

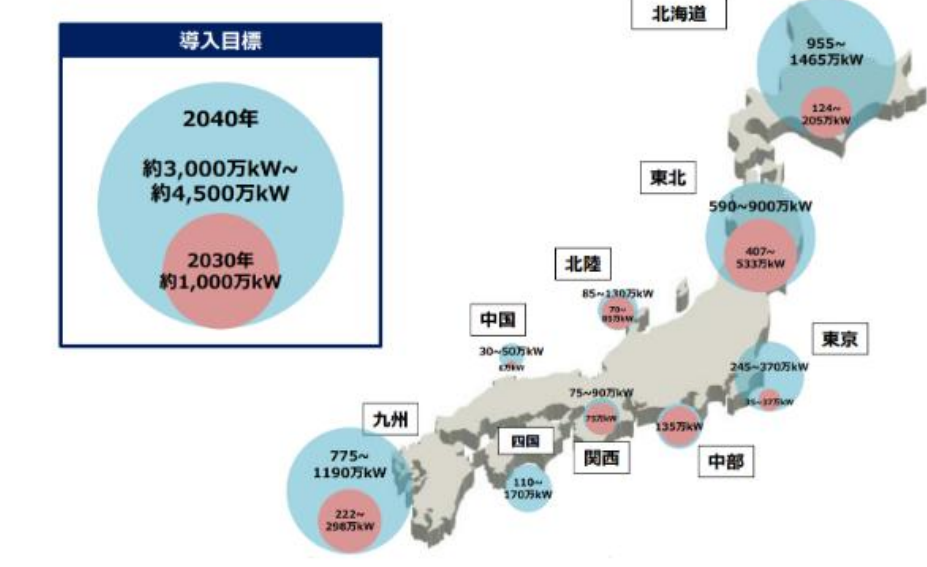
はじめに

洋上風力発電市場の拡大 / 洋上風力発電工事における波浪予測の重要性

<経産省の導入目標>

- ・2040年までに30～45GW
※2023年実績(ラウンド2)：4海域 / 計1.8GW

⇒ 今後急激に市場が拡大する可能性



(「第2回 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」2020.12：経済産業省)

<海上工事の実施判断>

- ・海上工事の実施可否は波の状況に依存
- ・数日間の連続作業を要する洋上風力施設の工種も多い

⇒ 効率的な施工に1週間程度の高精度波浪予測が不可欠

波浪予測が外れた場合、工事中での作業中止や実施計画の再検討・要員調整等による損失が発生

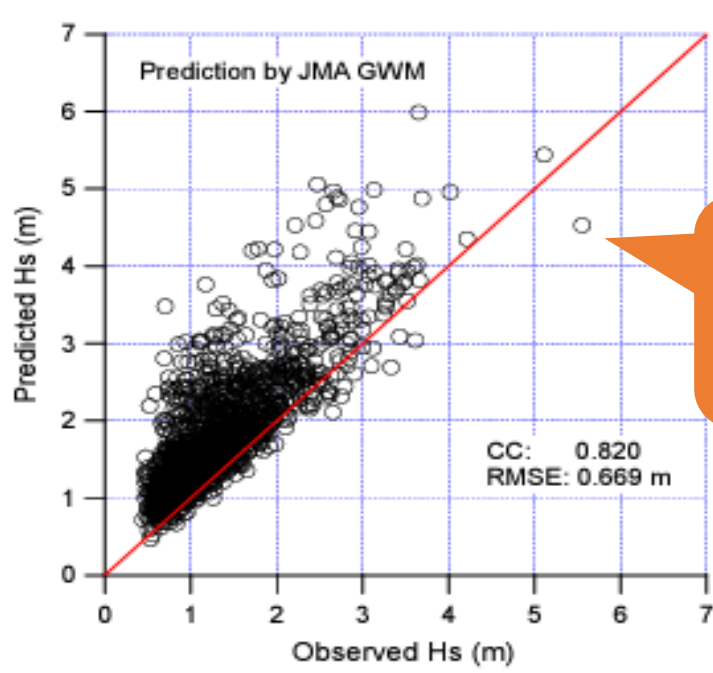
▼ 洋上風力発電工事における各工種の待機日数例

工種	待機日数	CO ₂ 排出量
建起	起重機船他：4.8日 / 台船曳船：1.6日	7.8トン
風車組立 (3700t)	起重機船他：4.0日 / 台船曳船：1.6日	12.7トン
海底ケーブル接続	DPS船、曳船：5.6日	6.0トン

