



第23回 海上技術安全研究所研究発表会



船舶の安全運航のための性能評価に関する研究

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
流体性能評価系

大森 拓也 北川 泰士 大橋 訓英 黒田 貴子 宮崎 英樹



1. 背景と目的
2. 操縦性能に関する研究
3. CFDツールに関する研究
4. 耐航性能に関する研究
5. 錨泊に関する研究
6. 結言

本研究を所掌する流体性能評価系の主たる課題である、船舶の安全な運航に関連し

- 近年の新たな関連トピック（国交省第5期技術基本計画）としては
 - 自動運航船等の実用化
 - 台風等の気象災害に対するリスク低減等
 - 継続的に取り組むべき課題としては
 - 関連する国際/国内基準対応
 - 先端的ITを取り込んだDX（デジタルトランスフォーメーション）
- 等がある。

以上のような認識のもと

- 船舶の安全運航に関連する流体现象である操縦性能や耐航性能等の要素について
- 水槽試験・理論計算・実船レベルの数値流体計算等も含めた各種ツールを包含し本研究を実施することとした。

研究は4つのトピックからなり、それぞれ以下に示すような内容となる。

1. 操縦性能：港内操縦運動再現のための操縦運動数学モデルに関する研究
2. CFDツール：総合性能評価のためのCFDによるシミュレーション技術開発
3. 耐航性能：復原性に起因する船舶の危険事象を再現する技術開発と基準に関する研究
4. 錨泊関連：港内で錨泊する船舶の安全性評価のための技術開発

以下、各トピックの目的・実施内容・予想成果等について報告する。

トピックの背景

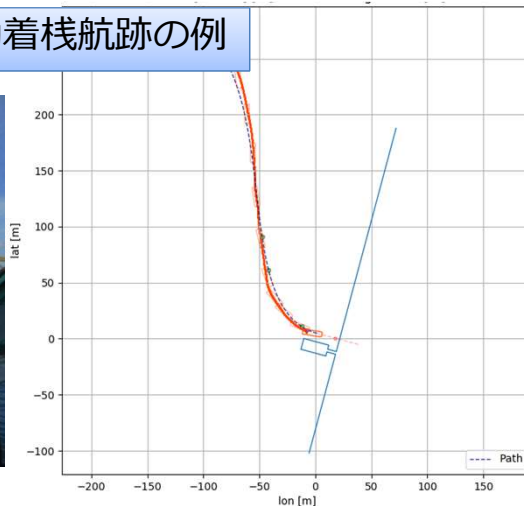
自動運航船の避航や離着岸操船のアルゴリズム認証には、操縦運動シミュレーションによる検証過程が必須と考えられる

- ▶ 避航操船用の操舵応答モデル (KTモデル)、離着岸操船用のモジュラーモデル (MMG等の成分分離型) 両方を考慮する必要

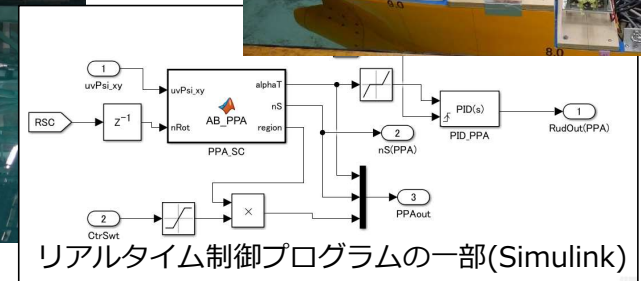
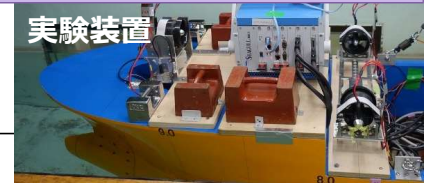
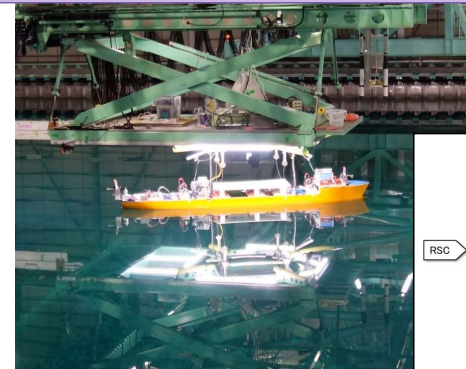
前中長期における取り組み

- ✓ 小型実験船“神峰”自動着岸実証実験において、低速時操縦運動モデルを構築
- ✓ 実船の離着岸操縦運動を再現する自由航走模型試験法の開発 (2022/8公開実験)

小型実験船“神峰”による自動着岸航跡の例



開発した水槽試験法による自動着岸アルゴリズム検証実験



課題

- 浅水影響・側壁影響・低速状況を伴う離着岸時の計算モデルにデファクトスタンダードがない
- 水槽試験やCFDによるモデル係数決定のコスト大
- KTモデルの係数推定についても船種や運航船速ごとのデータ不足



