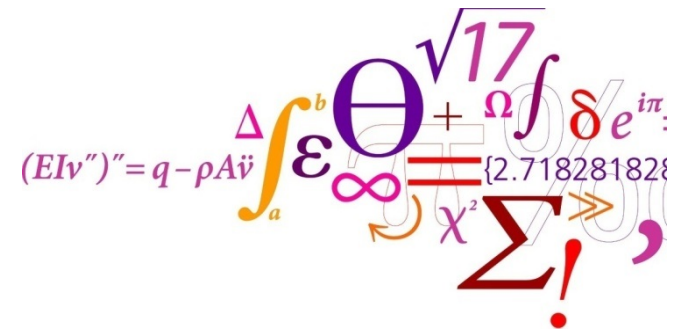


持続可能で安全な海洋の未来を求めて 「ビッグデータ」を活用

ウルリク・ダム・ニールセン
(Ulrik Dam Nielsen)

WISEキックオフ・シンポジウム
東京海洋大学主催オンラインミーティング
2021年2月16日



1. はじめに
2. DTU Mechanical Engineeringにおいて最近実施済みおよび進行中のプロジェクトの概要
 - A. 複数の観測プラットフォームを用いた海況予測
 - B. 燃料効率向上のためのレトロフィットの評価
 - C. さまざまな海運ステークホルダーにとっての運航最適化のメリット
3. 最後に

プロローグ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



注意：本調査プロジェクトの対象目標は9、12、13、14、17

はじめに

ビッグデータと機械学習の活用

安全で、環境に優しく、効率的な船舶設計と海洋操業を実現！例として：

- **悪天候の中、安全に集中して航行する船舶**（例：意思決定支援システム）
- 風力発電所、魚ケージなどの組立・保守中の**クレーン・牽引作業**（運転風力、DPの制御システムに関して）
- 船舶**運航モニタリング**（付加造波抵抗に関して）
- 「**ブラックボックス的**」役割が**目的**（事故その他の事後調査に関して）
- 大規模スペクトル型波浪モデルの**改良**による天気予報と波の追算の正確化（校正、データ同化の必要性に関して）
- 波浪測定は表流水交流・大気海洋間フラックスのメカニズムを理解する上で重要（**気候変動**に関して！）



