

- ・浮体式洋上風力をターゲットとするような遠洋で水深が大きい海域では、実用的に乱流強度の観測を含めて確立された風況観測手法は存在していないという課題がある。
- ・本研究開発では、**FLSの乱流強度測定誤差補正手法の確立**を目的とし、研究課題の解決に取り組む。
- ・FLSの主要機種は2種類存在し、それぞれ“**パルス波式のVL**”と“**連続波式のVL**”が搭載されている。補正手法について、前者は、陸上動揺試験および実海域での計測データを用いた実証研究を実施し、**物理モデル**による手法を確立する。一方、後者は、**機械学習モデル**による手法を確立する。
- ・①**洋上観測、精度検証、及び動揺試験結果の取り纏め**、②**物理モデルによる補正手法の確立**、③**機械学習モデルによる補正手法の確立**、を本研究開発の成果とする。
- ・なお、本研究開発の成果を効果的にPRするために、国内外の学会にて成果を発表するとともに論文投稿を行うことを検討する。

```

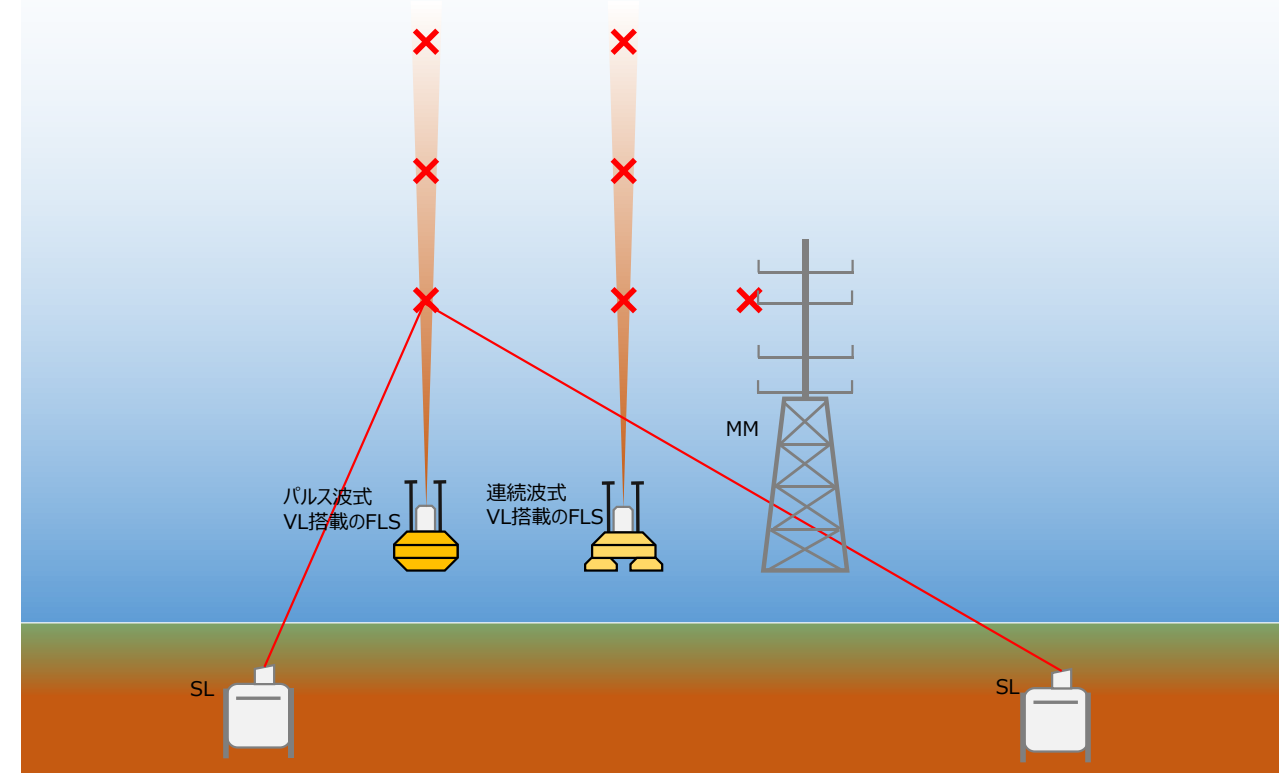
graph TD
    A["1 FLSによる洋上観測、精度検証、及び VLによる陸上動揺試験  
【②・③へインプット】"] --> B["2 物理モデルによる  
測定誤差補正方法の確立と検証  
【足利大学・東京大学】  
スル波VL(Wind Cube) データ"]
    A --> C["3 機械学習モデルによる  
FLSの測定誤差補正方法の確立と検証  
【産総研・WINC】  
連続波VL(ZX) データ"]
    B --> D["FLSを用いた沖合の風況観測手法の確立  
【FLOWRA・足利大学・東京大学・産総研・WINC】"]
    C --> D
  
