

対水船速の計測精度向上に関する 研究開発

2015年11月24日

株式会社MTI 船舶情報グループ

上級研究員 谷川 雅彦

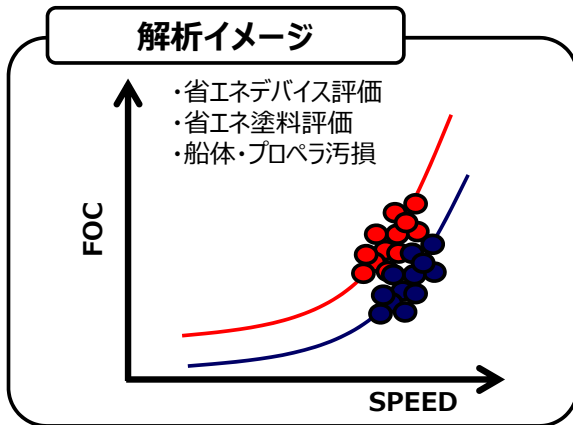
目次

1. 背景
2. 従来技術・研究
3. 研究の目的
4. 対水船速計測精度向上の取り組み
 - ① CFDによる船首船底下の流場調査
 - ② 新型対水船速計測手法の提案
 - ③ 新型対水船速計測手法の実船評価
5. まとめ
6. 今後の課題

1. 背景

近年、就航船の性能解析の精度向上に関心が高まっている

性能解析の精度向上には、対水船速の計測精度と燃費計の計測精度向上が必要。特に、対水船速の精度は、燃費計の精度以上に、解析結果に与える影響が大きい。



船のパワーカーブ
燃費(y) ∝ 船速(x)³ において、

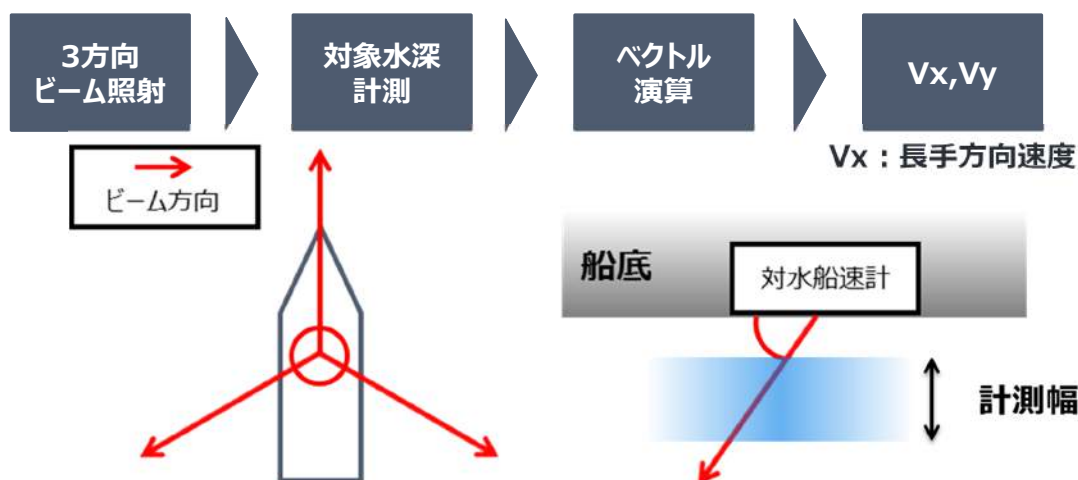
船速計測誤差(Δx/x)と燃費計測誤差(Δy/y)の関係は、

$\Delta y/y \doteq 3 \Delta x/x$ となり、
船速誤差は、燃費誤差の3倍影響が大きい

現在、主流のドップラーログ式対水船速計の精度(カタログ値 1%)は十分でなく、1%の解析精度を得るため、船速計測には、**少なくとも0.3%程度まで精度向上の取り組みが必要**

2-1. 従来の船速計測手法 (ドップラーログ方式)

船首船底に設置した送信機から、船底の3方向に超音波パルスを発信し、発信後、ある時間枠の間に戻ってきた音波を受信、ドップラーシフトによる流速を求める



誤差要因：①装置の誤差、②潮流、③流場、④海水温・塩分濃度

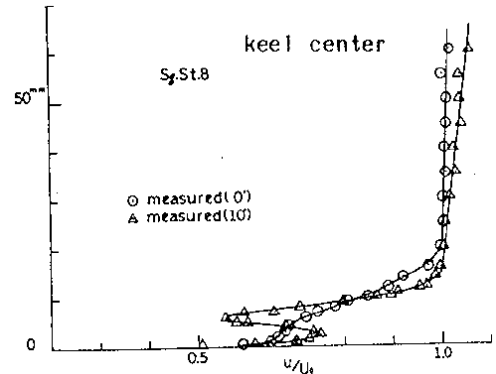
2-2. 船首船底下の流場に関する過去の研究

「船首船底の斜航流場調査」

1989年 日本造船学会論文集 第173号
(大阪府立大学・日立造船・日立造船技術研究所)

