

第3章 警報級の可能性

3.1 「警報級の可能性」の経緯と目的*

平成27年3月から7月にかけて4回行われた交通政策審議会気象分科会では「『新たなステージ』に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」について審議が行われ、7月29日に提言がとりまとめられた。防災気象情報については、次の基本的方向性と現在の技術を用いて実現可能な改善策が示されている。

- ・社会に大きな影響を与える現象については、可能性が高くなるともその発生のおそれを積極的に伝えていくこと
- ・危険度やその切迫度を認識しやすくなるよう、分かりやすく情報を提供していくこと

気象庁では、この提言を受け、市町村長による避難勧告等の判断を支援し、住民による主体的避難を促進するため、以下(1)～(5)に示す防災気象情報の改善を予定している。

(1) 時系列で危険度を色分けした分かりやすい表示（気象警報・注意報発表時）

気象庁では、これまで、気象警報・注意報の内容は文章形式での表示を行ってきたが、利用者が危険度やその切迫度を即座に認識しづらいことなどが課題だった。このため、警報等の文中に記載してきた事項（注意警戒が必要な現象や期間、現象がピークになる時間帯、雨量や潮位などの予想最大値など）について、どの程度の強度（危険度）の現象がどのくらい先の時間帯（切迫度）に発現すると予想されているのかを、視覚的に把握しやすい時系列の表形式で、危険度を色分けして分かりやすく提供できるよう、表示を改善する。

(2) 翌日までの「警報級の現象になる可能性」の提供

警報級の現象は、ひとたび起これば社会的に大きな影響を与える。そこで、たとえ可能性が高くないと予想される状況であっても、翌日までの警報級の現象の発生のおそれを積極的に伝えるため、府県天気予報の発表（毎日5時、11時、17時）に合わせて、「警報級の現象になる可能性」（以下、「警報級の可能性」と呼ぶ）を〔高〕〔中〕といった可能性の度合いを付して提供する。また、〔高〕〔中〕に応じた概要を記述する文（概要文）を一次細分区域単位で自動作成して電文に含めるとともに、予想される最大の雨量などの量的予報も併せて提供する。なお、定時以外にも、特別警報・警報・注意報発表時に必要に応じて提供する場合もある。

(3) 数日先までの「警報級の可能性」の提供

台風等に対するタイムラインによる市町村などの防災対応を支援するため、数日先までの防災気象情報の提供の強化も必要である。(2)で述べた翌日までの「警報級の可能性」に加え、明後日から5日先までの日ごとの「警報級の可能性」を、週間天気予報の発表（毎日11時、17時）に合わせて提供する。

(4) 実況情報の提供の迅速化

気象庁では、現在の降雨がその地域にとって災害の発生につながるような稀にしか観測されない雨量になっていることを、危機感を持って伝えるために「記録的短時間大雨情報」を発表している。この情報を最大で30分早く発表できるように処理を迅速化する。

(5) メッシュ情報の充実・利活用促進

危険度の高まりを伝える「気象警報」等を受けた市町村職員や住民が、危険度の高まっている地域を「メッシュ情報」により把握できる仕組みを推進することで、市町村長の避難勧告等の判断の支援及び住民の主体的避難の促進を図る。

以上のうち、(1)～(3)については、平成28年度出水期前に防災情報提供装置により試行的提供を開始す

*杉本 悟史・木下 信好（気象庁予報部予報課）

る計画である（表示例を第3.1.1図に示す）。(2)と(3)に示した警報級の可能性については新たなプロダクトである。本章では「警報級の可能性」プロダクトについて、第3.2節でプロダクトの概要を、第3.3節以降でプロダクト作成に用いるガイダンスの特性とその利用について解説する。警報級の可能性に係る予報作業支援システムでの作業や量的予想、入力する時系列の考え方については、第4章を参照されたい。なお、明日までの「警報級の可能性」プロダクトは、従来からの短期予報の資料・量的予測技術に基づいて作成することから、第3.3節以降は、新たに開発したガイダンスを用いて作業する、明後日以降の「警報級の可能性」を対象とする技術的解説である。

3.2 「警報級の可能性」プロダクト

本節では「警報級の可能性」プロダクトの概要と、[高][中]といった表現が示す可能性の程度について、それぞれの警報が発表される割合（見込み）を説明する。

3.2.1 プロダクトの概要

「警報級の可能性」は、第3.1節の(2)に示した「翌日までの警報級の現象の発生のおそれを積極的に伝える」プロダクト（以下、「警報級の可能性（明日まで）」と呼ぶ）と、(3)に示した「台風等に対するタイムラインによる市町村などの防災対応を支援する」ための数日先までのプロダクト（以下、「警報級の可能性（明後日以降）」と呼ぶ）の二種類が存在する。「警報級の可能性（明日まで）」プロダクトは、明日までの「量的予報」と、明日までの「警報級の可能性」の二つの要素で構成される。「警報級の可能性（明後日以降）」プロダクトは、明後日から5日先までの「警報級の可能性」で構成される。それぞれのプロダクトの発表時刻、対象地域、提供される気象要素等については、第3.2.1表を参照されたい。

3.2.2 「警報級の可能性」の[高][中]と実際に警報発表となる割合

「警報級の可能性」は、[高][中][-][なし]といった可能性の度合いにより表現する。このうち[なし]は、雪について季節的に現象が発生しない場合や波について波の予報が無い地域である。[高]は、警報級の現象が発生する可能性が高いと予想される場合に、[中]は[高]ほどではないが警報級の現象が発生する可能性はあると予想される場合に、それぞれ発表する（第3.2.2表）。したがって、明日までの警報級の現象を想定して府県気象情報を発表する場合には「警報級の可能性（明日まで）」を[高]と発

気象警報・注意報

平成26年10月14日0時13分 横浜地方気象台発表
 神奈川県東部の注意警戒事項
 神奈川県では、14日明け方まで土砂災害に、14日未明まで低い土地の浸水や河川の増水、暴風に警戒してください。西部では14日朝まで、東部では14日昼過ぎまで、高波に警戒してください。

横浜市 【継続】大雨（土砂災害、浸水害）、洪水、暴風、波浪警報 雷注意報

警報・注意報等の種別	今後の推移(■警報級 ■注意報級)										備考・関連する現象
	14日										
	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	0-3	15日	
大雨 (浸水害) 1時間最大雨量(ミリ)	60	30									浸水警戒
(土砂災害)											土砂災害警戒
洪水 (洪水害)											はん濫
暴風 風向 風速 (メートル)	陸上 海上	22 24	22 20	20 20	18 20	18 20					
波浪 波高(メートル)	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5					うねり
雷											竜巻、ひょう

各要素の予報値は、確度が一定に達したものを表示しています。

警報級の可能性

平成26年10月14日0時13分 横浜地方気象台発表
 神奈川県東部の警報級の可能性
 14日明け方にかけては、大雨警報を発表する可能性があります。今後の情報に留意してください。

種別		警報級の可能性								
		13日		14日			15日	16日	17日	18日
		明け方まで		朝～夜遅く						
		18-24	0-6	6-12	12-18	18-24				
大雨	警報級の可能性	高			中		-	-	中	-
暴風	警報級の可能性	高			中		-	-	-	-
波浪	警報級の可能性	高			高		-	-	-	-

高:警報発表中、又は、警報を発表するような現象発生の可能性の高い状況。
 中:[高]と表すまでには至らないが、警報を発表するような現象発生のある状況。

第3.1.1図 時系列で危険度を色分けした分かりやすい表示例（上図）及び「警報級の可能性」の表示例（下図）

平成28年度から試行的に提供されるXML電文を利用すると、このような表示が可能になるという例を示した。

第3.2.1表 「警報級の可能性」プロダクトの発表時刻、予報対象地域、提供要素等

下線部は、新たな作業が必要になる項目（官署によって異なる）を示す。なお、提供する気象要素のうち「風（風雪）」については、雪を伴わない場合の気象要素は風（対応する警報の種類は暴風警報）、雪を伴う場合は風雪（対応する警報の種類は暴風雪警報）である。

プロダクト名	発表時刻（定時）	予報対象地域	構成要素	提供される気象要素	対象期間
警報級の可能性（明日まで）	05時 11時 17時 定時以外に、特別警報・警報・注意報発表時に必要に応じて発表	府県天気予報と同じ	量的予報	1時間最大雨量 3時間最大雨量 <u>6時間最大降雪量</u> 最大風速 波	24時間先までは6時間ごと、それ以降翌日24時まで
				<u>24時間最大雨量</u> <u>24時間最大降雪量</u>	翌日1日
			警報級の可能性 [高][中][-] [なし]、及びその文章表現（概要文）	雨 雪 風（風雪） 波	
警報級の可能性（明後日以降）	11時 17時	府県週間天気予報と同じ	警報級の可能性 [高][中][-] [なし]	雨 雪 風（風雪） 波	2日目（明後日）から5日目まで、1日ごと

第3.2.2表 「警報級の可能性」の[高]及び[中]と実際に警報発表となる割合

電文中で用いる具体的表現については平成27年12月現在検討中であり、変わる可能性がある。

警報級の可能性		警報が発表される割合（雨の場合）	
		明日まで	明後日から5日先まで
対象となる現象		積乱雲や線状降水帯などの小規模な現象に伴う大雨から、台風・低気圧・前線などの大規模な現象に伴う大雨までが対象。	台風・低気圧・前線などの大規模な現象に伴う大雨が主な対象。
[高]	地域や時刻・量の予測の確度が高く、対象区域内のどこかで、警報級の現象が発生する <u>可能性が高い</u> と予想される。	天気予報の区域内のいずれかの市町村で、実際に大雨警報発表となる割合は、 <u>8割程度以上</u> を見込む。 （現行の「警報」、「警報に切り替える可能性に言及する注意報」、及び「1日程度前から警戒を呼びかける気象情報」とほぼ同等。）	週間天気予報の区域内のいずれかの市町村で、実際に大雨警報発表となる割合は、 <u>8割程度以上</u> を見込む。 （現行の「数日前から警戒を呼びかける気象情報」とほぼ同等。）
[中]	地域や時刻・量の予測の <u>確度が高くはないもの</u> 、対象区域内のどこかで、警報級の現象が発生する <u>可能性はある</u> と予想される。	天気予報の区域内のいずれかの市町村で、実際に大雨警報発表となる割合は、 <u>3～7割程度</u> を見込む。 （「高」を付すほど <u>可能性が高くはないもの</u> 、予測資料や過去の線状降水帯発生時の気象特性等の知見を活用して、顕著な現象が発生する <u>可能性はある</u> と見込まれる場合に発表。）	週間天気予報の区域内のいずれかの市町村で、実際に大雨警報発表となる割合は、 <u>3～7割程度</u> を見込む。 （「高」を付すほど <u>可能性が高くはないもの</u> 、予測資料を活用して、顕著な現象が発生する <u>可能性はある</u> と見込まれる場合に発表。）

表する。また、明後日以降について、警報級の現象を対象として気象情報を発表する場合は、対象日の警報級の可能性に[高]を対応させ、地方週間天気予報で「大荒れの天気」「大雨」「大雪」等と記述する場合は、対象日の警報級の可能性に[高]または[中]を対応させる予定である。[-]（XML 電文では空タグ）は、[高][中][なし]以外の場合である。

なお、第 3.2.2 表には雨の場合に実際に警報発表となる割合を具体的な数値として示しているが、この値はこれまでの警報や警報に切り替える可能性に言及した注意報の発表実績、開発した警報級の可能性ガイダンスの性能から推定した値（第 3.7 節参照）である。地方によって発生する顕著な現象のタイプやその予測手法が異なることや、また年によって現象の発生頻度が大きく変動することから、これはおよその目安であることに留意する必要がある。目安の値を気にするあまり、「社会に大きな影響を与える現象については、可能性が高くなくともその発生のおそれを積極的に伝える」というプロダクト本来の目的を忘れてはならない。また、現状の技術では、数日先の積乱雲や線状降水帯に伴う大雨を予測することは難しいため、明後日から 5 日先までの「警報級の可能性」で扱うことができるのは、台風や低気圧・前線などの大規模なじょう乱に伴う大雨が主な対象になる点にも留意されたい。

3.2.3 明日までの「警報級の可能性」の判断

「警報級の可能性（明日まで）」における「警報級の可能性」の[高][中]の発表判断に際しては、新たな予測資料は無く、従来からの短期予報の資料・量的予測技術・知見に基づいて行う。[高]については、警報または警報の可能性に言及した注意報を発表中、または明日までの警報級の現象を想定して府県気象情報を発表する場合となることから、これまで予報技術検討会を中心に検討されてきた予測技術を利用する。一方、[中]については新しく判断することとなるが、[高]についての予測技術を利用することで客観的な判断基準を作成する。

第 3.2.3 表に、数値予報モデル（ガイダンス）が予想の得意な現象か否か、また不得意であってもワークシート等の予測手法があるか、発生する環境場等に関する知見を有しているかなどに場合分けして、警報級の可能性[高][中]の判断の概要を示した。一方、個々の事例により予想の不確実性の程度が異なるため、おおまかな概要だけでは判断に迷う場合があることが想定される。「警報級の可能性（明日まで）」の判断をより適切に、担当者間で差異のないようにするためには、各官署で事前に第 3.2.3 表に示す場合（特に、数値予報モデルが得意な現象、ワークシートが有るなど知見が得られている現象）について、それぞれ具体的な判断基準を決めておくことが重要である（第 3.2.2 図に例を示す）。現時点で知見が乏しい現象については、今後、技術開発等により新たな知見が得られた段階で、より適切な判断が可能となるよう、具体的な判断基準を検討していく。

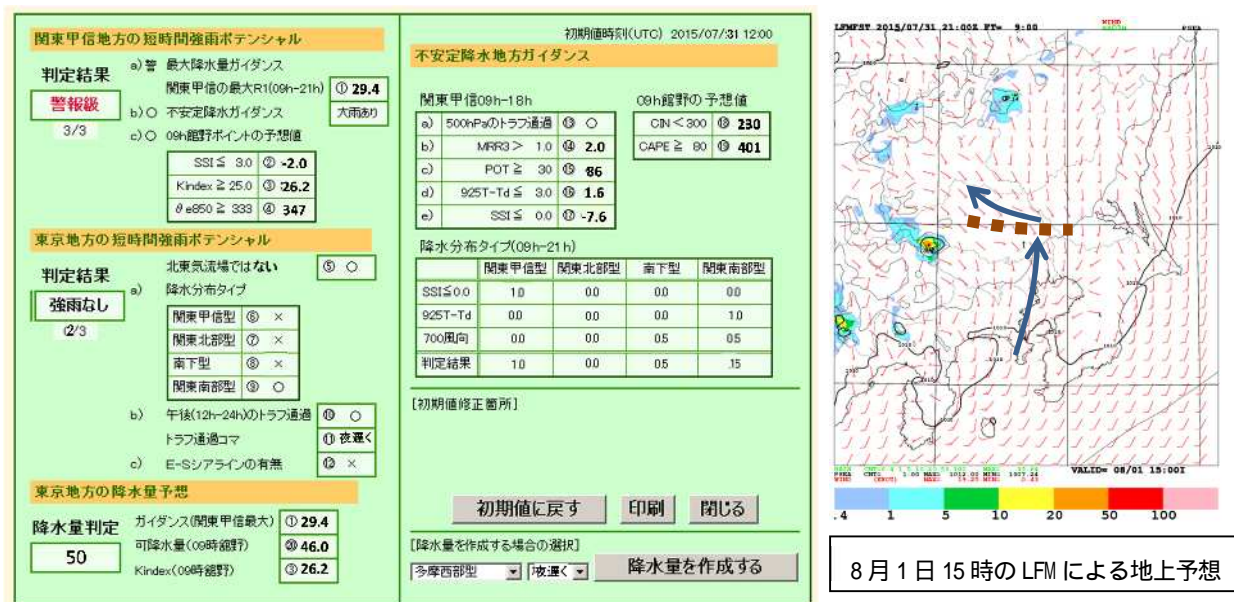
第 3.2.3 表 「警報級の可能性（明日まで）」の判断の概要

数値予報モデル・ガイダンスが得意な現象の場合

モデル・GDC の予測状況	判断	警報級の可能性
警報級を安定して予想	警報級の現象を予想している地域・時間帯	高
	警報級の現象を予想している地域の周辺や前後の時間帯	中 または -
安定して警報基準とほぼ同じ値を予想	警報級の現象を予想している地域・時間帯	高 または 中
	警報級の現象を予想している地域の周辺や前後の時間帯	中 または -
警報級の予想はあるが初期値 変わりがある、あるいはモデル によって異なる場合	警報級の現象を予想している地域・時間帯	中 または 高
	警報級の現象を予想している地域の周辺や前後の時間帯	- または 中

数値予報モデル・ガイダンスが不得意な現象の場合

予測手法や知見の状況	判断	警報級の可能性
予測手法（ワークシートなど）有 （例：東京地方の E-S シアー による不安定現象（第 3.2.2 図））	警報級を予想	高
	条件基準など僅かな差で、警報級の予想とならない場合	中 または 高
	予測手法が適切に適用できない（期間外・手法の完成度が低い）などで精度の確保は難しいが、警報級の現象の発生を否定できる状況にない場合	中
予測手法（ワークシートなど）は確立してないが、警報級の現象が発生する環境場等について知見がある場合	環境場などの予測が知見を満たし、実況の推移から数時間以内に警報級の現象を予想する場合（まもなく警報を発表する状況にある場合を想定。）	高
	環境場などの予測が知見を満たし、実況でもこの予測を否定する状況になく、警報級の現象が発生する可能性がある場合（上段より先の時間帯での予想、あるいはまもなく警報を発表する状況にない場合を想定。）	中 または 高
	・環境場の予測に初期値変わりが大きく、知見を満たすか判断が困難な場合 ・環境場などの予測は知見を満たすが、実況からモデルの環境場などの予測において、誤差が大きいと判断できる場合	中 または -
予測手法（ワークシートなど）なく、知見が乏しい場合	予想される総観場や安定度の状況が定性的に過去の警報級事例とほぼ一致し、実況で警報級の現象を否定する状況にない場合	中



第 3.2.2 図 知見が得られている現象に関する「警報級の可能性」のシミュレーション例

(1) 東京地方は、MSM で E-S シアーが予想されなかったため、警報級の強雨判定が 3 つの条件の 1 つを満たさず（左図）、警報級の可能性 [高] とはしない。(2) 一方、LFM で E-S シアーが予測されており（右図）、3 つの条件が揃い警報級の大雨になる可能性はあると考えられる。これらのことから、警報級の可能性を [中] と判断する。

3.3 週間最大降水量ガイダンス*

3.3.1 はじめに

予報課では、雨に関する「警報級の可能性(明後日以降)」の予想の基礎資料とするため、平成 25 年度から平成 26 年度の週間予報技術検討会の中で、週間アンサンブル予報モデル(以下、WEPS という)を基にした週間最大降水量ガイダンスを開発してきた。本節では週間最大降水量ガイダンスの仕様、特性等について述べる。

3.3.2 ガイダンスの仕様と作成手法

週間最大降水量ガイダンス(以下、ガイダンスという)は、降水量を観測しているアメダス地点について WEPS から求めた日降水量を頻度バイアス補正した値から予報区の最大値を求めたガイダンスである。ガイダンスは、WEPS の各メンバー毎に算出され、アンサンブル平均値等の統計データを得ることができる。詳細を第 3.3.1 表に示す。

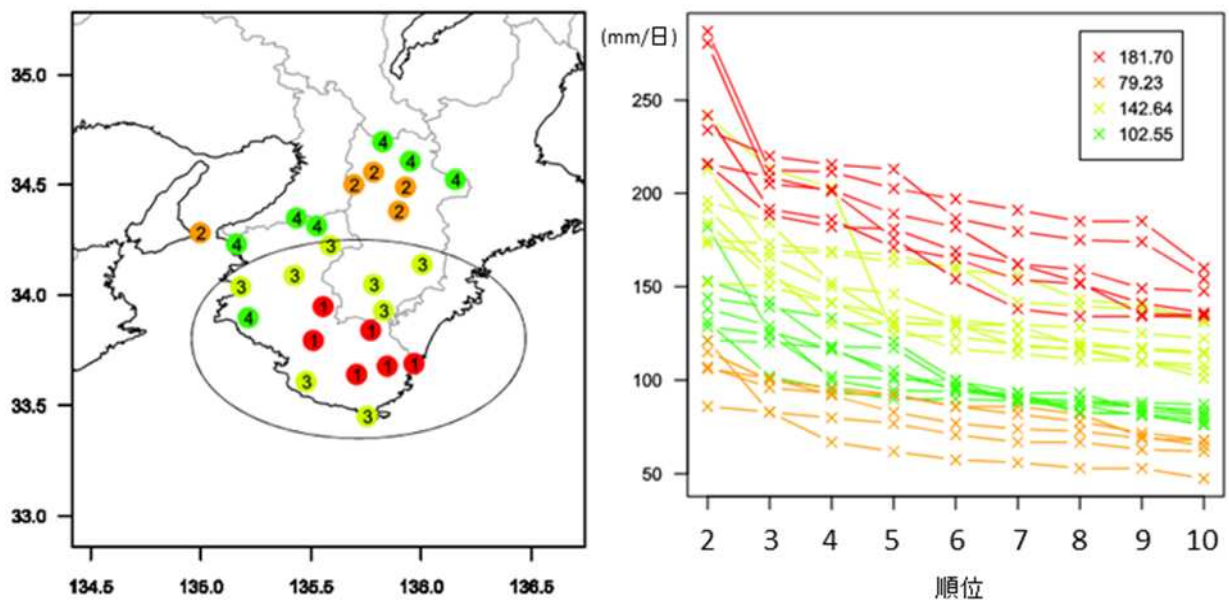
ガイダンスに用いる頻度バイアス補正は、補正係数を作成する期間(従属期間)に観測された降水量と同期間にモデルが予想した降水量の順位を基に降水量の出現頻度を補正する方法であり、かつ係数は固定である。したがって、従属期間に大雨が観測されなかったアメダス地点は、大雨が予想されにくい特性となる。その特性は、従属期間が短い場合は事例に依存しており、その地点の特性を十分に表しているとはいえない。これを補うため、地理的に近いアメダス地点を降水特性で分類したグループを作り、グループ毎に係数を作成するようにした。これは、降水特性の近い他の地点と大雨の事例を共有することによって、従属期間の大雨の事例をある程度までは補うことができると考えたものである。地理的な区分は、「四国地方太平洋側」や「東北地方日本海側」といったある程度広い領域を設定した。グループは、これらの領域に位置するアメダス地点を月別日降水量の順位 2 位から 10 位の値でクラスター分析し、クラスター別に求めた降水量の平均値を基に作成している。なお、順位 1 位は、2 位と値が大きく離れ、クラスター分析の妨げとなる例があったため除いている。グループは季節変化を考慮して月毎に作成した(第 3.3.1 図を参照)。

