

海洋工事のための海象予測システム

関本恒浩・森屋陽一・琴浦毅

1. はじめに

海上・潜水作業を伴う海洋工事では、波浪条件が作業の安全性や可否判断に大きく影響するため、これまでにも波浪観測結果や波浪予報の入手に努めるとともに、波浪予測を試みてきた。波浪予測は、直接作業時刻の海象条件が把握できるため、精度がよければ作業可否判断に非常に有用である。最近では、波浪推算モデルの高度化が進んでおり、波浪推算モデルによる予測結果をリアルタイムに配信するシステムも構築され、作業可否判断に利用され始めている。

本稿では、弊社で構築した気海象予測システムの構成およびWebを利用した運用システムの概要を紹介するとともに、本システムの予測精度の検証例を紹介する。

2. 気海象予測システムの構成

図-1に気海象予測システムの構成を示す。五洋建設気海象予測システムは、気象庁が予測計算を実施した約20km格子の海上風データを入力として、波浪推算モデルを用いて約10km格子で波浪推算を行い、3日先まで1時間間隔、7日先まで6時間間隔の海象予測結果を全国の現場へ提供するものである。また、瀬戸内海のように多くの島が存在する複雑な地形域では、より正確な風データが必要になるため、気象庁が予測計算を実施した鉛直方向16層の約20km格子の気圧面高度、気温、風データなどを入力データとして気象モデルを用いて約5km格子で気象予測計算を実施し、その計算結果の海上風データを用いて3日先まで1時間間隔の波浪推算を行うことで、複雑な地形域での波浪予測精度を確保している。

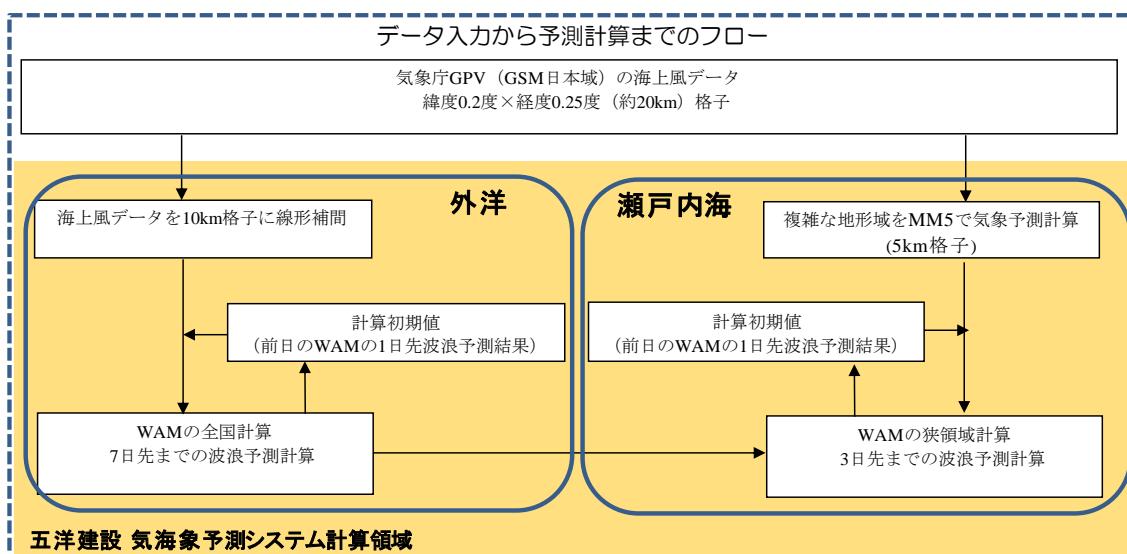


図-1 五洋建設気海象予測システムの構成

なお、本システムの入力データとしている気象庁の予測計算データ（気象庁 GPV：Grid Point Value）は、全球を格子点に区切り、気象衛星、地上および高層での観測結果などを考慮して、気象諸元（気温、気圧面高度、風、など）の時間変化を予測計算した結果の各格子点データである。本システムで用いている波浪推算モデルは、ヨーロッパで開発された波エネルギーの発達・伝播を精度よく計算することができる第三世代波浪推算モデル（WAM）であり、現在、世界各国で使用されているモデルである。また、本システムで用いている気象モデルは、アメリカ国立大気研究センターPSU/NCARで開発された非静力学、複雑地形に対応した σ 座標系のメソスケール大気シミュレーション予測モデル（MM5）であり、世界中の大学および研究機関によって改良が加えられているモデルである。