```

1 FLSによる洋上観測、精度検証、及び VLによる陸上動揺試験
【②・③へインプット】

2 物理モデルによる
測定誤差補正方法の確立と検証
【足利大学・東京大学】
スル波VL(Wind Cube) データ

3 機械学習モデルによる
FLSの測定誤差補正方法の確立と検証
【産総研・WINC】
連続波VL(ZX) データ

FLSを用いた沖合の風況観測手法の確立
【FLOWRA・足利大学・東京大学・産総研・WINC】

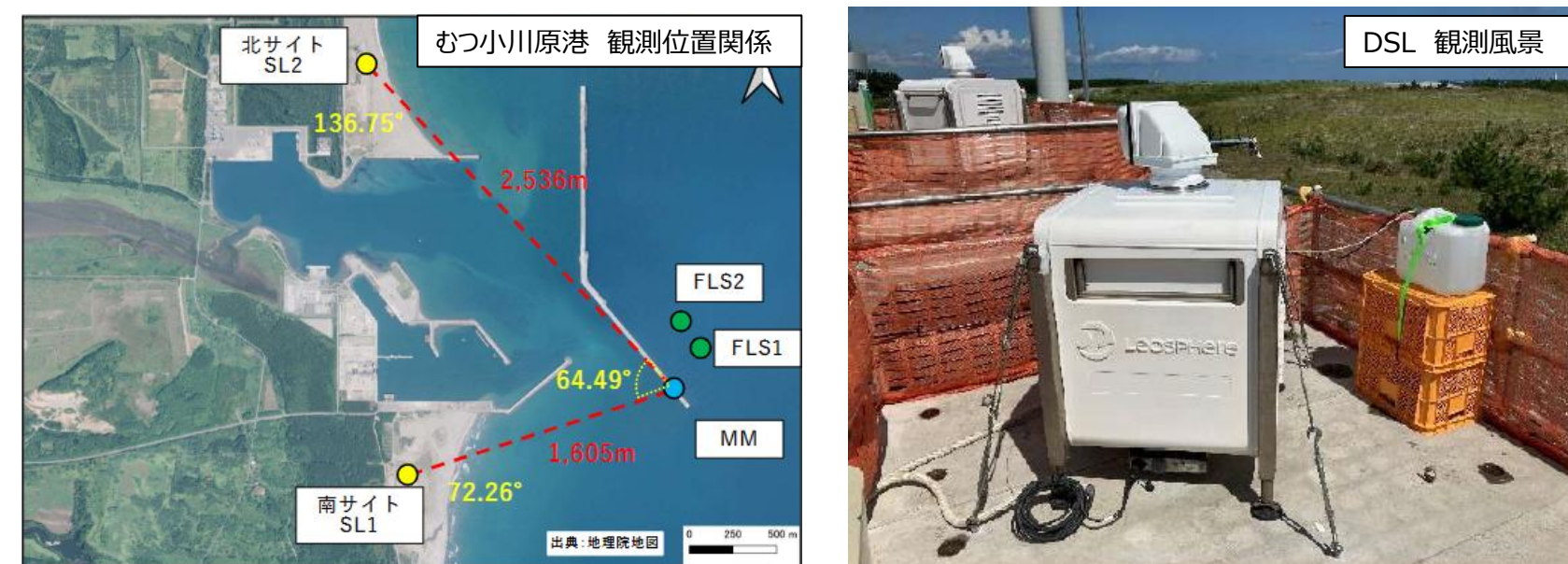


出典：国土地理院「地理院地図」を加工して作成

■ 2025年の主な成果

(1) 観測計画の策定

- ・観測実海域として、
 - ①むつ小川原港（太平洋側）
 - ②直江津港（日本海側）を選定
- ・陸上動揺試験として銚子サイトを選定
- ・むつ小川原港における洋上観測開始
- ・銚子における陸上動揺試験開始