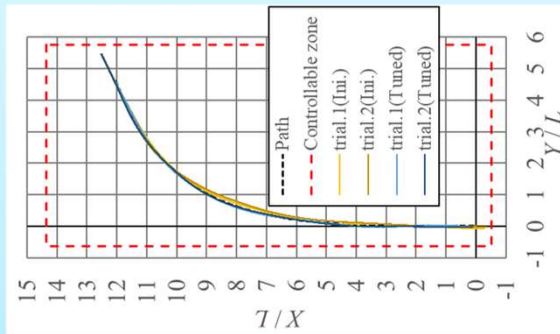
操縦運動計算モデルの高精度化と共に、モデル構築を簡易に行えることが重要

操縦性能に関する研究



研究内容

- ・ 低速時の操縦運動モデル
- ・ 浅水・側壁影響のモデル



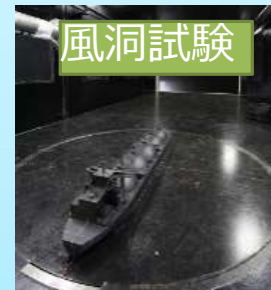
- ・ 知見の整理
- ・ 模型試験活用・CFDとの連携
- ・ AI的アプローチの検討

実用的なモデル簡易推定法の開発

水槽模型試験
+ 数値流体計算



風洞試験



風圧力の簡易推定手法拡張

成果

- ・ 操船シミュレータへの成果実装
- ・ アルゴリズム検証・認証に貢献
- ・ 国内自動運航船開発者への貢献



研究の全体イメージ

詳細実施内容

① 離着棧操船再現のための操縦運動数学モデルの高精度化のための研究

- 低速時および制限水域影響（浅水・側壁等）を考慮した計算モデルと水槽試験法
- 粘性CFD等の数値計算手法の検討

浅水・側壁・水路などの影響も含め、低速時操縦運動シミュレーションが可能に

② 操舵応答モデルと離着棧操縦運動モデルのモデル係数簡易設定手法の開発

- 操縦流体力特性データ取得とデータベースの整備
- モデル係数簡易設定手法の開発

操縦運動モデルの係数を簡易推定できるようになる