(「低炭素型浮体式洋上風力発電低コスト化・普及促進事業公報・別紙5 コスト等比較資料」2016.4：環境省)

全球波浪予測モデル(GWM)の概要

- ・1週間程度先までの波浪予測として、気象庁からGWMが定期配信されている
- ⇒ 全球モデルのため、日本沿岸海域の波浪予測値としては予測精度が不足



例として、常陸那珂地点では過大評価傾向

(常陸那珂におけるGWM予測値の精度)

先駆的なAIモデルによる週間波浪予測システムを開発

コア技術 数値予報GPVを活用した高精度&低コストAIモデル

洋上風力発電事業の効率化・低コスト化に資する事業を実施

- ・洋上風力発電施設の作業工程の実現性向上、効率化
- ・工事・保守メンテナンス実施計画の策定支援

目的

▼ 研究開発体制図

代表助成先

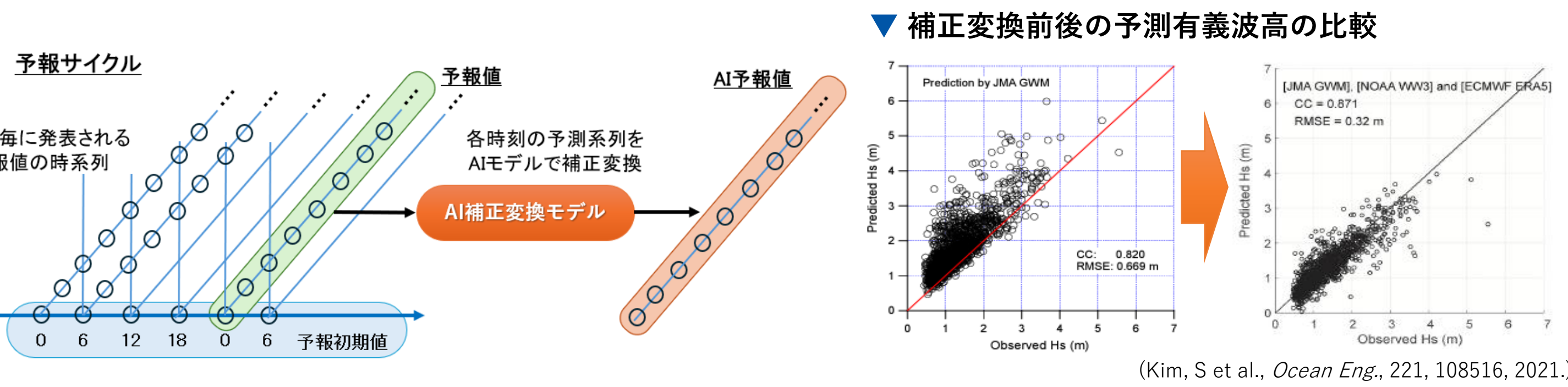
株式会社ハイドロ総合技術研究所

共同研究先

国立大学法人 熊本大学工学部

AI技術を用いた波浪予測手法の概要

- ・ 深層学習等を用いた補正変換により、GWM等から**特定海域の波浪値を高精度推定**
- ・ 推論計算が高速なため、**リアルタイム予測への適用性は高い**



(Kim, S et al., Ocean Eng., 221, 108516, 2021.)