3. Web を利用した運用システムの概要

Web を利用した運用システムの概要について紹介する。データの流れを図－2 に示す。気象庁 GPV を気象コンサルタント会社で受信し、気象コンサルタント会社が五洋建設で構築した気海象予測システムを用いて予測計算を実施する。次いで、予測計算結果を気象予報士が精査したのち五洋建設へ配信することで、全国の現場で Web を通じて予測結果が確認できる。

配信している Web の画面の例として、図－3 に波高・波向分布、周期・波向分布、風速・風向分布、降水量分布が動画で時間変化を確認できるメイン画面を示す。また、現場での週間工程の打ち合わせや現場独自の施工管理に利用できるように、週間予測の一括表示を行う機能や時系列データのダウンロード機能も有している。図－4 に指定領域の天気図・波高分布、風速分布、降水量分布の週間予測一括表示画面およびに指定地点の波高、周期、波向、天文潮位、風向、風速の各 1 週間の経時変化と週間天気の一括表示画面を示す。

Web を利用することで、登録された利用者が ID とパスワードを入力すれば、必要とするときに、海洋工事における作業可否判断のみならず、安全管理、品質管理、工程管理に資する情報を入手することが可能である。また、利用者が設定した市町村の注意報・警報を確認することも可能である。さらに、同様の情報は利用者の携帯電話にも配信されており、海洋工事の現場での利便性にも配慮した運用システムとなっている。



