

**安全・脱炭素への取り組みとシミュレーション技術
～ユーザーとメーカーの連携による高度システム開発を目指して～**

MTIシミュレーションチーム 角田 領

安全運航、脱炭素化の追求とシステムの高度化

- 安全運航、脱炭素化の実現に向けて船の高度化・複雑化が進む



LNG DF Battery Hybrid PCTC



MEGURI2040 無人運航船



Super Ecoship 2050

- 従来の船の設計・開発方法では対応できない
 - 複数のメーカーのシステムを統合する必要がある
 - 設計、実船搭載前に様々な評価、検証が求められる
 - 従来の船級規則、リスク評価手法では十分では無い
- では、どのように対応するか？
 - 自動車業界の「バーチャル・エンジニアリング」を取り入れる

バーチャル・エンジニアリングとは

- 自動車業界におけるバーチャル・エンジニアリング
 - 試作車を作ることなく製品仕様を決定するために、モデルやシミュレーションを活用して開発を進めていくこと
- バーチャル・エンジニアリングの利点
 - 目的や制約、想定される活用シーンやユースケース(CONOPS)を踏まえ、ゴールベースの自由度の高い設計が可能になる
 - 実機を構築・運用する前に、シミュレータ上でトータルの性能や安全性を担保できる
 - 運用開始後も、実機や環境のデータを最大限活用することで、運用環境の変化にも柔軟に対応できる
- 自動車業界では「製品品質」だけではなく「プロセス品質」が求められ、その担保のためモデルやシミュレーションの活用が必要条件になりつつある (ISO26262, ISO21448等)

車開発デジタル技術標準化 MBD推進センター発足 トヨタ・デンソーなど10社

2021/10/14 05:00

この記事をスクラップする



トヨタ自動車など自動車メーカーと部品メーカー計10社が、業界団体「MBD（モデルベース開発）推進センター」を発足させた。車両や部品を開発するデジタル技術の標準化を進める。開発にかかるコストの削減や期間の短縮で、国内自動車業界の競争力を強化する狙いがある。（藤井竜太郎）



マツダはMBDを活用し、開発力を強化している = マツダ提供

コスト減期間短縮

■仮想化

「今までのように開発に時間を使っている余裕はない」

9月24日にオンラインで開かれた共同記者会見で、同センターの委員長を務めるマツダの人見光夫・

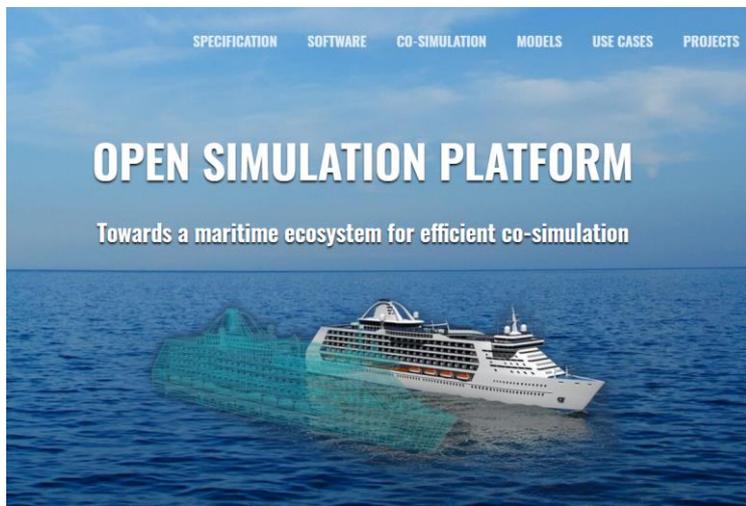
引用 <https://www.yomiuri.co.jp/local/chubu/feature/CO037451/20211013-OYTAT50037/>

国内自動車業界では、MBD推進センターが2021年7月に活動開始。国内10社が連携して自動車開発の効率化を推進。バーチャルでのすり合わせ「SURIAWASE 2.0」の実現を目指す。