頻度バイアス補正の係数は、従属期間の観測値(日降水量)とモデル降水量の順位を基に次のように作成した。ここで、モデル降水量はモデルの日降水量をアメダス地点に線形内挿した値である。まず、観測値とモデル降水量の順位をそれぞれ作成する。モデル降水量の順位はメンバー別の順位ごとにアンサンブル平均して求めたものである。次に、観測値が 0.5mm/日以上となる事例を対象に、下位から 25,50,75,90,95,99% の位置で区切る。それぞれに位置する観測値とモデル値の比が頻度バイアス補正の補正係数となる。独立期間におけるモデル降水量に、量に応じた係数を乗じることによりガイダンス値が得られる。なお、地点数の少ないグループは事例数が少ないため、区切りを 20,40,60,80,90,95%としている。補正係数は月別に求めており、対象事例に該当月と前後 1 か月の事例を加えている。

第 3.3.1 表 週間最大降水量ガイダンスの仕様

予想対象	週間予報の予報区における日降水量の最大値
目的変数	降水量を観測しているアメダス地点の日降水量
使用モデル	WEPS
予想手法	頻度バイアス補正：週間 EPS の日降水量の階級別出現頻度のアンサンブル平均とアメダスによる観測の階級別出現頻度を調整する。27 メンバーそれぞれについて日降水量を算出する。補正係数はメンバー間で共用する。予報区の最大値をメンバー毎に決定する。
学習の有無	なし
従属期間	2008 年 4 月～2014 年 2 月
層別化	月：1～12 月。 予報日：予報対象日(1 日目(明日)予報～8 日目予報)。 グループ：地理的に近いアメダス地点を降水特性で分類したグループ。

*小泉 友延(気象庁予報部予報課)



第 3.3.1 図 アメダス地点のクラスター分析の例

奈良県・和歌山県のアメダス地点を 6 月の日降水量の順位でクラスター分析した結果の図。左図は平面図で ~ は各クラスターを表す。右図は各アメダス地点の順位をクラスター別に色分けしたグラフで、凡例はクラスター毎の降水量の平均値である。ここでは、クラスターの平均値から と のグループと と のグループに分割した。

3.3.3 統計検証

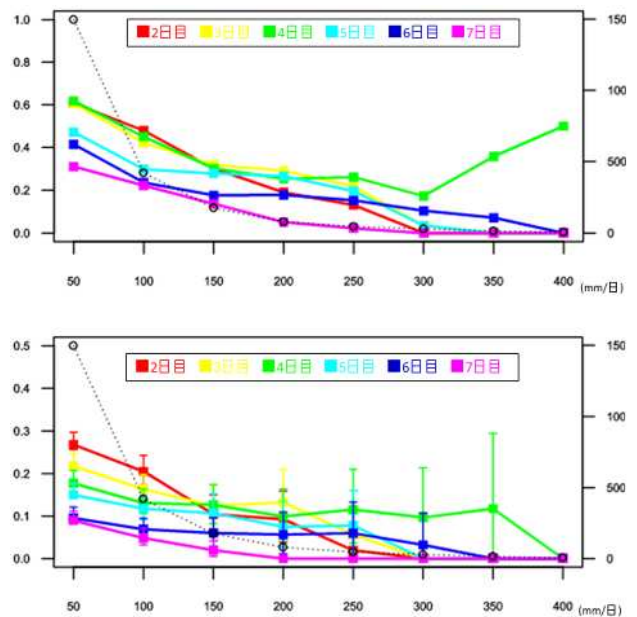
ここでは、ガイダンスの統計的な検証結果を示す。

(1) 検証方法

予報区のガイダンスを「予想値」、アメダスで観測した日降水量の予報区内の最大値を「観測値」とし、予想値が閾値以上の場合に観測値が閾値以上であった事例を適中とする分割表から全予報区の閾値別のバイアスコア(BI)、エクイタブルスコア(ETS)を予報日別(2~7 日目)に求めた。検証は 12UTC 初期値のガイダンスを対象とし、検証期間は 2014 年 9 月から 2015 年 8 月までである。

(2) 検証結果

第 3.3.2 図に、ガイダンスのアンサンブル平均の予報日別の BI と ETS および観測事例数を示す。BI は、どの閾値でも 1.0 より小さく、予想頻度は過少傾向となった。また、観測事例数の少ない閾値 350mm 以上を除いて、閾値が大きくなるほど予想頻度が過少となる傾向が見られた。ETS は閾値 50~100mm では、2 日目が最も高く 3 日目以降は予想時間が長くなるにつれて低くなる傾向が見られた。閾値 150mm 以上は事例数が少ないため、統計的に有意な差は見られ

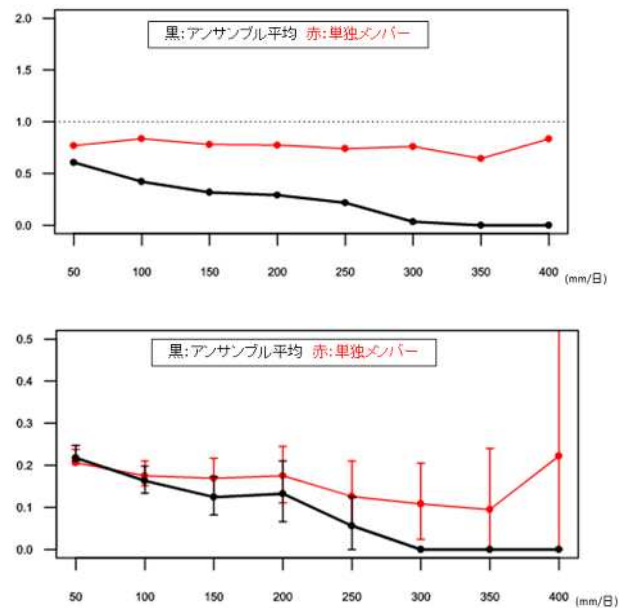


第 3.3.2 図 週間最大降水量ガイダンスのアンサンブル平均の予報日別・閾値別のバイアスコア(上)とエクイタブルスコア(下)

横軸は降水量の閾値、左軸は各スコアである。両図ともに黒の破線は事例数(右軸)を表す。下図のエラーバーは 95% の信頼区間を表す。検証期間は 2014 年 9 月から 2015 年 8 月まで。

ない。アンサンブル平均でBIが小さくなっていたのは、各メンバーの大雨の予想が平均することによって丸められるためと考えられる。そこで、単独メンバーの検証結果と比較することとする。

第 3.3.3 図は第 3.3.2 図の 3 日目予報の検証結果に単独メンバー(コントロールラン)のガイダンスの検証結果を加えた図である。単独メンバーのBIは全ての閾値でアンサンブル平均のBIより大きく、アンサンブル平均ではほとんど予想されなかった閾値 300mm の降水量も単独メンバーでは閾値 200mm の降水量と同程度のBIを維持していた。このことから、アンサンブル平均のBIが小さくなるのは各メンバーの予想を平均することによるものであることがわかる。一方、ETSは、閾値が大きくなる程アンサンブル平均のBIが下がり、それに伴って単独メンバーとの差が大きくなるが、閾値 50mm ではアンサンブル平均のスコアの方が高かった。アンサンブル平均のBIが単独メンバーのBIよりも小さいことを考慮すると、閾値 50mm の降水の分布はアンサンブル平均の方が精度の方がよかったと言える。



第 3.3.3 図 第 4.1.2 図の 3 日目予報の結果に単独メンバーのガイダンスの検証結果を加えた図
黒はアンサンブル平均、赤は単独メンバー(コントロールラン)のスコアを表す。上: BI、下: ETS。

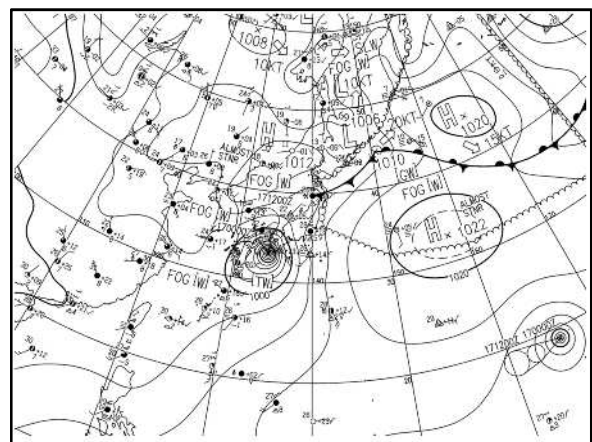
3.3.4 事例検証

2015 年 7 月の台風第 11 号の事例を紹介する。7 月上旬にマーシャル諸島付近で発生した台風第 11 号は、日本の南海上を北上し、7 月 16 日に高知県に上陸、17 日にかけて日本海に進んだ。台風の湿った気流の影響で東・西日本太平洋側を中心に大雨となった。(第 3.3.4 図参照)

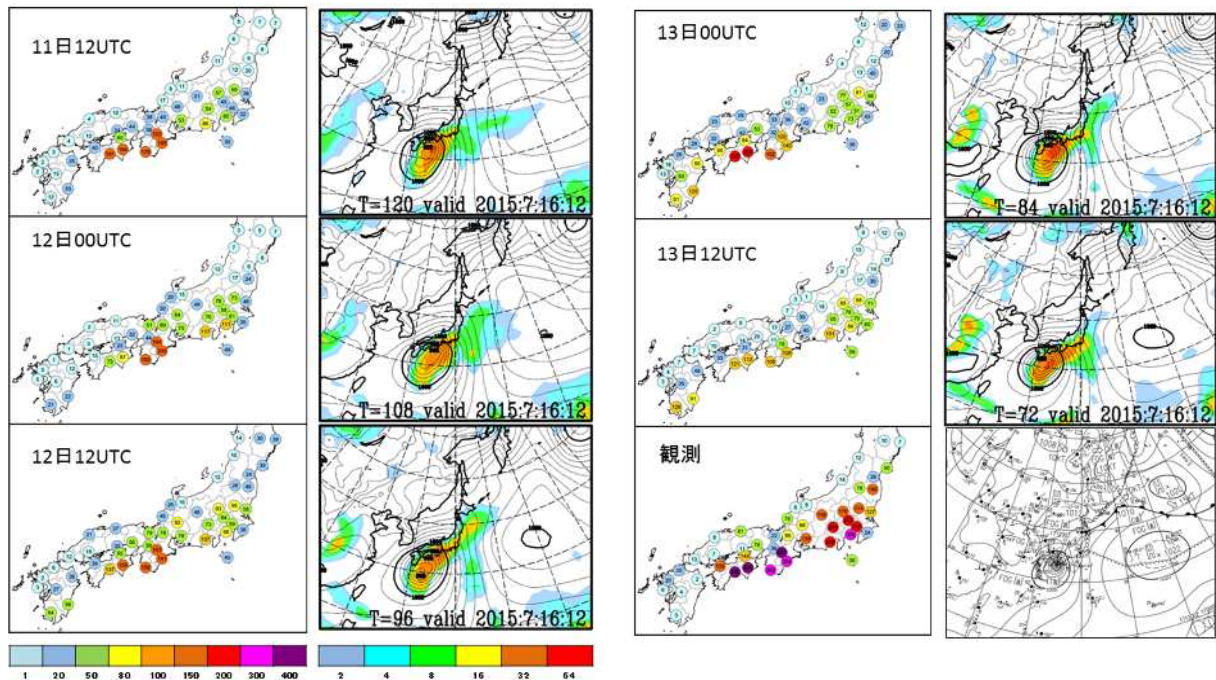
(1) ガイダンスと WEPS の予想

第 3.3.5 図に 7 月 16 日を対象としたガイダンスとアメダスによる日降水量(予報区内最大値)、16 日 12UTC の WEPS の地上予想図と地上天気図を示す。ガイダンスと予想図はいずれもアンサンブル平均したもので、初期値は古い順に 11 日 12UTC から 13 日 12UTC までである。

16 日は、奈良県上北山で 521.5mm、高知県魚梁瀬で 495.5mm、徳島県福原旭で 425mm 等、四国地方や紀伊半島で 400mm 以上、東海地方で 300mm 以上、関東甲信地方で 200mm 以上の降水量を観測した。ガイダンスは、11 日 12UTC 初期値で紀伊半島や四国地方に 150mm 以上の降水量が予想され、その後も続いた。WEPS は、四国沖から鹿児島沖に台風を予想するメンバーが多く、アンサンブル平均した予想図では中心の等圧線が楕円になっている初期値が多い。実際の台風経路より西寄りに位置するメンバーもあ



第 3.3.4 図 2015 年 7 月 16 日 12UTC の地上天気図



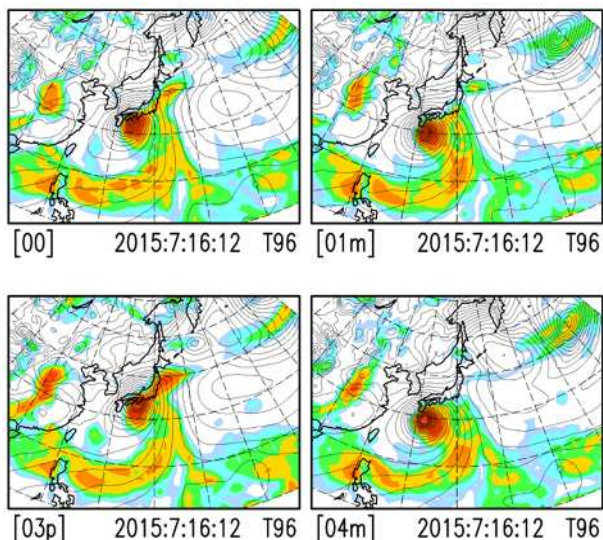
第3.3.5図 7月16日を対象とした初期値別の最大降水量ガイダンス(左図)とWEPS(左上から5組)とアメダスによる日降水量(左図)と地上天気図(右図)(右下1組)
ガイダンスの左肩の日時は初期値を表す。地上予想図の要素は海面気圧と日降水量。

たため、九州南部でもガイダンスの予想が100mm以上となった初期値もあった。東海地方や関東甲信地方については、12日00UTC初期値以降、広い範囲で50~80mm以上の降水量が予想されるようになっていた。降水が多くなる地域は、概ね4日前から予想できていた。

(2) 台風経路に近いメンバーのガイダンス

アンサンブル平均では大雨となる地域は概ね予想できていたが、予想した降水量は観測の半分以下であった。これは、平均することによってピークの値が小さくなってしまいうためである。そこで、台風経路に近いメンバーのガイダンスがどのような予想をしていたのかを確認する。

第3.3.6図はWEPSの7月12日12UTC初期値、メンバー00,01m,03p,04mの地上予想図である(対象時刻は7月16日12UTC)。このように、WEPSの各メンバーは、様々な位置に台風を予想している。この中から、台風経路に近いメンバー00のガイダンスを第3.3.7図に示す。山梨県から静岡県にかけては最大で50mm以上の予想で観測との差が大きいが、四国地方で最大400mm以上、紀伊半島で300mm以上を予想していた。このように台風に伴う大雨については、台風経路に近いメンバーのガイダンスを用いることが量的な予想において有効であることは、平成26年度全国週間予報技術検討会でも報告されている。

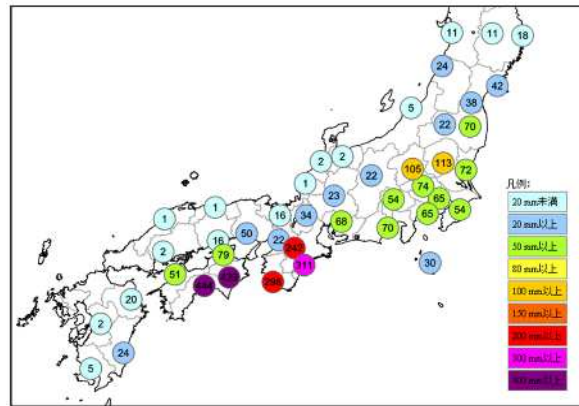


第3.3.6図 WEPS、7月12日12UTC初期値のメンバー00,01m,03p,04mの7月16日12UTCの地上予想図

3.3.5 ガイダンスの特性

ガイダンスの特性のまとめと今後の予定について述べる。

- 週間最大降水量ガイダンスは、WEPS の降水量をアメダス地点の降水量を基に頻度バイアス補正したガイダンスである。したがって、メソスケール現象や不安定降水といった WEPS で表現できない現象に伴う降水は予想できない。また、GSM 降水量ガイダンスのような地形効果の説明変数などは入っていないため、地形によって降水が強まるケースでは、量的な予想が不十分となる場合がある。
- 複数の予報区にまたがって同じ補正係数を持つアメダス地点があるため、強い降水が広く予想される場合がある。
- 50mm/日の降水分布は、アンサンブル平均の精度が単独メンバーに比べてよい。
- 100mm/日以上 of 降水は、アンサンブル平均では予想頻度が過少となり予想の精度が下がる。コントロールランや単独メンバーのうち、じょう乱の位置等の総観場が実況に近いメンバーのガイダンスは、量的な精度がアンサンブル平均よりよい。
- 今後、台風 5 日予報に近いメンバーの抽出ツールの開発等、ガイダンスを利用する上で有効な環境の整備を進めていく予定である。
- WEPS は、平成 26 年 2 月に高度化されている。最新のモデルでは、補正係数を求める従属期間を十分確保できなかったため、高度化前のモデルが従属資料となっており、ガイダンスは最新のモデルに最適化されているとは限らない。したがって常に特性を把握しながら利用する必要がある。また、十分な従属期間が確保できた時点で、バイアス補正係数を見直し、最新のモデルに最適化させる予定である。



第 3.3.7 図 7 月 12 日 12UTC 初期値のメンバー-00 の最大降水量ガイダンス(対象日は 7 月 16 日)

3.4 週間最大風速ガイダンス*

3.4.1 はじめに

数日先までの風の「警報級の現象になる可能性」の予測に資する基礎資料として、数値予報課では週間最大風速ガイダンスを開発した。本節では、週間最大風速ガイダンスの仕様と作成方法について簡単に説明するとともに、統計検証の結果や開発期間中に発生した顕著事例を通して、本ガイダンスの特徴及び利用上の留意点を述べる。

3.4.2 週間最大風速ガイダンスの仕様と作成方法

週間最大風速ガイダンスは、GSM 最大風速ガイダンス（小泉（2012）、小泉(2013)）を週間アンサンブル予報システム（WEPS）に適用したものである。週間最大風速ガイダンスの仕様を第3.4.1表に示す。参考のために、GSM 最大風速ガイダンスの仕様も併記した。

第3.4.1表 週間最大風速ガイダンスの仕様

	週間最大風速ガイダンス	GSM 最大風速ガイダンス
作成対象	アメダス地点	
作成方法	カルマンフィルター + 風速の頻度バイアス補正	
作成対象とするモデル	WEPS(00 及び 12UTC 初期値の 1 日 2 回 27 メンバー)	GSM(00/06/12/18UTC 初期値の 1 日 4 回)
予報対象時間単位	3 時間	
予報期間と間隔	FT=3 から FT=219 まで 3 時間間隔	FT=3 から FT=84 まで 3 時間間隔
逐次学習の有無	あり（コントロールラン） ¹	あり
説明変数	モデル予報値（地上東西風速・南北風速）	
層別化処理の対象	<ul style="list-style-type: none"> 作成対象地点 予報対象時刻（3 時間毎 1 日分） 風向（北東、南東、南西、北西）² 	<ul style="list-style-type: none"> 作成対象地点 予報対象時刻（1 時間毎 1 日分） 風向（北東、南東、南西、北西）²
頻度バイアス補正の閾値	観測の閾値：3.0、7.0、11.0、15.0m/s	

1：予測式の係数と頻度バイアス補正の閾値の更新は、コントロールランで行う。

更新した係数・閾値は全メンバーに適用する。

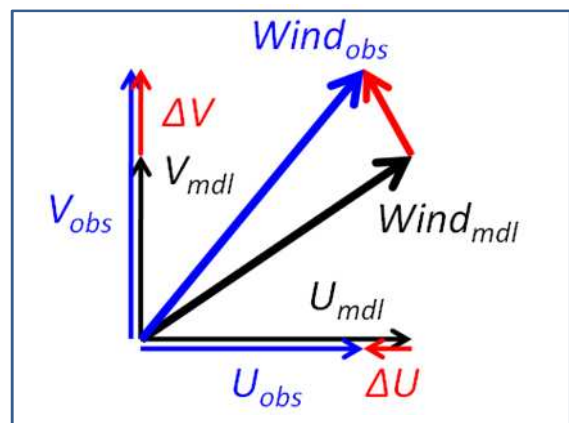
2：モデル予報値の地上風向により次の4つに層別化している（モデルの地上風向と観測の風向との差が 157.5° より大きい場合は学習しない）。

北東(360~90°)、南東(90~180°)、南西(180~270°)、北西(270~360°)

週間最大風速ガイダンスは次の2つの処理で作成される。

カルマンフィルターを使って逐次最適化した係数による補正

週間最大風速ガイダンスでは、WEPS の地上風予報値と観測される風の差（予測誤差）を目的変数とする。第3.4.1 図に示すように、風を U 成分（東西成分）、V 成分（南北成分）に分け、それぞれの予測誤差を推測することでこれを補正する量を求め、補正した予測値の U、V 成分を合成して風向・風速に変換する。季節の進行や数値予報モデルの変更に柔軟に対応できるように係数はカルマンフィルターを用いて逐次最適化する。なお、モデルの



