



観測データ品質管理における可視化

気象庁予報部数値予報課
数値予報班 観測データ処理グループ
小野田浩克

目次

- 数値予報とは
- 全球モデルにおける観測データ利用
- 観測データの品質管理
- Google Earthを利用した可視化
APIを用いたデモ

目次

数値予報とは

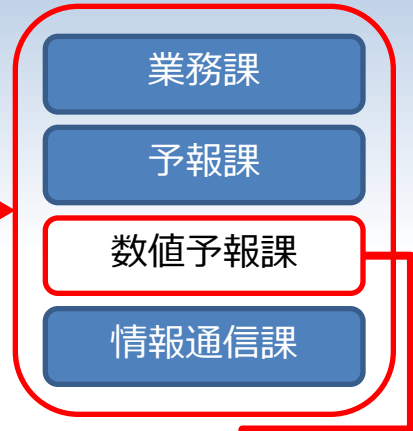
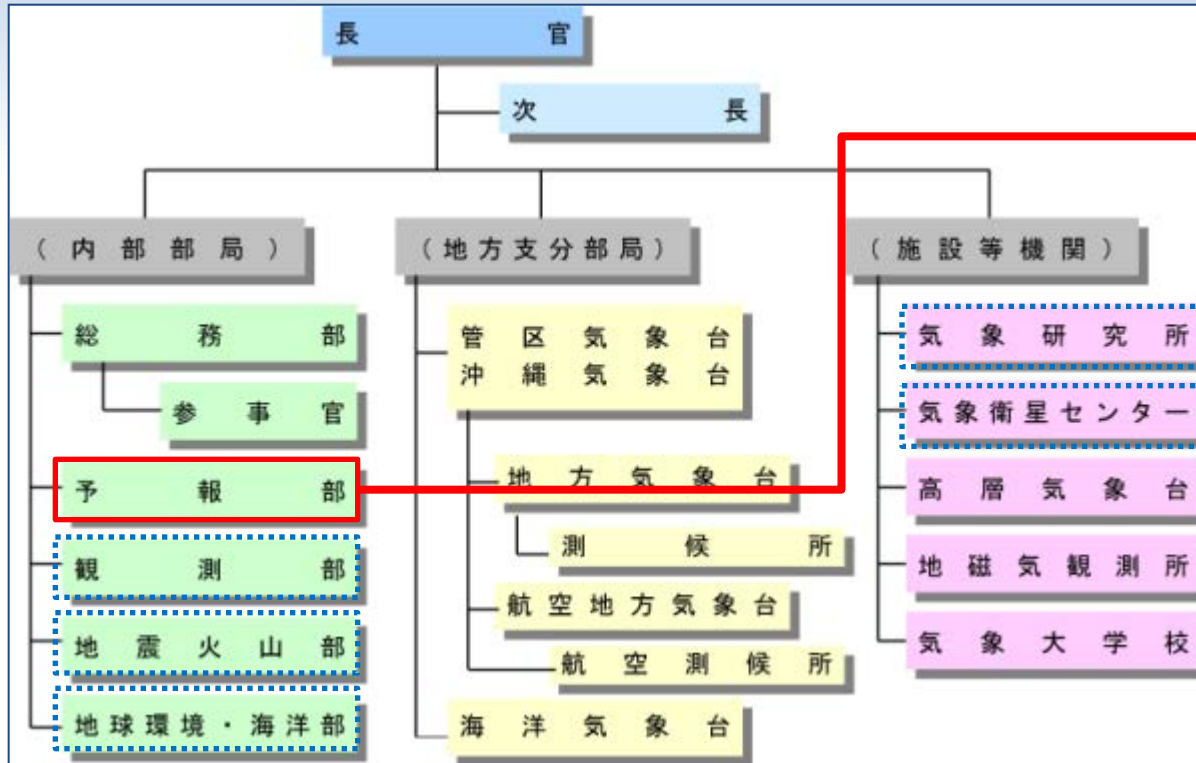
全球モデルにおける観測データ利用

