

### 3 1 か月予報及び異常天候早期警戒情報のためのガイダンスの改善<sup>1</sup>

#### 3.1 はじめに

1 か月予報や異常天候早期警戒情報(以下、早警)は数値予報モデルの予測を基に作成している。数値予報の出力結果には常に系統誤差(バイアス)や偶然誤差が含まれるため、これらを統計的に補正する必要がある。また、季節予報を確率的に表現できるよう、予測を確率密度分布で表現できることが望ましい。そこで予報作業にあたっては、系統誤差を修正した予測値や偶然誤差を考慮した確率値に翻訳するガイダンスを用いている。

短期・週間予報ガイダンスでは逐次学習が多く使われているが(松下, 2012)、季節予報ガイダンスではリードタイムや予報対象とする平均期間が長く、逐次学習により回帰係数や誤差を適切に予測に反映するのが困難である。このため、1か月予報と早警のガイダンスは再予報と観測データの統計的關係から事前に予測式を求め、その予測式を数値予報モデルの現業時の予測値に適用する Model Output Statistics (MOS) 方式で作成している。なお、再予報の仕様については第 2.1 節を参照されたい。

気象庁では、週間アンサンブル予報システムと台風アンサンブル予報システム、1 か月アンサンブル予報システム(以下、V1403)を統合した全球アンサンブル予報システム(以下、GEPS)の運用を 2017 年 3 月に開始する予定である。現在、1 か月予報や早警のガイダンスでは、V1403 の再予報から作成した予測式を利用しているため、V1403 から GEPS への更新に伴い、ガイダンスで使用する予測式の更新も必要となる。本章では、この数値予報システム更新に伴うガイダンスの更新について述べる。

以下、第 3.2 節でガイダンスの作成手法について、第 3.3 節で 1 か月予報ガイダンス、第 3.4.1 項で気温の早警ガイダンス、第 3.4.2 項で大雪に関する早警(以下、大雪早警)ガイダンスの精度評価について述べ、第 3.5 節で地点ガイダンスの変更について述べる。最後に第 3.6 節でまとめる。

本章では特に断りがない限り、「旧ガイダンス」は V1403 の予測値による旧来の手法を用いたガイダンスを示し、「新ガイダンス」は GEPS の予測値による新手法を用いたガイダンスを示す。また、初期日を 0 日目と表記すると、1 か月予報では、予報期間「1 週目」は 3 日目から 9 日目までの 7 日間、予報期間「2 週目」は 10 日目から 16 日目までの 7 日間、予報期間「3~4 週目」は 17 日目から 30 日目までの 14 日間、予報期間「1 か月」は 3 日目から 30 日目までの 28 日間に相当する。

<sup>1</sup> 田中 基裕、伊藤 晋悟、平井 雅之

### 3.2 ガイダンスの作成手法

ガイダンス作成手法は旧ガイダンスの手法(竹川と大塩, 2014; 伊藤, 2013)と基本的には同様で、対応する地域の格子点値の時間空間アンサンブル平均を説明変数とした線形重回帰式である。今回の更新で旧ガイダンスから変更した点は以下である。

- ・予測因子(第 3.2.7 項)
- ・地域平均に使用する格子点(第 3.2.3 項)
- ・降水量と降雪量の正規化手法(第 3.2.6 項(2))
- ・日別値の作成方法(第 3.2.4 項)

本節では、これらの変更に加えて、過去の季節予報研修テキストの内容と重複するものを含めて、ガイダンスの作成手法の概要について述べる。

#### 3.2.1 使用データ

ガイダンス作成に用いた再予報は、新・旧共に 1981 年から 2010 年までの 30 年間に於いて、各月 10 日、20 日、末日を初期値(年間 36 初期値)とした、全 1080 事例についての 5 メンバーアンサンブル予報である。

#### 3.2.2 予報要素と対象地域

1 か月予報ガイダンスでは平均気温、降水量、日照時間、降雪量の 4 要素の 7 日、14 日、28 日間平均値を、早警ガイダンスでは平均気温と降雪量の 2 要素の 7 日間平均値を目的変数とするガイダンスを作成している。なお、これまでは前述の 4 要素に加えて天気日数(晴れ日数、降水日数、雨日数)<sup>2</sup>のガイダンスを作成してきたが、今回の更新から廃止する。これは、現在の気象庁における 1 か月予報作業では天気日数ガイダンスを用いていないことや、天気日数は、その定義から降水量または日照時間のガイダンスと強い相関があり、天気日数の予測値は日照時間または降水量の予測値から概算することができるためである(気象庁, 2016)。また、対象地域は、全般予報区、地方予報区及び細分予報区を組み合わせた 34 地域としている(第 3.2-1 表)。

第 3.2-1 表 予報対象地域

全般予報区	地方予報区(細分予報区)
北日本	北海道地方(北海道日本海側、北海道太平洋側、北海道オホーツク海側)
北日本日本海側	東北地方(東北日本海側、東北太平洋側、東北北部、東北南部)
北日本太平洋側	
東日本	関東甲信地方
東日本日本海側	北陸地方
東日本太平洋側	東海地方
西日本	近畿地方(近畿日本海側、近畿太平洋側)
西日本日本海側	中国地方(山陰、山陽)
西日本太平洋側	四国地方
	九州北部
	九州南部・奄美地方(九州南部、奄美地方)
沖縄・奄美	沖縄地方

<sup>2</sup> 日照時間が可照時間の 40%以上の日数、日降水量 1mm 以上の日数、日降水量 10mm 以上の日数をそれぞれ「晴れ日数」「降水日数」「雨日数」としている。

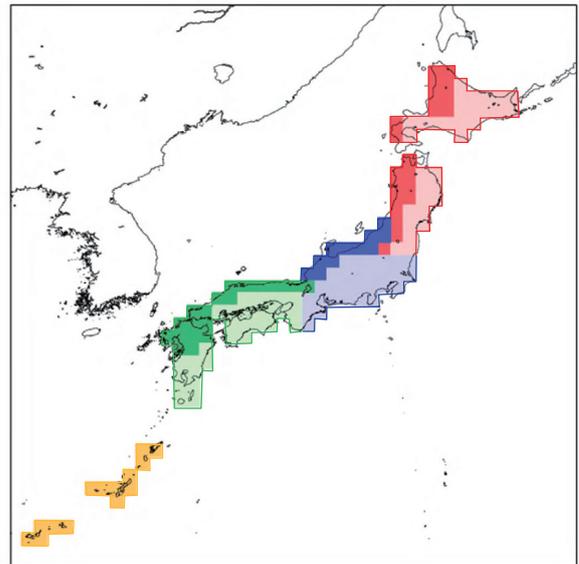
### 3.2.3 地域平均に用いる格子点の変更

旧ガイダンスに用いる V1403 では予報期間を通して数値予報モデルの水平解像度は一定であるが、新ガイダンスに用いる GEPS では予報 18 日目まで(予報期間前半)は約 40km(TL479)、予報 19 日目から(予報期間後半)は約 55km(TL319)と数値予報モデルの水平解像度が変化する(第 1.2.1 項参照)。ガイダンスで用いる数値予報モデルから出力される格子点データの水平格子点間隔は変わらないが、数値予報モデル自体の水平解像度の違いにより、格子点の陸面積率(格子点における陸地の割合)は予報期間前半と後半で少し異なる。このため、それぞれの予報期間で新たに地域平均に用いる格子点を選択し直した。

地域平均に使用する格子点の一例として予報期間前半のものを第 3.2-1 図に示す。旧ガイダンスと同様に、新ガイダンスでも地域平均に用いる格子点は陸面積率 30%以上の格子点を用い、陸面積率が 30%より小さくなっている南西諸島の格子点は地域平均に用いる気象官署付近の格子点を使用することとした。なお、予報期間後半の海陸分布は数値予報モデルの解像度が変化するため同一ではないが、その差は小さい(図略)。

### 3.2.4 日別値の作成方法の変更

旧ガイダンスでは、説明変数に用いる格子点値は協定世界時(UTC)の日別値を基に 7 日、14 日、28 日間平均したものを使用し、目的変数の観測値は日本標準時(JST)の 7 日、14 日、28 日間平均値を用いている。すなわち、旧ガイダンスでは説明変数として用いる数値予報モデルから出力される格子点値を 09 時、15 時、21 時、翌 03 時(JST)の日 4 回のデータを平均して日別値としており、その結果、7 日、14 日、28 日平均を作成した際に目的変数の該当期間とずれが生じる。この違いを解消するため、新ガイダンスでは、説明変数作成時にリードタイムを 6 時間手前にずらし、日別値として 03 時、09 時、15 時、21 時(JST)のデータを利用することで目的変数の統計期間と整合的になるようにした。また、モデル降水量については、旧ガイダンスでは 09 時(JST)の前 24 時間積算降水量用いていたが、新ガイダンスでは 03 時(JST)の前 24 時



