

## アンサンブル気象予測を用いた波浪の予測精度向上

### 背景

波浪予測は港湾工事の施工管理や燃料船の運航・荷役管理にとって重要である。波浪予測では、一つの大気場を初期値とする決定論的な気象予測をまず行い、その予測結果の中の海上風を入力データとして波浪の予測を行っている。一方、最近の気象予測の分野では、大気の初期値を全球にわたって正確に知ることは不可能なこと、および大気の初期値に含まれるわずかな誤差が気象の予測精度の低下をもたらすことなどから、大気のカオス的な性質を勘案したアンサンブル気象予測と呼ばれる新しい予測法が注目されている。アンサンブル気象予測では、観測誤差程度の不確実性（初期誤差）を考慮した大気の初期値を多数用意し（互いに異なる各々の初期値はメンバーと呼ばれる）、各メンバーに対する気象予測結果を確率的に評価する。従って、各メンバーの気象予測結果（海上風）を基に波浪予測を行うと、メンバーの数だけ波浪予測結果が得られ、波浪の確率的予測が可能となる。気象庁では、2001年から週間アンサンブル気象予測を開始しているが、この予測結果を波浪の確率的予測に適用した例は無い。

### 目的

週間アンサンブル気象予測結果を基に波浪予測を実施し、その誤差特性や予測精度の検討から波浪の確率的予測法の有効性を明らかにすると共に、波浪の予測確率分布の近似式を示す。

### 主な成果

気象庁の週間アンサンブル予報資料の海上風データ（メンバー数25）を基に、波浪の予測を実施した。計算領域は北太平洋西部（東経115～165度、北緯10～60度）、波浪予測の検討期間は2001年3月～6月の4ヶ月間とし、日本時間21時を初期時刻とする4日予測を全25メンバーについて毎日行った。得られた成果は以下のようなものである。

#### 1. 波浪場の再現計算

波浪予測結果の比較対象（実際に生じた波浪場の再現結果で、以下、参照計算と呼ぶ）を得るために、気象の客観解析値を用いた波浪推算を別途実施した（図-1 (a)）。参照計算値の波高と波高計による現地観測値はよく一致したことから、波浪モデルの妥当性を確認すると共に、この参照計算結果を予測結果の比較対象とした。

#### 2. 予測の誤差と精度

全25メンバーの波高予測結果のばらつき（図-1 (b) の青い点線を参照）の大きさは、波高の予測誤差と高い相関を持ち、予測誤差の大きさを予測結果のばらつき（標準偏差）によりあらかじめ推定できることを明らかにした。また、波高の予測精度を、予測確率の自乗平均誤差などいくつかの指標を用いて総合的に評価した結果、従来の決定論的な予測と比較して、本手法は波高の予測精度を25～35%改善することを明らかにした（図-2）。

#### 3. 波高の予測確率分布式の提案

波高の予測確率はWeibull分布でよく近似できる事を示した（図-3）。これにより、波高の予測確率分布は波高の平均値と分散のみで解析的に表現でき、任意の波高の超過確率や最頻値なども簡単に求めることができる。