第3.4.1 図 風ガイダンスの係数による補正の模式図（小泉(2012)）

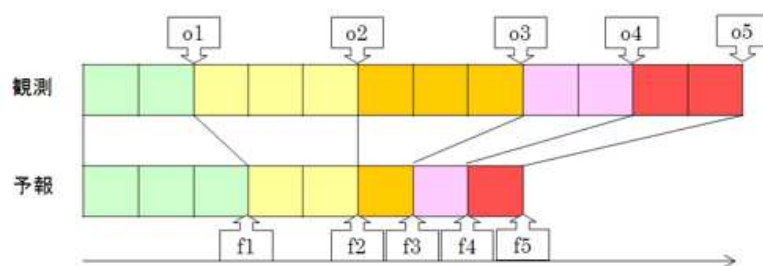
黒矢印はモデルの地上風、青矢印は観測された風、赤矢印はモデルと観測の誤差(差分)を表す。

*山本 佳緒里（気象庁予報部数値予報課）

風は、実況の風に比べて、日中弱く、夜間に強い傾向日変化がある。これに対応するため 24 時間分の対象時刻別の係数を 1 セットとし、予報時間内で繰り返し適用する。

頻度バイアス補正

の処理で使用する係数は、カルマンフィルターで逐次最適化されるため、観測頻度が多いカテゴリーに偏って調整される傾向がある。風は弱風の観測頻度が多く、強風が少ないため、そのままでは強風予想が出にくくなる。このため、観測値の分布に予報値の分布を近づける頻度バイアス補正を行う。これは、観測



第 3.4.2 図 頻度バイアス補正の仕組みを説明する模式図 (松下(2012))
o1 ~ 5 は観測の閾値、f1 ~ 5 は予報の閾値。

値と予報値に閾値を設けていくつかのカテゴリーを作り、対応するカテゴリー内の頻度が等しくなるよう予報値の閾値を調整して変化させる方法である(第 3.4.2 図)。週間最大風速ガイダンスでは、観測の閾値 o1=3.0m/s、o2=7.0m/s、o3=11.0m/s、o4=15.0m/s として相当させる予報の閾値 f1~f4 を調整する。頻度バイアス補正については、松下(2012)、小泉、蟻坂(2010)に詳しいので、詳細はそちらを参照願いたい。

3.4.3 週間最大風速ガイダンスの予測精度と利用法

ここでは以下の期間と地点を対象として週間最大風速ガイダンスの精度検証を行った結果を示す。

- ・期間：2015 年 1 月 17 日 00UTC 初期値から 2015 年 8 月 3 日 12UTC 初期値まで
 - ・地点：地域代表する地点として予報担当者により選出されたアメダス地点 (191 地点)
- 各メンバーの予想が全メンバーに占める割合を確率予測値と考え、その精度を検討した。

はじめに日最大風速が 18m/s を超える確率についての BSS(Brier Skill Score)¹を第 3.4.2 表に示す。暴風警報の基準は観測点ごとに異なるため、本調査では 18m/s 超を暴風の目安とした。確率を適切に評価するため、表には期間内に事例数が 3 事例以上あった地点を掲げた。BSS はおおむね正の値となっているが、一部の地点で気候値を下回った。なお、負の値となった宗谷岬でも、13m/s を閾値とした場合、BSS は 0.33 であった。

次に、週間最大風速ガイダンスの確率予測の信頼度を示す。第 3.4.3 図に強風事例が多いことから予測精度が良好であることが期待される北海道えりも岬の確率値別出現率図²を示した。ここでは、週間予報の

¹ BSS(Brier Skill Score)：気候値予測を基準とした予測の改善度合いを示す指標で、完全予測で 1、気候値と同等で 0、気候値予測より誤差が大きい場合に負の値となる。
 $BSS = (BS_c - BS) / BS_c$ ここで、BS: Brier Score BS_c: 気候値予測の Brier Score
 BS は以下の式で定義される。

$$BS \equiv \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - a_i)^2$$

ここで p_i: 確率予測値(0 ≤ p_i ≤ 1。「現象あり」を予測するメンバーが占める割合とした)、a_i: 実況値(1: 現象あり、0: 現象なし)、N: 標本数。BS は 0 から 1 の値をとり、0 に近いほど予測の精度が高いことを示す。
 BSC は、現象の気候学的出現率 P_c = M / N (M: 実況現象ありの事例数、N: 標本数) を常に確率予測値とする気候値予測の Brier Score で
 $BS_c = P_c (1 - P_c)$
 で定義される。

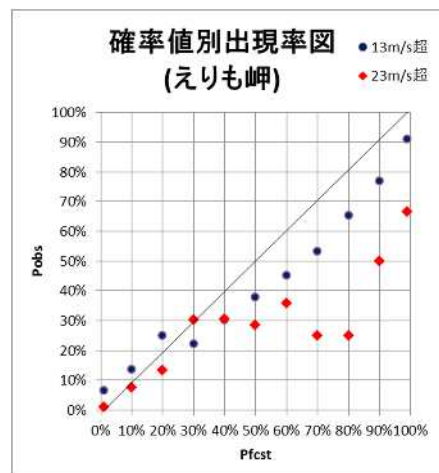
² 確率値別出現率図は信頼度曲線とも呼ばれるもので、ある現象を予想したメンバーが占める割合を現象出現予測確率値(Pfcst)として横軸に取り、各 Pfcst において実際に現象が出現した相対頻度(Pobs)を縦軸にとったものである。確率値別出現率図については、福田(2014)に詳しいので、参照願いたい。

作業に使用する予報日 3~7 日の予想値について、閾値を 23m/s とした場合を赤、観測数が多い 13m/s の場合を青でプロットし、理想的な状況である $P_{obs}=P_{fcst}$ に黒実線を引いた。

第 3.4.2 表 日最大風速 18m/s 超過確率の BSS と観測回数

BSS (FDAY=3-5平均)	日最大風速18m/s超の回数(2015年1月17日~8月3日)		
	3-5	6-10	11-
0.2以上	石垣島、釧路、沖永良部、北原、与那国島、西表島	相川、友ヶ島、三宅島、下地	飛島
0.1~0.2	松浜、志多阿原、北大東	根室、弟子屈	えりも岬、八戸
0~0.1	江差、秋田、塩川、勝浦	種子島、瀬戸、焼尻	室戸岬
-0.1~0	屋久島		
-0.1以下	稚内、奥尻		宗谷岬

閾値 13m/s のグラフは、 $P_{obs}=P_{fcst}$ にほぼ沿っており、ガイダンスの予測は概ね適切と考えられる。一方、閾値 23m/s の確率値のグラフは、確率値が 40%以上の部分では、右肩上がりの傾向を示しながらも $P_{obs}=P_{fcst}$ の直線から乖離が大きい。強風が多く観測されるえりも岬であっても、日最大風速 10m/s 以上の平年日数は 268.7 日、20m/s 以上は 42.6 日で、20m/s 以上の事例数は 10m/s よりかなり少ない。このため、20m/s 以上の風については確率の信頼度が低いと思われる。このことから、事例数が少ない顕著現象の予測には、確率値をそのまま使用するのはなく、過去の事例を調査して「確率値 %以上のときは出現率が %以上となる可能性が高い」といった判断基準を得て利用することが現実的であると考えられる。



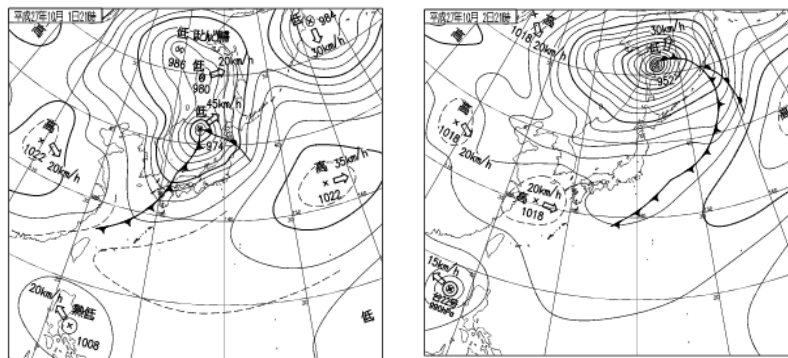
第 3.4.3 図 北海道えりも岬の確率値別出現率図

3.4.4 週間最大風速ガイダンスの予測事例

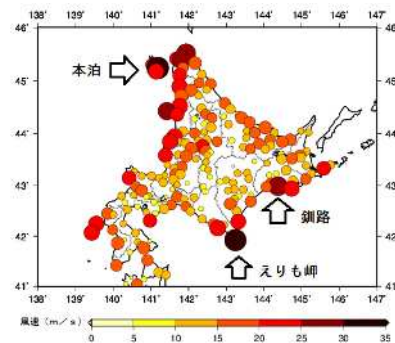
ここでは週間最大風速ガイダンスの特徴をよく示す 2 事例を紹介する。

急速に発達した低気圧に伴う北海道の暴風(2015年10月2日)

2015年10月1日に日本海にあった低気圧が急速に発達しながら北東進し、2日00UTCにサハリン付近で中心気圧946hPaまで発達、3日まで停滞した(第3.4.4図)。このため、北海道では2日から3日にかけて広範囲で暴風となり、本泊で日最大風速32.6m/s、えりも岬で32.2m/s、釧路で28.5m/sなどを観測した。本泊及び釧路では観測開始以来の極値更新であった。このときに観測された日最大風速の分布を第3.4.5図に示す。道北及び道東の沿岸で風速25m/s超の非常に強い風が吹いたことが分かる。

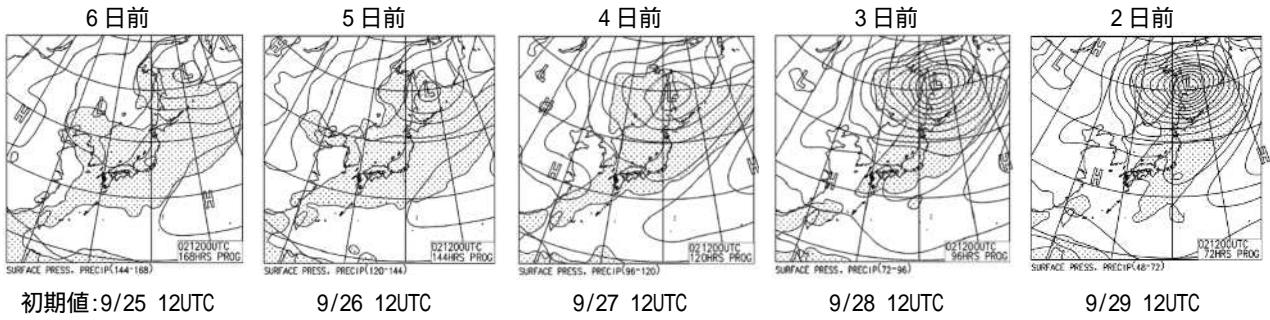


第 3.4.4 図 2015年10月1日(左)及び2日(右)12UTCの地上天気図



第 3.4.5 図 2015年10月2日の日最大風速(実況)の分布図

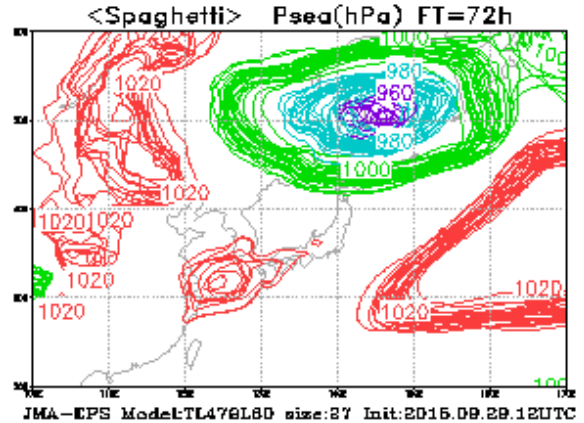
風速はカースケール及び円の大きさと表示している。



第 3.4.6 図 週間アンサンブル予報図 FEFE19 から 10 月 2 日 12UTC を対象とする予想図を抜粋したもの
右側へ進むほど、予報が新しくなる。

第 3.4.6 図は、週間アンサンブル予報図 FEFE19 から 10 月 2 日の予報対象分を抜粋し、初期値順に左から右へ並べたものである。FEFE19 は全メンバーの平均であるため、WEPS 全体の予測傾向を示す。この図から、当初、オホーツク海に予想されていた低気圧が、初期値が新しくなるにつれて、サハリン付近で強く発達するように予想が変化したことが分かる。29 日 12UTC 初期値の予想図と地上天気図(第 3.4.4 図)と比べると、WEPS による低気圧の予想は解析されたものに近かったことが分かる。

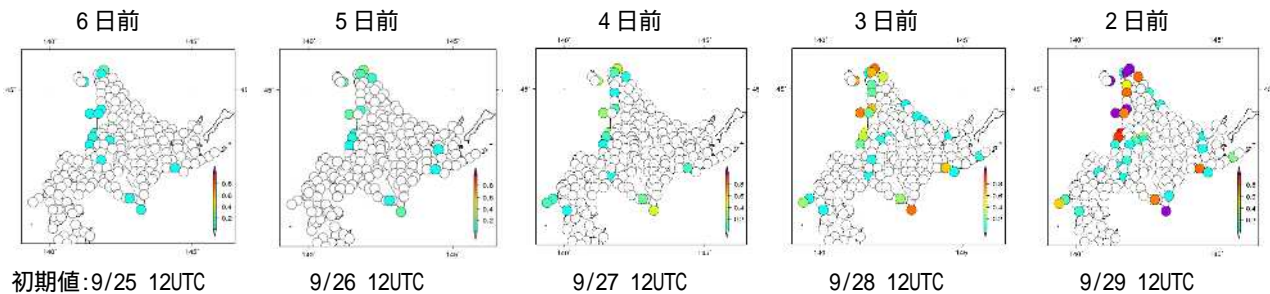
WEPS の各メンバーによる予測のばらつきを確認するために第 3.4.7 図に、72 時間前を初期時刻とする WEPS 全メンバーが予測した地上気圧の等圧線を 20hPa 刻みで重ね書きしたスパゲティダイアグラムを示す。WEPS の各メンバーにおいてサハリン付近の発達した低気圧が揃って予想されていたことが分かる。



第 3.4.7 図 2015 年 10 月 2 日 12UTC を対象とした 9 月 29 日 12UTC 初期値の海面更正気圧のスパゲティダイアグラム
全メンバーの等圧線を重ね書きしている。

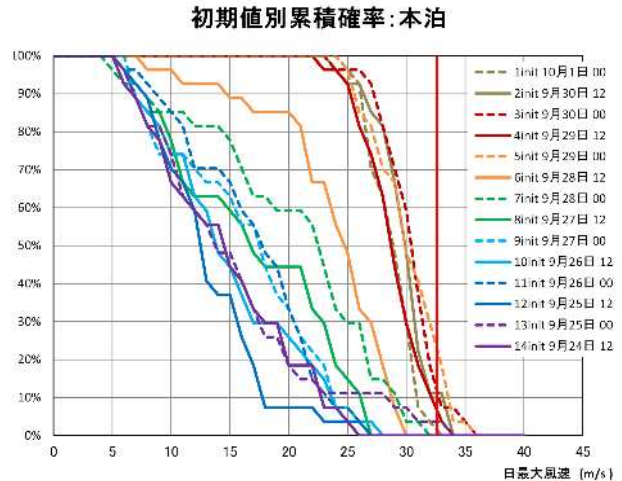
予想の変遷を見るために、第 3.4.8 図に、10 月 2 日を対象とした WEPS の各初期時刻の予測について、日最大風速 23m/s 超を予測した週間最大風速ガイダンスメンバーの割合をそれぞれ示した。初期時刻の古い予測においても 23m/s 超を予測したメンバーは存在していたが、第 3.4.6 図で見られるように、低気圧の発達が予想され始めた 9 月 28 日 12UTC 以降、沿岸の地点で 23m/s 超を予測するメンバーの割合が大きくなり、29 日 12UTC の予想ではその割合は更に増えた。このことは、暴風となる可能性が徐々に高まっていったことを示唆している。

最後に、第 3.4.9 図に本泊の 10 月 2 日を対象とした週間最大風速ガイダンスの初期値別累積超過確率を示す。初期値別累積超過確率図は、横軸に示した風速を超えたメンバーが占める割合を全初期値分、重ね書きしたもので、初期値によるメンバーのばらつき具合及び予測の変遷を示す。初期値が 9 月 24 日から 26 日



第 3.4.8 図 10 月 2 日を対象とする日最大風速 23m/s 超を予測したメンバーの割合をカラースケールで示したもの
右側へ進むほど、初期値が新しくなる。

12UTC の予測では、グラフの傾きが緩やかである。これはメンバー間の日最大風速の予測の振れ幅が広く、予測がばらついていたことを意味する。また、初期値が新しくなるにつれてグラフは右側に移動しており、これは全体的に風が強くなる傾向であることを示している。29日 00UTC から、グラフの傾きが急になっており、メンバーのばらつきが縮小、つまり、予想が揃ってきたことが示されている。またこれ以降、ほとんどのメンバーが 25m/s 以上の非常に強い風を予測するようになったが、実際の観測値 32.6m/s を予測したメンバーは半数に届かなかった。このことから、週間最大風速ガイダンス最大風速値自体の予測精度は十分ではなかったが、暴風の可能性は表現できた、といえる。



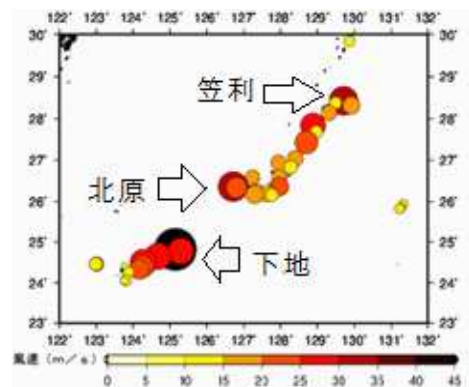
第 3.4.9 図 本泊の 2015 年 10 月 2 日の日最大風速について、横軸の閾値を超えるメンバーの割合を累積し描画した初期値別累積超過確率のグラフ
初期値は色別で 14 初期値分並べて描画した。赤い縦線は実際に観測された日最大風速を示す。

2015 年台風第 6 号による沖縄の暴風(2015 年 5 月 12 日)

第 3.4.10 図に台風第 6 号 (以下、T1506) の経路図を示す。T1506 は、5 月 3 日 18UTC にカロリン諸島付近で発生し、発達しながら北西に進んだ。5 月 10 日、フィリピン付近で北西に進路を変え、5 月 11 日夜遅くから 12 日未明にかけて先島諸島を通過し、12 日 00UTC には奄美大島の西南西を北東に進んだ。

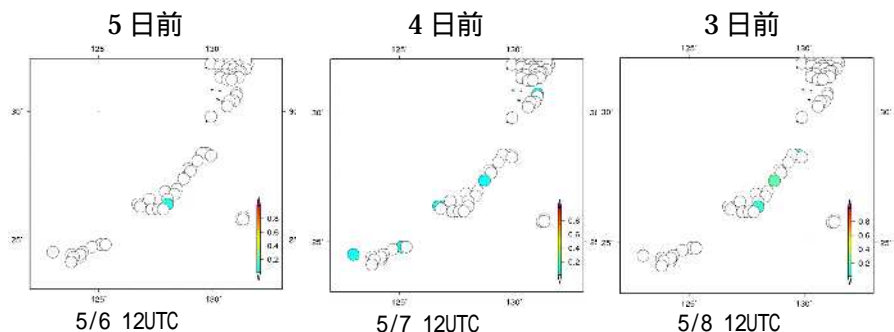


第 3.4.10 図 2015 年 T1506 の経路
実線部分が台風、点線は温帯低気圧としての期間を表す。

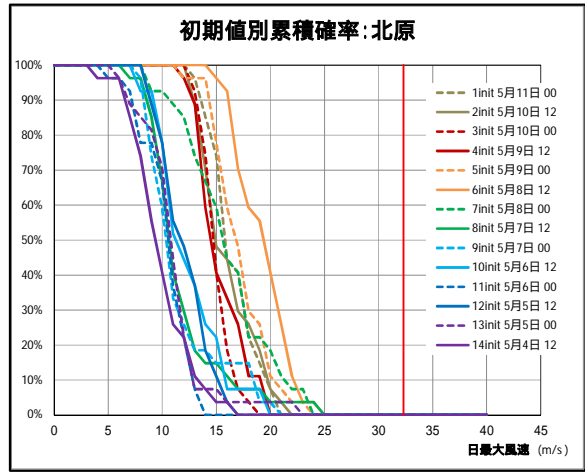
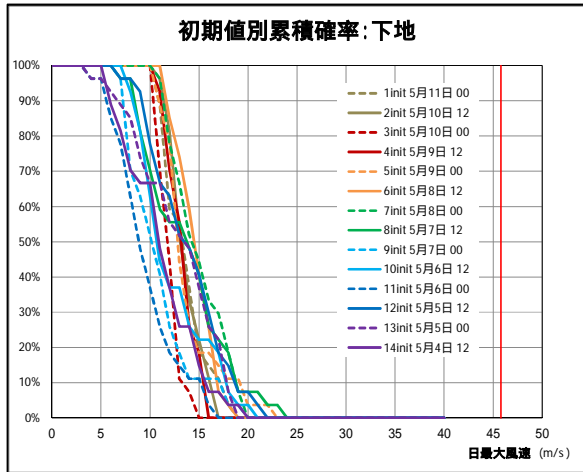


第 3.4.11 図 2015 年 5 月 12 日の沖縄・奄美地方の日最大風速の分布図
風速はカラースケール及び円の大ききで表示している。

第 3.4.11 図に 5 月 12 日に観測された沖縄・奄美地方の日最大風速を示す。T1506 は 11 日 12UTC から 12 日 00UTC の間、最大風速 35m/s の強い勢力ながら、暴風域半径が 80km と小さい台風であったため、T1506 の進行方向右側にあたった経路沿いの観測点で 25m/s 以上の非常に強い風が観測された。特に風が強かったのは、沖縄県下地 45.8m/s、北原 32.3m/s、鹿児島県笠利 30.9m/s であった。



第 3.4.12 図 2015 年 5 月 12 日を対象とする日最大風速 23m/s 超を予測したメンバーの割合をカラースケールで示したもの
右側へ進むほど、初期値が新しくなる。