詳細実施内容

③内航船も含めた風圧力特性簡易推定手法の拡張

- 既存簡易推定法（藤原の式）に不足の内航船風圧力データの取得
- 推定式の整備

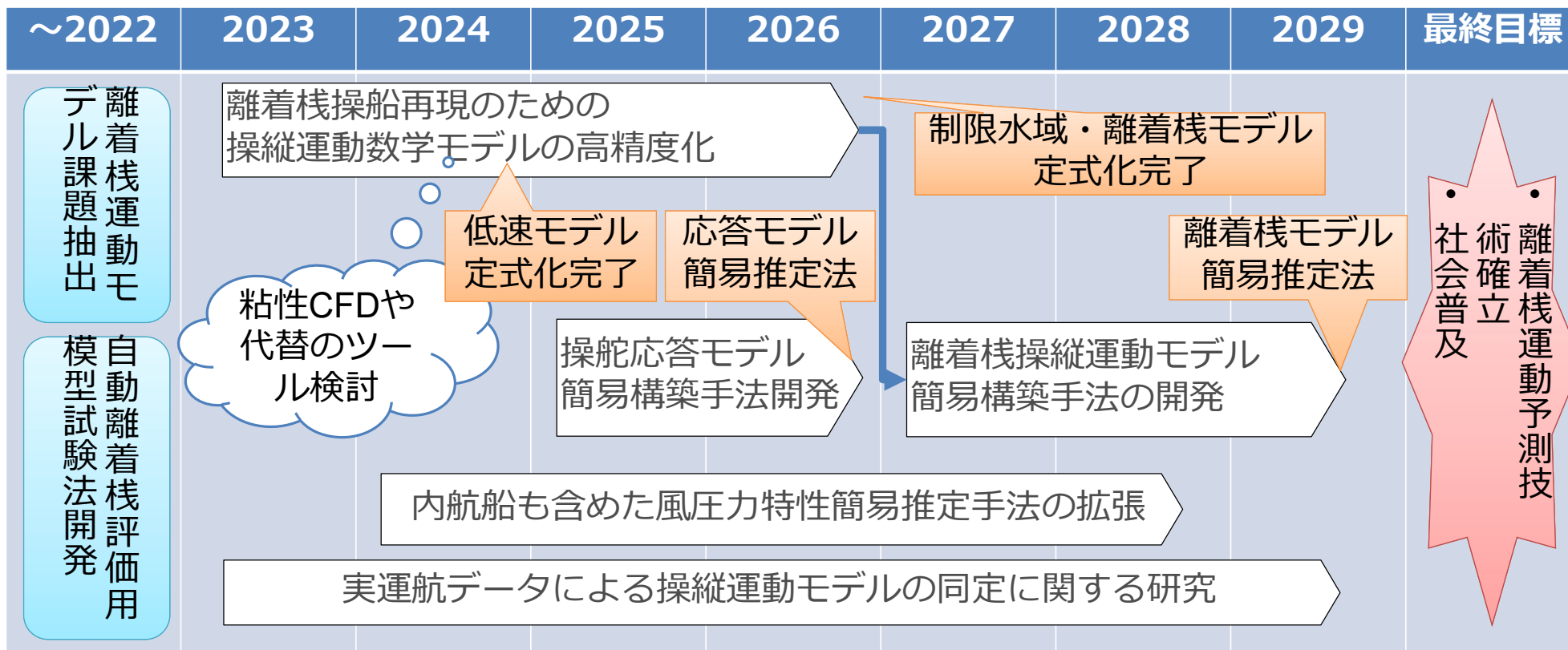
内航船について、風圧力簡易推定式の精度向上

④実運航データによる操縦運動モデルの同定に関する研究

- 実船モニタリングデータからの操縦運動モデル構築を最終目標としつつ、まずは自由航走模型試験データからのモデル同定手法開発

将来的な実船モニタリングデータ活用への道筋をつける

操縦性能に関する研究



研究スケジュール

トピックの背景と課題

- 2050年までの海運からのGHG排出ゼロに向け、実船性能把握の重要性
- DXによる次世代技術開発促進の社会的要請に対し、海技研CFDも応えていく必要

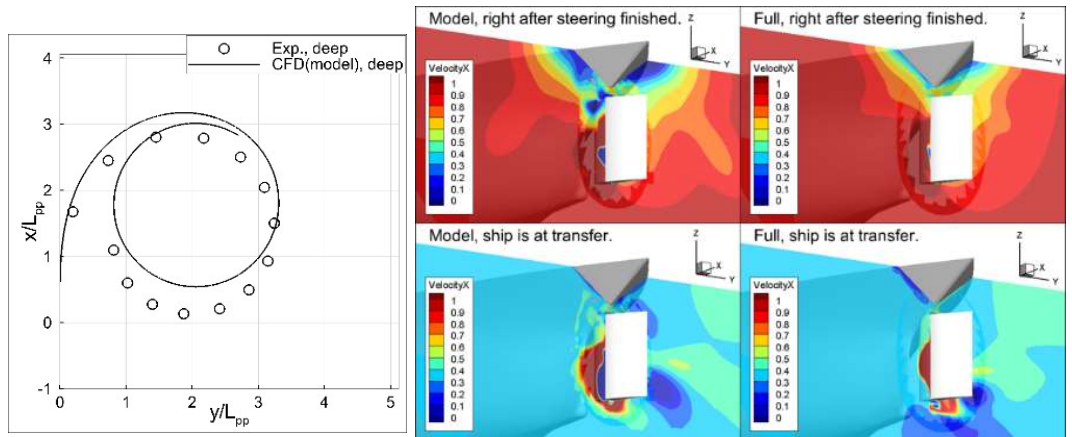
前中長期における取り組み

第4期ではCFDによる実海域性能の評価を目的として、波浪中での船体運動を含む計算手法・風圧抵抗の評価手法・実船流場の推定手法及び自由航走計算手法等を開発

CFDツールに関する研究

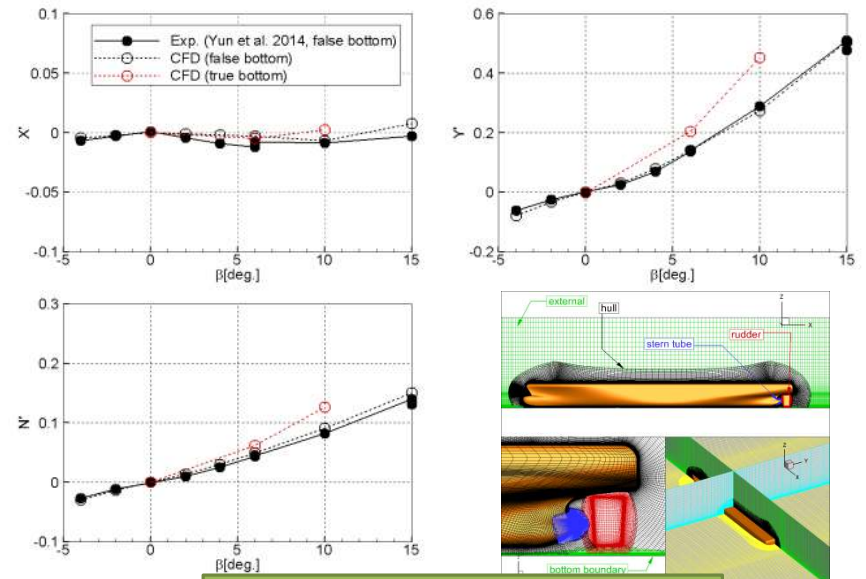


これまでの取り組み(代表例)

