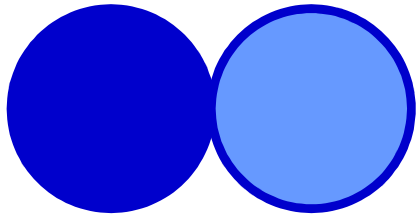
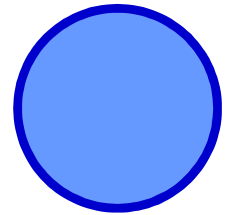
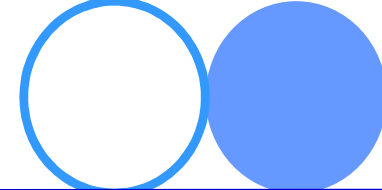


# 季節予報ガイダンスの 作成手法と予測精度

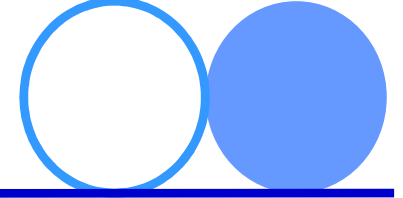


気象庁 地球環境・海洋部  
気候情報課

平成26年3月27日 気象等の情報に関する講習会

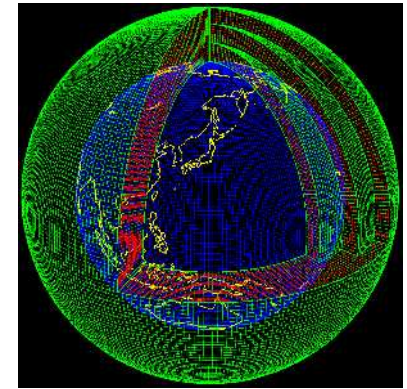


- ガイダンスとは
- 季節予報ガイダンスの種類
- 仮予測因子
- 作成手法
- 予測精度
- ガイダンスの特性
  - 地域的
  - 季節別
- 事例検証
  - 今月上旬の低温
  - 先月の関東甲信地方の大雨(雪)
  - 昨年10月の異常高温



数値予報  
モデル出力

格子点値 (Grid Point Values)  
例えば, 高度, 風など

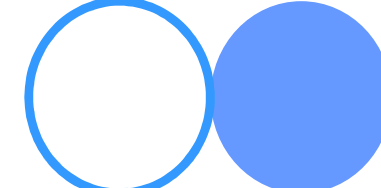


粗い格子から細かい情報  
高度・風などから気温, 降水量  
などを抽出するデータ変換手法  
統計的ダウンスケーリングとも呼ぶ

発表予報

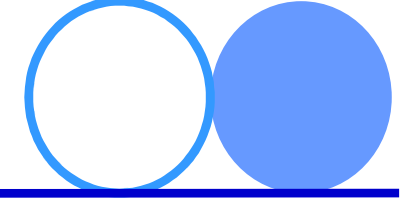
地域平均気温平年差  
地域平均降水量平年比,  
地域平均日照時間平年比など の確率

# 季節予報ガイダンスの種類



種類	予報発表日	要素
異常天候早期警戒情報 ガイダンス	毎週月曜日と木曜日	平均気温
1か月予報ガイダンス	毎週木曜日	平均気温、降水量、 日照時間、降雪量、 天気日数
3か月予報ガイダンス	毎月25日頃	
暖・寒候期予報ガイダンス	2月と9月の25日頃	

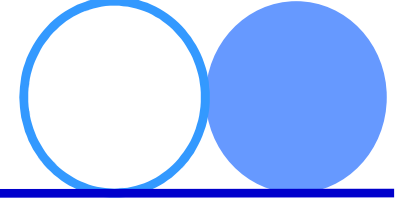
# ガイダンスの仮予測因子



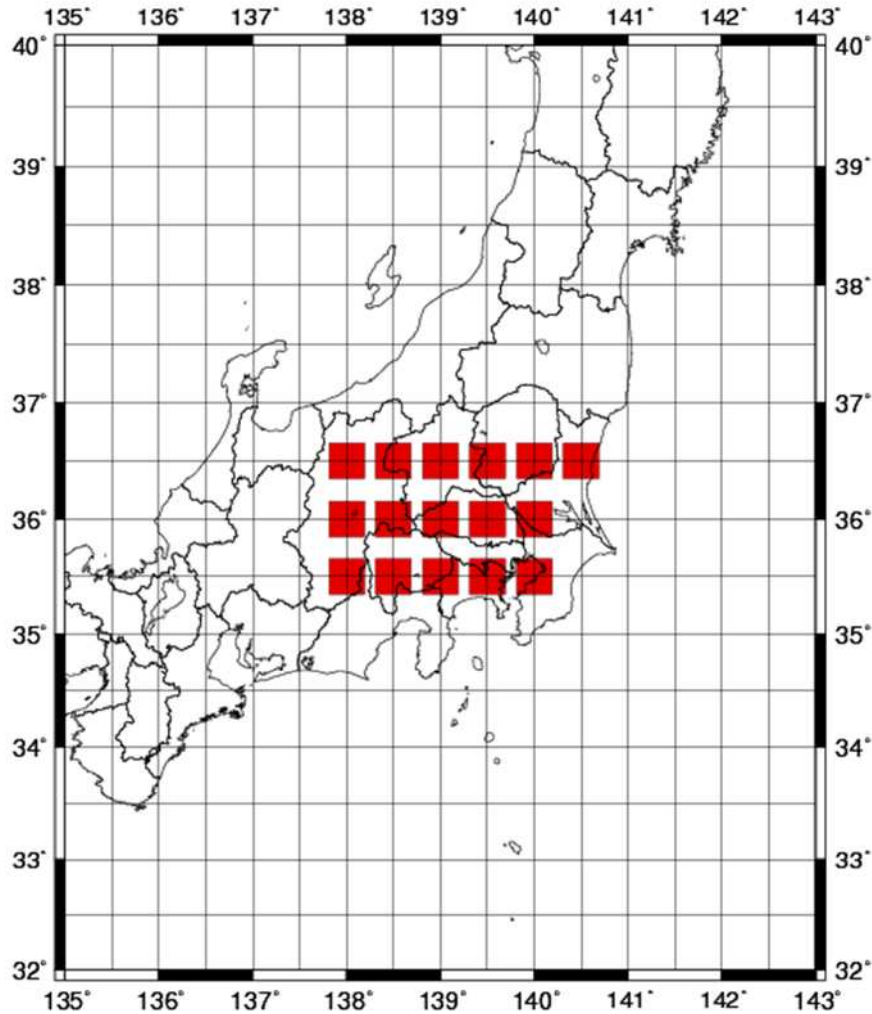
仮予測因子		気温		高度	風			降水量		湿数		上昇流	全雲量
予報要素	レベル (hPa)	地上	925	700	500	925	850	500		925	700	700	
平均気温													
降水量													
日照時間													
降雪量													
降雪量 (早警)													
天気日数													