第 3.2-1 図 地域平均に使用する格子点(予報期間前半)  
格子点の色は、予報区ごとの地域平均に用いた格子点で、赤・青・緑・黄色はそれぞれ全般予報区の北日本、東日本、西日本及び沖縄・奄美に対応する。また、赤・青・緑の濃淡は、北・東・西日本の日本海側と太平洋側に対応する。

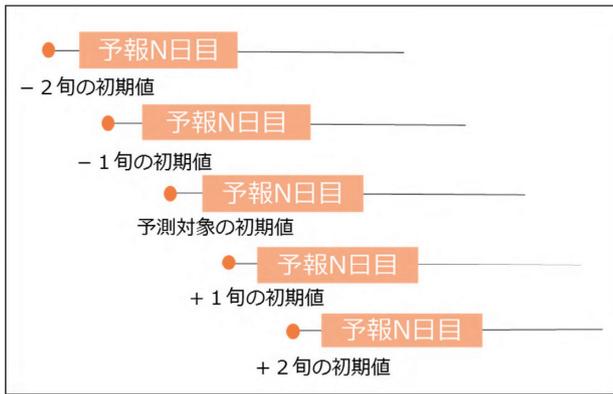
間積算降水量を新たに説明変数として用いることにした。これにより、リードタイムが短い予報期間を中心に予測精度の改善がみられた(図略)。

### 3.2.5 予測式の作成

予測式は、再予報の予測値を説明変数(予測因子)とし、各地域の観測値を目的変数(被予測因子)とした線形重回帰式とする。予測式の作成方法に変更点はないが、以下に概要を説明する。

目的変数と説明変数の関係は地域、季節及びリードタイムに依存することから、地域ごと、旬ごと(各月 10 日、20 日、月末の 36 初期値ごと)、リードタイムごとに予測式を作成している。

一般的に、アンサンブルメンバーごとの予測よりもアンサンブル平均の方が、予測精度が高くなることが知られている(高野, 2000)。そこで、個々のアンサンブルメンバーを基に回帰式を作成するのではなく、再予報のアンサンブルサイズである 5 メンバーのアンサンブル平均の予測値を回帰式の作成に用いた。更に、



第 3.2-2 図 前後 2 初期値のデータを使用するイメージ図

予報 N 日目の回帰式は、前後 2 旬の初期値の事例も用いて計算する。

ある旬のあるリードタイムに対して、前後 2 旬の初期値における同じリードタイムのデータも用いて(5 初期値 × 30 年の 150 サンプル) 予測式の作成を行った(第 3.2-2 図)。このようにしてサンプル数を増やすことで予測式の予測精度を高めている。

### 3.2.6 確率密度関数の作成

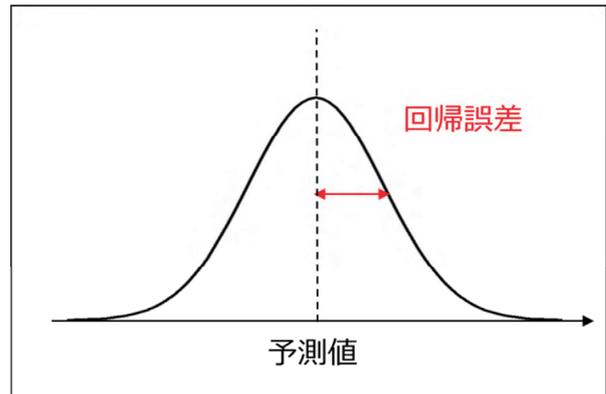
#### (1) 正規分布仮定法

1 か月予報や早警は確率で予報を行っているため、ガイダンスも確率値で表現する必要がある。

ガイダンスの確率分布は、正規分布を仮定し、平均値は予測式によって得られた予測値、標準偏差は平均的な予測誤差(回帰誤差)とする(第 3.2-3 図)。つまり、予測式で推定した予測値(シグナル)の周りに予測式で説明できない回帰誤差(ノイズ)を分散させた確率密度関数といえる(杉, 2004)。このように分散に回帰誤差を用いることで、リードタイムが短い予報期間では分散が小さく、リードタイムが長くなるにつれて分散が大きくなり、予測精度に見合った確率分布が得られる。これは旧ガイダンスから変更はない。

#### (2) 降水量・降雪量ガイダンスの正規化

予報要素である降水量と降雪量の観測頻度は少ない側に偏り、多い方の裾が長い分布になっている。ガイダンスの予測式は線形重回帰式を用いて作成していることから、ここでは目的変数・説明変数を正規分布と仮定したが、これらの要素は正規分布とは異なる



第 3.2-3 図 正規分布の仮定手法イメージ図

平均値を回帰式の予測値、標準偏差を回帰誤差とした正規分布を作成する。

る分布となっている。そこで、旧ガイダンスでは、これらの要素については観測値の 4 乗根をとることで正規化<sup>3</sup>を行い、重回帰式を求めていた。しかし、その後の調整の結果、旧ガイダンスでは少雨を予測する頻度が過大であることがわかった。そこで、新ガイダンスでは降水量と降雪量の正規化に用いる累乗根の指数を見直すこととし、これらの 2 要素においては目的変数となる観測値の 2.5 乗根をとり正規化することとした。

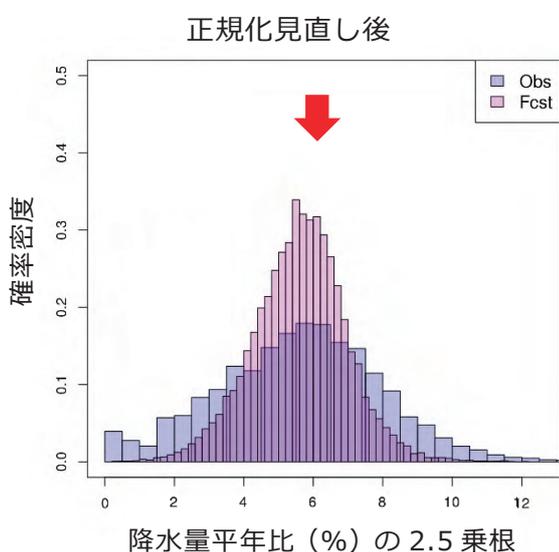
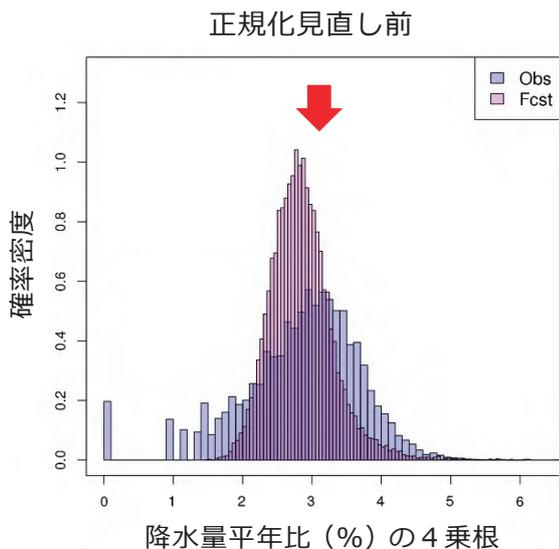
旧ガイダンスでは、説明変数の正規化は行っていないが、新ガイダンスでは、目的変数と同様に、正規分布と異なる分布をしている予測因子については、正規化を施すことを検討した。その結果、モデル降水量を 3 乗根することで正規化し、重回帰式に用いることとした。

第 3.2-4 図に、全季節<sup>4</sup>全地域<sup>5</sup>で集計した、正規化見直し前と見直し後の 1 週目降水量の観測値と旧ガイダンスの中央値(累積確率密度の 50%の値)のヒス

<sup>3</sup> ここでは正規分布に近づけることを正規化と定義する。

<sup>4</sup> 気温、降水量、日照時間は通年の 36 旬で集計。降雪量は全降雪量予報期間(北・東日本日本海側は 11 月 20 日初期値から 2 月月末初期値まで、西日本日本海側は 11 月 30 日初期値から 2 月 10 日初期値まで)で集計。