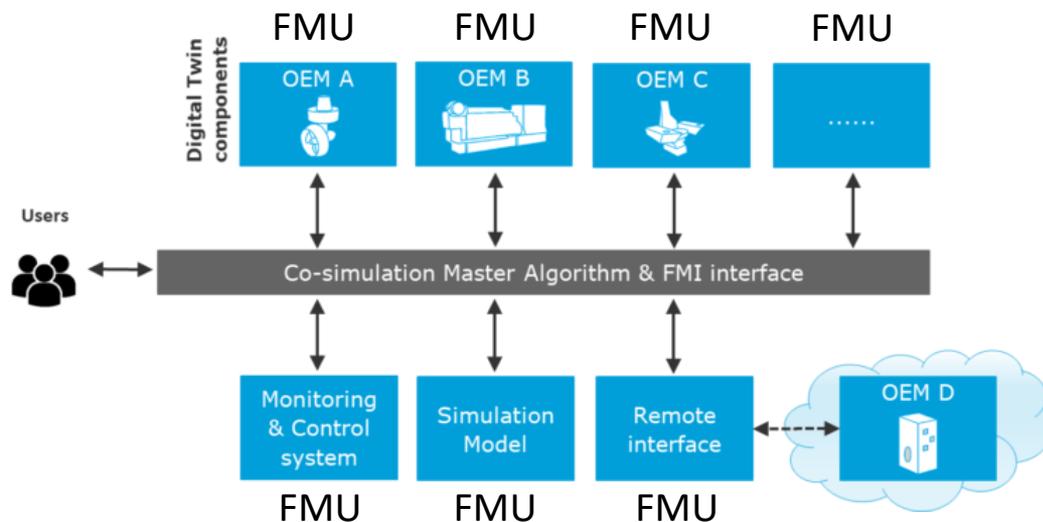
海事産業の動向①

• Open Simulation Platform JIP

- 2018年6月に開始した2年間のJoint Industry Project
- MBD(Model-Based Design)の海事分野での普及と活用が狙い
- 開発したシミュレーションプラットフォームは、オープンソースプログラムとして公開された
- FMU(Functional Mockup Unit)という形式であればこのプラットフォームに接続可能
 - 自動車業界でも利用されている標準形式



<https://opensimulationplatform.com/>



海事産業の動向②

- Simulation Trust Center
 - クラウド上で企業間でFMUモデルを共有する仕組み
 - Open Simulation Platformをベースとした仕組み
 - FMUの接続、シミュレーション実行が可能
 - 2022年1月より商用利用開始

VERACITY
by DNV

Marketplace | My services | My data | Support | Log in

Search the marketplace

Simulation Trust Center

Secure & collaborative simulation of complex assets for suppliers, integrators and operators.

By DNV

See pricing

Contact provider

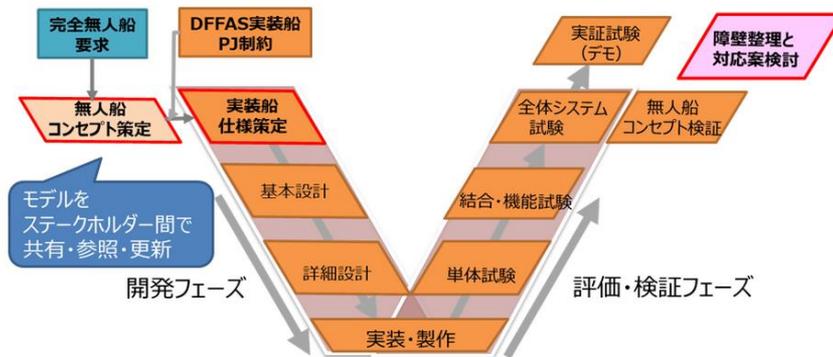


<https://store.veracity.com/simulation-trust-center>

欧州では海事産業でもバーチャル・エンジニアリング普及に向けた取り組みが進行中

DFFAS PJの振り返り

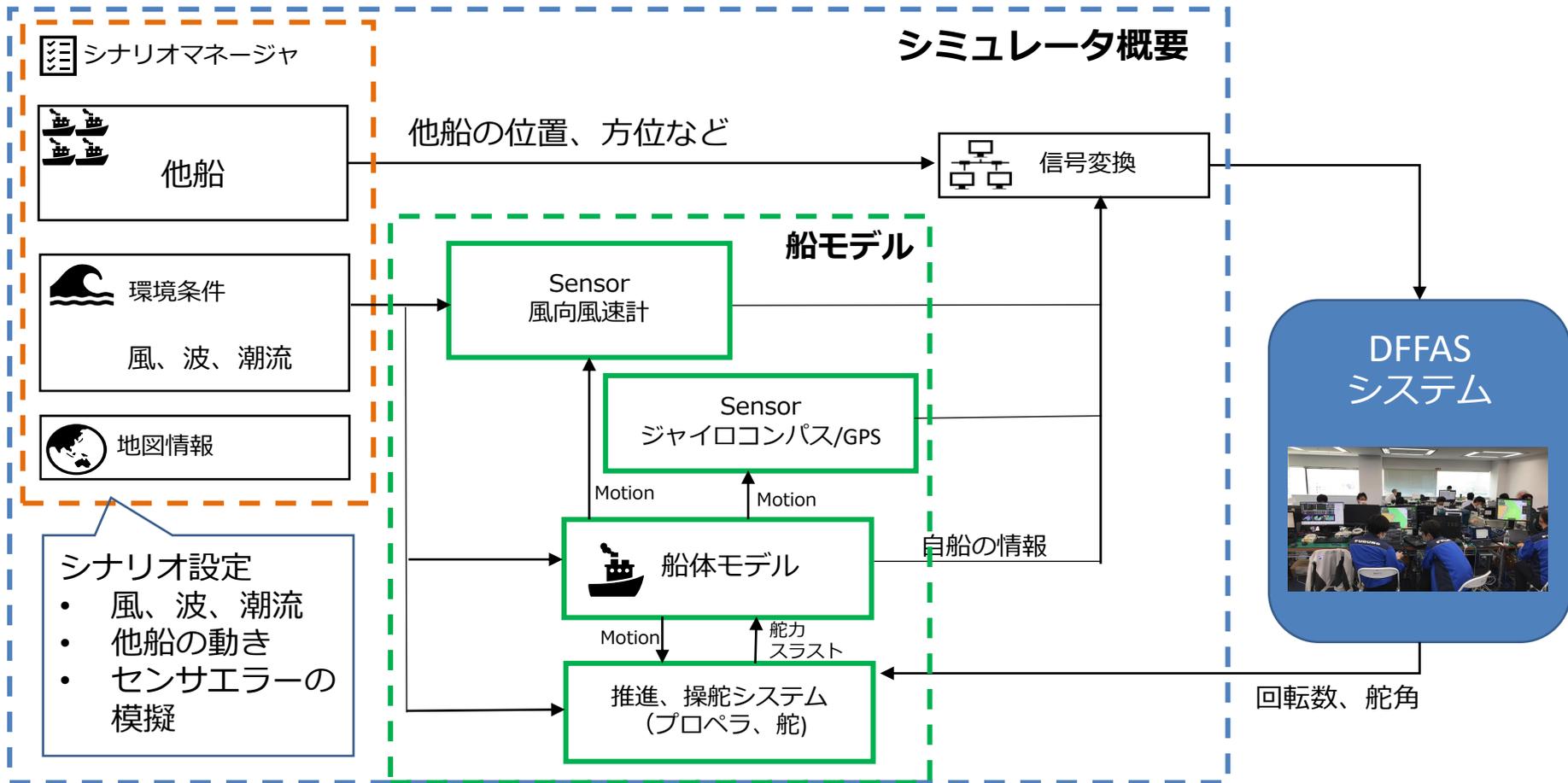
- モデルベースドアプローチの採用
 - 全ての関係者が共通のデザインモデルにアクセス、更新を行う
 - 全ての関係者が最新のモデルを使用して、システムを開発