高速瘦型船の電磁ログ配置検討について
直進時と斜航時の流速分布を比較し
配置による計測精度について検討

- 一般商船の流速分布の比較検討なし
- ドップラーログの計測する数メートル～数十メートルの流速分布の検討なし

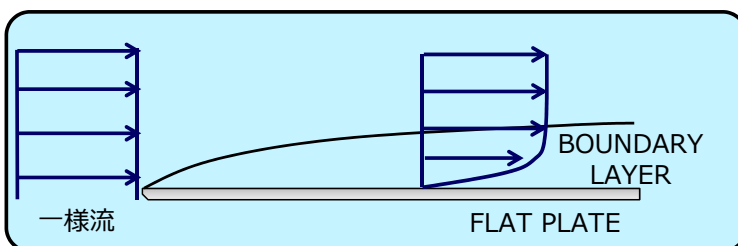


「船首船底の斜航流場調査」より
直進時・斜航時の流速分布の比較

一般商船においても高精度な対水船速計測を実施するには、
船首船底下の流速分布を調査する必要あり

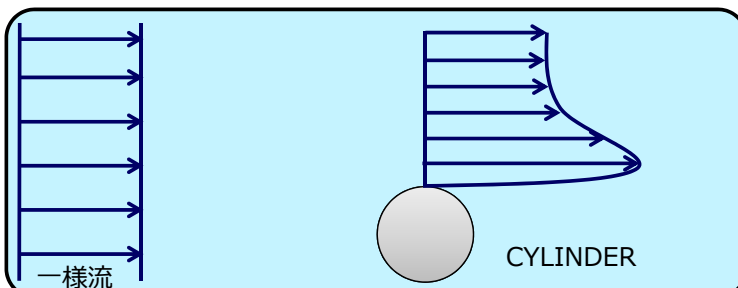
2-3. 船首船底下の流場に作用する流体原理

原理1: 境界層 平板と平行に流れる流体の速度分布イメージ図



平板近傍には
粘性影響により
速度勾配が生じる

原理2: ポテンシャル流れ 円柱周りを流れる流体の速度分布イメージ図



円柱から遠方まで
圧力勾配等の
影響により
速度勾配が生じる

船首船底下では、これらの流体原理が重なり、船型、船速によっても変化することが予想される

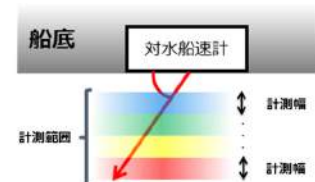
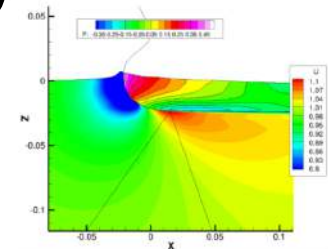
3. 研究の目的

- ドップラーログ式対水船速計測計の計測精度の向上
 - 目標: 計測誤差0.3%
- この実現のため、まずは誤差要因である、船首船底下の流場の影響、及び潮流影響を排除する手法の開発を行う



4. 対水船速計測精度向上の取り組み

- ① CFDによる船首船底下の流場調査
 - 船型: 瘦型船、肥大船
- ② 新対水船速計測手法の提案
 - 単層計測から多層計測へ
- ③ 新型対水船速計測手法の実船評価
 - PCCにおける実機評価



- ①は、横浜国立大学(日野教授)との共同研究
- ②、③は、古野電気株式会社との共同研究

4-①. CFDによる船首船底下の流場調査 ～対象船型

	KCS *	JBC
Lpp	190 m	280 m
B	26.6 m	45.0 m
d(Laden)	8.922 m	16.5 m
d(Ballast f/a)	5.40/5.40 m	6.54/8.69 m
Lpp/B	7.1429	6.2222
B/d(Laden)	2.9814	2.7273
B/d(Ballast)	4.9259	5.9055

