

台風アンサンブルのクラスタリングによる 海上施工可否判断への基礎的検討

西 広人¹・板垣 侑理恵¹・吉野 純²・琴浦 毅¹

¹正会員 五洋建設（株）技術研究所 土木技術開発部
（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 ）

E-mail: hirohito.nishi@mail.penta-ocean.co.jp (Corresponding Author)

²正会員 岐阜大学工学部社会基盤工学科（〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1）
E-mail: yoshino.jun.d2@f.gihu-u.ac.jp

台風の襲来は海上施工の可否判断に大きな影響を与えるが、台風の持つカオス性から決定論的な予測は困難であるため、初期値に複数摂動メンバーを加えるアンサンブル予測による確率論的な予測が行われている。アンサンブル予測については、メンバーをクラスタリングすることで時間経過による中率の上昇を目的とした検討が降水強度や高潮の予測ではされているものの、とりわけ施工可否判断を目的とした波浪予測に適用した事例は少ない。よって筆者らは、複数の台風を対象として経路のクラスタリングを行い、クラスター毎に波浪推算の結果を分類して平均することで、進路別の波浪の傾向の把握とシナリオ別の確率予測によって施工可否判断や退避判断に活用するための基礎的検討を行った。その結果、アンサンブル内に内包された進路別のシナリオが判別でき、それに伴い計算される波高も異なることが明らかになった。直近のアンサンブル予測から台風経路をクラスタリングして台風情報と照らし合わせることで、意思決定に資する判断材料としての活用が期待される。

Key Words : Typhoon, ensemble, clustering, offshore-construction, construction-decisions

1. はじめに

近代の工業化に伴い世界の平均気温は約1.1℃上昇しており、地球温暖化の進行が深刻化している。気候変動に起因する気象災害の発生も懸念されており、私たちの生命・生活を脅かす「気候危機」であると言われている。そこで我が国は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言し、様々な施策を推進している。温室効果ガス排出量の8割を占めるエネルギー分野での取り組みが重要だと考えられ、四方を海に囲まれた我が国では、洋上風力発電が再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札と位置付け、法整備や事業区域の選定が行われている¹⁾。

洋上風力発電建設を含む海上工事は、作業の大部分を船舶で行うため、海象条件が施工の支配的な要因である。したがって、現況を把握するための波浪観測に加え、波浪推算を用いて数日先の波浪条件を予測し、予測結果を基に海上作業の可否判断を行うことで、安全性や経済性の観点から施工を最適化する取り組みが従来より行われている^{2,3)}。海上工事は一般的に波高1m、周期8秒程度が作業限界とされており、この作業限界を精度良く予測す

るための検討がなされてきた⁴⁾。しかし、洋上風力発電の建設では、発電効率の観点から外洋が適地として選定されているため、沿岸域と比較して海象条件が悪い場所での施工となる。そこで、図-1に示すようなレグを海底に貫入させてプラットフォームを昇降し、船体を海面上から上昇させることで波浪の影響を受けないSEP船（Self Elevating Platform）を使用して施工を行う⁵⁾。SEP船は海面から一定の離隔を保つため、前述した作業限界よりも悪条件下での施工が可能である一方、台風等の気象擾乱に起因する高波浪時には、退避して基地港に避難するか現地海域で海象条件が良好になるまで待機するかを判断を迫られる。したがって、前述の作業限界に加え、気象擾乱時の高波浪の予測についても検討が必要であり、より広い波高帯での予測精度の向上が求められている。

高波浪を発生させる気象現象の一つである台風は、日本の南方で発生した低気圧が海上を北上することで発達したものである。台風内部の直接観測が限られている上に、周辺の気象場により台風はカオス的な挙動を示すことから、決定論的に正確な予測が困難なことが知られている。そこで、初期値に微小な摂動を与えて複数の予測を行い、平均やばらつきなどアンサンブル予測手法を活用した確率論的予測が重要となる^{6,7)}。このアンサンブル

予報について、メンバーをクラスタリングすることで分類し、例えば進路傾向別に豪雨発生要因や降水強度を予測するような検討がなされている^{8),9)}が、波浪予測に適用した事例はない。

よって本研究では、複数の台風を対象として経路のクラスタリングを行い、クラスター毎に波浪推算の結果を分類して平均することで、進路別の波浪の傾向の把握とシナリオ別の確率予測によって施工可否判断や退避判断に活用するための基礎的検討を行った。