(2) VLによる陸上動揺試験

- ・2026年2月に試験設備を設置完了
- ・2026年3月より試験開始

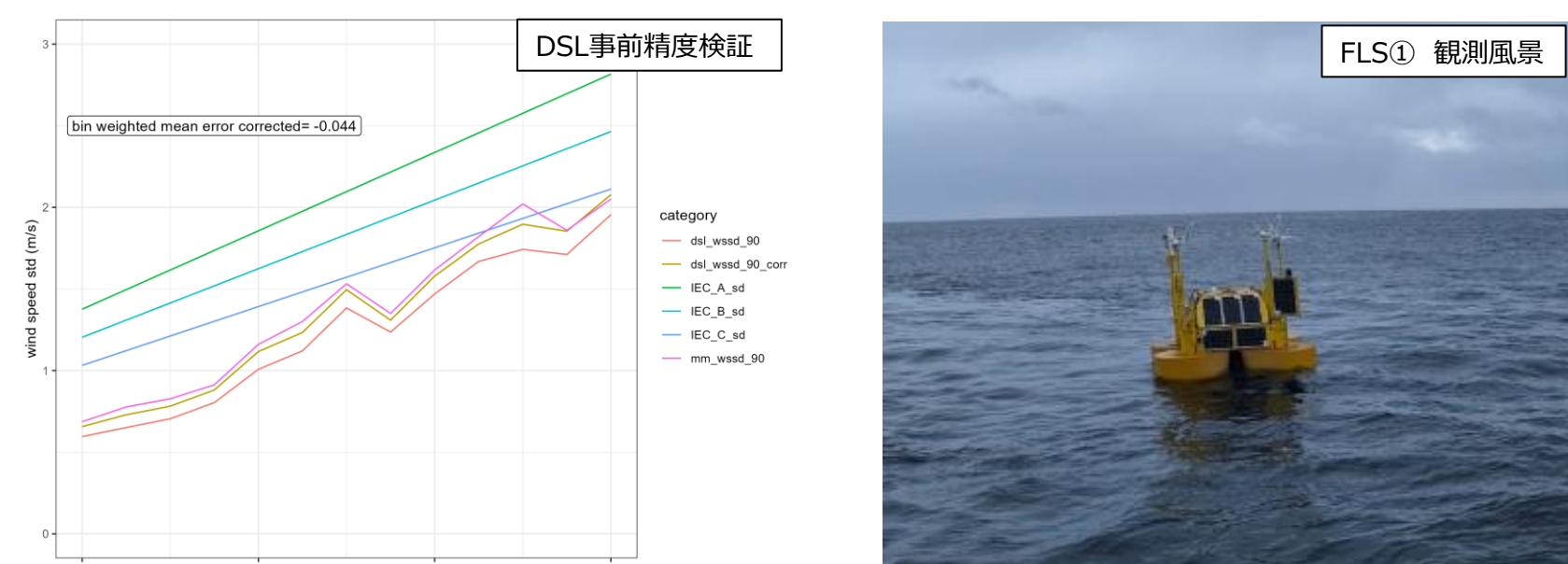
(3) 太平洋側サイトにおける洋上観測

- ・DSL及び2台のFLSの設置完了
- ・DSLは2か月間の事前精度検証を実施
→全項目においてKPIを達成
- ・2025年11月より本観測開始

(4) 日本海側サイトにおける洋上観測
・観測に必要な各種観測装置の契約及び
各種許認可申請手続きを開始

■ 課題と今後の取組

- ・太平洋側サイトにおける1年データの取得と取り纏め
- ・陸上動揺試験の完了
- ・日本海側サイトにおける設置手続き及び設置完了



2 物理モデルによるFLSの測定誤差補正方法の確立と検証 足利大学 東京大学

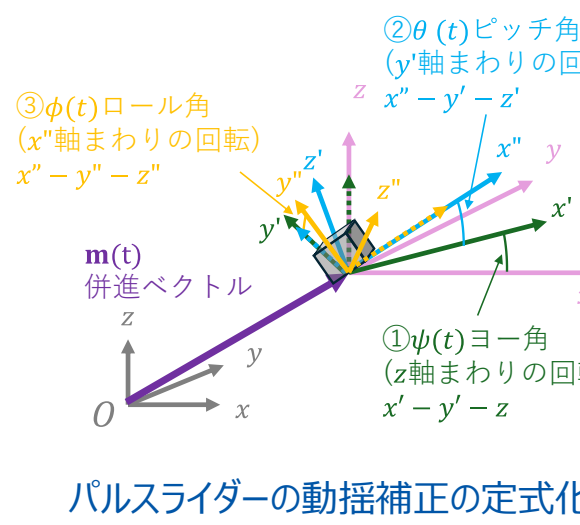