* 実船計測対象のPCCに合わせてスケール調整

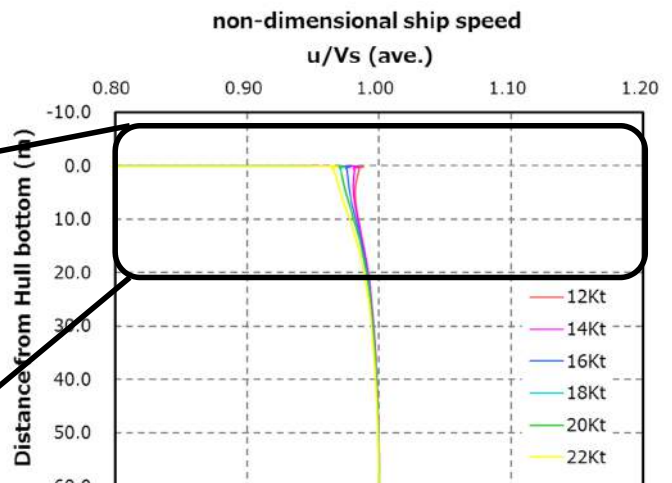
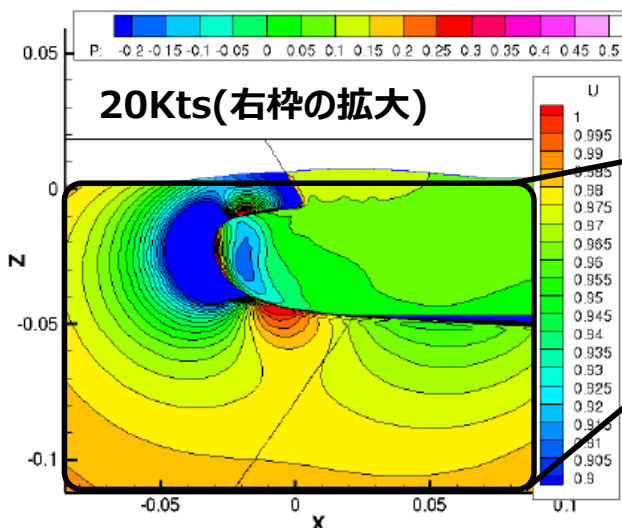
満載状態とバラスト状態において、それぞれ複数船速、実船スケール(1/1)でCFD実施