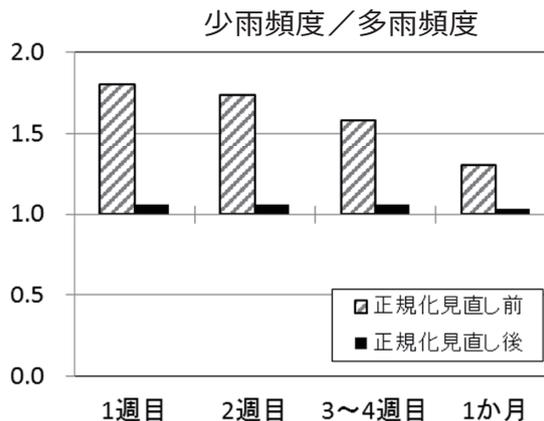
<sup>5</sup> 気温は、北海道、東北、関東甲信、北陸、東海、近畿、中国、四国、九州北部、九州南部、奄美、沖縄の 12 地域で集計。降水量と日照時間は、北海道日本海側、北海道太平洋側、北海道オホーツク海側、東北日本海側、東北太平洋側、関東甲信、北陸、東海、近畿日本海側、近畿太平洋側、山陰、山陽、四国、九州北部、九州南部、奄美、沖縄の 17 地域で集計。降雪量は北海道日本海側、東北日本海側、北陸、近畿日本海側、山陰の 5 地域で集計。



第 3.2-4 図 降水量 1 週目の正規化見直し前と見直し後のヒストグラム(全季節全地域の集計)

青が観測値、ピンクが回帰式の予測値のヒストグラムを示す。上図が正規化見直し前、下図が正規化見直し後を示す。正規化見直し後は、観測及び予測頻度のピークが概ね一致している。赤矢印はそれぞれの累乗根前の平年比 100%(正規化見直し前は約 3.16、正規化見直し後は約 6.31)に相当する位置を示す。データは旧ガイダンスの中央値とその再予報期間(1981~2010 年)に対応する観測値を使用した。

トグラムを示す。正規化見直し前は、観測頻度のピークに比べ予測頻度のピークが小さい側に見られるが、正規化見直し後は、これらのピーク間の隔たりは小さい。第 3.2-5 図に、正規分布見直し前後の各予報期間における降水量を「多い」「平年並」「少ない」の 3 階級でそれぞれ「少ない」と予測した回数と「多い」と予



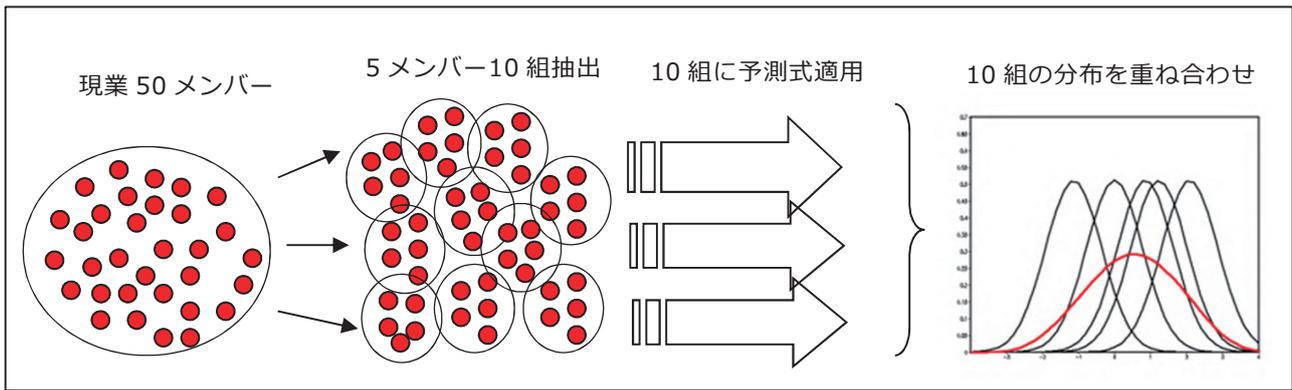
第 3.2-5 図 降水量の正規化見直し前と見直し後の少雨頻度と多雨頻度の比

少雨(多雨)頻度は、「少ない(多い)」と予測した回数を示す。値が 1 より大きい場合は少雨頻度過大、1 より小さい場合は多雨頻度過大、1 に近いほどそれぞれの予測回数に偏りが無いことを示す。データは第 3.2-4 図と同様。

測した回数の比を示す。正規化見直し前は比の値が 1 から大きく離れており、少雨を予測する頻度が過大であったが、正規化見直し後は比の値が 1 に近づき、この傾向が改善されている。

### (3) 現業への適用

再予報から作成した予測式と回帰誤差は 5 メンバーのアンサンブル平均を用いて求められたものであり、これをそのまま現業の 50 メンバーのアンサンブル平均に適用すると 5 メンバーのアンサンブル平均の変動に比べ 50 メンバーのアンサンブル平均の変動が小さくなることから適切な確率予測が得られない。そこで現業のガイダンス作成においては、50 メンバーから 5 メンバーの組を重複なく 10 組取り出し、10 組それぞれのアンサンブル平均に予測式を適用して確率分布を求め、その 10 組の確率分布を重ね合わせることで最終的な予測の確率分布とした(第 3.2-6 図)。これは旧ガイダンスから変更はない。



第 3.2-6 図 現業ガイダンスへの適用(イメージ図)

### 3.2.7 変数選択(予測因子の決定)

#### (1) 変数選択の手法

多重共線性<sup>6</sup>を回避するために相関がある予測因子を同時に採用しないように変数選択を行った。この基本方針は旧ガイダンスと変わらない。具体的には、数値予報モデルから予測値として出力される予測要素からガイダンスの作成に有用と考えられる 35 の要素を予測因子の候補とした。このうち、各予測因子間の相関高い予測因子は同時に選択しないようにし、残った予測因子の全ての組み合わせについてガイダンスを作成し、予測精度を算出した。このようにして求めた予測精度と隣接する地域との整合、解釈のしやすさなどを考慮し、予測因子の組み合わせを決定した。なお、予測因子の組み合わせは季節ごとに決定した。

#### (2) 仮予測因子を用いない予測式の検討

旧ガイダンスでは一種類の強制因子<sup>7</sup>と一種類から三種類の仮予測因子<sup>8</sup>の組み合わせで最適なものを自動選択して重回帰式を作成していた。新ガイダンスでは、従来の自動選択した重回帰式より、あらかじめ

予測因子の組み合わせを決定した重回帰式の方が予測精度が高かったことから、仮予測因子を用いない予測式に変更した。なお、次に示すように、新ガイダンスでは予測因子として気温、降水量及び日照時間では二種類、降雪量では二種類または三種類選択した。

#### (3) 新ガイダンスにおける予測因子の組み合わせ

予測因子の組み合わせを第 3.2-2 表に示す。気温ガイダンスでは旧ガイダンス同様に目的変数と相関の高い地上気温もしくは下層の気温を一番目の予測因子として選択した。二番目の予測因子を旧ガイダンスでは 925hPa の湿数としていた地域が多かったが、新ガイダンスでは中層の相対湿度や下層または中層の風も選択した。

降水量と日照時間ガイダンスでは、旧ガイダンス同様にそれぞれモデル降水量と全雲量を一番目の予測因子として選択し、二番目の因子には風を選択した。旧ガイダンスでは風を予測因子として用いる際には直交する風の両成分を仮予測因子としていたが、新ガイダンスではどちらか 1 方向のみの風を強制因子とした。旧ガイダンスでは風の両成分を仮予測因子にすることで、リードタイムによって用いる風成分が頻繁に変わるなど解釈が難しく、時間方向の予測の傾向が不連続になることもあった。新ガイダンスではこれが改善され、リードタイムによって予測の傾向が連続的に変化し、より解釈しやすいガイダンスとなった。

降雪量ガイダンスについては、地上または中層の気温を一番目、中層の湿度または鉛直流を二番目の予測因子としてそれぞれ選択した。また、北陸、近畿

<sup>6</sup> 変数間に複数の完全または近似的な線形関係が成立していること。多重共線性がある場合、用いる説明変数の加除により回帰式の係数が大きく変化したり、通常考えられる符号と異なる結果が得られたりすることなど、回帰式の信頼性が低下する。

<sup>7</sup> 常に重回帰式に予測因子として与える因子を、ここでは強制因子と呼ぶことにする。

<sup>8</sup> F 値(回帰係数の検定量)を選択基準とした変数増減(ステップワイズ)法により季節、地域、リードタイムごとに自動選択される予測因子。旧ガイダンスでは仮予測因子の候補は季節、地域で同じ因子としていた。

日本海側及び山陰においては中層と下層の気温差を三番目の予測因子として選択した。降水量ガイダンス同様、旧ガイダンスでは、リードタイムによって異なる風成分を選択することがあった。また、旧ガイダンスは気温と風を予測因子として選択していたが、冬季において気温と北西風の負相関が比較的高く、北西風が強いほど降雪量を減らすような場合もあった。以上のような点について新ガイダンスでは改善された。