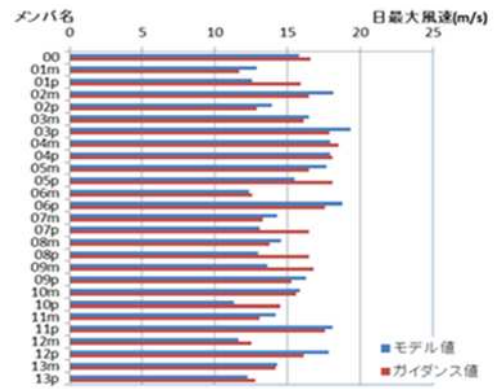


第 3.4.13 図 2015 年 5 月 12 日の日最大風速について、横軸の閾値を超えるメンバーの割合を累積して描画した初期値別累積超過確率のグラフ

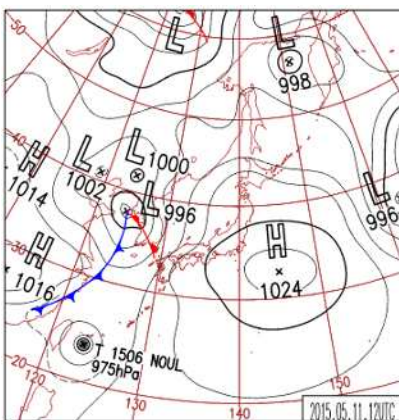
左が沖縄県下地、右が同北原。初期値は色別で 14 初期値分並べて描画した。赤い縦線は実際に観測された日最大風速を示す。

日最大風速 23m/s 超を予想したメンバーの割合を示す。初期値が新しくなると日最大風速 23m/s 超を予想するメンバーが見られるが、その割合は低いままである。第 3.4.13 図に 5 月 12 日を対象とした下地及び北原の週間最大風速ガイダンスの初期値別累積超過確率のグラフを示す。下地も北原もガイダンスでは 20m/s 以下の風を予想するメンバーが多数で予測のばらつきも小さく、25m/s 以上の非常に強い風は全く予想されていなかったことがわかる。

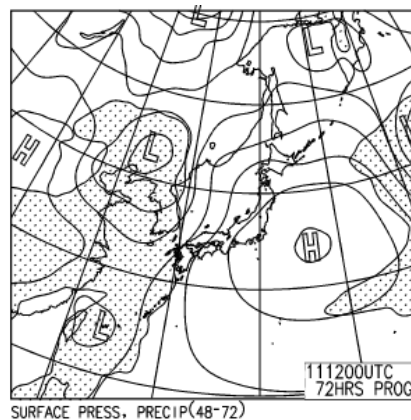
第 3.4.14 図に 12 日を対象にした 8 日 12UTC 初期値による下地の 12 日の最大風速予想を示す。青が WEPS、赤がガイダンス値で、各メンバーの値を示している。下地では WEPS とガイダンスの値がほぼ一致していることから、ガイダンスがモデルの予測値を大きく補正しなかったことがわかる。そこで、以下で WEPS の予想状況を確認した。



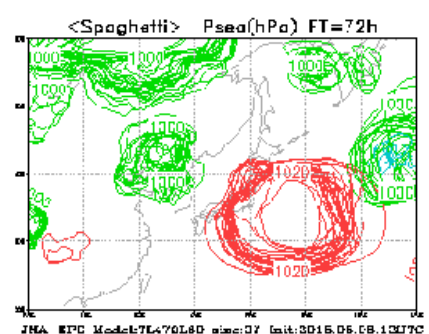
第 3.4.14 図 2015 年 5 月 12 日の沖縄県下地を対象にした 8 日 12UTC 初期値による各メンバーの WEPS モデル値とガイダンスの日最大風速予想



第 3.4.15 図 2015 年 5 月 11 日 12UTC の地上天気図



第 3.4.16 図 2015 年 5 月 11 日 12UTC を対象とする 2015 年 5 月 8 日 12UTC 初期値の FEFE19

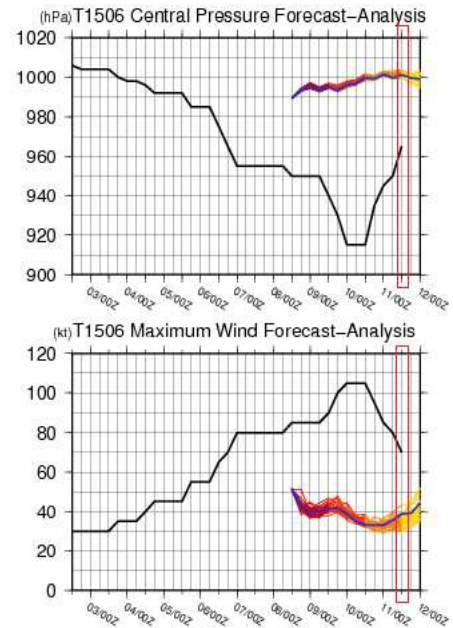


第 3.4.17 図 2015 年 5 月 11 日 12UTC を対象とする 5 月 8 日 12UTC 初期値 FT=72 のスパゲティダイアグラム

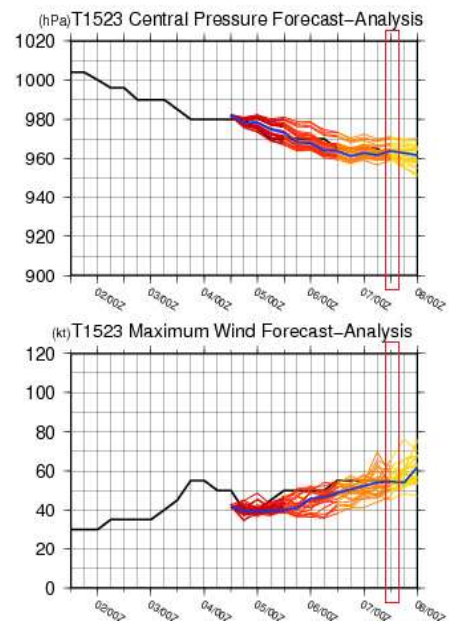
下地で5月12日に最大風速が観測されたのは01時19分(JST)である。この時刻に最も近い5月11日12UTCの地上天気図を第3.4.15図に示す。T1506は先島諸島付近にあり、中心気圧は975hPaであった。5月11日12UTCを対象としたFEFE19の予想図(初期値8日12UTC)を第3.4.16図に示す。WEPSではT1506が弱い低気圧として表現されていたことがわかる。第3.4.17図に示したスパゲティダイアグラム(5月8日12UTC初期値、5月12日12UTC対象)では、沖縄周辺に1000hPa以下の等圧線はなく、T1506は表現されていない。第3.4.18図に8日12UTC初期値のWEPSによるT1506の中心示度、中心付近の最大風速の予想を示す。中心示度、最大風速は初期値の時点から継続して、実況よりかなり弱く表現されていたことがわかる。

また、事後解析によるとT1506は5月12日12UTC時点で中心付近の最大風速35m/sの強い勢力でありながら、暴風域半径が80km、強風域半径190kmのスケールが小さい台風であった。このような特徴を持つT1506は、水平解像度の制約もあってWEPSでは十分に表現されず、そのため、週間最大風速ガイダンスでも適切な予想ができなかったと考えられる。

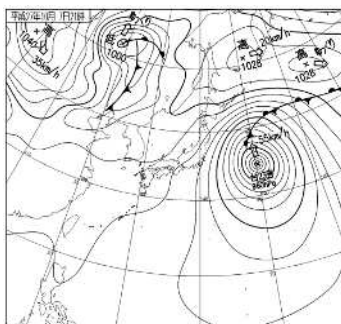
参考までに、スケールが大きい台風の予測例として、2015年台風第23号(以下、T1523)の状況を示す。T1523は10月7日12UTCに超大型となって、日本の東海上を北に進んだ台風で、北および東日本太平洋沿岸に非常に強い風をもたらした。第3.4.19図は10月7日12UTCの地上天気図、第3.4.20図はこの時刻を予想対象とした4日12UTC初期値のスパゲティダイアグラムである。T1523を示唆する980hPaの等圧線が描かれており、その位置及び中心示度の予想にばらつきはあるが、日本の東海上を北上するという傾向は示されている。第3.4.21図に4日12UTC初期値のWEPSによるT1523の中心示度、中心付近の最大風速の予想を示す。中心示度、最大風速ともに解析値はメンバーのばらつきの範囲内であったことがわかる。第3.4.22図に10月7日に最大風速23.4m/sが観測された千葉県銚子を対象とした週間最大風速ガイ



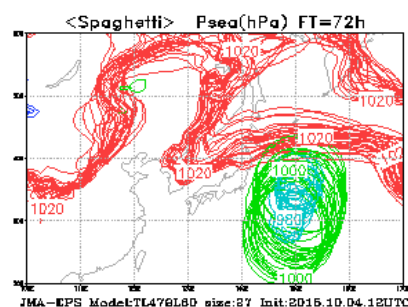
第3.4.18図 2015年5月8日12UTC初期値のWEPSによるT1506の中心示度(上)及び最大風速(下)の予想図
黒線は速報解析値、青線はアンサンブル平均、暖色系の線は全メンバー重ね描きしたもの。赤枠は5月11日12UTCを示す。



第3.4.21図 2015年10月4日12UTC初期値のWEPSによるT1523の中心示度(上)及び最大風速(下)の予想図
黒線は速報解析値、青線はアンサンブル平均、暖色系の線は全メンバー重ね描きしたもの。赤枠は7日12UTCを示す。



第3.4.19図 2015年10月7日12UTCの地上天気図



第3.4.20図 2015年10月7日12UTCを対象とする10月4日12UTC初期値のFT=72のスパゲティダイアグラム

ダンスの初期値別累積超過確率のグラフを示した。初期値が新しくなるにつれて風が強まる予想に変化し、20m/s 以上の非常に強い風が吹く可能性を十分に表現していたことがわかる。

このように、台風による暴風の予測可能性は WEPS での台風の表現・予想のばらつきに大きく依存する。WEPS での表現が十分でない台風については、ガイダンスだけではなく、台風 3 日予報等も参考にして、暴風の可能性を検討する必要がある。

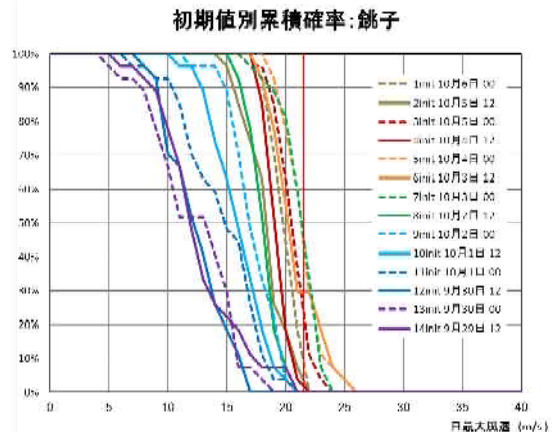
3.4.5 まとめ

WEPS に GSM 最大風速ガイダンスの手法を適用して週間最大風速ガイダンスを開発した。ガイダンスはモデル予測値の系統誤差を補正する技術である。WEPS が表現しやすい現象(例：冬型の気圧配置や発達した低気圧に伴う強風)はガイダンスでも精度よく表現される。しかし、台風は、一般に温帯低気圧より予想の不確実性が高く、そのスケールによっては WEPS による表現が十分でないことがある。暴風を引き起こす現象が WEPS でどのように表現されているか、どのように予想がばらついているか、を確認し、擾乱のコース、速度などの予想の変化傾向を考慮の上、ガイダンスを利用願いたい。

今後であるが、アンサンブル予報は多数のメンバーが存在するため、コントロールだけではなく各メンバーの予測結果を利用するなど係数更新の方法や各メンバーからの情報の引き出し方などに改善の余地があると考える。運用開始後も事例を蓄積し、改善を図りたい。

参考文献

- 小泉友延, 2012: 風ガイダンスの概要. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 110-111.
- 小泉友延, 2013: 風ガイダンスの改良. 平成 25 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 49-57.
- 松下泰広, 2012: アプリケーション. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 42-53.
- 小泉友延, 蟻坂隼史, 2010: 降水ガイダンスの改良. 平成 22 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 71-77.
- 福田純也, 2014: 数値予報研修テキストで用いた表記と統計的検証に用いる代表的な指標. 平成 26 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 168-172.



第3.4.22 図 2015 年 10 月 7 日の日最大風速について、千葉県銚子の初期値別累積超過確率のグラフ。初期値は色別で 14 初期値分並べて描画した。赤い縦線は実際に観測された日最大風速を示す。

3.5 波浪アンサンブルシステムと週間波浪ガイダンス*

3.5.1 はじめに

波浪情報については、短期的な防災情報以外にも、第 3.5.1 図に示したように中長期的な情報のニーズが多数ある。航海計画時に全期間の波浪状況がわかれば、航路選定等に便利である。港湾工事や作業船の手配なども、数日先の見通しが立てば効率的に計画できる。週末に海水浴などのマリレジャーを計画する際にも活用できよう。先の波浪状況把握を目的として、気象庁の全球波浪モデルは 12UTC 初期値については 264 時間先まで予想を行っている。一方、波浪の状況は、その外力である低気圧や台風などの気象擾乱の状況（特に位置）に左右され、気圧配置が変わると高波域も大きく変わってしまうため、決定論的な予測では延長予想の信頼性が低くなり、予測結果は参考程度にしか利用できない。

先の予測を利用するには、信頼性情報も加味した統計的波浪予測が必要となり、海洋気象情報室では、波浪アンサンブルシステムの開発を進めてきた。同システムは、平成 25 年 5 月より継続的な計算を開始し、本運用に向けてデータの蓄積やモデルの改修及びプロダクトの検討等を行っている。同予測結果は、平成 28 年度から提供される 5 日先までの波浪予報や試行的に開始される波浪に関する警報級の可能性を報じる上での基礎資料である。このため、これらの情報発表に必要となるガイダンスの内容について関係者間で協議し検討等も行ってきた。波浪アンサンブルシステムとその特性等について簡単に解説し、週間予報向け波浪ガイダンスの内容についても紹介する。

- 船舶の安全で経済的な航行の選定
数日間の航海が一般的
航海後の大幅なルート変更は不可能
- 漁業・海上作業等における計画・見通し
安全な航海作業計画
作業の可否判断
- 港湾作業の計画
作業船・作業要員の計画的な手配（荒天対応予備日の短縮）
- 防災体制の準備
防災対応への準備（施物手配・移動など）
- 海洋レジャー
週末の海水浴・釣り・プレジャーボート航海等の計画

第 3.5.1 図 週間波浪情報のニーズ

3.5.2 波浪アンサンブルシステム

海洋気象情報室では、週間スケールの波浪情報に対するニーズを踏まえ、平成 22 年頃より波浪アンサンブルシステムの開発を進めてきた。同システムの概要を表 3.5.1 に示す。表には、参考として全球波浪モデルと、主に府県の波浪予報で用いられる沿岸波浪モデルの概要も示した。

波浪アンサンブルシステムは、極域を除く全球域を計算する。格子解像度 1.25 度は、2007 年まで使用していた全球波浪モデルと同じ解像度、海陸分布である。ただし、モデル自体は、現行の全球波浪モデルなどと同じものであり、旧バージョンのものではない。格子解像度 1.25 度（約 140km）は、日本の沿岸部を表現するには若干粗めの値ではあるが、週間スケールの気象擾乱のばらつきを考慮すると、アンサンブルメンバーの差異に基づく統計結果の有意性は十分にあると思われる。

波浪アンサンブルは当時の大気アンサンブルシステム（EPS）の仕様を踏まえて計画されたため、12UTC 初期値のみの運用となっており、メンバー数は 27 となっている。EPS と同様に 2 初期値化するかどうかにについては、今後計算機資源等も考慮して検討したい。

*高野 洋雄（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室）

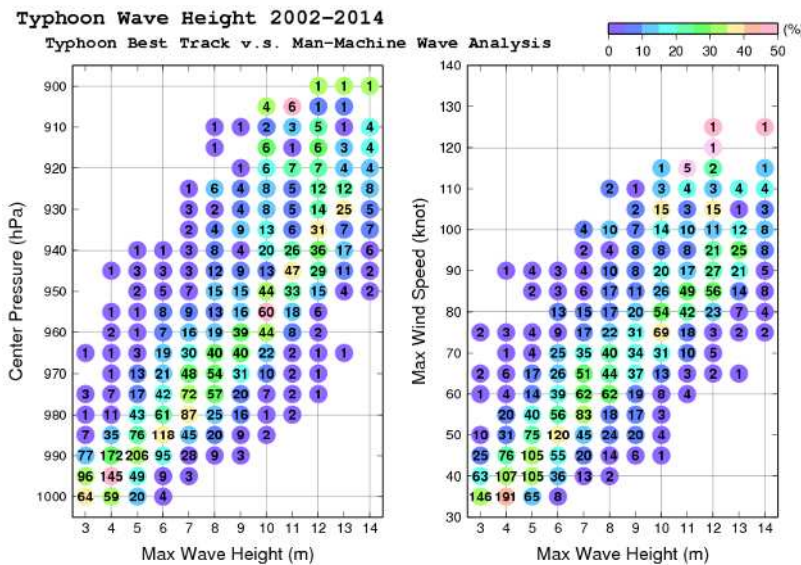
第 3.5.1 表 波浪アンサンブルシステムの概要

	全球波浪アンサンブル	全球波浪モデル	沿岸波浪モデル
タイプ	MRI-III (第 3 世代波浪モデル)		
計算領域	極域を除くほぼ全海域 75° S ~ 75° N 180° W ~ 0° ~ 180° E (全周)	極域を除くほぼ全海域 75° S ~ 75° N 180° W ~ 0° ~ 180° E (全周)	日本近海・沿岸 20° N ~ 50° N 120° E ~ 150° E
格子間隔	緯経度 1.25 度	緯経度 0.5 度	緯経度 0.05 度
スペクトル成分	900 成分 (25 周波数 × 36 方位) 周波数成分: 0.0375 ~ 0.3Hz; 対数分割 方位成分: 10 度間隔		
外力	GSM EPS (27 メンバー) 6 時間毎	全球モデル GSM (20km 格子) 台風域内は仮想的な傾度風で補正* (*72 時間先まで)	
予測時間 (12UTC) (00/06/18UTC)	264 時間	264 時間 84 時間	84 時間 84 時間

EPS においては、初期値の摂動の与え方が重要となるが、波浪アンサンブルの場合、同じ初期値を用いて EPS の各メンバーが予測した大気場に応じて波浪を計算する。初期摂動がいらなため、モデルとしてはシンプルである。波浪は、基本的にその場の外力によって作られるため、先の予想にとって初期値の違いは余り重要ではない。このことは、波浪の予測結果は、大気モデルで予測された場に依存していることを意味する。実際の予報作成時にも、単に波浪モデルの予測結果を参照・修正するのではなく、予測された大気擾乱の状況を踏まえて波浪予報を作成することが重要である。また、大気モデルで予測された台風強度が十分でない場合、現業波浪モデルのように台風域内の風のボーガス補正は行っていないため、低めの波浪しか予測されない。このため、台風による波浪については、別途台風強度に基づいた波高の修正が必要になる。参考として、台風強度（中心気圧もしくは最大風速）と最大波高の関係を示すものを第 3.5.2 図に示す。これは、海洋気象情報室で行っている波浪解析の結果を取りまとめたものである。現時点では、台風の強度予報は 3 日先まで、その先を直接修正は出来ないうえ、こればかりに頼って最大波高を決めることは危ういが、

台風による最大波高のひとつの目安としてあげておく。

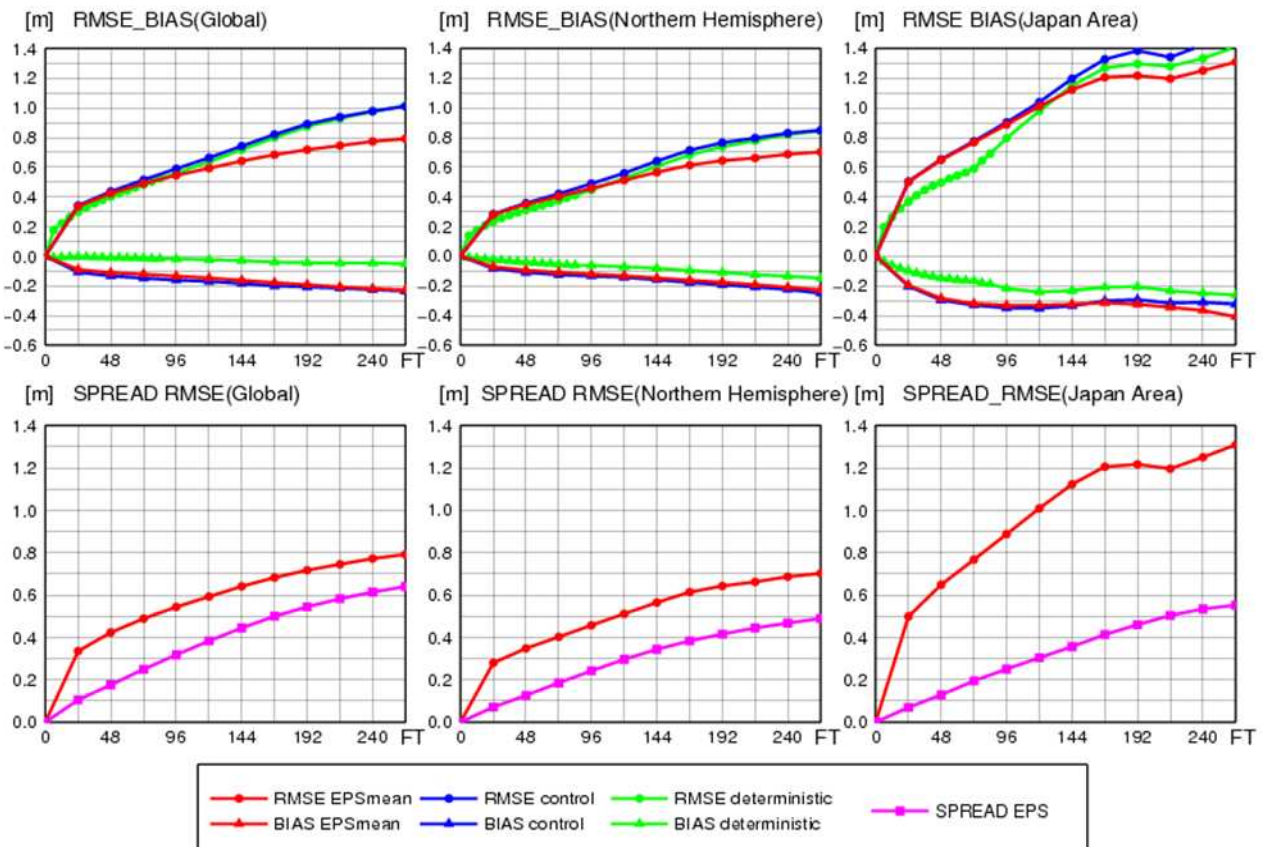
波浪アンサンブルの予測精度の例として、2015 年 8 月の結果を示す。第 3.5.3 図は、左から、全球、北半球、日本域における予想時刻別の平方根平均二乗誤差 (RMSE) と平均誤差 (バイアス) を示したものである。RSME は、予想時間が 96 時間を越える頃から、アンサンブル平均のほうが全球モデルよりも小さくな



