

## はじめに

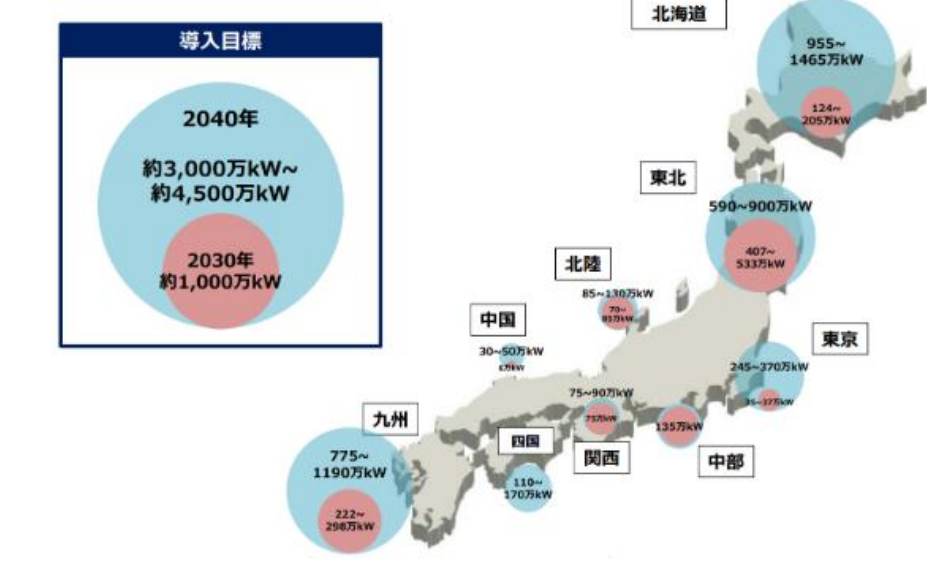
### 背景

### 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

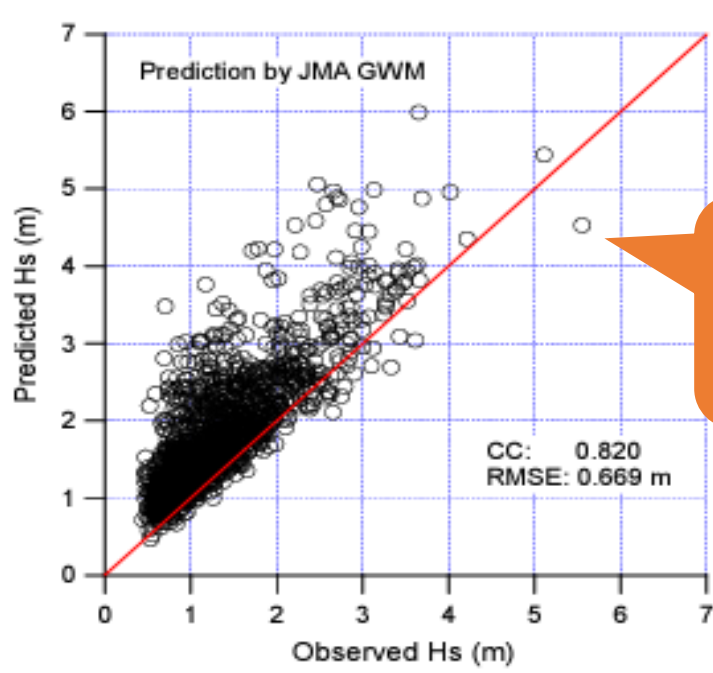
▼洋上風力発電工事における各工種の待機日数例

| 工種           | 待機日数                   | CO <sub>2</sub> 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

