

推計気象分布の概要と 天気推定手法の改良 について

大気海洋部業務課気象技術開発室

気象技術開発室の推計気象分布プロダクトについて紹介します。

本稿の内容

- ・ 概要と利用例
- ・ 作成方法と精度評価
- ・ 利用上の注意点
- ・ 今後について

付録 1 ～6：作成方法と精度評価の補足

気象情報が高度化するに伴い、空間的に高密度な面的観測情報の需要が高まっています。面的情報は目的に応じてさまざまな形に加工することにより、一目でわかりやすく情報を伝えることができ、利用価値が高いです。ここでは、面的な気象実況情報である推計気象分布について概要、作成方法、精度評価、利用上の注意点などについて解説します。

推計気象分布の概要

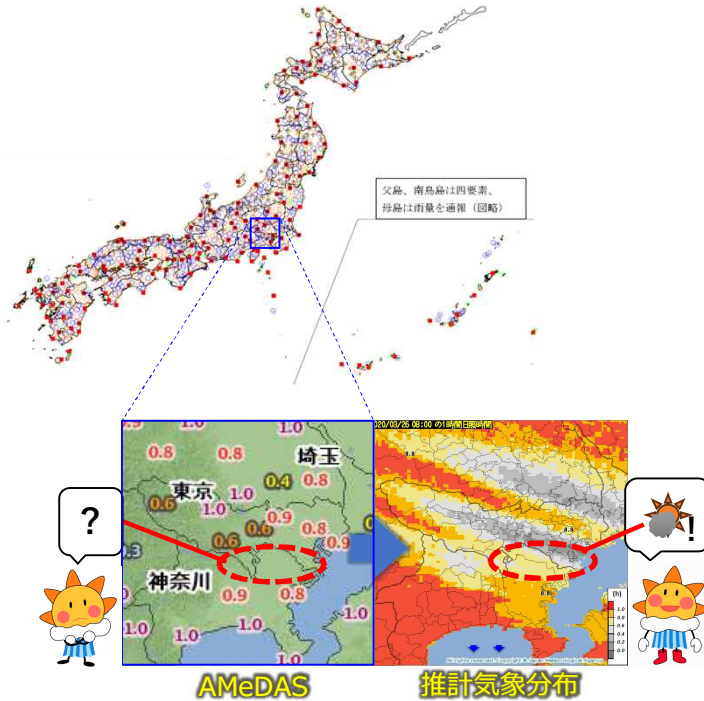
気象庁では地上・地域気象観測値を即時提供している

- ・雨 約1,300地点 (17km間隔)
- ・気温 約840地点 (21km間隔)

面的な実況情報の必要性から推計気象分布を開発した

- ・地上気象の実況に関する面的情報
- ・1km四方格子(メッシュ)※の**代表値** (平均値、特定の地点ではない)
- ・地上・地域気象観測以外のデータも利用して解析した**推計値**

←観測地点から離れた領域の気象実況を把握できる！



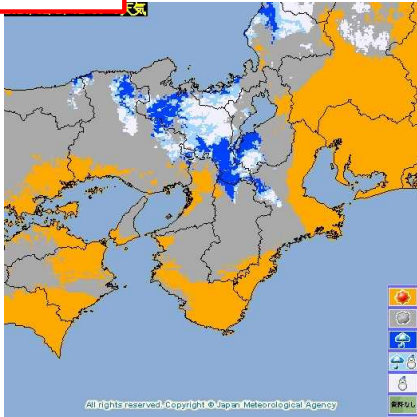
東京付近の前1時間日照時間

※総務省統計局：地域メッシュ統計について https://www.stat.go.jp/data/mesh/m_tuite.html

気象庁では、地上・地域気象観測値を即時提供しています。全国の観測地点は、雨量観測が約1,300地点、地点間の間隔は平均17km、気温観測が約840地点、間隔は平均21kmで、観測網に隙間があります。この隙間を適切に補間した面的な実況情報の必要性から推計気象分布を開発しました。推計気象分布のデータは、1km四方格子（メッシュ）の「代表値」で、平均値や特定地点の値ではありません。地上・地域気象観測以外のデータも利用した「推計値」です。左図は東京付近の日照時間です。観測地点から離れた領域、例えば東京と神奈川の境界付近でやや日照が遮られてることがわかります。

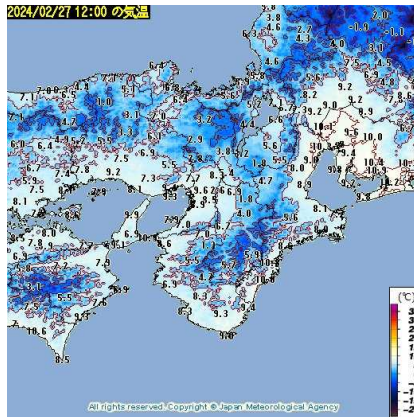
推計気象分布の種類

運用中



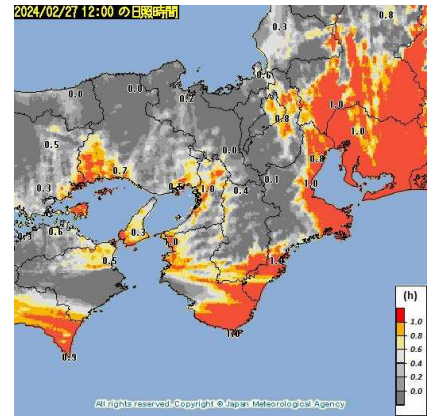
天気 (2016.3-)

晴、曇、雨、雨または雪、雪



気温 (2016.3-)

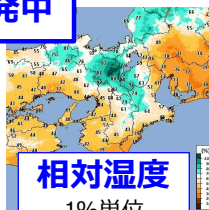
0.5℃間隔の階級値
(階級の下限值であることに注意)



日照時間 (2020.9-)

2.5時間隔
(HP表示は0.2時間単位配色)

開発中



相対湿度

1%単位

風速・風向

地上気象観測の要素: 気圧、**気温**、**湿度**、**風速・風向**、**降水量**、**積雪の深さ**、**降雪の深さ**、**日照時間**、日射量、**雲**、視程、**大気現象等**

雲量格子点等

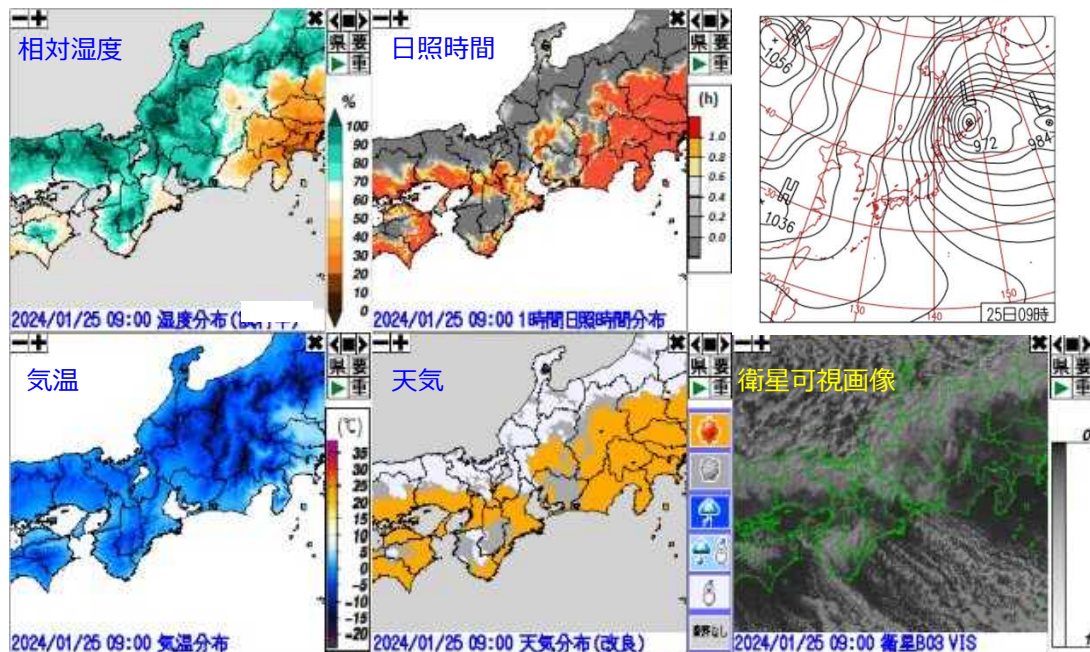
解析雨量等

解析積雪深

現在運用している要素は、天気と気温と日照時間です。これらは気象庁ホームページで公開しています。面的な推定値であるため、天気の分類や気温・日照時間の分解能は観測と比べて低くなっています。それから、まだ運用してないが計画されている要素ですが、相対湿度は開発が進み、試行として定常的にデータ作成を実施しています。風向風速は、まだ開発の段階です。なお、地上気象観測の要素は資料一番下の通りですがこれらの面的情報は順次運用或は開発がされています。気温・湿度・日照時間・風向風速・大気現象等は推計気象分布で扱っています。降水量は解析雨量等、積雪・降雪は解析積雪深、雲は雲量格子点等で扱われています。

表示例（冬型）

2024年1月25日09時JST

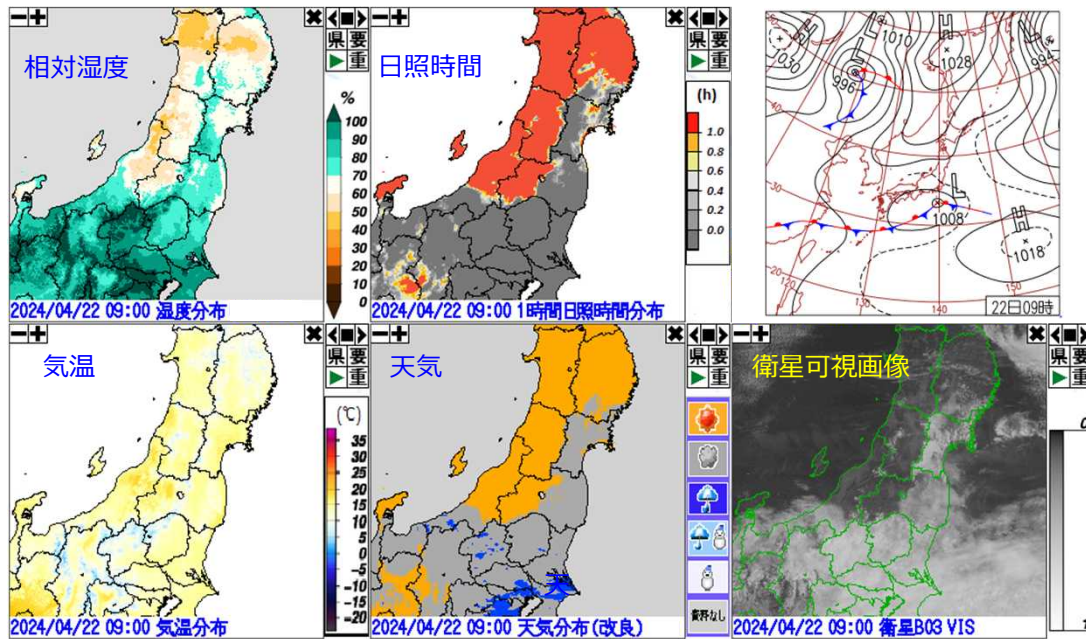


西高東低の冬型の気圧配置で、西～東日本で北西の風
愛知県、三重県など太平洋側の一部にも雪雲が流れ込む

推計気象分布を実況監視で用いることを想定した表示例を示します。まずは冬型の事例で、各要素において日本海側と太平洋側東部の大きな違いを確認できます。相対湿度は湿潤⇔乾燥、日照時間はほぼゼロ⇔多い、気温はとても低い⇔低い、天気は雪か曇り⇔晴れ、となっています。太平洋側でも東海地方西部は、一部の雪雲が流れこんで、湿潤・短日照・低温であることを確認できます。