第 3.5.2 図 台風強度の最大有義波高の統計結果

っており、統計的予測値の優位性が示される。コントロールランの結果と全球モデルの RSME は、コントロールランが若干大きめではあるがほぼ同じであり、両モデルの基本精度に大きな違いはないと見なせる。ただし、アンサンブル平均はモデルの負バイアスも予想時刻が先になると増加する傾向にある。これは、低解像度のため海上風強度が弱めであることなどが原因と思われる、今後係数等の調整など更なるモデルの最適化が必要かもしれない。なお、日本域の RSME が大きく変化しているのは、8 月にいくつかの台風が日本付近を通過して不確実性が高まったためと考えられる。全球や北半球の RSME は比較的安定した値を示しており、こちらが波浪アンサンブルシステムの全般的な精度といえよう。波浪アンサンブルのスプレッドは、いずれの場合も RSME よりも小さく、アンサンブル集団の包括性は弱めである。ただし日本付近については、台風の影響で RSME が大きめであったため両者の開きが大きい。全球や北半球の結果では両者の差はおおよそ 20-30cm 程度であり、統計の有意性は問題ないといえよう。

WAVE EPS Score 201508

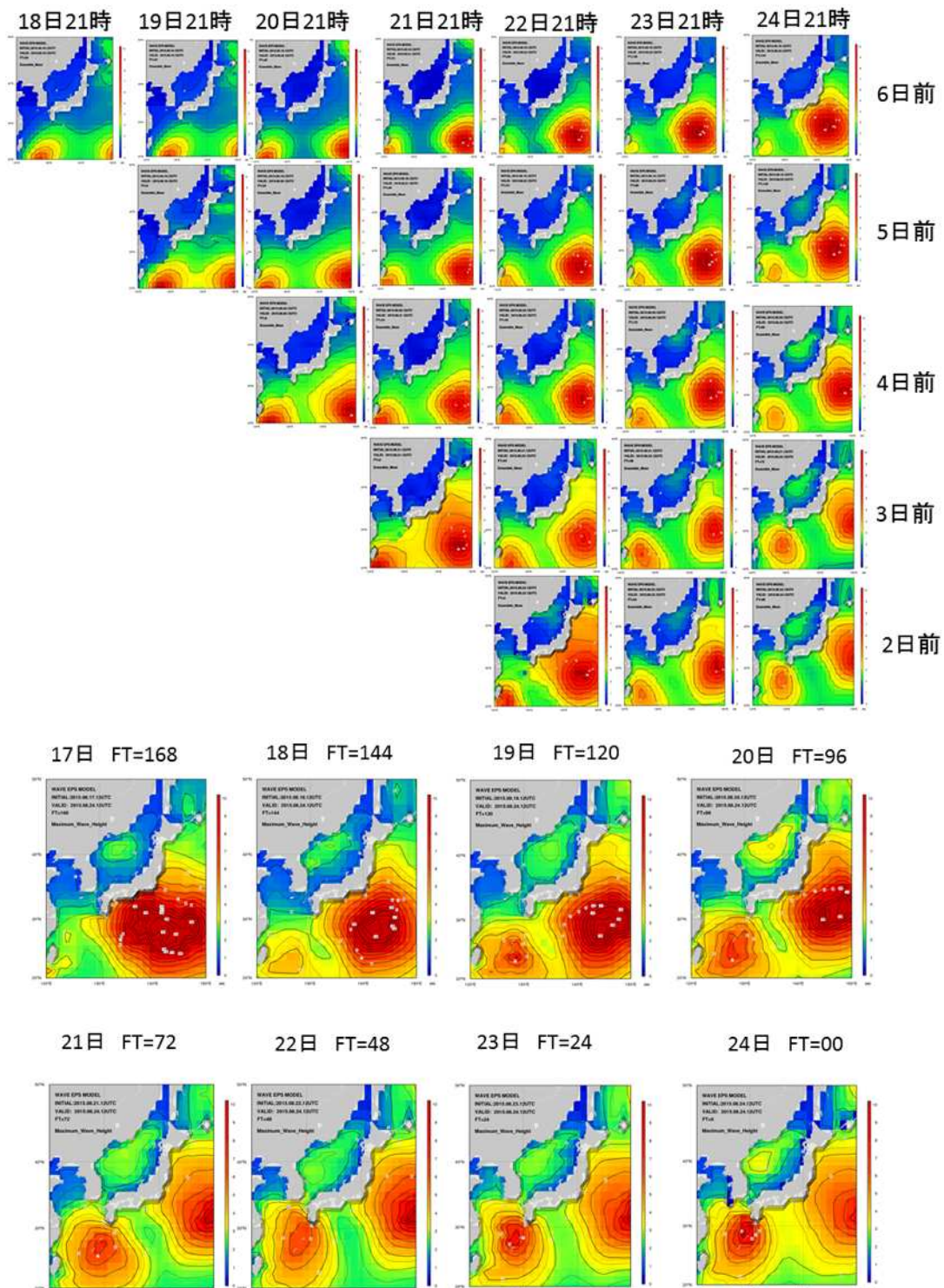


第 3.5.3 図 波浪アンサンブルの予想時間ごとの統計結果 (2015 年 8 月)

左から、全球域、北半球、日本近海における、波浪アンサンブル平均 (赤)、大気アンサンブルコントロールランによる結果 (青)、全球波浪モデル (黄緑) の予測時刻ごとの RSME とバイアスを表す (上段)。下段は、アンサンブルの平均 RSME とスプレッドを表す。

次に、波浪アンサンブルの予測事例をみよう。第 3.5.4 図は、8 月 24 日 12UTC を対象とした予測結果を初期値ごとにならべたものである。左の図はアンサンブル平均の波高分布の推移である。5・6 日前の予測では、日本の南東にある台風第 16 号が日本の東や南の海上に高波を予測し、台風第 15 号は台湾に向かう予測になっているが、後の初期値では台風第 16 号は東にそれて高波は日本の東のみ、かわって台風第 15 号により南西諸島や九州が高波域となっている。台風の見路等が異なったため初期時刻によって波高分布に違い

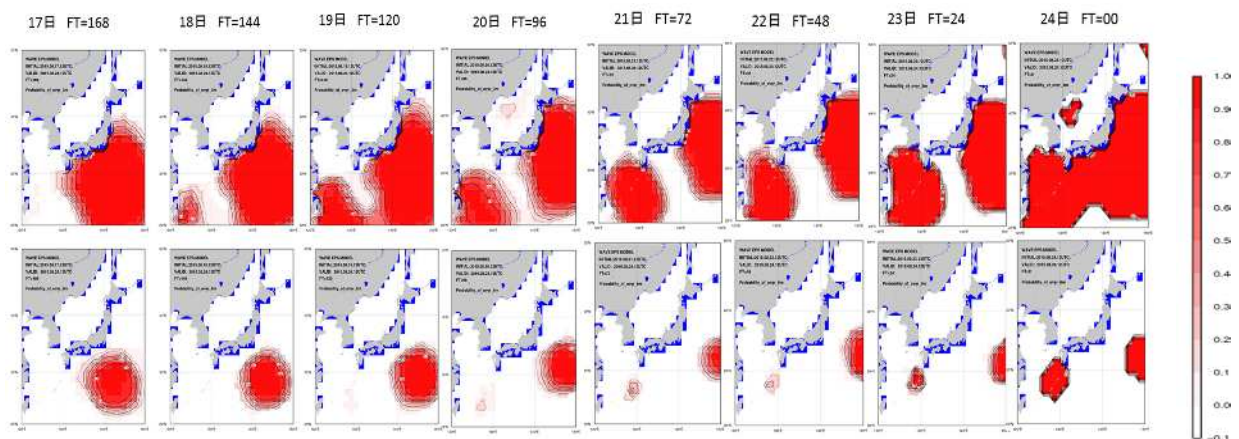
ができるのは当然だが、二つの台風による日本の東と南西諸島付近の高波は一貫して予測されており、アンサンブル平均の波高分布は意外に同じパターンをとっているようにも思える。最大波高を見ると、特に 17 日初期値（164 時間予想）で高波の極大値がいくつか予想されている。これはメンバー毎の台風予測進路に応じた高波が反映されたものである。最大波高は、様々な台風コースに応じた高波の可能性を把握する際に有効であろう。



第 3.5.4 図 波浪アンサンブルの予想事例（対象時刻：8月24日12UTC）

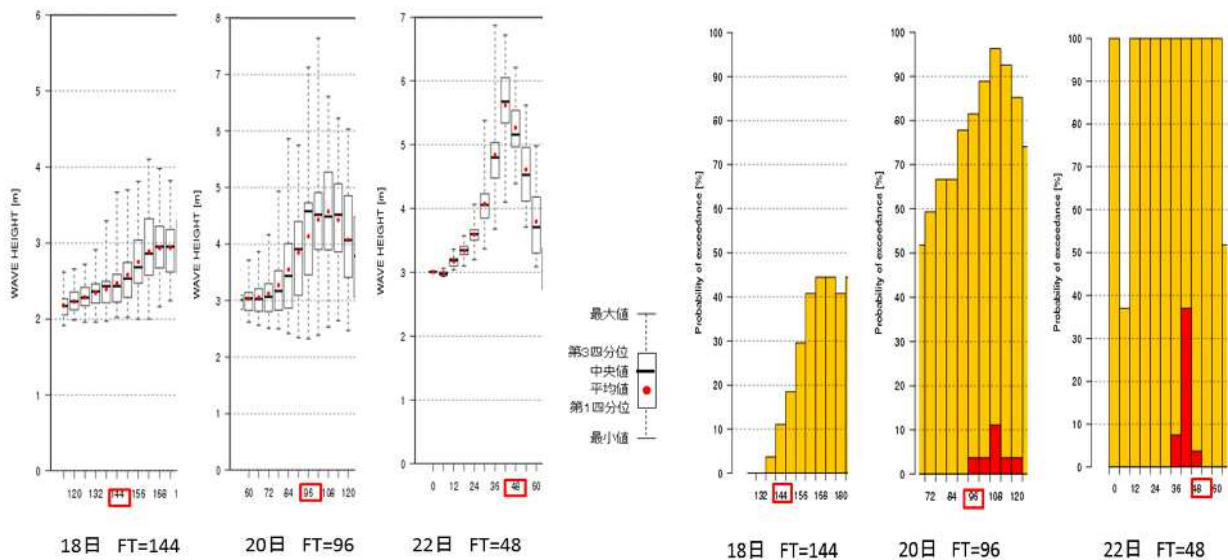
（上）初期値別のアンサンブル平均波高予測図、（下）最大波高の初期値別予測結果

第 3.5.5 図には、同じく 8 月 24 日 12UTC を対象とした 3m と 6m 波高超過確率を示す。超過確率は、それぞれの波高を予測したメンバー数の割合で定義してある。予測時刻の違いによって高波域が変化しており、特に 6m 超過確率で顕著である。波浪の場合、2-3m 程度の領域はうねりが広範囲に伝播するためあまり大きな違いはなく、台風などの擾乱の位置にはあまり左右されない。一方で、波高 6m を超えるような高波の場合は、台風中心付近に限定されるので、台風予測位置が変わると大きく異なる。高波になるほど、領域が限定的になって位置ずれの可能性も高くなる事に注意が必要である。なお、これらの超過確率は、予測されたメンバー数の割合で算出されているため、外力である気象擾乱のパターンに依存する。このため、気象アンサンブルのスペルッドが大きい場合は、パターンのはらつきが大きいいため確率が低めになることに注意を要する。



第 3.5.5 図 8 月 24 日 12UTC に対する初期値別超過確率

波高 3m (上) と波高 6m (下) の超過確率 (それぞれの波高を予測したメンバーの割合) をあらわす。



第 3.5.6 図 沖縄における波浪予測の時系列と超過確率 (対象 : 8 月 24 日 12UTC)

左はアンサンブルメンバーの Boxplot、右は波高の超過確率 (黄色 3m 以上、赤 6m 以上) を示す。それぞれ、左から 18 日 (144 時間予想)、20 日 (96 時間予想)、22 日 (48 時間予想) が対象時刻に相当する。

第 3.5.6 図は、8 月 24 日 12UTC を対象とした沖縄の地点 (北緯 26.25 度、統計 127.50 度) における予測時系列の結果である。18 日初期値では、台風第 15 号は西に向かう予想のため、24 日 (144 時間予測) の波は高くなく、最大の波高でも 4m 未満である。波高 3m の超過確率も 10% 程度と低かった。その後台風の予測

が変わり、20日初期値（96時間予測）では波高3以上の高波はほぼ確実となり、波高6mを越える可能性も出てきた。波高のアンサンブル平均は4m強、第3四分位波高で5m弱、最大は7mを越えている。なお、この予想では、高波ピークは24日12UTCよりも後に予想されている。2日前の22日初期値（48時間予想）では、高波のピークは該當時刻よりも前になり、第3四分位波高で6mを超えているほか、波高6mの超過確率が40%近くになっている。台風による波浪は予測の難しい事例といえるが、ばらつきなども考慮できる統計的予測は、決定論的予測よりも信頼できる予想を組み立てられると期待される。

3.5.3 週間波浪ガイダンス

週間予報向けの波浪ガイダンスとして、波浪アンサンブルシステムから統計的に求めた有義波高のアンサンブル平均、最大値、第3四分位波高、及びスプレッド、更に、波高3mから6mに対する超過確率（基準波高以上を予測したメンバー数の割合）を作成している。また、日本沿岸域における格子点における予測値の時系列と超過確率も作成する。

大気場の予測が安定している場合、アンサンブル平均波高がもっとも確からしい波浪の状況を表すと考えられる。一方で、台風などのように高波域が位置や強度に大きく依存する状況では、アンサンブル平均はあまり有効な指標にはならない。最大波高は、起こりうる最大の波高であるから、最悪のケースを暗示しているものの、実際の発生確率は低いため、そのまま利用するのは過剰評価になりやすい。最大波高は、値をそのまま使うよりは、潜在的高波の可能性を把握するのに有効である。

平成26年度の週間事例検討会で、5日先までの警報級の可能性を予測するには、第3四分位波高値が有効であることが指摘された（平成26年度週間予報技術検討会札幌・仙台資料）。このため、波浪ガイダンスには、第3四分位波高値も作成している。比較的高めの波高なうえ統計的な可能性も高まるため、より実用的な高波の警戒が可能となるであろう。各地点別の予測情報には、各種統計の波高やばらつきや超過確率が、時系列で示されているので、対象海域の予報作成に有効であろう。ただし、確率的なプロダクトについては、スプレッドの大きさに強く依存することに留意する必要がある。

3.5.4 おわりに

波浪アンサンブルシステムは、週間予報に高波についての警報の可能性が試行として追加される平成28年度出水期に本運用開始とする予定である。現在は本運用に向けた準備段階として、予測値に触れて特性を把握するなどの慣熟ステージにある。波浪アンサンブルおよびガイダンス特性を把握して、平成28年度からの確かな予報が出せることを期待している。

また、波浪アンサンブルの予測結果をより活用していくため、今後以下の提供を行っていくことも検討している。

波浪アンサンブル GPV

確率付きの波浪予測情報は、最適航路選定、いわゆるウェザールーティングにとって大変有用な情報といえ、民間気象会社向けに予想結果（GPV）の提供も計画している。

JMH 週間波浪図

現在、船舶向け無線FAX図（JMH）では、波浪についてはFWPN、FWJPのように翌日までのものが主プロダクトである。しかし、数日先までの波浪概況がわかれば、航行や漁労作業などの計画時に大変有益な情報である。船舶向けに週間アンサンブルに基づくJMH週間波浪図の提供を検討する。

3.6 週間降雪量ガイダンス*

3.6.1 はじめに

数値予報課では、5日先までの雪の警報級の可能性を予測する基礎資料として、週間降雪量ガイダンスを開発した。本節では、この週間降雪量ガイダンスの仕様とその予測の特徴について示す。

3.6.2 ガイダンスの仕様

週間降雪量ガイダンス（以下、降雪量ガイダンス）は、短期予報向けの最大降雪量ガイダンス（古市ほか（2009））の作成手法である雪水変換法を週間アンサンブル予報システム（以下、WEPS）に適用したガイダンスである。この雪水変換法に用いる降水量と地上気温も、降雪量ガイダンスと同様に短期予報向けのガイダンスの予測手法をWEPSに適用して作成している。

降雪量ガイダンスの仕様を第3.6.1表に示す。降雪量ガイダンスの予測対象は、アメダス積雪深計設置地点の日降雪量である。ガイダンスでは、まず3時間降雪量（3時間降水量×3時間平均雪水比）を作成し、これを24時間分積算して日降雪量とする。ただし、このままでは大雪ほど予測頻度が過大な傾向がみられるため、積雪深計観測による24時間降雪量を用いた頻度バイアス補正を行い、その予測頻度を調整して日降雪量とする。地上気温の予測には、2014年3月に改良された短期予報向けの気温ガイダンスと同じ手法を、地上気温と雪水比の統計関係は最大降雪量ガイダンスと同じものを、降水量は短期予報向けと同じ手法で作成した格子形式の3時間平均降水量を予測対象地点に内挿して用いる。

3.6.3 ガイダンスの予測の特徴と留意点

降雪量ガイダンスの予測の特徴と留意点について、統計的な検証および大雪事例を用いて解説する。

週間予報の発表細分毎に検証した、アンサンブル平均日降雪量とNcm超過確率（Ncm以上を予測したメンバーの割合）の統計検証からは、降雪量ガイダンスには次のような特徴がある。

アンサンブル平均日降雪量の予測頻度には過小傾向がある。

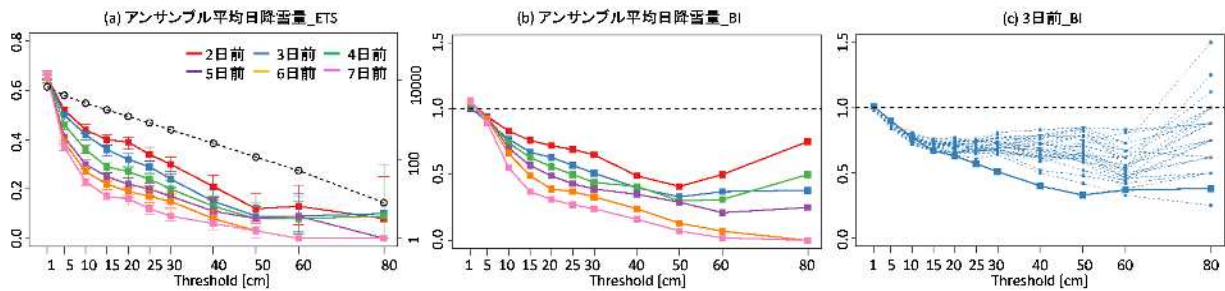
超過確率は、全体に実況の出現相対頻度より高い傾向があり、注目する降雪量の閾値が大きくなるほど、この確率が高い傾向がより強くなる。

第3.6.1表 週間降雪量ガイダンスの仕様

週間降雪量ガイダンス	
作成手法	雪水変換法 + 頻度バイアス補正
対象地点	アメダス積雪深計設置地点
作成対象モデル	WEPS（00及び12UTC初期時刻の1日2回27メンバー）
予報対象	日降雪量（24時間降雪量）
予報期間と間隔	FT=27からFT=219まで6時間間隔
逐次学習の有無	有り（コントロールランで更新を行う）
層別化	対象地点、予報時間（FT=27～45, 51～69, 75～93, 99～117, FT=123以降は99～117と同じ係数を使用する）
備考	地上気温と雪水比の関係式は最大降雪量ガイダンスと同じ（詳細は古市・松澤(2009)を参照）。頻度バイアス補正の閾値は1.5, 10, 30, 50, 80cmを設定。地上気温は、短期予報用の気温ガイダンス（後藤(2014)）を、降水量は、平均降水量ガイダンス（安藤(2007)、小泉・蟻坂(2010)）をWEPSに適用して作成する。地上気温、降水量のどちらも、係数更新はコントロールランで行い、全メンバーに係数を適用する。頻度バイアス補正も同様にコントロールで閾値を更新し、全メンバーに適用する。