はじめに

ビッグデータと機械学習の活用…

このプレゼンテーションでは、大量のデータの
使用が根幹をなす3つの（研究）プロジェクト
のハイライトを紹介！

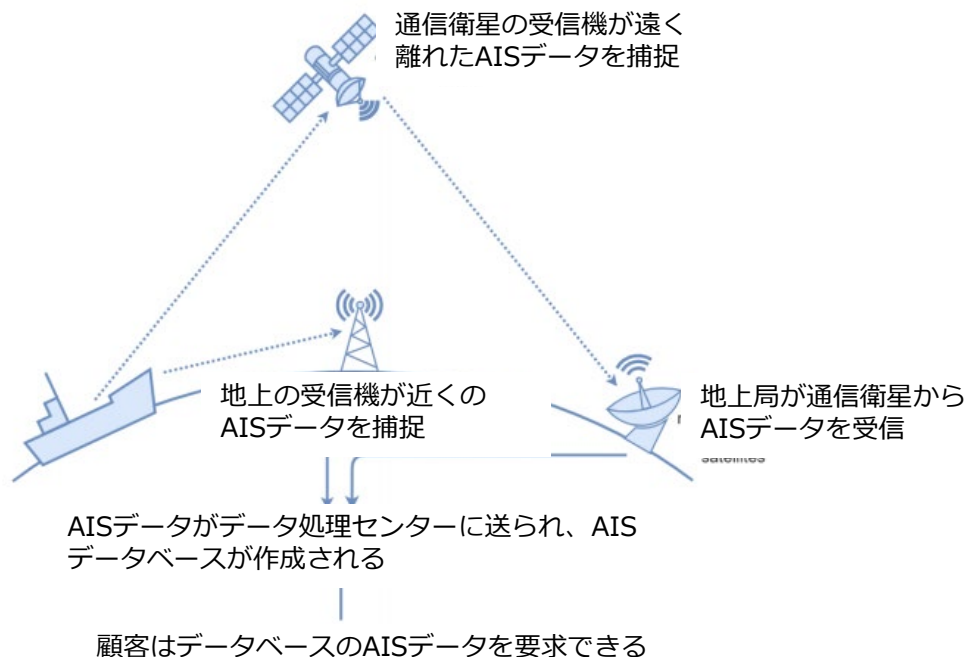


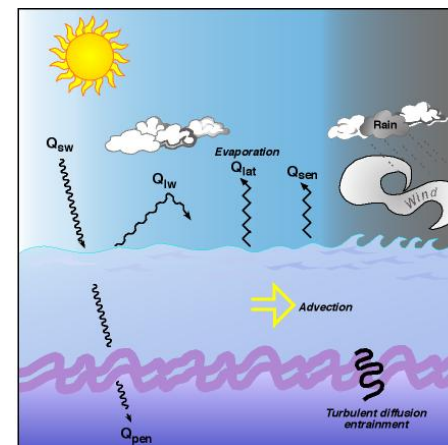
図9 — AISデータ収集・保存の仕組み



多数の観測プラットフォームを用いた海況予測

なぜ波を測定するのか

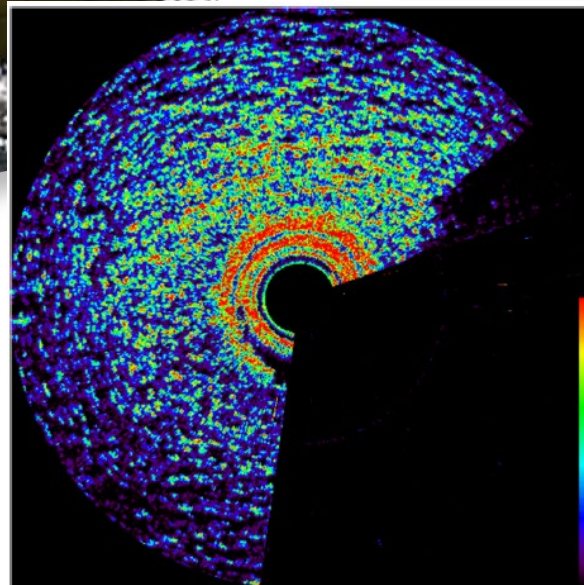
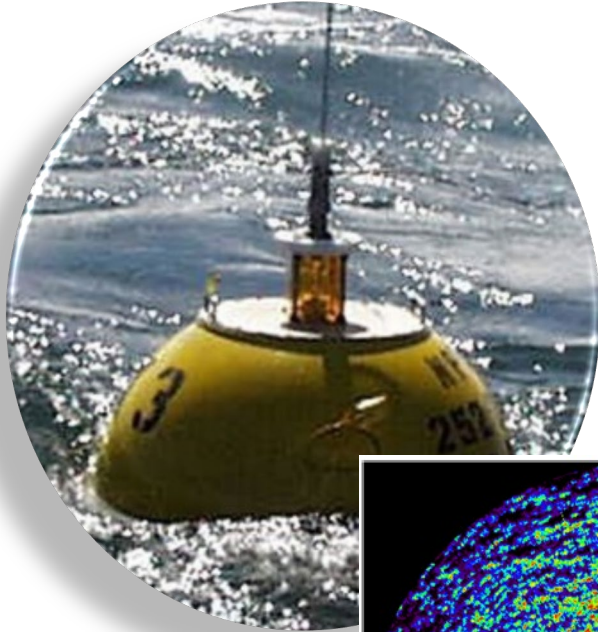
- 船艇機関士、造船技師、海洋学者である我々が関心を持つプロセス*のほとんどが波を基本的推進要因としているから。
 - * 波構造相互作用、魚養殖の発展、気象・気候の要因である水の交流と大気海洋間フラックスを含む



多数の観測プラットフォームから導かれるSSE

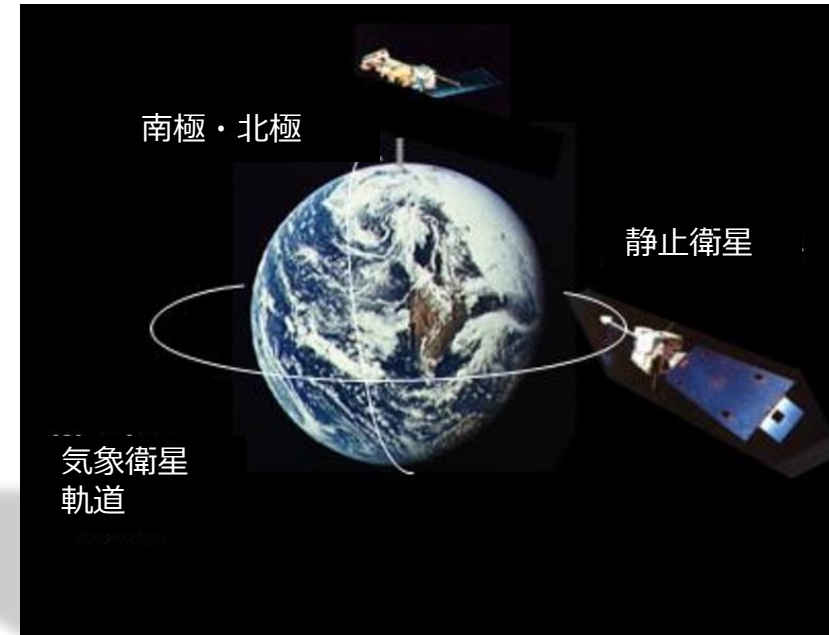
代表的な海況予測 (SSE) の手段

海上気象・海洋観測ブイ



航海レーダーを波浪レーダーとして使用

リモートセンシング (航空機または衛星)

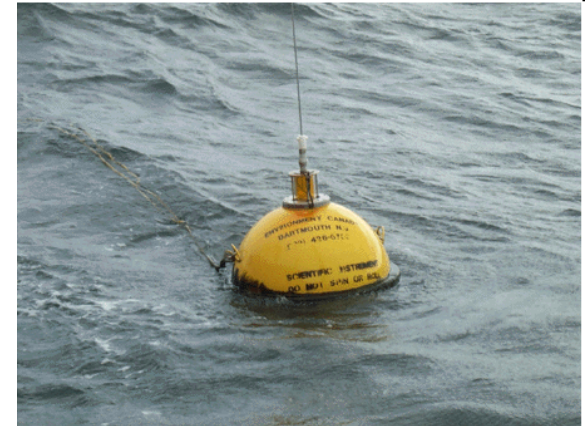


どの方法にも長所と欠点がある。
しかし、我々が何時でも素早く正確な位置で海況を知りたいのだという点を忘れてはならない…

多数の観測プラットフォームから導かれるSSE

海況予測の代替的手段

波浪観測ブイ アナロジー



予測の原則とは？ ブイの動きを測定し、そのデータを処理して（リアルタイム、かつブイの正確な位置で）波スペクトルを得る。船舶でも同様のことを行う…

「問題」

- 個々のプラットフォームで得られる単一の予測は現時点において狭い範囲で有効（実際は若干時間を遡る）。
- 付随する不確かさが大きくなるおそれあり。グラウンドトゥルースが未知のため、定量化が困難であることは言うまでもない。