観測データの品質管理

Google Earthを利用した可視化

APIを用いたデモ

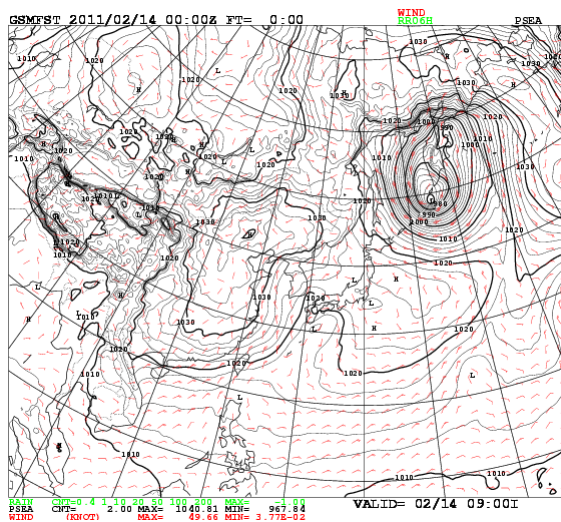
気象庁の組織図



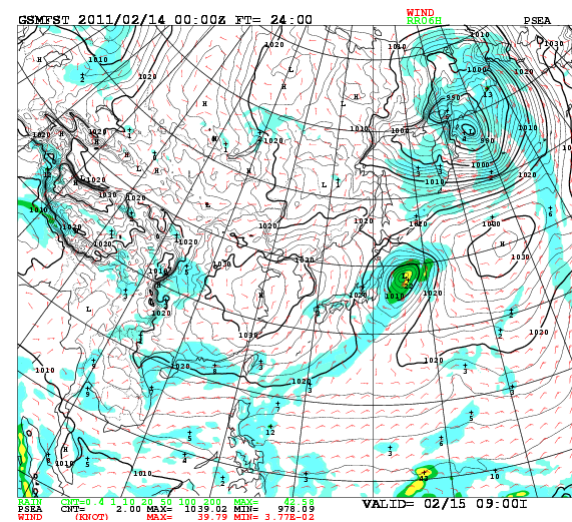
数値予報に携わるのは数値予報課だけではない

数値予報とは

- ある特定の時刻の大気状態を数值的に解析し
- 流体力学や熱力学などの法則に基づいて、その大気状態を時間発展させて、将来の大気状態を推定すること



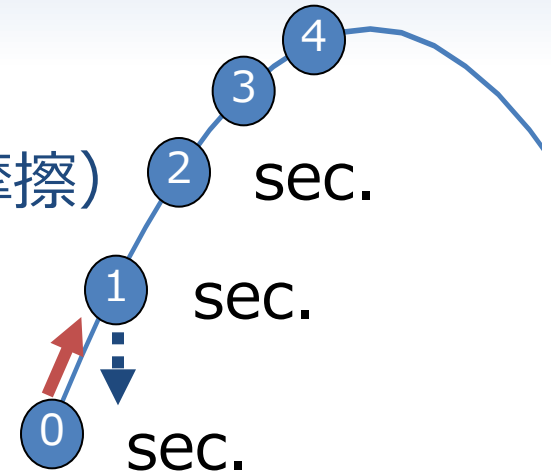
ある時間の大気状態
(初期値)



未来 (24時間後) の
大気状態
(予報値)

最も単純な例

- 投げたボールの軌道予測
 - 以下の**前提条件**が判っていれば、
 - ボールの初期状態（速度や仰角）
 - ボールに働く外力（重力、大気摩擦）
 - 運動方程式に基づいて、
ボールの軌道予測は容易に可能
- **逆に**
 - **前提条件**が間違っていれば軌道予測は失敗する
 - 初期状態が間違っているため
 - 外力が間違っているため



数値予報の主要コンポーネント

- 数値予報モデル：
 - 流体力学や熱力学などの法則に基づいて、**ある時刻の大気状態を時間発展させ、将来の大気状態を推定**
 - ↑一般に数値予報と言えば、まずこれ、と思われるでしょうが、
- データ同化システム（数値解析システム）：
 - 観測情報や数値予報モデルの拘束条件（前提条件）に基づき、**ある時刻の大気状態を数値的に解析（客観解析）**
 - ↑数値予報のためにはこちらも同様に重要なわけです。