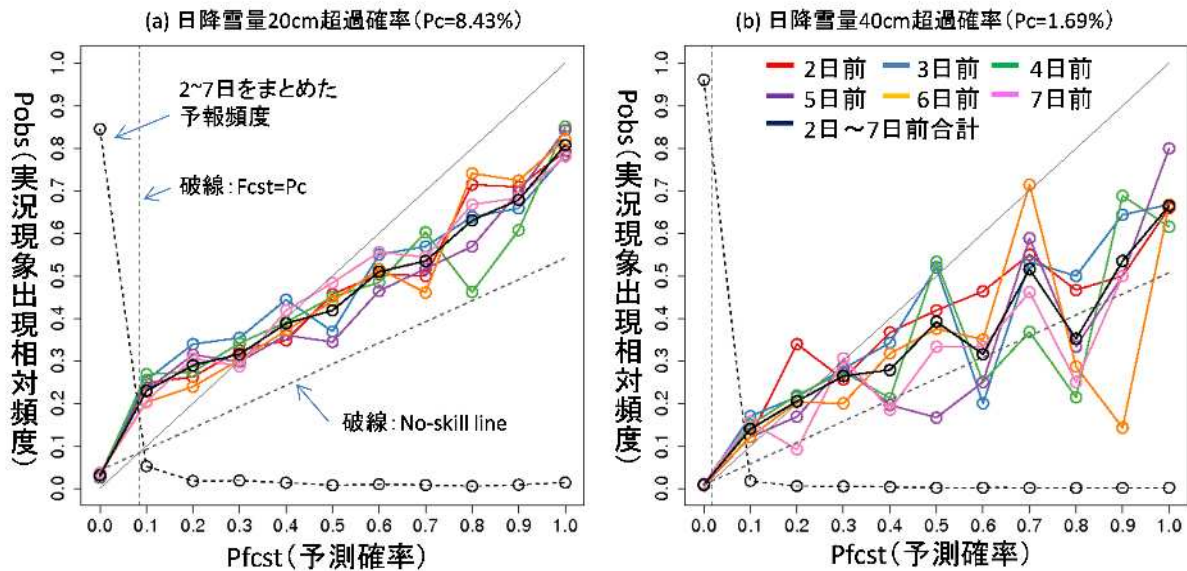
*白山 洋平（予報部数値予報課）

第 3.6.1 図に全国を対象とした予報日別・閾値別のエクイタブルスレットスコア (ETS) およびバイアスコア (BI) を、第 3.6.2 図に確率値別出現率図を示す。実験は、2014 年 2 月 26 日から逐次学習を行い、2014 年 12 月から 2015 年 2 月までの 3 か月間について検証を行った。アンサンブル平均日降雪量の ETS は、予報日が先になるほど精度が低下しており、予報時間に応じた自然な変化を示している。BI は、どの予報日でも、閾値 5cm 以上では 1.0 より小さく、予報頻度には過小傾向があることが分かる。これは、週間最大降水量ガイダンス (3.3 節) と同様で、各メンバーの予測を平均することで予測値が丸められるためである。確率値別出現率図では、 $y=x$ の理想直線よりも信頼度曲線の傾きが概ね小さく、予報確率が実況の発生頻度より高い傾向がある。アンサンブル平均日降雪量の予報頻度が過小傾向であることと、一見整合が取れない



第 3.6.1 図 予報日別・閾値別検証図

(a) アンサンブル平均日降雪量の ETS 及び事例数 (黒破線、右軸)、(b) アンサンブル平均日降雪量の BI、(c) アンサンブル平均日降雪量 (実線) 及びメンバー別の日降雪量 (破線) の BI (3 日前)。図は横軸が降雪量の閾値、色は予報日を表す。検証は 2014 年 12 月 ~ 2015 年 2 月の 00 及び 12UTC 初期値について全国のアメダス積雪深計設置地点 (ただし気温の観測の無い地点を除く) を対象に予報日別に行った。



第 3.6.2 図 確率値別出現率図

(a) 日降雪量 20cm 超過確率、(b) 日降雪量 40cm 超過確率。検証方法は、第 3.6.1 図に同じ。確率値別出現率図については、福田(2014)に詳しいので、参照願いたい。

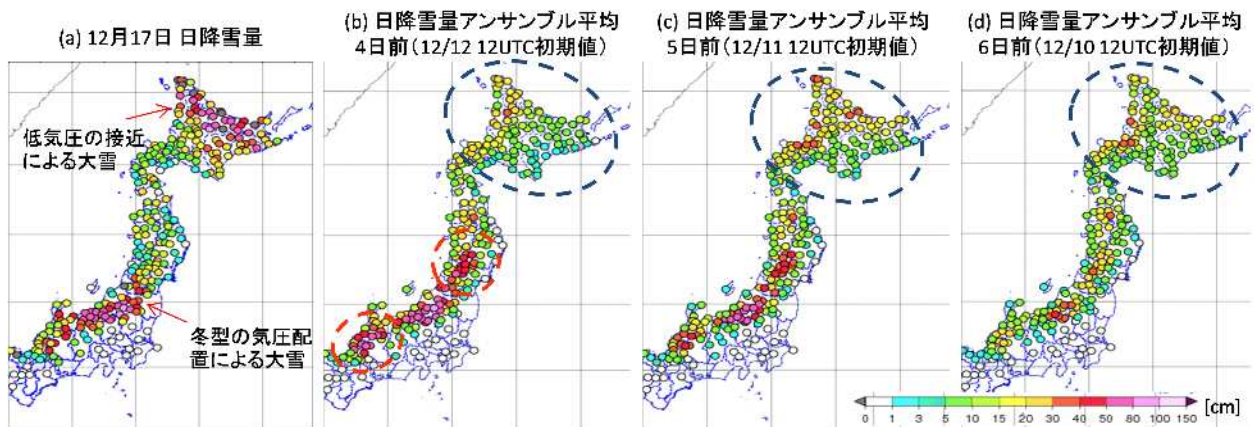
¹ 2014 年 2 月 26 日に週間アンサンブル予報システムは、計算頻度を 1 日 2 回 (00, 12UTC 初期値) に更新している (越智・経田(2014))。これ以前は、更新前の週間アンサンブル予報システムを使ってガイダンスの開発を行った。

ように思えるが、これは予測頻度の多い低確率では実況の発生頻度より過小な傾向があるためである。また、信頼度曲線の傾きは、20cm を閾値とした場合よりも 40cm を閾値とした場合の方がより小さくなっており、高確率の予報確率が高めの傾向が大雪の場合ほど強まっていることが分かる。超過確率で見た場合、注目する警報級の現象を予測する頻度は、実際に警報級の大雪になる頻度よりも多くなるため、警報級の大雪として扱う確率を高めを設定することが必要となる。

次に大雪事例を通して、降雪量ガイダンスの予測の特徴を説明する。第 3.6.3 図は、2014 年 12 月 16 日から 18 日にかけて、日本海と本州南岸を進んだ低気圧が急速に発達しながら北海道付近に進み、その後冬型の気圧配置となった事例での 17 日の日降雪量と降雪量ガイダンスの 4 日前、5 日前、6 日前の予測²である。この事例では、北陸地方や福島県では冬型の気圧配置によって、北海道では低気圧の接近によって、それぞれ異なる要因で大雪となった。ガイダンスの予測結果を見ると、前者は実況に比べて広範囲に大雪を予測した過大な面も見られるが（第 3.6.3 図(b)赤丸）、概ね 5 日前頃から大雪を予測できたと言える。これは、千島近海での低気圧の発達とそれに伴って日本付近の冬型の気圧配置が強まることを、WEPS が安定して予測したことに対応する（図略）。一方で、北海道の大雪については、まとまった降雪量が予測されず、4 日前ではアンサンプル平均日降雪量で 20cm 程度、2 日前（図略）でようやくオホーツク海側で 40cm を越える程度の予測で、十分なリードタイムを持った予測が出来なかった（第 3.6.3 図青丸）。これは、北海道のオホーツク海側から太平洋側の降雪が低気



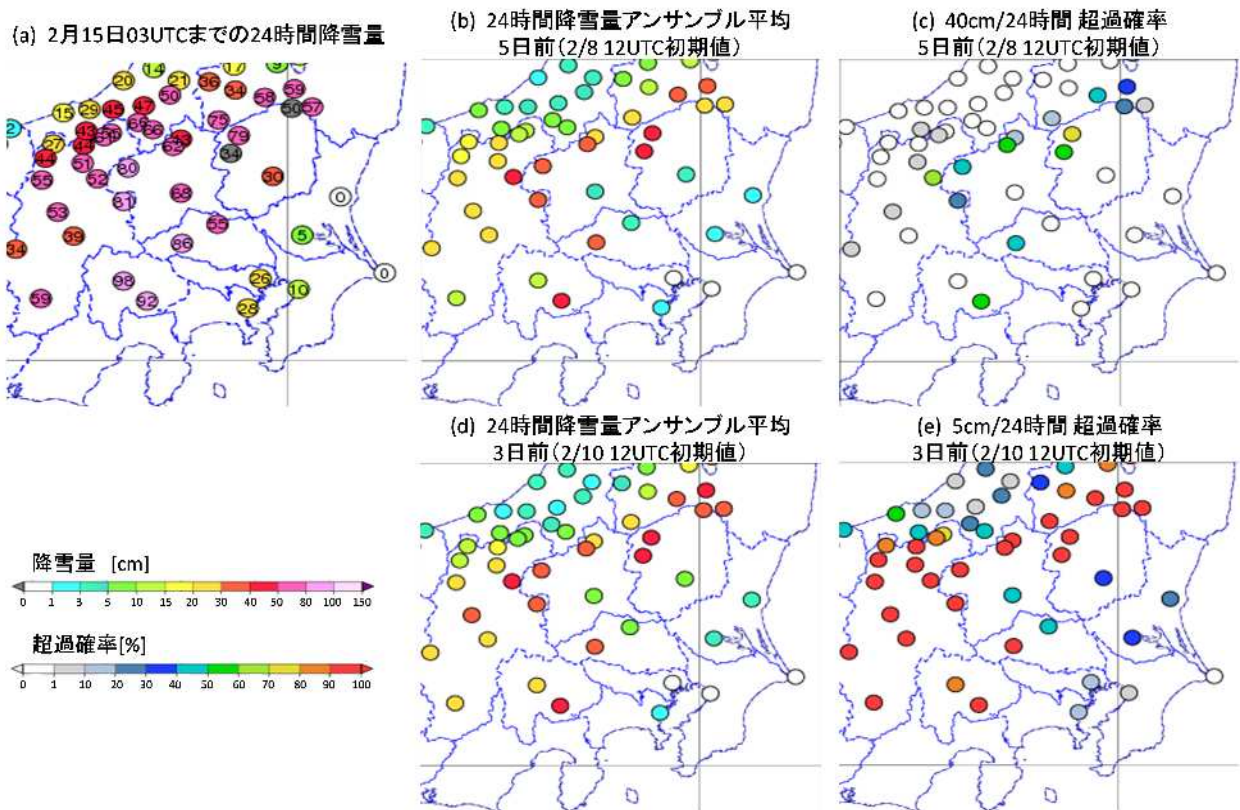
第 3.6.4 図 2014 年 12 月 11 日 12UTC 初期値の滝上の日降雪量予測箱ひげ図はアンサンプルメンバーの降雪量ガイダンスの分布を、青破線はコントロールランのガイダンス、緑破線はアンサンプル平均、赤丸は観測値を表す。箱ひげ図は、箱の中に 50%のメンバーが含まれ、箱からのびるひげはデータの最大値または最小値を表す。



第 3.6.3 図 12 月 17 日の(a)日降雪量と 4,5,6 日前を初期時刻とした日降雪量アンサンプル平均

初期時刻は、(b)12 日 12UTC、(c)11 日 12UTC、(d)10 日 12UTC。(a)の日降雪量は、毎正時の前 1 時間積雪深差が正の場合を積算した値。プロットが灰色の地点は、期間中に積雪深の欠測を含むことを表す。

² 12UTC 初期時刻のガイダンスを利用する日を起点としている。



第 3.6.5 図 2月15日03UTCまでの(a)24時間降雪量と5日前または3日前を初期時刻とした日降雪量アンサンブル平均と超過確率(40cmまたは5cm超過確率)

初期時刻は、(b),(c)が8日12UTC、(d),(e)が10日12UTC。(a)の降雪量は、毎正時の前1時間積雪深差が正の場合を積算した値。プロットが灰色の地点は、期間中に積雪深の欠測を含むことを表す。

圧の接近によるものだったため、WEPSによる低気圧の発達程度や進路の予測のバラツキの影響を受けやすかったためと考えられる。低気圧の予測にバラツキが多い場合には、降雪量や分布の予測もメンバー間のバラツキが大きい。そのため、これらを統計処理したアンサンブル平均では大雪が予測されにくく、また超過確率も高い確率にはなりにくいいため、大雪の兆候を掴むのは難しくなる。ただし、個々のメンバーに注目すると実況に近い大雪を5日前の初期時刻で予測したものもあり(第3.6.4図)、予測する低気圧の発達程度や進路が実際の低気圧に近いメンバーの降雪量予測を参考にすることが可能と考えられる。

最後に南岸低気圧による大雪事例について示す。第3.6.5図は、関東地方で記録的な大雪となった2014年2月14日から15日の大雪事例の15日12時までの実況の24時間降雪量と降雪量ガイダンスの3日前、5日前の予測である。関東北部の山間部で観測された約80cm/24時間といった大雪は予測することはできていないが、ガイダンスは5日前で24時間降雪量が40cmを超えるメンバーが50%を超える予測の地点もあり、山沿いや山間部での大雪の可能性を示唆できている。平野部については、3日前でもアンサンブル降雪量、超過確率どちらも実況と比べて十分な予測とは言えないが、都心部で5cm/24時間程度の降雪となる可能性は予測していた。このように、南岸低気圧による大雪について予測は難しいものの、平野部でも降雪の可能性は表現しており、降雪予測の資料として活用できると考えられる。

3.6.4 まとめ

5日先までの雪の警報級の可能性を予測する基礎資料として週間アンサンブル予報システムを用いて開発した週間降雪量ガイダンスについて、ガイダンスの仕様と予測の特徴を解説した。統計検証や事例を通して解説した、アンサンブル平均は量的に少なく、特に低気圧による降雪は低気圧の位置のばらツキの影響を

受けて少なくなりやすい 超過確率は高確率ほど実況の発生頻度に比べて過大な予測となりやすく、閾値が大きくなればその傾向は強くなる、といった特徴に留意して、週間降雪量ガイダンスを利用していただきたい。

参考文献

- 安藤昭芳，2007：降水確率、平均降水量、最大降水量ガイダンス．平成 19 年度数値予報研修テキスト，気象庁予報部，50-59．
- 福田純也，2014：数値予報研修テキストで用いた表記と統計的検証に用いる代表的な指標．平成 26 年度数値予報研修テキスト，気象庁予報部，168-172．
- 古市豊，松澤直也，2009：最大降雪量ガイダンス．平成 21 年度数値予報研修テキスト，気象庁予報部，27-38．
- 後藤尚親，2014：気温ガイダンスの改良．平成 26 年度数値予報研修テキスト，気象庁予報部，72-79．
- 小泉友延，蟻坂隼史，2010：降水ガイダンスの改良．平成 22 年度数値予報研修テキスト，気象庁予報部，42-48．
- 越智健太，経田正幸，2014：週間アンサンブル予報システム．平成 26 年度数値予報研修テキスト，気象庁予報部，49-61．

3.7 警報級の可能性ガイダンス*

3.7.1 はじめに

警報級の可能性ガイダンスは、明後日から5日目までの雨、風、波、雪の警報級の現象となる可能性を、週間天気予報の予報区毎に「高」、「中」等で予想するためのガイダンスである。なお、警報級の可能性は、警報ありと判定したときに警報級の現象があった事例の割合(以下、適中率という)が「高」では5割程度以上、「中」では3~4割程度を想定している。なお、数日先の積乱雲や線状降水帯に伴う大雨のような時間・空間スケールの現象を予測することは、現状の技術(週間天気予報)では難しい。このため、明後日から5日先までの「警報級の可能性」で扱うことができるのは、台風や低気圧・前線などの大規模なじょう乱に伴う現象に限られる。

3.7.2 作成手法

(1) 警報級の可能性ガイダンスの考え方

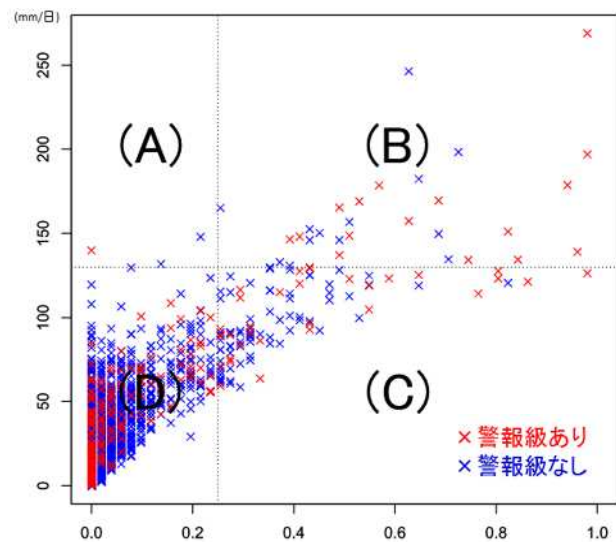
警報級の可能性ガイダンスは、量的ガイダンスを基に「超過率がある閾値以上」または「アンサンプル平均値がある閾値以上」の場合に想定した適中率に基づいて警報級の現象となる可能性を「中」または「高」と判定する。超過率とは、量的ガイダンスがある閾値以上を予想するアンサンプルメンバー数の割合である。判定の条件は超過率が主となるが、少数でも顕著な予想をするメンバーがあった時に警報級の可能性ガイダンスに反映できるように、アンサンプル平均値の閾値も併せて用いることとした。

ガイダンスに用いる閾値は、過去の量的ガイダンスと警報級の現象があった事例との統計関係を基に、警報級の可能性が想定した適中率と一致するように設定している。警報級の現象の定義は後述する(第3.7.2節(4))として、雨の警報級の可能性ガイダンスの例を第3.7.1図に示す。第3.7.1図は、週間最大降水量ガイダンスの超過率とアンサンプル平均値の散布図で、警報級の現象があった事例(警報級あり)を赤、なかった事例(警報級なし)を青とした図である。警報級の可能性ガイダンスでは、散布図を超過率とアンサンプル平均値のそれぞれの閾値で4つの領域に分割し、図中の「A」「B」「C」に分布する事例における「警報級あり」の割合(「警報級あり」/(「警報級あり」+「警報級なし」))を「適中率」としている。適中率がおおよそ30%となる閾値を「中」の閾値、おおよそ50%となる閾値を「高」の閾値とし、各要素、予報日(明後日から5日目)、予報区について設定している。

図中の「A」「B」「C」に分布する事例における「警報級あり」の割合(「警報級あり」/(「警報級あり」+「警報級なし」))を「適中率」としている。適中率がおおよそ30%となる閾値を「中」の閾値、おおよそ50%となる閾値を「高」の閾値とし、各要素、予報日(明後日から5日目)、予報区について設定している。

(2) 閾値の設定

超過率の閾値とアンサンプル平均値の閾値は、複数の条件で統計検証した結果から最適な組み合わせを設定している。それぞれの条件について空振り率、適中率等を求め、「中」では適中率が30%程度以上、「高」では50%程度以上となるよう、閾値の条件を選択した。同程度の条件が複数ある場合は、捕捉率が高い組み



第3.7.1図 週間最大降水量ガイダンスの超過率とアンサンプル平均の散布図

横軸は超過率、縦軸はアンサンプル平均で、赤は警報級の現象があった事例、青はなかった事例を表す。図中の縦線は警報級を判定する超過率の閾値、横線はアンサンプル平均の閾値を表す。図は全予報区の散布図であり、検証期間は2013年1~12月である。

*小泉 友延(気象庁予報部予報課)

第3.7.1表 警報級の可能性ガイダンスの閾値の作成に使用した期間(従属期間)

要素	閾値の作成に使用した期間
雨	2008年4月～2013年12月の12UTC初期値
風	2014年2月～2015年7月の12UTC初期値
波	2013年7月～2015年3月の12UTC初期値
雪	2014年2月～2015年3月の12UTC初期値

第3.7.2表 警報級の可能性ガイダンスのグループの詳細

要素	グループ	予報区
雨	大雨の多い予報区	鹿児島県(奄美地方を除く)、宮崎県、熊本県、長崎県、高知県、徳島県、静岡県
	その他の予報区	鹿児島県(奄美地方を除く)、宮崎県、熊本県、長崎県、高知県、徳島県、静岡県以外の予報区(ただし、閾値作成時は全予報区の事例を使用した。)
風	予報区の警報基準が20m/s未満	上川・留萌地方、石狩・空知・後志地方、網走・北見・紋別地方、青森県(三八上北を除く)、秋田県、宮城県、山形県、福島県、群馬県、埼玉県、長野県、岐阜県
	〃20m/sより大きい	胆振・日高地方、栃木県、東京都(東京地方、伊豆諸島南部、小笠原諸島)、神奈川県、高知県、鹿児島県/奄美地方、沖縄本島地方、大東島地方、宮古島地方、八重山地方
	〃20m/s	上記以外の予報区
波	予報区の警報基準が5m未満	愛媛県
	〃5m以上6m未満	神奈川県、新潟県、富山県、石川県、福井県、大分県
	〃6以上	上記以外で、外海に面している予報区
雪	北陸地方周辺	新潟県、富山県、石川県、福井県、山形県、福島県/会津
	多雪地域	北海道地方、青森県、岩手県、秋田県、群馬県/北部、山梨県、長野県/北部、岐阜県/飛騨地方、滋賀県/北部、京都府/北部、兵庫県/北部、鳥取県、島根県、岡山県/北部、広島県/北部
	東北・関東甲信太平洋側	宮城県、福島県/中通り・浜通り、栃木県、長野県/中・南部
	少雪地域	上記と東京都/伊豆諸島、東京都/小笠原諸島、静岡県、滋賀県/南部、長崎県/壱岐・対馬、宮崎県、鹿児島県/奄美、沖縄県を除く予報区

合わせを優先した。閾値を求めた期間(従属期間)は要素によって異なる。詳細を第3.7.1表に示す。WEPSは2014年2月に高度化されており、風、波、雪の閾値は高度化された現WEPSを基にした量的ガイダンスのデータのある期間で求めた。データのある期間は試験期間も含めておよそ1年～1年半である。雨の閾値は、現WEPSと高度化前の旧WEPSの降水量の予想特性が大きく変わらないことから大雨の事例数を多く取り込むことを優先し、旧WEPSの期間となる2008～2013年のおよそ6年の期間で求めた。