表示例（北東気流）

2024年4月22日09時JST



関東の南海上に低気圧があり、ここに向けて北東風が吹きこむ
太平洋側と日本海側で相対湿度、日照時間、天気の違いが明瞭

次に、北東気流の事例を示します。前回とは逆に、日本海よりの下越・会津～出羽が乾燥・長日照・高温・晴れで、太平洋よりの下層雲に覆われた地域で、湿潤・短日照・低温・曇か雨、となっています。このように複数の要素を眺めることにより、今何が起きているかを一目で把握することができます。

面的な気象実況情報の必要性

一目でわかる生活・社会活動のための情報としての利用

熱中症対策のための
高温・高湿・長日照域
の把握



冬季降水時の
雨／雪分布の把握



洗濯物を屋外に干
すかどうか等生活
情報の目安



農業や電力等社会
活動における対応
や判断



火災予防など社会活
動の対応・判断



民間気象会社がオーダーメイドの情報に加工

利用・加工しやすい情報

地上観測の代替として利用

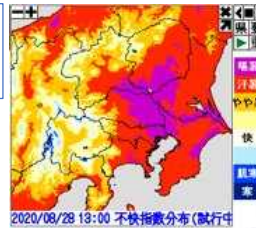
- ・ 広域災害時に活用。東日本大震災でアメダス空白域が生じたことの反省。
- ・ 2021年3月の日照計廃止地点において日照時間推計値を代替として提供。
- ・ 東京オリンピック2020の各会場の天気・気温推計値をポータルサイトで表示。
- ・ デジタルアメダス(スマホアプリ)で、北海道の任意の地点の気温・日照時間推計値を表示。

面的な気象実況情報は、生活社会活動のための情報として利用できます。熱中症、降雪、洗濯物、農業、電力、火災など多岐にわたります。気象の基礎的な要素なので、利用者が随意に加工して利用できます（次頁参照）。地上・地域気象観測の代替として利用でき、具体的にはまず、広域災害時に観測の空白域を補完できます。2021年3月に廃止した日照計の代替として、推計気象分布の日照時間データを活用しています。東京オリンピック2020の各競技場の天気・気温の推計値をポータルサイトの表示されました。スマホアプリのデジタルアメダスで、北海道の任意の点の気温・日照時間の推計値を表示できます。

面的データの応用利用

複数の要素を組み合わせて別の面的指数を作成

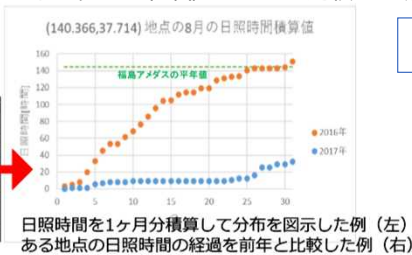
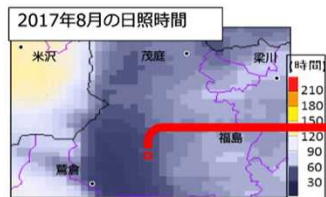
不快指数
(気温、相対湿度)



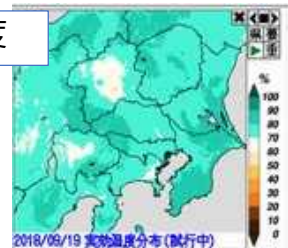
面的な統計

- ・ 時別値、日別値、累年極値・順位値等
- ・ メッシュ平年値に対する平年差、平年比
(日照時間については誤差補正が施されるメッシュ平年値2020との比較が適切)

積算加工の例



実効湿度

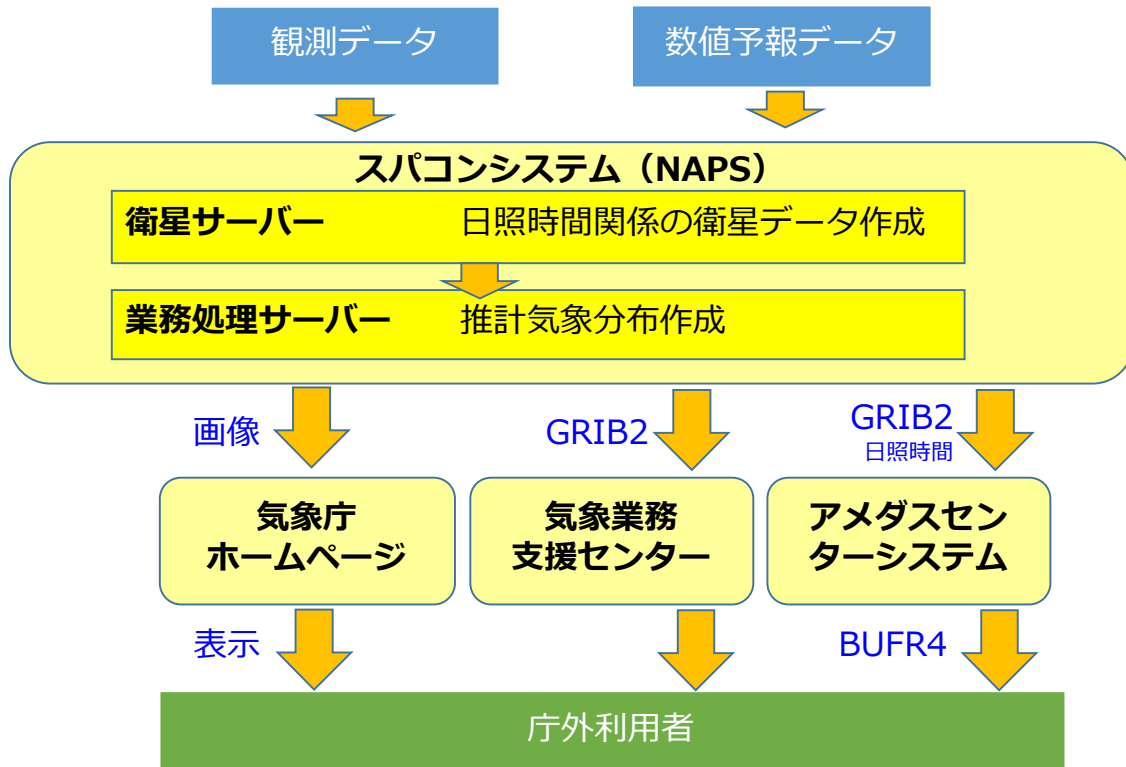


他のプロダクトへの利用、調査研究など

- ・ 日照時間 ⇒ 紫外線情報
- ・ 気温 ⇒ 格子形式気温ガイダンスの機械学習の教師データ (調査研究)
<https://www.metsoc.jp/jmsj/EOR/2022-011.pdf>

推計気象分布の応用例です。複数の要素を組み合わせて別の面的指数を作成できます。例えば、気温と湿度から不快指数を作成できます。面的な統計として日や月の、合計値や平均値を作成できます。実際に日照時間について作成した期間合計値（積算値）が左図です。シーンは2017年8月の福島付近で、冷夏の真ただ中なのですが、その中でも特に短い領域を確認できます。中図は、左図の赤色の□で指し示した地点における日照時間の1日からの積算値で、日照時間が伸びない状況を確認できます。統計値はメッシュ平年値と比較して平年差や平年比を作成できます。右図は、長期間の湿度データから見積もった実効湿度です。日照時間は紫外線情報の作成に利用されています。また気温は、格子形式気温ガイダンスの調査研究に活用されました。

作成環境



画像表示

気象庁ホームページ <https://www.data.jma.go.jp/bunpu/index.html>

データ作成はスパコンシステムにて行っています。庁外への提供は、気象庁HPでの画像表示と、気象業務支援センターからGRIB2データ配信を行っています。それから、日照時間のみアメダスセンターシステム(全国のアメダスデータを集めて処理している清瀬にあるシステム)にてアメダス地点のデータを抽出して、BUFR4報にて配信されます。

	天気	気温	前1時間 日照時間	前10分間 日照時間	相対湿度	風
状態	運用				開発	
頻度	1時間毎			10分毎	未定	
座標系	標準地域メッシュ※の3次メッシュ(1x1km ² 格子)					未定
算出領域	日本陸域 (南鳥島、沖ノ鳥島、 小笠原諸島、北方領土、 竹島、尖閣諸島を除く)		日本陸・湖沼域 (南鳥島、沖ノ鳥島を除く)		未定	
分解能	5種	0.5度	2.5分		1%	未定
品質情報	なし		あり※		未定	
GRIB2配信	○	○	○	×	-	未定
BUFR4配信	×	×	×	○	-	未定
気象庁HP表示	○	○	○	×	-	未定
気象鑑定等 着目サイズ	数十km	数km	1km	1km	-	未定

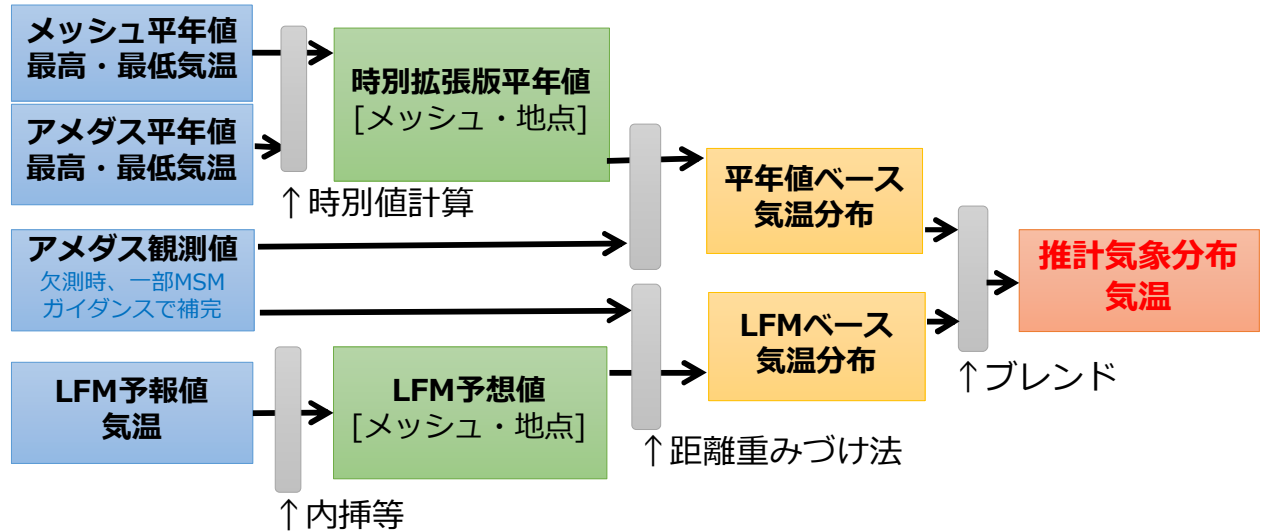
※ p.39 参照

推計気象分布の諸元をまとめるとこのようになります。ここまでで紹介できてない内容としては、

- ・日照時間は前1時間と前10分間を作成します。
- ・頻度は基本的に1時間毎で、前10分間日照時間だけ10分毎に作成します。
- ・算出領域は基本的に日本の陸域ですが、入力データ等の都合で精度が見込めない領域を除きます。
- ・品質情報は日照時間で扱っています。