- CONOPS(Concept of Operations)の定義
 - ユーザが上位レベルの要件定義を行う
- シミュレーションの活用
 - システム統合試験、単体試験
 - HILS(Hardware in the loop simulation)
- バーチャル・エンジニアリングの実践



DFFASに適用した統合シミュレーション技術



- 統合シミュレーション技術の2つのKey Points
- 1. 船を様々なサブシステムから構成されるシステムとしてモデル化できる
 - 船体モデル、プロペラ、舵、航海計器(センサ等)
- 2. 気象条件を含めて様々な試験シナリオを設定、記述できる
 - 風、波、潮流、他船、センサエラー

船モデルの作成

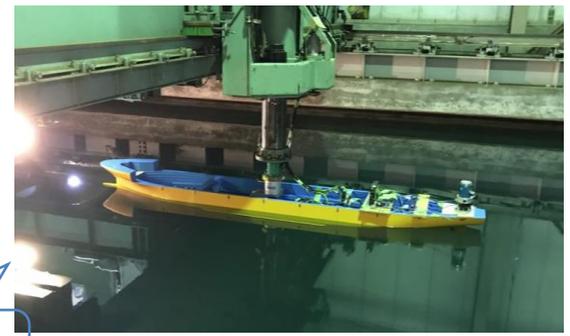
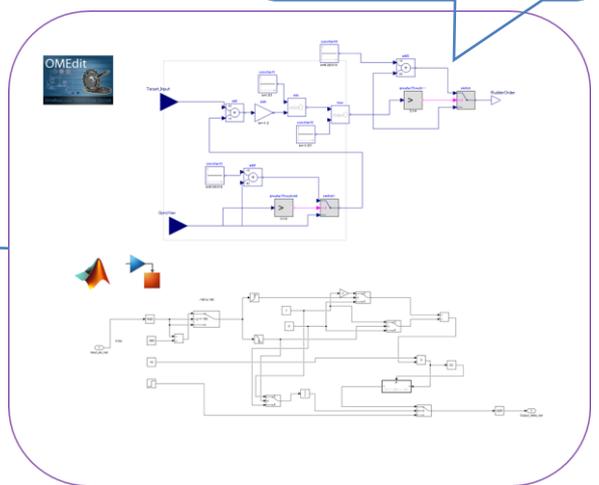
- シミュレータ上での対象船のモデル作成方法
 - 必要なサブシステム、要素をモデル化しFMUとして出力
 - FMUの入出力を正しく接続し、1つのシステムとして動くようにする
 - 実験等によってモデルのFidelityを高める

1D simulation
ツールでのモデル開
発とFMU作成

The screenshot shows the DP Vessel Simulator interface with several key components:

- FMUの追加:** A callout points to the Explorer window on the left, which lists various system components like Click, Current, GyroCompass, Hull, etc.
- FMUモデル一覧:** A callout points to the Vessel States and Vessel Speeds sections in the center, which display real-time data for position, heading, and speed.
- FMUの接続:** A callout points to the ModuleConnector window at the bottom, which shows a detailed connection matrix between source and destination modules.