### 今後の展開

港湾工事の施工管理をケーススタディーとして、アンサンブル気象・波浪予測の活用法を検討する。

主担当者 地球工学研究所 流体科学領域 上席研究員 平口 博丸

関連報告書 「アンサンブル気象予測を用いたアンサンブル波浪予測の精度について」 電力中央研究所報告：U03017（2003年11月）

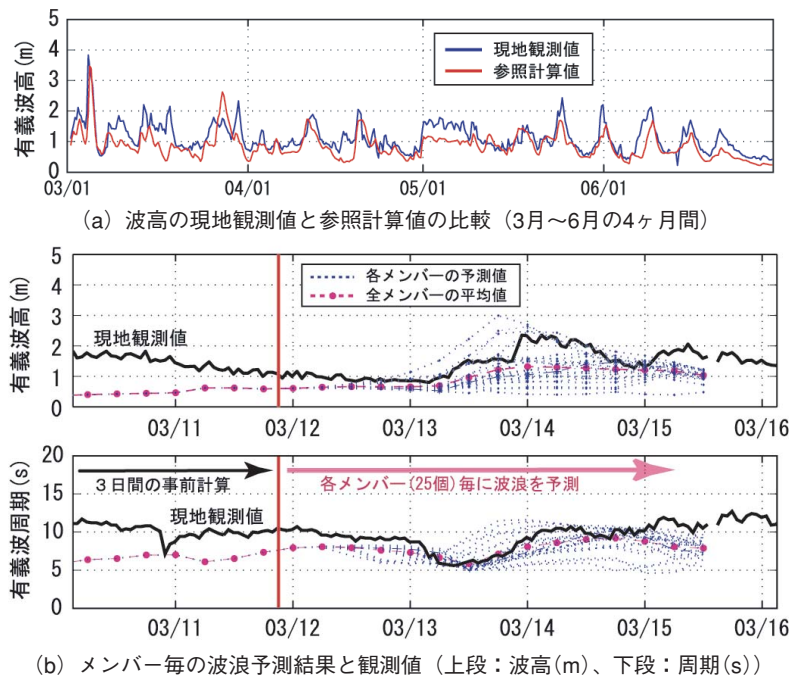


図-1 波浪の計算領域と観測値や予測結果の一例

波浪の計算は東経115～165度、北緯10～60度の範囲を、0.5度（約55km）の水平解像度で行った。

- (a) 日本付近で実際に観測された3時間毎の波高（青の実線）と、観測された海上風（客観解析データ）を基に波浪推算された波高（参照計算；赤の実線）を比較したものであり、両者の相関は約0.85である。
- (b) 波高・周期の現地観測値と波浪予測結果の一例であり、現地観測値（黒の太線）、各メンバー毎（25個）の波浪予測値（青の点線）、全25メンバーの波浪予測平均値（●付き破線）を示した。波浪の予測は3月11日21時を予測開始時刻とするが、波浪の初期場を作成するために、予測開始の3日前から観測された海上風を用いた波浪の事前計算を行っている。これにより、予測開始時刻の波高・周期の値は観測値にほぼ一致する。

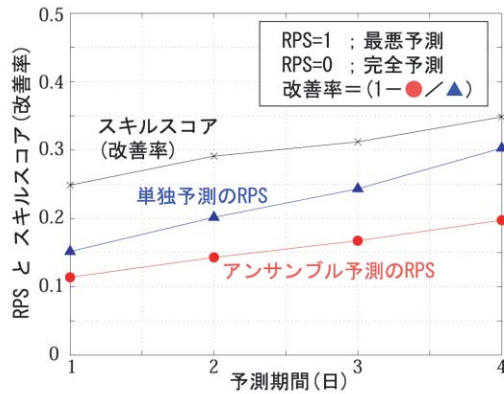


図-2 Ranked Probability Score (RPS) とその改善率 (Skill Score, SS)

予測結果を波高1m以下、1～2m、…、4～5m、5m以上の6つのランクに分け、各ランクの予測確率の自乗平均誤差を平均しRPSを求めた。図中の●印（アンサンブル予測）は▲印（従来の単独予測）に比べて常にRPS値が小さく（完全予測に近く）、予測精度が高いことを示している。予測の改善率（図の×印）は予測期間が長くなるほど大きく、数日先の波浪予測にアンサンブル法が有効であることが分かる。

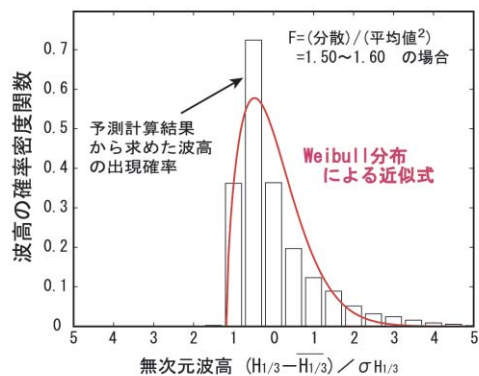


図-3 アンサンブル予測結果の確率表現

アンサンブル予測ではメンバー数分（本研究では25個）の予測結果が得られるため、それらの特性を簡単に把握することが重要である。図中のヒストグラムは、アンサンブル予測結果の中からF=1.5～1.6（分散と自乗平均値の比）となる予測をサンプリングして得られた波高分布、赤線は本研究で提案した手法により得られるWeibull分布であり、両者はよく一致している。