図－2 システムのデータの流れ

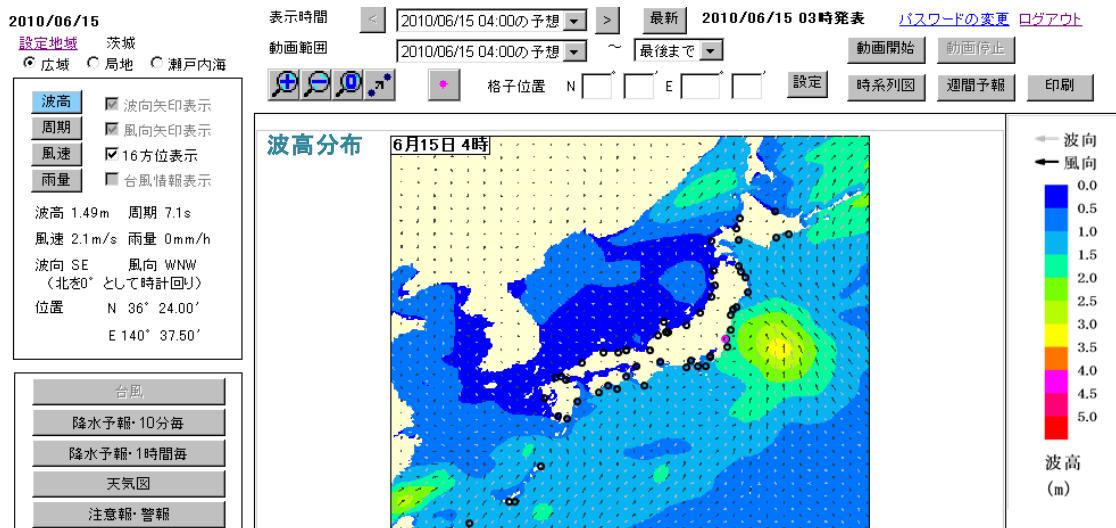


図-3 五洋建設気海象予測システムのメイン画面の例

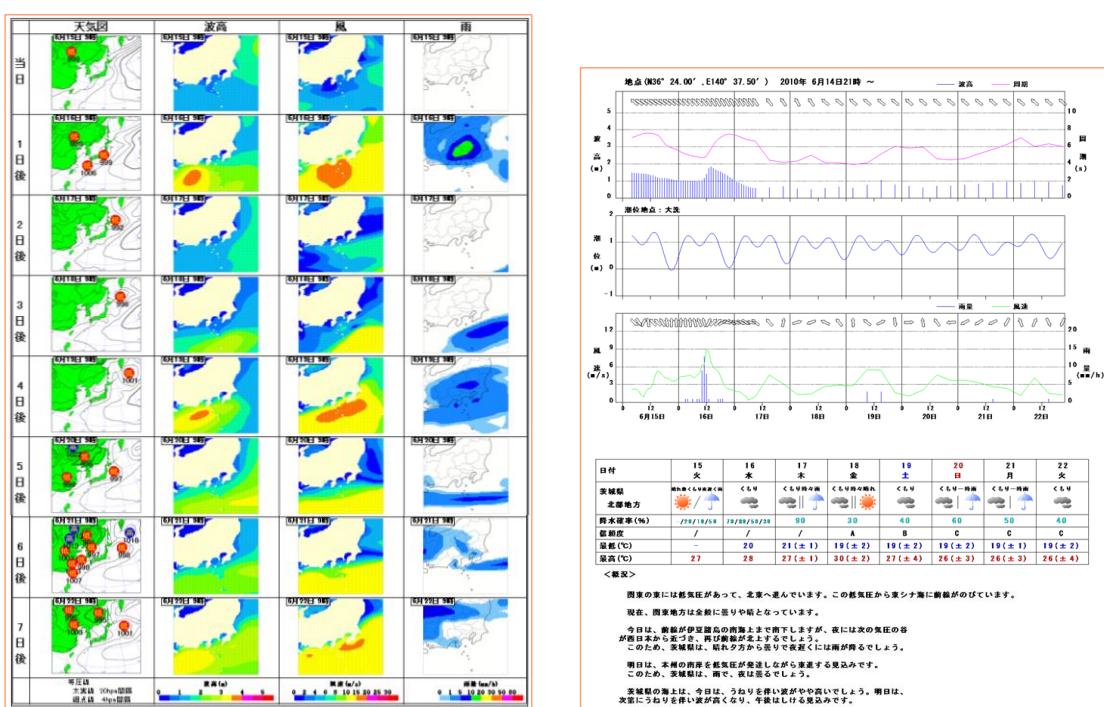


図-4 指定領域および指定地点の週間予測の一括表示画面の例

4. 予測精度検証

本システムの精度検証の例として、日本海側における予測精度の検証結果を紹介する。なお、検証に利用した観測結果は NOWPHAS（全国港湾海洋波浪情報網）の速報値である。

日本海側の代表的な地点として、2009年11月10日～2010年1月10日の金沢港の有義波高の観測結果と1日先の予測結果の時系列を比較したものを図-5に示す。有義波高3m以上の高波浪時については、予測波高と観測波高にややずれが見られるものの、時化の立ち上がりの状況も含めて、予測波高と観測波高はよく対応していることがわかる。また、金沢港の有義波高の観測結果と1日先の予測結果の相関図を図-6に示す。プロットしたデータは2008年7月1日～2009年6月30日の1年分である。平均値のズレはなく（バイアスはほぼ1.0），相関係数は0.78であり、相関は比較的高いと言える。

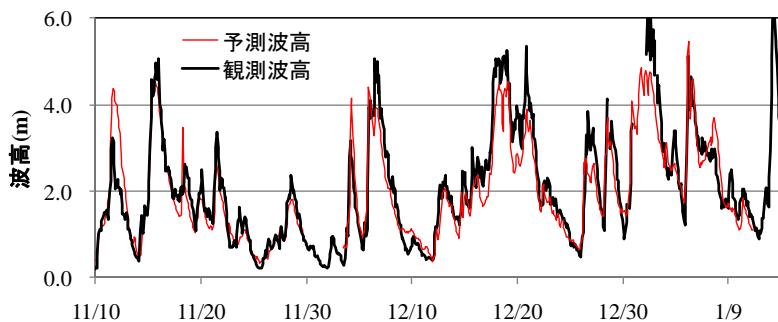


図-5 金沢港の有義波高の比較結果（1日先予測）

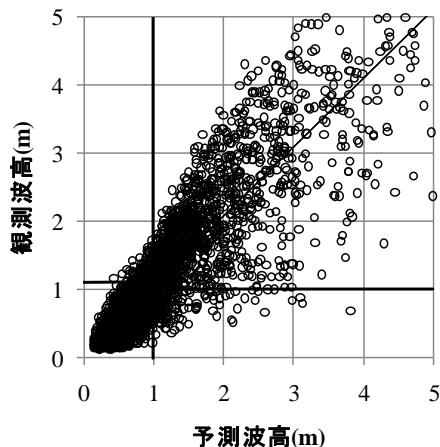


図-6 金沢港の有義波高の的中率（1日先予測）

ここで、波浪推算モデルの予測精度に関しては、高波浪に着目して検討されたものが多く、海上・潜水作業可否に着目した波高1m程度以下の波浪の予測精度に関しては、明確になっているとは言えない。そこで、基準波高を1mとした場合の日本海側における1日先、3日先、7日先予測の的中率について、2008年7月1日～2009年6月30日の1年分のデータを用いて検証した。図-7は計算領域図、表-1は検討対象地点と整理番号、図-8は的中率の定義である。基準波高を1mとした場合の的中率は、予測波高1.0m以下かつ観測波

高 1.1m 以下であれば稼働的中, 予測波高が 1.0m より大きくかつ観測波高が 1.0m より大きい場合は不稼働的中となる.

