
港湾工事の働き方改革に貢献する 気象海象情報の現状と課題

(一般財団法人 沿岸技術研究センター)

波浪情報部 鈴木善光

調査部 佐藤昌宏

(TERU コンサルタント)

松藤絵理子



1. はじめに ～研究の目的～

【海上工事を安全・効率的に進めるためのポイント】

- ① 作業可否の事前予測
→事前に正確な波浪、風、降雨、潮位等の予測情報の確保が重要
- ② 自然への対応力
→より高い波浪になっても安全に作業できる台船、機器、工法の導入や開発が必要
- ③ 技術者の心技体と「働き方」
→作業員(技術者)が、心技体と「働き方」改革に関する意識を高めることが重要

【本研究の目的】

- ・「働き方改革」に貢献する「作業可否の事前予測」や「自然への対応力」強化に係る気象海象予測の貢献の方法や可能性について分析する

2. (1) 港湾工事における気象海象予測情報の利活用の現状

【港湾工事の特徴と稼働率】

港湾工事は、主に海上工事となるため、気象条件と海象条件が稼働率に大きく影響する

【作業中止基準(例)】

- ① 強風 10 m/s以上
- ② 大雨 50 mm 以上 (1回の降雨量)
- ③ 地震 震度4以上
- ④ 波高 有義波高1m 以上
- ⑤ 視程 1000 m 以下

→海上工事の稼働率は陸上に比較すると低い

2.(2) COMEINSの概要(1)

COMEINS : 沿岸気象海象情報配信システム

【内容】 港湾工事等の関係者向けに、海上風，波浪，潮位の実況や予測情報，気象庁が発表する警報，注意報等の情報を提供

【働き方改革に貢献する情報】

- ① 港湾工事実施海域の風・波浪予測情報（風向・風速，波高，周期，波向）
- ② 同海域の潮位予測情報（潮位，潮位偏差）
- ③ 同海域の気象予測情報（降雨，降雪，雷等）

これらの情報の中で最も重要なものは、波浪予測情報であり，その中でも波高の予測値が工事可否を左右する最も重要な要素である



図-1 COMEINSのトップ画面の例

2.(2) COMEINSの概要(2)

COMEINSで用いる波浪推算モデル : WAVEWATCHIII (WW3)

【海上風予測】 気象庁GPVを基に予測
《使用するGPV》 GSM (全球域), GSM (日本域)
及びMSMの3種類
全球域から日本沿岸域まで、これらのGPVの
特性を考慮して、最適な組み合わせによって
海上風を入力する

【計算領域】 ネスティングによって効率よく計算

- 領域 1 ; 全球域, 格子間隔30' (約50km)
- 領域 2 ; 日本近海, 格子間隔12' (約20km)
- 領域 3 ; 日本近海, 格子間隔6' (約10km)
- 領域 4 ; 日本沿岸, 格子間隔2' (約3.7km)
- 領域 5 ; 内湾域, 格子間隔1' (約1.8km)

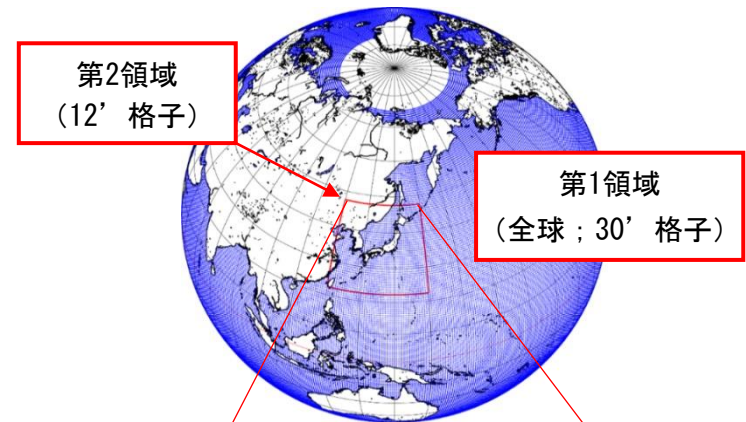


図-2 波浪推算計算領域(領域1~2)

