づける。

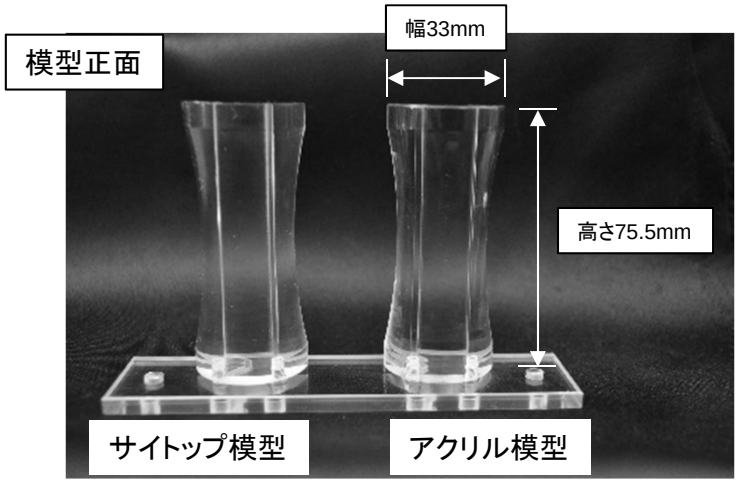
透明材料	屈折率	流体	屈折率
アクリル	1.49-1.53	ヨウ化ナトリウム水溶液	1.5
パイレックスガラス	1.47-1.49	シリコンオイル	1.48

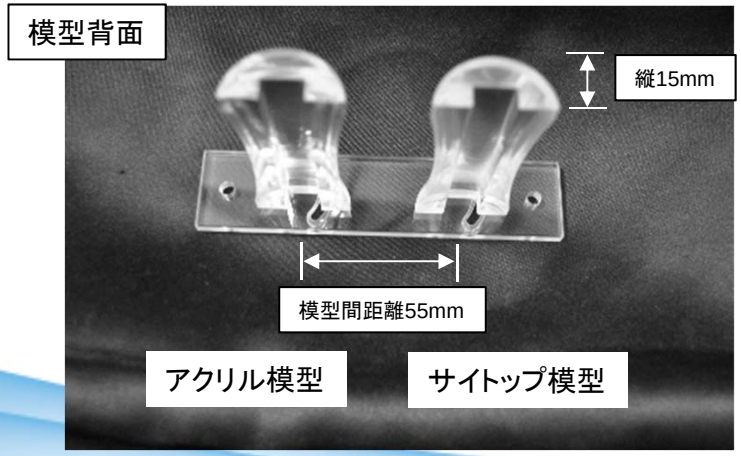
・従来の屈折率整合技術の欠点
船舶試験水槽への適応を考えた場合、莫大な水の入れ替えが必要なため実用性がない。