また、旧ガイダンスでは大雪早警ガイダンスと1か月予報の降雪量ガイダンスで異なる予測因子を用いていたため、大雪早警と1か月予報のガイダンスの間で齟齬が見られることがあった。新ガイダンスでは、これを防ぐために気温及び降雪量について早警と1か月予報の予測因子を統一した。

第 3.2-2 表 各予報要素の予測因子の組み合わせ

使用する予測因子を「○」で示している。表中の略称は、TS:地上気温、T975:975hPa 気温、T925:925hPa 気温、T700:700hPa 気温、RH925:925hPa 相対湿度、RH700:700hPa 相対湿度、RH500:500hPa 相対湿度、Z500:500hPa 高度、 $\omega$ 700:700hPa 上昇流、RAIN:モデル降水量、CLA:全雲量、NW925:925hPa 北西風、SW925:925hPa 南西風、N925:925hPa 北風、NW700:700hPa 北西風、SW700:700hPa 南西風、SW500:500hPa 南西風、SW300:300hPa 南西風、W300:300hPa 西風、T5-T9:500hPa 気温と925hPa 気温の温度差、T7-T9:700hPa 気温と925hPa 気温の温度差、北:北日本(東、西についても同様)、日:日本海側、太:太平洋側、群・長北:群馬県北部・長野県北部、岐阜山:岐阜県山間部。

気温		TS	T975	T925	RH925	RH700	RH500	Z500	N925	SW500
季節	地域									
春	北、東、西	○					○			
	沖縄・奄美			○			○			
夏	北、東、西	○								○
	沖縄・奄美	○						○		
秋	北、東、西	○							○	
	沖縄・奄美			○		○				
冬	北		○						○	
	東、西	○			○					
	沖縄・奄美	○				○				

降水量		RAIN	NW925	N925	NW700	SW700	SW300	W300
季節	地域							
春	北、東、西	○						○
	沖縄・奄美	○			○			
夏	北	○					○	
	東、西	○		○				
	沖縄・奄美	○						○
秋	北、東、西	○						○
	沖縄・奄美	○		○				
冬	北、東日	○				○		
	東太、西	○	○					
	沖縄・奄美	○		○				

日照時間		CLA	SW925	N925	NW700	SW700	SW500	SW300	W300
季節	地域								
春	北	○	○						
	東、西	○						○	
	沖縄・奄美	○			○				
夏	北	○						○	
	東、西	○		○					
	沖縄・奄美	○							○
秋	北、東、西	○				○			
	沖縄・奄美	○		○					
冬	北、東日	○				○			
	上記以外	○			○				

降雪量		TS	T700	$\omega$ 700	RH700	T5-T9	T7-T9
地域							
北海道日、東北日		○			○		
群・長北、岐阜山			○	○			
北陸		○		○		○	
近畿日、山陰		○		○			○

### 3.3 1 か月予報ガイダンスの精度評価

本節では前節で述べた手法によって作成された新ガイダンスと旧ガイダンスの精度比較を示す。検証は検討対象年のみを除く交差検証(クロスバリデーション)に基づいて行った。ブライアスキルスコア(以下、BSS)や Relative Operating Characteristic(以下、ROC)面積などの確率を評価するガイダンスのスコアの算出には「高い(多い)」「平年並」「低い(少ない)」の3階級全てを用いた。これらのスコアについては、値が大きいほど予測精度が高いことを示す。スコアの詳細は中三川(2013)を参照されたい。また、検証期間は初期値がそれぞれ「3~5月」を「春季」、「6~8月」を「夏季」、「9~11月」を「秋季」、「12~2月」を「冬季」とした。

#### 3.3.1 気温の精度評価

第3.3-1図に新旧ガイダンスそれぞれにおける全季節全地域で集計した気温の予報期間ごとのBSSとROC面積を示す。1か月のBSS、ROC面積にみられる予測精度は改善している。予報期間ごとにみると、全ての予報期間で改善しており、特に1週目の改善が大きい。

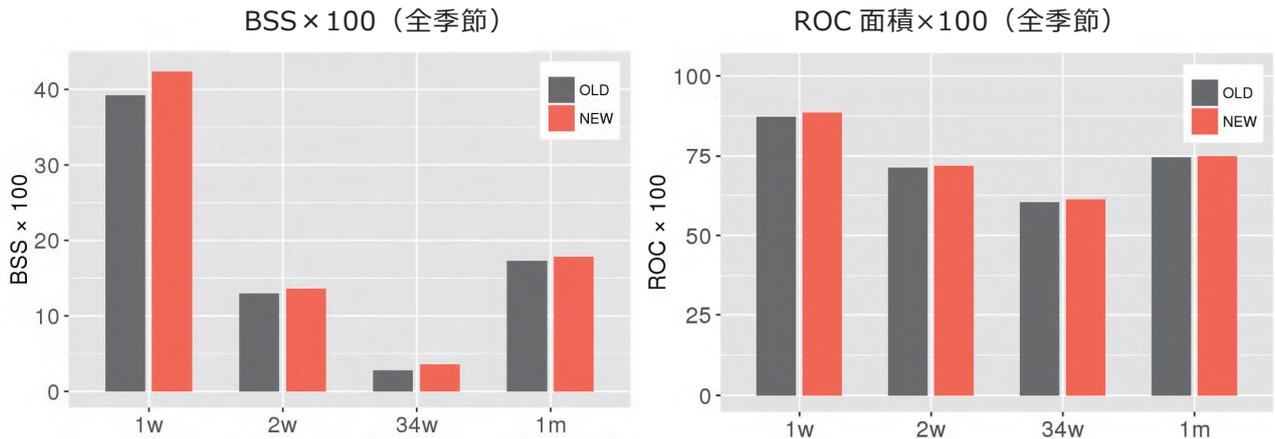
次に季節ごとのBSSの新旧比較を第3.3-2図に示す。夏季以外の季節では、全ての予報期間で予測精度が同等もしくは改善がみられた。一方夏季は、1週目の予測精度は向上しているものの、その他の予報期間は改悪している。これは、第2.3節、第2.4節で示されているように、夏季は数値予報モデルによる日本域周辺の対流圏下層気温の予測精度が改悪していることによる。

第3.3-3図に、新旧ガイダンスの全季節及び夏季にそれぞれについて全地域で集計した、1か月の気温の信頼度曲線及び予測頻度を示す。全季節で見ると旧ガイダンスと比べて新ガイダンスは気候値予報(33%)から離れた確率を予測する頻度が多くなり、分離度(図中Bres)に改善がみられた。夏季は分離度が小さくなり、旧ガイダンスに比べると、気候値から離れた大きな確率を予測する頻度が少なくなっていることがわかる。一方、全季節及び夏季ともに信頼度曲線