2. 使用データおよび諸条件

(1) 対象とした台風

本研究は、2022年に日本域に来襲した2つの台風について行った。諸元を表-1に示す。日本域で中心気圧が975hPa以下に発達したものかつ日本沿岸に接近したものを選定した。2211号は朝鮮半島と九州地方の間を通り、日本海を北上した。一方、2214号は九州北部地方に上陸後、日本列島に沿って北上する経路を取っており、それぞれ異なる挙動を示した。

(2) 波浪推算モデルと入力データ

波浪推算モデルはWAMを採用し、気象庁が提供する週間アンサンブル数値予報モデルGPV（日本域）の海上風データ（10m高度）をWAMへの入力値として波浪推算を実施した。諸元を表-2に示す。週間アンサンブル数値予報モデルGPV（日本域）は、00UTC、12UTCを初期時刻として264時間先までの予報を発報しているが、日本域への台風来襲時には、台風アンサンブルとして06UTC、18UTCが追加され、6時間間隔でアンサンブルデータの提供が行われており、今回は6時間間隔のデータを使用している。地上面のデータには2要素（東西成分と南北成分）風、気温、相対湿度、積算降水量、全雲量、海面更正気圧が内包されており、台風の地点予測については海面更正気圧を用いた。2022年3月22日より

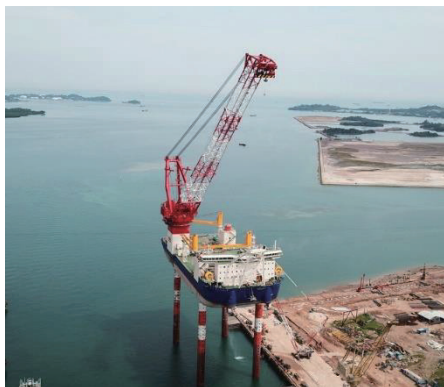


図-1 SEP船 (Self Elevating Platform)

解像度が従来の0.5625度から0.375度の高解像度化されて提供されていたため、今回の検討は0.375度の高解像度データを用いた。

今回は海上工事への施工可否判断や退避判断を見据えた検討であるため、リードタイムを加味した7日先予測データ（台風の消滅が早いものは6日先）と対象期間の4日目に発報される3日先予測データをそれぞれ抽出して検討を行った。

(3) データの処理方法

クラスタリングとはあるデータセットにおいて、特定のルールに基づきデータをいくつかのグループ（クラスター）に分類する手法で、機械学習における「教師なし学習」に分類される。このクラスタリングで広く用いられる手法に「k-means」というものがある¹⁰⁾。これは、任意数のクラスターをデータにランダムに内挿、各データの重心と内挿したクラスター中心点の距離を算出し最も近傍のクラスターにデータを割り当てる、という処理を割り当てられるクラスターが全データで変化しなくなるまで行いデータを分類する。しかし、この手法ではランダムに設定した最初のクラスター位置に分類傾向が依存し、最適ではないクラスタリングが行われる可能性がある。そこで今回の検討では、「k-means++」というアルゴリズムを採用して処理を行った¹⁰⁾。処理プロセスを図-2に示す。「k-means++」は、与えるクラスター中心はランダムではなく、クラスター中心同士が離れていた方が良

表-1 対象台風諸元

経路図	2211	2214
番号	2211	2214
名前	HINNAMNOR	NANMADOL
発生日時(UTC)	2022/8/28 6:00	2022/9/13 18:00
消滅日時(UTC)	2022/9/6 12:00	2022/9/19 18:00
最低気圧(hpa)	920	910

表-2 WAM 諸元

計算領域（北緯）	20～50°
計算領域（東経）	120～150°
周波数領域	0.042～1.067Hz
周波数分割数	35
周波数間隔	倍率1.1
方向分割数	16
水深条件	深海
空間間隔	0.25°
伝搬計算時間刻み	900s
風使用データ (51メンバー)	週間アンサンブル 数値予報モデルGPV（日本域）
風データ解像度	0.375°
風データ時間間隔	10,800s

いという考え方にに基づき、クラスター中心を内挿する際に以下の式を用いて重み付き確率分布 $xp(x)$ を算出し挿入する。

$$xp(x) = \frac{D(x_i)^2}{\sum D(x_i)^2} \quad (1)$$

ここで、 x_i は分類したい各データ、 $D(x_i)$ は内挿した1つ目のクラスターから各データまでの距離である。式(1)により、初期のクラスター中心点をデータ間の距離に基づいて確率的に決定することで、「k-means」の懸念点であるクラスタリング結果の初期のクラスター中心点への依存を解消している。なお、本研究では対象期間の台風の最終中心位置を抽出しクラスタリングを行った。最終中心位置に対してクラスタリングを行うことで、比較的簡単に台風経路の分類が可能で、台風の移動速度の評価が間接的に行えると考えた。