「答え」

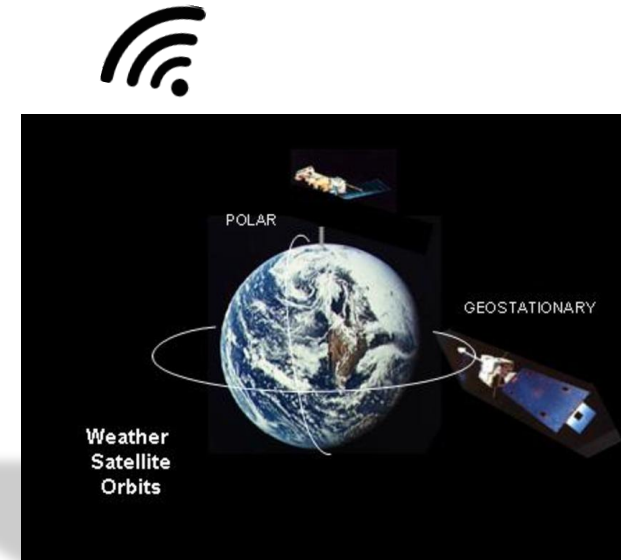
- 複数の波浪センサーで構成される一体型（異種）ネットワークで全ての手段を組み込む
- 結果として、局所・全球の両方のスケールで予測改善ができ、（空間的にも時間的にも）前もって、より正確な予測が可能に

「観測プラットフォーム」のネットワーク！

多数の観測プラットフォームから導かれるSSE

この研究の目的

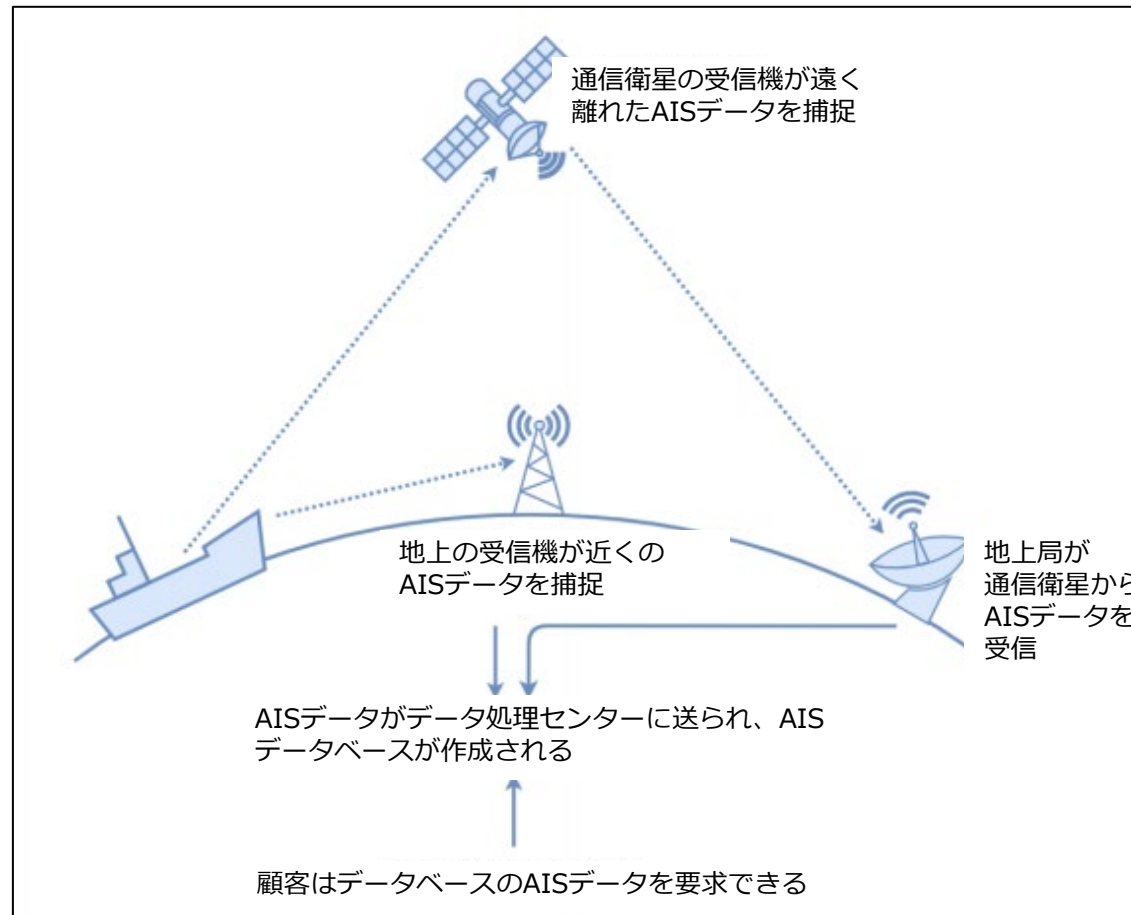
- 複数のプラットフォーム（海上気象・海洋観測ブイ、船舶群、リモートセンシングなど）を同時に使用してSSEを得るという概念を**紹介する**
- この概念研究は、一つ的手段（船舶を波浪観測ブイとして使用）に焦点を絞ることから「スタート」
- 2020年10月に博士課程研究が始まった（2020–2023年）。
- Nielsen、Brodtkorb、Sørensenが結果を発表（2019年）。実験結果は（まだ）存在しなかったため、数値実験のみに重点。