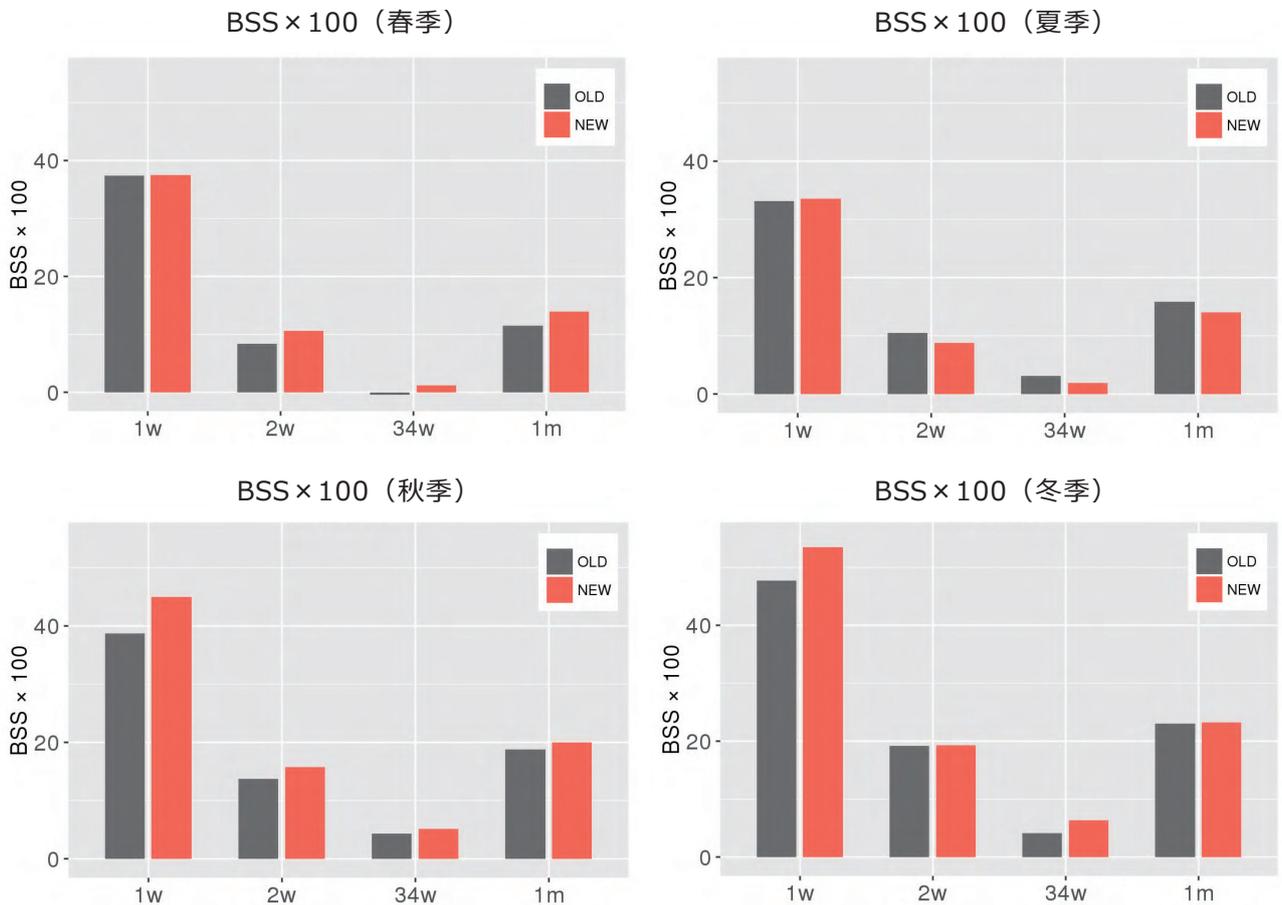
が対角線に沿っており、旧ガイダンスと同様に確率の信頼度は高い。

#### 3.3.2 降水量、日照時間、降雪量の精度評価

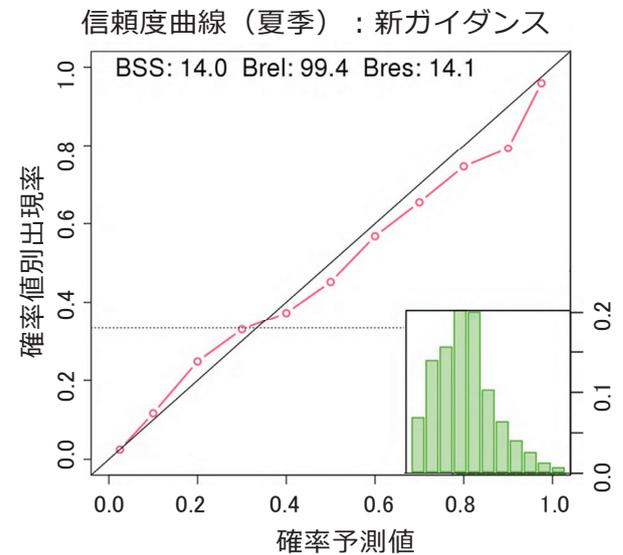
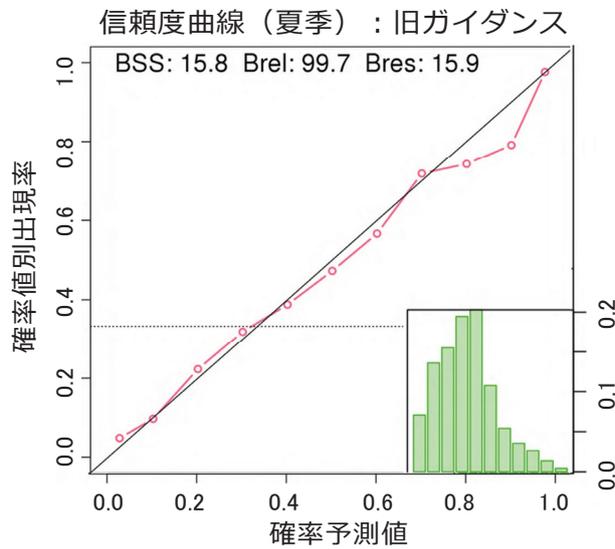
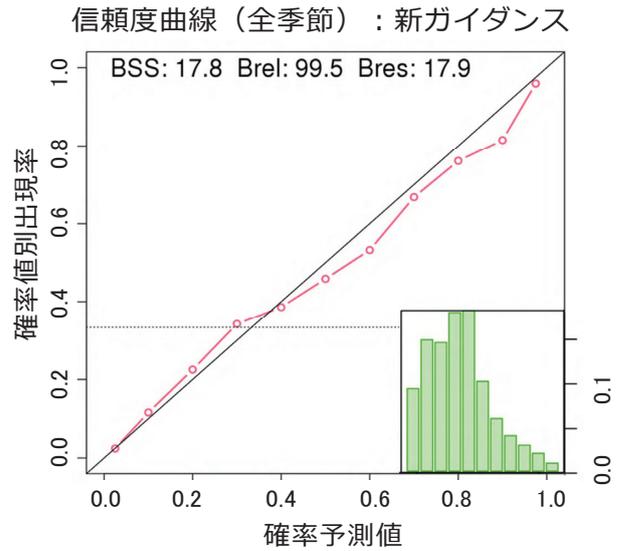
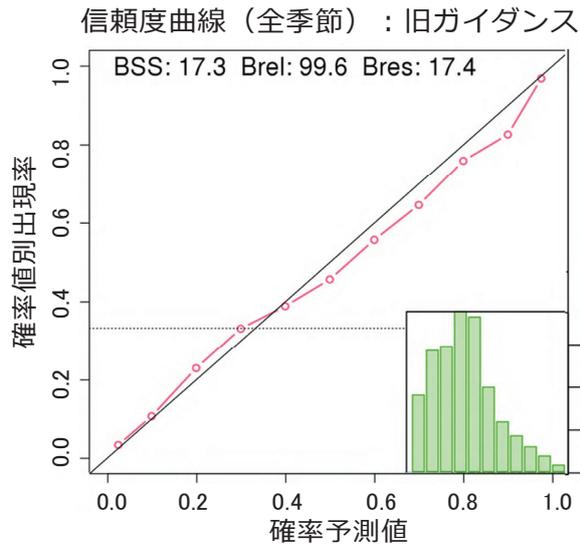
第3.3-4図に全季節全地域で集計した降水量、日照時間、降雪量の予報期間ごとのBSSと相関係数を示す。なお、相関係数はガイダンスの中央値と観測値から算出した相関係数を示す。降水量のBSSは全予報期間で改善しており、特に1週目の改善が大きい。これにはモデルの改善に加えて、第3.2.6項(2)で示した正規化を見直したことによる寄与が大きい。日照時間のBSSも全予報期間で予測精度の向上がみられた。季節別にみると、秋季と冬季に改善が大きい(図略)。降水量と日照時間の1か月のBSSは0.05以下になっており確率予報としての予測精度は乏しく、大きな確率の予測は困難であるが、相関係数で見ると+0.3程度の相関があり、「多い」「少ない」の傾向予測として用いることができる。また、気温の予測精度がやや改悪した夏季については、降水量と日照時間でも2週目の予測精度は改悪しているものの、1か月を通してみるとほぼ同等であった(図略)。降雪量のBSSも全予報期間で大幅に予測精度の向上がみられた。



第 3.3-1 図 全季節全地域で集計した気温の BSS × 100 および ROC 面積 × 100 の新旧精度比較(予報期間ごと)  
略語の 1w は予報 1 週目、2w は予報 2 週目、34w は予報 3～4 週目、1m は 1 か月の予報を示す。  
灰色棒グラフは旧ガイダンス(OLD)、橙色棒グラフは新ガイダンス(NEW)を示す。