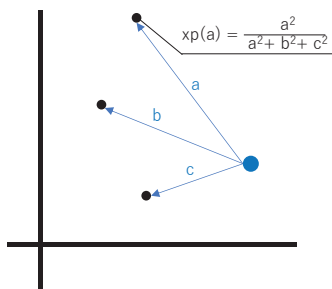
3. 台風クラスタリングの分析

まず、対象台風に対してクラスタリングを行い、どのような情報を取得できるか分析を行った。クラスター毎のメンバー数、発生確率（クラスター内のメンバー数の割合）、予報最終地点でのクラスター毎の平均風速を表-3に、クラスタリング後の台風経路を図-3、図-4に示す。

(1) 2211号

7日先予測は全体的に東西方向へ大きくばらつき、気象庁ベストトラック（観測値）はクラスター0とクラス

- ①各データからクラスター中心までの距離を算出
各データの距離から次点に選定される確率 $xp(x)$ を算出



- ②最も確率が高い点をクラスター中心に選定
クラスター中心がk個になるまで繰り返す

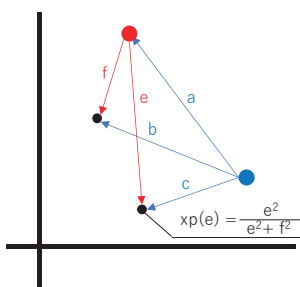


図-2 k-means++処理プロセス

ター3の間に位置している。中でもクラスター1はいち早く進路を北東方向に変えており、他のメンバーと比較して特異な経路であることが確認できる。発生確率についてはクラスター1を除く他クラスターでは、クラスター0とクラスター2が最も高くメンバー数の約70%を占める。風速については前述した発生確率の高いクラスターで15m/s超となった。一方で3日先予測では、東西方向のばらつきは10°以内に収まっており、南北方向はメンバー間でほとんど差異がない。また、ベストトラックとも比較的近い結果となった。この時の発生確率はクラスター3が卓越している。これは予測のリードタイムが短時間になったため予測誤差が減少したことに起因すると考える。従来の予報円による予報では、2211号のようなアンサンブルメンバーの結果に南北方向の差異が比較的小さい場合でも東西方向のばらつきを考慮した発生確率70%の真円で提供される。したがって、クラスタリング

表-3 クラスター各要素一覧

2211号									
7日前予測					3日前予測				
	CL0	CL1	CL2	CL3		CL0	CL1	CL2	CL3
メンバー数	18	1	19	13	メンバー数	7	13	9	22
発生確率	35.3%	2.0%	37.3%	25.5%	発生確率	13.7%	25.5%	17.6%	43.1%
風速(m/s)	17.54	5.02	16.76	11.89	風速(m/s)	25.97	27.15	29.17	28.43

2214号									
7日前予測					3日前予測				
	CL0	CL1	CL2	CL3		CL0	CL1	CL2	CL3
メンバー数	12	10	13	16	メンバー数	18	4	16	13
発生確率	23.5%	19.6%	25.5%	31.4%	発生確率	35.3%	7.8%	31.4%	25.5%
風速(m/s)	8.10	7.52	5.94	8.74	風速(m/s)	10.45	13.95	13.42	11.72

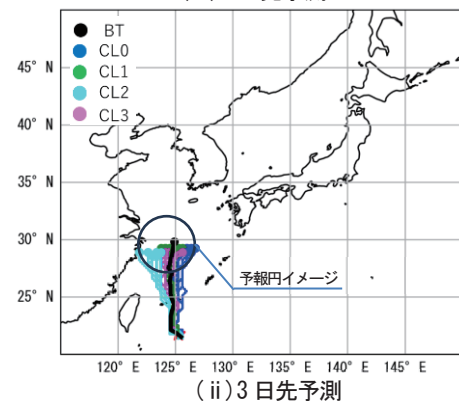
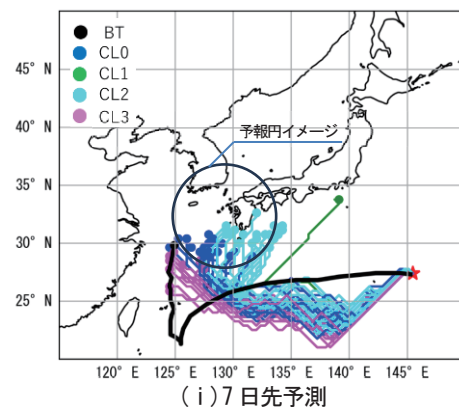
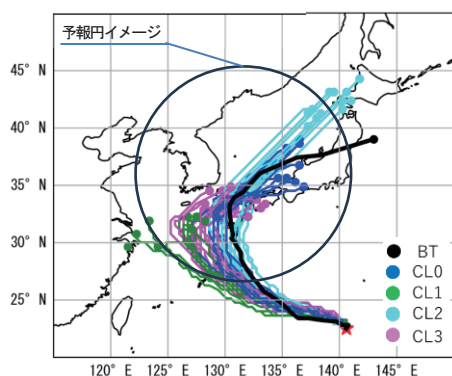