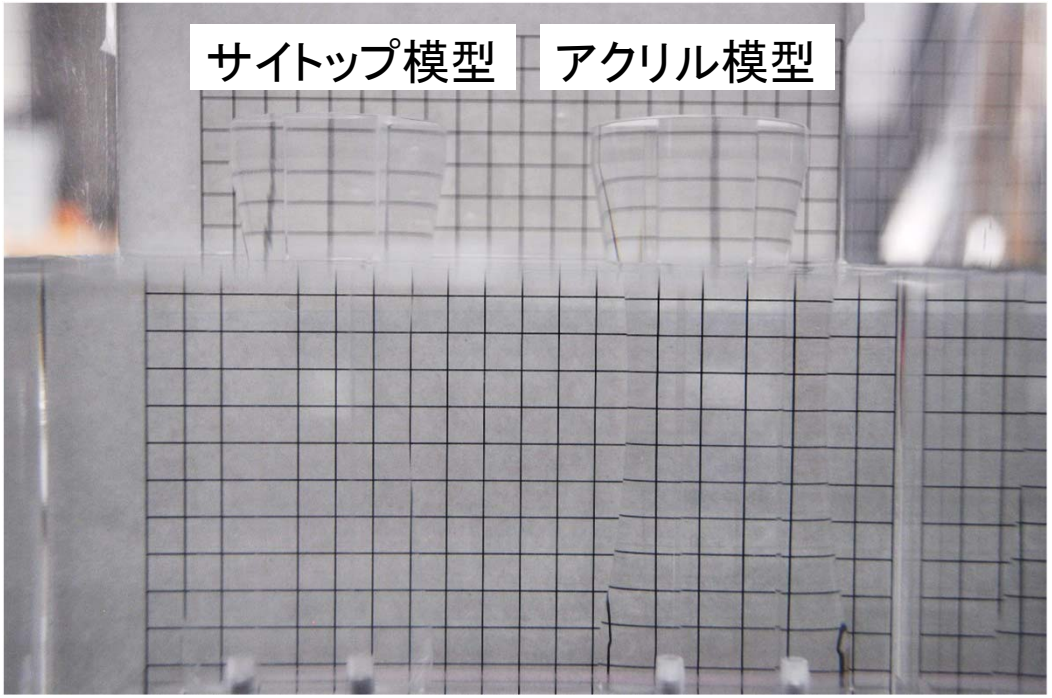
本研究では、船舶試験水槽へ水との屈折率整合技術の適応を検討。

屈折率整合技術について

- 水の屈折率に非常に近いサイトップ(屈折率1.34)があることがわかった。







水中での模型背面の格子の歪を撮影

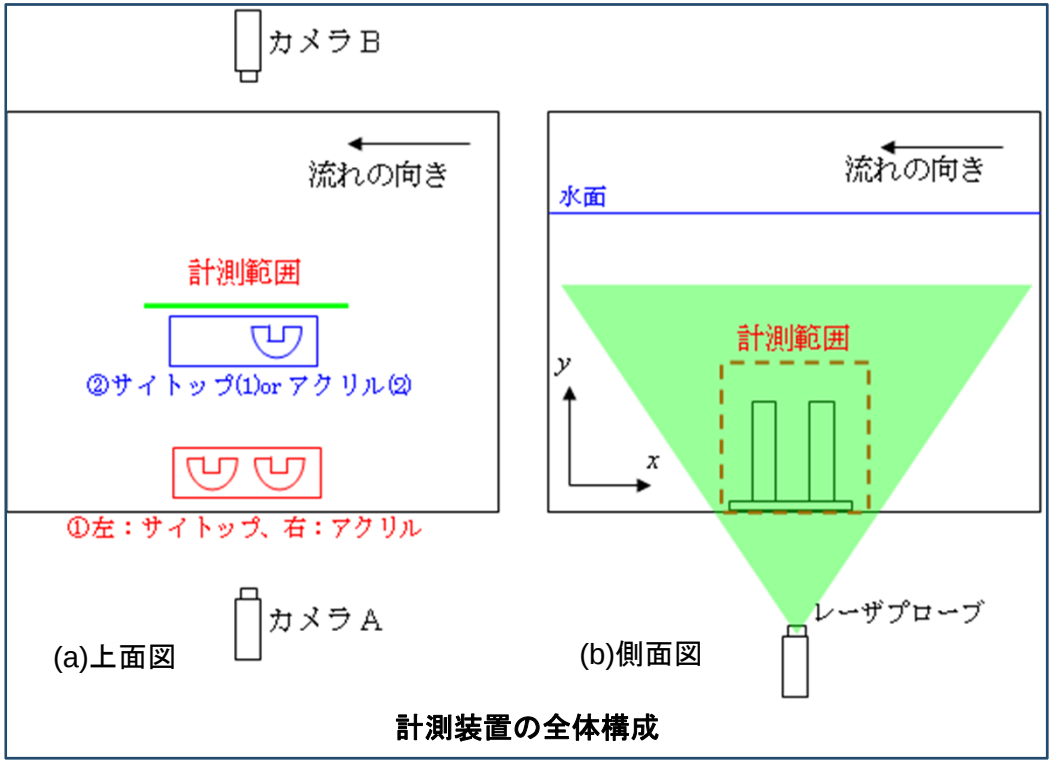
※模型はニイガタ株式会社より貸与いただきました。

※サイトップは旭硝子株式会社の製品です。

実験方法

- 小型回流水槽にサイトップ模型および同型状のアクリル模型を設置し、PIVにより模型を見通した先(模型背面)の流場計測を実施した。

計測条件	
カメラ位置	模型を見通した先を計測(カメラA)、 模型を見通さず計測(カメラB)
模型位置	計測位置から離して模型を設置(①)、 計測位置の近くに模型を設置(②)
インペラ回転数(流速)	5.5rps(約0.1m/s)、8.5rps(約0.2m/s)、 11.5rps(約0.3m/s)、14.0rps(約0.4m/s)
流体の屈折率(nD)	水(nD=1.333)、砂糖水(nD=1.340)