気温 作成方法

近隣のアメダス観測値をメッシュ平年値及びLFM予報値のそれぞれに基づき推計地点の値に変換して、これらをブレンド



一部データを得られない場合もできる限り作成する(p.34参照)

気温は、推計地点近隣のアメダス観測値をメッシュ平年値とLFM予報値のそれぞれに基づき推計地点の値に変換して、これらをブレンドして算出します。メッシュ平年値は、日別値を基に作成した特別値を使います。LFM予想値は1kmメッシュに内挿したデータを使います。これらの空間分布を用いた近隣アメダス観測値の変換には、距離重みづけ法を用います。こうして算出した「平年値ベース」「LFMベース」の気温分布にはそれぞれ得手不得手があり、ブレンドすることでより良い推定ができる。ブレンドは、近隣アメダス地点において観測値と整合的な気温分布を優先する形で行います。

気温 精度

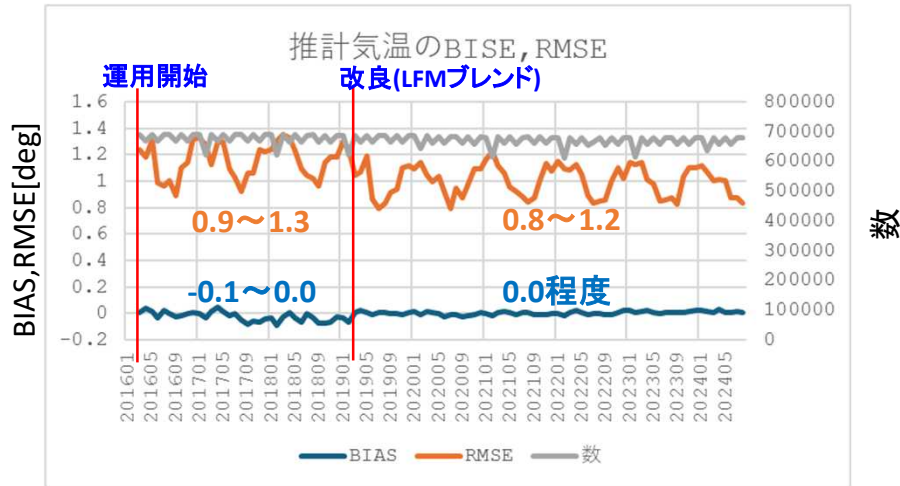
比較内容

要素: 気温

期間: 2016.2-2024.8の各月

方法: アメダス地点を含む格子で検証用推計値(p.33)と観測値を比較。

結果

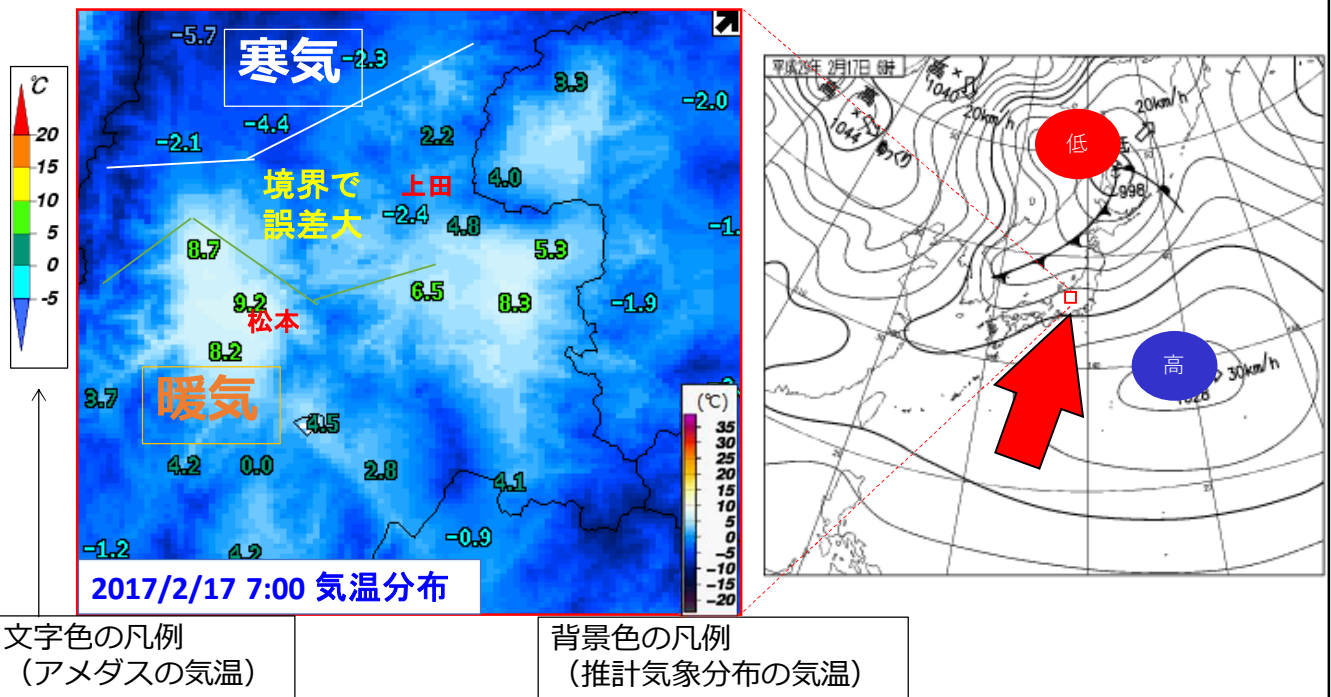


- ・ 冬季にRMSEが大きくなる傾向がある
- ・ 2019年の改良後、RMSEは減少し、BIASはほぼ0。

気温の運用開始からの精度を示します。比較方法は、アメダス地点を含む格子で検証用推計値を計算してこれを観測値と比べます。検証用推計値は、当該地点のアメダスデータを使わずに計算した「観測地点から離れた状況」での推計値です。これを用いることで、観測地点から離れた地域での気象情報を提供することが目的である推計気象分布の精度を確認できます。詳しくp.33をご覧ください。精度は、冬場にRMSEが大きくなる傾向があります。2019年の改良後、RMSEは減少し、BIASはほぼ0になってます。

気温 利用上の注意点

気象状況により誤差が大きくなることがある



日本は低気圧の南側に位置し、暖気が流入している。暖気の影響を受けた地点と冷気が滞留している地点の差が大きくなる。近くに観測地点がないメッシュでは誤差が大きくなっていると見られる。

気温の誤差が大きくなる典型例です。図は2017年2月17日7時JSTの例で、日本は低気圧の南側に位置し暖気が流入しています。暖気は松本のやや北付近まで流入していますが、上田付近にはまだ冷気が残っています。このような暖気と冷気がいり混じった状況下では、近くに観測地点がないメッシュでは誤差が大きくなっていると見られます。

天気の改善

- 天気は2024年10月16日10時JSTに処理の改善をした
 - 旧：2016年3月15日9時JST～2024年10月16日9時JST
 - 新：2024年10月16日10時JST～
- 新旧の作成方法・分布図の特徴・精度について、両者を比較しながら紹介する

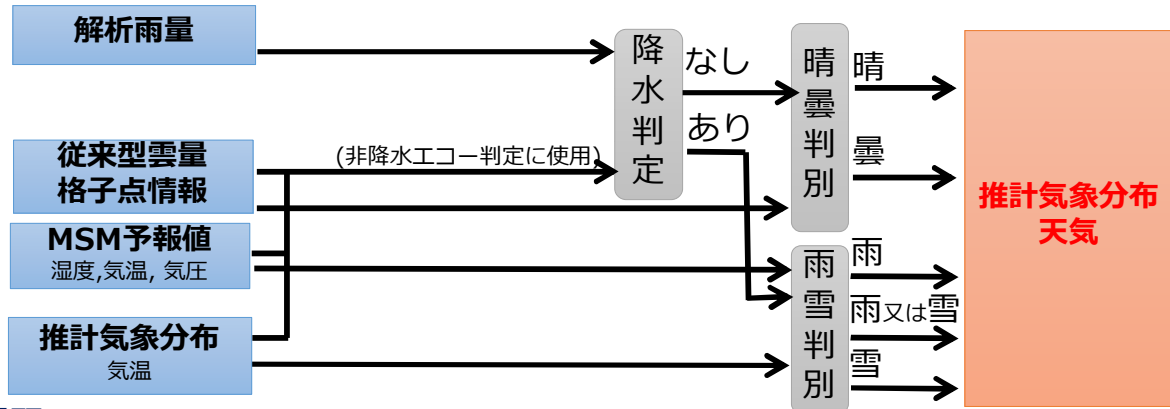
配信資料に関する技術情報第629号 ～推計気象分布（天気）の改善～
<https://www.data.jma.go.jp/suishin/jyouhou/pdf/629.pdf>

天気は、2024年10月16日の10時JSTに処理の改善をしました。以降、旧版を「旧天気」、新版を「新天気」と呼びます。次頁から、新旧天気について比較しながら紹介します。

天気 作成方法 旧

解析雨量で降水の有無を判定、降水ありの場合は気温推計値とMSM湿度予報値から雨雪判別、降水なしの場合は従来型雲量格子点情報から晴れ曇りを判別する。

各判定の詳細は(p.37)参照



課題

- ・晴曇判別：朝夕夜の下層雲や地形性の小規模な雲の検出、積雪/雲・薄曇り/曇りの区別が苦手。従来型雲量格子点情報(ひまわり7号以前に開発)利用のため。
- ・降水判定：降水域を過大に推定。レーダー休止域・範囲外で判定できない。解析雨量の前1時間降水量を利用しているため。

一部データを得られない場合もできる限り作成する(p.34参照)