仮予測因子の中から、地域別・季節毎に予測精度が最も高くなるように因子を選別している。

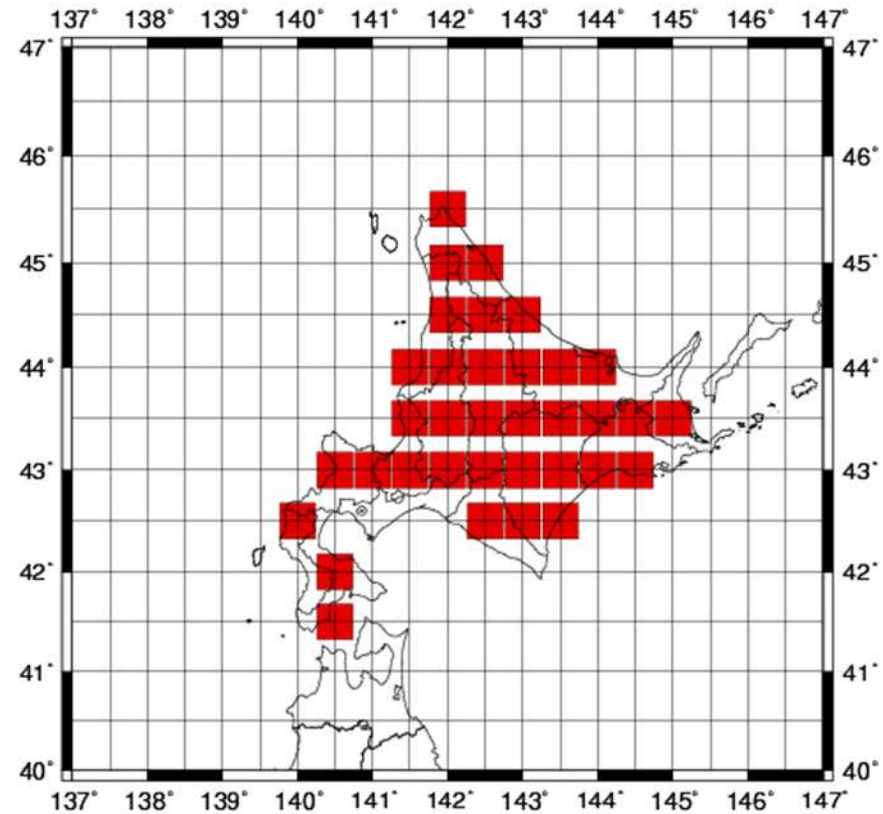
# 仮予測因子の格子点



## 関東甲信地方

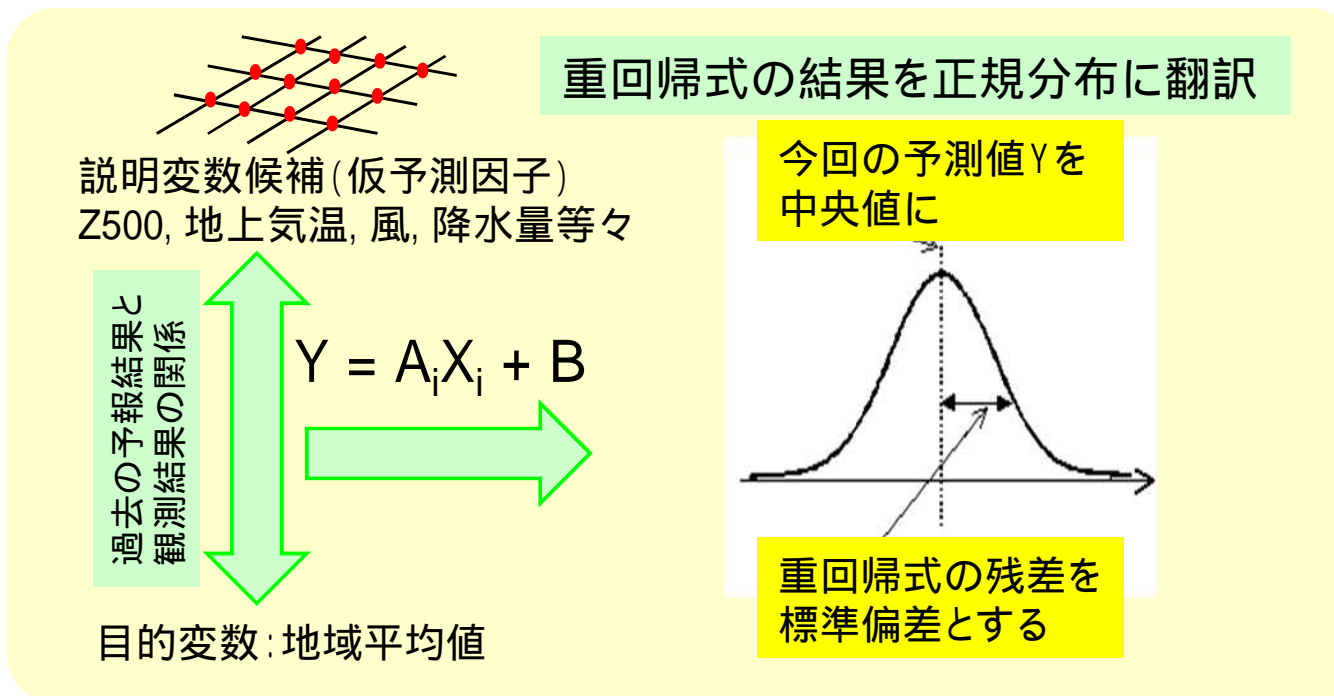


## 北海道地方



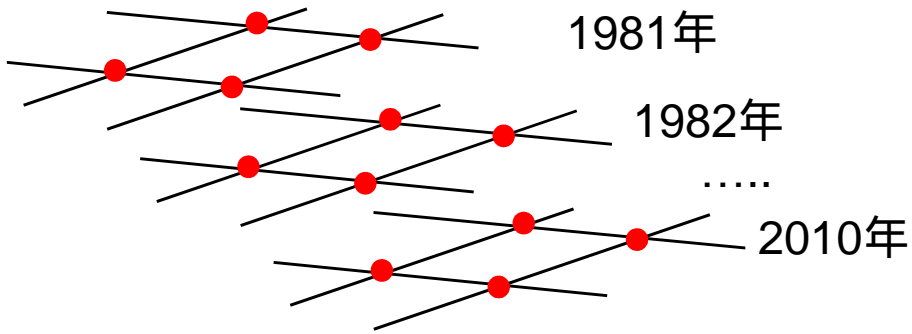
対象とする地域近傍の複数の格子点を平均して使用する

- モデルの仮予測因子を説明変数に、地域平均値を目的変数とした**重回帰式**
- 重回帰式の作成には、過去事例の予報実験(ハインドキャスト)の仮予測因子とその時観測された地域平均値との関係を用いる  
MOS方式と呼ばれている。
  - 長所 モデルのバイアスや予測精度が考慮されている
  - 長所 PPM方式(解析と観測で関係式を作る)より予測精度が高い
  - 短所 モデル更新の度に作業と膨大な計算コストがかかる

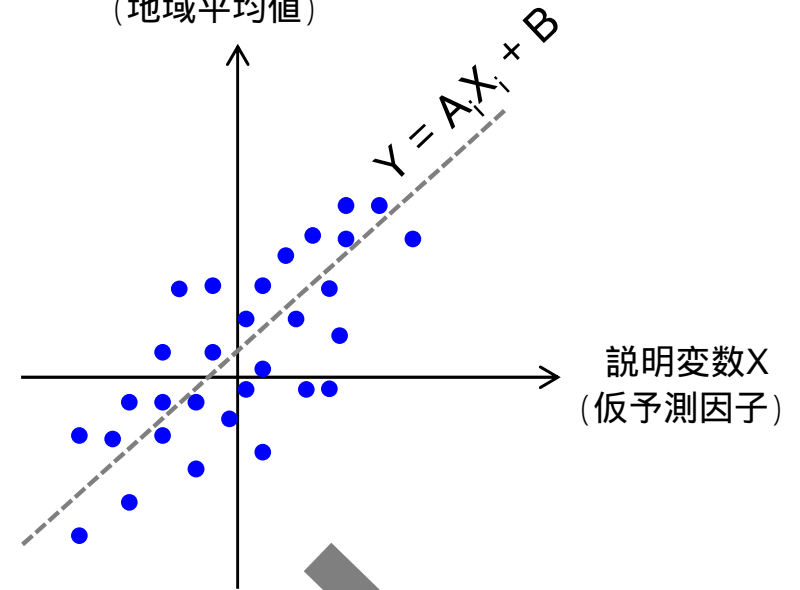


# 回帰式の作成方法

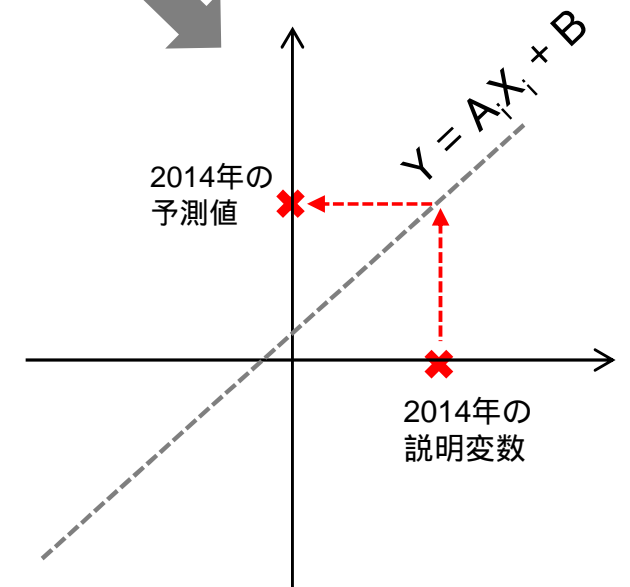
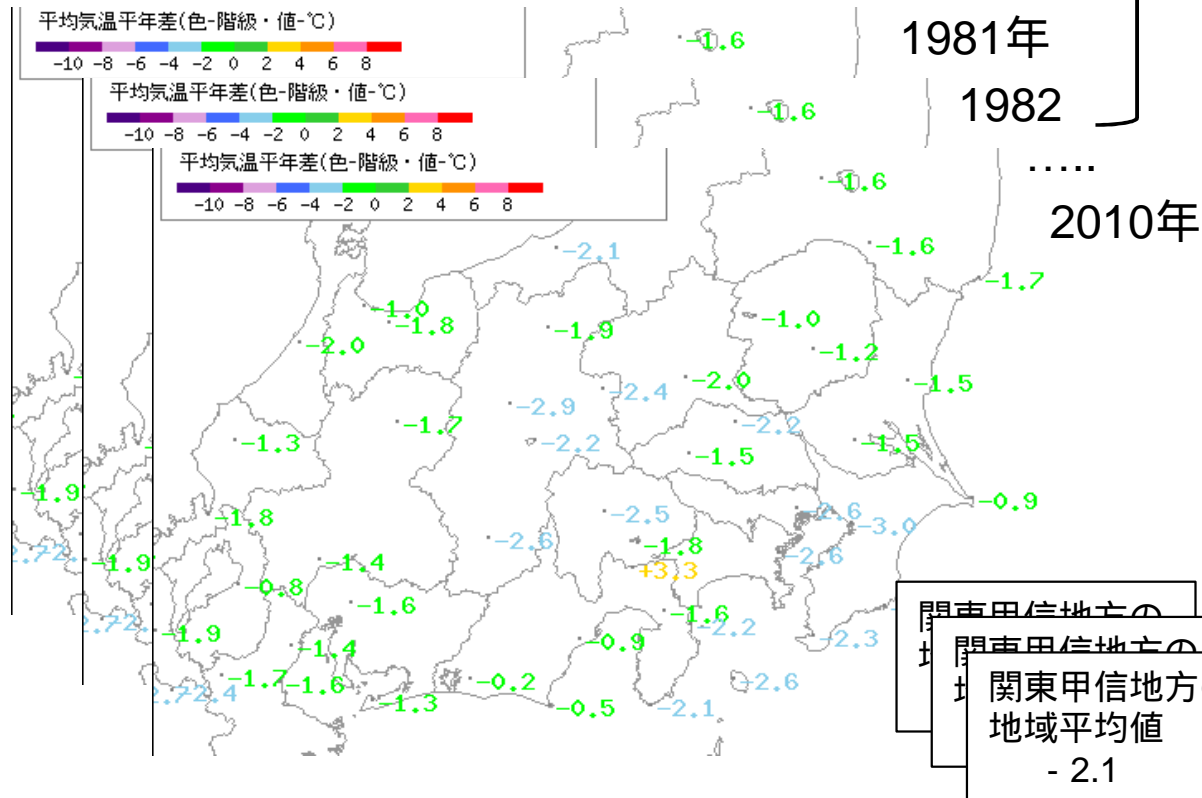
説明変数X



目的変数Y  
(地域平均値)

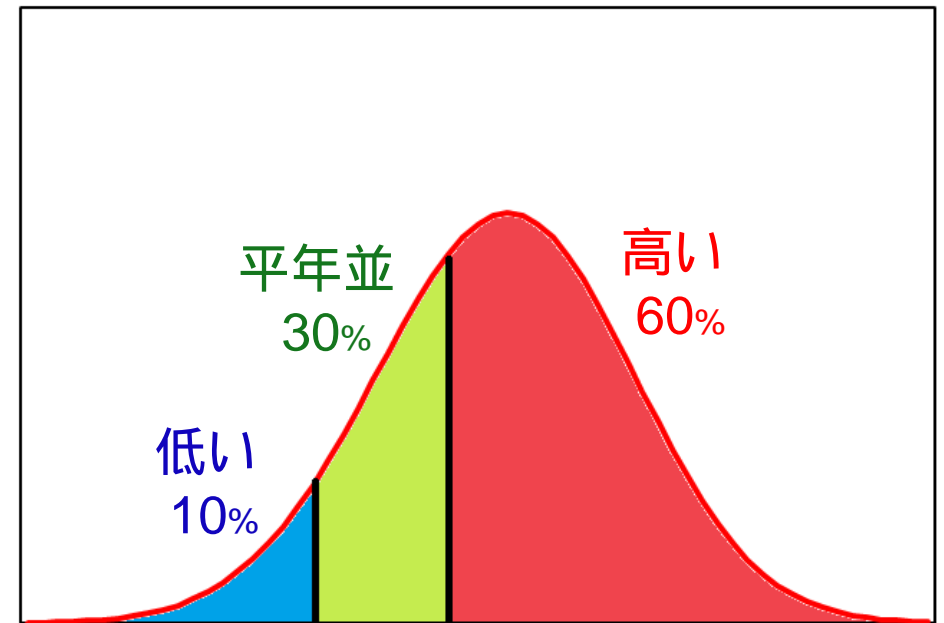
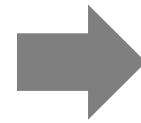
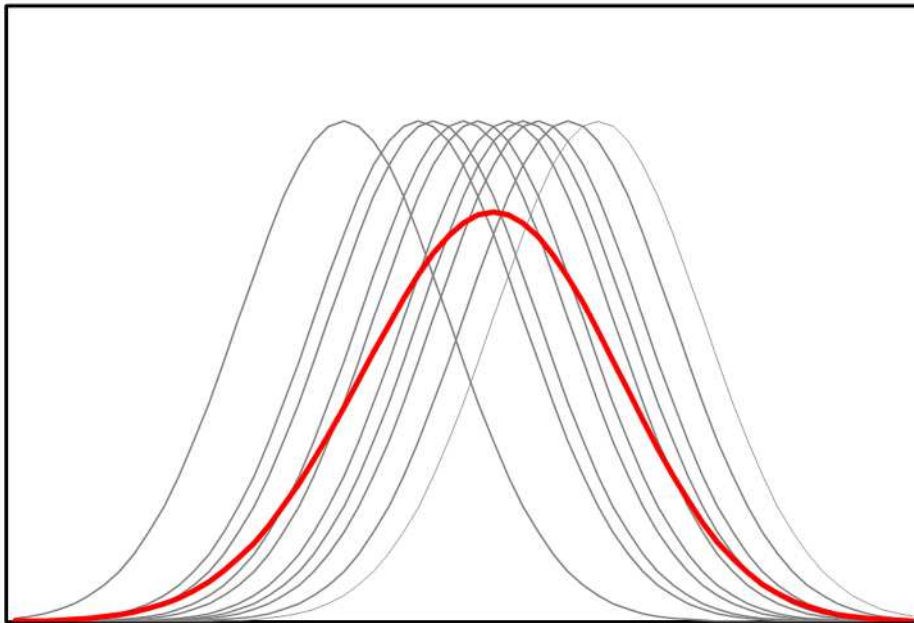
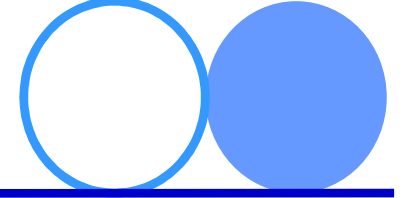