▼ 7日後予測値の精度比較

地点	GWMtoANN					GWM				
	CC	RMSE	GV	HIT ₁	HIT ₂	CC	RMSE	GV	HIT ₁	HIT ₂
久慈港	0.57	0.58	0.49	0.62	0.77	0.61	0.55	0.46	0.73	0.75
仙台塩釜港	0.53	0.38	0.46	0.79	0.86	0.44	0.47	0.57	0.72	0.88
小名浜港	0.52	0.48	0.42	0.65	0.73	0.50	0.55	0.48	0.66	0.72
常陸那珂	0.50	0.54	0.42	0.64	0.60	0.37	0.67	0.52	0.63	0.56
鹿島港	0.49	0.56	0.45	0.62	0.68	0.32	0.78	0.62	0.56	0.45

(Tracey H. A. Tom et al., 土木学会論文集B2 (海洋工学), Vol.77, pp.1_145-1_150, 2021.)

本技術に関連した10本以上の研究論文を发表済み

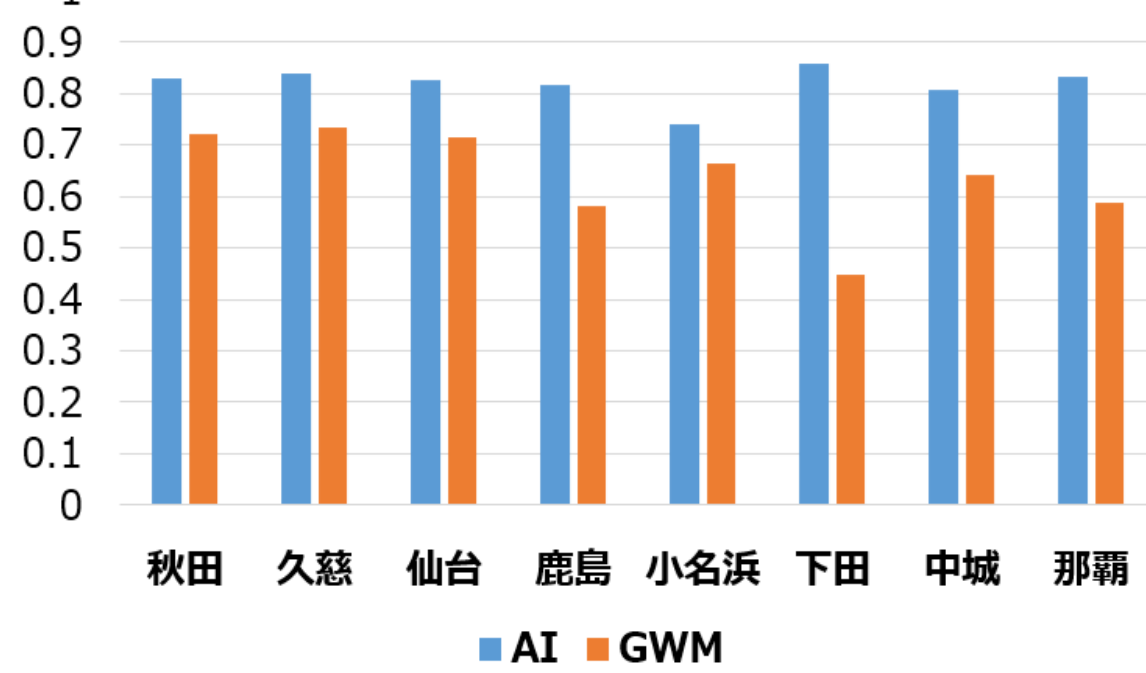
フェーズA検討における主要な成果

【A-1/A-2：AI波浪予測精度の向上】

- ・ 各海域に応じた**最適ハイパーパラメータを検討**
- ・ 複数NN構成を混合した**アンサンブル学習の検討**
- ・ 各海域の月別波浪状況の統計分析

- ✓ 全地点で **GWMを上回る予測精度を実現**
- ✓ 小名浜を除き、**的中率(HIT_{1/2}) ≧ 0.8**

▼ 各地点における的中率(1m超過有無)の比較