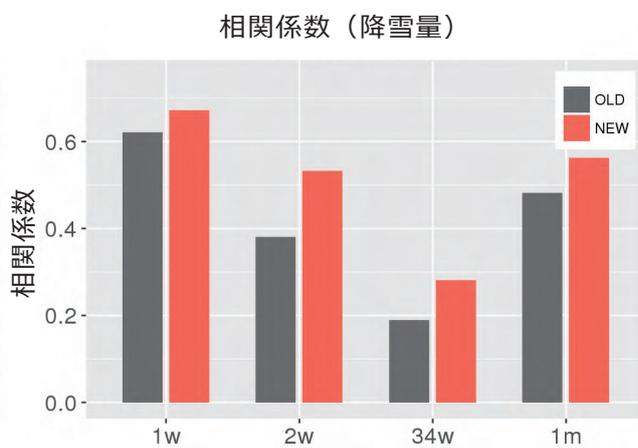
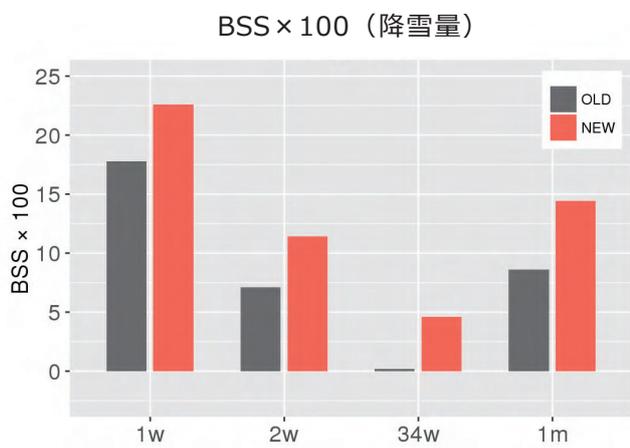
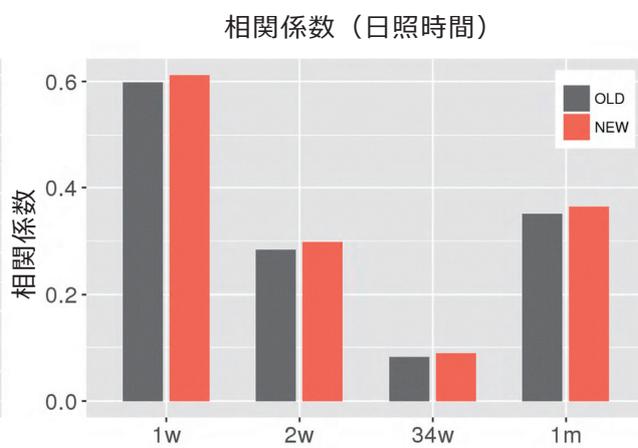
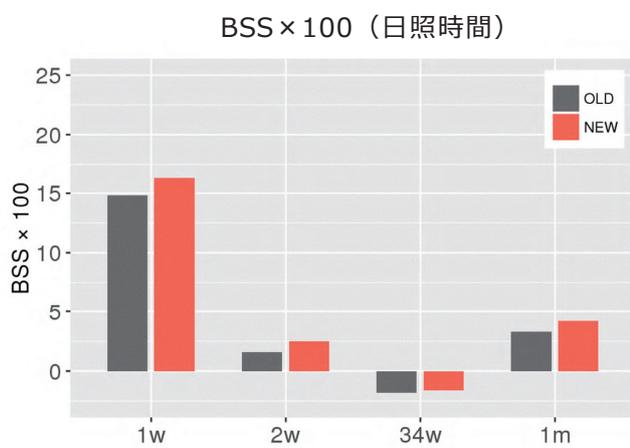
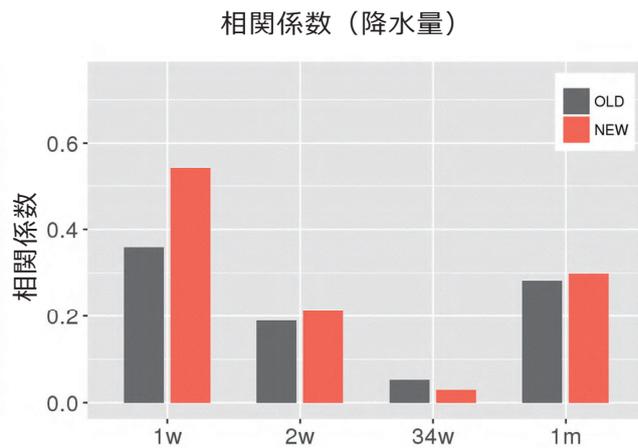
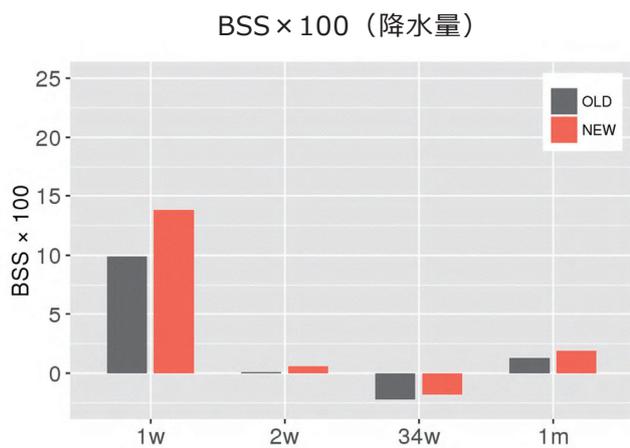


第 3.3-2 図 全地域で集計した気温の季節ごとの BSS × 100 の新旧精度比較(予報期間ごと)  
略語とグラフの説明は第 3.3-1 図と同様。



第 3.3-3 図 全季節と夏季の全地域で集計した 1 か月気温の信頼度曲線

左が旧ガイダンス、右が新ガイダンス、上が全季節、下が夏季を示す。赤線が信頼度曲線、黒破線が気候値、図中右下の緑の棒グラフが予測頻度（左から 0~4%、5~14%、…、85~94%、95~100%）を示す。図中上部の BSS はブライアスキルスコア、Brel は信頼度、Bres は分離度を示し、それぞれのスコアの 100 倍値を示す。



第 3.3-4 図 全季節全地域で集計した降水量、日照時間、降雪量の予報期間ごとの BSS × 100 と相関係数  
 左が BSS×100、右が相関係数、上段が降水量、中段が日照時間、下段が降雪量を示す。略語とグラフの説明は第 3.3-1 図と同様。

### 3.4 早警ガイダンスの精度評価

#### 3.4.1 気温の早警ガイダンスの精度評価

第 3.4-1 図に全季節全地域で集計した気温早警発表基準(「かなり高い」または「かなり低い」となる確率が 30%以上と予測)に達したときのリードタイムごとの「かなり高い」と「かなり低い」を合わせた適中率と捕捉率を示す。早警対象期間は予報 6 日目から予報 9 日目を初日とする 7 日間平均である(図中緑枠)。これによると適中率・捕捉率共に新ガイダンスの折れ線グラフが旧ガイダンスの上に位置しており、全予報期間で予測精度の向上がみられた。1 か月予報ガイダンスで 2 週目の予測精度が改悪した夏季については、早警対象期間前半はほぼ同程度の予測精度だが、早警対象期間後半は旧ガイダンスの予測精度を下回った(図略)。

次に、新旧ガイダンスの全季節全地域で集計した早警初日(予報 6 日目)において、早警発表基準に達したときの実際の階級と適中率及び捕捉率を、「かなり高い」と「かなり低い」それぞれについて第 3.4-2 図に示す。これによると「かなり高い」及び「かなり低い」共に改善がみられた。また、「かなり高い(かなり低い)」と予測したときに「低い(高い)」または「かなり低い(かなり高い)」となる確率は 3%以下であり、予測が早警発表基準に達したときに実況が逆の階級になる確率は低いといえる。

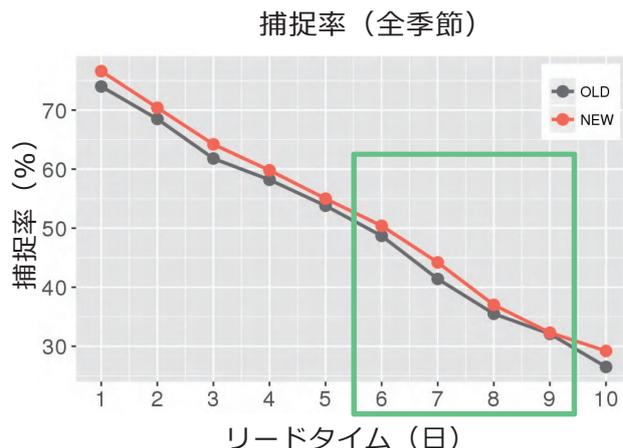
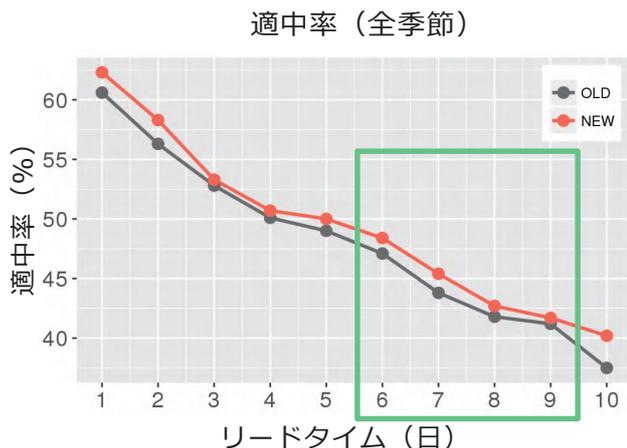
#### 3.4.2 大雪早警ガイダンスの精度評価