4-①. CFDによる船首船底下の流場調査 ～計算結果一例

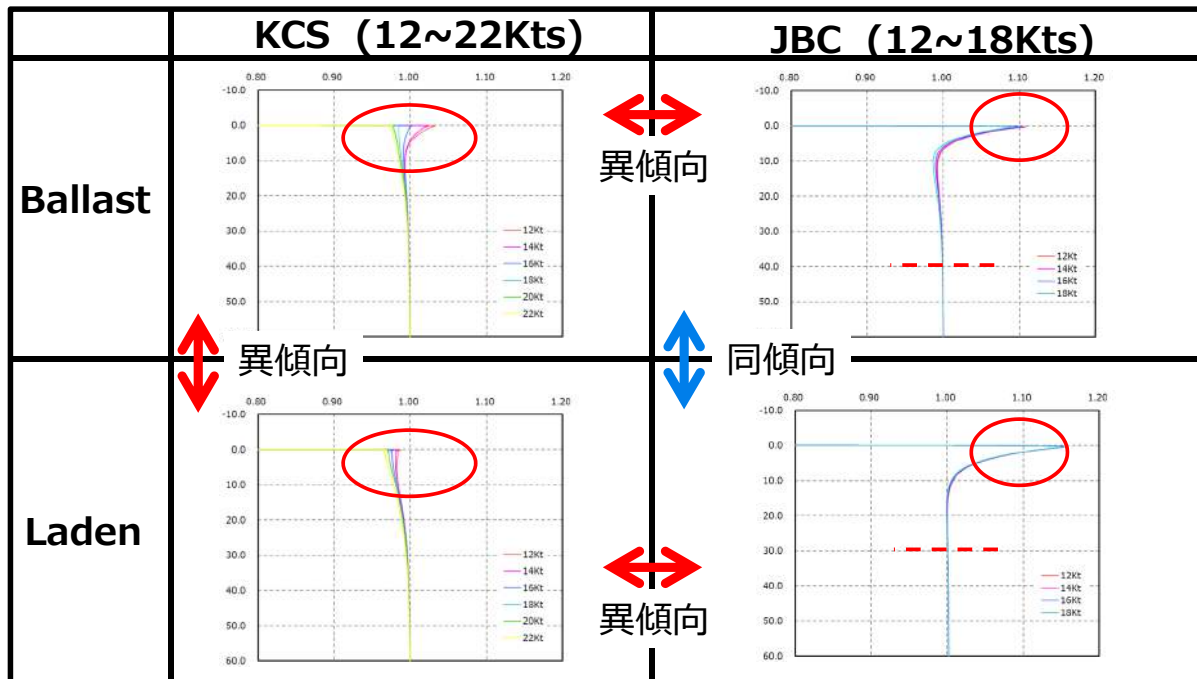
例) KCS 満載状態

長手方向流速分布と
船体表面圧力分布

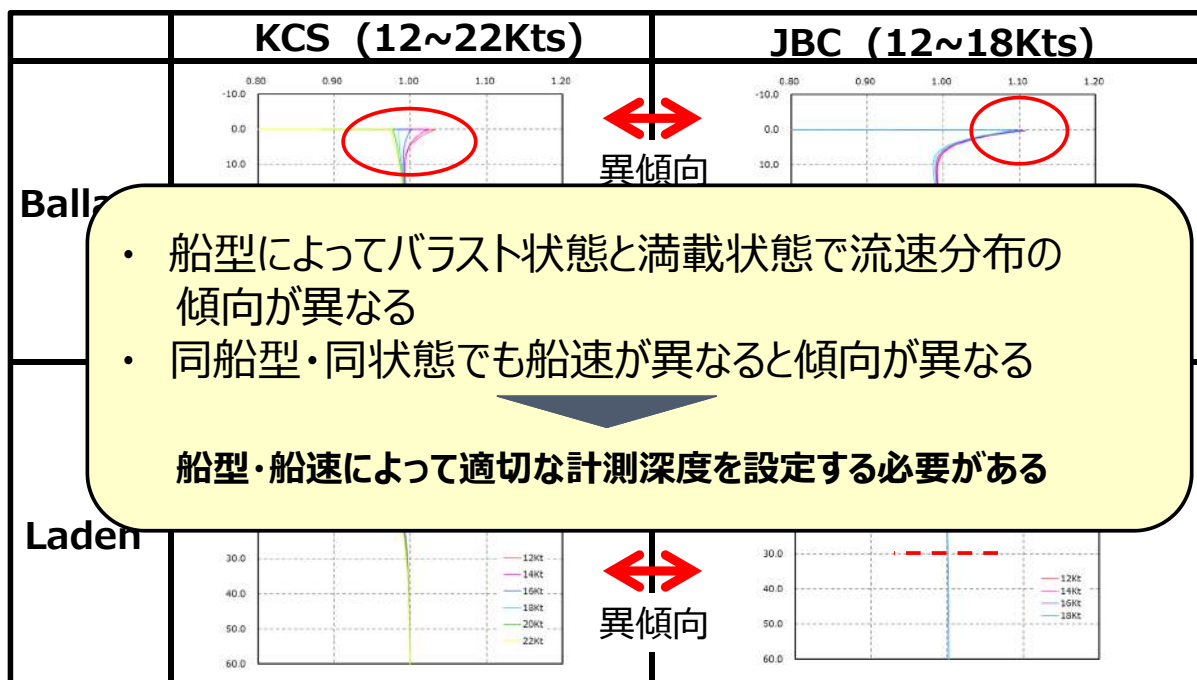
長手方向の流速分布
(計測値に対応)



4-①. CFDによる船首船底下の流場調査 ～船首船底下流速分布比較

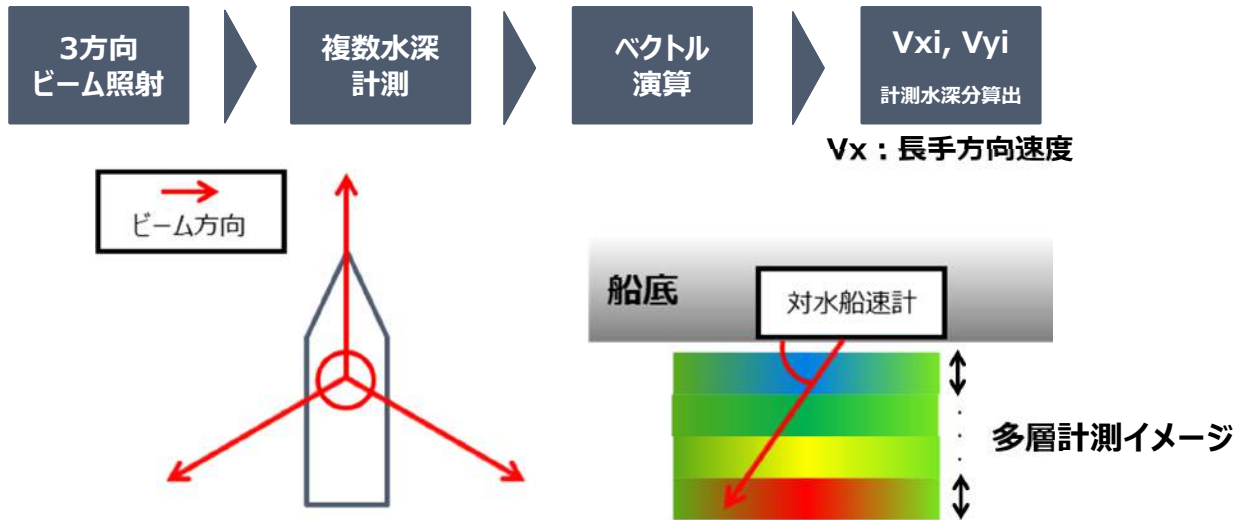


4-①. CFDによる船首船底下の流場調査 ～船首船底下流速分布比較



4-②. 新対水船速計測手法の提案

従来は単層で計測した船速を、多層化し、船首船底下の流場の速度勾配を捉える → **多層型対水船速計***



* 日本国特許取得済み。海外特許出願中。

4-②. 新型対水船速計測手法の提案 ～多層式の優位性

		理由
①	境界層・船体影響の除外	<ul style="list-style-type: none"> 遠方計測のみでよいが 単層計測ではそれらの影響がどれくらいの深度まで影響しているのか確かめる方法がない
②	潮流の除外	<ul style="list-style-type: none"> 単層計測：計測層に存在する潮流が一様に存在するとしている 多層計測：潮流影響を深度方向に分解可能 局所的な影響を見極めが見込める
③	データの蓄積による流速の検証	<ul style="list-style-type: none"> 流速分布の実船検証が可能となりデータを蓄積することで、個船ごとの真の対水船速分布を取得・修正することが可能となる