複数の観測プラットフォームから導かれるSSE

海上を動く波浪観測ブイとして船舶を使用する方法が特に魅力的である理由：

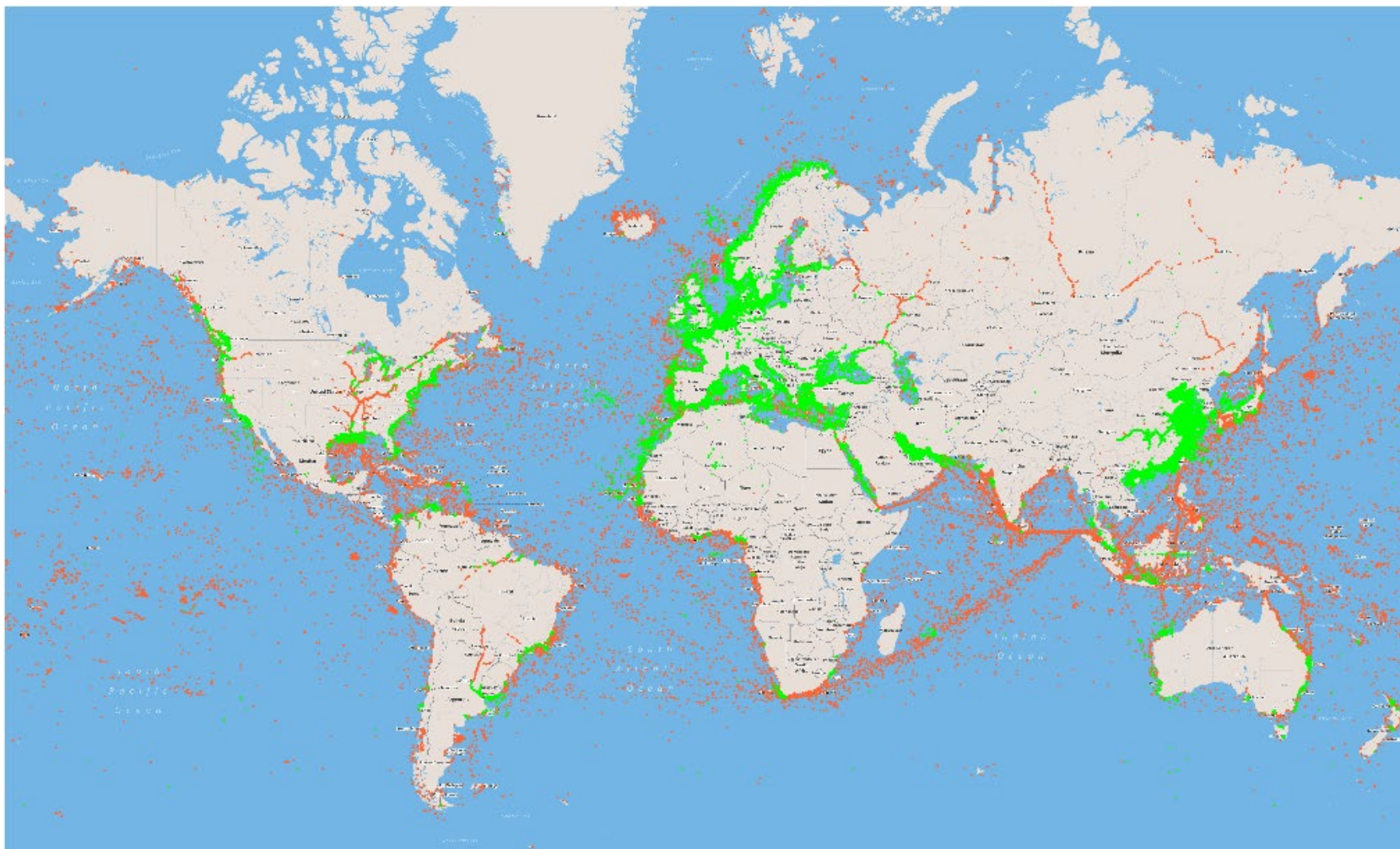
1. 現在の船舶のほとんどは、すでにセンサー機器を備えている
2. 船舶数…



多数の船舶…

「波浪レコーダー」のネットワーク (Nielsen他、2019年)

Nielsen, U.D., Brodtkorb, A.H., Sørensen, A.J. (2019年)。多数の船舶を航行する波浪観測ブイとして同時に使用する海況予測 (Applied Ocean Research, 83, pp. 65-76)



AISからのデータに基づく**全球海洋の船位スナップショット** (緑：地上、赤：衛星)

ネットワークと異種センサーシステムを用いた海況予測の**潜在的可能性**。
リモートセンシング、船舶群から海上気象・海洋観測ブイ、沖合／海洋構造物まで。

- ネットワークの中で船舶を波浪観測ブイとして利用する方法は魅力的（大量のデータがリアルタイムで入手可能）！ただし、未解決の問題も多数：
- 船舶、その他のプラットフォームの重み付けをどのようにすべきか？／できるか？
- どうすれば空間的、時間的に予測を行えるか。海流、風、海底地形の影響が含まれる点はどうか？
- プラットフォーム間で大量のデータの伝達・伝送をどうやって行うか？（海上ではまだ接続性が低い）
- どうすれば結果をアプリケーション（パフォーマンス・モニタリング、オペラビリティ・アセスメント、DSSなど）とリンクし、統合できるのか？
- 入手可能な文献はソリューションの一部（de Souza 2019、Ardhuin他 2019、Long 他 2019、Mak他 2019、Nielsen他 2019…）