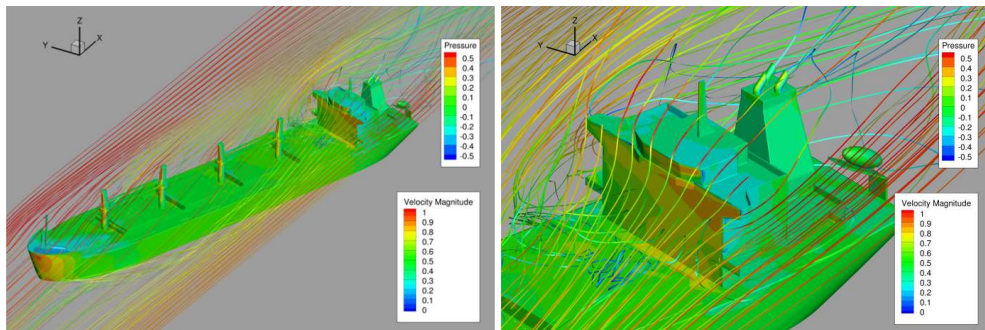


35度旋回中模型・実船スケール流場の比較

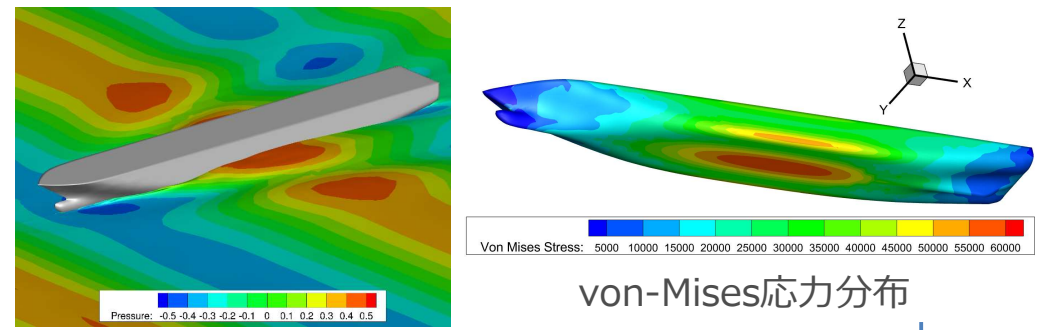
動的重合格子による自由航走計算の検証



浅水時流体力の検証



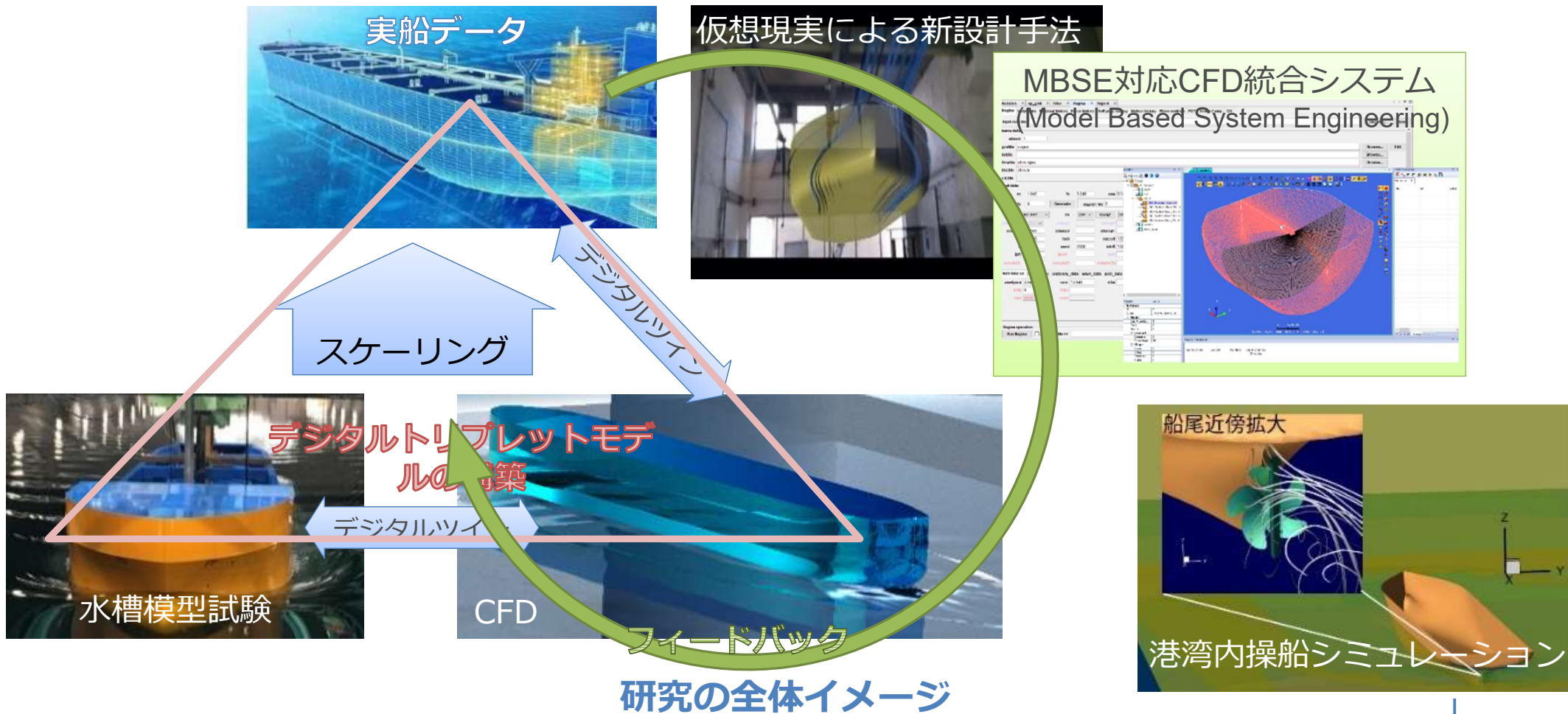
上部構造物周りの流場



von-Mises応力分布

流体構造連成計算

CFDツールに関する研究



詳細実施内容

第4期成果等をもとに新システムを開発・関連業界に普及を図る。

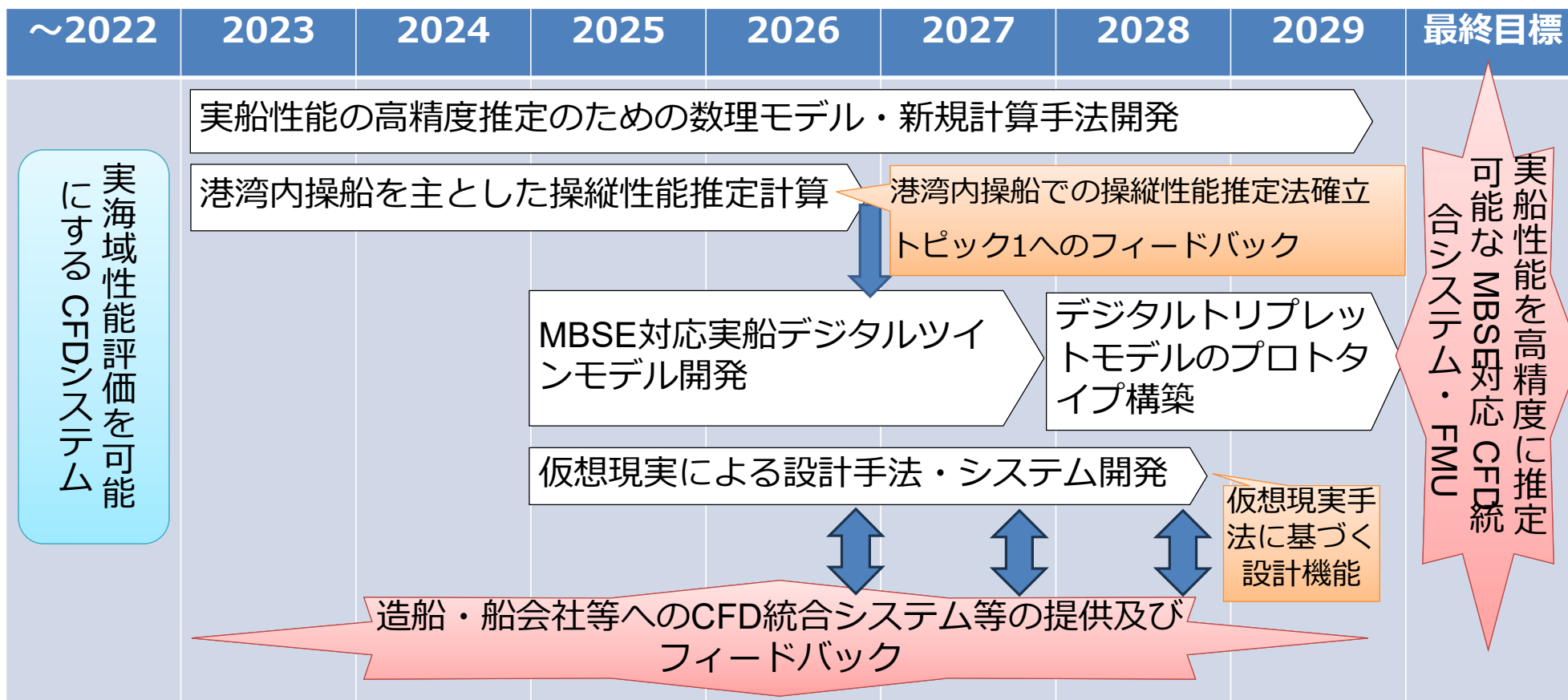
- ① 実船性能推定のための各種数理モデル(塗料モデル、海象データも活用した不規則波モデル、経年劣化の評価手法等)や、データ同化等の新規計算手法開発
- ② 仮想現実手法を導入した新たな設計手法開発
- ③ 上記をFunction Mockup Unit(FMU)化し、MBSEに対応するCFD統合システム化
- ④ 実船-CFDデジタルツインモデル・水槽-CFDデジタルツインモデルを組み合わせたデジタルトリプレットモデルのプロトタイプを構築

高精度な実船性能推定、安全性評価や運航管理への応用、そして船型/付加物等の開発期間短縮に貢献できるCFDシステムを提供し海事産業のDXを促進