Source	Hull	THR7	Destination
BT1	Click	Thr7	BT1
BT2	Click	Thr7	BT2
BT3	Click	Thr7	BT3
BT4	Click	Thr7	BT4
BT5	Click	Thr7	BT5
BT6	Click	Thr7	BT6
BT7	Click	Thr7	BT7
BT8	Click	Thr7	BT8
BT9	Click	Thr7	BT9
BT10	Click	Thr7	BT10
BT11	Click	Thr7	BT11
BT12	Click	Thr7	BT12
BT13	Click	Thr7	BT13
BT14	Click	Thr7	BT14
BT15	Click	Thr7	BT15
BT16	Click	Thr7	BT16
BT17	Click	Thr7	BT17
BT18	Click	Thr7	BT18
BT19	Click	Thr7	BT19
BT20	Click	Thr7	BT20
BT21	Click	Thr7	BT21
BT22	Click	Thr7	BT22
BT23	Click	Thr7	BT23
BT24	Click	Thr7	BT24
BT25	Click	Thr7	BT25
BT26	Click	Thr7	BT26
BT27	Click	Thr7	BT27
BT28	Click	Thr7	BT28
BT29	Click	Thr7	BT29
BT30	Click	Thr7	BT30
BT31	Click	Thr7	BT31
BT32	Click	Thr7	BT32
BT33	Click	Thr7	BT33
BT34	Click	Thr7	BT34
BT35	Click	Thr7	BT35
BT36	Click	Thr7	BT36
BT37	Click	Thr7	BT37
BT38	Click	Thr7	BT38
BT39	Click	Thr7	BT39
BT40	Click	Thr7	BT40
BT41	Click	Thr7	BT41
BT42	Click	Thr7	BT42
BT43	Click	Thr7	BT43
BT44	Click	Thr7	BT44
BT45	Click	Thr7	BT45
BT46	Click	Thr7	BT46
BT47	Click	Thr7	BT47
BT48	Click	Thr7	BT48
BT49	Click	Thr7	BT49
BT50	Click	Thr7	BT50
BT51	Click	Thr7	BT51
BT52	Click	Thr7	BT52
BT53	Click	Thr7	BT53
BT54	Click	Thr7	BT54
BT55	Click	Thr7	BT55
BT56	Click	Thr7	BT56
BT57	Click	Thr7	BT57
BT58	Click	Thr7	BT58
BT59	Click	Thr7	BT59
BT60	Click	Thr7	BT60
BT61	Click	Thr7	BT61
BT62	Click	Thr7	BT62
BT63	Click	Thr7	BT63
BT64	Click	Thr7	BT64
BT65	Click	Thr7	BT65
BT66	Click	Thr7	BT66
BT67	Click	Thr7	BT67
BT68	Click	Thr7	BT68
BT69	Click	Thr7	BT69
BT70	Click	Thr7	BT70
BT71	Click	Thr7	BT71
BT72	Click	Thr7	BT72
BT73	Click	Thr7	BT73
BT74	Click	Thr7	BT74
BT75	Click	Thr7	BT75
BT76	Click	Thr7	BT76
BT77	Click	Thr7	BT77
BT78	Click	Thr7	BT78
BT79	Click	Thr7	BT79
BT80	Click	Thr7	BT80
BT81	Click	Thr7	BT81
BT82	Click	Thr7	BT82
BT83	Click	Thr7	BT83
BT84	Click	Thr7	BT84
BT85	Click	Thr7	BT85
BT86	Click	Thr7	BT86
BT87	Click	Thr7	BT87
BT88	Click	Thr7	BT88
BT89	Click	Thr7	BT89
BT90	Click	Thr7	BT90
BT91	Click	Thr7	BT91
BT92	Click	Thr7	BT92
BT93	Click	Thr7	BT93
BT94	Click	Thr7	BT94
BT95	Click	Thr7	BT95
BT96	Click	Thr7	BT96
BT97	Click	Thr7	BT97
BT98	Click	Thr7	BT98
BT99	Click	Thr7	BT99
BT100	Click	Thr7	BT100

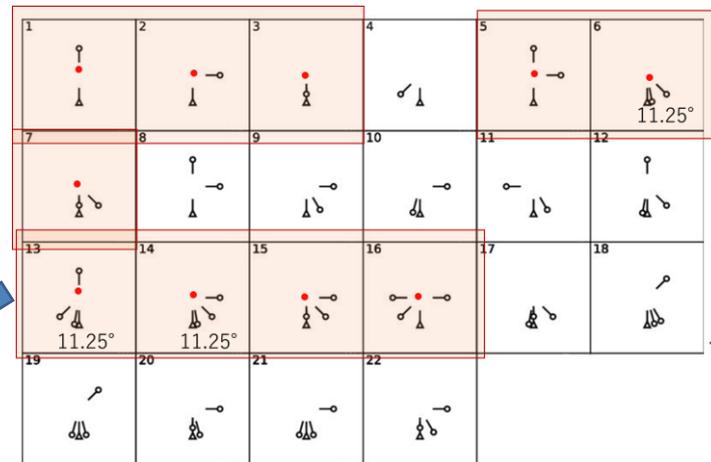


FMUの接続

Fidelityの向上

試験シナリオ設定

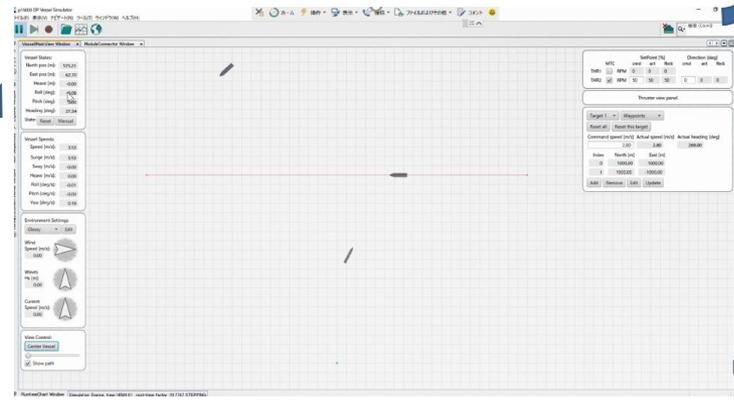
- 試験で利用するシナリオをスクリプトとして記述
- 効率的に試験を実施できる
- シナリオの自動実行も可能