▶ 誤差要因 ①流場、②潮流の影響を除外できる

4-②. 新型対水船速計測手法の提案 ～多層式対水船速計（実験機）の仕様①

Case	①	②	従来器
計測層数	9	9	1
計測範囲 (中央深度)	2.2m※～5.2m ※海域による	14m ~ 54m	23m
計測幅	0.45m	7.5m	14m
最大計測深度	10m	60m	30m

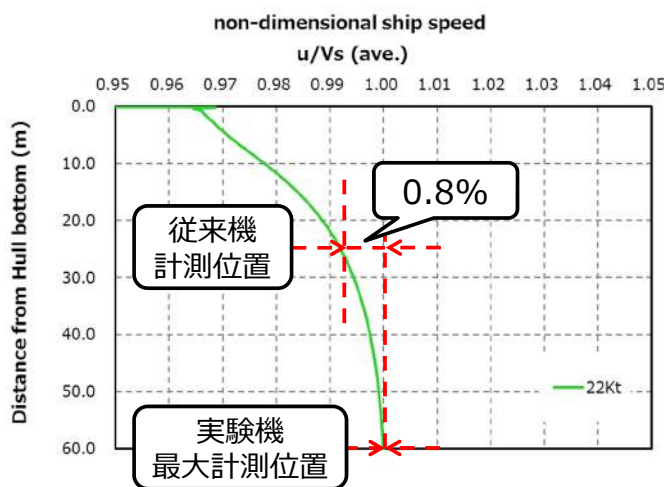
実験機では、最大深度60m程度まで計測可能

- ・ 深度60mまで計測深度を深くすることで、改善が見込める

実験機では、分解能向上により速度分布の影響誤差を小さくすることが可能

- ・ 従来器と比べ約半分の7.5m程度の計測幅でも精度はほぼ等価

4-②. 新型対水船速計測手法の提案 ～多層式対水船速計（実験機）の仕様②



例) KCS船型 満載状態 22Kt

CFD結果を援用すると・・・

(例) KCS船型 満載状態 22Kt では・・・

単層型：

計測対象として、中央深度で0.8%の真値からの乖離がある領域を計測
この区間の平均的な流速を船速として算出

多層型：

計測深度を深めて真値からの乖離を最小化
水深毎に異なる速度勾配に応じた流速分布の算出が可能

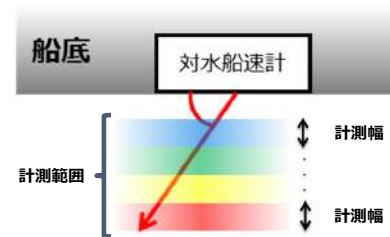
4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価

対象船： P'MAXクラスPCC



計測機：
新型多層式船速計(古野電気製 DS-60改造機)

Case	①	②
計測層数	9層計測	
計測範囲	2.2 ~ 5.2m	14 ~ 54m
計測幅	0.45m	7.5m



※ 基本仕様はDS-60と同じ

4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価 ～検証方法



データ処理のフロー

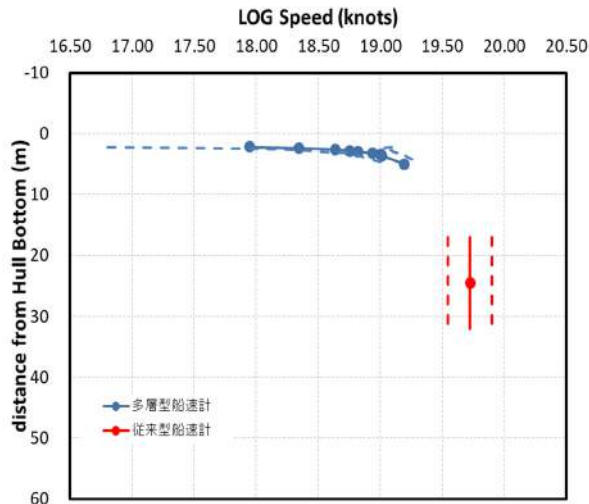


※フィルター条件は外乱影響を含まないように設定した
(船体運動成分、ドリフト角など)