目的変数Y





# 3階級確率の算出方法

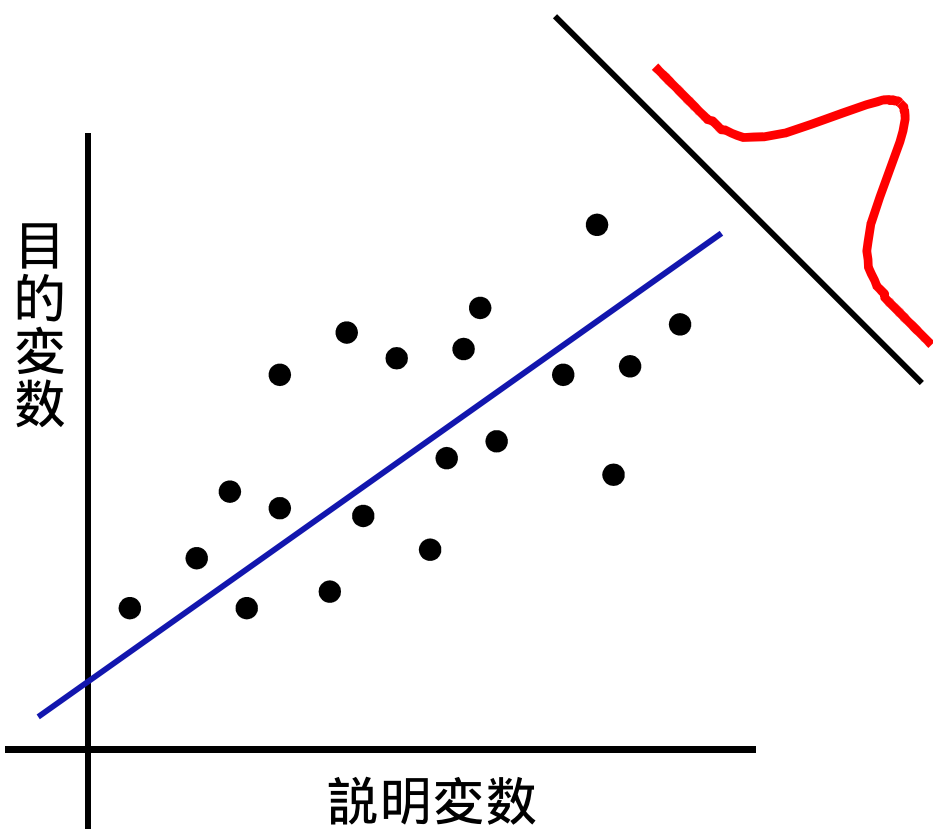
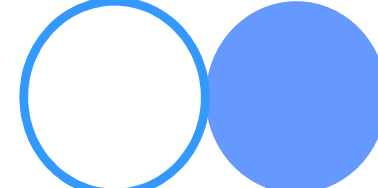


階級区分値

アンサンブル予報による複数の正規分布の平均をガイダンスの確率分布とする

階級区分値から3階級の確率値を計算する

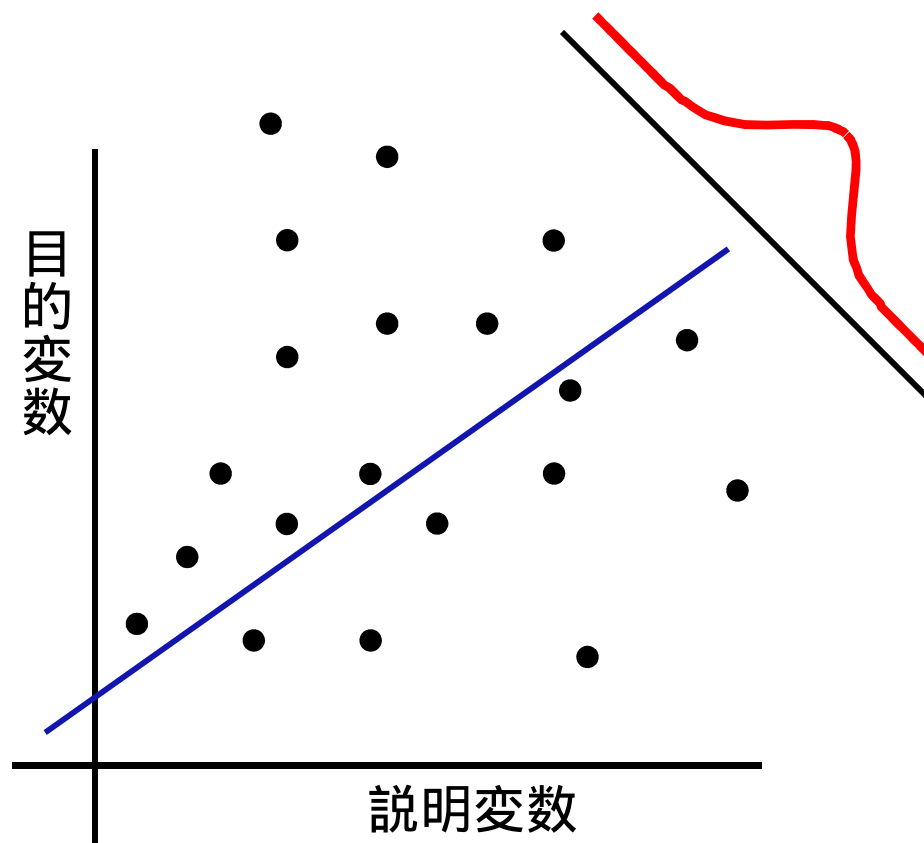
# 予測精度と分布の広がり



予測精度が**高い**  
(残差が小さい)



引き締まった分布

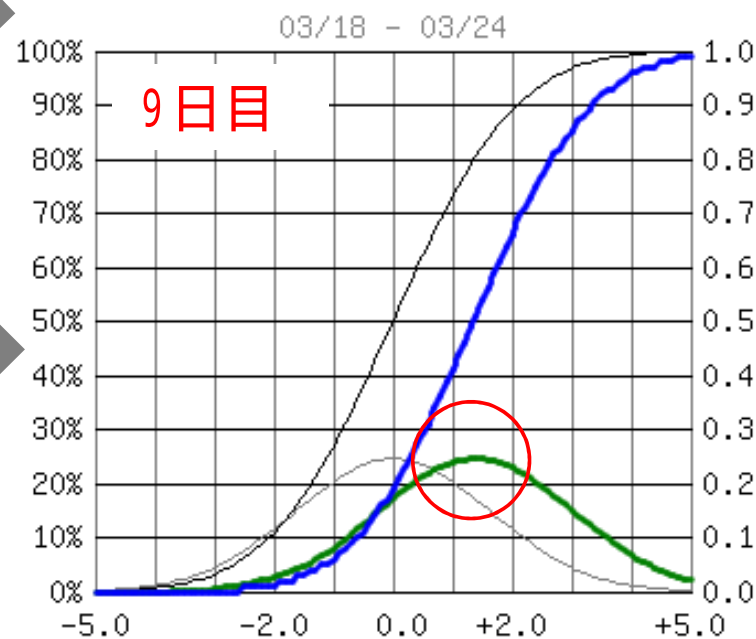
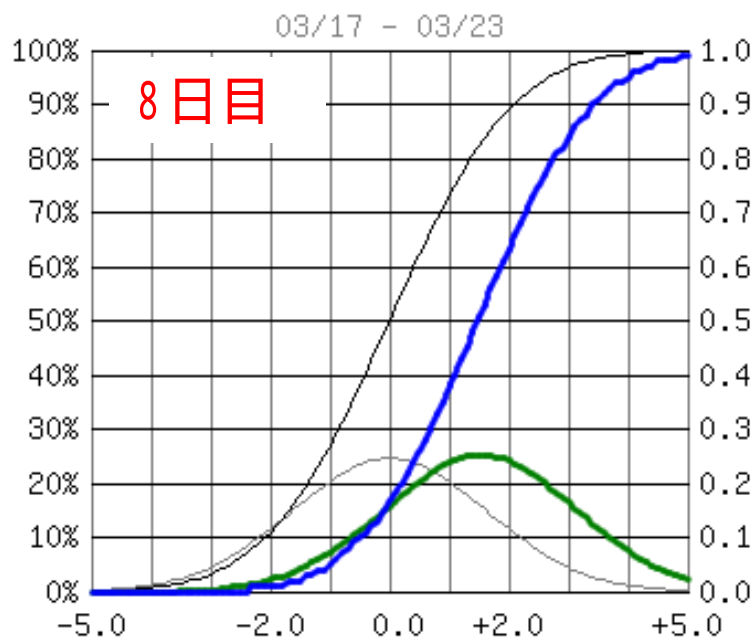
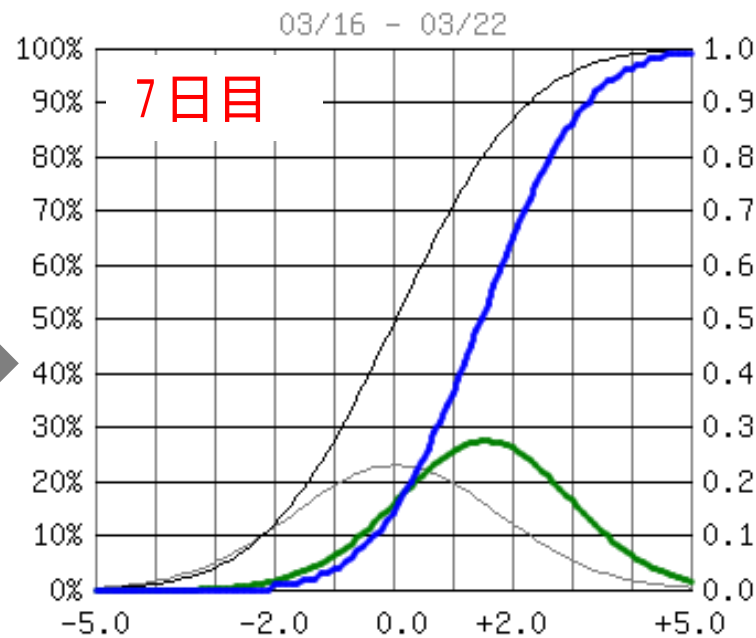
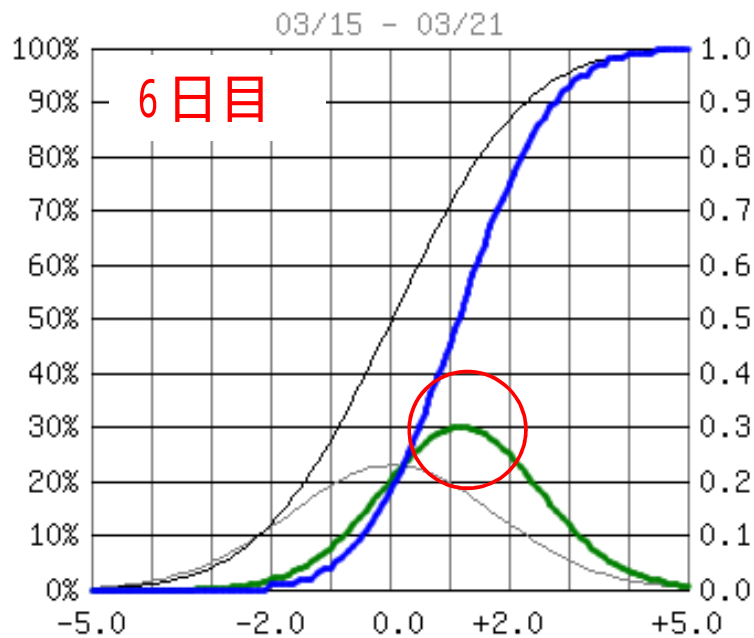