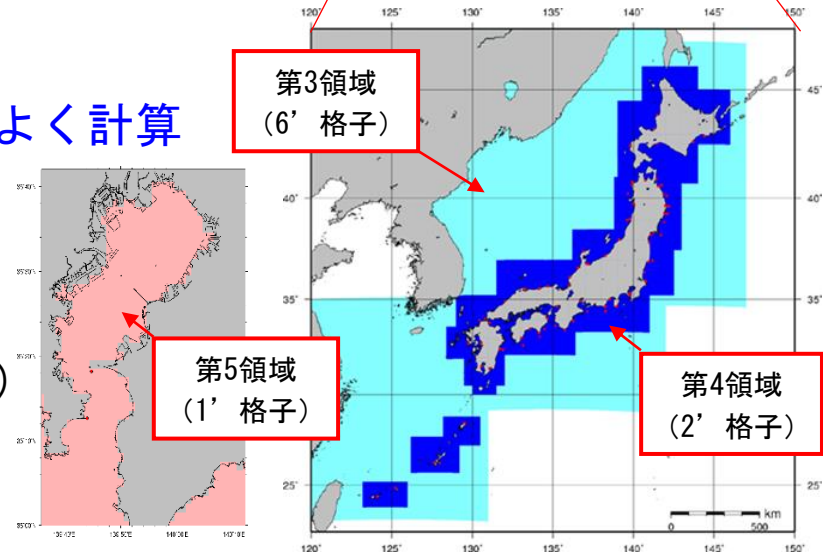


図-4 波浪推算計算領域(領域5) 図-3 波浪推算計算領域(領域3~4)

2.(3) 波浪推算条件と波浪予測精度

【検討地点】

A港;九州地方太平洋沿岸

B港;関東地方太平洋沿岸

A港, B港ともに, 他の主要港湾と比較して, 年間の荒天日数が多く, 港湾土木請負工事基準で定める(供用)係数ランクが高くなっている。

【COMEINS波浪予測値の精度】

波高の予測値と実測値の相関図では, 相関係数が共に0.9前後, RMSEも40 cm以内と概ねよい予測精度である。

【波浪出現分布】

A港はB港より低波高の頻度が多く, 全般的にはA港はB港より波浪が穏やかである。このため, 全般に波高が高いB港は作業可能日数がより限定され, 作業可能日を逃さないためには, より高い予測精度が求められる。

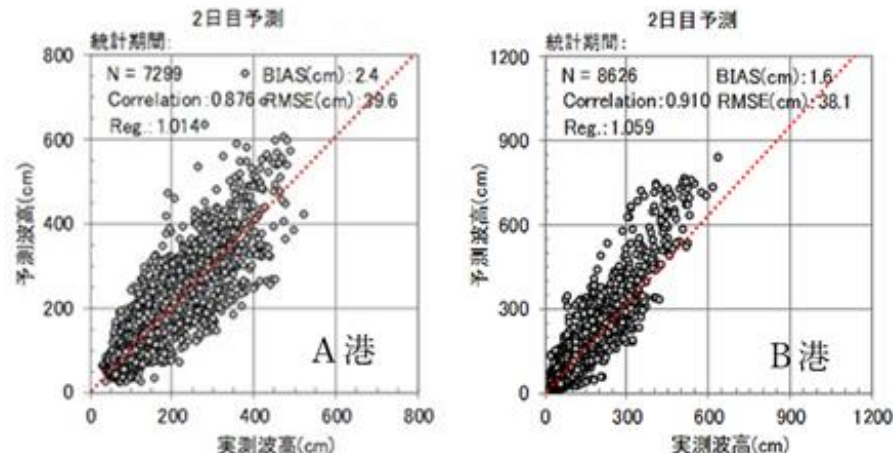


図-5 A港, B港の波高の予測値と実測値の相関

表-1 波高階級別出現頻度表 (年間)