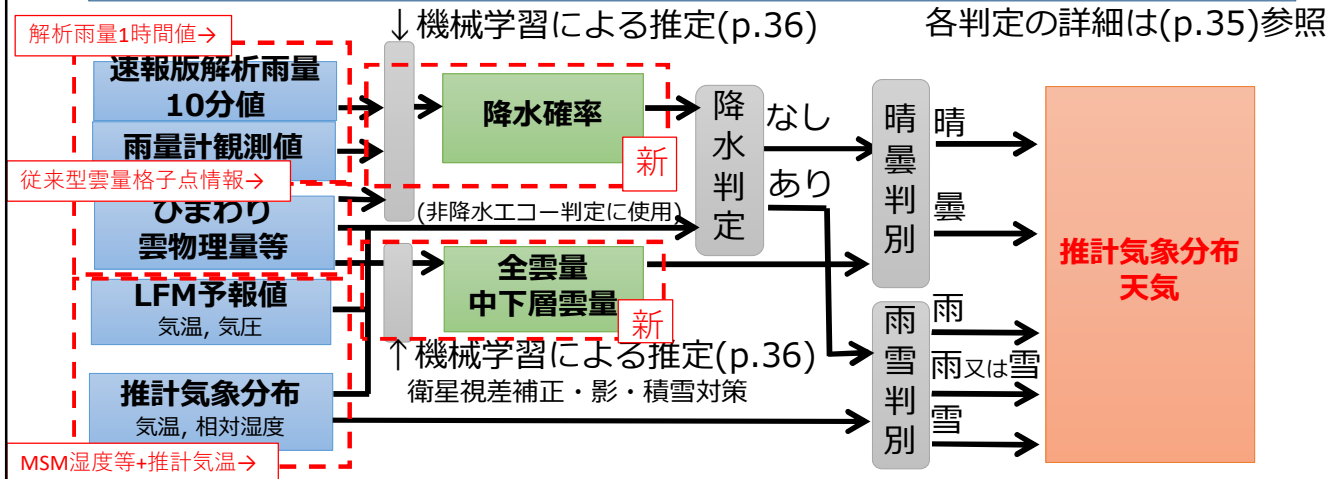
これは旧天気の算出方法です。解析雨量で降水の有無を判定、降水ありの場合は気温の推計値とMSM湿度予測値から雨雪判別、降水なしの場合は従来型雲量格子点情報から晴れ曇りを判別します。この方法で算出した場合、課題がありました。

・晴曇判別：朝夕夜の下層雲や地形性の小規模な雲の検出、積雪/雲・薄曇り/曇りの区別が苦手。従来型雲量格子点情報(ひまわり7号以前に開発)を利用しているため。

・降水判定：降水域を過大に推定。レーダー休止域・範囲外で判定できない。解析雨量の前1時間降水量を利用しているため。

天気 作成方法 新

速報版解析雨量10分値と雨量計観測で降水の有無を判定、降水ありの場合は気温と湿度の推計値から雨雪判別、降水なしの場合はひまわり雲物理量等※から晴曇判別をする。

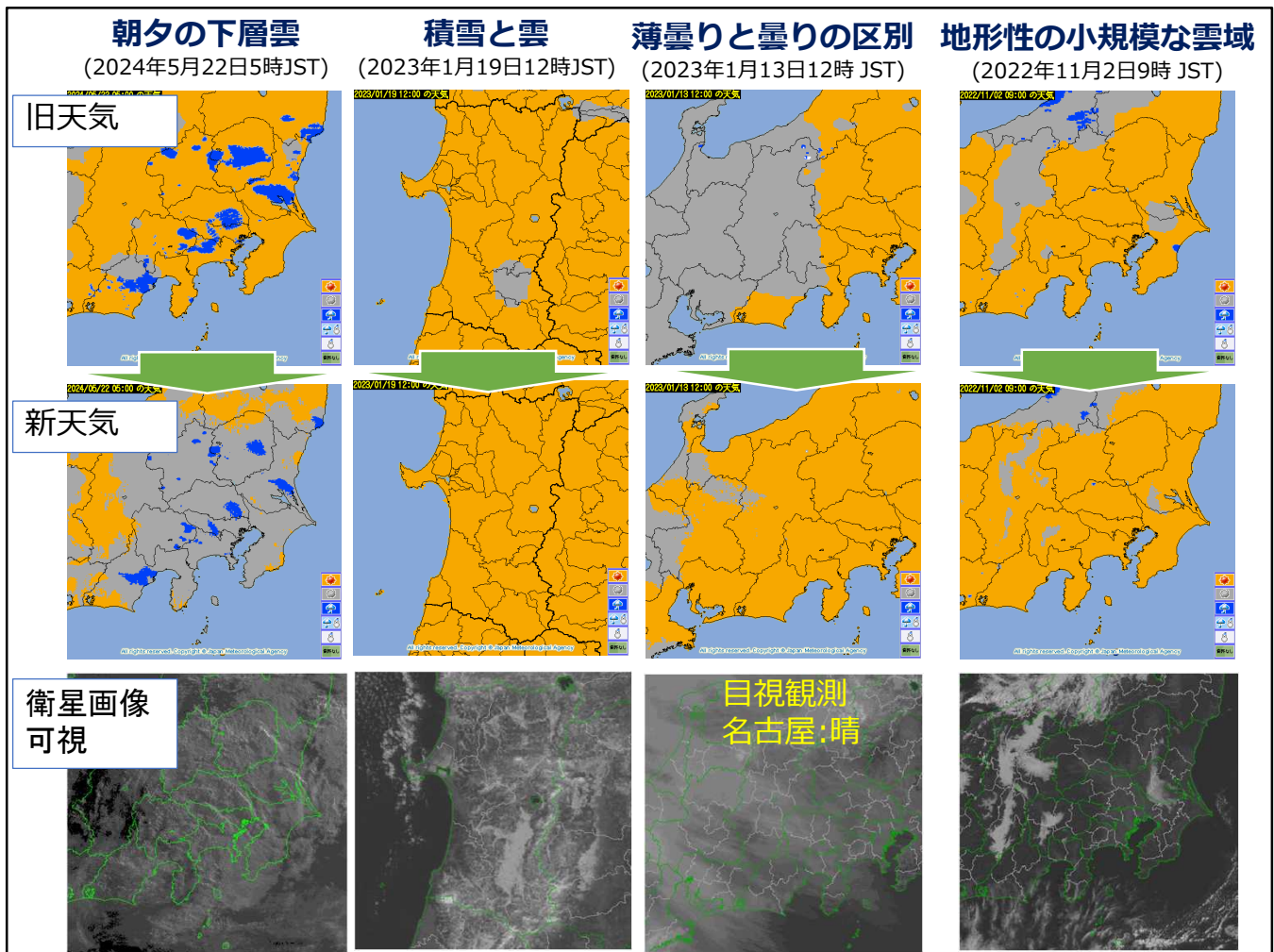


- ・晴曇判別：ひまわり雲物理量等+機械学習による推定を使うことで苦手を軽減
- ・降水判定：速報版解析雨量10分値の利用で過大な降水域推定を抑制
レーダー休止域・範囲外は雨量計データに基づき降水判定

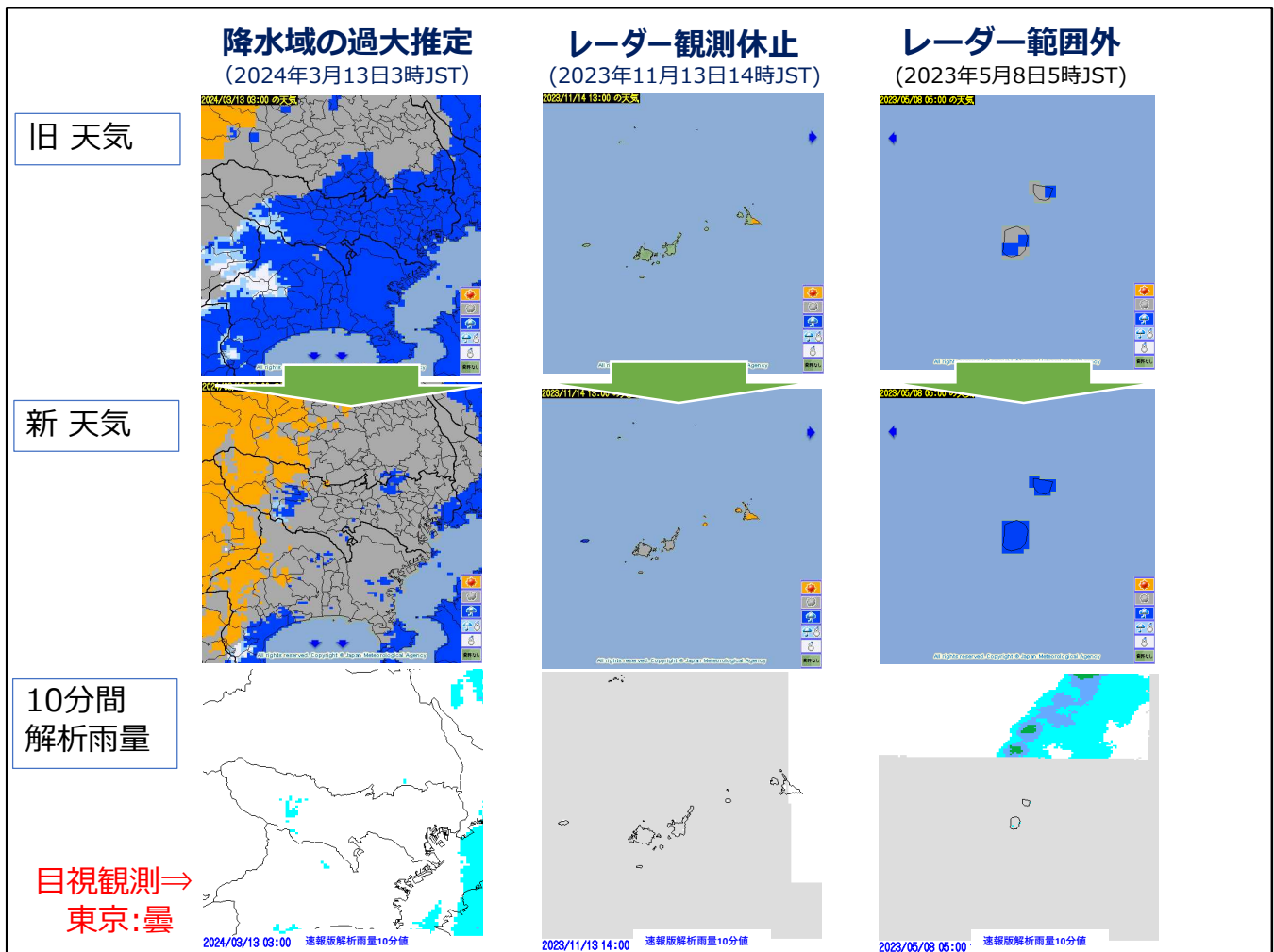
※ひまわり雲物理量等 ... ひまわり8号・9号の16バンド全ての観測データを活用して算出した雲物理量等
一部データを得られない場合もできる限り作成する(p.34参照)