図-3 2211号クラスタリング結果

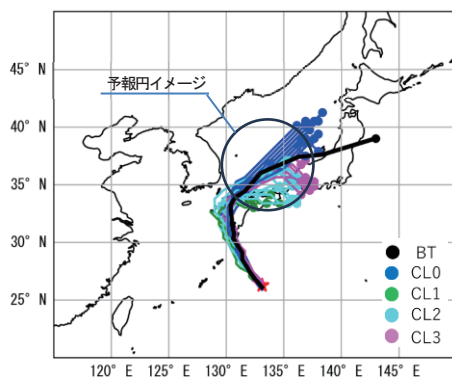
を行うことにより、台風進路誤差の非対称性を考慮に入れた情報の提供が可能であることが示された。

(2) 2214 号

2214 号は前述した 2211 号と異なり、ベストトラックの最終地点とアンサンブルの最終中心位置が大きく異なっている。これは、メンバー間で台風の移動速度が大幅に変わったことで中心位置に大きな不確実性が生じたものと考えられる。7 日先予測では、前述の通り台風が大幅に上昇したため、メンバー間で最終中心地点がばらつき、クラスターが日本列島に沿うように広く分布している。発生確率については最終中心地点が九州北部から中国・四国地方に至るクラスター3 が 30%程度であるが、中部地方まで至るクラスター0 や速度がベストトラックと似た挙動を示しているクラスター2 で 25%程度となっており大きな差異は見られない。3 日先予測では、前述の台風と同様に最終中心位置のばらつきが軽減され、特に東西方向のばらつきが減少した一方、最終中心位置は 7 日先予測と同様に日本列島を挟んで大きく異なっており、ベストトラックがどのクラスターにも該当しない結果となった。発生確率は、最終中心位置が四国地方に留まる予測となったクラスター1 を除き、大きな差異が見られなかった。2214 号については最終中心位置の従来予測の予報円は、3 日先予測時点で四国地方から東北地方までの大きなものとなるため、クラスタリングするこ



(i) 7 日先予測



(ii) 3 日先予測

図-4 2214 号クラスタリング結果

とで四国地方近辺の発生確率が低いことなど、前述の 2211 号と同様に予報円による予報よりも諸条件を加味した詳細な情報の提供が可能であることが示された。

4. NOWPHAS 観測データとの比較

続いて、対象とした台風のうち、アンサンブル予測の予報最終地点が日本列島に沿って分布した 2214 号について、クラスター毎の波高平均値と図-5 に示す日本海側、太平洋側それぞれの高緯度、中緯度、低緯度地点の NOWPHAS 観測値^{注1)}を比較した。7 日先予測の比較結果を図-6、3 日先の比較結果を図-7 に示す。なお、WAM 出力点と NOWPHAS 観測地点の離隔距離は最大 3km 程度である。

7 日先予測では、日本海側の秋田は波高と傾向共に、各クラスターとも比較的観測値に近い予測となった。一方、輪島と藍島では 9/19-9/20 の波高の立ち上がりが予測できていない。これは、前述したベストトラックとアンサンブル予測の最終中心位置の乖離に起因すると考えられ、ベストトラックは日本列島を横断する経路であることから、観測地点に対して吹き寄せの風向となり、波高が増大傾向と考えられるが、予測では日本海沿岸に最終予報地点が分布しており、藍島は陸地の遮蔽、輪島はクラスター2 以外で観測地点と同緯度付近までの移動に留まっているため、波高を過小評価したと考えられる。一方で、この時のクラスター間の平均風速は表-3 に示す通り、クラスター1 はクラスター間で最大の風速ではないにもかかわらず波高については最も大きい予測結果となった。これは、輪島、藍島ともに先に来襲した 2212 号が日本列島の北西で温帯低気圧となったために吹いた風に起因し、2214 号の影響ではないと考えられる。太平洋側でも、9/18 から 9/20 にかけてクラスター間のばらつきが増大している。これも前述と同様に台風速度による誤