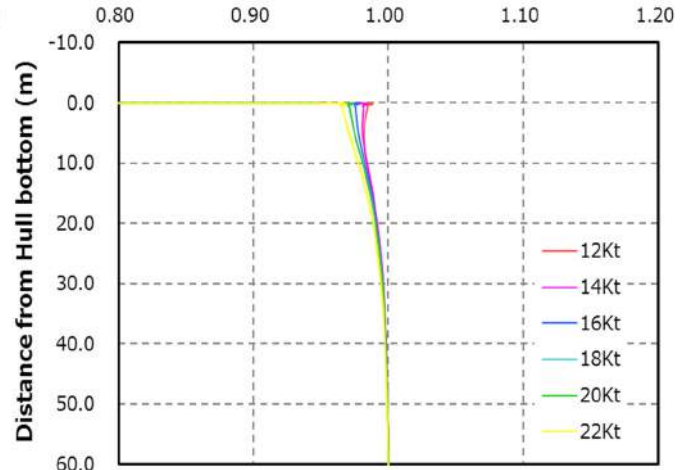
4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価 ～検証結果例① (CFDとの比較)

計測条件： 計測幅 0.45m
計測深度 2.2m ~ 3.2m(0.2mピッチ), 5.2m

実船計測流速分布
(±σ表示)



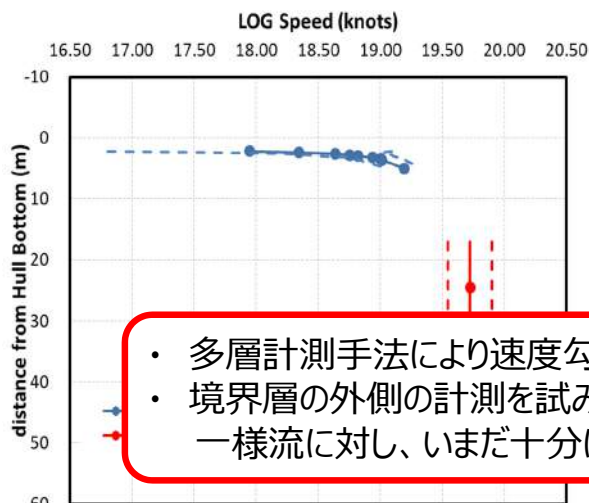
CFD流速分布 KCS船型
non-dimensional ship speed
u/Vs (ave.)



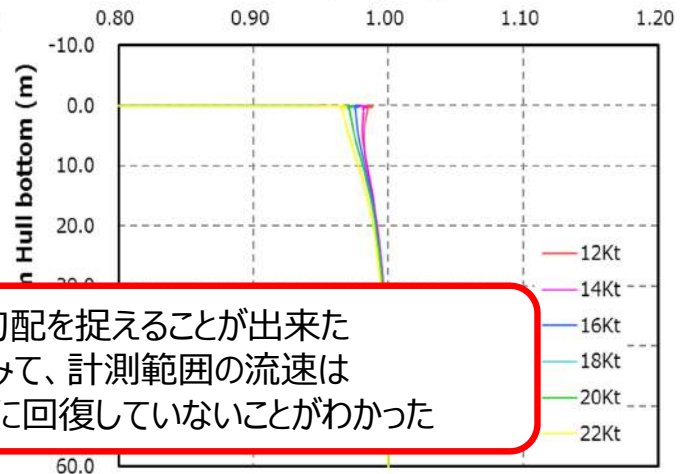
4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価 ～検証結果例① (CFDとの比較)

計測条件： 計測幅 0.45m
計測深度 2.2m ~ 3.2m(0.2mピッチ), 5.2m

実船計測流速分布
(±σ表示)



CFD流速分布 KCS船型
non-dimensional ship speed
u/Vs (ave.)