港湾	要素	<40cm	40~60cm	60~80cm	80~100cm	100cm<	計
A港	頻度	217	1586	2085	1304	3434	8626
	割合	2.5%	18.4%	24.2%	15.1%	39.8%	100.0%
B港	頻度	4	313	1398	1731	5269	8715
	割合	0.0%	3.6%	16.0%	19.9%	60.5%	100.0%

2.(4) 作業限界波高

【作業船の作業可能限界条件】

作業船の作業可能限界条件は、昭和60年(1985年)に(社)埋立浚渫協会がとりまとめた「作業船の作業可能限界条件調査」において、現場の使用頻度の高い18船種について、風速、波高、周期、潮流の4要素を対象に、作業船の作業可能限界をマリコン18社にアンケート調査を行ってとりまとめられている。

このうち作業限界波高を船種別に集計した資料から、最多頻度の波高値を抽出すると次の表-2のとおりとなる。この表によれば、作業限界波高は60 cmが最も多く、次いで40 cm, 80 cm, 100 cmの順となっている。この表から、工種にもよるが、作業中止基準は60 cmとなっている例が多い。またその一方で、100 cmを超えない高波高でも作業日としている場合もある。

表-2 アンケートによる作業限界波高の最頻値数

波高	40cm	50cm	60cm	70cm	80cm	90cm	100cm
工種数	8	0	33	1	6	2	4

3. 波浪予測の「働き方改革」への貢献の可能性

3(1) 波浪予測の精度と作業準備の関係

ある港湾である限界波高以下で可能となる海上工事を行う場合、限界波高以下となる日が数日に1日の頻度で現れる場合、**波浪予測が確実に当たれば**その日のみ工事を行うことにより、作業船の稼働日を限定させ、作業員もその日のみ確保すればよく、**待機日**を無くすことができる。

しかし**波浪予測の精度が悪く**、**作業可能と予測された日の波高が高くて作業ができない日があると**、次の作業可能日まで作業が延びることになり、作業船や作業員の待機日が増加し、休日の確保や作業の効率化に悪影響を与えることになる。

従って**港湾工事における働き方改革に対しては**、**波高の予測精度(「適中率」)の向上が重要である**ことがわかる。

3.(2)適中率, スキルスコアに関する解析①

A港及びB港の沖合にある波高計地点について, 1日先から10日先まで, 波高予測値を1日毎に区切り, 同時刻の実測波高と対応させ, 表-3に示すカテゴリ分類表を作成し、式(1)、(2)により「適中率」及び「スキルスコア」を算出した。

表-3 カテゴリ分類表

		実況		計
		あり	なし	
予報	あり	FO	FX	FO+FX
	なし	XO	XX	XO+XX
計		M	X	N

適中率: 表-3中のFOとXXの合計の全体における割合であり、100%に近いほど予測の精度が高いことを示す。

$$\text{適中率} \equiv \frac{FO + XX}{N} \quad (1)$$

スキルスコア: 適中事例から気候学的な確率で「現象あり」および「現象なし」が適中した頻度(ランダム予測による適中頻度)を除いて求める適中率であり、確率が高いほど、より高い技術によって適中させていることになる。

$$\text{スキルスコア} \equiv \frac{FO + XX - S}{N - S} \quad (-1 \leq Skill \leq 1) \quad (2)$$

ただし、

$$S = Pm_c(FO + FX) + Px_c(XO + XX),$$

$$Pm_c = \frac{M}{N}, \quad Px_c = \frac{X}{N}$$

3.(2) 適中率、スキルスコアに関する解析②

【基準波高60cm】

全般に波高が低いA港については、適中率はやや低いが、スキルスコアは高く、予測の外れは全般に少ないことを示している。

一方波高が全般に高いB港では、適中率が高いがスキルスコアが低くなっている。これはB港の高い適中率は、基準波高を超過するケースが多くを占めており、波高が60cmを下回って作業可能となることを適中させることはやや難しいことを示している。

このように基準波高が60 cmの場合には、全般に波高が高いB港では予測の外れが想定され、A港よりも工事の待機日が増加すると考えられる。これらの待機日の縮小を図るためには、予測精度の向上が必要である。