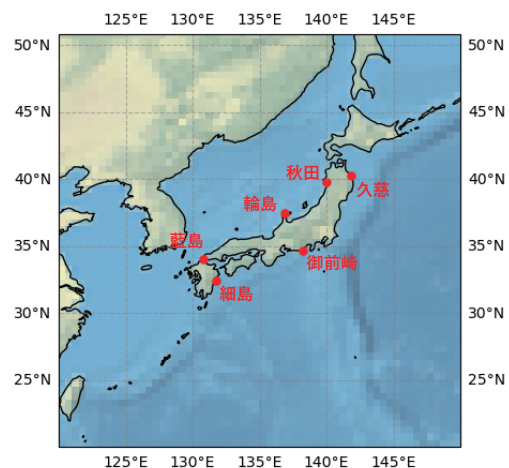


図-5 NOWPHAS 対象地点

差と考えられるが、来襲波高の傾向自体は比較的予測ができていた。こちら日本海側の輪島、藍島と同様にクラスター1が最大波高を予測しており、移動速度に起因して、南東の風が長く吹くために波が発達する予報になったと考える。

3日先予測は、日本海側では波高に差異はあるものの、どの地点でも波高が立ち上がるタイミングを予測できている。特に藍島について9/18-20付近で3m程度の乖離が見られるが、ベストトラックは日本列島を縦断するために陸地の遮蔽で吹き返しの影響が軽減されて比較的波が発達しなかったと考えられる。一方、アンサンブル予報では日本海側沿岸に進路をとるため、吹き返しの影響を過大評価したために乖離が発生したと推測する。太平洋側でも御前崎、細島は9/18以降で観測値と比べて過大評価傾向であったが、これも前述と同様、ベストトラックが日本列島を横断したことで陸地の遮蔽により太平洋側

への影響が少なかったと考えられる。

5. 施工可否判断・退避判断の検討

前述した2214号の台風経路のクラスタリング結果と各クラスターの波浪推算結果を用いて、施工可否判断と退避判断を擬似的に実施し、従来のアンサンブル平均での意思決定プロセスとの比較を行った。

