

4. 高精度漁海況予測

4.4. 波浪モデル

4.4.1. 波浪モデルの位置づけ

波浪モデルは、図 44-1 に示す海面画像に基づく波浪情報抽出技術の開発フローにおける波浪情報抽出技術の開発ツールとなるものである。

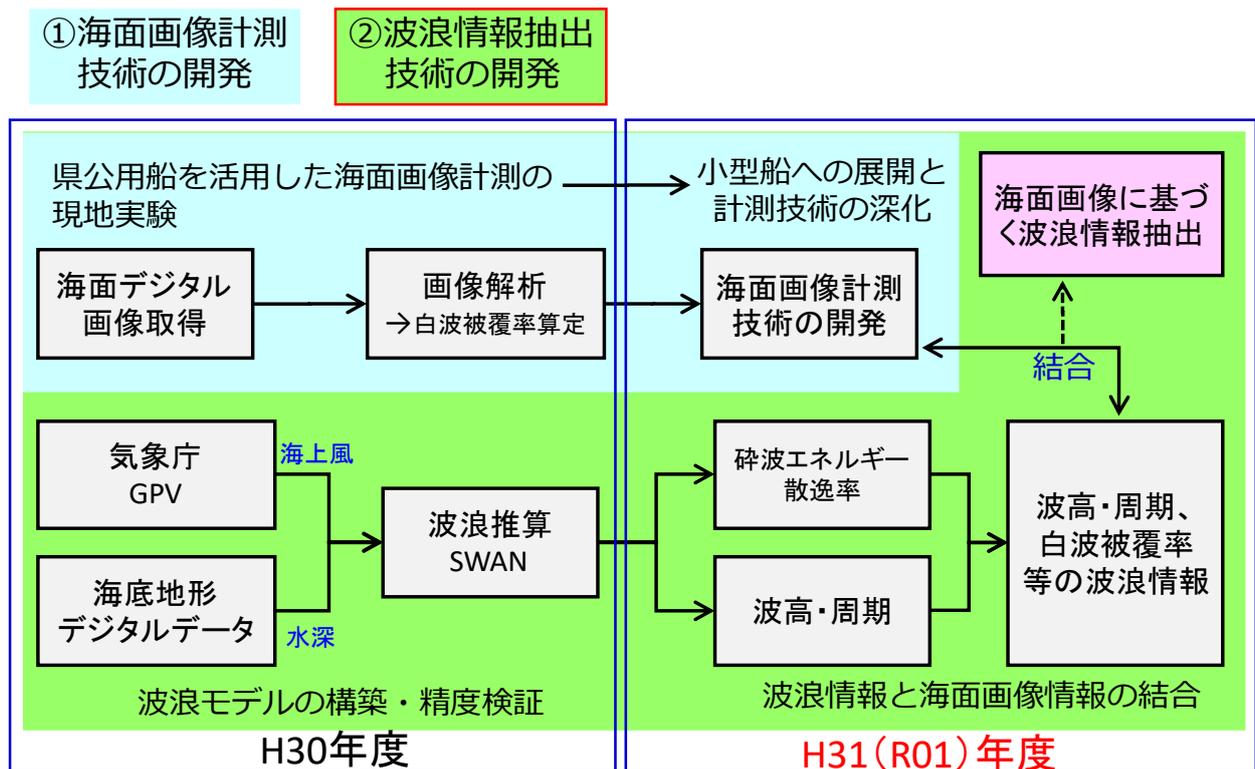


図 44-1 海面画像に基づく波浪情報抽出技術の開発フロー

4.4.2. 検討内容の概要

今年度は、海面画像情報と波浪情報の比較検討については、昨年度に引き続き検討を進めた。また、波浪情報の活用に関しては、アプリへの追加方法の検討として、以下の作業を行った。

- ・デモ版の作成
- ・運用に向けた課題などの整理

4.4.3. 海面画像情報と波浪情報の比較検討

4.4.3.1. 白波砕波によるエネルギー散逸率

波浪推算モデルの基礎式を以下に示す。

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_{\text{tot}}}{\sigma}$$

ここに、 $N=E/\sigma$ 、 E は波の方向スペクトル、 σ は角周波数、 θ は方向、 c は波の群速度である。また、右辺のソース項は、以下のように表現できる。

$$S_{\text{tot}} = S_{\text{in}} + S_{\text{nl3}} + S_{\text{nl4}} + S_{\text{ds,w}} + S_{\text{ds,b}} + S_{\text{ds,br}}$$