- ⑤ 港湾内操船を主とした操縦性能推定及び実船自由航走状態の計算手法開発

トピック1 (離着棧操船の操縦運動モデル) との連携

CFDツールに関する研究



研究スケジュール

トピックの背景と課題

- IMOで動的復原性による危険事象5モードを評価する非損傷時復原性基準暫定ガイドラインが承認され、現在試行期間にある
- 今後、造船所や運航会社からの危険事象に対する評価やコンテナ船の運航中の大きな横揺れの解明に応える研究が求められている
- 海難事故を契機に関心が高まっている小型船舶の安全性について、復原性を含む基準及び検査法の見直しが求められている

前中長期における取り組み

第二世代非損傷時復原性基準で扱う5モードの1つである過大加速度モードの脆弱性評価及び直接復原性評価計算ツールと、短波長不規則波中時間領域計算コード及び運航ガイダンスに基づく操船支援システムを開発した

詳細実施内容

復原性に起因する危険事象を評価するために、以下を実施

- ① 水槽試験で裏付けされた危険事象再現計算コードの開発：コンテナ船の荷崩れ事故に起因すると指摘されるパラメトリック横揺れ他、波浪中で起こりうる危険事象に対象を広げ、水槽試験で裏付けされた計算ツールを構築する。
 - 不規則波中の復原力変動を考慮した非線形船体運動の時間領域計算法および水槽試験技術
 - 浸水や曳航時の船体運動計算法