(1) 施工可否判断

前章で行ったクラスタリング結果（波高）のうち、輪島の3日予測に、全メンバーの平均（アンサンブル平均）を追記し、作業限界を1mとした場合の時系列図を図-8

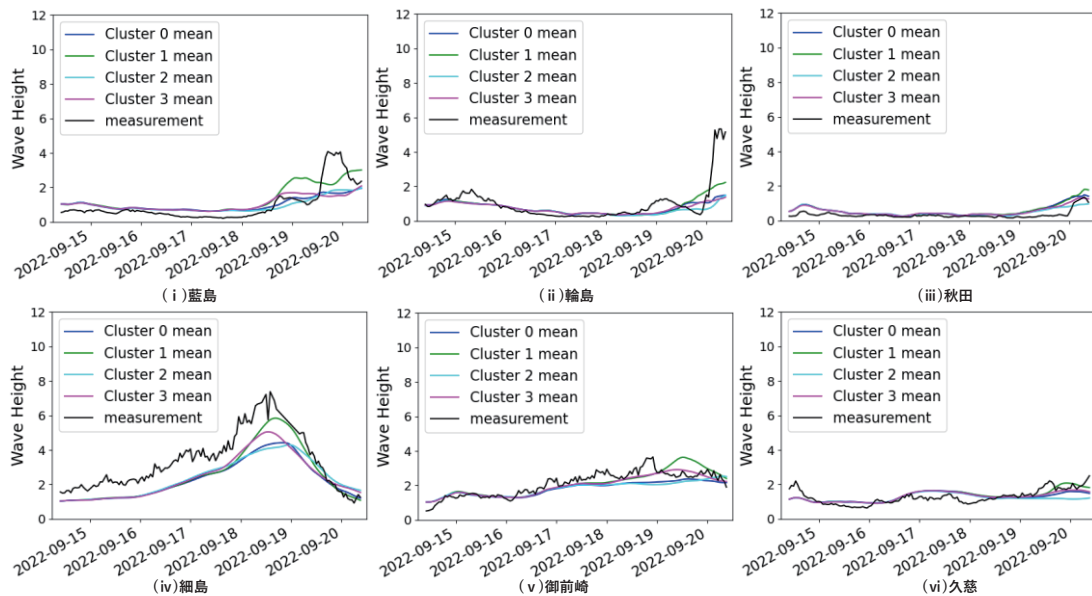


図-6 2214号7日先予測波高時系列図

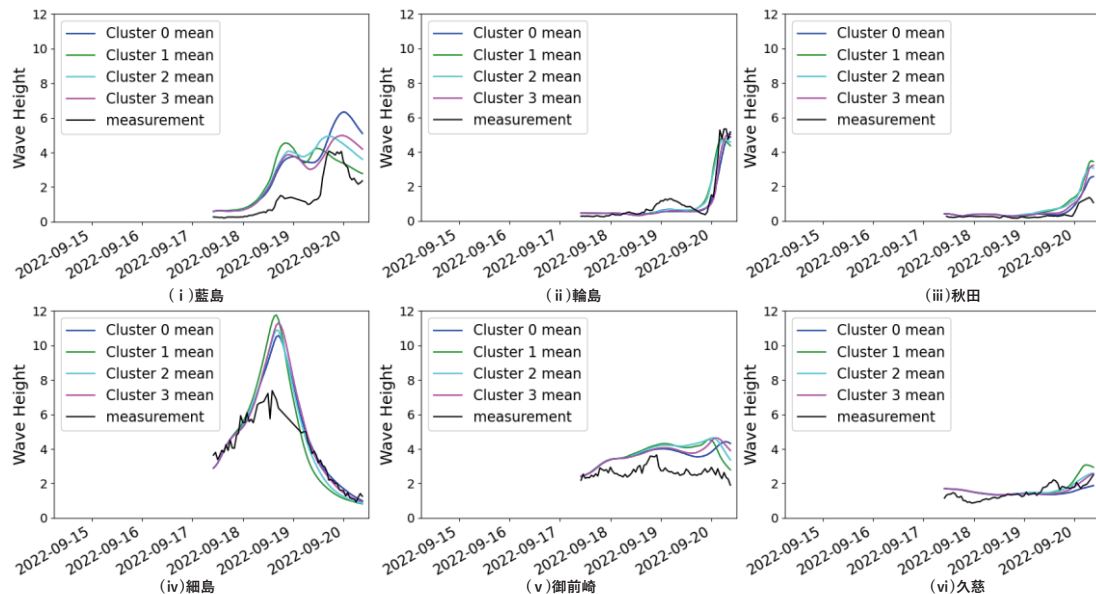


図-7 2214号3日先予測波高時系列図

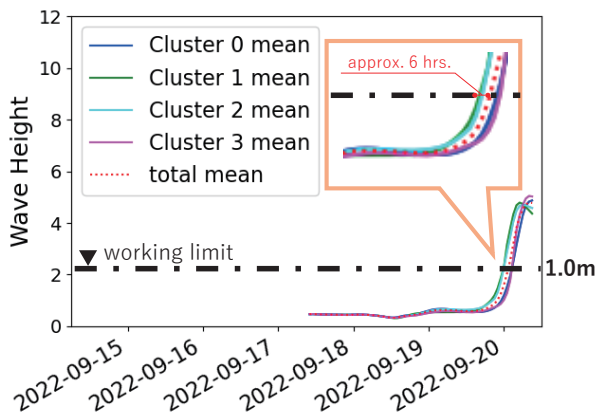
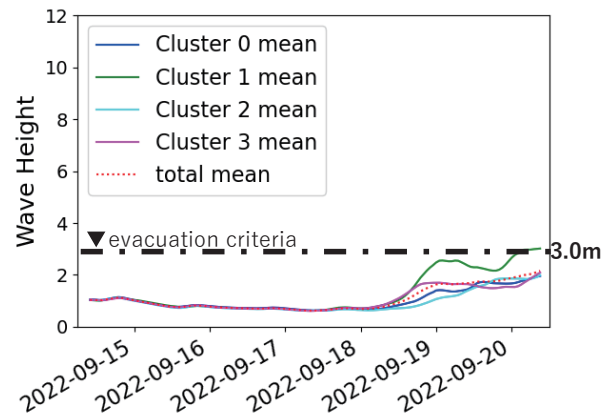


図-8 2214 号輪島 3 日予測波高時系列
(作業限界追記)