インサービス・データを用いたレトロフィットの効果の評価（理学系修士課程研究）

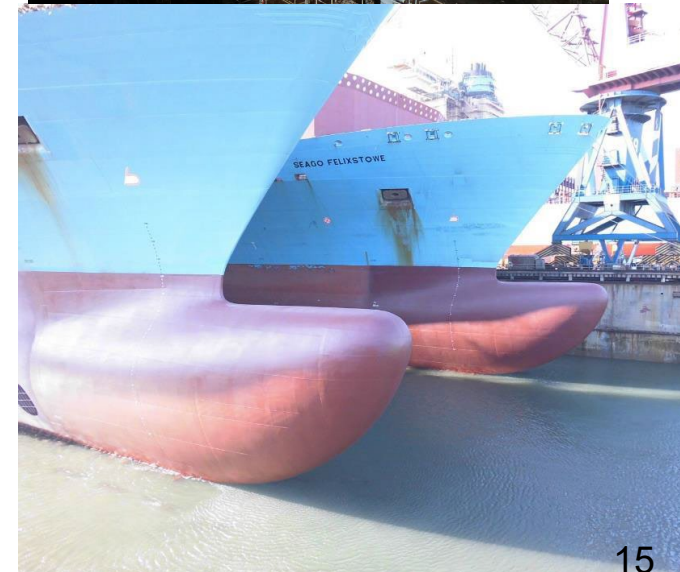
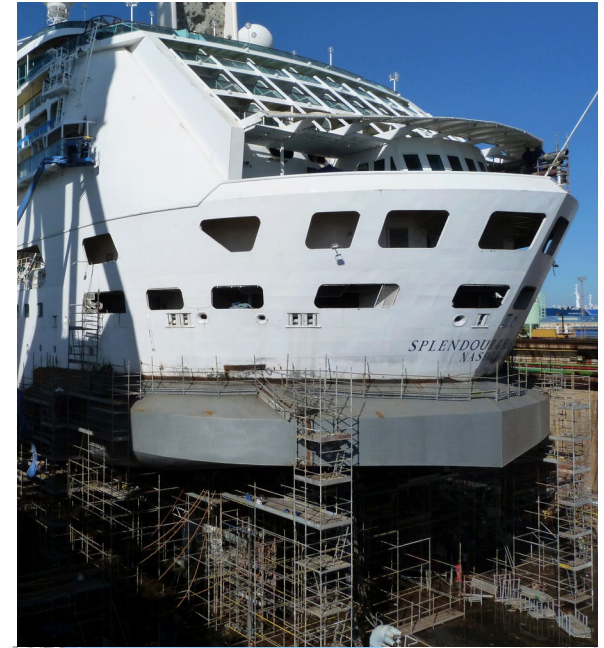


レトロフィットの効果を評価

リサーチクエスチョン：インサービス・データを使用して、航行と環境上のファクターを是正しながらレトロフィットの効果を評価することは可能か

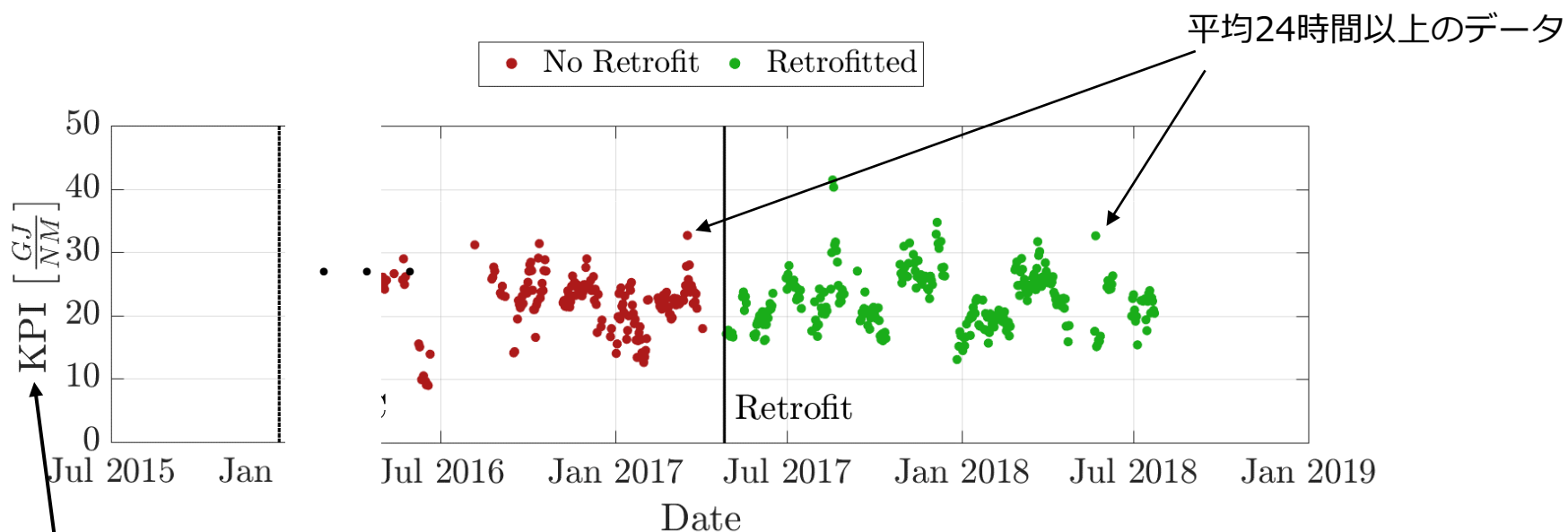
研究動機：有用なテクノロジーの導入を推進し、新テクノロジーの開発を促進するために、公正かつ信頼性の高い方法でテクノロジーを比較できるようにするためのフレームワークをRINAが提唱（2018年）。