(3) 層別化

「警報級の現象」は事例数が少ないため、予報区をグループ分けして、グループ単位で閾値を設定している。グループの分け方は要素によって異なり、詳細を第3.7.2表に示す。雨は警報級の現象の事例が多かった予報区とその他の予報区にグループ分けした。ただし、その他の予報区の閾値を作成する際は、全予報区の実例を使用している。風・波は予報区の警報基準別でグループ分けした。風は警報基準が複数ある予報区があり、そのような場合は過去の警報級の事例と対応の良い警報基準でグループ分けしている。なお、観測はアメダスによる観測のみを使用しているため、海上風は対象とならない。波も警報基準が複数ある予報区があるが、波については外海を対象とした警報基準でグループ分けした。なお、富山県の波浪警報の基準は4.5mであるが、波浪ガイダンスの参照格子点が新潟県と同一のため、5.5mを警報基準としている。また、海岸線を持つが外海に面していない予報区には参照する波浪ガイダンス格子点がないため、波浪ガイダンス

第3.7.3表 警報級の可能性ガイダンスにおける「警報級の現象」の定義

要素	警報級の現象となる条件
雨	警報級の目安となる日降水量以上(平成26年度週間予報技術検討会において、予報区別にまとめたもの)をアメダスで観測した。
風	(暴風警報基準 - 1)m/s 以上をアメダスで観測した。
波	波浪アンサンプルの解析値と初期の予想値のアンサンプル平均から求めた日最大有義波高が、(警報基準 - 0.25)メートル以上だった。
雪	警報級の目安となる日降雪量以上をアメダスで観測した。

の閾値の設定はない。このような予報区については、風の警報級の可能性ガイダンスを代替するようにしている。雪は、大雪事例の特性を考慮した結果、北陸地方周辺、多雪地域、東北・関東甲信太平洋側、少雪地域の4つのグループとなった。また、降雪量ガイダンスは、降雪を観測しているアメダス地点を対象としているため、雪の観測点のない予報区には閾値の設定ができず、算出していない。

(4) 警報級の現象の定義について

警報級の可能性ガイダンスを作成する上では、「警報級の現象」をアメダスの観測データと波浪アンサンプルモデルの解析値や予想値を用い、予報区単位、一日単位の現象を対象に定義している(第3.7.3表参照)。

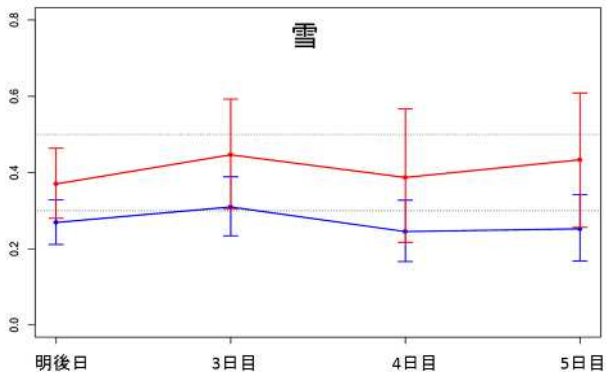
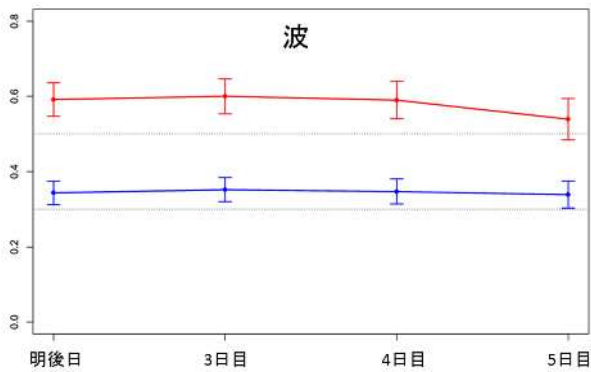
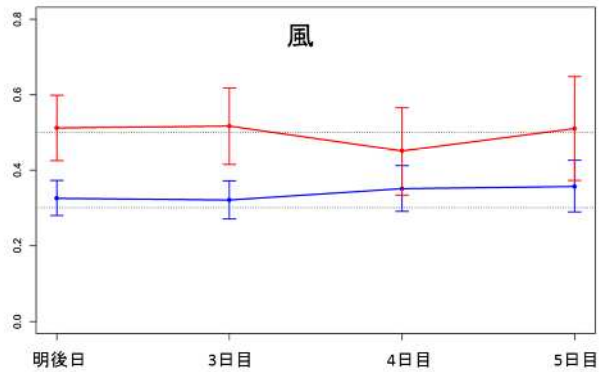
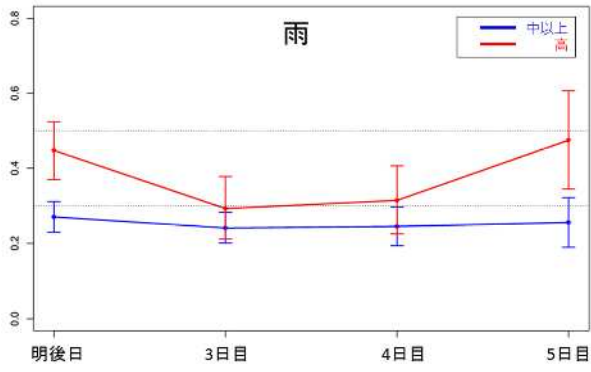
雨、雪、風はそれぞれアメダスで観測された日降水量、日降雪量、日最大風速を使用する。波は観測値の代わりに、波浪アンサンプルの解析値(初期値)と予報時間初期の予想値(アンサンプル平均)から求めた格子点別の有義波高の日最大値を使用する。各予報区に対応する観測点は、予報区内のアメダスや予報区別に設定した波浪ガイダンス格子点となる。

風と波は、観測値と同じ要素が警報基準となっており、ほぼ警報基準に達する現象を「警報級の現象」と扱う。一方、雨と雪の警報基準は、日積算値より短い時間スケールの要素(1,3時間降水量や6,12時間降雪量等)が基準となっている場合が多く、単純に観測値と警報基準を比較することができない。そこで、平成26年度週間予報技術検討会において「警報級の目安」となる日降水量、日降雪量を検討し、その結果を「警報級の現象」として扱うこととした。「警報級の目安」は過去数年間の観測値と各地方において複数の予報区で警報の発表があった事例との関係から見積もった値である。

実況の「警報級あり」の判定は次のようにする。雨は予報区内の観測値の最大値が「警報級の目安」以上の場合、波は予報区内の観測の最大値が(警報基準 - 0.25)m 以上の場合に「警報級あり」とする。波の警報基準は外海と内海で異なる場合は外海の基準を使用する。風と雪は予報区内で警報基準や「警報級の目安」が異なる場合もあるため、観測地点別に警報級の判定をする。風は観測値が(警報基準 - 1.0)m/s 以上の場合に、雪は観測値が「警報級の目安」以上の場合に「警報級あり」とし、予報区内に「警報級あり」の地点がひとつでも存在した場合に「警報級あり」とした。

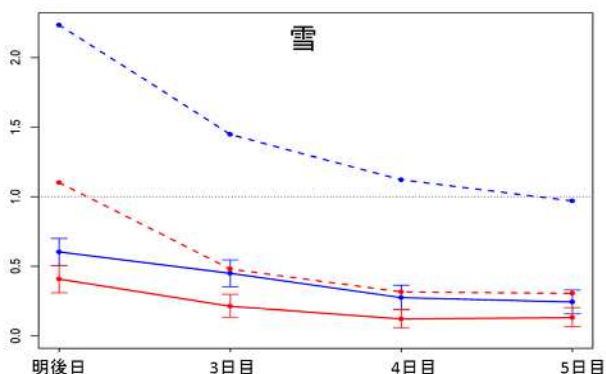
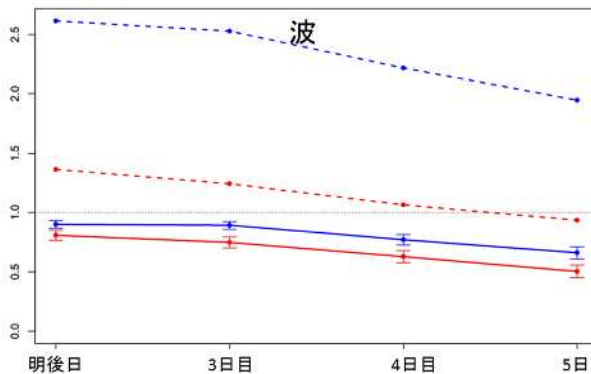
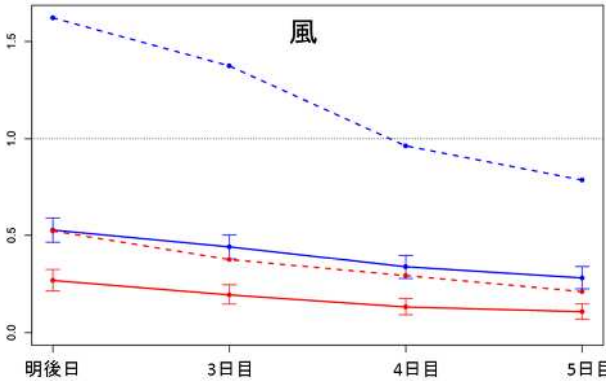
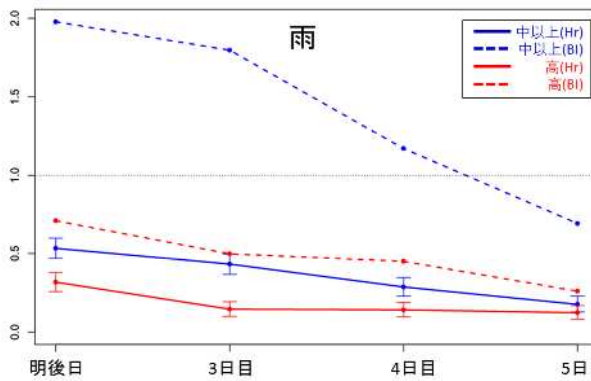
3.7.3 統計検証

各要素の警報級の可能性ガイダンスの検証結果を示す。検証期間は2014年9月から2015年8月まで(雪は2014年11月から2015年4月まで)で、対象とする初期値を雨・風・雪は00UTC、波は12UTCとした。予報区単位にガイダンスが「中」以上、または「高」だった時に警報級の現象があった場合を「適中」とする分割表から、統計的なスコアを予報日別(明後日から5日目)に求めた。



第 3.7.2 図 警報級の可能性ガイダンスの各要素の予報日別の適中率

青は「中」以上、赤は「高」、エラーバーは95%信頼区間を表す。水平の補助線は、適中率0.3および0.5を示す。



第 3.7.3 図 警報級の可能性ガイダンスの各要素の予報日別の捕捉率(Hr)とバイアスコア(BI)

青は「中」以上、赤は「高」のスコアを表し、Hrのエラーバーは95%信頼区間である。水平の補助線は、BI=1.0を表す。検証期間は2014年9月から2015年8月までで、予報区を全予報区で合計して求めたスコアである。

(1) 捕捉率、バイアスコア、適中率

第 3.7.2 図は適中率の予報日別グラフ、第 3.7.3 図は、各要素(雨、風、波、雪)の全予報区を対象として求めた「中」以上および「高」の捕捉率(Hr)とバイアスコア(BI)である。捕捉率と適中率のエラーバーは 95%信頼区間を表す。

適中率は、風と雪は「中」以上で 0.3 前後、「高」で 0.5 前後と概ね想定した適中率であった。雨は、3 日目と 4 日目の適中率が「中」以上、「高」とともに想定を下回った。波は、「中」以上、「高」とともに想定よりやや高い適中率だった。

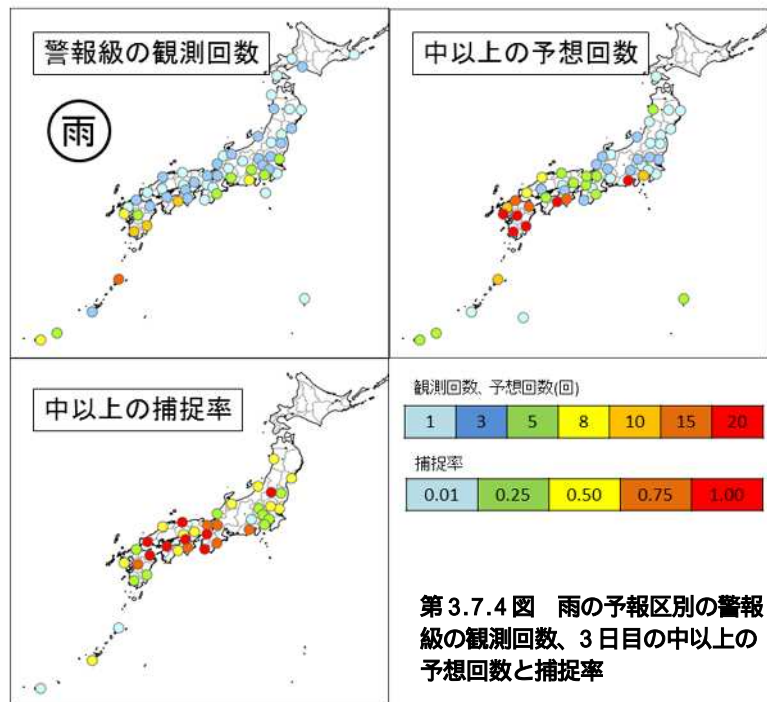
捕捉率は、どの要素も明後日が最も高く、予想時間が長くなるにつれて低くなった。雨、風、雪は「中」以上の捕捉率が明後日で 0.5 程度であったのに対して、波は 5 日目で 0.6 を超えていた。観測の代わりにモデルの解析値と予想値を使用していることもあるが、波は捕捉率が高いことが特徴である。BI は「中」以上や「高」の適中率を固定しているため、捕捉率に従って変化するようになっている。従って、予想時間が短いほど BI は大きくなる傾向となっている。

(2) 予報区別の検証

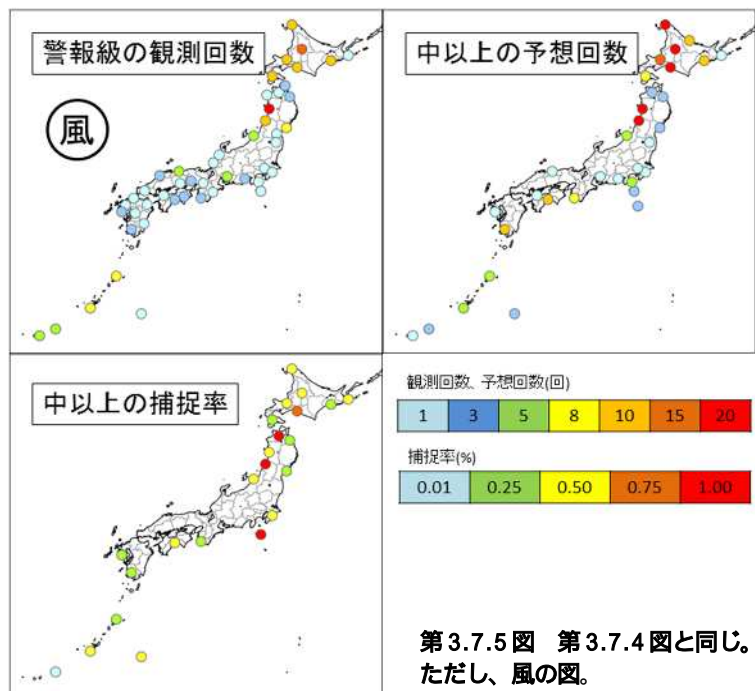
ガイダンスの地域特性を確認するため、予報区別の警報級の現象の観測回数、「中」以上の予想回数、「中」以上の捕捉率を調べた。各要素の 3 日目の図を第 3.7.4 図から第 3.7.7 図に示す。

・雨

「中」以上の予想回数は、東海、四国、九州地方が多かった。警報級の観測回数も同様の地方が多くなっており、予想回数は観測回数に近い分布をしていた。九州地方は予想回数は多かったが、捕捉率は 0.25~0.50 の予報区があり、観測回数が最も多い奄美地方は 0.25 未満と空振りが多かった。近畿から中国・四国地方にかけては捕捉率が 0.75 以上の予報区が多かった。東北、関東甲信、北陸地方では、予想回数が少な



第 3.7.4 図 雨の予報区別の警報級の観測回数、3 日目の中以上の予想回数と捕捉率



第 3.7.5 図 第 3.7.4 図と同じ。ただし、風の図。

くても捕捉率 0.50 以上の予報区が見られ、適中率が高かった(第 3.7.4 図)。

・風

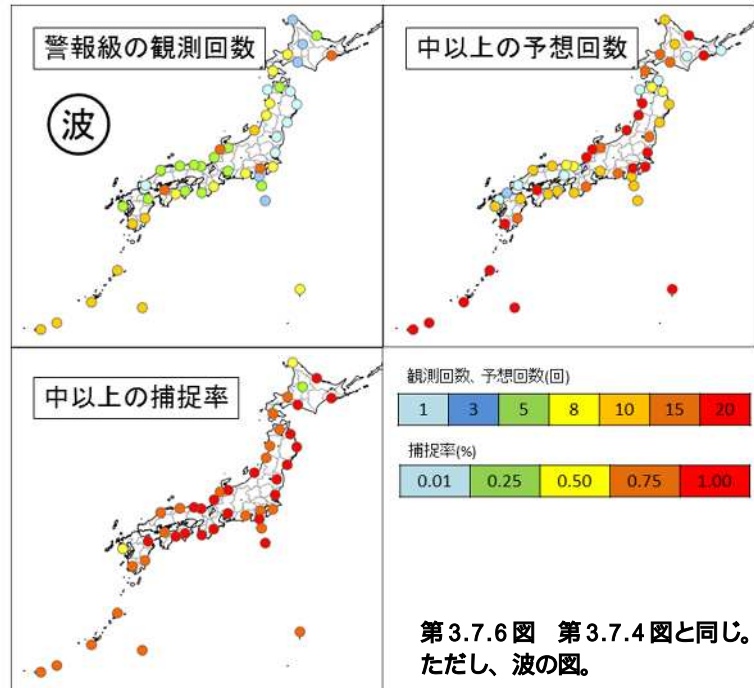
風の警報級の観測回数は北海道と東北日本海側で多く、寒候期の暴風の事例が多かったことが窺える。ガイダンスの「中」以上の回数も同様の傾向が見られるほか、西日本の太平洋側で予想回数の多い予報区が見られた。急速に発達する低気圧は WEPS でも比較的精度よく予想できることから、北日本では「中」以上の予想回数が多かったと思われる。一方、沖縄地方では台風による暴風が主である。台風の予想は進路のバラツキが大きくなるため「中」以上の予想回数は少なかったが、本島地方や大東島地方の捕捉率は 0.50 以上だった(第 3.7.5 図)。

・波

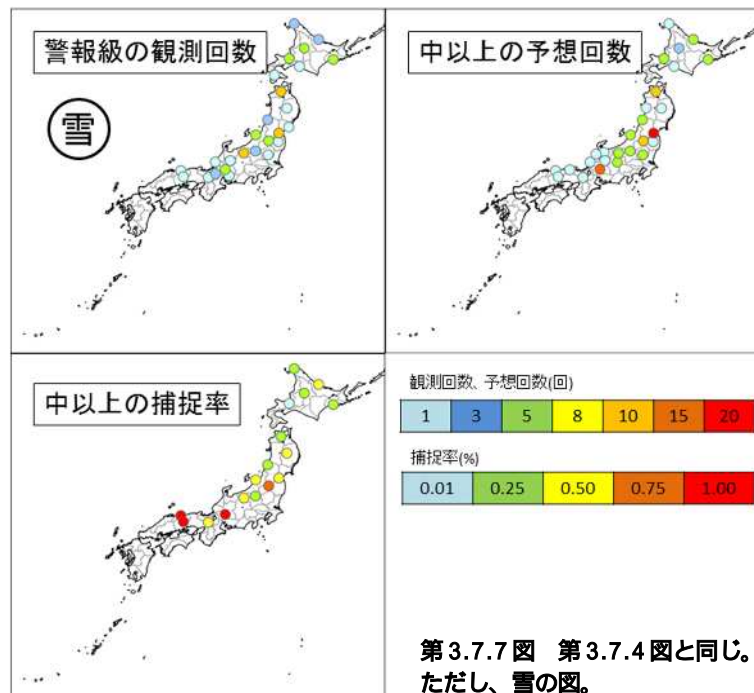
波の警報級の観測回数は、北海道から北陸にかけての日本海側、北海道東部の太平洋側、東・西日本太平洋側、沖縄・奄美、小笠原が多かった。ガイダンスは観測回数の多かった予報区で、「中」以上の予想が多い傾向が見られた。北日本から西日本の太平洋側を中心に捕捉率 1.00 の予報区が分布する。小笠原諸島や奄美・沖縄は予想回数は多かったが捕捉率は 1.00 に届いていなかった(第 3.7.6 図)。

・雪

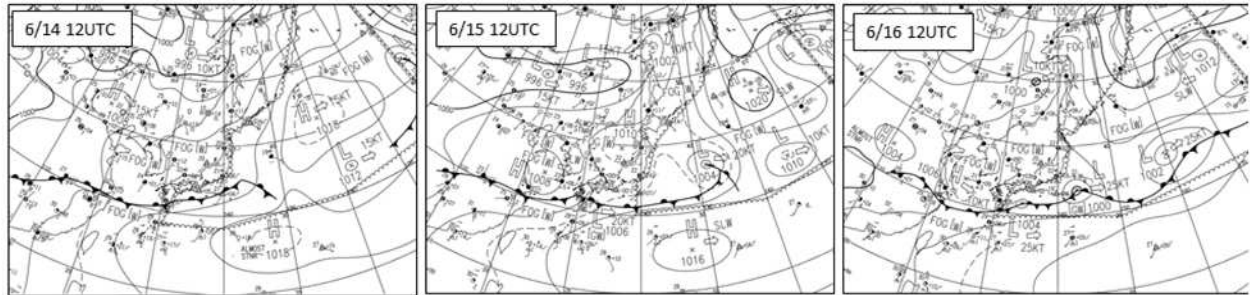
雪の警報級の観測回数は、北日本、新潟県、長野県北部、岐阜県美濃が多かった。ガイダンスの「中」以上の予想回数も概ね同様の地域が多かった。北海道は「中」以上の予想回数が観測回数に近く、やや予想回数が少ない傾向が見られた。そのため、捕捉率も 0.5 未満のところが多かった。東北太平洋側から北陸にかけては捕捉率が 0.5 を上回った。また、西日本では観測回数、予想回数ともに少なかったが、予想が適中し捕捉率 1.00 だった(第 3.7.7 図)。