大雪早警対象期間(11 月～3 月)<sup>9</sup>において、全地域で集計した「かなり多い」の適中率及び捕捉率を第 3.4-3 図に示す。早警対象期間の適中率はやや悪く、捕捉率はやや良くなっているものの、旧ガイダンスと概ね同程度であることがわかる。一方、相関係数(図略)は早警対象期間を通して改善しており、より正確に傾向が予測できることになったことがわかる。

次に、大雪早警対象期間で、早警初日において新旧ガイダンスが大雪早警発表基準(「かなり多い」とな

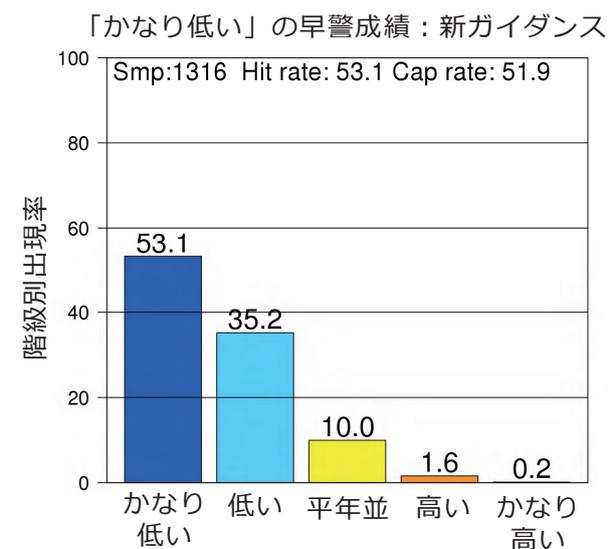
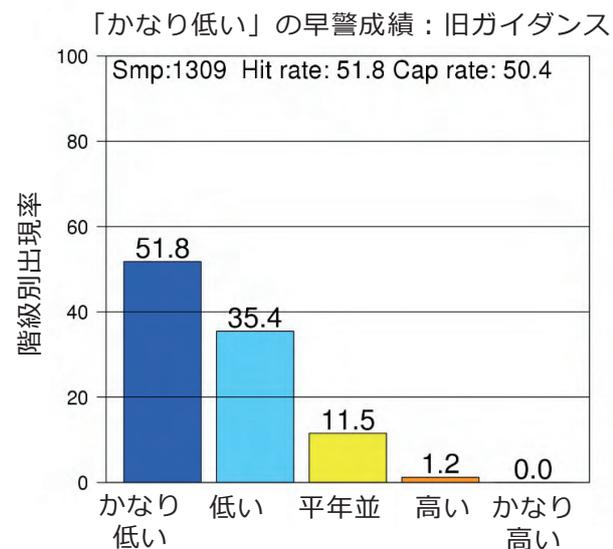
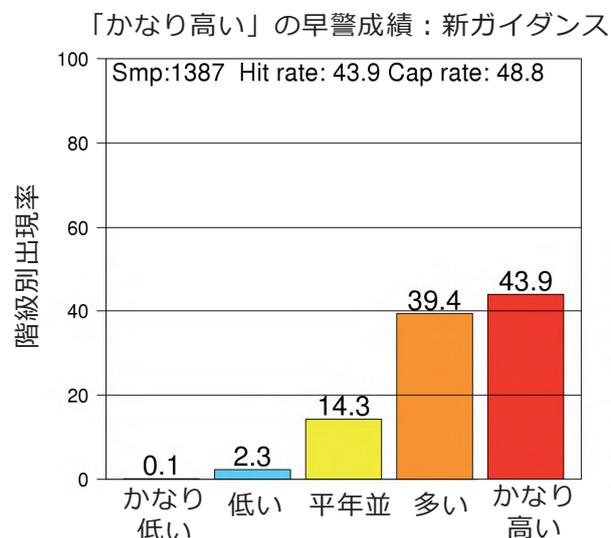
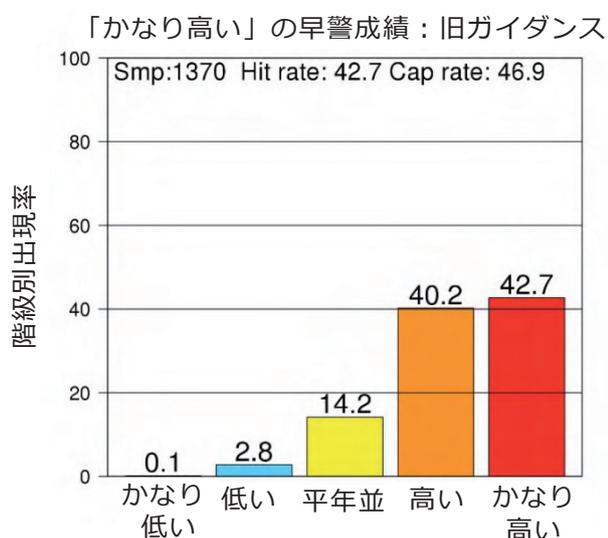
る確率が 30%以上と予測)に達したときの、観測値の階級と適中率、捕捉率を第 3.4-4 図に示す。これからも新ガイダンスと旧ガイダンスの精度は概ね同程度であることが確認できる。一方、新ガイダンスでは大雪早警発表基準に達したにもかかわらず、「かなり少ない」となる事例が 3%程度存在する。これは主に秋や春の西日本日本海側で生じており(図略)、平年の降雪量が少ないときに空振りが発生しやすいことが考えられる。ただし、冬季(12 月～2 月)期間に限って見ると、検証期間内において、大雪早警発表基準に達した場合に「かなり少ない」となった事例はなく(図略)、平年の降雪量が多い時期には、逆の階級を予測する可能性が低いことが確認できる。

<sup>9</sup> 検証期間の始まりは地域によって異なる。北海道日本海側:10 月下旬から、東北日本海側、群馬県北部・長野県北部、北陸、岐阜県山間部:11 月上旬から、近畿日本海側、山陰:11 月中旬から。

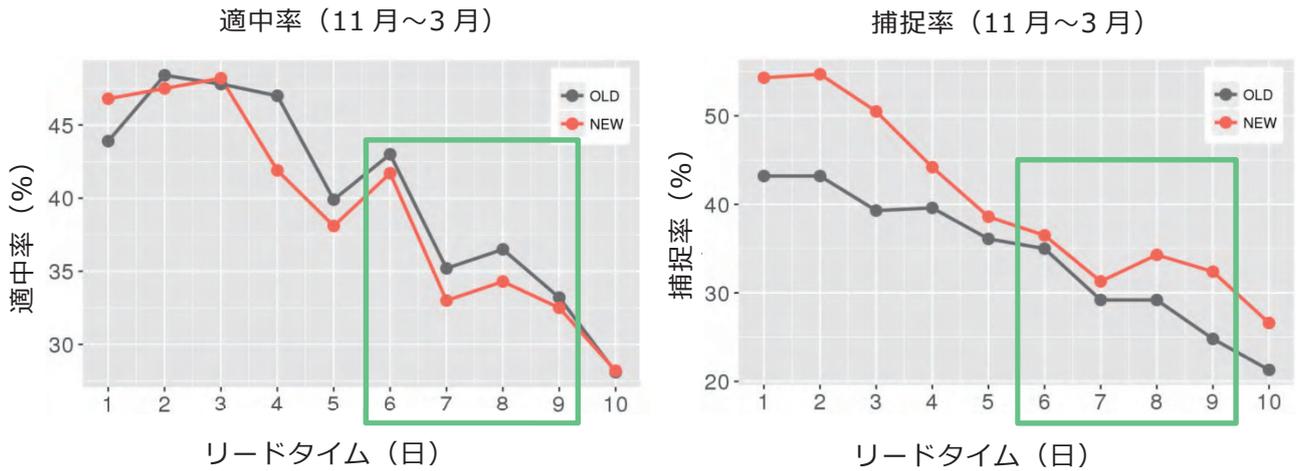


第 3.4-1 図 全季節全地域で集計した気温早警の適中率および捕捉率の新旧精度比較

左図が適中率、右図が捕捉率を示す。黒線は旧ガイダンス(OLD)、赤線は新ガイダンス(NEW)を示す。緑枠は早警対象期間を示し、図中のリードタイム 6 日が早警対象期間初日を表す。