上記のソース項右辺の第4項 $S_{\text{ds,w}}$ が白波砕波によるエネルギー散逸率を示す。なお、 S_{in} は風によるエネルギー入力、 S_{nl3} は3波共鳴非線形相互作用によるエネルギー輸送、 S_{nl4} は4波共鳴非線形相互作用によるエネルギー輸送、 $S_{\text{ds,b}}$ は海底摩擦によるエネルギー消散、 $S_{\text{ds,br}}$ は地形性砕波によるエネルギー消散を示す。

風により波が発達する一方で、海表面の波峯が砕けて白波となり、波高が減衰する場合がある（図44-2参照）。その波エネルギーの減衰量が白波砕波によるエネルギー散逸率である。

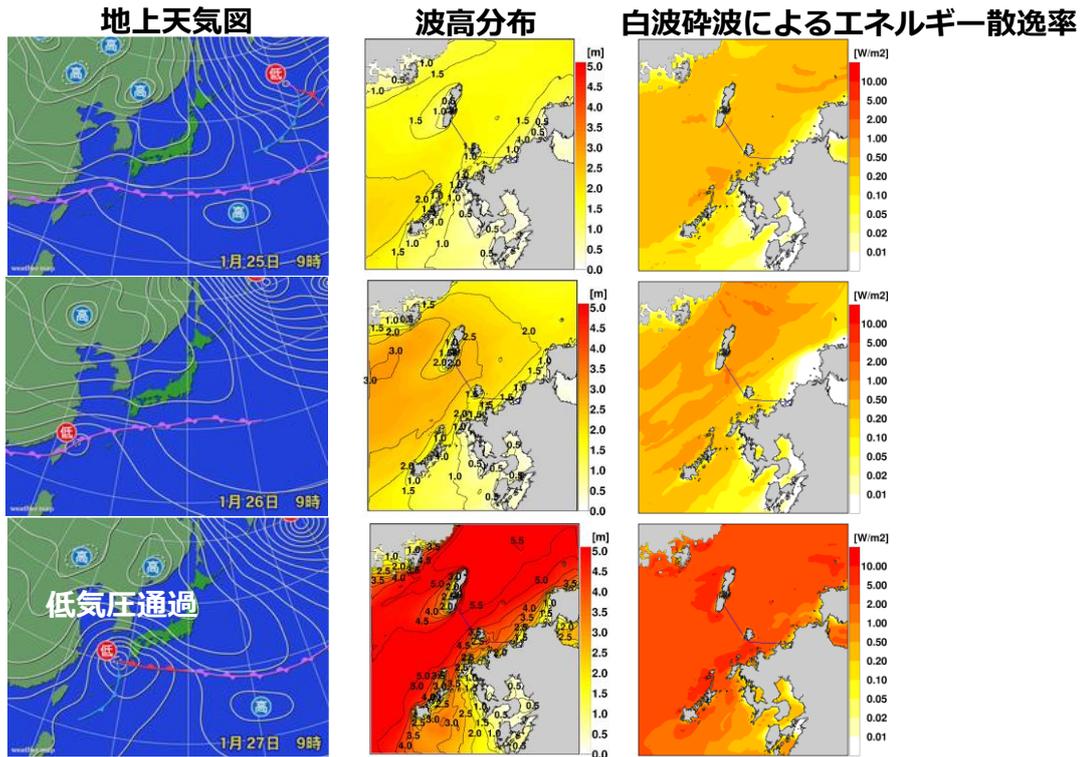


図 44-2 白波砕波のイメージ

4. 4. 3. 2. 海面画像解析期間の白波砕波によるエネルギー散逸率

海面画像解析期間（2020年1月24日～1月31日）の白波砕波によるエネルギー散逸率の例を図44-3の右列に示す。白波砕波によるエネルギー散逸率の単位は、波浪推算モデルのオリジナルの出力 (m^2/s) に $\rho_w g$ を乗ずることによって、(W/m^2) に変換している。ここで、 ρ_w は海水の密度 ($=1026 \text{ kg}/\text{m}^3$)、 g は重力加速度 ($=9.8 \text{ m}/\text{s}^2$) である。