新天気の作成方法です。降水の有無の判定、雨雪判別、晴れ曇り判別により天気を推定する構造は旧天気と同じですが、各判別が変わりました。降水の有無の判定は、これまで解析雨量1時間値を用いていたところ、速報版解析雨量10分値と雨量計観測から機械学習で推定した降水確率を用います。晴曇判別は、これまで従来型雲量格子点情報を用いていたところ、ひまわり雲物理量等から機械学習で推定した雲量を用います。雨雪判別は、これまで湿度情報にMSMを用いていたところ、推計値を用います。

晴曇判別は、ひまわり雲物理量+機械学習による推定を使うことで苦手を軽減しています。降水判定は、速報版解析雨量10分値の利用で過大な降水域推定を抑制しています。レーダー休止域・範囲外は雨量計データに基づき降水判定します。



晴れ曇り判別の改善例の分布図です。どの例も、新天気の判別は旧天気よりも衛星画像や目視観測と整合的です。朝夕夜の下層雲域を、旧天気では晴としていましたが新天気では曇として、衛星可視画像と整合的になっています。横手盆地の晴天積雪域を、旧天気では曇としてましたが新天気では晴としています。甲信～東海地方に広がった薄曇り域を、旧天気では曇としてましたが新天気では晴としており、名古屋の目視観測「晴」と整合的です。甲信の谷や鬼怒川沿いの小規模な曇域の表現が、旧天気では谷の外まで飛び出していますが新天気では谷に収まり衛星可視画像と整合的です。



降水判定の改善例の分布図です。降水域の過大推定に関して、これまで過大だった降水域が減り、東京で曇り判別し、目視観測と整合的になってます。レーダー観測休止域では、これまで天気判別できず「資料無し」としていたところ、雨量計観測に基づく降水判定をして天気判別しています。レーダー観測範囲では、これまで雨量計から遠いメッシュでは晴/曇のみの天気判別でしたが、雨も含めた天気判別をしています。

天気 精度

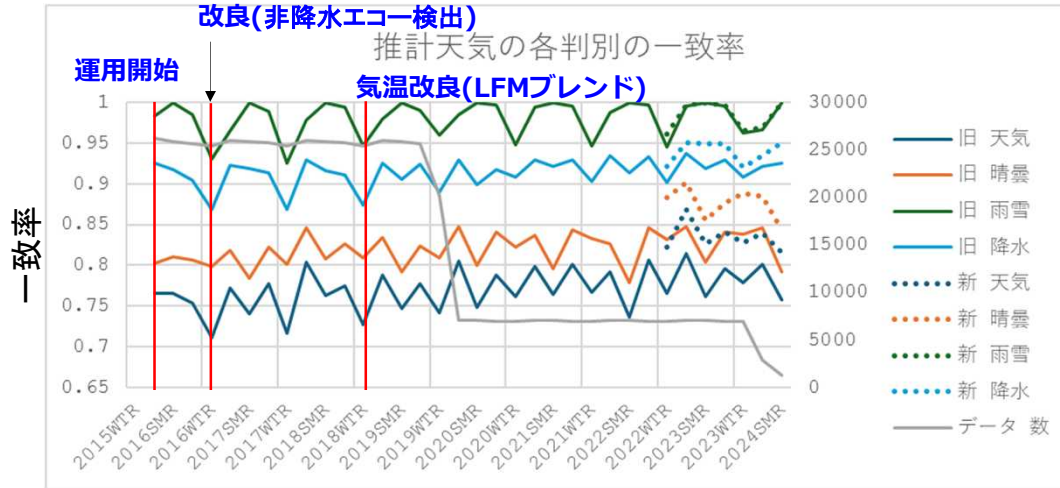
比較内容

要素: 天気

期間: 2016.3-2024.8の3カ月毎

方法: 目視観測地点を含む格子で検証用推計値(p.33)と観測値を比較(p.38)。

結果



- ・晴曇判別が全体の精度に及ぼす影響が大きい
- ・2019年の気温改良後、雨雪判別の一致率が改善
- ・旧(実線)と比べて新(点線)は、全体的に改善

天気の運用開始からの精度を示します。比較方法は、目視観測地点を含む格子で検証用推計値を計算してこれを観測値と比べます（天気の検証用推計値は、雨雪判別における気温と湿度に検証用推計値を用いて導出します）。一致率は、判別が整合したデータ数と全データ数の比です。詳しくはp.38をご覧ください。晴曇判別が全体の精度に及ぼす影響が大きいです。2019年の気温改良後、雨雪判別の一致率が改善しています。2022年4月以降は新天気の評価結果を点線で掲載していますが、全体的に改善しています。

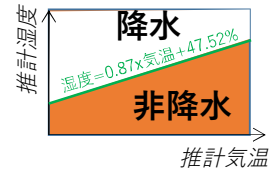
天気 利用上の注意点1

発生：大気安定時

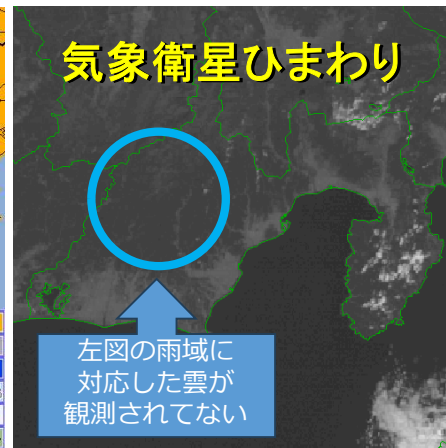
非降水エコー

2016.12.13 非降水エコー除去
処理導入により軽減したが
完全には除去しきれない

次の場合降水なし
有効雲量※ < 83%
かつ
右図の非降水



※有効雲量 ... ひまわり雲物理量等の一部。
雲光学的厚さを加工した雲量に近いデータ。

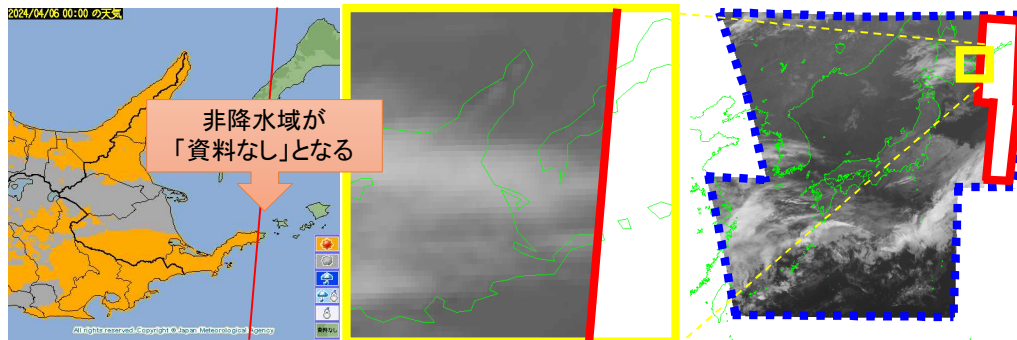


レーダー観測の非降水エコーが現れた場合の推計気象分布（天気）
2023年11月1日11時JST

天気の問題点を三つ紹介します。まず非降水エコーによる雨域が現れることです。図はグラウンドクラッターによるエコーが影響した例です。非降水エコー除去処理を導入することで、誤った雨域の面積が減りましたが、完全な除去には至ってません。

天気 利用上の注意点2

発生：春秋 2回/年



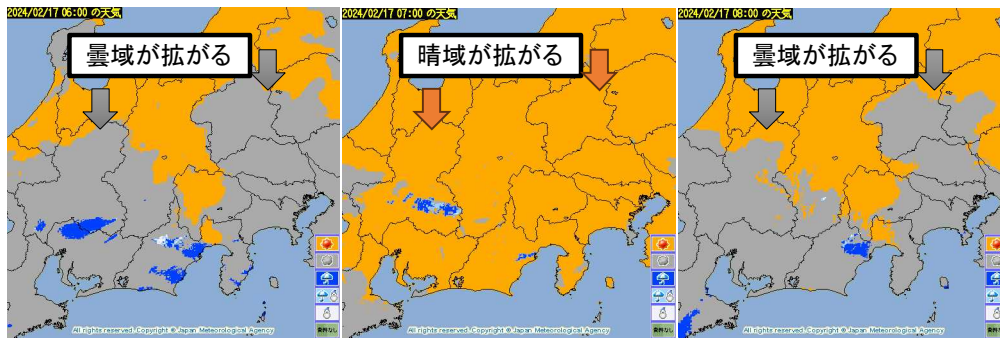
- 春分期（4月頃）及び秋分期（9月頃）の0時(日境界)頃において、一部の非降水域が資料なしとなる場合がある
- 気象衛星ひまわりの春分期・秋分期の太陽自動回避※による画像欠損及び観測休止の影響を受けるため

※春分期・秋分期の太陽自動回避による画像欠損及び観測休止のページ
http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/info/sun_avoid.html

春分期（4月頃）及び秋分期（9月頃）の0時(日境界)頃において、一部の非降水域が資料なしとなる場合があります。これは、気象衛星ひまわりの春分期・秋分期の太陽自動回避による画像欠損及び観測休止の影響を受けるためです。

天気 利用上の注意点3

発生：
日の出/日の入り前後



2024年2月17日6時JST

7時JST

8時JST

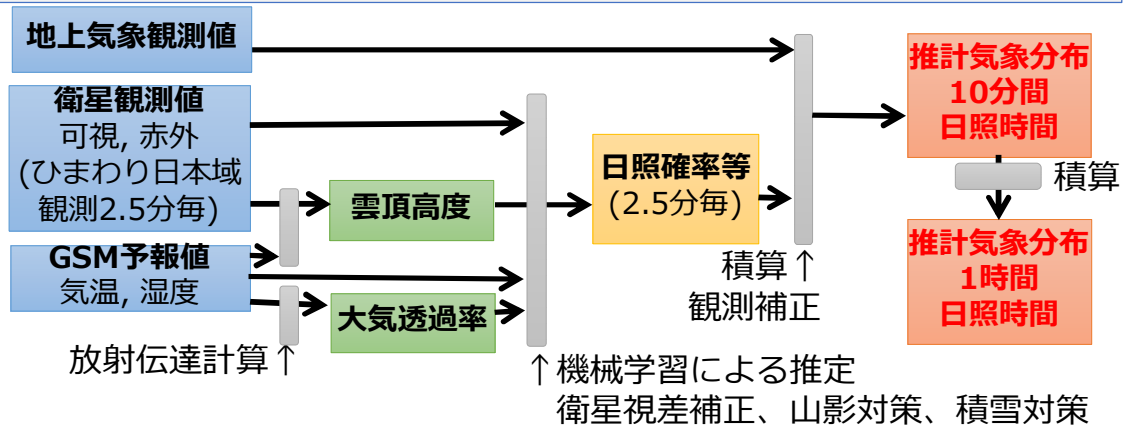
推計気象分布（天気）において晴れ域が過剰に表示される例

- 朝または夕方に「晴れ」の領域が過剰に広く表示されることがある
- 日の出、日の入り前後に気象衛星が下層の雲を観測することが困難な場合があるため
- 例では、7時(中)が該当し晴域が広く表示され、分布が前後の6時(左)、8時(右)と不連続となっている