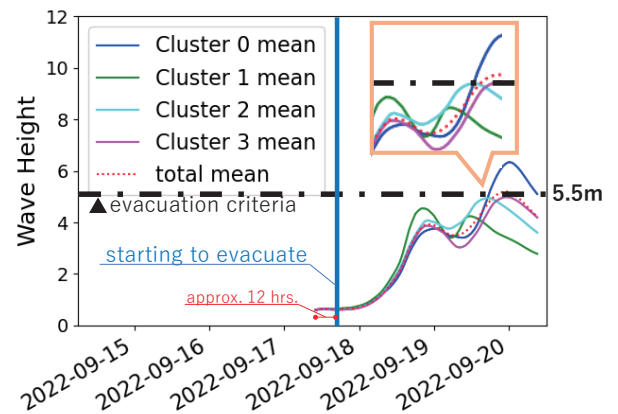
に示す。クラスター1 が最も早い段階で波高 1m を超えるが、表-3 に示すクラスター毎の確率は 7.8%でありメンバー数の割合は少ない。一方で、クラスター1 とほぼ同時期に波高 1m を超えるのはクラスター2 であり、クラスター毎の確率は 31.4%と 2 番目に割合が多い。アンサンブル平均はクラスター2 と約 6 時間の乖離があり、従来通りアンサンブル平均を採用すると、もし波高の立ち上がりが早かった場合には予期せぬ対応を強いられてしまう。また、クラスター0 もしくはクラスター2 はメンバーの 60%超を占めるが、アンサンブル平均はこの中から外れている。したがって、当該予測を施工可否判断の参考にする場合には、現在から 2 日後の 20 時頃に波高が 1m を超えるため、それに沿った工程や作業計画を行うと推測され、これに加えて気象庁より 3 時間毎に提供されている台風情報の現況位置によって、採用するクラスターを決定する運用も考えられ、意思決定の一助となると考える。

(2) 退避判断

退避判断の場合には、退避までのリードタイムが必要なため、長期予測では傾向を確認して対応を勧告、退避時間直近で退避の意思決定を行う、というプロセスで判断を行うことが予想される。これに基づき、2214 号の藍島について 7 日先予測を退避基準：波高 3m、3 日先予測を退避基準：波高 5.5m とし、退避に要する時間を 2 日と仮定して検討した。時系列図を図-9 に示す。7 日先予測では、9/20 にクラスター1 で退避基準を超過する予報となる。発生確率は 19.6%のため、全クラスターでは最も低い値となるが、発生を想定した作業計画や退避準備等、退避日となる 9/18 までに対応可能である。一方、アンサンブル平均は退避基準を 1m 下回っているため、クラスタリング結果を利用していない場合に退避準備を行うことは考えにくい。3 日先予測では、アンサンブル平均に加えて、クラスター0、クラスター2、クラスター3 が波高 5.5m を予測しており、中でもクラスター2 が波高の立ち



(i) 7 日先予測



(ii) 3 日先予測

図-9 2214 号藍島予測波高時系列
(退避基準追記)

上がりがあるため、これを基準に退避準備を行う運用が考えられる。よって、予測の確認後 12 時間後には退避を開始する。アンサンブル平均のみでは波高の立ち上がりが早まる可能性を確認できないため、前述した台風情報の活用と併用することで、台風のクラスタリングが退避判断に適用できる可能性が示された。

6. まとめ

本検討により、アンサンブル予報の台風経路をクラスタリングすることで、アンサンブル内に内包された進路別のシナリオが分類でき、それに伴い計算される波高も異なることが明らかになった。台風情報は 3 時間毎に更新されるため、直近のアンサンブル予報から台風経路をクラスタリングして台風情報と照らし合わせることで、アンサンブル平均単一の予報よりも意思決定に資する判断材料となることが期待される。今後は異なる波浪推算モデルでの検証や、発生確率をベースとしたコストロスモデルの構築等、継続的な検討が必要である。

NOTES

注1) 国立研究開発法人港湾空港技術研究所：全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS), 2022.