FLSによる風況観測データ → 実大気の状態を考慮した乱流補正手法の開発 (2025~2026年度) → 大気乱流境界層のシミュレーションと乱流の空間分布特性の解明 (2025年度) → 浮体の動揺補正手法の開発 (2026年度) → 大気安定度を考慮した乱流境界層のシミュレーションと乱流補正手法の検証 (2026年度) → FLSによる風況観測データ

陸上動揺試験データ → 浮体の動揺補正手法の開発 (2026年度) → 大気安定度を考慮した乱流境界層のシミュレーションと乱流補正手法の検証 (2026年度) → FLSによる風況観測データ

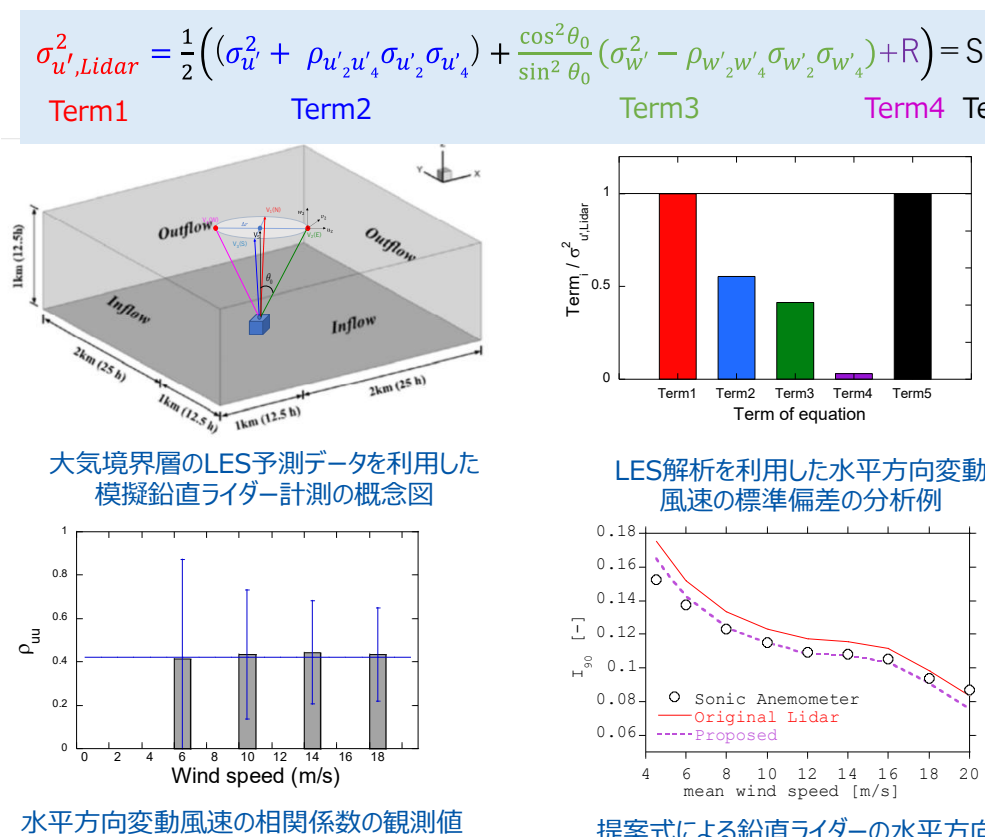
FLSの動揺データ → 実大気の状態と浮体動揺の影響を考慮した乱流計測手法の確立 (2027年度) → 大気の状態と浮体動揺の影響を考慮した乱流計測手法の検証 (2027年度) → FLSの動揺データ