朝または夕方に「晴れ」の領域が過剰に広く表示されることがあります。これは、日の出、日の入り前後に気象衛星が下層の雲を観測することが困難な場合があるためです。例では、7時(中)が該当し晴域が広く表示され、分布が前後の6時(左)、8時(右)と不連続となっています。

日照時間 作成方法

衛星観測値等から雲・大気・地形による日射遮断の度合いを日照確率として抽出し、日照有りの時間を積算



なぜ日照確率を経由するのか

- 日照時間は局所性が高く上限・下限値の出現頻度が高いため、日照時間そのものの面/点データ融合すると、明らかに晴れ(曇り)続けている領域の日照時間を短く(長く)してしまう場合がある。
- 日照確率を介することで衛星画像から得られる雲パターンを勘案した面/点データ融合ができる。

一部データを得られない場合もできる限り作成する(p.34参照)

日照時間は、衛星観測値等から雲・大気・地形による日射遮断の度合いを日照確率として抽出し、日照有りの時間を積算して計算します。日照時間は局所性が高く上限・下限値の出現頻度が高いため、日照時間そのものの面/点データ融合すると、明らかに晴れ(曇り)続けている領域の日照時間を短く(長く)してしまう場合があります。日照確率を介することで衛星画像から得られる雲パターンを勘案した面/点データ融合ができます。日照確率の計算は、機械学習による推定に基づき、山影や積雪対策の処理で補完します。

日照時間 精度

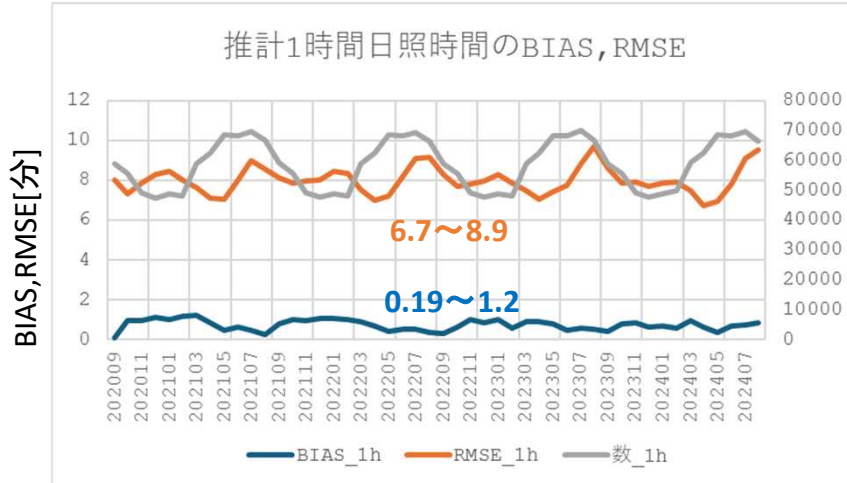
内容

要素:前1時間日照時間

期間:2020.10-2024.8

方法:地上気象観測地点を含む格子で検証用推計値(p.33)と観測値を比較。

結果



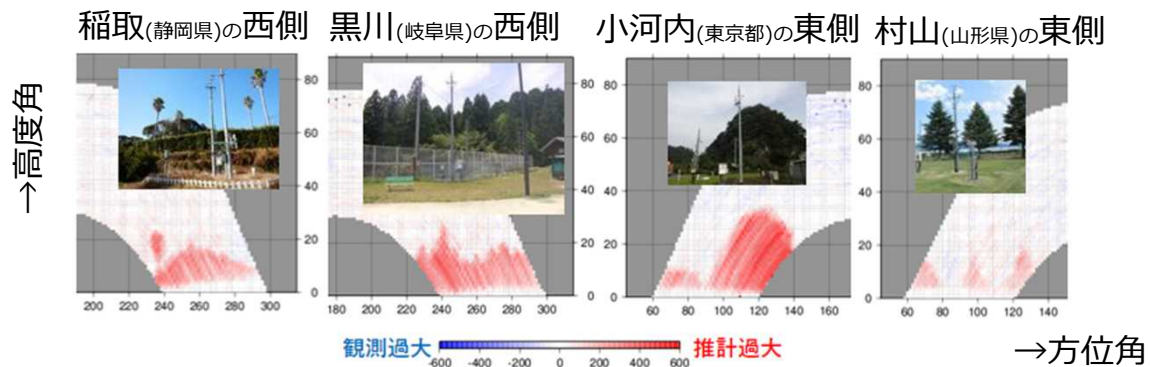
- ・ 全体的な**正BIAS** ←局所的な障害物表現の違いによる**過大**
- ・ 夏のRMSE大 ←雲域が局在的なときの推定雲域のズレによる**過大過少**
- ・ 冬のRMSE大 ←晴天時の積雪を雲と誤判別することによる**過少**

日照時間の運用開始からの精度を示します。比較方法は、地上気象観測地点を含む格子で検証用推計値を計算してこれを観測値と比べます。全体的に正のBIASがありますがこれは、局所的な障害物の表現が、推計するときと実際に異なることによるものです。詳しくは次頁参照。夏にRMSEが大きいのは、雲域が局在的な時の推定雲域の位置ずれによるものです。冬にRMSEが大きいのは、晴天時の積雪を雲と誤判別すること等によるものです。詳しくは次次頁参照。

日照時間 利用上の注意点1

朝夕は地上気象観測よりも日照時間が長めになることがある

- ・地上気象観測は**近くの地形や近隣の木立**に日照が遮られることがある。
- ・日照時間推計値は**1kmメッシュの標高データに基づく山影**を考慮しているが、1kmメッシュの代表値という性質上、それより細かい地形や木立の影響は考慮していない。



各地の日照時間のBIAS 推計値-観測値と写真
BIASは2015年7月から2019年6月の期間のデータによる

朝夕は地上気象観測よりも日照時間が長めになることがあります。と言いますのは、

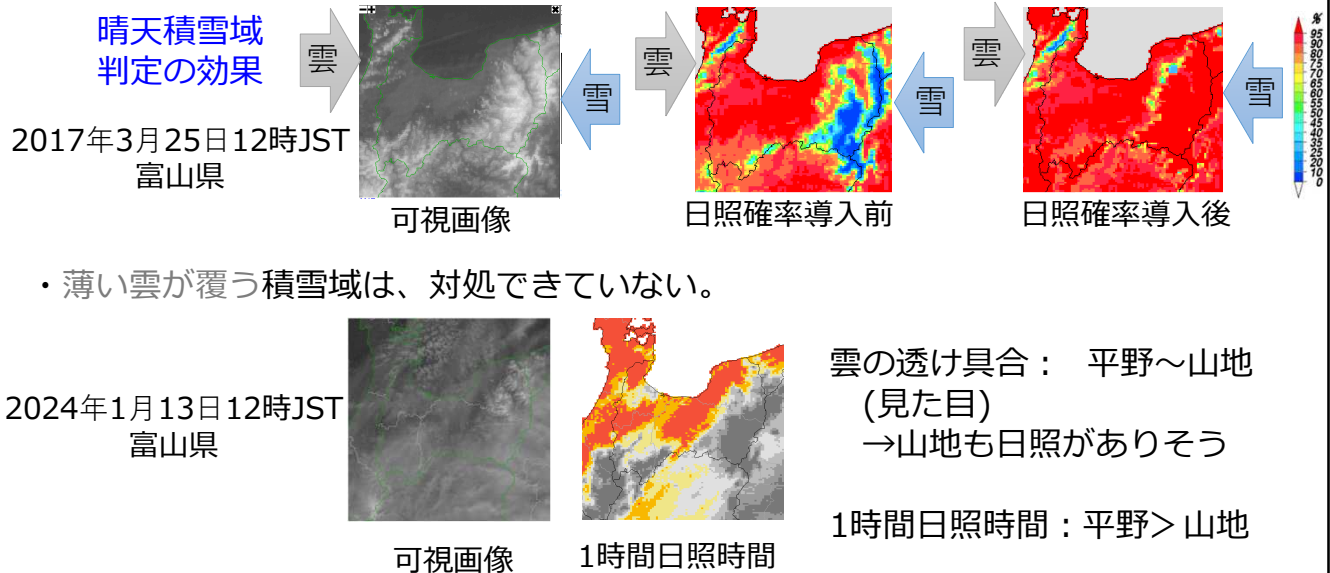
- ・地上気象観測は近くの地形や近隣の木立に日照が遮られることがあります。
- ・日照時間推計値は1kmメッシュの標高データに基づく山影を考慮しているが、1kmメッシュの代表値という性質上、それより細かい地形や木立の影響は考慮していません。

このため、細かい地形や木立の影響のぶんだけ、推計値は観測値よりも長くなります。

日照時間 利用上の注意点2

冬季に積雪域で日照時間が過少となることがある

- ・ ひまわりの可視反射率は、"雲域"だけでなく"晴天や薄い雲が覆う積雪域"でも大きな値を取るため、雲域と積雪域の区別をしにくい
- ・ 機械学習である程度区別しているが、深雪地域の学習データが少ないため不十分
- ・ 晴天積雪域は、反射率等の条件や5分前の画像と比較した移動の有無から判定して強制的に日照確率を引き上げている。

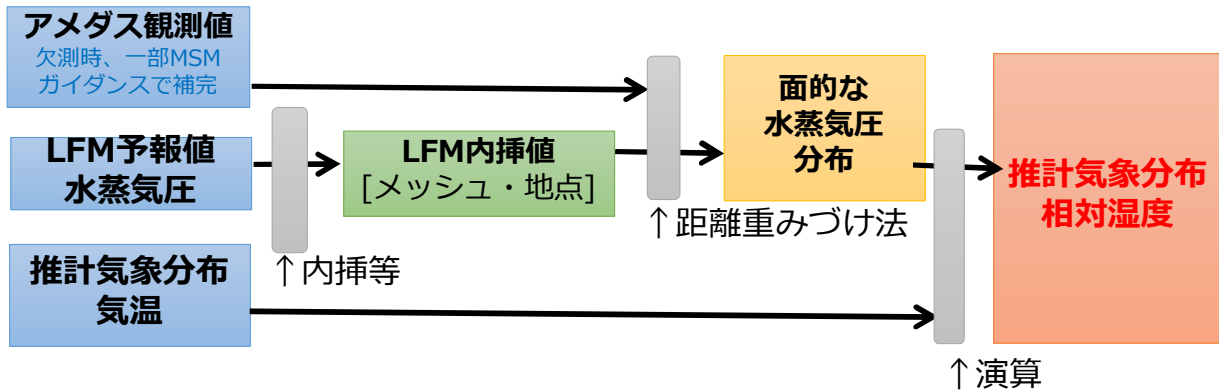


日照時間は、冬季に積雪域で過少となることがあります。と言いますのは、

- ・ まず、日照時間の算出に使っている気象衛星の可視反射率データは、雲域だけでなく晴天や薄い雲が覆う積雪域でも大きな値を取るなので、区別しにくいです。
- ・ 算出処理の中の機械学習である程度区別していますが、深い雪が見込まれる地域の学習データが少ないため、不十分です。
- ・ 晴天積雪域については、反射率などの条件や5分前と比較した移動ベクトル等から晴天積雪域を判定して強制的に日照確率を引き上げています。
- ・ しかし、薄い雲が覆う積雪域については対処できないため、積雪がある場合の日照時間分布は過少となることがあります。