Imazu H (1987) Research on collision avoidance manoeuvre. Ph.D. thesis, The University of Tokyo (In Japanese)

```

00_berth_jinno.groovy
- set: mmsi, name, ...
5 def defFunc = include "resources/defn_func.groovy"
6
7 // 変数
8 def mt1_debug = variable()
9
10 info {
11     name = "Berth"
12     category = "衝突回避 沖野場等"
13     purpose = ""
14     actions = ""
15     duration = 3000
16 }
17
18 - code {
19     at 0 {
20         // 本番は手動スタート
21         mt1_debug = 1
22
23         // 初期状態
24         parameter("null", "Position", 0).set(0.00027996) // lat
25         parameter("null", "Position", 1).set(2.39598222) // lng
26         parameter("null", "Position", 2).set(0.00027996) // lat
27         parameter("TargetShip", "latLongInit", 0).set(0.00027996) // lat
28         parameter("TargetShip", "latLongInit", 1).set(2.39598222) // lng
29
30         // 開始() セット
31         parameter("clock", "reset").set(1)
32     }
33 }
    
```

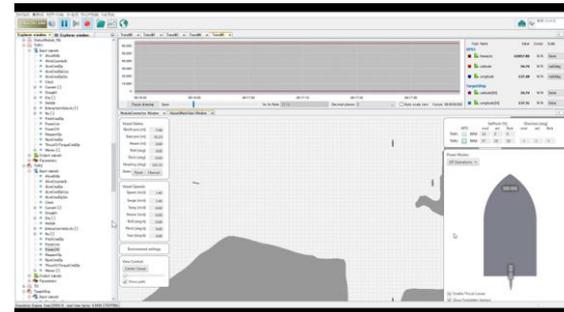


統合シミュレーションの有用性

DFFASシステム



シミュレータ

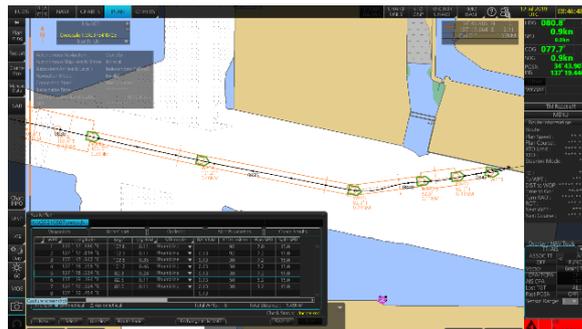


フィードバック

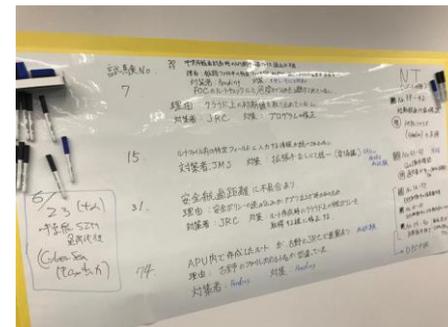


制御

各社（古野電気、BEMAC、東京計器、ナブテスコ、日本海洋科学）のシステムを設置・接続



制御性能の確認



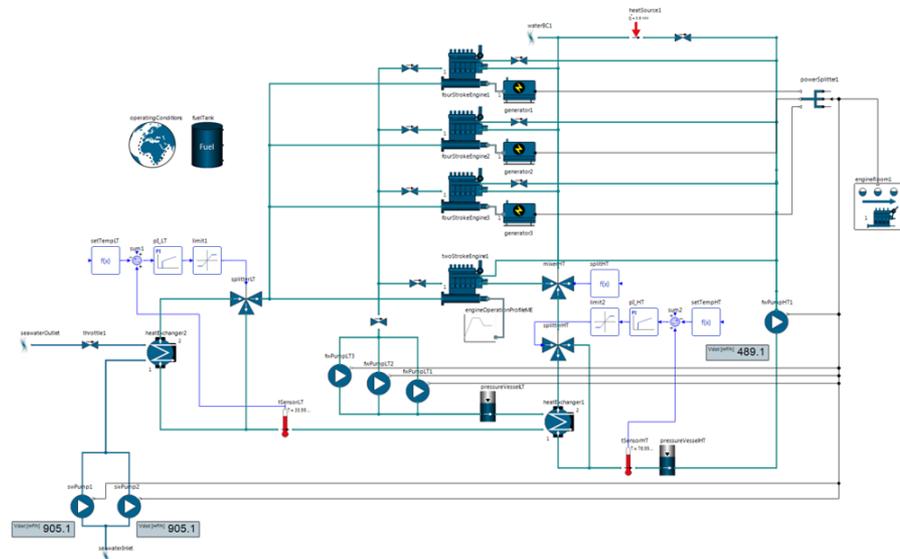
課題の抽出(すり合わせ)