(1) **実大気の状態を考慮した乱流補正手法の開発**

- ・ 模擬風速場を用いて水平風速の標準偏差の誤差原因を分析した。浮体ライダーにより計測された平均風速は浮体動揺に関わらず三杯風速計による計測値と一致するが、標準偏差は浮体動揺が大きほど大幅に過大評価することがわかった。
- ・ 物理モデルによるパルスライダーの動揺補正を定式化し、水平風速の算定を行った。
- ・ 動揺時の水平風速再構築において3ビームを用いた場合には、固定式ライダーと異なる結果となったが、4ビームを用いた最小二乗法は、固定式ライダーの水平風速再構築手法と完全に一致することを示した。



- 洋上の中立大気を想定したLESシミュレーションを実施し、得られた3次元乱流風速場を用いて、鉛直ライダーによる水平風速の標準偏差の測定誤差の原因を明らかにした。
- 鉛直ライダーにより水平風速の標準偏差を求める新しい評価式を提案した。鉛直ライダーの水平風速の標準偏差を提案式により補正し、銚子沖の超音波風速計の観測値と比較することにより、提案式の妥当性を検証した。



- 水平風速の標準偏差を算定する方法を模擬風速場や実観測データを用いて検証するとともに、導出した動揺補正式に基づき、統計的に発生させた乱流風速場を用いてシミュレーションすることにより、定式化した動揺補正手法の検証を行う。（足利大学）
- 大気安定度を考慮した大気乱流境界層のLESシミュレーションを行い、大気安定度が大気境界層内の乱流構造に与える影響を明らかにすると共に、洋上風速観測結果を用いて鉛直ライダーによる乱流計測手法の精度検証を行う。（東京大学）

- ・ FLSによる乱流強度補正方法を確立する本研究開発の成果は、FLOWRAの主な組合員である発電事業者各社が取り組む浮体式洋上風力発電開発に用いられる。
- ・ 適用される案件は、一般海域での公募によるもののみならず、EEZでの開発や、日本と似た気象海象条件の東アジア諸国での開発などを幅広く想定する。
- ・ また、着床式洋上風力発電においても、DSLの範囲外となる離岸距離かつ十分な水深が確保できていることを条件に、本研究開発成果が活用できると想定。
- ・ 本研究開発成果は、浮体式洋上風力発電所のレイアウト設計、サイト条件評価、ウインドファーム認証等での活用が期待され、特にサイト風条件評価においては重要な位置付けとなる。

(1) 入力データ及び教師データの収集整理

- ・機械学習モデル構築のため、本事業および過去のNEDO事業（計3事業）のデータを収集・整理。

(2) 機械学習モデル（ベースモデル）の構築

- ・むつ小川川原港における気象マスト・ZXライダーのデータを用いて、ライダーTIをマスト相当に補正するための機械学習モデルを構築。(図1・2)
- ・同一サイト内および異なる観測期間におけるTI補正効果を確認。(図3)