このプロジェクトはマースクライン（*Maersk Line*）と共同で実施された。



レトロフィットの効果を評価

レトロフィットは有効か



キー・パフォーマンス・インジケータ（KPI）で効率がわかる。
よって、KPIはレトロフィットの成果の基準となる。

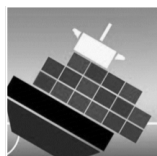
レトロフィットの効果を評価

回帰不連続デザイン (RDD)

このプロジェクトでは、船上で収集された航行データを使ってレトロフィットの効果を評価する方法を調査。このタスクに使用できる方法として**回帰不連続デザイン (RDD)** を特定。

- 計量経済学的フレームワーク。
- 事象の因果効果を評価。
- 他の要因の制御

2つのケース
スタディ :



Company A

- 横揺れを小さくするためのシステム。
- コンテナ船 1隻。
- 4時間ごとにシステムをオン/オフ。
- 継続的なモニタリング・データ。

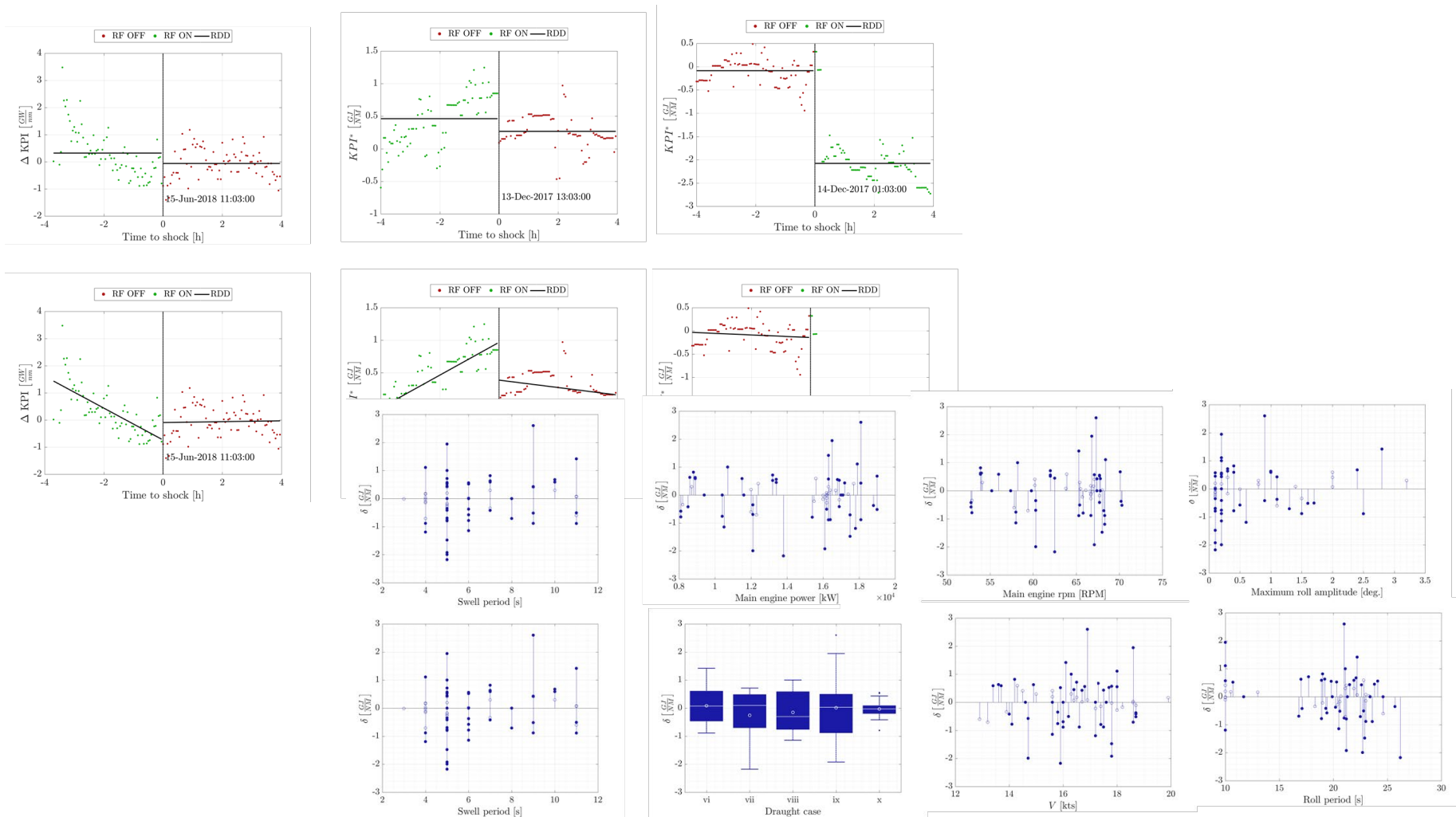


Company B

- プロペラボスキャップフィン。
- ばら積み貨物船2隻。
- 乾ドック中に設置。
- ヌーンレポート・データ。

レトロフィットの効果进行评估

回帰不連続デザインに基づいて大量のデータを分析...