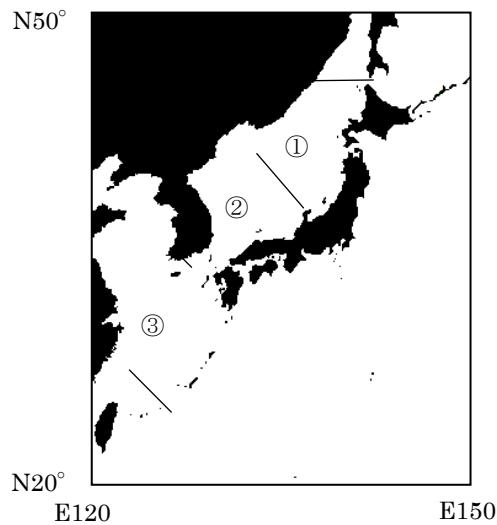


図-7 計算領域図（日本海側の精度検証）

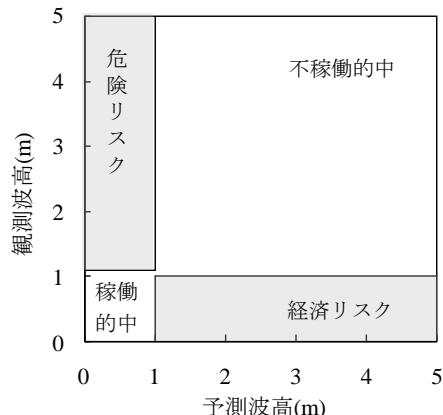


図-8 的中率の定義（基準波高 1.0m, 許容誤差+10cm）

図-6 の相関図に示したデータより, 金沢港における有義波高の基準波高 1m に対する的中率は 91.6%, 経済リスクと危険リスクはともに 4.2% となっており, 的中率は非常に高いと言える. また, 日本海側各地点の 1 日先, 3 日先, 7 日先予測の有義波高の基準波高 1m に対する的中率を図-9 に示す. 横軸は表-1 に示した観測点の整理番号である. 全地点で 1 日先および 3 日先予測は 80% 以上, 7 日先予測でも 70% 以上であり, 地点によっては 95% を超えているものもあり, 日本海側各地点ともに有義波高の的中率は非常に高いことが分かる.

表-1 検討対象地点とその整理番号

| | | | | | |
|---|----|------|---|----|-----|
| ① | 1 | 留萌 | ② | 11 | 輪島 |
| | 2 | 石狩新港 | | 12 | 金沢 |
| | 3 | 瀬棚 | | 13 | 柴山 |
| | 4 | 深浦 | | 14 | 鳥取 |
| | 5 | 秋田 | | 15 | 浜田 |
| | 6 | 酒田 | | 16 | 藍島 |
| | 7 | 新潟沖 | | 17 | 玄界灘 |
| | 8 | 直江津 | | 18 | 伊王島 |
| ② | 9 | 富山 | ③ | 19 | 名瀬 |
| | 10 | 伏木富山 | | 20 | 那覇 |

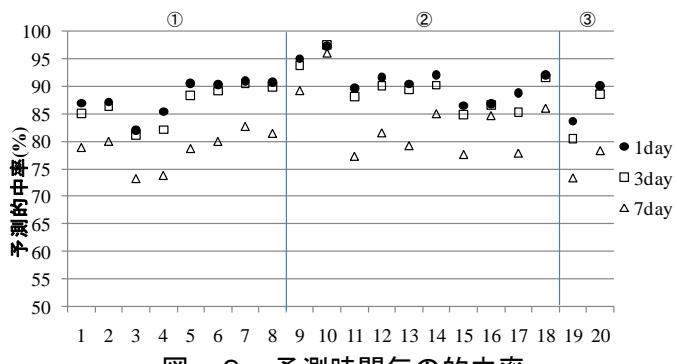


図-9 予測時間毎の的中率

5. おわりに

今後は、実際の海洋工事の作業可否状況と予測結果の比較検証データを蓄積し、予測精度をさらに向上させていくとともに、現場におけるニーズに合わせて、気海象予測システムに改良を加えていく予定である。海洋工事における安全管理、品質管理、工程管理のために、さらに信頼性が高く使いやすい気海象予測情報を提供していきたいと考えている。

なお、波浪予測結果の検証に利用した NOWPHAS（全国港湾海洋波浪情報網）のデータは（財）沿岸技術研究センターのカムインズより入手させていただいた。ここに記して謝意を表す。

（五洋建設株式会社 技術研究所）