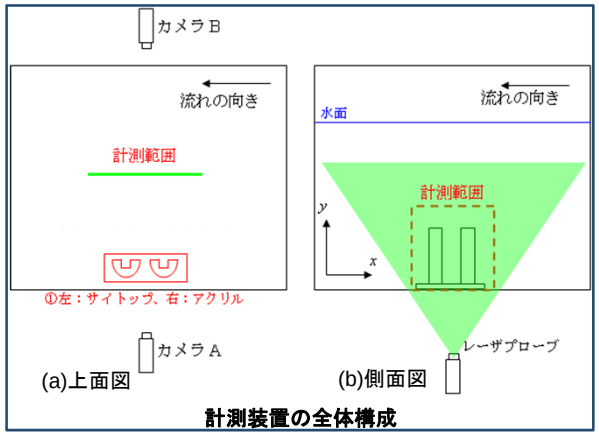
計測装置の全体構成

実験の様子1

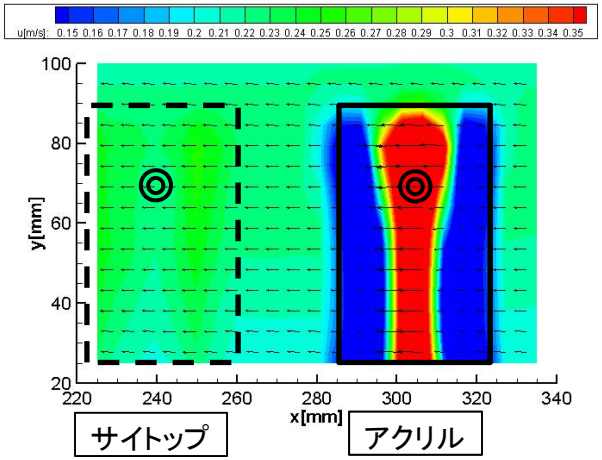
- 砂糖水のときのサイトップ模型およびアクリル模型の様子
  可視光を当てているため、サイトップ模型の影が映っている。

実験結果1

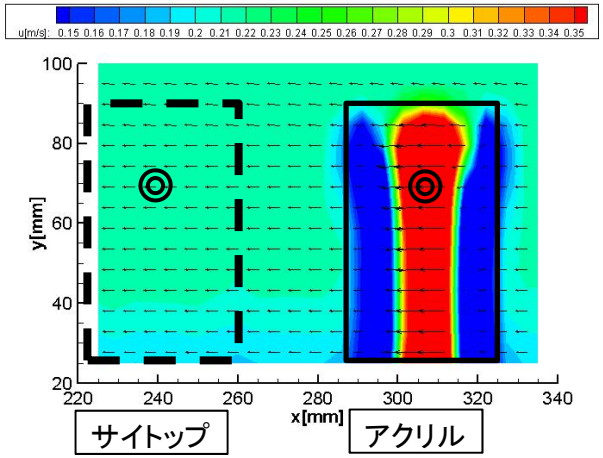
- 主流速度*u*の速度分布(インペラ回転数8.5rps、流速0.2m/sec程度)