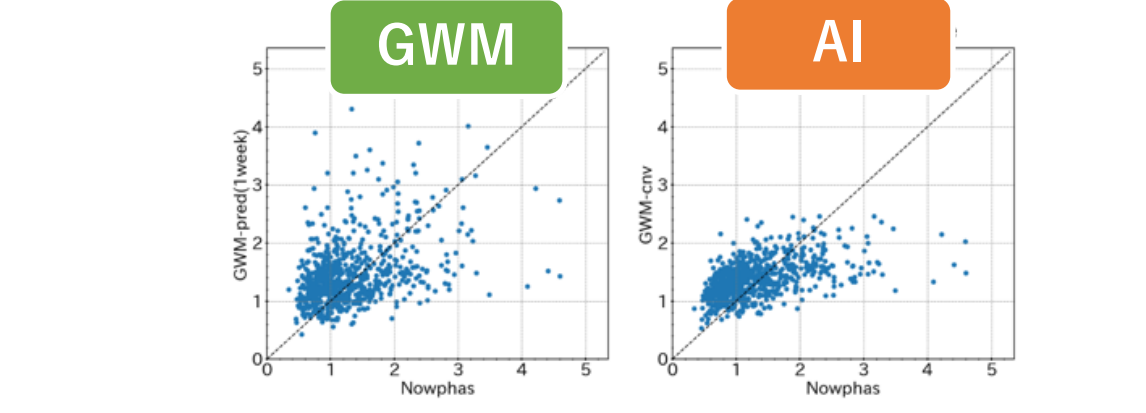


【A-3：観測データが不十分な海域への適用性向上】

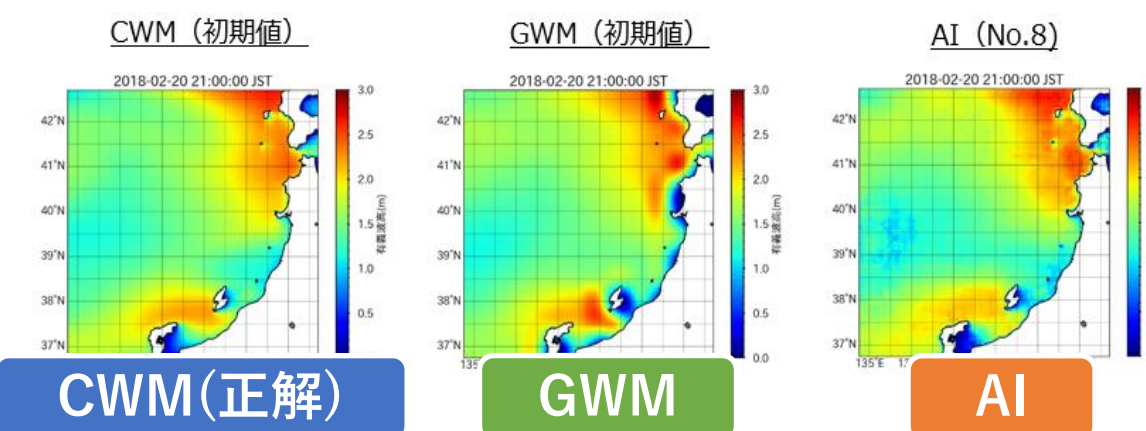
- ・ CWM初期値による**地点変換AIモデルの検討**
- ・ CWM初期値による**面変換AIモデルの検討**

- ✓ 両方式で**GWMを上回る予測精度を確認**
- ✓ 約半数の地点で **的中率 ≧ 0.77**
(※地点変換AIモデルの検証結果)

▼ 地点予測のナウファス比較散佈図(常陸那珂)



▼ 面予測結果の比較(秋田沖:有義波高(初期時刻))



フェーズAの取り組み内容

フェーズA

波浪予測技術の高度化

- A-1 各海域の特性に応じた最適なハイパーパラメータ設定基準の立案
- A-2 学習手法と予測モデル構成の改良による予測精度向上
- A-3 観測データ数が不十分な海域における適用性向上

実用的なシステム機能の検討

- A-4 実用性の高いシステム機能要件の検討と実装開発

(1) コアとなる高精度&低コスト週間波浪予測モデル開発

1. 各海域特性に応じた**最適ハイパーパラメータ設定基準の立案**
2. 学習手法と予測モデル構成の改良による予測精度向上
3. 観測データ数が不十分な海域における**適用性向上**

設定目標

✓ すべての地点で HIT_{1/2} ≧ 0.8 を実現

- ・ 気象庁GWM予報の**平均HIT₁(的中率)：0.63** (※先行研究の検証条件下)
- ・ ユーザー候補へのヒアリング：**HIT_{1/2} ≧ 0.8が実用的**