予測精度が**低い**  
(残差が大きいの)



裾が広くて緩い分布

# リードタイムによる確率分布の変化



異常天候早期警戒  
情報ガイダンス  
2014年3月9日  
初期値

関東甲信地方

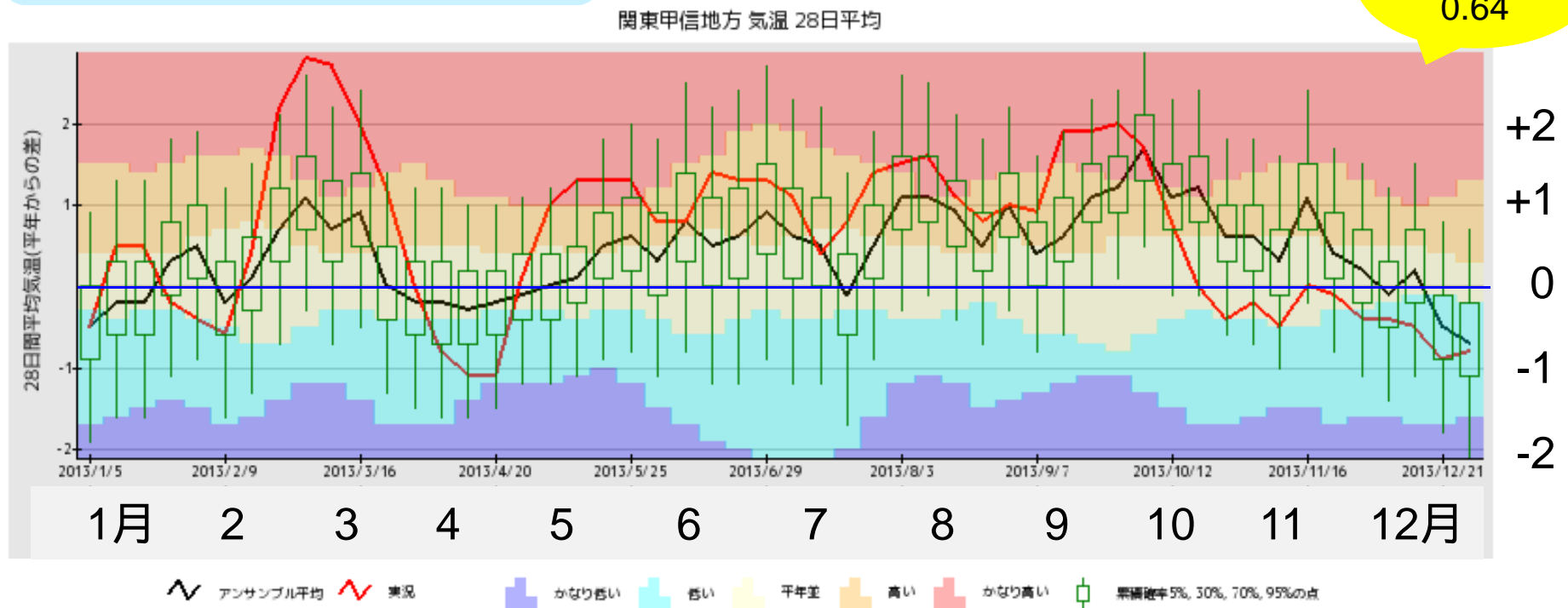
確率分布の広がり  
はスプレッドと予測精度  
に依存している

(予測値)  
● 累積確率 / ▲ 確率密度  
(平年値)  
● 累積確率 / ▲ 確率密度

# 予測精度 (1か月予報ガイダンス)

要素: 28日平均気温  
地域: 関東甲信地方  
検証期間: 2013年  
アンサンブルメンバー数: 50

相関係数  
0.64



実況の傾向はおおむね予測できている  
ガイダンスの変動幅は実況の半分程度

赤: 実況値( )  
黒: ガイダンスの中央値( )

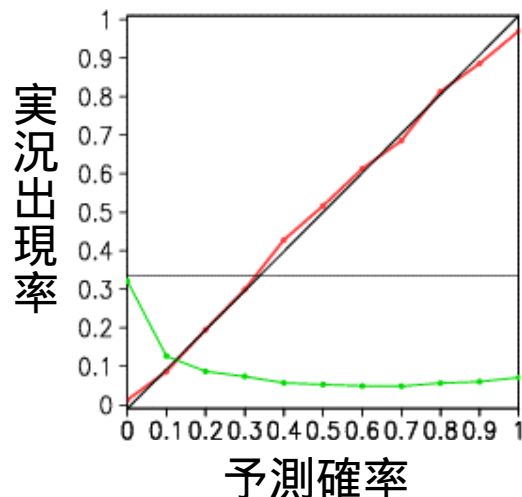
# 予測精度 (1か月予報ガイドンス)

全国平均

対象とする現象: 平均気温が「高い」と「低い」  
検証期間: 1981 ~ 2010年  
初期値: 毎月10日、20日、末日  
事例数: 1080  
アンサンブルメンバー数: 5

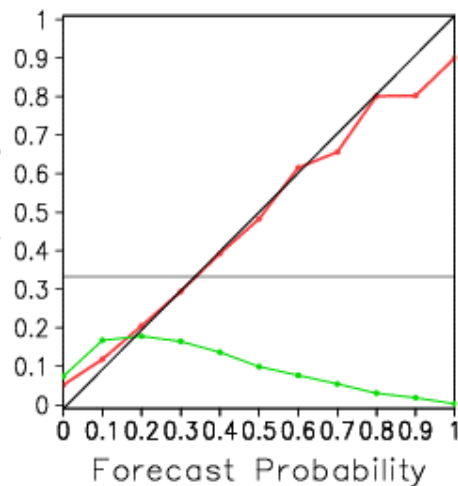
1週目

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=51.57 Brel=99.7 Bres=51.4



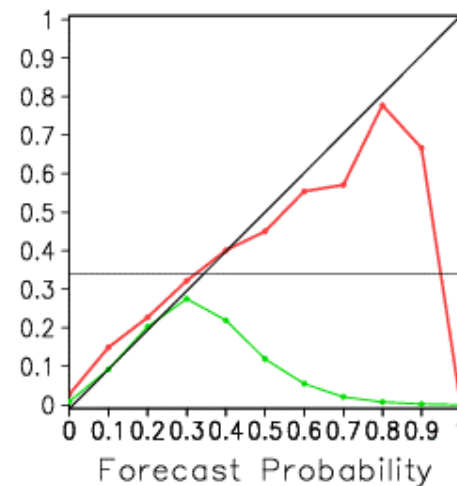
2週目

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=19.34 Brel=99.3 Bres=19.4



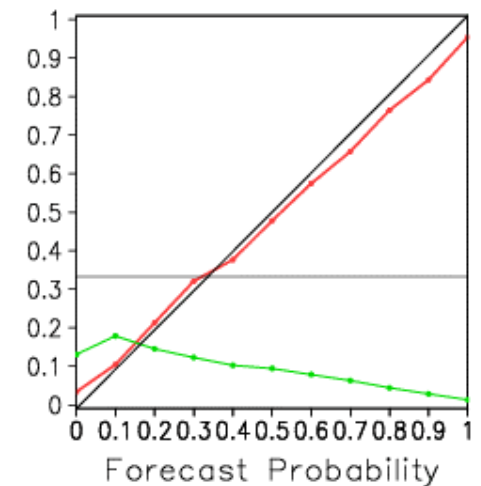
3~4週目

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=6.095 Brel=99.0 Bres=6.70



1か月

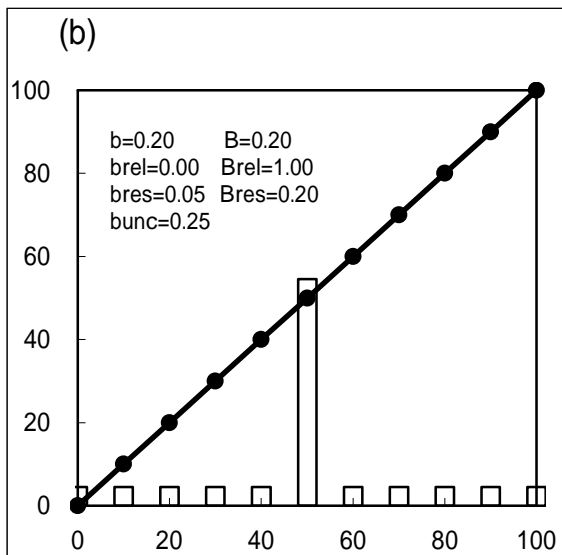
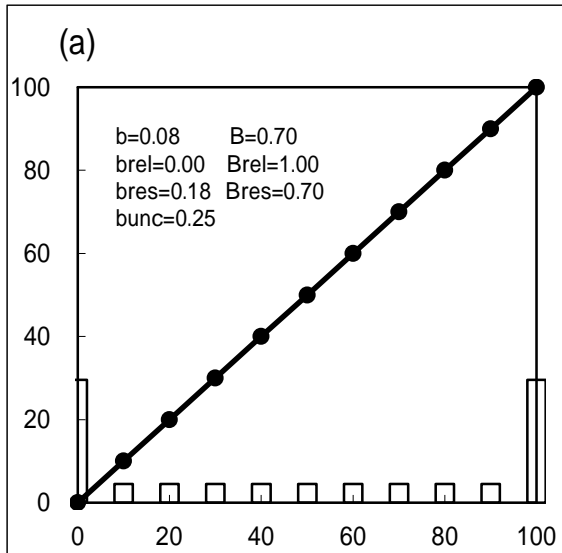
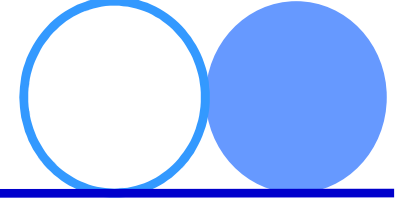
ALL Zenkoku Heikin  
BSS=25.57 Brel=99.4 Bres=25.9



平均気温の予測確率の信頼度は高い  
予測が難しくなるほど、大きな確率が出にくい

赤: 確率値別出現率 (x100%)  
緑: 予測頻度 (x100%)

# 確率的な精度評価



Q 左の2つのグラフをみて、確率的な予測精度が高い方はどちらだと思いますか？

A 答えは、(a)

理由

予測確率の信頼度は両者とも完璧だが、極端な確率の頻度が異なる。

(a)の方が0%や100%の頻度が多く、決定論的予報に近いことからブライア・スキル・スコアは高い

ブライア・スコア

$$b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - v_i)^2, 0 \leq p_i \leq 1, v_i \in \{0,1\}$$