4. 高精度漁海況予測



出典 : <https://kishojin.weathermap.jp/diary.php>

図 44-3 海面画像解析期間中の地上天気図、波高分布及び白波砕波によるエネルギー散逸率のスナップショット

4.4.3.3. 白波被覆率と白波砕波によるエネルギー散逸率の関係性

白波被覆率 W_c と白波砕波エネルギー散逸率 ϵ_l の関係は前章の図 35-10 に示されている。本事業で取得された白波砕波エネルギー散逸率 ϵ_l に対する白波被覆率 W_c の傾向が先行研究に近い傾向を示し、白波被覆率 W_c と白波砕波エネルギー散逸率 ϵ_l の間に相関性があることが確認できる。

波浪推算結果による白波砕波エネルギー散逸率をもとに、3.5. 節中に示した相関式を利用して、白波被覆率の空間分布を解析した結果を図 44-4 に示す。

4.4.3.4. 白波砕波によるエネルギー散逸率と平均気泡貫入深さの関係性

白波被覆率に加えて、海の荒天度を表す別の指標として、気泡貫入深さを検討した。

風波砕波による気泡の取り込み状況に関する既往の研究成果を図 44-5 に示す。吉岡ら (2003) によれば、風波砕波による気泡貫入深さは、有義波高の 5 倍程度である。この結果を活用すると、ある空間の平均気泡貫入深さ W_D は、以下のように定義できる。