相対湿度 作成方法

水蒸気圧について推計地点近隣のアメダス観測値をLFM予報値に基づき推計地点の値に変換して、これを飽和水蒸気圧で割る



なぜ水蒸気圧なのか

- ・ 示量性の変数であり、観測値の変動に対して予報値が安定しているため、近隣アメダス地点の値を推計地点の値に変換しやすい。
- ・ 気温の推計値が持つ地形や人工被覆率の影響に関する情報を利用できる

一部データを得られない場合もできる限り作成する(p.34参照)

相対湿度は、水蒸気圧について推計地点近隣のアメダス観測値をLFM予報値に基づき推計地点の値に変換して、これを気温の推計値から計算した飽和水蒸気圧で割ることで算出します。算出の出発点であるアメダスの観測値は相対湿度ですが、途中で水蒸気圧を経由します。以下の事情があるためです。

- ・ 水蒸気圧は示量性の変数であり、観測値の変動に対して予報値が安定しているため、近隣アメダス地点の値を推計地点の値に変換しやすい。
- ・ 気温の推計値から変換した飽和水蒸気圧を使うことで、気温の推計値が持つ地形や人工被覆率の影響に関する情報を利用できる。

相対湿度 精度

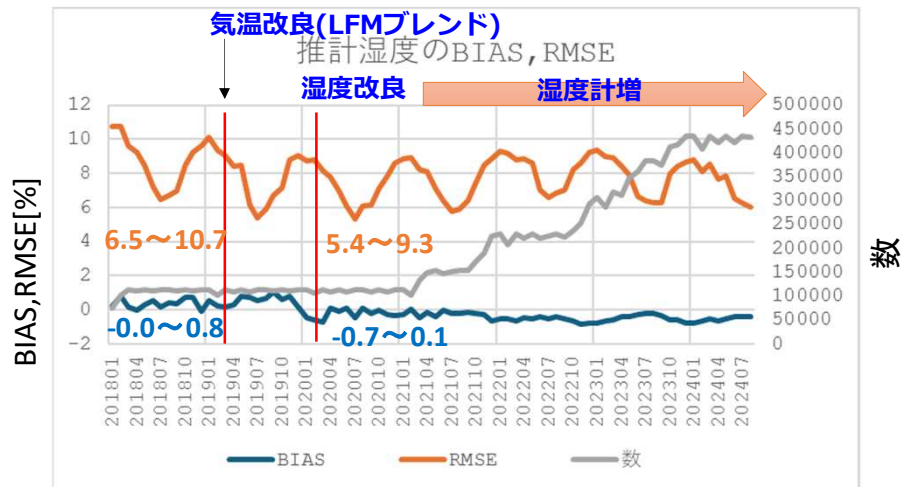
比較内容

要素: 相対湿度

期間: 2018.1-2024.8の各月

方法: アメダス地点を含む格子で検証用推計値(p.33)と観測値を比較。

結果



- ・ 冬季にRMSEが大きくなる傾向がある
- ・ 2019年の気温改良後、RMSEが減少
- ・ 2020年の湿度改良後、BIASが0に近づく
- ・ 2021年の湿度計増加開始後、官署・特地ではRMSE減少
今後さらに地点数増加予定

相対湿度の開発開始からの精度を示します。比較方法は、アメダス地点を含む格子で検証用推計値を計算してこれを観測値と比べます。RMSEは冬季に大きくなる傾向があります。2019年,2020年の改良で少しずつ改善しています。2021年以降湿度計を設置した観測地点が増え始めていて、これにより官署・特地ではRMSEが減少しています(図省略)。湿度計を設置する地点は今後も増加予定です。

推計気象分布 利用上の注意

推計気象分布は1kmメッシュの代表値

- ・メッシュ内のアメダスと一致しないこともある
- ・ピンポイントで利用できないわけではないが、ある程度の広がりも含めて参照することが望ましい
- ・山頂など特殊な場所の値として利用することは不適切

推計値である

- ・一定の誤差を含む
- ・気象状況によっては誤差が平均的な値より大きくなることもある

利用する上で注意が必要な点があります。推計気象分布は1kmメッシュ毎に作成するのですが、値としては1kmメッシュの代表値となります。このため、メッシュ内のアメダスと一致しないことがあります。ある程度の広がりを含めて参照することが望ましいです。具体的には、推計気温を山頂の値として利用することは不適切です。それから、推計値なので、一定の誤差を含みます。気象状況によっては、本資料等で示している平均的な誤差よりも大きくなる場合があります。非降水エコー等が天気に反映することがあります。

推計気象分布の今後について

高頻度化

10分間隔の作成、提供

精度向上の取り組み

- ・ AIの更なる活用 – 線形の仮定が通用しない複雑な問題でも答えを出すことができる
- ・ 民間の観測データ等の活用 – 品質をどのように確保するかが課題

要素の拡大

- ・ 相対湿度は時期を見て公開を検討
- ・ 風を開発中
- ・ 天気判別に霧判定の追加を検討中

ホームページでの見せ方の改良

タイル化を検討中

天気分布予報・面的統計などとのシームレスな表示の検討

今後の方向性として、最優先で取り組みたいと考えているのが高頻度化です。これについては事業者からも強い要望があります。精度向上の取り組みは今後も継続する予定で、AIの更なる活用や民間の観測データ等の活用も課題です。要素の拡大については今回紹介したもの以外にすぐにできそうなものではありませんが、風などは需要が大きく可能性を検討します。また、ホームページでの見せ方に改良の余地があり、タイル化で自由度を高めたり、他のコンテンツと連携してシームレス化を図ることが考えられます。

参考資料

- 気象庁ホームページ
<http://www.data.jma.go.jp/bunpu/>

- 解説資料（測候時報）
 - 天気・気温 <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/87/vol87p001.pdf>
 - 日照時間 https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/89/vol89_3.pdf

- 配信に関する仕様
 - 気温 <https://www.data.jma.go.jp/add/suishin/shiyou/pdf/no13801>
 - 天気 <https://www.data.jma.go.jp/add/suishin/shiyou/pdf/no13802>
 - 日照時間 <https://www.data.jma.go.jp/add/suishin/shiyou/pdf/no13803>

付録

付録1 検証用推計値について

距離重み付け法による推計値の検証

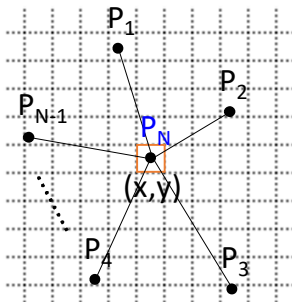
要件： 推計気象分布は、観測地点から離れた地域での気象情報を提供する情報



検証は観測地点から離れた状況で行われる必要がある

方法：

- ・ 観測地点を含むメッシュに於ける**検証用推計値**を**その地点の観測値**と比較する
- ・ **検証用推計値**は**その地点の観測値**を**使わず**に算出する



$$V_v(x,y) = V_s(x,y) + \sum_{i=1}^{N-1} w_{p(i)}(x,y) \times dV_{p(i)}$$

最近接観測地点までの距離は

推計値： 観測地点の間隔の半分程度

検証用推計値： 観測地点の間隔程度

この結果、本来の推計値を比べて**少し不利な条件**で評価していることになる
(観測地点が近いと精度が非常に良くなる要素では特に)

距離重み付け法による推定値は検証に一工夫必要になります。といいますのは、推計気象分布は観測地点から離れた地域での気象情報を提供することが目的ですので、検証は「観測地点から離れた状況」で行う必要があります。そこで検証方法は、観測地点を含むメッシュで観測値と推計値を比べるのですが、この時の推計値はその地点の観測値を使わずに計算した検証用推計値を用います。具体的に図や式で示すと下のようになります。算出格子(x,y)にある地点PNのデータは使いません。

こうした場合、推計値に寄与する最近接観測地点までの距離は、推計値では、観測地点の間隔の半分程度なのに対し、検証用推計値では、観測地点の間隔と同程度になります。「観測地点から離れた状況」を作ろうとはしたのですがすこしやりすぎです。推計値と比べて不利な条件での評価ということになります。

付録2 一部のデータが得られない場合の対策

気温分布

アメダス観測値が得られない場合は、代わりにMSMガイダンスの気温予報値を用いる。LFM予報値が得られない場合は、平年値ベースの気温分布を出力する。アメダス観測値、MSMガイダンス、LFM予報値の一つ以上があれば作成可能。

天気分布

衛星プロダクト・解析雨量が得られない場合は50分前まで遡って過去のデータを用いる。

日照時間分布

2.5分間隔の気象衛星のデータの一部が得られない場合、前後の時刻から日照確率を内挿して可能な限り10分間日照時間を作成する。

相対湿度分布

水蒸気圧観測値が得られない場合はMSM湿度ガイダンスを用いる。LFM水蒸気圧予報値が得られない場合は、観測値の空間内挿で水蒸気圧分布を得る。

推計気象分布は、地震などの広域災害でアメダスのデータが得られなくなった場合のバックアップ機能を期待されているため、入力データの一部が得られない場合でも可能な限り残りのデータを用いてデータを作成します。

付録3 天気分布（新）の作成方法の補足

・ 降水判定

- ・ 降水確率を推定
 - i. 速報版解析雨量10分値, ひまわり雲物理量等のデータから降水確率を推定
 - ・ 感雨器観測(3回/10分で降水有り)を教師データに畳み込みニューラルネットワークを使用
 - ・ 入力データは、0-20分前、算出地点のまわり5km程度までのデータを使う
 - ・ 速報版解析雨量10分値が全くない場合は、推定を諦める
 - ii. 雨量計観測、気温・湿度推計から降水確率を推定（レーダーで観測されない降水域を補間）
 - ・ 感雨器観測(3回/10分で降水有り)を教師データにニューラルネットワークで地点の降水確率を推定
 - ・ 入力データは、降水：0-60分前、気温・湿度：0分前
 - ・ 地点の降水確率を距離重み+filter付内挿で面拡張 ⇒ “降水確率>0.6”の分布を(i)の結果に埋込
 - ・ 降水：0-10分前が無い場合は、推定を諦める
- ・ 降水確率>0.6かつ非降水エコー検出されない場合に降水有りとする

・ 晴曇判別

- ・ ひまわり雲物理量等のデータから、全雲量と中下層雲量を推定
 - ・ 推定には目視観測を教師データとしたニューラルネットワークを使用
 - ・ 入力データは、最大で算出地点のまわり40km程度までの情報も取り込む
- ・ $8.5 \leq \text{全雲量}$ and $\text{全雲量} \times 0.7 \leq \text{中下層雲量}$ の場合に曇りと判別
 - ・ 閾値は統計的に精度が良くなるよう調節