(2) 導入の費用対効果が高いシステム機能の開発

4. 実用性の高いシステム**機能要件の検討と実装開発**
5. 波浪予測システムの実装検証とソリューションサービスの策定

設定目標

- ✓ アンケートで導入にポジティブな回答 ≧ 70% を満足
- ✓ 1ヶ月以上のオンライン連続運用で問題が無いこと

- ・ **過半数を超えるユーザー候補からの導入支持が必要**
- ・ 実運用同様の**オンライン連続稼働での実証が必要**

【A-4：実用性の高いシステム機能要件とサービスの検討】

- ・ 競合サービス調査の実施 (**9サービス**)
- ・ ユーザー候補へヒアリング (**34件/18社**)
- ・ 工事可否判断基準の検討 (**論文発表1件**)

▼ ヒアリング結果(一部抜粋)

Q1. 海洋工事作業頻度 (1年あたり)	・ 1週間程度の長期作業：3回 (中央値) ・ 点検等の短期作業：13.5回 (中央値)
Q2-1. 利用する気象・海象データ	・ 利用率75%以上：波高 (100%) / 風速 (97%) / 風向 (85%) / 波向 (76%) / 波周期 (76%)
Q2-2. 工事実施可否の判定基準	・ 波高が1.0m以下 ・ 波周期が10s以下 (6s～10s) ・ 風速が10m/s以下 ・ 降雨強度が10mm/h以下 or 積算降雨量が50mm以下 ・ 視程が1km以上

調査検討結果を踏まえた上で

- ✓ **サービス仕様案を策定**
- ✓ **モックアップシステムを開発**

▼ 開発モックアップ画面 (対象地点近傍)



▼ 主なサービス仕様案

予測表示対象情報	主な機能
・ 波浪情報 (有義波高/周期/波向) 空間解像度：5km 時間解像度： - 3時間(～72時間先) - 6時間(72時間～168時間先) ・ 風況(風速/風向) ※MSM/GSMに準拠	・ 1週間先までの波浪/風況予測の Web表示 (工事地点/観測地点/近傍範囲) ・ 予測情報に基づいた工事可否判定 (ユーザーによる基準設定) ・ 表示項目のカスタマイズ機能 ・ 予報レポート出力機能 (オフライン利用向け)