REFERENCES

- 1) 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会：洋上風力産業ビジョン（第1次），2020. [Public-private sector council for strengthening the industrial competitiveness of offshore wind power: *Offshore Wind Industry Vision (Phase I)*, 2020.]
- 2) 森屋陽一，琴浦毅，関本恒浩：日本海における波浪推算モデルを用いた海上・潜水作業可否の予測精度，土木学会論文集 B3（海洋開発），第26巻，pp.447-452, 2010. [Moriya, Y., Kotoura, T and Sekimoto, T.: Examination of Wave Prediction Accuracy for Marine Works in The Sea of Japan, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 26, pp. 447-452, 2010.]
- 3) 琴浦毅，森屋陽一，関本恒浩：波浪推算の計算領域が海上施工可否の判定制度に及ぼす影響，土木学会論文集 B3（海洋開発），67巻2号，pp. I_880-I_885, 2011. [Kotoura, T., Moriya, Y. and Sekimoto, T: Influence of Calculation Area on Wave Prediction for Marine Works in the Pacific Ocean, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 67, Issue 2, pp. I_880-I_885, 2011.]
- 4) 琴浦毅，田中仁：波浪推算モデルの低波浪時精度向上に関する研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），73巻2号，pp. I_971-I_976, 2011. [Kotoura, T. and Tanaka, H.: Investigation on Improve Accuracy of WAM Prediction Under Mild Wave Climate, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 73, Issue 2, pp. I_971-I_976, 2011.]
- 5) 島谷学，力石大彦，佐々木慎，中井崇斉，山口祐一郎：洋上風力発電施設の施工管理について，土木学会論文集 B3（海洋開発），69巻2号，pp. I_114-I_119, 2013. [Shimaya M., Chikaraishi M., Sasaki M., Nakai T., and Yamaguchi Y.: Construction Management for Offshore Wind Power Facilities, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 69, Issue 2, pp. I_114-I_119, 2013.]
- 6) 森信人，平口博丸：アンサンブル波浪予測の精度と価値について，土木学会論文集，2004巻768号，pp. I_167-I_177, 2004. [Mori N. and Hirakuchi H.: Skill and Relative Economic Value of Ensemble Ocean Wave Prediction, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 2004, Issue 768, pp. I_167-I_177, 2004.]
- 7) 琴浦毅，田中仁：波浪アンサンブル予測の海上施工管理への適用について，土木学会論文集 B3（海洋開発），74巻2号，pp. I_629-I_634, 2018. [Kotoura, T. and Tanaka, H.: Application of Ensemble Wave Forecast to Marine Construction Management, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 74, Issue 2, pp. I_629-I_634 2018.]
- 8) 吉野純，杉岡翔太，小林智尚：アンサンブル気候予測データベース d4PDF による岐阜県の豪雨発生要因の将来変化，土木学会論文集 B1（水工学），76巻2号，pp. I_13-I_18, 2020. [Yoshino, J., Sugioka S., Kobayashi T.: Future Changes in Formation of Heavy Rainfalls in Gifu Prefecture Using Large Ensemble Climate Simulations d4PDF, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 76, Issue 2, pp. I_13-I_18 2020.]
- 9) 辻本浩史，本間基寛，増田有俊，吉開朋弘，井上実：アンサンブル予報を用いた台風性降雨シナリオに関する検討，京都大学防災研究所年報，第59号B，pp. I_367-I_375, 2016. [Tsujimoto H., Honma M., Masuda A., Yoshikai T., and Inoue M.: A Study of Scenario-type Information for Typhoon-related Rainfall with Ensemble Forecast Dataset, *Annals of Annual Report of the Institute for Disaster Prevention, Kyoto University*, No.59 B, pp. I_367-I_375 2016.]
- 10) 小野田崇，坂井美帆，山田誠二：初期値設定法の違いによる k-means 法の性能比較，第27回ファジィシステムシンポジウム，pp.231-236, 2011. [Onoda T., Sakai M. and Yamada S.: Comparison of Clustering Results for k-means by Using Different Seeding Methods, *27th Fuzzy System Symposium*, pp. 231-236 2011.]

(Received February 6, 2024)

(Accepted May 13, 2024)

FUNDAMENTAL STUDY OF CLUSTERING OF TYPHOON ENSEMBLES TO DETERMINE THE AVAILABILITY OF OFFSHORE CONSTRUCTION

Hirohito NISHI, Yurie ITAGAKI, Jun YOSHINO and Tsuyoshi KOTOURA

The arrival of a typhoon has a significant impact on the decision of whether to proceed with marine construction, but the chaotic nature of typhoons makes deterministic forecasting difficult. Although ensemble forecasting has been studied for the prediction of precipitation intensity and storm surge by clustering the members to increase the accuracy rate over time, there are few examples of its application to wave forecasting, especially for the purpose of determining whether construction is feasible or not. Therefore, the authors conducted a basic study of wave forecasting by clustering the paths of multiple typhoons, categorizing, and averaging the wave estimation results for each cluster, and using the results to understand wave trends by path and to predict the probability of each scenario for use in decisions on whether to construct or not and to evacuate. As a result, it was found that the wave heights calculated differ according to the different scenarios that are included in the ensemble. Clustering typhoon paths from the most recent ensemble forecast and comparing them with typhoon information is expected to be utilized as a decision-making tool.