(3) 機械学習モデルの評価方法の調査・検討

- ・ (1)で収集した気象マスト・ライダーの生データから異常値を除去し、学習用及び検証用データセットを作成。

- むつ小川原港で構築した機械学習モデルの他サイトへの適用性（地域間補正効果）の検討。(表1)
- FLSから固定ライダー相当へ誤差補正を行う手法の検討。
- TI精度評価手法の検討。

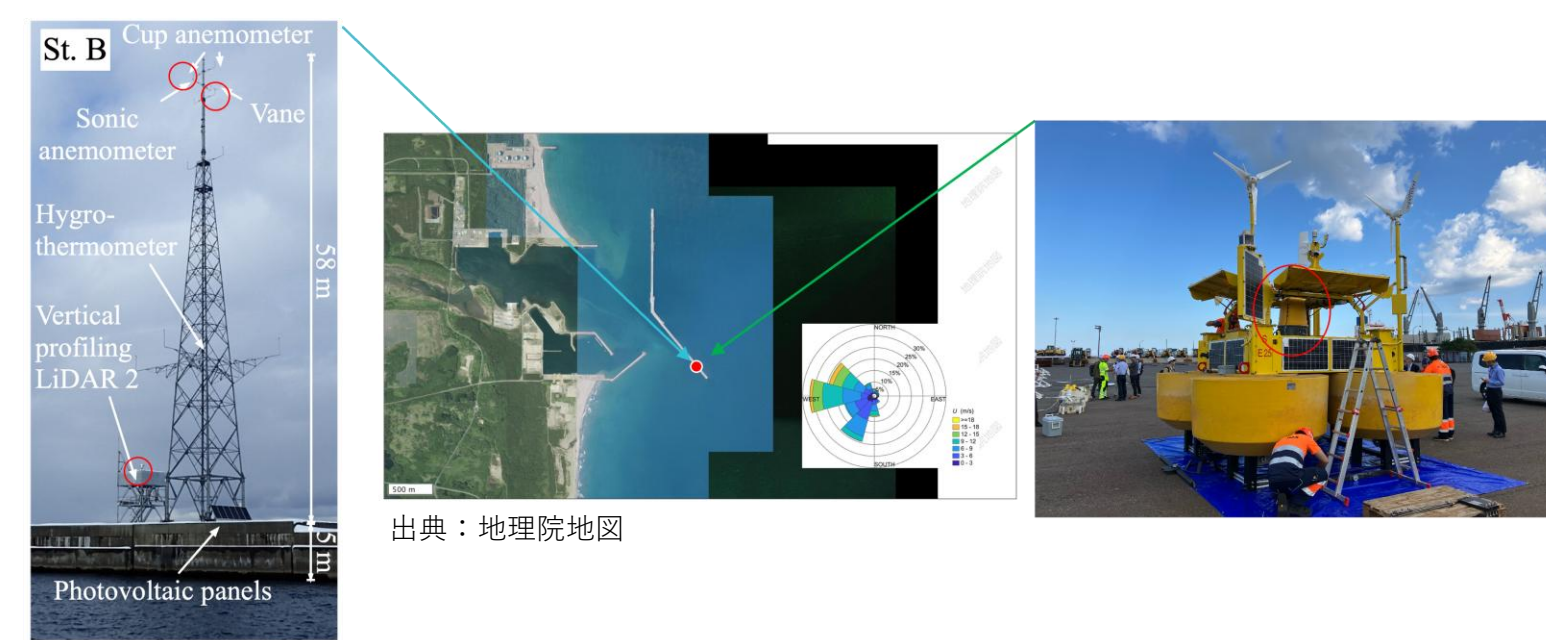


図1 むつ小川原港における洋上気象マストと連続波式ライダーの配置

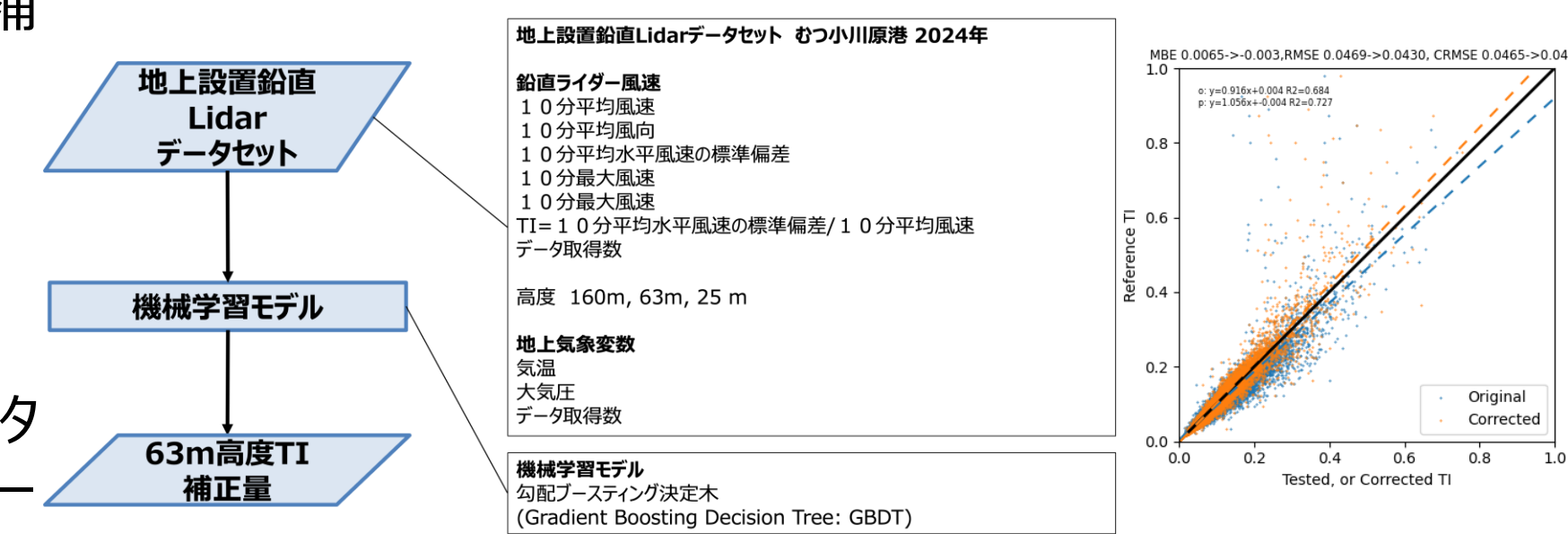


図2 機械学習モデルの概要

図3 機械学習モデルによる補正前後の相関図

表1 地域間補正効果の検討に利用する検証サイト

地点	設置機器	期間	平均風速 [m/s]
秋田県能代市・三穂町・奥鹿市市街	風速観測システム・柏高圧ライダ(ZX)	2020年2月～2021年1月	6.10
秋田八幡町及び5個町村市街	風速観測システム・柏高圧ライダ(ZX)	2021年3月～2022年2月	5.94
秋田県由利本荘市市街（南側）	風速観測システム・柏高圧ライダ(ZX)	2020年2月～2021年1月	6.37
秋田県由利本荘市市街（北側）	風速観測システム・柏高圧ライダ(ZX)	2020年2月～2021年1月	7.79
長崎県西海市市街・島津1島南端	風速観測システム・柏高圧ライダ(ZX)	2021年4月～2022年3月	6.58
長崎県西海市市街・島津見島山頂	風速観測システム・柏高圧ライダ(ZX)	2021年4月～2022年3月	7.12

※日本気象株式会社提供データ

FLS：フローティングライダーシステム
VL：鉛直ライダー
DSL：デュアルスキャンニングライダー
MM：風況観測マスト
TI：乱流強度
LES：ラージエディ(大渦)シミュレーション
FLOWRA：浮体式洋上風力技術研究組合
WINC：windナビコンサルティング