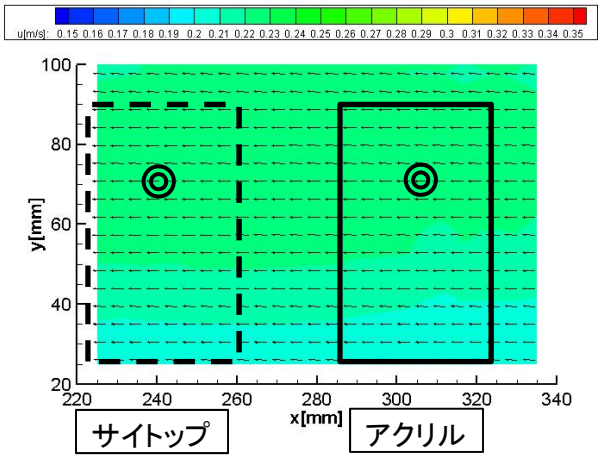
計測装置の全体構成



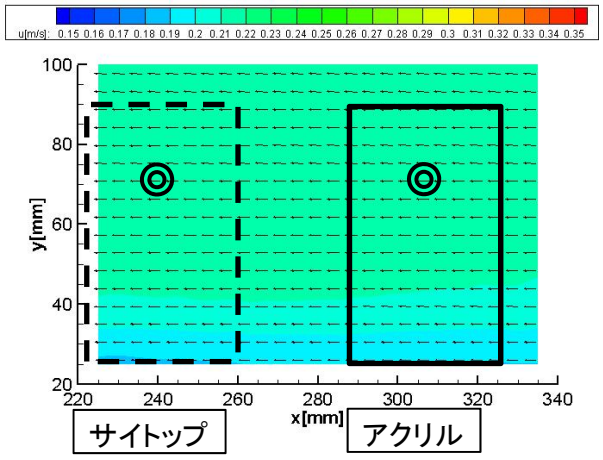
(a)模型位置①、カメラA、水



(b)模型位置①、カメラA、砂糖水



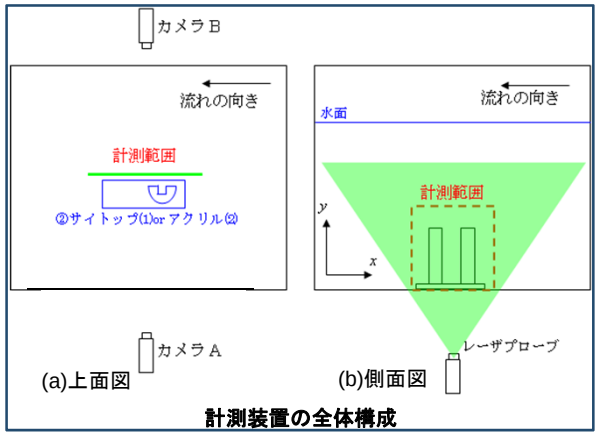
(c)模型位置①、カメラB、水



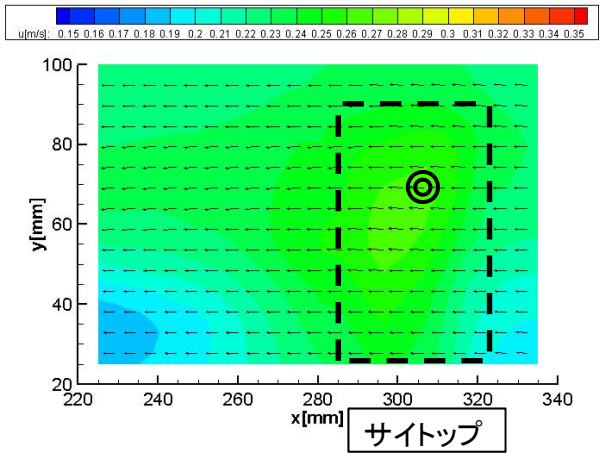
(d)模型位置①、カメラB、砂糖水

実験結果2

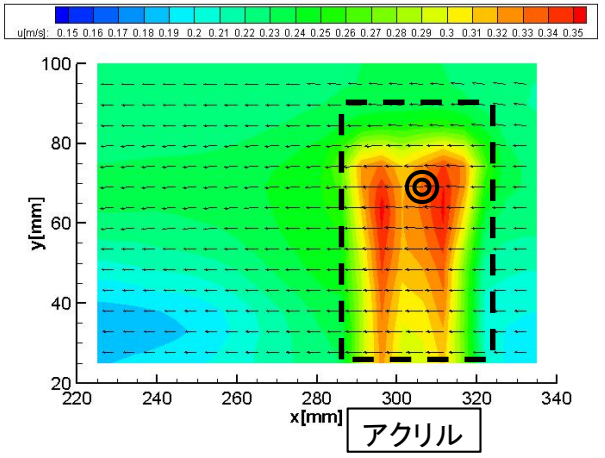
- 主流速度*u*の速度分布(インペラ回転数8.5rps、流速0.2m/sec程度)