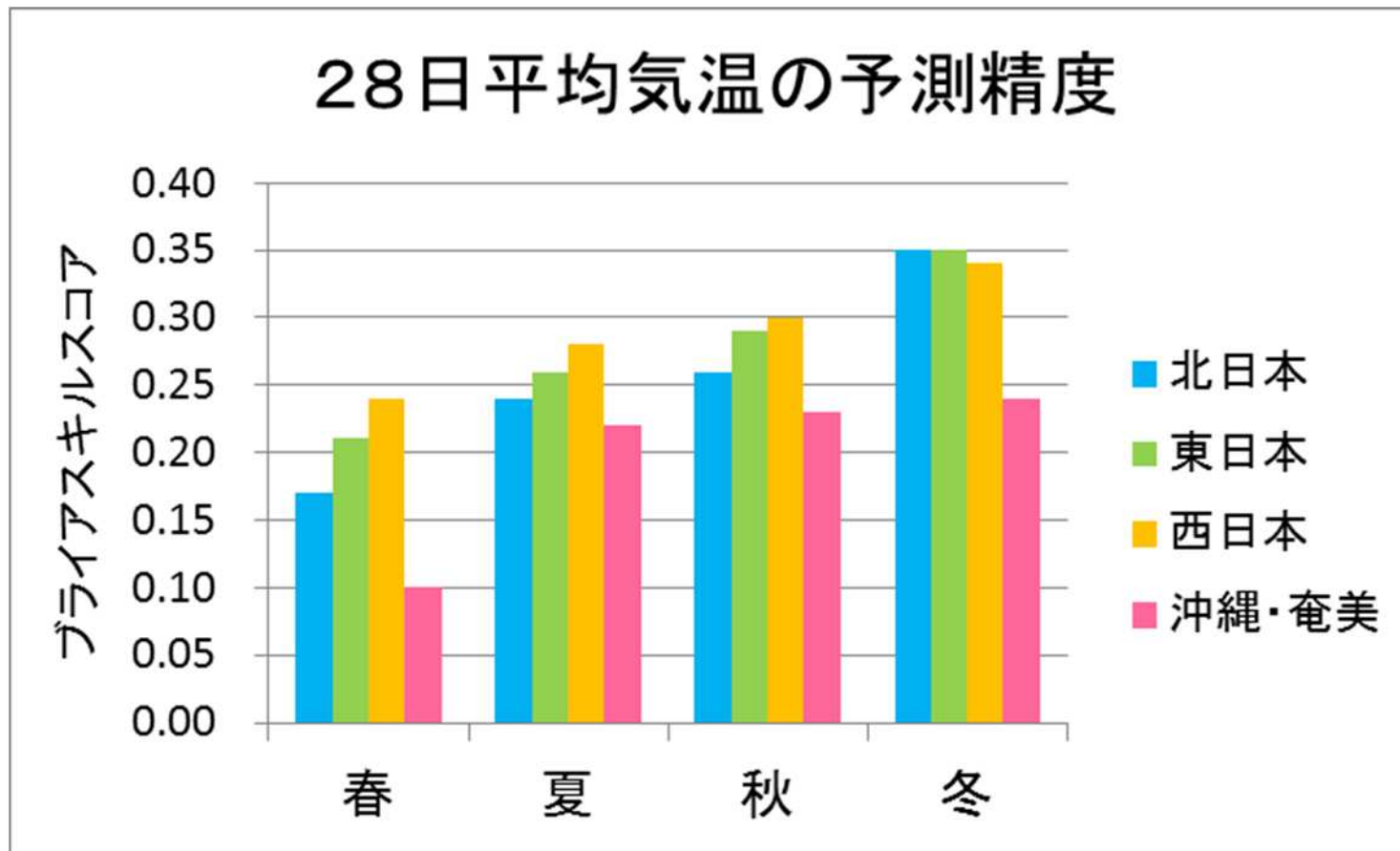
$p_i$ : 予測確率値、 $v_i$ : 実況(0か1)

ブライア・スキル・スコア

$$B = \frac{bc - b}{bc}$$

$bc$ : 気候値予報のブライア・スコア

# 予測精度 (1か月予報ガイダンス)



季節別には**冬**の予測精度がもっとも高い  
地域別には**沖縄・奄美**の予測精度が最も低い

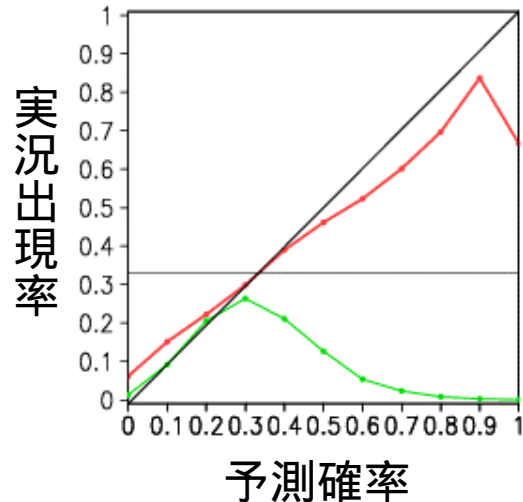
# 予測精度 (1か月予報ガイドンス)

全国平均

対象とする現象: 月降水量・日照時間・降雪量が「多い」と「少ない」  
検証期間: 1981～2010年  
初期値: 毎月10日、20日、末日(降雪量は11月～3月)  
事例数: 1080(降雪量は450)  
アンサンブルメンバー数: 5

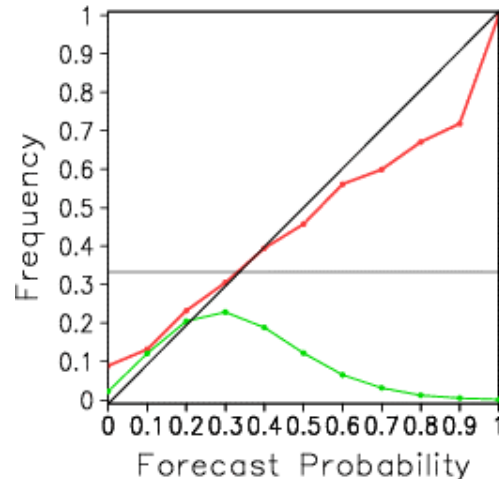
## 降水量

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=6.542 Brel=99.0 Bres=7.13



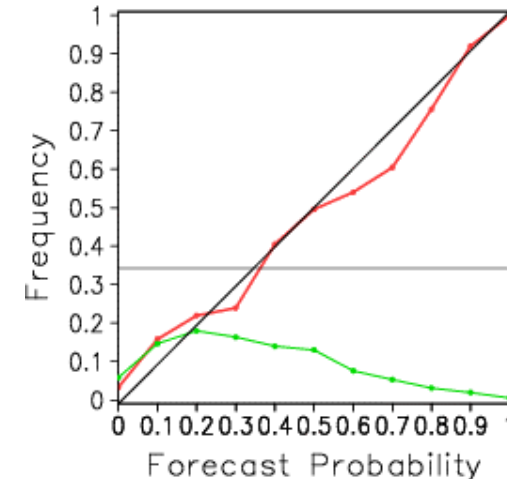
## 日照時間

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=8.465 Brel=98.9 Bres=8.99



## 降雪量

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=16.99 Brel=98.3 Bres=17.9



降水量や日照時間も予測確率の信頼度は高い  
気温と比べると、極端な確率は出にくい

赤: 確率値別出現率 (x100%)  
緑: 予測頻度 (x100%)

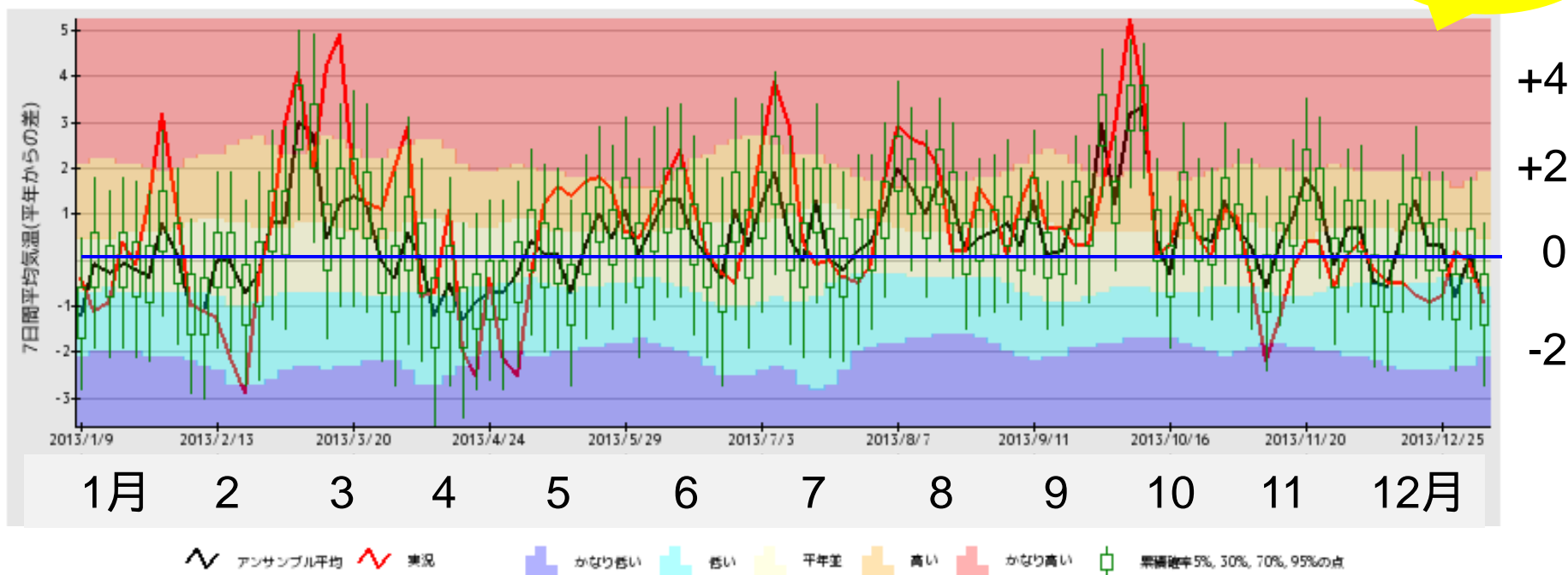


# 予測精度 (異常天候早期警戒情報ガイダンス)

要素: 早警対象期間初日の7日平均気温  
地域: 関東甲信地方  
検証期間: 2013年  
アンサンブルメンバー数: 50

< 火曜日発表: 日曜日からの7日間  
金曜日発表: 翌水曜日からの7日間

相関係数  
0.66



3月、8月、10月の**かなりの高温**はある程度予測できている。  
4月の**かなりの低温**は、低温傾向は予測していたが、程度が不十分。

# 予測精度 (異常天候早期警戒情報ガイダンス)

対象とする現象: 7日平均気温が「かなり高い」と「かなり低い」  
地域: 関東甲信地方、検証期間: 1981 ~ 2010年  
初期値: 毎月10日、20日、末日  
事例数: 1080  
アンサンブルメンバー数: 5

「かなり高い」	現象あり	現象なし	総数
早警G 30%以上	47	63	110
早警G 30%未満	59	911	970
総数	106	974	1080

・適中率 = 発有現有 / 発表数  
・見逃率 = 発無現有 / 現象数

適中率: 43%  
見逃率: 56%

「高い」以上になる確率は85%

「かなり低い」	現象あり	現象なし	総数
早警G 30%以上	69	58	127
早警G 30%未満	47	906	953
総数	116	964	1080

適中率: 54%  
見逃率: 41%

「低い」以下になる確率は91%

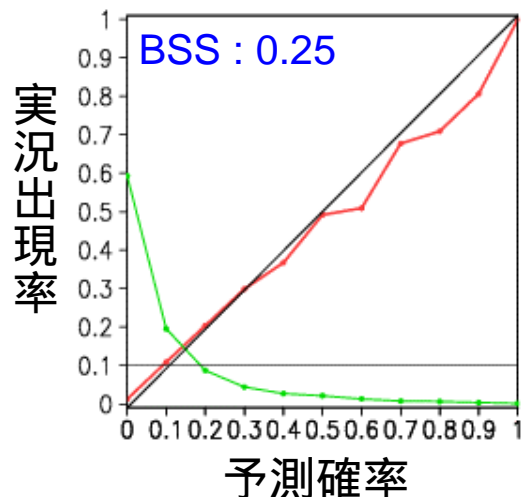
# 予測精度 (異常天候早期警戒情報ガイダンス)