表-4 予測波高の適中率（基準波高：60cm）

A港						
予測日	2日先		4日先		8日先	
予測値	基準値以下	基準値より大きい	基準値以下	基準値より大きい	基準値以下	基準値より大きい
実測値	(作業可)	(作業不可)	(作業可)	(作業不可)	(作業可)	(作業不可)
基準値以下(作業可)	1394	409	1607	198	1431	316
基準値より大きい(作業不可)	961	5862	1861	4951	2519	4323
適中率	84.1%		76.1%		67.0%	
スキルスコア	56.8%		46.1%		30.7%	

B港						
予測日	2日先		4日先		8日先	
予測値	基準値以下	基準値より大きい	基準値以下	基準値より大きい	基準値以下	基準値より大きい
実測値	(作業可)	(作業不可)	(作業可)	(作業不可)	(作業可)	(作業不可)
基準値以下(作業可)	132	185	185	132	142	160
基準値より大きい(作業不可)	435	7963	776	7615	1062	7326
適中率	92.9%		89.6%		85.9%	
スキルスコア	26.4%		24.8%		14.1%	

◆ A港(適中率) ■ A港(スキルスコア) ▲ B港(適中率) ✕ B港(スキルスコア)

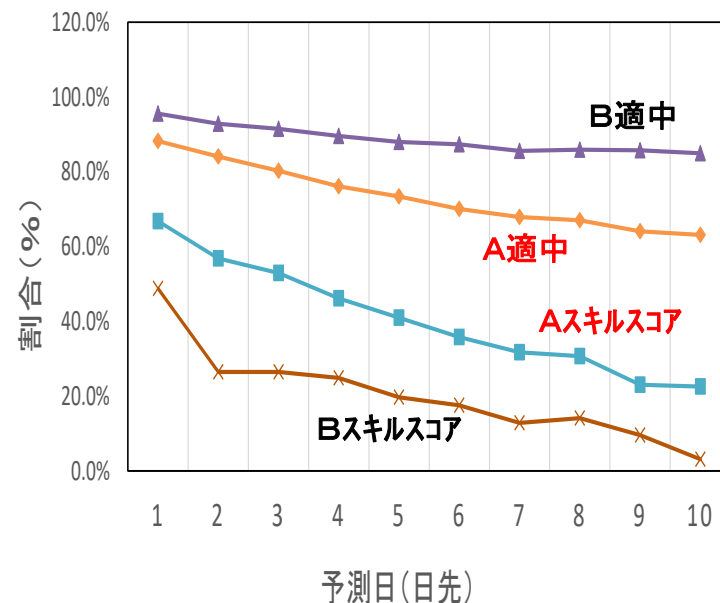


図-6 予測波高値の適中率・スキルスコア（基準波高60cm）

3.(2) 適中率、スキルスコアに関する解析③

【基準波高100cm】

適中率は、A港もB港も全般的には高いスコアを示している。

またスキルスコアも、A港及びB港とも、60 cmの場合よりもかなり高いスコアを示している。これは100 cm前後の高波高の予測精度は60 cm前後の低波高の予測精度よりも高く、予測が外れる可能性が少ないことを示している。

このように基準波高が100 cmの場合には2日先予測も4日先予測も80 %前後の適中率が確保されており、工事の待機日は60 cmの場合よりも少なく済むと考えられる。

表-5 予測波高の適中率（基準波高：100cm）

A 港		2日先		4日先		8日先	
予測値	基準値以下 (作業可)	基準値より 大きい (作業不可)	基準値以下 (作業可)	基準値より 大きい (作業不可)	基準値以下 (作業可)	基準値より 大きい (作業不可)	
実測値							
基準値以下 (作業可)	4620	572	4917	267	4619	517	
基準値より大きい (作業不可)	610	2824	1285	2148	1759	1694	
適中率	86.3%		82.0%		73.5%		
スキルスコア	71.4%		60.4%		41.4%		