- 自律航行システムの実機とシミュレータを統合・接続し、対象船を制御
- 実船搭載前にバーチャル試運転を繰り返し実施
- システム開発の効率化、信頼性の向上に非常に有用

脱炭素化に向けて -高度化・複雑化する船舶システムとシミュレーション

ハイブリッド船

- 燃料（A重油、LNG、アンモニア）
- 発電機、燃料電池、バッテリー
- 推進器（エンジン、モーター）
- PTI/PTO
- 電源系統
- プロペラ（CPP, FPP）
- パワーマネージメントシステム



引用) Simulation X, Ship Energy System

<https://doc.simulationx.com/4.2/1033/Content/Modules/Module291.htm>

今後は船舶の抵抗、推進性能、エンジン、機関プラント、燃料供給システム、電力マネージメントと言った、複数の物理シミュレーションを統合して最適設計や制御システムの開発を行うことが求められる

具体的な取り組み 新造船コンセプト評価へのシミュレーションの活用

- シミュレーションを活用し、GHG削減に向けた新造船コンセプトや新技術の適用を検討する
 - ユーザーとメーカーが連携し、船舶を構成する様々な要素(モデル)を組み合わせて、高度システムを含む新しいコンセプト船をモデル化
 - 企業間でのFMUを共有し、シミュレーションプラットフォーム上で評価

多様なGHG削減、脱炭素化オプション

最適化ターゲット
GHG排出量最小化

制約条件
運航スケジュール
運航シナリオ

パラメータ
主機サイズ
補機サイズ
and etc.

+

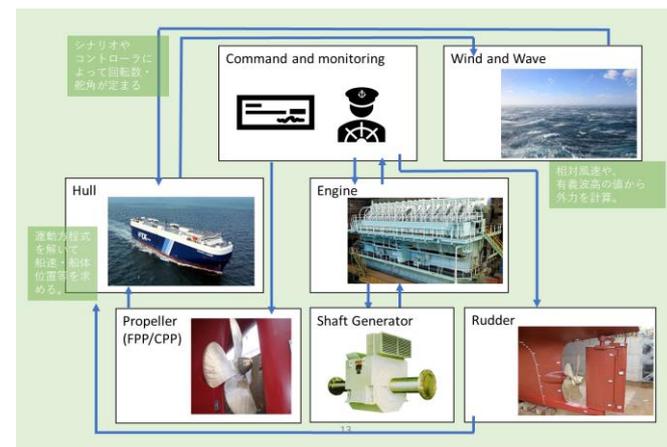


コンセプト評価事例 自動車船へのCPPの適用

- EEDI規制による主機サイズの低下により、風浪に弱い自動車船では従来よりも荒天中の航行に制限がかかる懸念がある
 - 荒天回避による距離増、運航スケジュール維持への懸念
- 可変ピッチプロペラ(CPP)を適用することによって、荒天時の翼角調整によりトルクリミットを回避し、船速を維持できる
 - **運航の幅が広がる**
- 既存の自動車船の船体、プロペラ、舵等のFMUモデルを作成、Open Simulation Platform上で統合し、荒天中のシミュレーションを実施