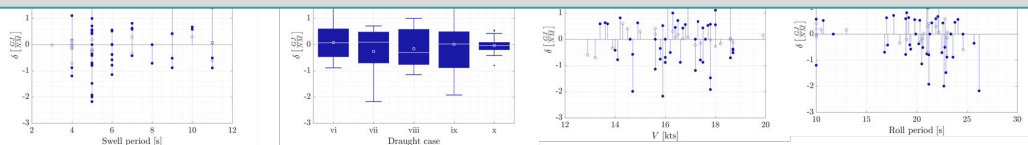
レトロフィットの効果を評価

2つのケーススタディ

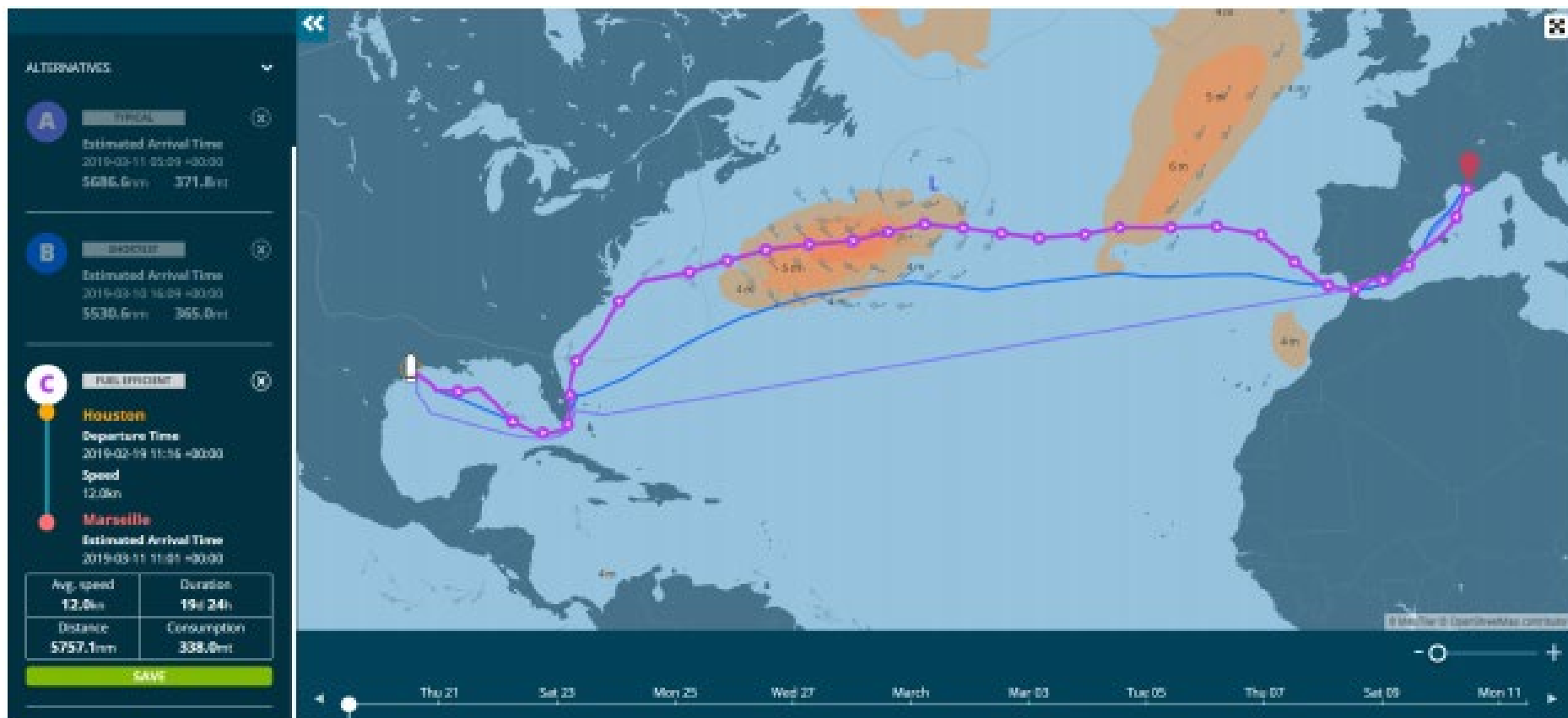
回帰不連続デザインに基づいて大量のデータを分析...

結論と今後の研究

- データ分析の結果、レトロフィットの効果はほとんどなかったが、「RDD」法自体が分析に有効だと証明されたことがより重要。
- 同じデータでその他の方法もテストすべき。その分析は選択したKPIに対して感受性を有するか。船体汚損に対処するための改良モデルが必要。



さまざまな海運ステークホルダーにとっての最適運航のメリットの分析（理学系修士課程論文）



最適運航のメリットの分析…

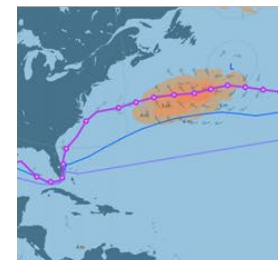
最適運航プロセスの目的は、航行ルートと速度プロファイルの最適化により、運航効率を高め、結果として海運ステークホルダーに経済的利益をもたらすことである。