・ 雨雪判別

- ・ 推計気温・推計湿度をチャート式と比較して推定
 - ・ チャート式は、格子の最近接アメダスが属する管区・中枢における、特地自動天気用のもの
 - ・ ざっくりいうと、低温低湿なほど雪、高温高湿なほど雨と判定する
- ・ 850hPaが高温の場合、雨と判定する

天気を晴・曇・雨・雨又は雪・雪も分類するため、降水判定、晴曇判別、雨雪判別を行います。なお、天気分布の作成処理では面データと点データの融合はしません。既にある面データを組み合わせて、なるべく地上観測に沿う形でデータ作成をします。

降水判定：地上観測では、目視観測の降水現象に基づきます。降水現象は、直上のみを10分間程度で観測し、雨量計が捕らえないが感雨器が捕らえる弱い雨も対象とします。そこで推計気象分布では、前10分間に十分な感雨がある場合に降水有りとする 것을目指した方式として、降水確率を推定して、これを閾値と比較し、さらに非降水エコー検出の結果を反映します。降水確率の計算には、感雨器観測を教師データとしたニューラルネットワークを用います。入力は、基本的に速報版解析雨量10分値、ひまわり雲物理量等で、時間空間的に幅広にデータ利用することで強い雨の周りに降る弱い雨を拾います。レーダーデータを利用できない領域では、雨量計観測等から地点の降水確率を計算し、距離重みづけ法で面的に拡張します。降水確率閾値は0.6としています。非降水エコー検出は、過去の感雨データなどから統計的に決定したもので、晴れて暑くて乾いているほど非降水と判定します。

晴曇判別：地上観測では、目視観測の雲量に基づきます。遠くの空まで見渡して全雲量と中下層雲量を見積り、値に応じて晴れ、薄曇り、曇りに判別します。そこで推計気象分布では、全雲量と中下層雲量を推定して、これらを閾値と比較して行います。雲量の推定には、目視観測の雲量を教師データとしたニューラルネットワークを用います。入力には、ひまわり雲物理量等で、算出地点の周り40km程度までのデータを利用することで遠くの雲の情報を取り込みます。雲量閾値は、統計的に精度がよくなるよう調整しています。

雨雪判別：地上観測では、目視観測の降水現象に基づき、直上のみを観測です。特別地域気象観測所の自動観測は、気温・湿度の観測値をチャート式と比較する形で行います。そこで推計気象分布では、気温・湿度の推計値をチャート式と比較します。

付録3 天気分布（新）の作成方法の補足

機械学習の設定

	雲量	降水確率(i)	降水確率(ii)
用途	晴曇判別	降水判定	
目的変数	目視観測の全雲量、中下層雲量	降水確率(感雨観測(1分毎)が前10分間に3回以上あれば1なければ0)	
説明変数	54要素 標高、太陽天頂角・方位角、衛星天頂角・方位角、経度・緯度、雲光学的厚さ・雲粒有効半径(1層・上層)、推計湿度、有効雲量の $n \times n$ 更新平均 { $n=1,3,5,\dots,79$ }	6要素 10分間解析雨量(20～0分前)、有効雲量(20～0分前) 対象地点を中心とした11×11格子	9要素 雨量計観測(60～0分前) 推計気温(最新) 推計湿度(最新)
モデル	NN 7層	CNN+NN 5層	NN 9層
学習・検証データ	2018年1月～12月 目視観測を行う官署(数は時刻によって変動)	2021年4月～2022年3月の10分毎 官署・特地(152地点)	

NN ... ニューラルネットワーク
CNN ... 畳み込みニューラルネットワーク

晴曇判別のための雲量計算と、降水判定のための降水確率計算のための、機械学習の設定を示します。

付録4 天気分布（旧）の作成方法の補足

降水判定

- ・ 解析雨量をベースに非降水エコーを除去、弱い雨を反映。
- 解析雨量>0mm/hで非降水エコー条件※に該当しない領域とその周囲8メッシュを「降水あり」とする。
ただし、拡大する周囲メッシュの周囲に「晴れ」のメッシュがある場合は「曇り」とする。
※過去の感雨データ等から統計的に決定。晴れて暑くて乾いてるときに非降水になりがち。

解析雨量は1時間の積算であるため、地上気象観測の天気とは時間的なずれが生じる

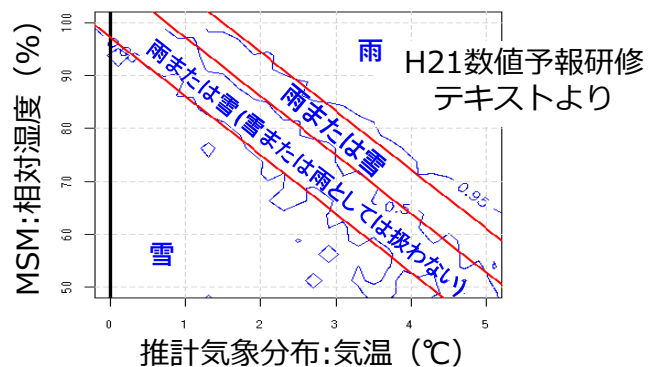
晴れ曇り判定

- ・ 対象時刻10分前の従来型雲量格子点情報の全雲量を使用
- ・ 周囲4格子の雲量の重み付き平均が、閾値（37%）以上なら「曇り」、未滿なら「晴れ」

従来型雲量格子点情報は水平分解能が粗い（20km）ため盆地や谷筋の雲の表現に難点がある

雨雪判別

- ・ MSMガイダンスで使用されている判別チャート
- （ただし、850hPa 気圧面の気温が 1°C 以上かつ地上気圧が850hPa 以上の場合は無条件に「雨」）



古い天気分布の作成方法です。天気を晴・曇・雨・雨又は雪・雪も分類するため、降水判定、晴曇判別、雨雪判別を行う点は、新しい天気分布と同じです。

降水判定：降水判定は解析雨量に基づきます。但し解析雨量は非降水エコーを含み、また雨量計で校正しているので弱い雨が反映されていません。そこで、解析雨量が0mm/hより大きく非降水エコー条件に該当しない領域を基本に、その周囲8メッシュまでを降水有りと判定します。非降水エコー条件は過去の感雨データなどから統計的に決定したもので、晴れて暑くて乾いているほど非降水と判定します。なお、解析雨量は1時間積算値なので、地上気象観測の天気とは時間的なずれが生じる可能性があります。雨の降り終わりが推計気象分布では遅かったりと。

晴曇判別：従来型雲量格子点情報の全雲量を使用します。入力である雲量格子点は0.2度格子データなので、内挿して1kmメッシュ毎に雲量を見積もります。そしてその雲量が閾値の37%以上なら曇り、未滿なら晴れと判別します。なお閾値は、過去の「雲量格子点-地上気象観測マッチアップデータ」をロジスティック回帰分析して、曇天確率が50%となる雲量を選んでいきます。従来型雲量格子点情報は水平分解能が粗い（20km）ため盆地や谷筋の雲の表現に難点があります。

雨雪判別：基本的にMSMの相対湿度と気温推計値を上図のチャートにあてはめて行います。このチャートはMSMガイダンスで使用されているものに基づいています。但し、上空が温まっている場合には無条件に雨にする例外処理を付加しています。

付録5 天気分布の精度評価方法

・評価方法

- ・目視観測地点のメッシュにて、同時刻の天気記号と推計天気を比較
- ・天気記号と推計天気の対応

通番	推計天気	天気記号
1	晴れ	快晴、晴れ、薄曇り
2	曇り	曇り、霧
3	雨	霧雨、雨、しゅう雨、着氷性の雨、着氷性の霧雨
4	雨または雪	みぞれ及び、推計天気の雨・雪に対応する天気記号
5	雪	雪、しゅう雪、霧雪
9	(評価しない)	あられ、ひょう、凍雨、煙霧、砂じん嵐、高い地ふぶき、霧、細氷、もや、雷

- ・評価内容： 天気判別、晴曇判別、降水判定、雨雪判別
- ・統計値

- ・基本的に一致率を使用
- ・天気判別・雨雪判別では有効一致率を使用

(雨又は雪を評価するための指標)

$$\text{一致率} = \frac{\text{一致する数}}{\text{観測数} + \text{推計数}}$$

$$\text{有効一致率} = \frac{\text{一致する数} + 0.5 \times \text{一致しない数}}{\text{観測数} + 0.5 \times \text{推計数}}$$



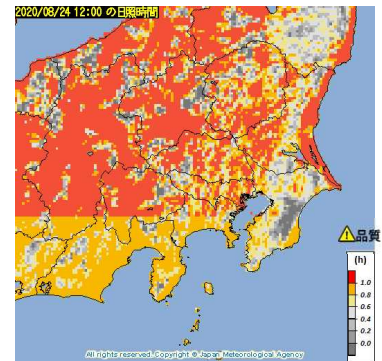
天気の精度評価方法です。評価は、目視観測地点のメッシュにて、同時刻の天気記号と推計天気を比較することで行います。推計値の分類は目視観測と比べて少なく、表のように対応をさせます。評価内容は、天気判別、晴曇判別、降水判定、雨雪判別の四つです。評価のための統計値は、基本的に一致率なのですが、「雨または雪」を含む天気判別・雨雪判別は有効一致率を使います。一致率・有効一致率の式の□はデータ数で、下の図の対応する色のますのものです。

付録6 日照時間の品質情報

- ・ 積算値情報である日照時間は、一部シーンが欠落していても用途によっては利用価値がある
- ・ 欠落の度合いを品質情報としてgrib2二層目に格納、HP表示に反映

品質情報	1時間日照時間 10分間日照時間の欠落数 (6時刻中)	10分間日照時間 日照確率のデータ数 (対象4,補間8時刻中)
正常	0	対象の4時刻がある
やや疑わしい(準正常)	0~1	対象の4時刻の一部が無い
かなり疑わしい(資料不足)	2~5	-
値がない	6	対象4, 補完8時刻が全て無い

- ・ grib2データには値と共に品質情報が格納されているので、**必ず品質情報を見ながら利用する必要がある(値だけの使用はNG)**
- ・ HPの画像や多画面ツールの表示では、資料不足値は資料なしとして表示する。
- ・ 準正常値が領域内に存在する場合、HPでは品質に注意を喚起するマークが表示される。
- ・ 欠落は、保守などの理由で衛星観測が数時間に亘ってできない期間の初めと終わりに起きる。頻度は年に数回程度を見込んでいる。



関東南部（横浜以南）が準正常値の場合の表示例

 品質 マークが表示される

日照時間は積算値情報であるため、一部のシーンが欠けても用途によっては利用価値があります。そこで欠落の度合いを品質情報としてgrib2に格納しHP表示に反映しています。前1時間日照時間では、欠が1シーンで準正常、2-5シーンで資料不足、6シーンで資料無しとしています。前10分間日照時間では、欠が一部なら準正常、全部なら資料無しとしています。HP表示では、準正常値がある場合は「品質」マークを凡例の上に表示して注意喚起し、資料不足は資料無しとして表示します。欠落は、特に障害などなければ、保守のため衛星観測が数時間にわたってできない期間の初めと終わりにおきます。