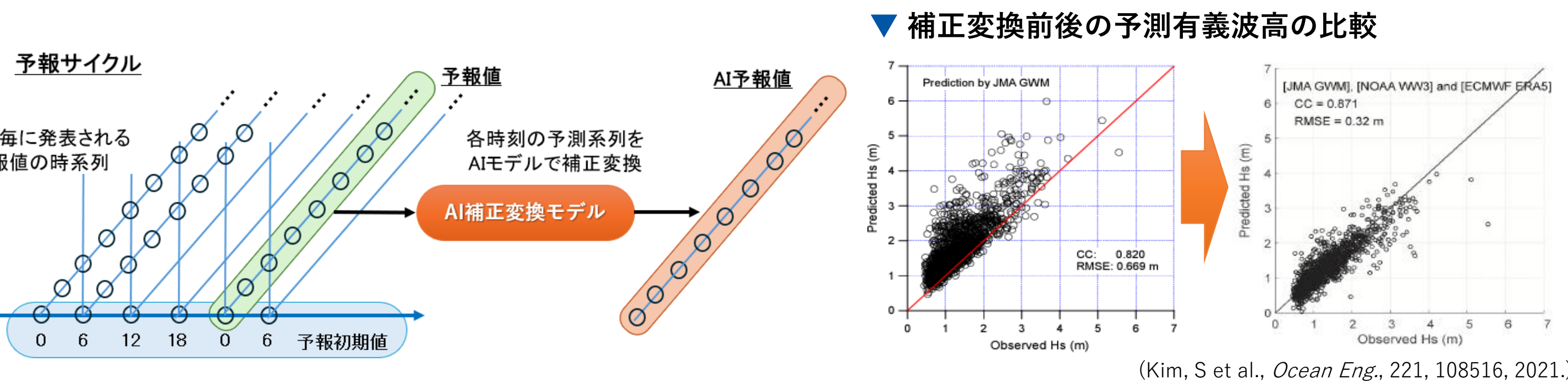
株式会社ハイドロ総合技術研究所

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**



本技術に関連した10本以上の研究論文を发表済み

▼7日後予測値の精度比較

| 地点    | GWMtoANN |      |      |                  |                  | GWM  |      |      |                  |                  |
|-------|----------|------|------|------------------|------------------|------|------|------|------------------|------------------|
|       | CC       | RMSE | GV   | HIT <sub>1</sub> | HIT <sub>2</sub> | CC   | RMSE | GV   | HIT <sub>1</sub> | HIT <sub>2</sub> |
| 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.)