全国平均

対象とする現象: 7日平均気温が「かなり高い」と「かなり低い」  
検証期間: 1981 ~ 2010年  
初期値: 毎月10日、20日、末日  
事例数: 1080  
アンサンブルメンバー数: 5

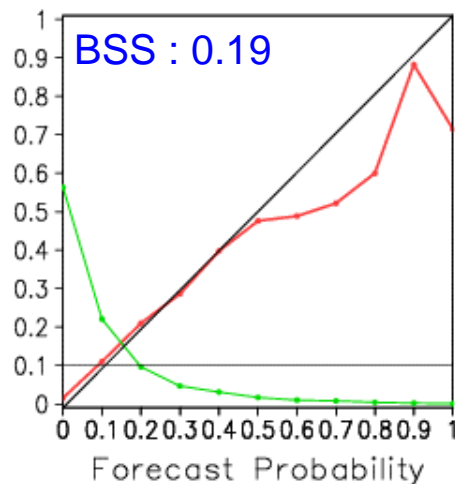
6 ~ 12日

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=24.84 Brel=98.9 Bres=25.1



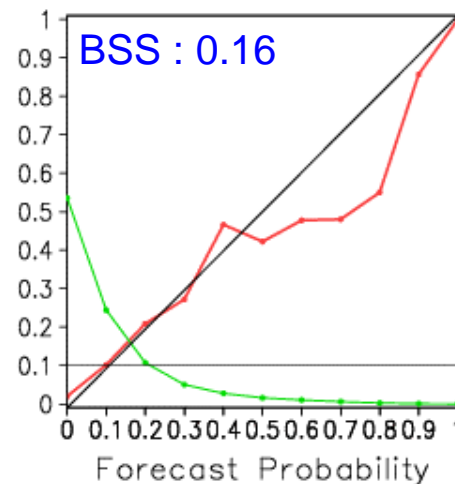
7 ~ 13日

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=19.40 Brel=98.1 Bres=20.2



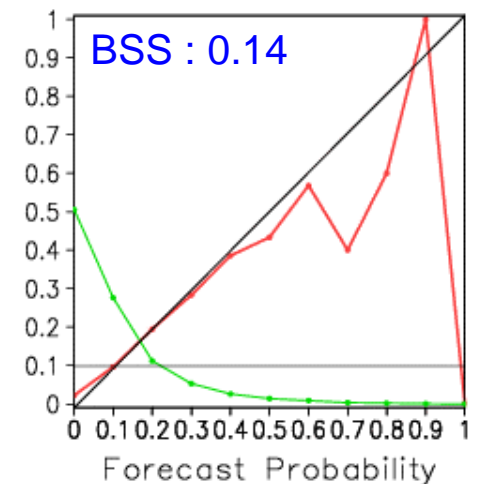
8 ~ 14日

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=16.00 Brel=97.9 Bres=17.4



9 ~ 15日

ALL Zenkoku Heikin  
BSS=14.11 Brel=98.3 Bres=14.8



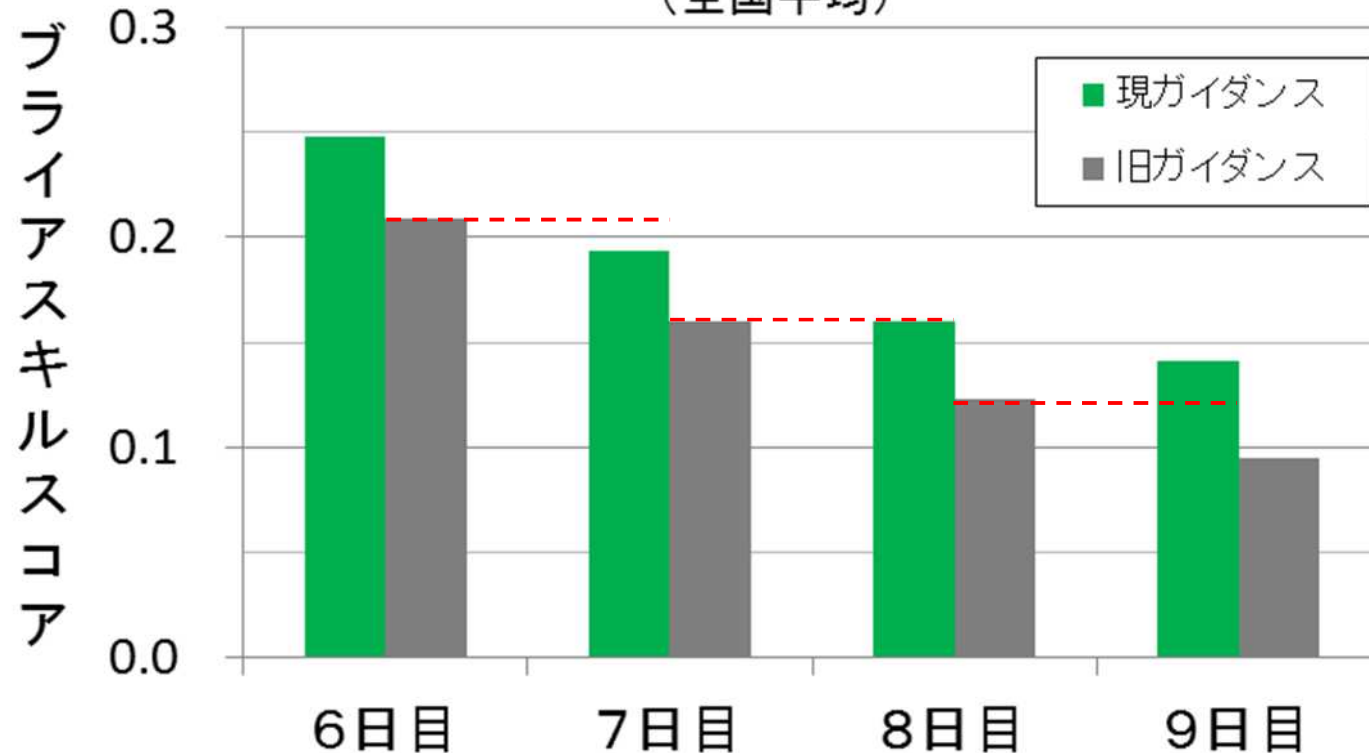
早警の予測精度はリードタイムで大きく異なる。  
期末になるほど、大きな確率の頻度が減り、見逃しが増える。

BSS:  
ブライアスキル  
スコア

# 1か月予報システム更新による精度向上

全国平均

異常天候早期警戒情報(気温)ガイダンスの確率的予測精度  
(全国平均)



2014年3月6日に1か月予報システムを更新して、異常天候早期警戒情報ガイダンスの予測精度は、**1日程度改善**している。

# 寒気の南下予測時の地域特性

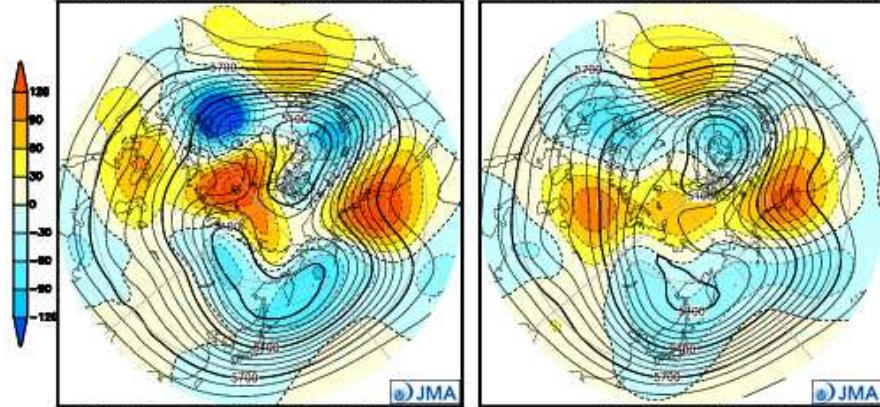
実況

予測

Verification of one-month forecast ( 28 day mean : day 2-29 )RTN

Z500 (ANALYSIS) from 2013 12 28 12 kt=0 [m]

Z500 (FORECAST) from 2013 12 26 12 kt= 48 [m]



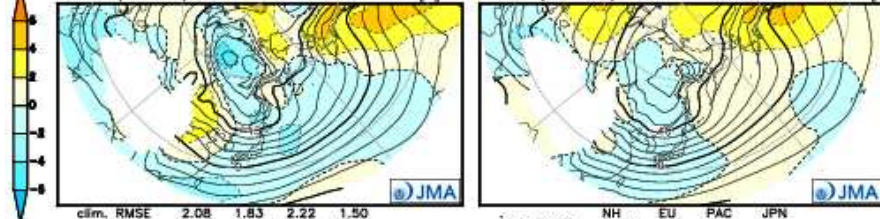
clm. RMSE	54.8	47.3	49.3	35.0
pers. RMSE	85.1	89.1	89.3	86.1
pers. ACOR	0.061	-0.345	0.122	-0.558

fcst. RMSE	NH	EU	PAC	JPN
fcst. ACOR	0.661	0.647	0.778	0.784

Z500

T850 (ANALYSIS) from 2013 12 28 12 kt=0 [C]

T850 (FORECAST) from 2013 12 26 12 kt= 48 [C]



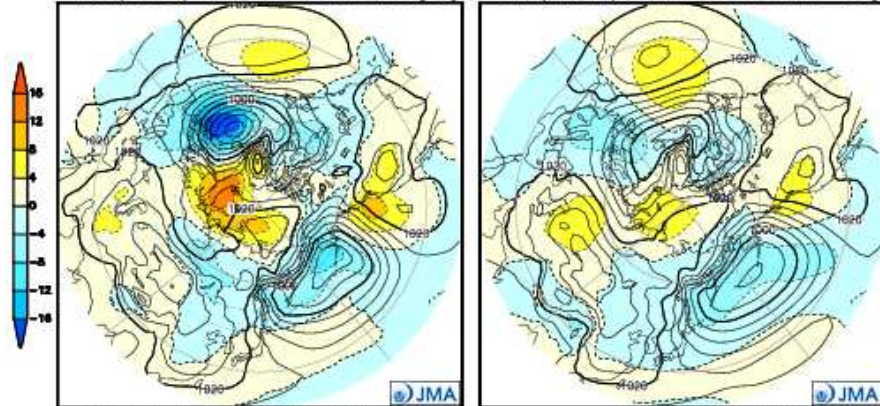
clm. RMSE	2.08	1.83	2.22	1.50
pers. RMSE	2.97	3.17	3.29	3.00
pers. ACOR	0.148	-0.065	0.187	0.028

fcst. RMSE	NH	EU	PAC	JPN
fcst. ACOR	0.607	0.478	0.697	0.319

T850

PSEA (ANALYSIS) from 2013 12 28 12 kt=0 [hPa]