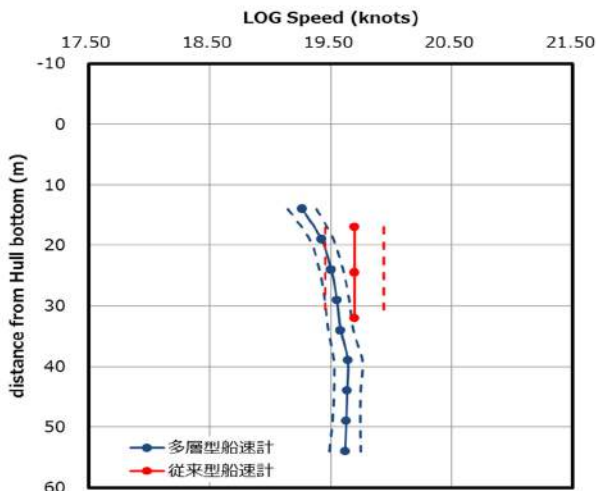


- 多層計測手法により速度勾配を捉えることが出来た
- 境界層の外側の計測を試みて、計測範囲の流速は
一様流に対し、いまだ十分に回復していないことがわかった

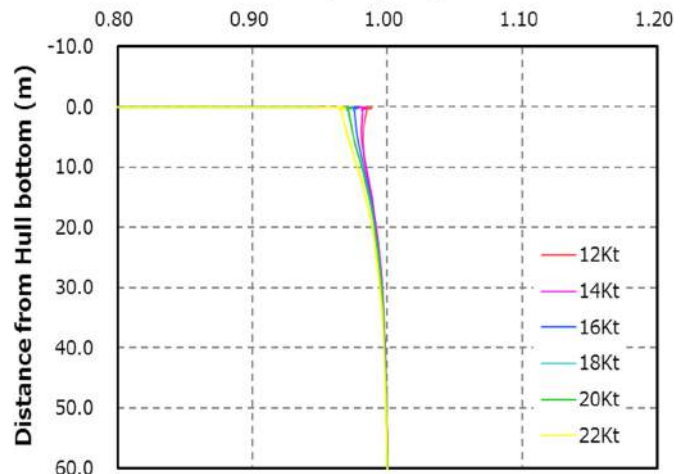
4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価 ～検証結果例② (CFDとの比較)

計測条件： 計測幅 7.5m
計測深度 14m ~ 54m (5mピッチ)

実船計測流速分布
(±σ表示)



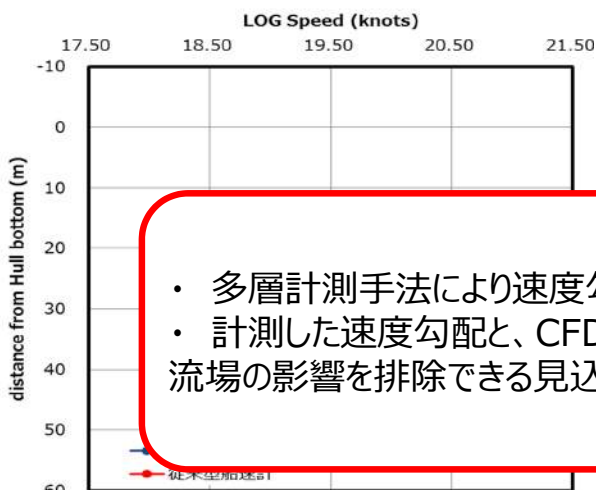
CFD流速分布 KCS船型
non-dimensional ship speed
u/Vs (ave.)



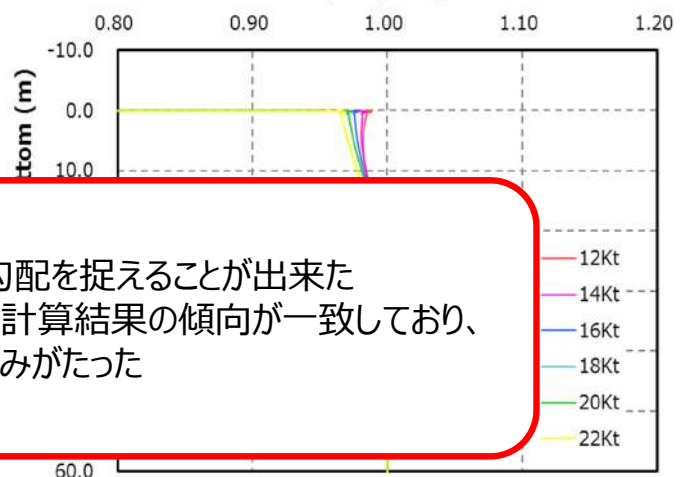
4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価 ～検証結果例② (CFDとの比較)

計測条件： 計測幅 7.5m
計測深度 14m ~ 54m (5mピッチ)

実船計測流速分布
(±σ表示)



CFD流速分布 KCS船型
non-dimensional ship speed
u/Vs (ave.)