波浪中船舶の各種危険事象を再現する実用的な計算コードと水槽試験技術

- ② 運航支援ツール、船舶設計要素の検証：①の計算ツールを活用し、発生確率を減少させる運航支援ツールの開発及び船舶設計要素の検証を行う。

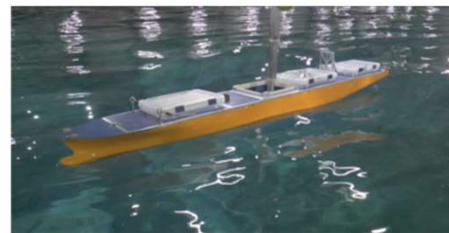
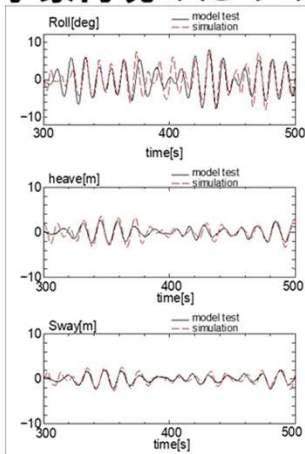
危険を回避する操船支援システムの実現
第二世代非損傷時復原性基準対応の設計実務に役立つツール提供

詳細実施内容

- ③ 小型船舶の復原性を含む基準の策定及び見直し、検査法の提案：小型船舶の復原性基準（JCI）及び浮器等その他救命資材に関する基準（海事局）の見直しや検査法に関する検討を行う