第 3.7.6 図 第 3.7.4 図と同じ。ただし、波の図。



第 3.7.7 図 第 3.7.4 図と同じ。ただし、雪の図。



第3.7.8図 2015年6月14日12UTC、15日12UTC、16日12UTCの地上天気図

3.7.4 事例検証

ここでは、次の3つの事例について検証する。

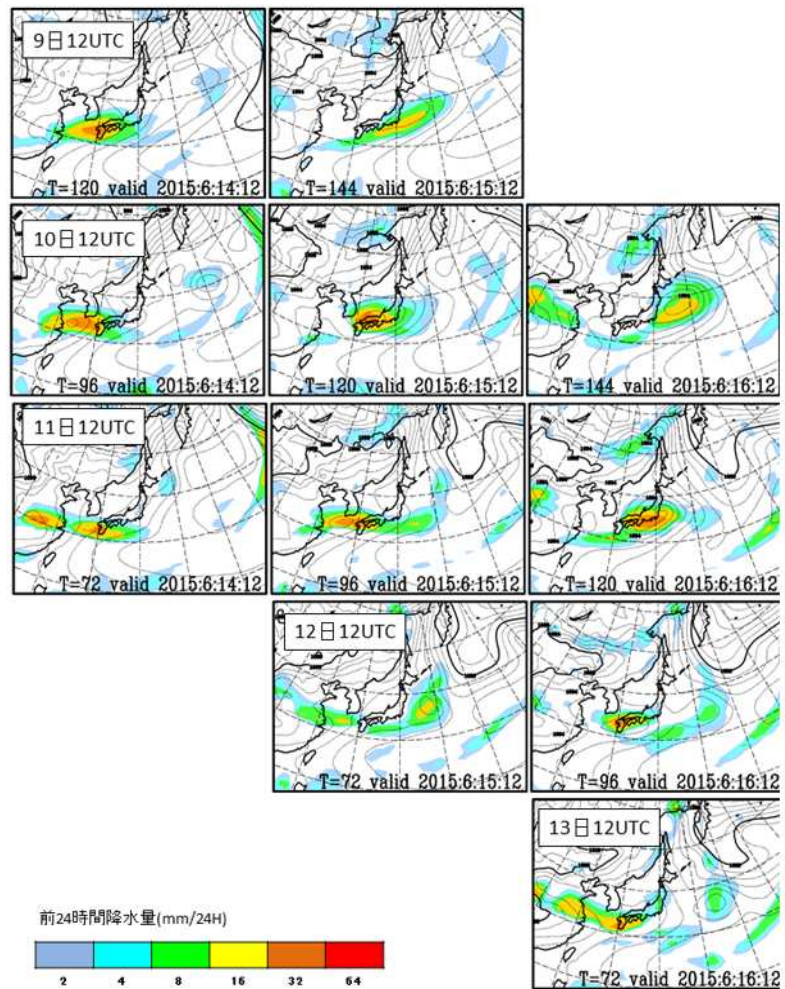
2014年12月17日 発達する低気圧

2015年7月11日 台風

2015年6月14～16日 梅雨前線

は、北海道付近で記録的に発達した低気圧によって北日本から東日本にかけて暴風雪や大雪、高波となった事例で、第1章でも取り上げている。は、四国に上陸した台風第11号により、西日本太平洋側を中心に暴風雨や大雨となり、東・西日本の太平洋側で高波となった事例で、第3.3.4項で取り上げている。は梅雨前線と梅雨前線上を進む低気圧によって九州南部で大雨、上空の寒気の影響で北日本から西日本にかけて所々で大雨になった事例である。

これらの異なる事例における警報級の可能性ガイダンスの予想を基に、予想のしやすさや要素による違い等について検証する。



第3.7.9図 WEPSの地上予想図

WEPSによる14日(左列)、15日(中列)、16日(右列)の12UTCの海面気圧と前24時間降水量の予想図(アンサンブル平均)。上段から9日12UTC初期値～13日12UTC初期値まで。

(1) 2015年6月14～16日の事例

ここで の事例の気象状況について述べる。他の事例の気象状況は については第1章、 については第3.3.4項を参照願いたい。

6月14日から16日にかけて、梅雨前線が本州太平洋側に停滞し、梅雨前線上を低気圧がいくつか東進した(第3.7.8図)。前線や低気圧の影響で九州南部では大雨となり、14日から16日にかけて大雨や洪水の警報が発表された。一方、上空約5700mで氷点下15度以下の寒気を伴ったトラフがゆっくりと北日本を通過

した(図は省略)。この寒気の影響で北日本から西日本にかけて大気の状態が不安定となり、所々で大雨となった。

この時の週間 EPS の明後日から 5 日目までの予想図を第 3.7.9 図に示す。本州南岸に梅雨前線が停滞し、前線上をじょう乱が東進する予想は、どの初期値でも違いはないが、前線の位置やじょう乱の進みに初期値変わりが見られた。14 日、15 日の前線の位置は、はじめは西日本にかかる予想だったが、初期値が新しくなるとやや南よりに変わっていった。また、16 日は東日本太平洋側を中心に降水の予想があったが、西日本中心の降水に変わっていった。

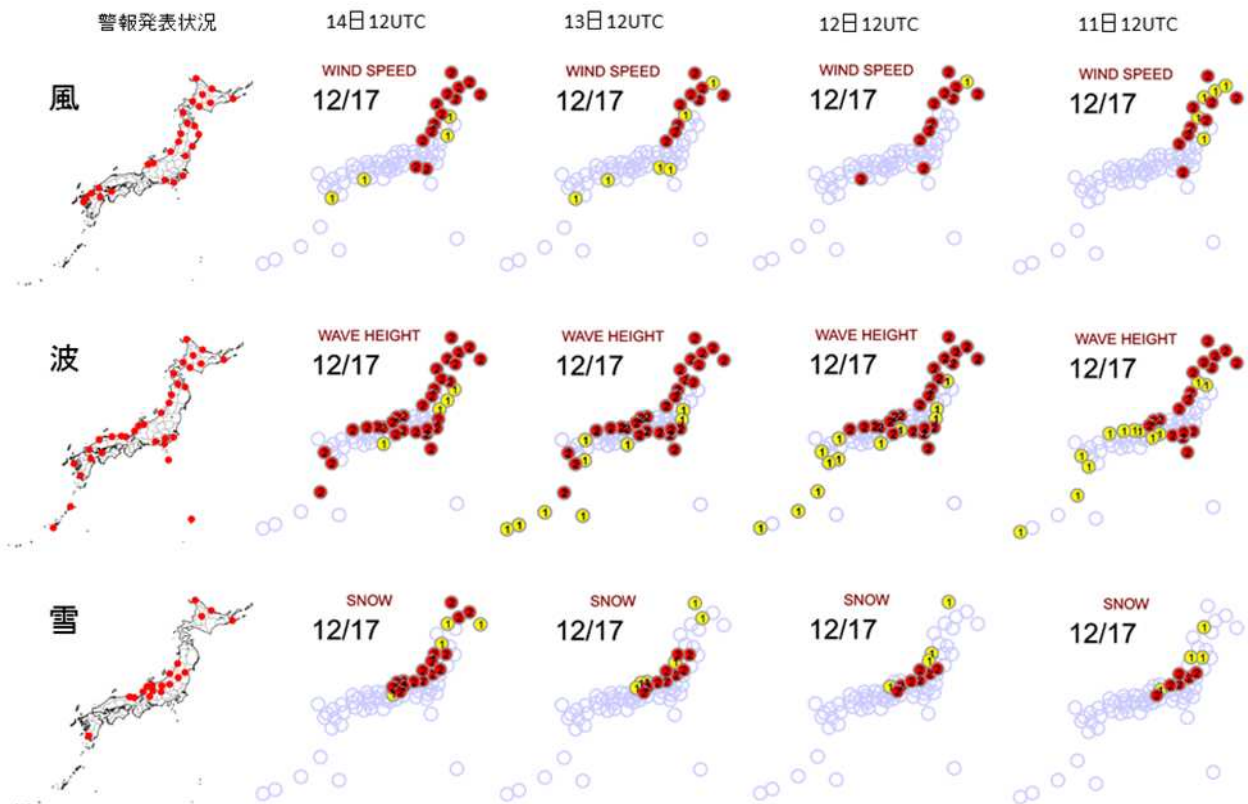
このように梅雨前線の位置等は、太平洋高気圧の強弱によって初期値変わりすることが多く、予想が難しい一例である。

(2) 警報級の可能性ガイダンスの予想

～ の事例にはそれぞれに特徴がある。 の事例は、第 1.2.1 項にある通り、WEPS では早い段階で大荒れとなる天気予想され、初期値変わりがほとんどなかった。 は大型で強い台風が四国に上陸する事例であるが、WEPS の台風の予想にバラツキがみられた。 は WEPS では初期値変わりしやすい梅雨前線による事例だった。これら特徴の異なる 3 つの事例における、警報級の可能性ガイダンスの予想を検証する。

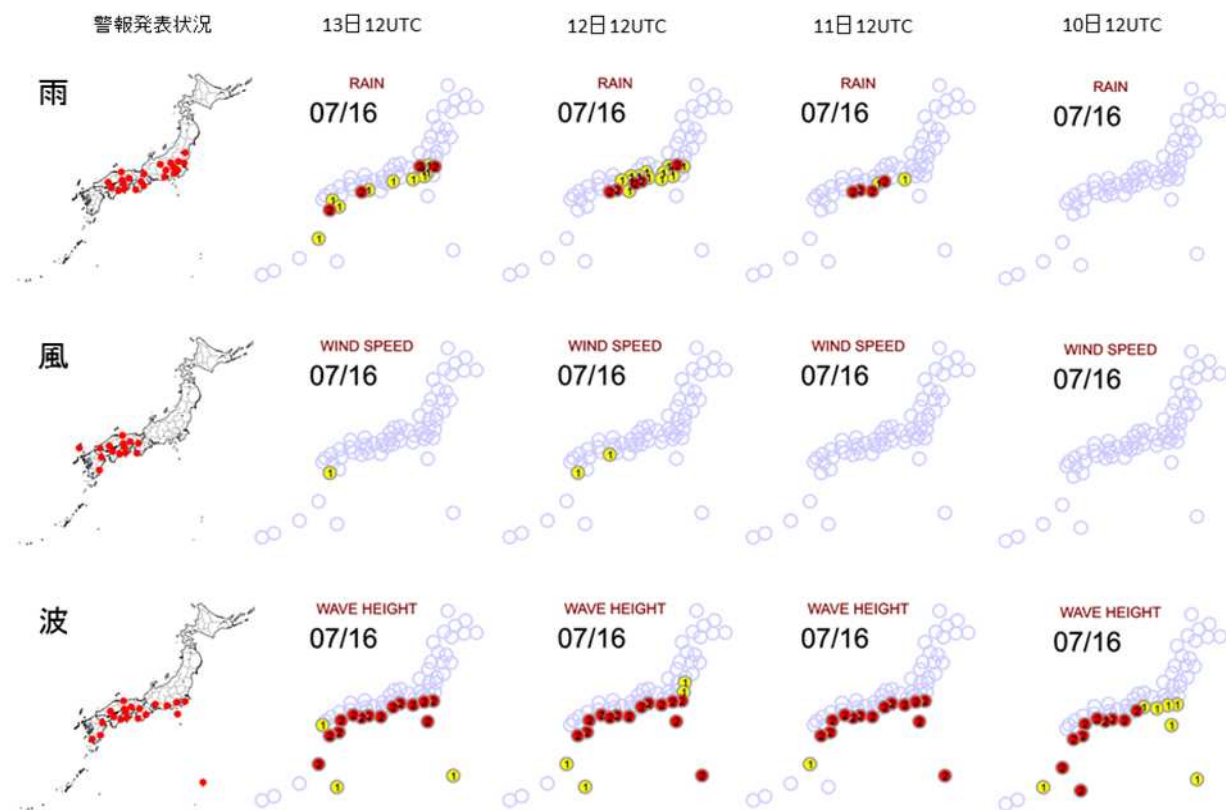
第 3.7.10 図は の事例における「暴風(暴風雪)」、「波浪」、「大雪」の警報が発表された予報区と警報級の可能性ガイダンスの各要素の時系列図である。 の事例では早い段階で発達する低気圧の予想がされていたため、5 日目に当たる 11 日 12UTC 初期値から各要素のガイダンスで「高」が予想されていた。風は、北海道や東北日本海側、新潟県で「高」の予想が続き、予想が新しくなるに従って、「中」から「高」に変わる予報区が増えていった。伊豆諸島でも 5 日目から「高」が予想された。波は、5 日目で東北太平洋側を除く北～東日本で「高」、西日本から沖縄・奄美で「中」が予想され、予想が新しくなるに従って西日本日本海側を中心に「高」の予報区が増えていった。雪は 5 日目で東北南部から関東甲信北部、北陸で「高」が予想され、明後日にかけて「高」の予想が続いた。北海道は 3 日目までは「中」の予想で、明後日になって北部で「高」となった。大雪警報は北海道でも北陸地方でも発表されたが、警報級の可能性ガイダンスの経過は異なっていた。同じ現象であっても注意喚起のタイミングは地域によって異なる場合があると言えるだろう。

第 3.7.11 図は の事例における「大雨」、「暴風」、「波浪」の警報が発表された予報区と警報級の可能性ガイダンスの各要素の時系列図である。 と違い、波を除いて 5 日目から「高」「中」が予想された予報区はなかった。特に風は 3 日目、明後日でも西日本に「中」が予想された程度であった。この事例の WEPS の台風予想は第 3.3.4 項で述べた通り、台風経路よりやや西よりの予想となっていてメンバー間のバラツキも見られた。台風の暴風域はあまり広くないため、台風に伴う暴風は位置ずれの影響が大きい要素である。したがって、台風経路から外れたメンバーが多かったこの事例では、暴風の可能性を十分に予想することができなかった。一方、波は 5 日目から西日本の太平洋側を中心に「高」の予想が続いていた。台風による高波は暴風と比べて広範囲に及ぶ現象であり、台風の位置ずれの影響が小さい要素といえる。この事例の台風の予想はバラツキがあったものの、西日本の南海上に予想されるメンバーが多かったため、波については早い段階で高波のポテンシャルを予想することができていた。雨は、4 日目から紀伊半島や四国で「高」が予想され始めた。この事例では、台風本体の大雨と台風の東側の暖湿流による大雨のふたつの現象があったが、暖湿流による東日本の大雨は 3 日目から予想できていた。台風本体による大雨の予想は、3 日目では紀伊半島、四国で「高」を予想したが、明後日になって四国と九州南部が「高」となり、紀伊半島は「中」に下がった。これは、明後日に当たる 13 日 12UTC 初期値の WEPS で台風を九州南部に予想するメンバーが

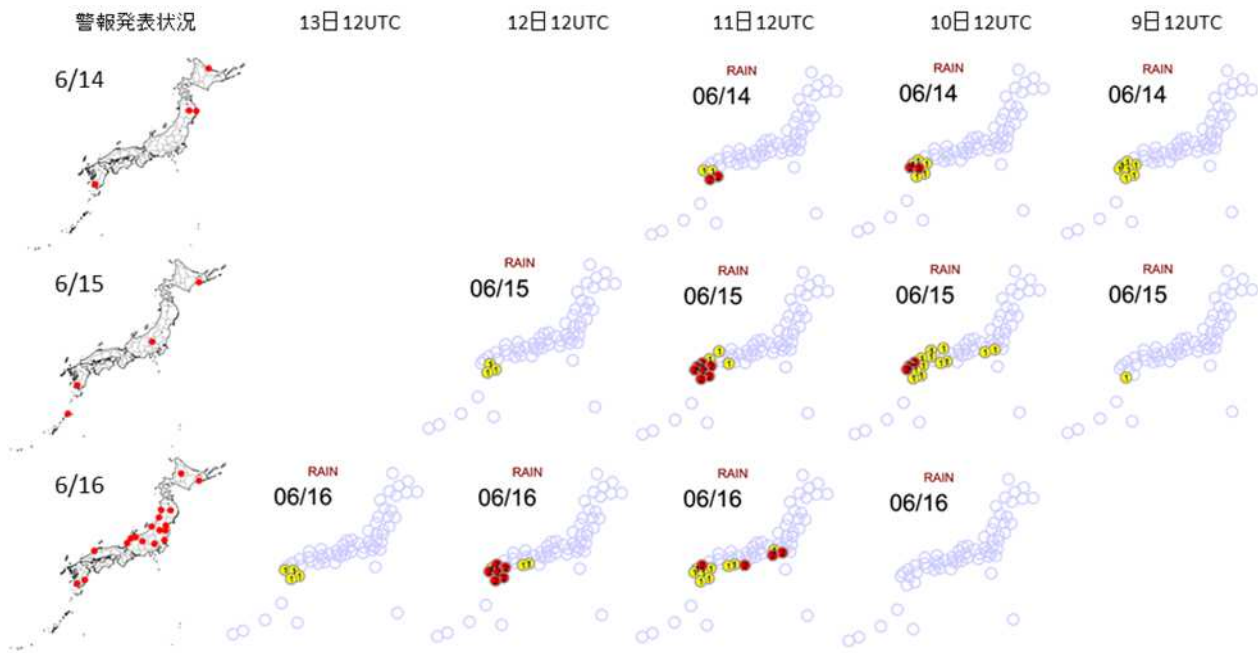


第3.7.10図 2014年12月17日の警報発表状況と初期値別の警報級の可能性ガイダンス

警報発表状況(左列)のは、上段から「暴風(暴風雪)」、「波浪」、「大雪」の警報の発表があった予報区を表す。警報級の可能性ガイダンスも同様に上段から「風」、「波」、「雪」の予想で赤は「高」、黄は「中」の予報区を表す。ガイダンスの初期値は右列から11日12UTC(5日目)～14日12UTC(明後日)。



第3.7.11図 第3.7.10図と同じ。ただし、2015年7月16日の「雨」、「風」、「波」の図。



第3.7.12図 第3.7.10図と同じ。ただし、2015年6月14～16日の「雨」の図で、上段から6月14～16日。

多くなったためと考えられる。雨の予想は風ほどではないが台風的位置ずれの影響を受ける要素である。そのため、この事例のように明後日でも「高」とならない場合がある。WEPSの台風予想にバラツキが見られる場合には、台風経路に近いメンバーの量的予想等でガイダンスの不足を補う必要があるだろう。

第3.7.12図はの事例における「大雨」の警報が発表された予報区と警報級の可能性ガイダンスの各要素の時系列図である。14日、15日は梅雨前線の予想位置が北よりだったため、4日目や3日目で九州北部でも「中」や「高」の予想が出ていた。また、15日は4日目で九州から中国・四国で「中」以上が予想されていたが、予想が新しくなってじょう乱の進みが遅くなり「中」以上の範囲が西に後退した。16日も同様で、4日目で東日本に「高」の予想があったが、3日目は「中」以上の予想は西日本のみとなり、明後日ではさらに縮小して九州のみとなった。の事例と比べて梅雨前線による大雨については「中」以上の予想の範囲等に初期値変わりが見られたものの、大雨の警報級の可能性は予想できていた。一方、上空の寒気による大雨は、WEPSでまとまった降水の予想がなかったため(第3.7.9図)、いずれの日も予想できなかった。この事例のように、数日先の積乱雲や線状降水帯に伴う大雨のような時間・空間スケールの現象を予測することは、現状の技術(週間天気予報)では難しい。このため、明後日から5日先までの「警報級の大雨になる可能性」で扱うことができるのは、台風や低気圧・前線などの大規模なじょう乱に伴う大雨に限られる。

これらの事例が示すように、警報級の可能性ガイダンスの初期値ごとの振る舞いは、警報級の現象をもたらす低気圧や台風などのじょう乱をWEPSがどのような精度で予想しているかによって変わるものである。また、原因を同じくする事例においても、対象とする要素によって特性が異なる。

3.7.5 まとめ

警報級の可能性ガイダンスの特性のまとめと今後の予定について述べる。

- 警報級の可能性は「高」「中」の適中率が予想時間によらずほぼ一定となるよう算出している。これにより、捕捉率は予報時間が長くなるほど低下する。

- 第3.7.2図などに示したように、要素によって、適中率・捕捉率・バイアススコアの特性が異なる。
- 警報級の可能性が「中」または「高」と判定するための閾値は複数の予報区の事例から設定しているため、地域によって、予想頻度や捕捉率に偏りがあることが考えられる。利用する際には、担当予報区におけるガイダンスの特性を把握しておく必要がある。
- ガイダンスは、捕捉率が高い予報日や要素では予想頻度が過多の傾向となるが、これは想定した適中率に基づいている。
- ガイダンスの初期値ごとの振る舞いは、WEPSの予想によって変わる。警報級の現象をもたらす現象がWEPSで安定して予想できるものであるか否かを把握しておく必要がある。じょう乱のスケールや種類によっては、WEPSが安定して精度よく予想できない場合がある。この特性を踏まえ、じょう乱の種別と何日目の予報かにより、警報級の可能性ガイダンス（特に雨）の「中」や「高」であっても下方修正を検討する必要がある。
- 同一の現象の中でも、要素によって初期値変わりのしやすさが異なる。各要素の特性を把握し、必要があればワークシート等ガイダンスを補完する手段を用意する。
- WEPSで表現できない現象は、ガイダンスでも表現できない。全ての現象について警報級の可能性を測れるわけではないことに留意する。
- WEPSは平成26年2月に高度化されている。従って、警報級の可能性ガイダンスの閾値の作成に最新のWEPSを利用できた期間はかなり短かった。今後の事例の蓄積を待って、閾値を最適化する予定である。
- 週間予報の現業作業における警報級の可能性の予測手法については、平成27年度週間予報技術検討会の中でガイダンスの特性や修正手法、ガイダンスで捕らえられない現象の捕捉可能性やその手段等について検討を進めているところであり、平成27年度末に最終報告にまとめられる予定となっている。