$$\text{平均気泡貫入深さ } W_D = \text{有義波高 } H_s \times 5 \times \text{白波被覆率 } W_c$$

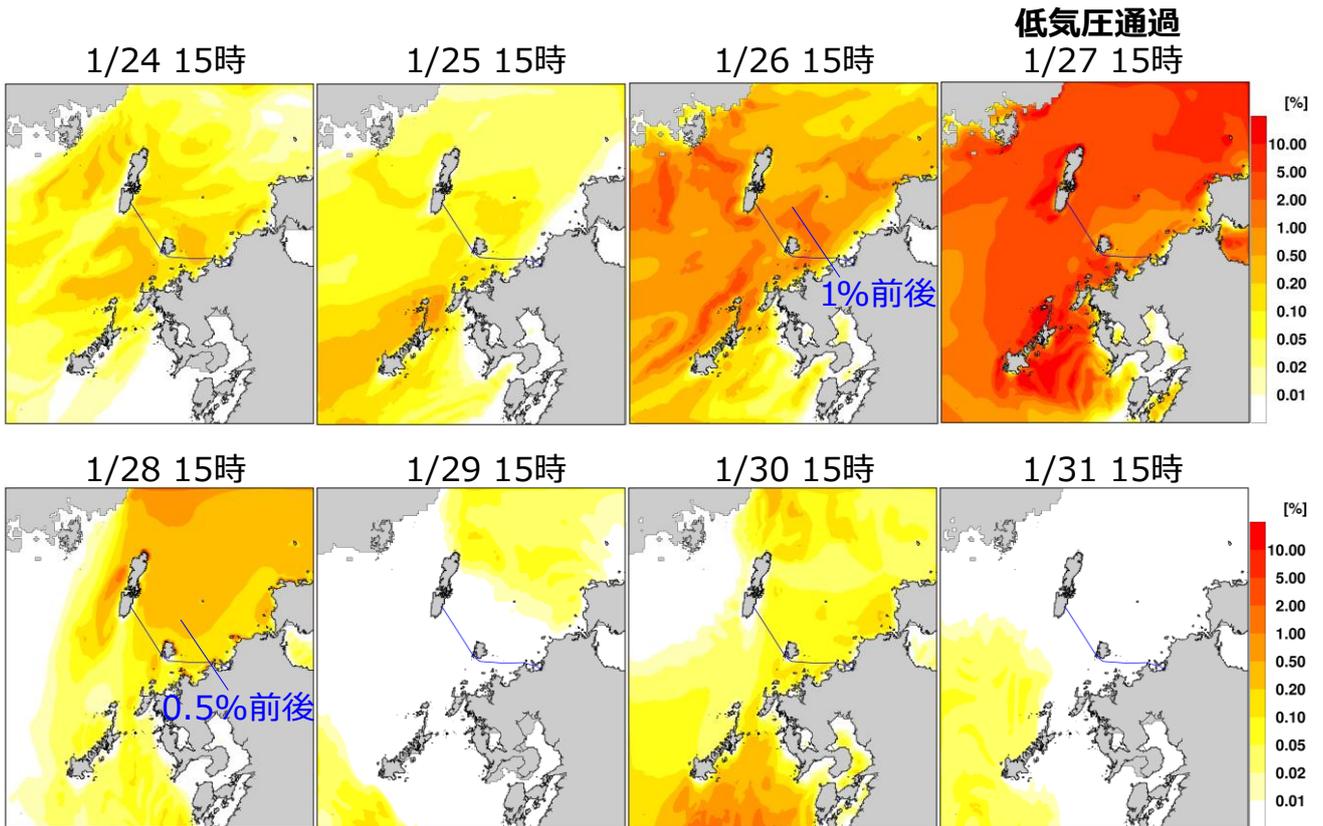


図 44-4 海面画像解析期間の白波被覆率の空間分布

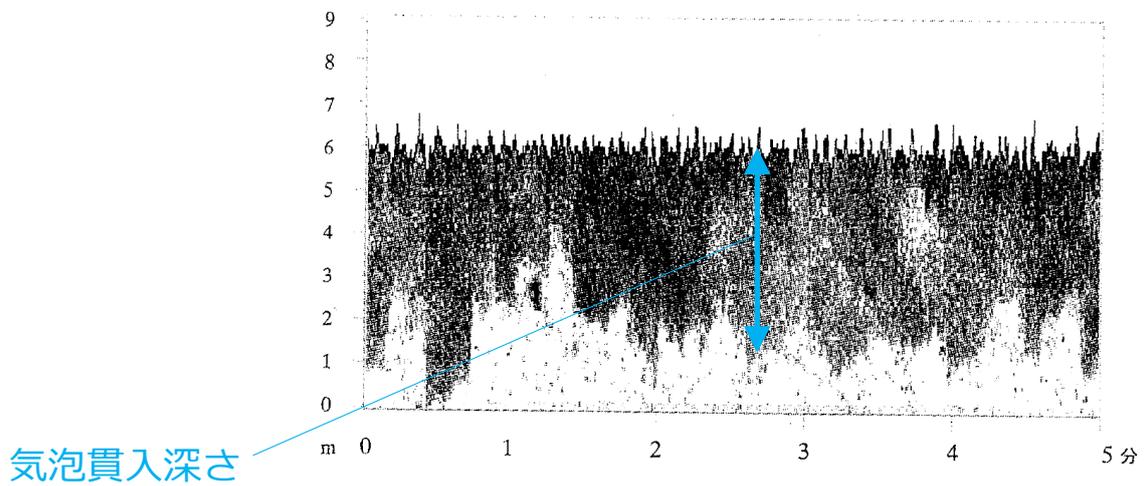


図 44-5 風波砕波による気泡の取り込み状況

出典：吉岡ら（2003）に加筆

これと 3. 5. 節中に示した相関式より、平均気泡貫入深さ W_D と白波砕波エネルギー散逸率 ϵ_t の関係式を以下のように示すことができる。

$$W_D(\text{m}) = 5H_s \times W_C = 5H_s \times 0.00637\epsilon_t^{1.72}$$

4. 高精度漁海況予測