PSEA (FORECAST) from 2013 12 26 12 kt= 48 [hPa]



clm. RMSE	4.16	3.82	3.21	2.50
pers. RMSE	6.88	6.64	6.48	4.63
pers. ACOR	-0.142	-0.433	-0.197	-0.575

fcst. RMSE	NH	EU	PAC	JPN
fcst. ACOR	0.588	0.670	0.782	0.780

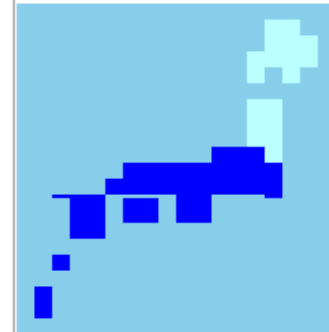
SLP

2013年12月26日初期値  
12/28 - 1/24の予測

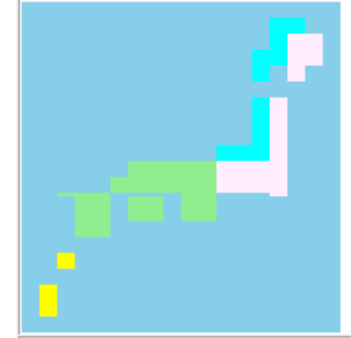
寒気に覆われて冬型が強い予測

ガイダンスは全国低温、  
北・東日本日本海側で多雨寡照

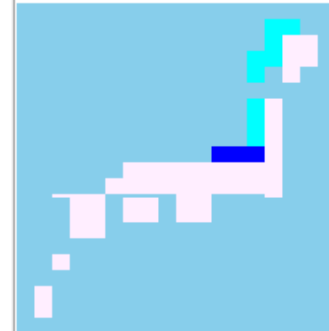
気温月



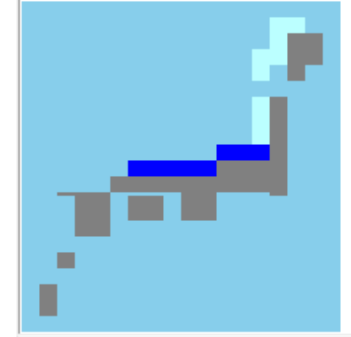
日照月



降水月



降雪月



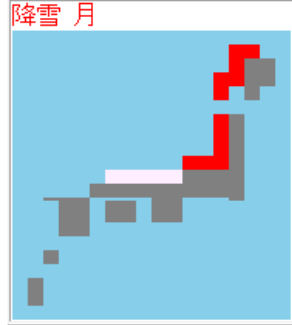
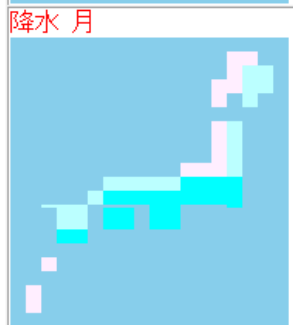
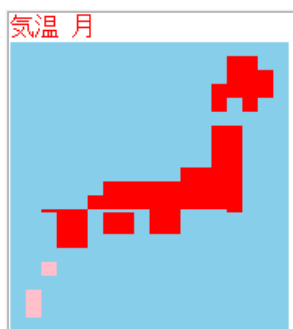
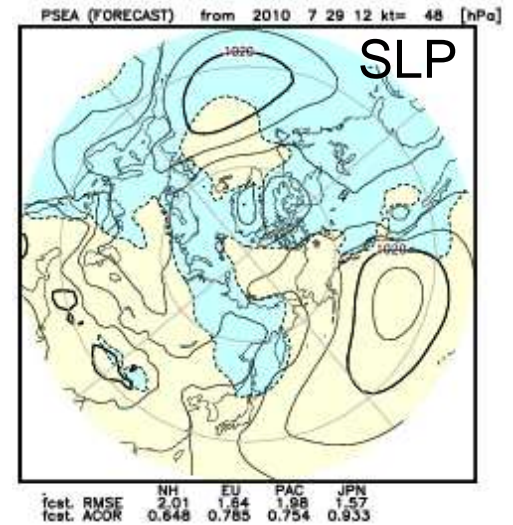
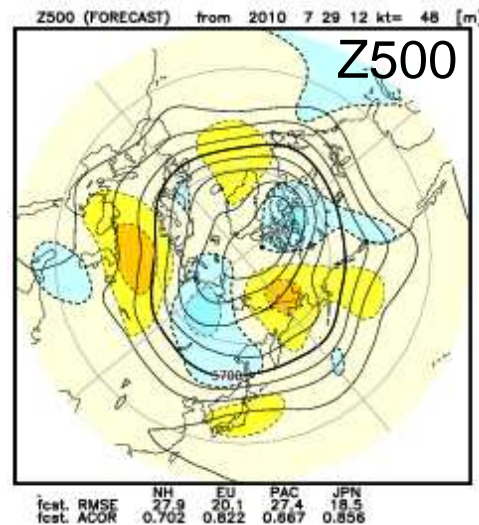
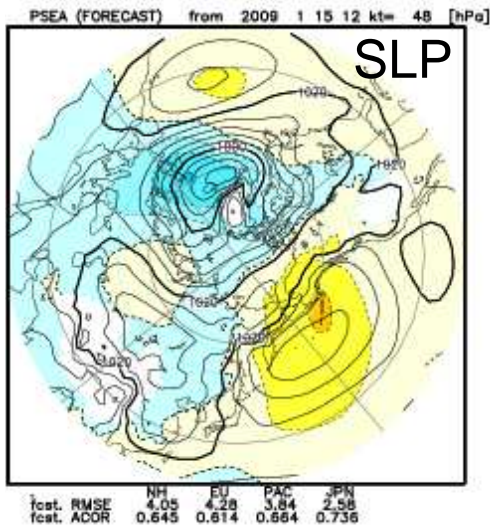
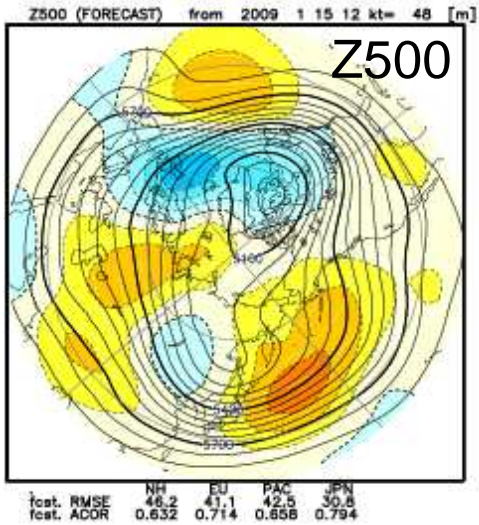
暖色系: 高温少雨多照少雪

寒色系: 低温多雨寡照多雪

# Z500正偏差予測時の季節特性

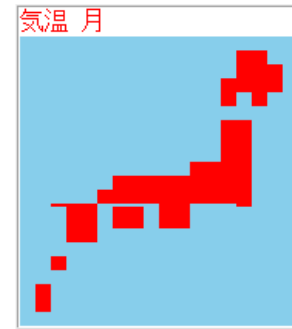
2009年1月15日初期値

2010年7月29日初期値

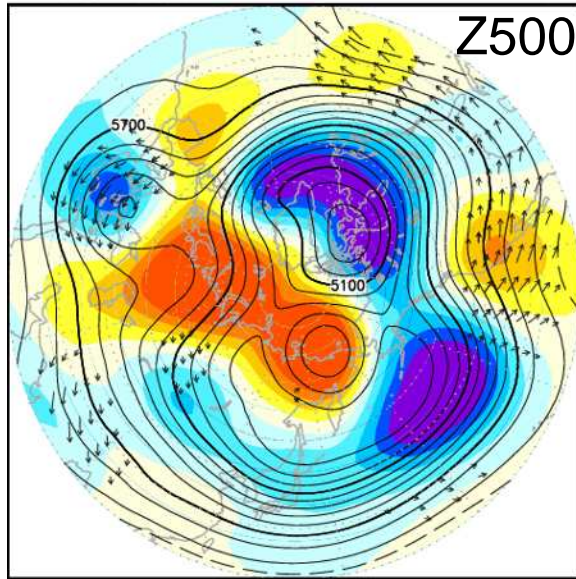


両者とも日本付近のZ500は正偏差を予測しており、気温ガイダンスは全国的に**高温**を示す。  
一方、降水・日照は、冬季は太平洋側で**多雨・寡照**を示し、夏季は全国的に**少雨・多照**を示すなど、季節により大きく異なる。

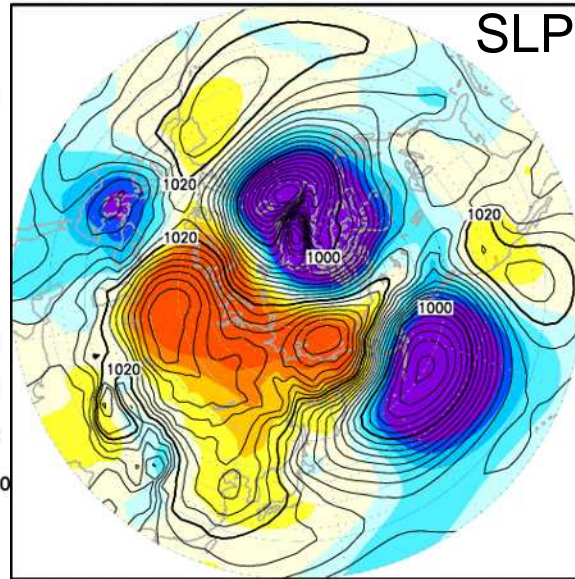
暖色系: 高温少雨多照少雪  
寒色系: 低温多雨寡照多雪



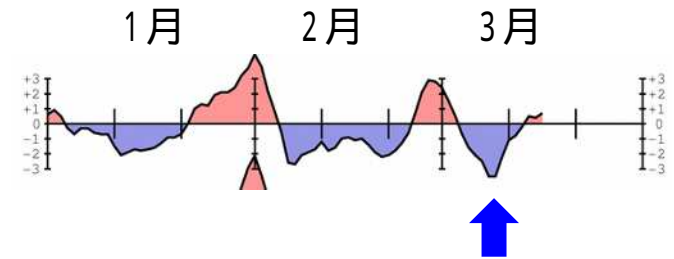
3:5-3:11 JMA One-month Prediction(ESBL)



3:5-3:11 JMA One-month Prediction(ESBL)

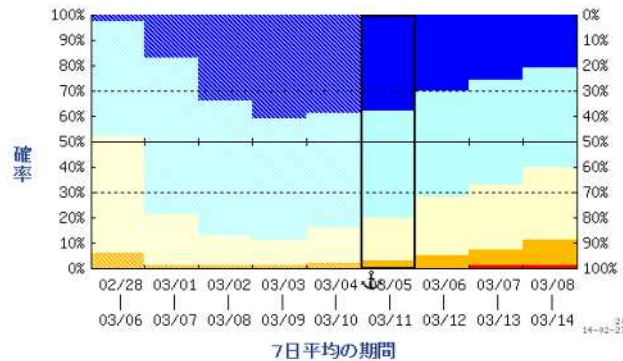


2014年2月27日初期値  
3/5 - 3/11の予測  
関東甲信地方

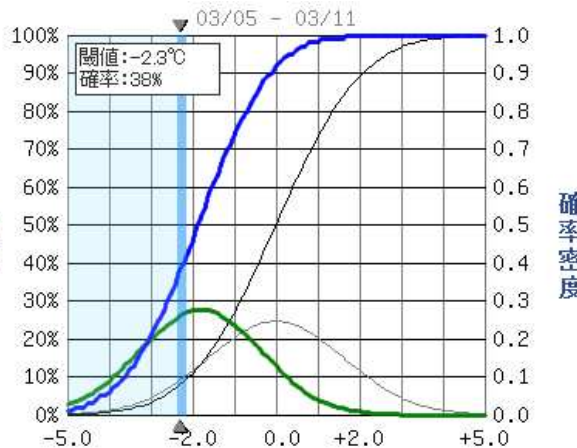


7日平均気温の予想確率時系列図: 関東甲信地方

グラフにカーソルを合わせると、上の確率の表と下の確率密度分布図が対応する日付のものに変り、3/5以降の期間について選択可能です。



「かなり低い」確率38%

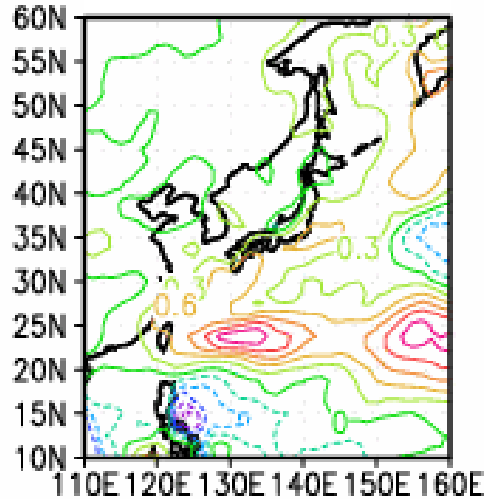


ガイダンスの予測値は  
- 1.9

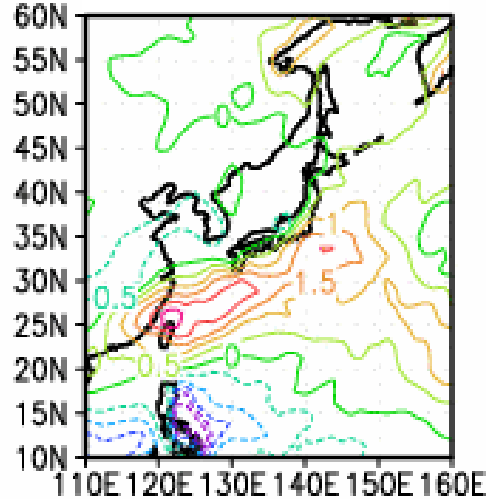
3月上旬後半の寒気を対象とした異常天候早期警戒情報が発表された事例。

Z500の予測は、日本付近は東西に広く負偏差に覆われて、**寒気の南下**を示している。気圧配置は冬型が強く、特に大陸の高気圧の張り出しが強い。関東甲信地方は、**晴れて寒い日が多い**と予報した。