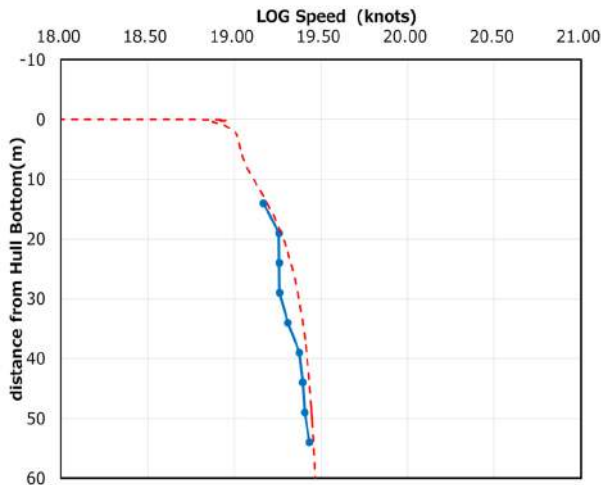


- 多層計測手法により速度勾配を捉えることが出来た
- 計測した速度勾配と、CFD計算結果の傾向が一致しており、流場の影響を排除できる見込みがたった

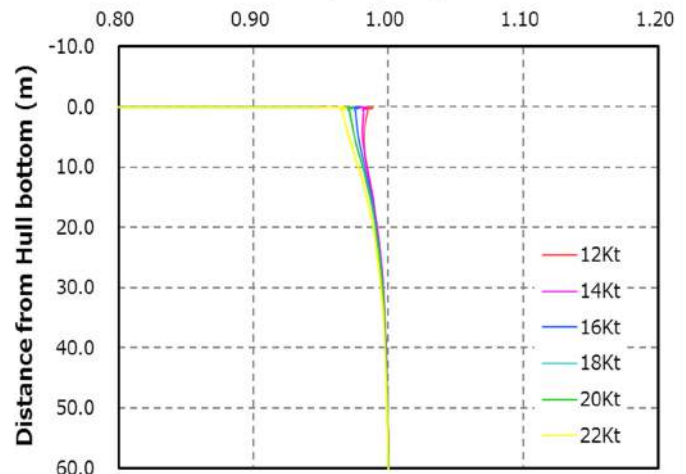
4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価 ～検証結果例③ (参考：フィルター無)

計測条件： 計測幅 7.5m
計測深度 14m ~ 54m (5mピッチ)

実船計測流速分布
(±σ表示)



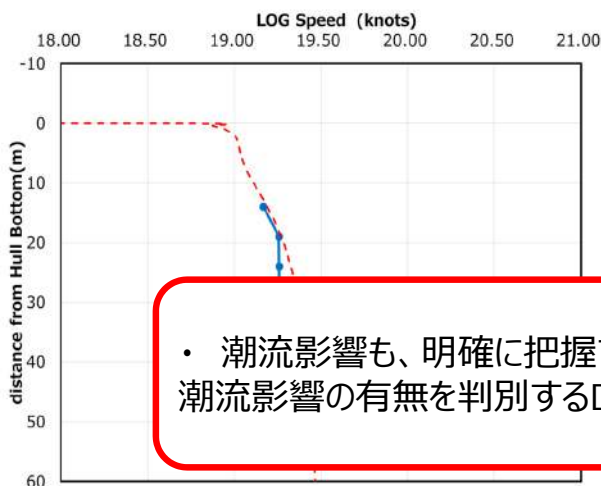
CFD流速分布 KCS船型
non-dimensional ship speed
u/Vs (ave.)



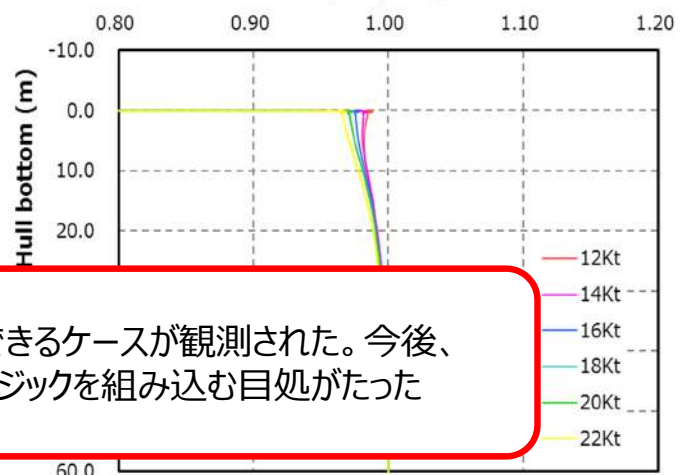
4-③. 新型対水船速計測手法の実船評価 ～検証結果例③ (参考：フィルター無)

計測条件： 計測幅 7.5m
計測深度 14m ~ 54m (5mピッチ)

実船計測流速分布
(±σ表示)



CFD流速分布 KCS船型
non-dimensional ship speed
u/Vs (ave.)



・ 潮流影響も、明確に把握できるケースが観測された。今後、潮流影響の有無を判別するロジックを組み込む目処がたった

5. まとめ

1. 対水船速計の精度向上を目的として、以下を実施した
 - フルスケールCFDによる船首船底下の流場の調査
 - 多層型船速計測手法の開発
 - 多層型船速計測手法の実船での評価

2. 上記の検討を通して、多層型船速計測手法により、対水船速計測における誤差要因のうち、流場の影響、潮流の影響を排除して、対水船速の計測精度向上を実現する見込みがたった

3. 船型や船速によって流速分布が異なるため、計測深度や計測幅の決定には更なる検討が必要

6. 今後の課題

1. 計測深度・計測幅は、精度に影響するため、今後、複数検討し最適な計測条件を探索する

2. 船型毎に速度勾配が異なるため、少なくとも船種ごとの速度分布の特徴を把握する必要がある、このために他船種でもCFD計算を実施する

3. その他の誤差要因（装置自体の誤差、海水温・塩分濃度影響）も含めてシステム全体の対水船速計測精度を評価する

4. 多層型対水船速計の製品化を進める



ご清聴ありがとうございました