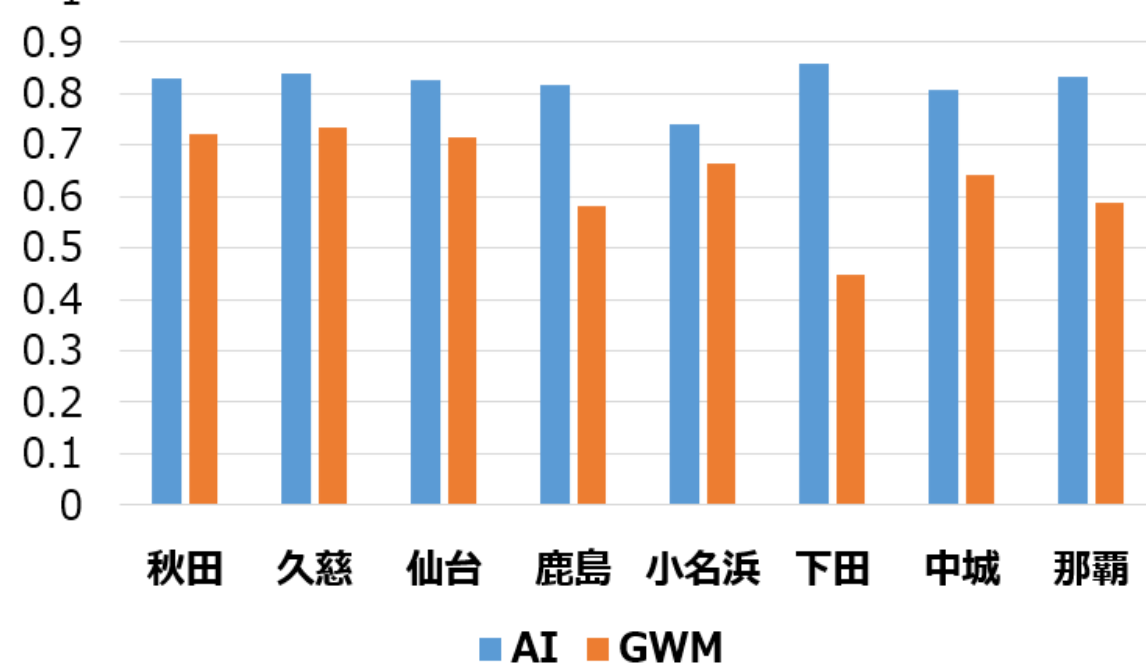
## フェーズA検討における主要な成果

### 【A-1/A-2：AI波浪予測精度の向上】

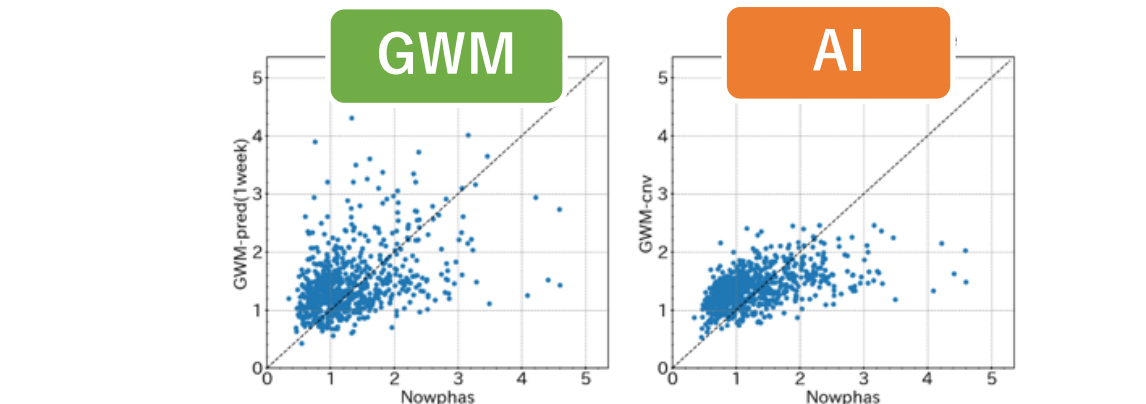
- ・各海域に応じた**最適ハイパーパラメータを検討**
- ・複数NN構成を混合した**アンサンブル学習の検討**
- ・各海域の月別波浪状況の統計分析

- ✓ 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<sub>1/2</sub>) ≧ 0.8**

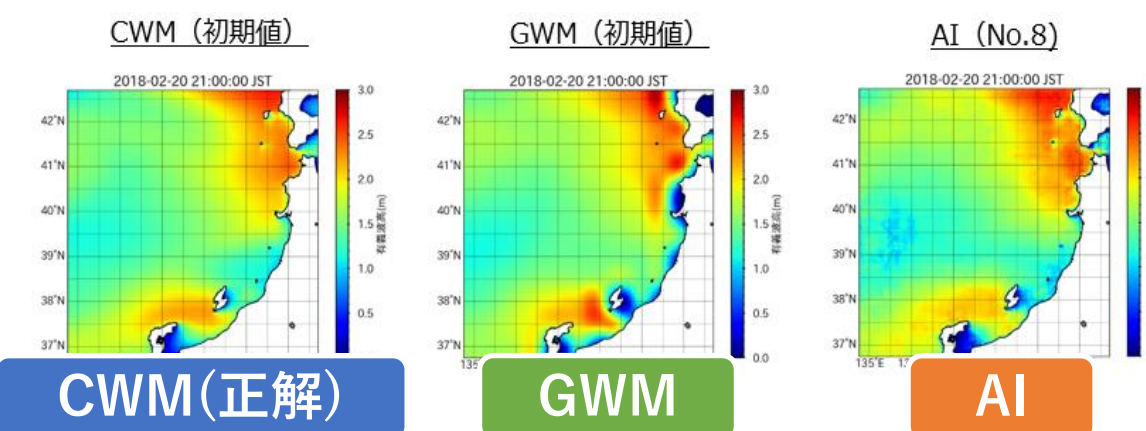
▼各地点における的中率(1m超過有無)の比較



▼地点予測のナウファス比較散点図(常陸那珂)



▼面予測結果の比較(秋田沖:有義波高(初期時刻))