波浪推算結果による白波砕波エネルギー散逸率をもとに、上式を利用して、平均気泡貫入深さの空間分布を解析した結果を図 44-6 に示す。

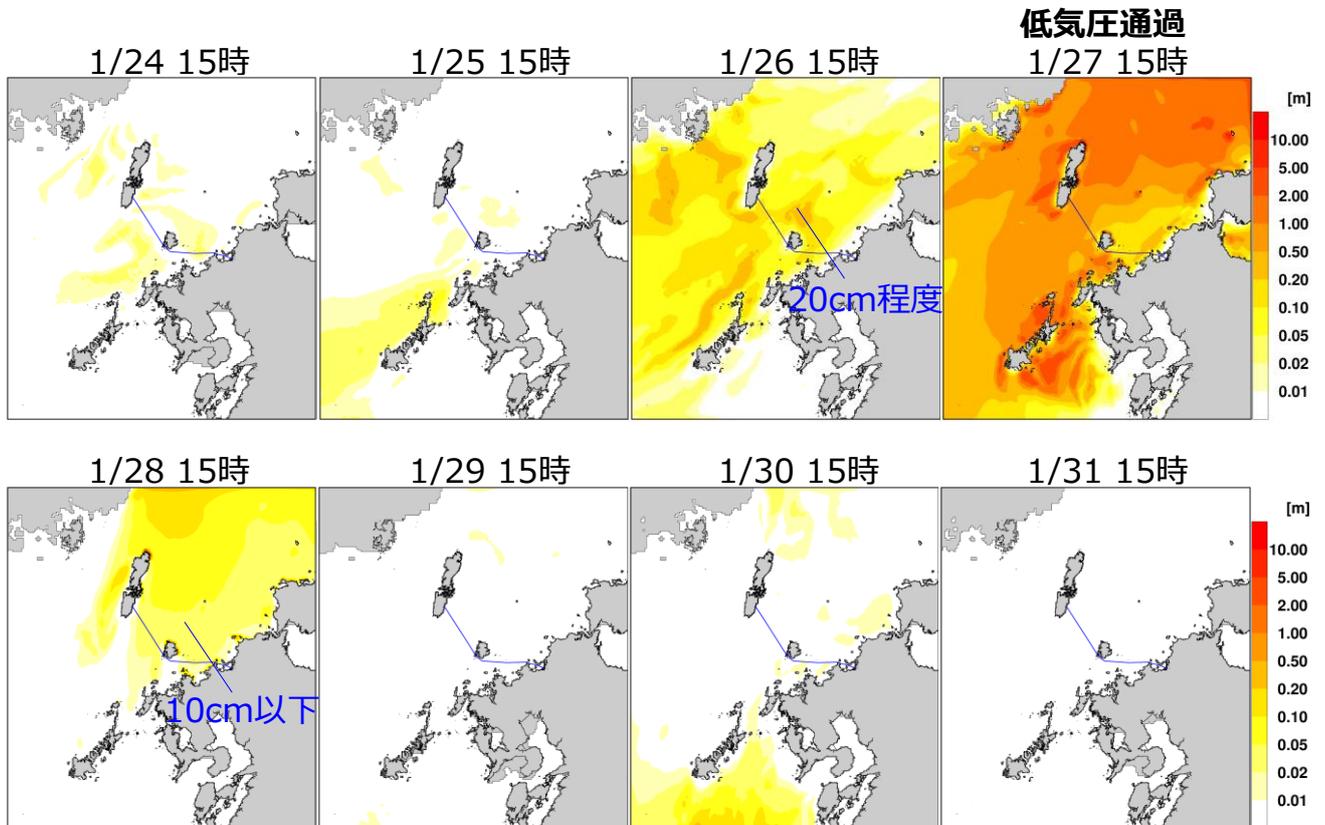


図 44-6 海面画像解析期間の平均気泡貫入深さの空間分布

4. 4. 3. 5. 白波被覆率などの経時変化

海面画像解析期間の白波被覆率などの経時変化の一例を図 44-7 に示す。

波高のピークは 2020 年 1 月 27 日 18 時頃に発生しているが、白波被覆率のピークは風速のピークに概ね対応して 1 月 27 日 6 時頃に発生している。また、波の発達期の 1 月 26 日 18 時頃は、波高は未だ低い、風が強く、白波被覆率が大きい。一方、波の減衰期の 1 月 28 日 18 時頃は、波高は依然として高いが、風は収まりつつあり、白波被覆率は小さい。