B 港		2日先		4日先		8日先	
予測値	基準値以下 (作業可)	基準値より 大きい (作業不可)	基準値以下 (作業可)	基準値より 大きい (作業不可)	基準値以下 (作業可)	基準値より 大きい (作業不可)	
実測値							
基準値以下 (作業可)	2754	692	3056	393	2630	742	
基準値より大きい (作業不可)	751	4518	1463	3796	2078	3240	
適中率	83.4%		78.7%		67.5%		
スキルスコア	65.5%		57.7%		36.3%		

○A港(適中率) ■A港(スキルスコア) ▲B港(適中率) ×B港(スキルスコア)

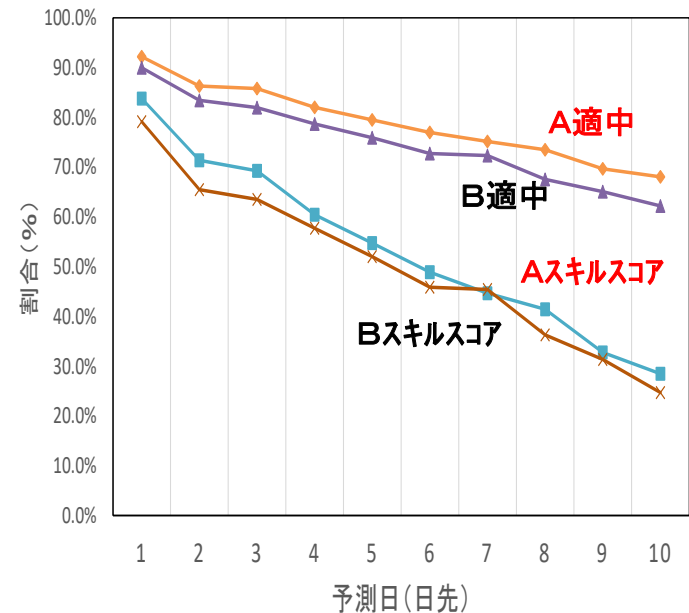


図-7 予測波高値の適中率・スキルスコア
(基準波高100cm)

4. 課題

これまでに示されたように、海上工事を計画通り実施するためには、現状の波浪予測精度は概ね若干の待機日を見込むことでほぼ十分な精度を確保していると考えられる。しかし、海上工事の実施現場では、以下に示すような事例が未だあり、働き方改革のためには、さらに予測精度の向上が求められる場合がある。

- 各工事現場においては、翌日の作業内容について、波浪予測を参考に計画されている。予測が外れ荒天となった場合には、当日の朝礼時に中止判断をせざるを得ない場合がある。その際は、早朝より集合していても、作業員は帰宅となる。
- 高波高の頻度が高い海上工事現場では、作業可能な1日の予測を逃すことで、長期間に渡り作業ができないという事例もある。工事の完成日が遅れることにより、勤務日数が増えて、休暇を取得することが困難となる。

5. おわりに

- ・沿岸気象海象情報配信システムによる波浪予測情報を用いて、「働き方改革」への貢献の状況を検討した。
- ・その結果、昨今の波浪予測モデルや風場予測技術の向上により、波浪予測精度が向上しているが、作業限界波高や海域によっては、さらに予測精度の向上が求められる場合があることがわかった。
- ・ケーソン据付工事等、数日にわたり連続静穏日が必要な工種や、稼働率が低い港での作業は、土曜日、日曜日の作業が避けられないのが現状であるが、**2日先や4日先及び8日先までの気象海象予測情報のさらなる精度向上とその利活用によって**、海上工事の工程通りの実施や、土日の確実な閉所、職員の休日の振り替えの実施について改善が行われ、**働き方改革へ大いに貢献することを期待する。**

A large, powerful ocean wave is shown in the process of crashing. The wave's face is a deep, vibrant blue-green color, and it is curling over. To the right of the main wave, a massive, billowing plume of white foam is being thrown into the air, creating a dramatic and energetic scene. The background is a vast expanse of deep blue ocean under a clear sky.

ご静聴ありがとうございました