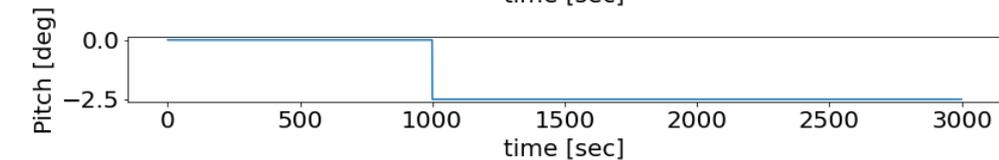
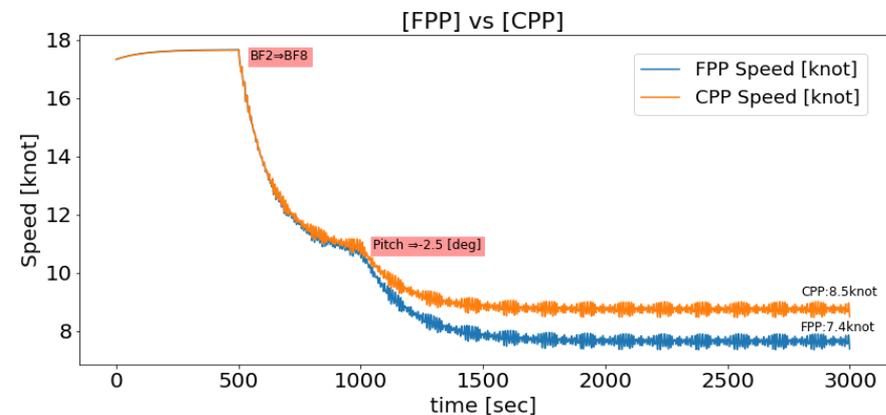
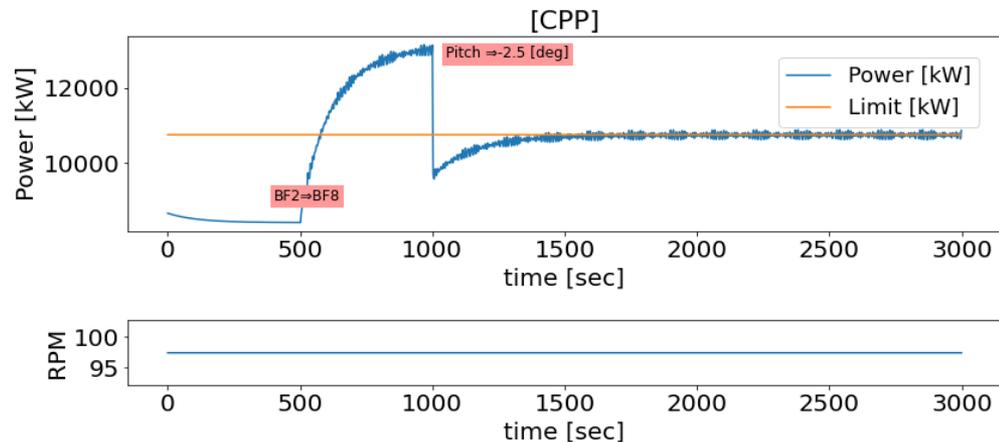
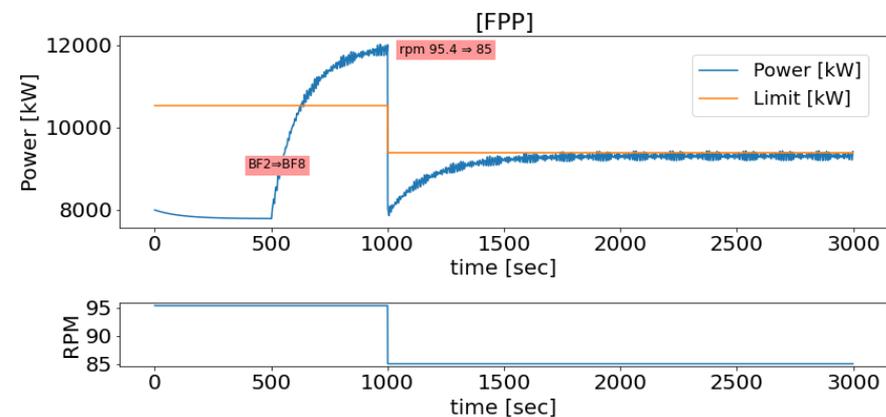
固定ピッチプロペラ(FPP) 可変ピッチプロペラ(CPP)



自動車船モデルの要素と関係

コンセプト評価事例 自動車船へのCPPの適用

- 平穏海象下で18knotで航行中に、BF7正面向い風に遭遇
- FPPではトルクリミットに達するため回転数を下げる必要あり
- CPPでは回転数を落とさず、翼角を2.5度変えることで対応可能



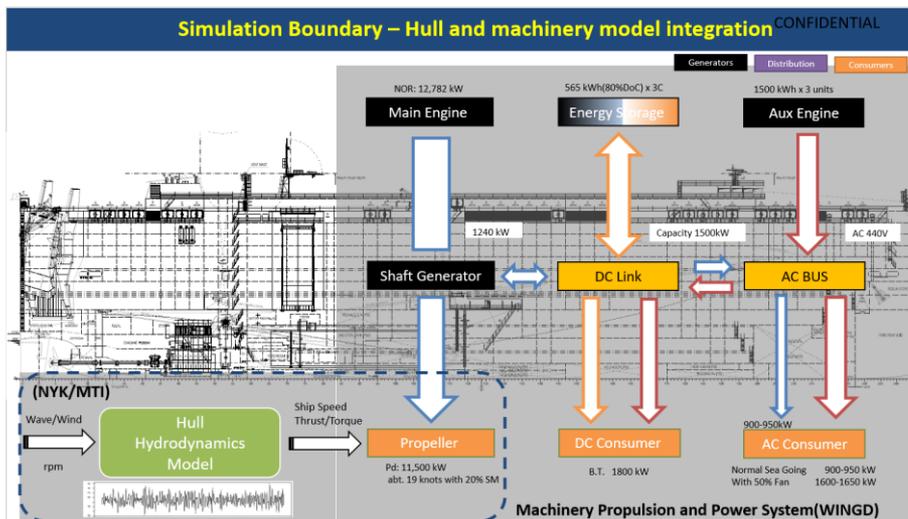
CPPの方が荒天中にFPPよりも1knot以上速い船速を維持できることが分かった



実船搭載なしで効果を見積もれる
=> CPPメーカーとの連携によりCPPモデルのFidelityを高める

GHG削減技術検討事例 バッテリーハイブリッド船のシミュレーション

- バッテリーハイブリッドシステム搭載によるGHG削減
 - バッテリーシステム、軸発電機、DC-link
 - 主機負荷の変動をシステムが吸収
- NYK/MTIで作成した船体、プロペラのFMUとWINGDの機関プラント、バッテリーシステムのFMUの統合シミュレーションを実施
- バッテリーハイブリッドシステムの導入によるGHG削減効果の評価、最適バッテリーサイズの検討、効果の最大化に取り組む