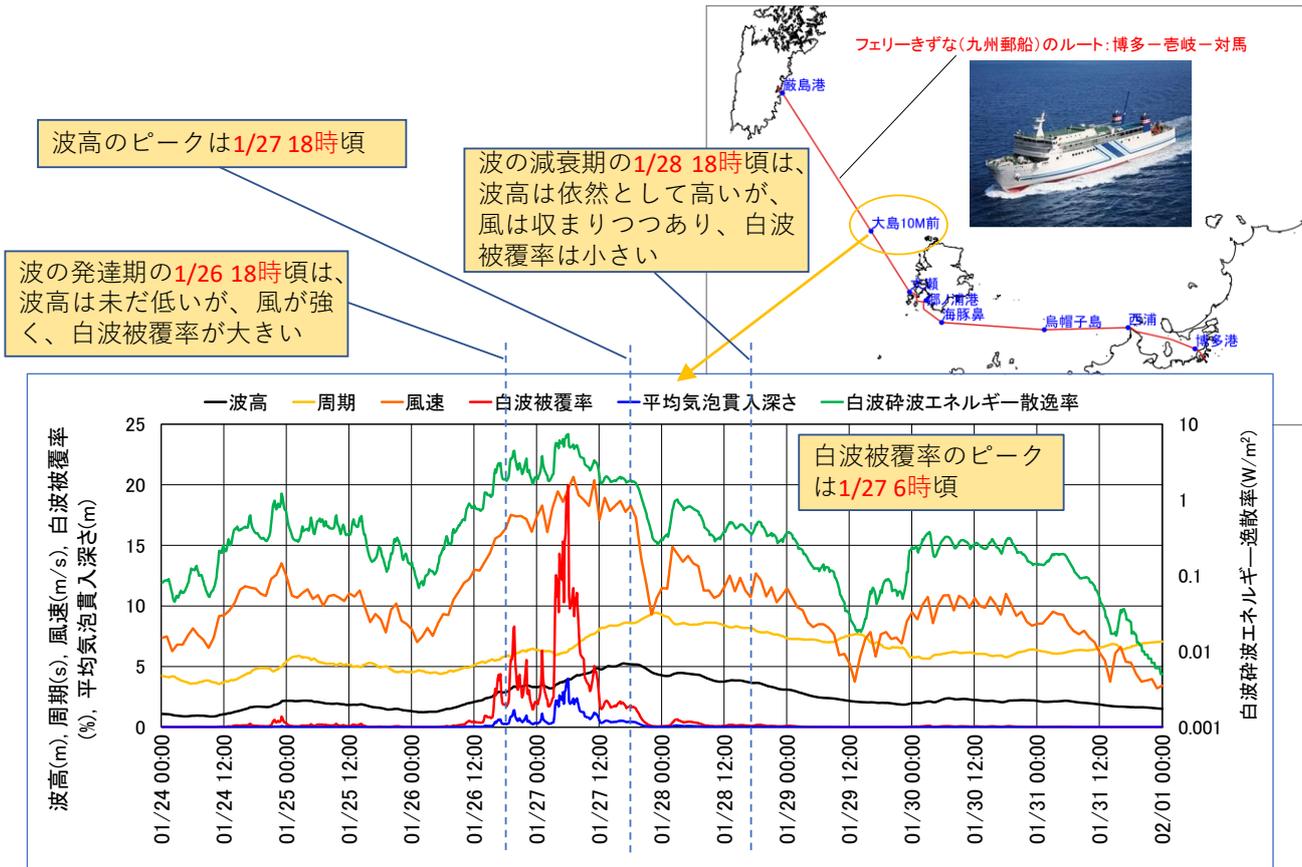


図 44-7 海面画像解析期間の白波被覆率などの経時変化の一例

4. 4. 4. アプリへの波浪情報の追加方法の検討

4. 4. 4. 1. 前提条件

- 海面画像そのものをアプリに追加することは、当面考えていない。
- 海面画像情報の波浪モデルへの取り込み方法は、前述のとおり。
- アプリへの追加方法を検討する対象は、波浪モデルによる数値シミュレーション結果のみ。
 - ・波高、波向、風速^{※1}、白波被覆率^{※2}など
 - ※1 波浪モデルのインプットでありアウトプットではないが、漁業活動の安全性に関する情報として重要
 - ※2 海面画像情報によりオフラインでキャリブレーションしたアウトプット

4. 4. 4. 2. 予報範囲

波浪推算は、遠方からのうねり成分も精度よく計算するために、図 44-8 に示すように、日本海・東シナ海を概ね包括する範囲、加えて太平洋側まで広く計算範囲を設定している。このうち、予報範囲は、玄界灘周辺のみとする。