復原性に関わる基準・検査法等を通じて小型船舶の安全性向上に貢献

危険事象再現のための計算コードの開発 及び水槽試験技術の確立



短波頂不規則波中での
危険事象の再現試験

短波頂不規則波中での時間領域計算

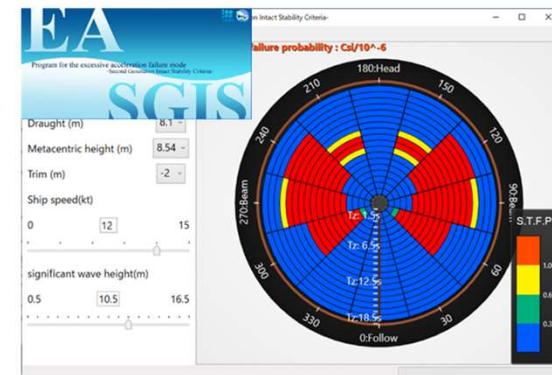
船舶・小型船の復原性に関 する規則・検査法の見直し、 策定



小型船の傾斜試験

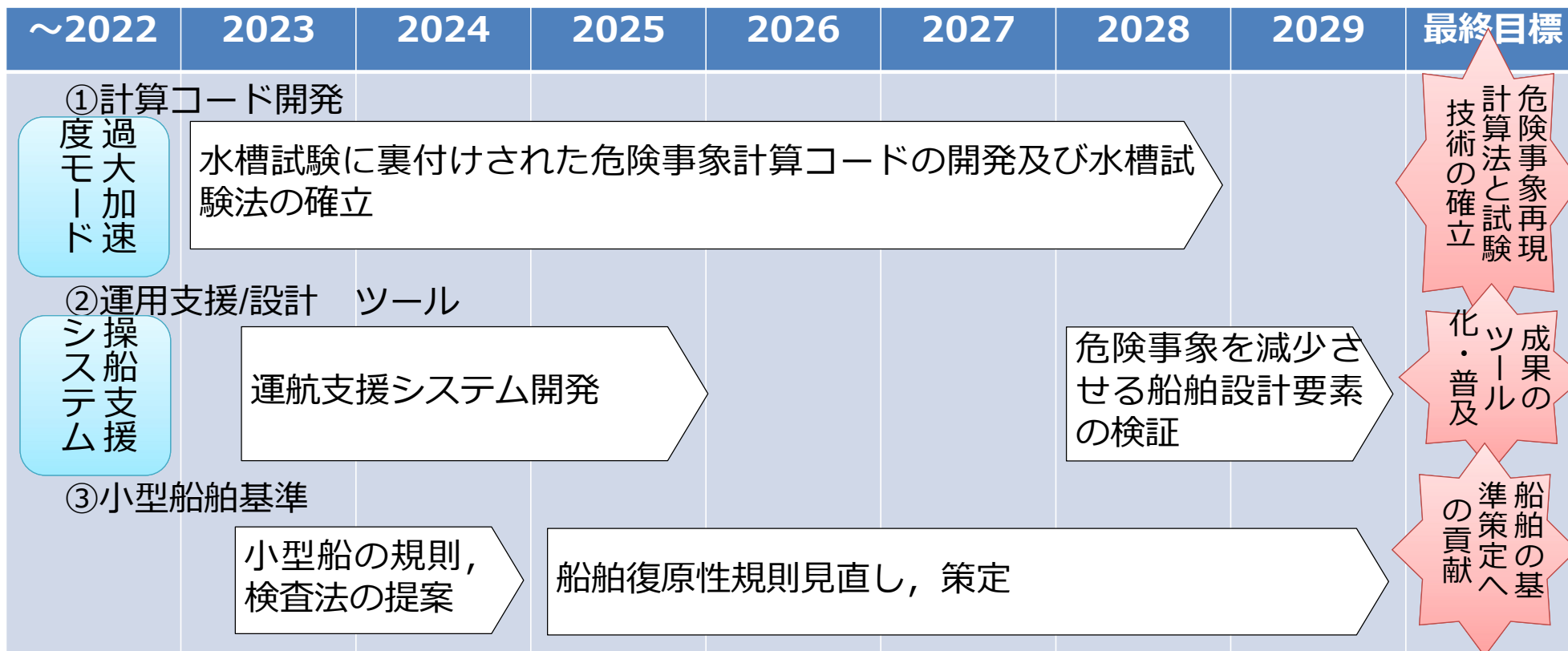
研究の全体イメージ

危険事象を減少させる安全運航、 船舶設計、基準策定に貢献



安全運航への貢献例
操船支援システム（過大加速度）

耐航性能に関する研究



研究スケジュール

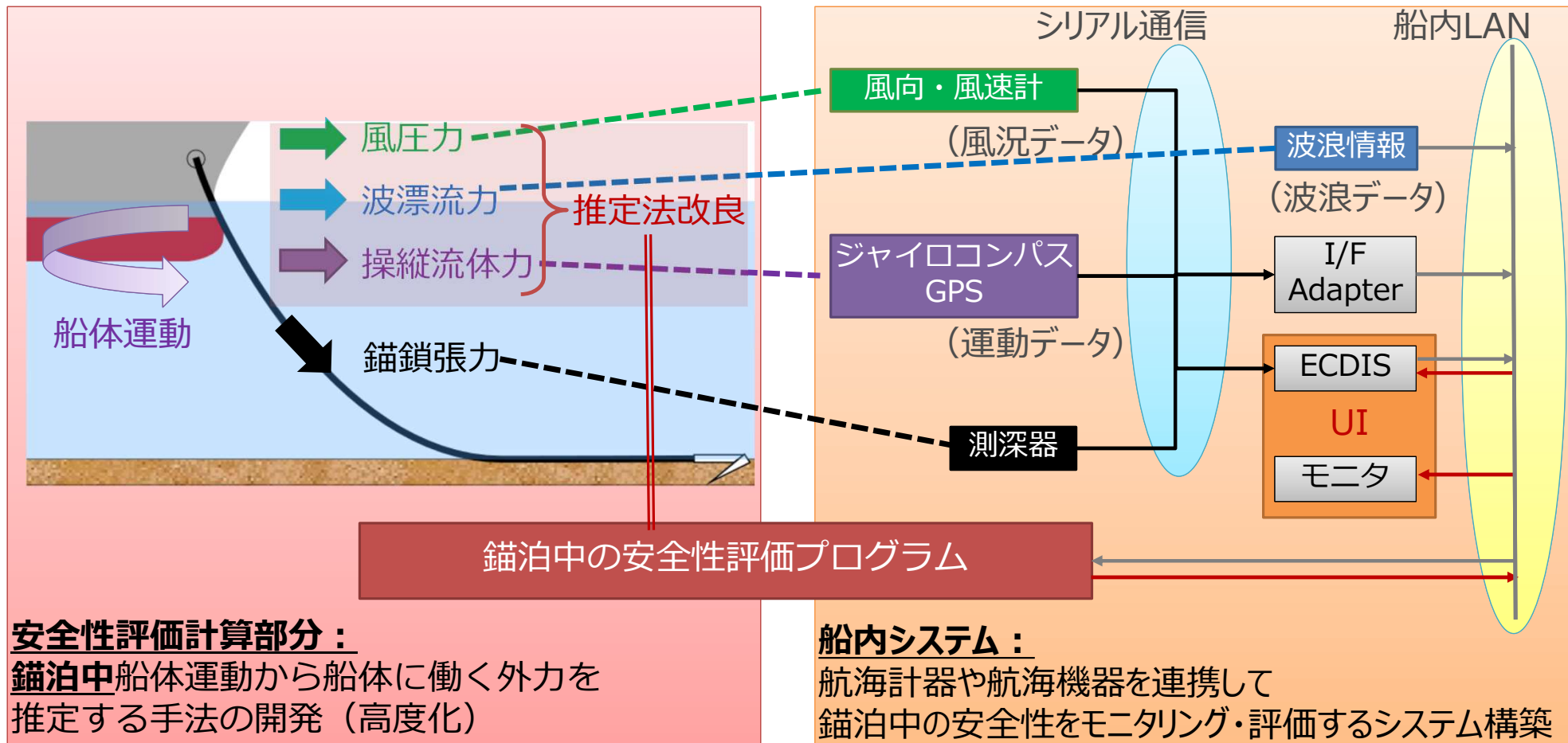
トピックの背景と課題

国土強靱化年次計画2022の5-5（主要施策）に「港湾における走錨事故の防止策等に関する対策」と記載されているように、走錨事故の防止対策の確立が求められている

前中長期における取り組み

荒天下での**錨泊前**に船長や乗組員の判断を支援することを目的に、船舶の基本情報（船種・主要目）と気象・海象情報から錨泊時の走錨リスクを簡易に推定する「走錨リスク判定システム」（錨ing）の開発実績がある（海技研クラウドにて公開中）