1. 特定船主のフリートにとって、最適運航がもたらすエネルギー効率面でのメリット、金銭的メリット、安全面でのメリットは何か。

実運航の運航シミュレーションを実行することにより船主の省エネポテンシャルを推定し、さまざまな最適運航戦略で実行された運航シミュレーションと結果を比較。

2. 運用プロセスを変更する動機を与えるために、さまざまな海運ステークホルダーに金銭的メリットをどのようにして分配するか。

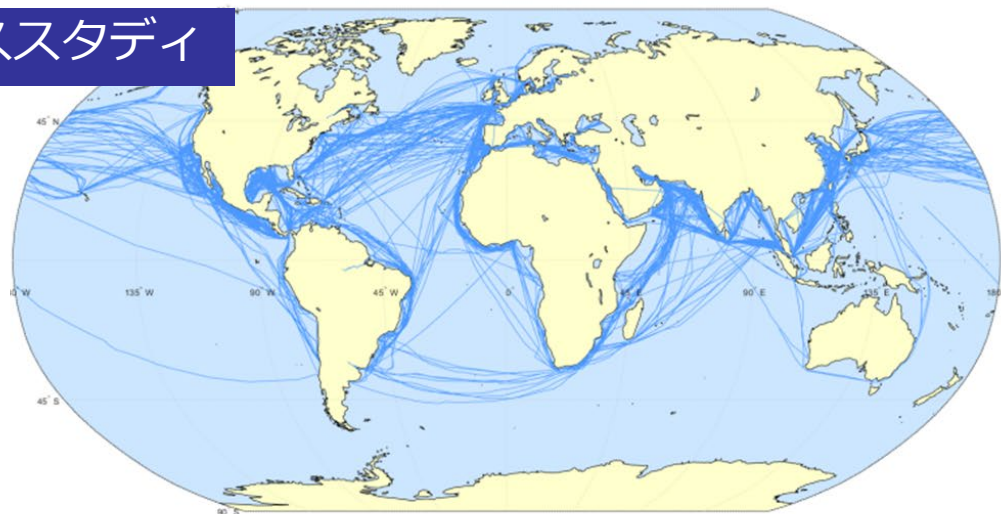
最適運航プロセスの導入の全体的メリットを説明し、ステークホルダー間でメリットを共有するための便益分配スキームを提案。



最適運航のメリットの分析…

TORM A/S および NAPAとのケーススタディ

- 中規模プロダクトタンカー49隻
(45000 - 55000 DWT)
- 調査期間 2018年1月 - 2019年3月
- 総航海数 1768
積荷航海 927
バラスト航海 840



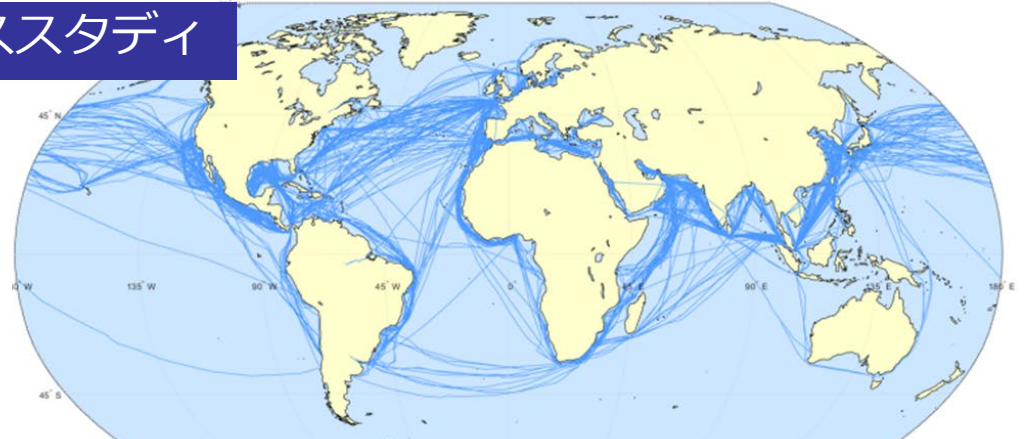
2018年1月 - 2019年3月末に入手できたTORM船舶の全AISデータ

この研究では、さまざまなパフォーマンス指標を考慮に入れて、実際の航行（AISデータを使用）とこれに対応する最適化シミュレーションを比較

最適運航のメリットの分析…

TORM A/S および NAPAとのケーススタディ

- 中規模プロダクトタンカー49隻
(45000 - 55000 DWT)
- 調査期間 2018年1月 - 2019年3月



- 総航海
積荷航
バランス

研究の主な成果：

- 最適運航プロセスの利点を検証
- 船舶の性能計算を概観
- さまざまな最適運航戦略を用いたシミュレーション結果
- さまざまな便益分配スキームによる便益共有予測

この研究
(AIS)

最後に

ビッグデータの利用に関するその他多数のプロジェクト：

- ❑ 波浪における付加抵抗のデータドリブン型予測（Data-driven prediction of added resistance in waves）（理学系修士課程・博士課程研究、2020–2023年）
- ❑ 機械学習を用いた伝達関数の推論と船舶レスポンスの予測（Inference of transfer functions and prediction of vessel responses using machine learning）（理学系修士課程研究、2020年）
- ❑ センサーフュージョンを用いた対水速度測定値の正確性向上（Improved accuracy of speed-through-water readings using sensor fusion）（博士課程研究、2019–2022年）
- ❑ プロセス補正構造を用いた短時間確定型運動予測（Short-time deterministic motion prediction using process correlation structures）（博士課程修了後研究、2019–2020年）
- ❑ 最低推進出力要件の早期適合評価のための設計ツール（A design tool for early evaluation of compliance with minimum propulsion power requirements）（2019–2020年）
- ❑ 仮想構造船体モニタリングに基づく意思決定支援ツール（A decision support tool based on virtual structural hull monitoring）（2020年）
- ❑ 設計速度未満の速度インターバルにおける船舶性能ベンチマーキングの調査（Investigation of vessel performance benchmarking at speed intervals below the design speed）（2021年）
- ❑ ...

問合せ先：
 ウルリク・ダム・ニールセン
 (Ulrik Dam Nielsen)
 Email: udn@mek.dtu.dk

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



謝辞

- Danish Maritime FundおよびOrient's Fundからの経済的支援に深く感謝いたします。
- 本プレゼンテーションでは、Maersk社およびTORM社にご提供いただいたデータを検討しました。
- NTNU AMOSにご協力とご支援をいただきました。