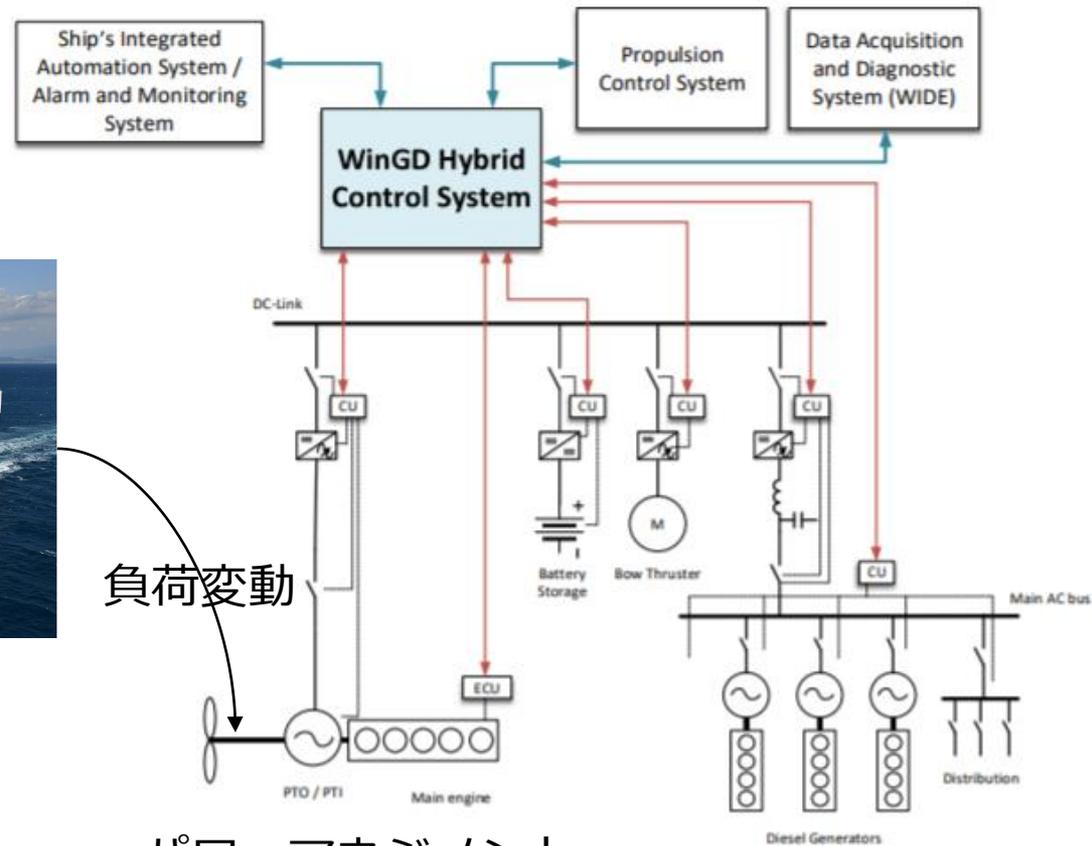


バッテリーハイブリッドシステムと推進システムの統合シミュレーション



実海域性能

- ・ 波浪中抵抗増加
- ・ 風圧抵抗
- ・ 斜航抵抗
- ・ 舵抵抗



パワーマネジメント

- ・ 荒天時の軸発負荷の低減
- ・ 主機燃費率向上

GHG削減技術検討事例 風力推進装置の効果予測シミュレーション

- オランダの海事研究機関MARINが主催するJoint Industry ProjectであるWiSP2(Wind assisted Ship Propulsion)に参加
 - 2021年8月から2年間のJIP
- 最新の風力推進装置とその効果予測技術について知見を獲得する
 - 装置の種類、制御方法、航路、オペレーションによって効果が異なる
- 風力推進装置の効果予測シミュレーションを実施できるようにする
 - NYK運航船のモデルと風力推進装置モデルの統合シミュレーション
 - 実態に即したオペレーションシナリオでの評価

MARIN

JIPS > Joint Industry Project > WISP 2

WISP 2 WIND-ASSISTED SHIP PROPULSION

RUNNING

WISP 2 will focus on making evaluations within EEDI and EEXI and from real operational conditions. The aim is to prove what kind of fuel savings shipowners can achieve, enabling them to make informed investment decisions, whilst also keeping the upcoming CII requirements in mind.

<https://www.marin.nl/en/jips/wisp-2>

まとめ

- さらなる安全運航、脱炭素化を目指すために、高度で複雑なシステムを導入していくことが求められる
 - 自律運航システム
 - 新燃料プラント、バッテリーハイブリッドシステムなど
- 今後、海事産業においてもプロセス品質が求められるようになり、モデルやシミュレーションの活用が必須となるのではないか
- ユーザーとメーカーが連携し、開発の段階からプラットフォーム上での統合シミュレーションを行うことで、多様な関係者の視点を早期に取り入れることが可能となる
 - より信頼性の高いシステムが、効率的に開発できる
 - 新しいワイガヤ、創造を生む手段となる
- シミュレーションを中心としたユーザーとメーカーのコラボレーションが安全運航、脱炭素化の早期実現に向けたカギ

ご清聴どうもありがとうございました。