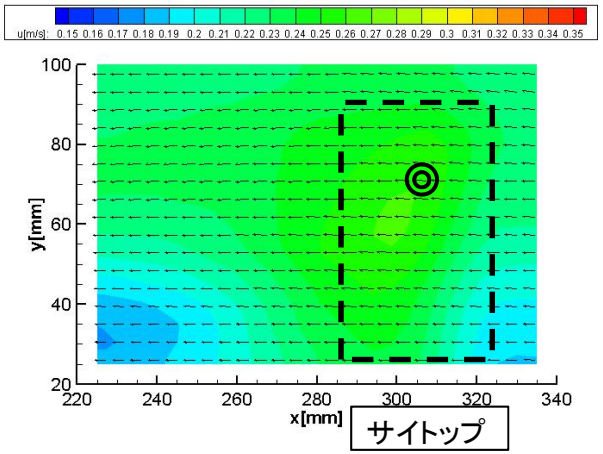
計測装置の全体構成



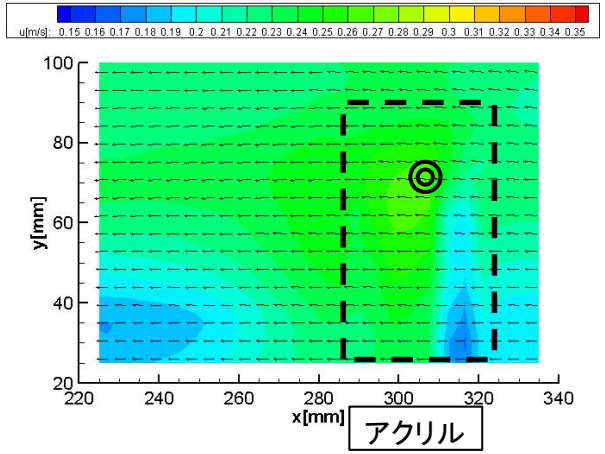
(e)模型位置②-(1)、カメラA、水



(f)模型位置②-(2) 、カメラA、水



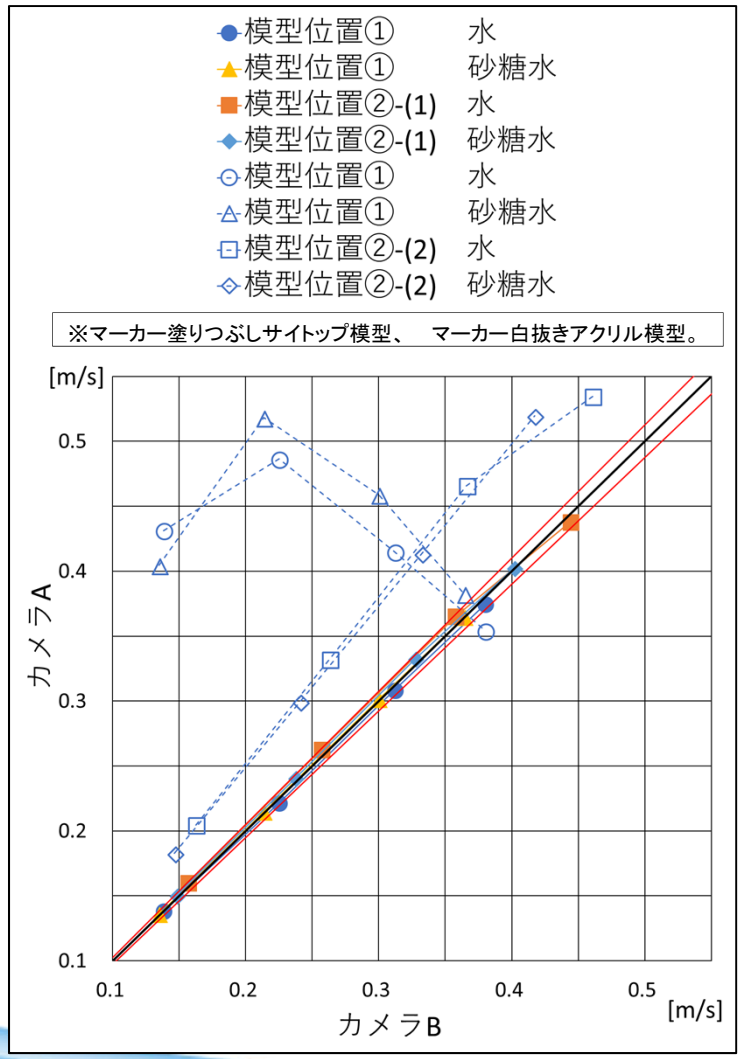
(g)模型位置②-(1) 、カメラB、水



(h)模型位置②-(2) 、カメラB、水

実験結果3

- 全計測条件におけるカメラAとBの主流速度uの比較



カメラAとBの主流速度uの比較

- 横軸に模型を見通さず(カメラB)計測した主流速度、縦軸に模型を見通して(カメラA)計測した主流速度をとる。
- 対角線に近いほどカメラAとBの計測結果が近いことを示す。また、各速度における±2.5%の範囲を赤線で示す。
- サイトップ模型を見通して計測した主流速度は、模型を見通さずに計測した主流速度と比較して、その差は水の場合±2.5%以内、砂糖水の場合は±1.5%以内であった。
- 以上の結果より、サイトップ模型が水(水槽試験)でも砂糖水(屈折率一致)でも流場計測に利用できることがわかった。

結論

- ダクト内部の流場を計測するため、水槽試験への屈折率整合技術の適用を検討した。

- 水の屈折率に非常に近いサイトップ模型(屈折率1.34)を使用し、小型回流水槽(水：屈折率1.333)でPIV計測を行った結果、模型を見通して計測した主流速度と模型を見通さずに計測した主流速度の差は±2.5%以内であった。

- サイトップ模型が水槽試験に利用できることがわかった。

謝辞　本研究で使用した模型は、ニイガタ株式会社より貸与いただきました。
関係各位に感謝申し上げます。

ご清聴ありがとうございました。