降水量の予測  
(2/1 - 2/28)

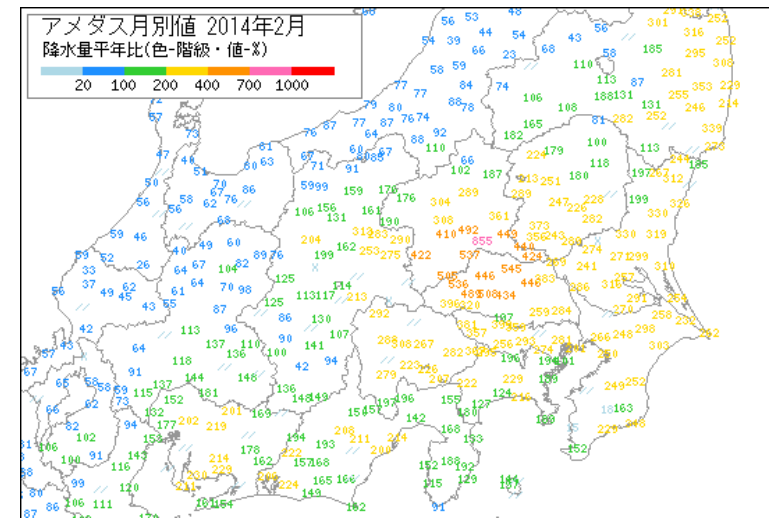


降水量の予測  
(2/8 - 2/14)

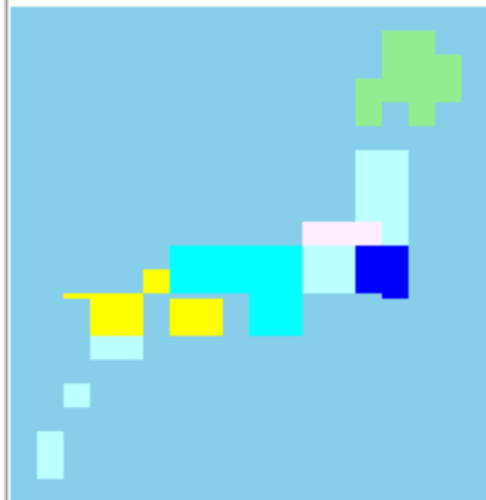


2014年1月30日初期値  
2/1 - 2/28の予測  
関東甲信地方

2月の降水量平年比(アメダス)



降水月



降水月 ☔			
北海道地方	32	36	32
東北地方	20	33	47
関東甲信地方	13	27	60
北陸地方	39	37	24
東海地方	17	40	43
近畿地方	16	30	54
中国地方	22	28	50
四国地方	22	40	38
九州北部地方	25	40	35
九州南部・奄美地方	14	42	44
沖縄地方	18	41	41

1か月予報ガイダンス

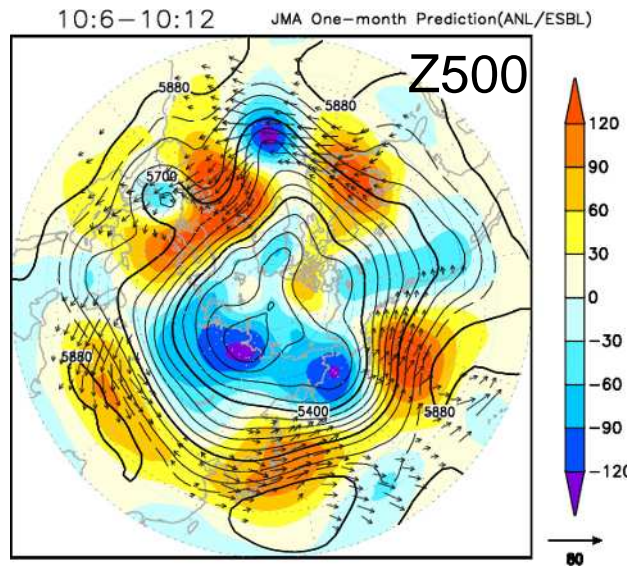
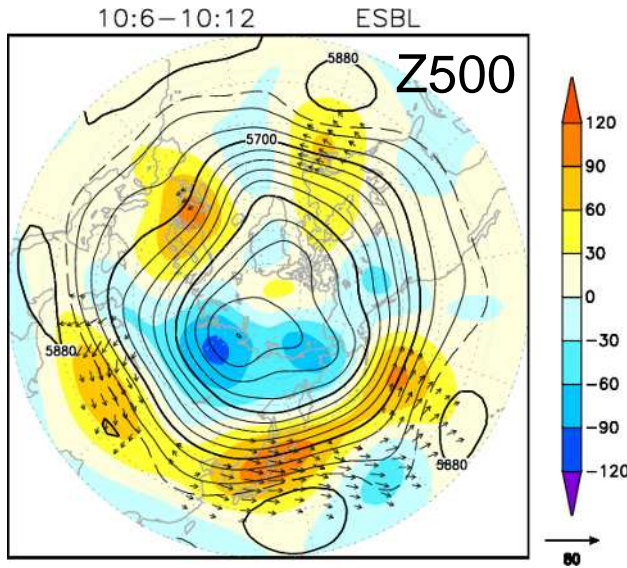
関東甲信地方  
「多い」確率60%

予報期間前半に南岸低気圧がとおりやすいことを予測できていた

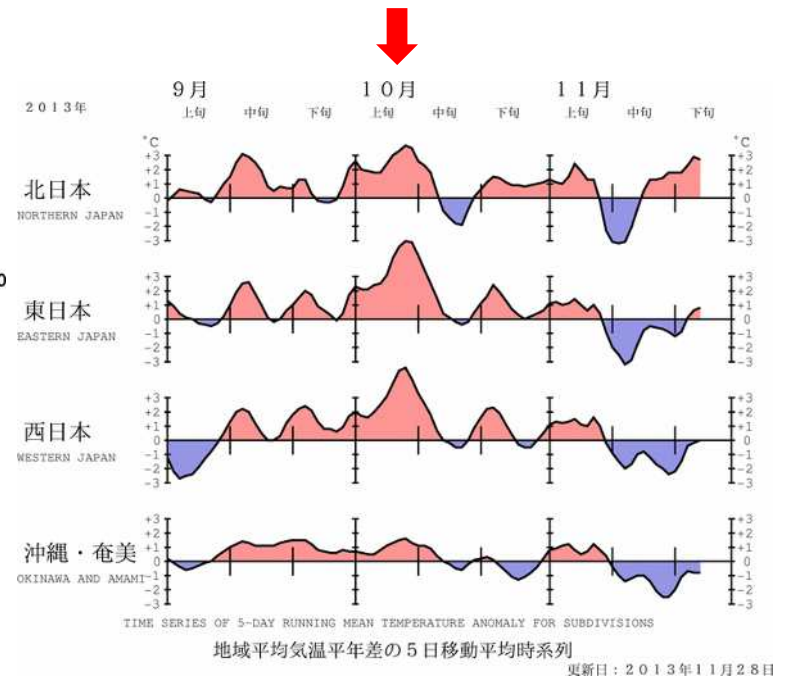


## 予測

## 実況

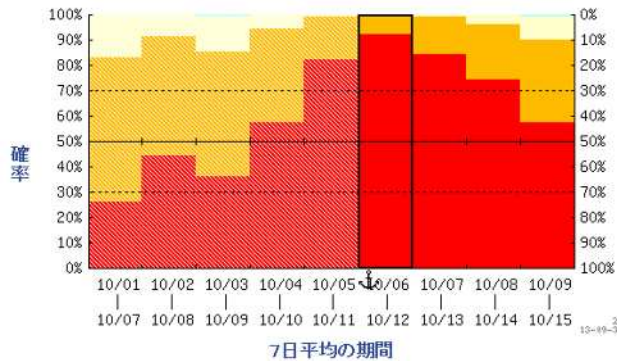


2013年9月30日初期値  
10/6 - 10/12の予測  
関東甲信地方

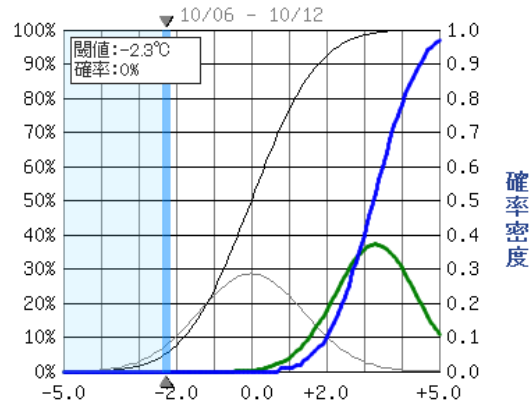


7日平均気温の予想確率時系列図：関東甲信地方

グラフにカーソルを合わせると、上の確率の表と下の確率密度分布図が対応する日付のものに10/6以降の期間について選択可能です。



「かなり高い」確率92%

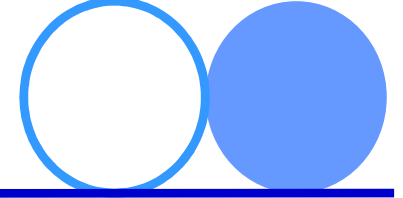


ガイダンスの予測値は  
+3.2

10月上旬は観測史上1位の高温  
(北・東・西日本)

アジアジェット北上と日本付近の強いリッジを予測できていた

- 1か月予報ガイダンスは、過去の予報実験に基づく予測精度をふまえた値を算出する。
- 1か月平均気温や2週目気温の相関係数は0.6を超え、今後の技術開発でさらに伸びる可能性が高い。
- 異常天候早期警戒情報の気温ガイダンスの確率が30%を超えた場合、8～9割の確率で平年から隔たった気温になることから、多くの分野における意思決定に使える可能性がある。
- 降水量や日照時間、日本海側の降雪量についても予測確率の信頼度はある程度高いが極端な確率は出にくい。



- 2週間～1か月先の気象予測は、日々の天気を支配する移動性の高・低気圧ではなくて、天候を支配する偏西風の蛇行の持続などの大気の長周期変動を対象とする。
- 特に2週目の気温は、誤差はあるものの、ある程度の精度で予測可能。少なくとも「平年値」を予測とするよりも精度はある。
- 過去の予報実験データに基づくガイダンスを検証することで、予測精度を実感できる。
- 気象庁は、県農業試験場や(独)農研機構などの農業関係者と連携して、「農業関係者の意思決定に気象・気候の予測がより使われる」よう、取り組みを進める。