課題点と今後の取り組み予定

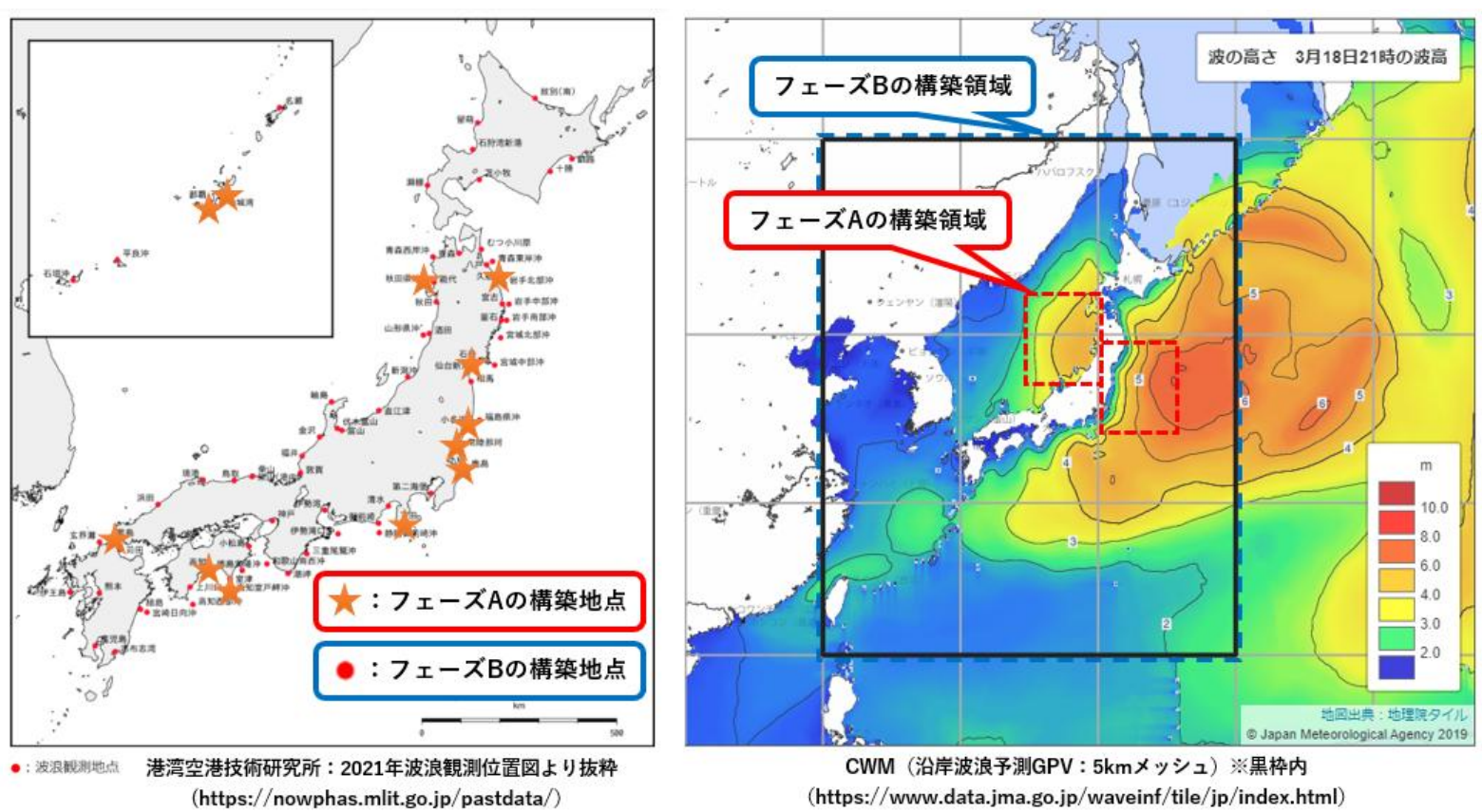
フェーズBの主な取組予定

- ① **AI予測モデルと予測誤差DBの全国整備**
- ② **週間波浪予測パッケージシステム開発と実証**
- ③ **サービス展開(事業展開)の準備** (知財取得等)

フェーズAで判明した主な課題

- ・ 一部地点において精度目標が未達
⇒ **フェーズBで改良検討を継続**
- ・ サブスクリプション配信サービスの需要大
⇒ **フェーズBで予報業務の許認可取得等を検討**

▼ フェーズBの予測モデル構築対象地点と領域



▼ フェーズBの実施スケジュール

検討区分	実施内容	2025FY	2026FY
予測モデル	AI予測モデル改良		
システム	日本全域のモデル構築		
	パッケージシステム開発		
	実証実験とモニター調査		
事業化	サービス仕様策定		
	知財取得等		
	サービス提供体制整備		

◇α版(全機能)開発完了
◇β版(全領域)開発完了
◇フェーズB終了サービス提供開始

実用化と事業化の見通し

- ・ フェーズBのシステム開発&実証検証後、**サービス展開(事業化)**を開始予定
- ・ **パッケージシステム販売とWeb情報提供のサービスプラン**を予定

▼ 予定サービスのパンフレット案



▼ サービスプラン案

サービスプラン	提供形態	備考
波浪予測パッケージシステムサービス	システム導入・保守 (導入費+保守費)	波浪予測システム導入～保守サポートを行うサービス
波浪予測情報サービス (Web閲覧)	サブスクリプション (月額)	Web閲覧による波浪予測情報の配信サービス
波浪予測情報サービス (Web閲覧/Light版)	サブスクリプション (月額)	対象海域を限定する代わりに安価な利用を可能とするWeb閲覧サービス
波浪予測情報サービス (データ取得API)	サブスクリプション (月額)	他システムとの連携を考慮した、波浪予測情報のデータ取得API提供サービス