### 【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**

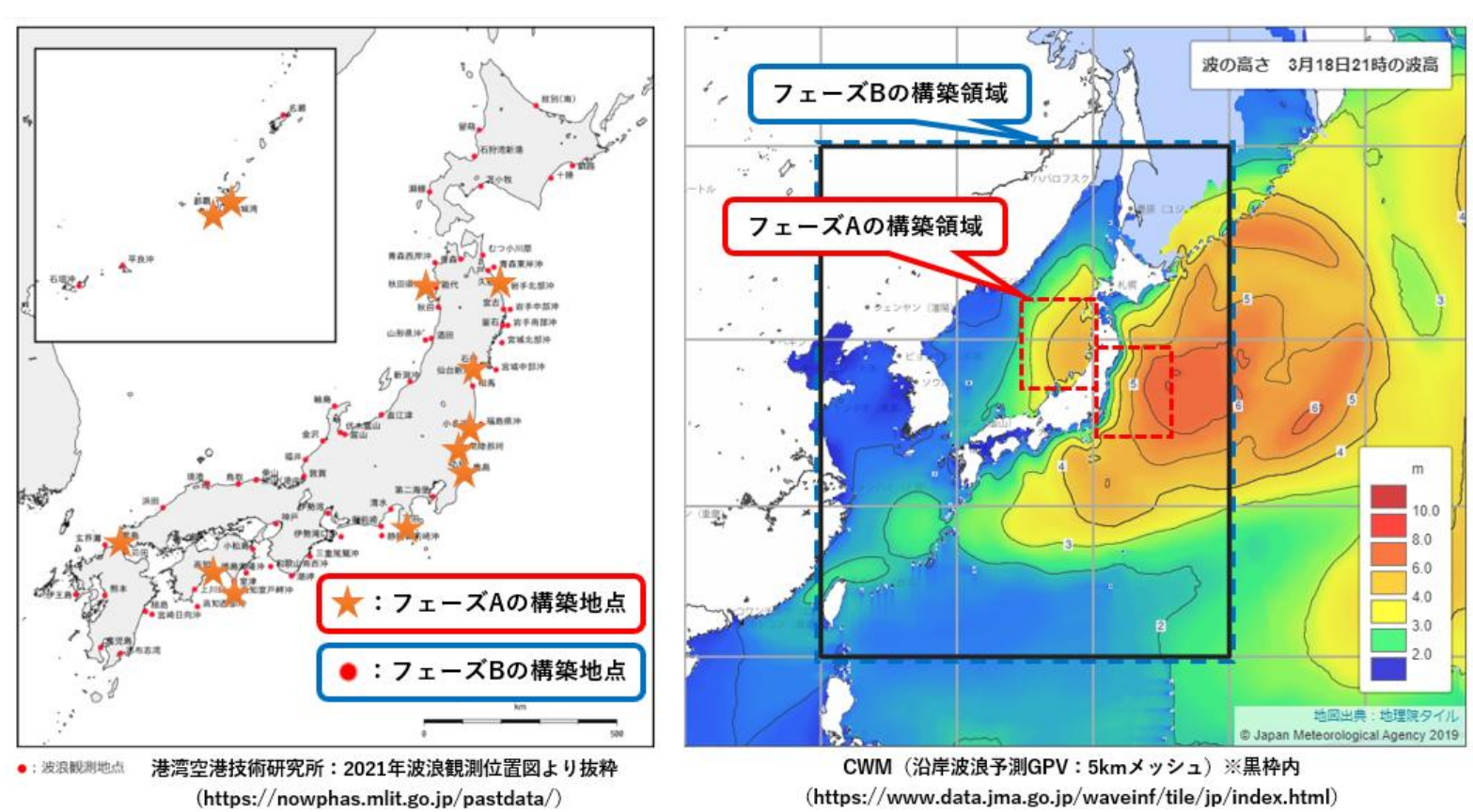
- ✓ 両方式で**GWMを上回る予測精度を確認**
- ✓ 約半数の地点で **的中率 ≧ 0.77**  
(※地点変換AIモデルの検証結果)

## 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               |        |        |
|       | 波浪予報業務許可取得等の検討等     |        |        |
|       | 特許/実用新案/NETIS登録の検討等 |        |        |
|       | 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

## 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<sub>1/2</sub> ≧ 0.8 を実現

- ・気象庁GWM予報の**平均HIT<sub>1</sub>(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<sub>1/2</sub> ≧ 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**)

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**

▼ヒアリング結果(一部抜粋)

|                                   |                                                                                        |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Q1.</b><br>海洋工事作業頻度<br>(1年あたり) | ・1週間程度の長期作業：3回 (中央値)<br>・点検等の短期作業：13.5回 (中央値)                                          |
| <b>Q2-1.</b><br>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%)                       |
| <b>Q2-2.</b><br>工事実施可否の判定基準       | ・波高が1.0m以下 ・風速が10m/s以下<br>・波周期が10s以下 (6s～10s) ・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 |

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

## 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<br>(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<br>(Web閲覧)        | サブスクリプション<br>(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<br>(Web閲覧/Light版) | サブスクリプション<br>(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<br>(データ取得API)     | サブスクリプション<br>(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 |