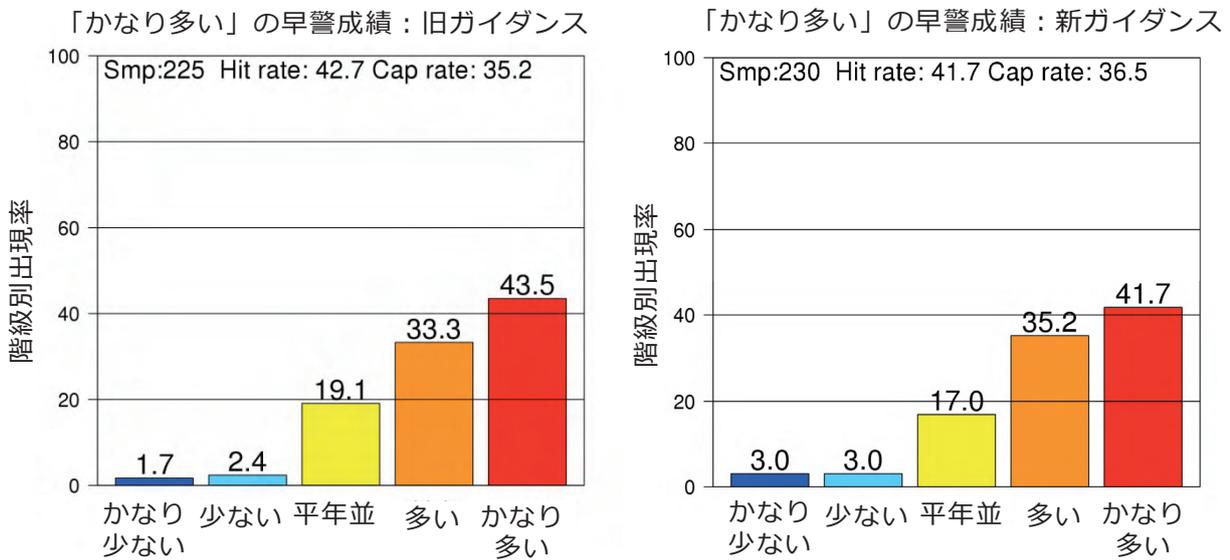


第 3.4-2 図 全季節全地域で集計した早警初日におけるガイダンスが早警発表基準に達したときの実際の階級出現率  
 図中棒グラフ上部の数値はそれぞれの階級の出現率(%)、図中上部にサンプル数(Smp)、適中率(Hit rate)、捕捉率(Cap rate)を示す。サンプル数は、ガイダンスが早警発表基準に達した事例数。



第 3.4-3 図 大雪早警対象期間(11月～3月)の全地域で集計した大雪早警ガイダンスの適中率および捕捉率の新旧精度比較

左図が適中率、右図が捕捉率を示す。黒線、赤線、緑枠、は第 3.4-1 図と同様。



第 3.4-4 図 大雪早警対象期間(11月～3月)の全地域で集計した早警初日における早ガイダンスが警基準に達したときの実際の階級出現率

図中棒グラフ上部の数値、図中上部の数値は第 3.4-2 図と同様。

### 3.5 地点ガイダンス

1 か月予報や早警では地域平均を予報対象としているが、高度利用者向けに、各地上気象観測地点（以下、地点）のガイダンスについても部外配信している。また、気象庁 HP では早警対象期間の 7 日間平均気温と 1 か月予報対象期間の 28 日間平均気温に関する確率予測資料を公開している<sup>10</sup>。本節では地点ガイダンスの変更について述べる。

#### 3.5.1 地点ガイダンスの作成方法の改善

旧ガイダンスの地点ガイダンス(旧地点ガイダンス)は各地点が対応している地方予報区及び細分予報区(第 3.2-1 表)の地域平均の予報を補正して作成される(伊藤 2008)。具体的には、地域平均と地点のガイダンスで予測される平年差は等しいとし、地点の予測誤差は地域平均の予測誤差に再予報期間における地域の観測値から求めた標準偏差(全分散の平方根)の対する地点の観測値から求めた標準偏差の比を乗じて求め、これらから正規分布を仮定して作成している。

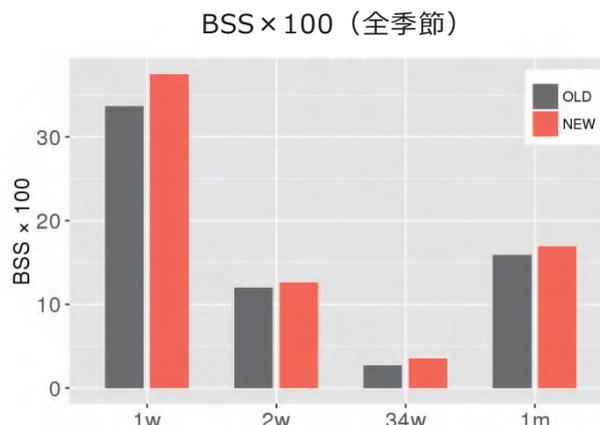
地点ガイダンスの運用が始まった 2008 年頃と比較すると、数値予報モデルの解像度が高くなるとともに様々な改良を経てその予測精度も向上してきている。また、地点の予報に対するニーズも高まっている。そこで、新ガイダンスの地点ガイダンス(新地点ガイダンス)では、地点ごとに近傍の 4 つの格子点値を地点の緯度経度に内挿し予測因子を求め、地域平均のガイダンス同様に地点ごとに直接重回帰式を求めた。

#### 3.5.2 地点ガイダンスの予測精度

第 3.5-1 図に全季節全地点(152 地点)で集計した気温の予報期間ごとの新旧ガイダンスの BSS を示す。1 週目を中心に全予報期間で予測精度の向上がみられた。

なお、地点ガイダンスではその地点が属する地域と同予測因子を用いることで、地点と地域平均のガイダンス値が大きく異ならないように整合をとった(第 3.2-2 表参照)。また、降水量と降雪量ガイダンスに対して

<sup>10</sup> <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/index.html> (2016 年 12 月現在)



第 3.5-1 図 全季節全地点で集計した気温の BSS x 100 略語は第 3.3-1 図と同様。

行った説明変数と目的変数の正規化も地域平均と同様の処理を行った。

旧地点ガイダンスでは、関東甲信地方のように内陸部と沿岸部で気温の変動幅が大きく異なる地域や四国地方のように太平洋側と瀬戸内側で季節によっては地域特性が異なる地域に属する地点でも、平年差は同じ予測値となっていたが、新地点ガイダンスではそれぞれの地点ごとにこれまでより適切に予測値を見積もることが可能となった。ただし、地点の予測精度(第 3.5-1 図)は地域平均の予測精度(第 3.3-1 図)に比べると低いことに留意が必要である。

### 3.6 まとめ

週間アンサンブル予報システムと台風アンサンブル予報システム、1 か月アンサンブル予報システムを統合した全球アンサンブル予報システムの運用開始に伴い、1 か月予報および早警ガイダンスの更新を行う予定である。新ガイダンスでは、旧ガイダンスのように仮予測因子による自動選択ではなく、あらかじめ選択した二種類または三種類の予測因子を用いた重回帰式を予測式とした。これによって予測精度が向上しただけではなく、シンプルで解釈しやすいガイダンスとなった。更に、早警と1 か月予報で同じ予測因子を用いることでプロダクト間の整合を図った。新ガイダンスでは、夏季の気温の予測精度はやや改悪したものの、その他の季節・予報要素においては概ね改善がみられ、1 年を通して見たときの予測精度は改善した。降水量と降雪量については、目的変数及び説明変数のそれぞれについて正規化の見直しを行ったことにより、少雨及び少雪の予測頻度過大傾向が改善された。

また、旧地点ガイダンスでは地域平均の予測値を基にガイダンスを作成してきたが、新地点ガイダンスでは地点ごとに回帰式を作成することで、より適切に予測値を見積もることが可能となった。

### 参考文献

- 伊藤明, 2008: 異常天候早期警戒情報のためのガイダンスとその評価. 平成 20 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 28-34.
- 伊藤明, 2013: 1 か月予報ガイダンス・異常天候早期警戒情報のためのガイダンス. 平成 24 年度研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 182-194.
- 気象庁, 2016: 天気日数の廃止について, 配信資料に関する技術情報, 第 449 号.
- 杉正人, 2004: 確率予報の利用. 平成 16 年度季節予報研修テキスト, 気象庁気候・海洋気象部, 1-9.
- 高野清治, 2000: 1 か月予報とアンサンブル予報. 平成 11 年度季節予報研修テキスト, 気象庁気候・海洋気象部, 8-19.
- 竹川元章, 大塩健志, 2014: 1 か月予報及び異常天候警戒情報のためのガイダンス更新. 平成 26 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 46-65.
- 中三川浩, 2013: 季節予報の評価手法. 平成 24 年度研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 271-281.
- 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.