錨泊に関する研究



安全性評価計算部分：
錨泊中船体運動から船体に働く外力を推定する手法の開発（高度化）

船内システム：
航海計器や航海機器を連携して錨泊中の安全性をモニタリング・評価するシステム構築

研究の全体イメージ

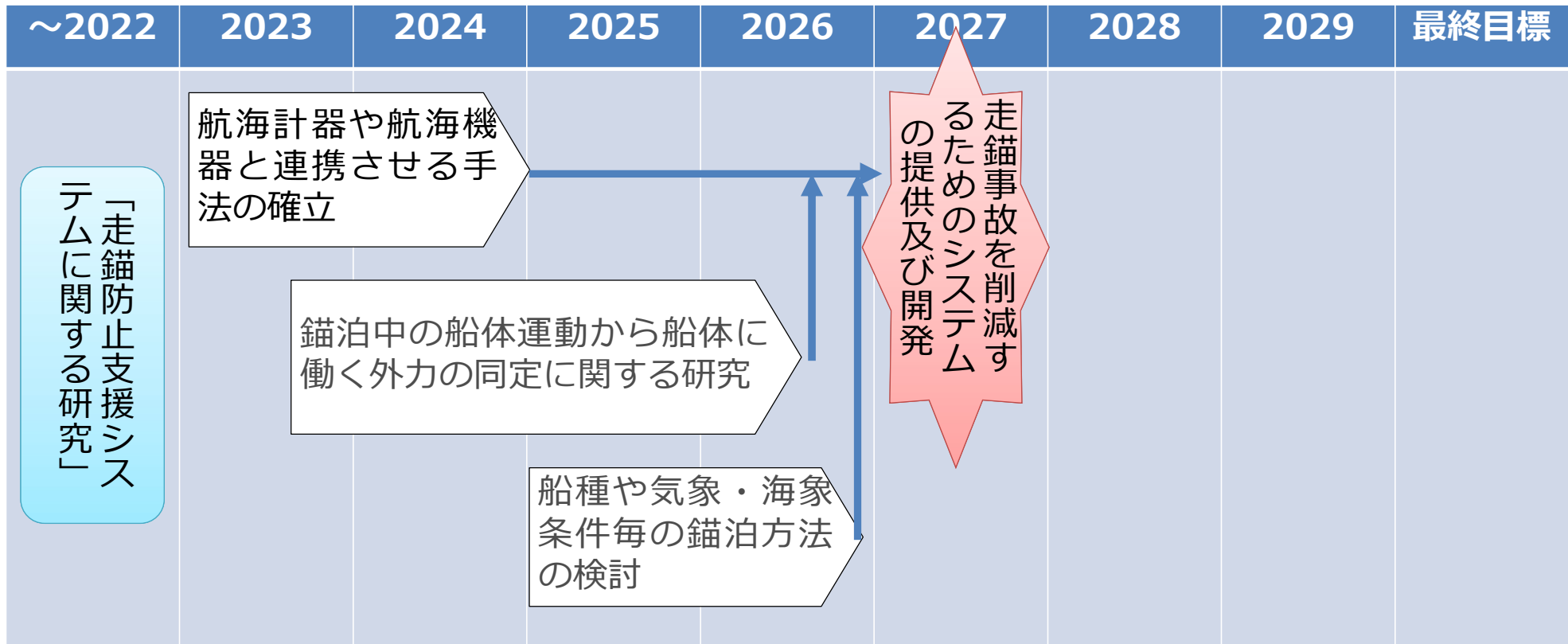
詳細実施内容

船上の航海計器等で計測されるデータを活用して、情報の入手・入力の手間を節減しつつ**錨泊中**の船舶の安全性を評価するシステムの構築を目標とする。

- ① 錨泊中の安全性を評価するために必要な情報を航海計器・航海機器から（ジャイロコンパスやGPSなどで計測された船体運動に関するデータ、風向・風速計などで計測された気象・海象情報に関するデータ）取得し、また評価結果を（専用端末ではなく）航海機器等に表示・提供する手法の確立
- ② 錨泊中の船体運動や錨泊情報などから船体に働く外力・錨泊中の振れ回り運動を推定する手法の開発・改良
- ③ 船種や気象・海象条件に適した錨泊方法の検討

航海計器や航海機器を連携し、錨泊中の安全性を評価する簡便なシステム

錨泊に関する研究



研究スケジュール

本研究は、船舶の安全運航に関連する流体现象である操縦性能・耐航性能等について、水槽試験や理論計算だけでなく実船レベルの数値流体計算等も含めた各種ツールを包含した以下の研究を行うものである。

- ① 操縦性能：港内操縦運動再現のための操縦運動数学モデルに関する研究
- ② CFDツール：総合性能評価のためのCFDによるシミュレーション技術開発
- ③ 耐航性能：復原性に起因する船舶の危険事象を再現する技術開発と基準に関する研究
- ④ 錨泊関連：港内で錨泊中の船舶の安全性評価のための技術開発

本研究の実施により、性能評価技術の学術的進歩だけでなく、産業面からは、操縦運動モデルやCFD・耐航性評価・走錨判定のツールを提供し、自動運航船開発やGHG排出削減・波浪中安全・走錨事故防止に貢献する。また規制基準の面からは、自動運航アルゴリズム認証や復原性基準等へ成果を反映して社会実装を実現する計画である。

ご清聴ありがとうございました



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

National Maritime Research Institute