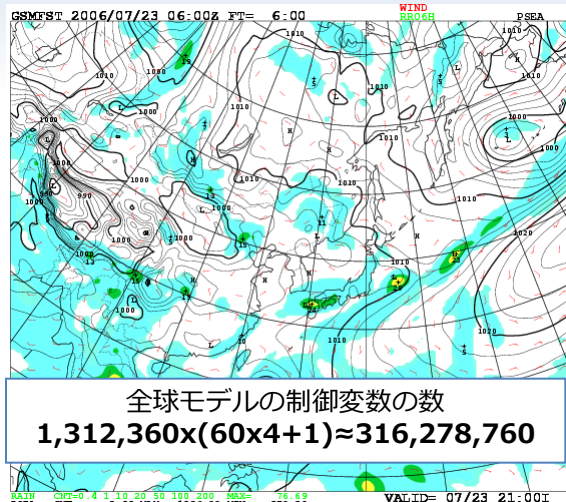
数値予報の改善のためには、

- 数値予報モデルの改善
- データ同化システムの改善

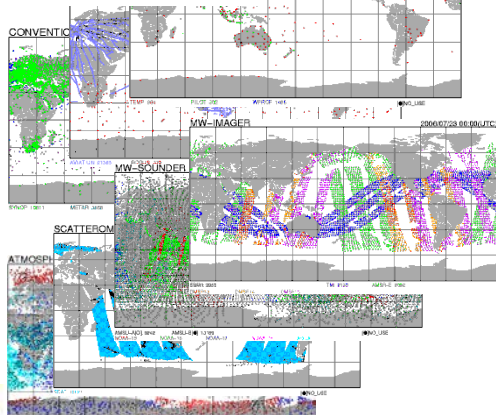
両方が必要

データ同化と予報

第一推定値
前回初期値からの予報値

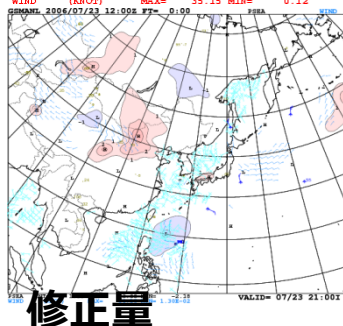
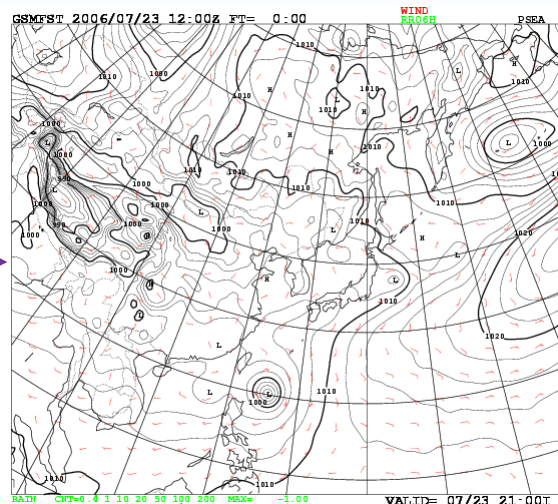


様々な観測

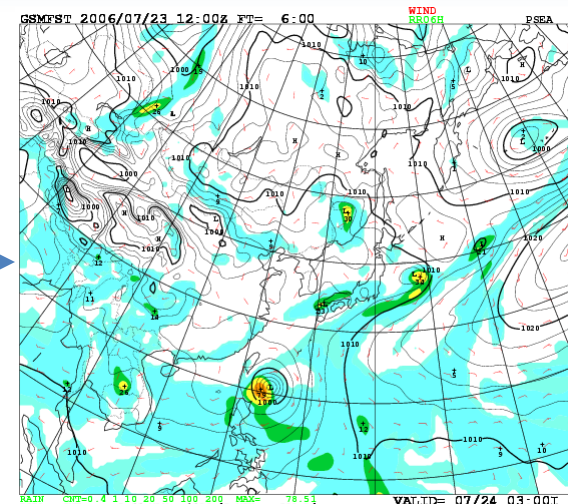


利用した観測データ数 (例)
77,971

データ同化
初期値 (解析値)



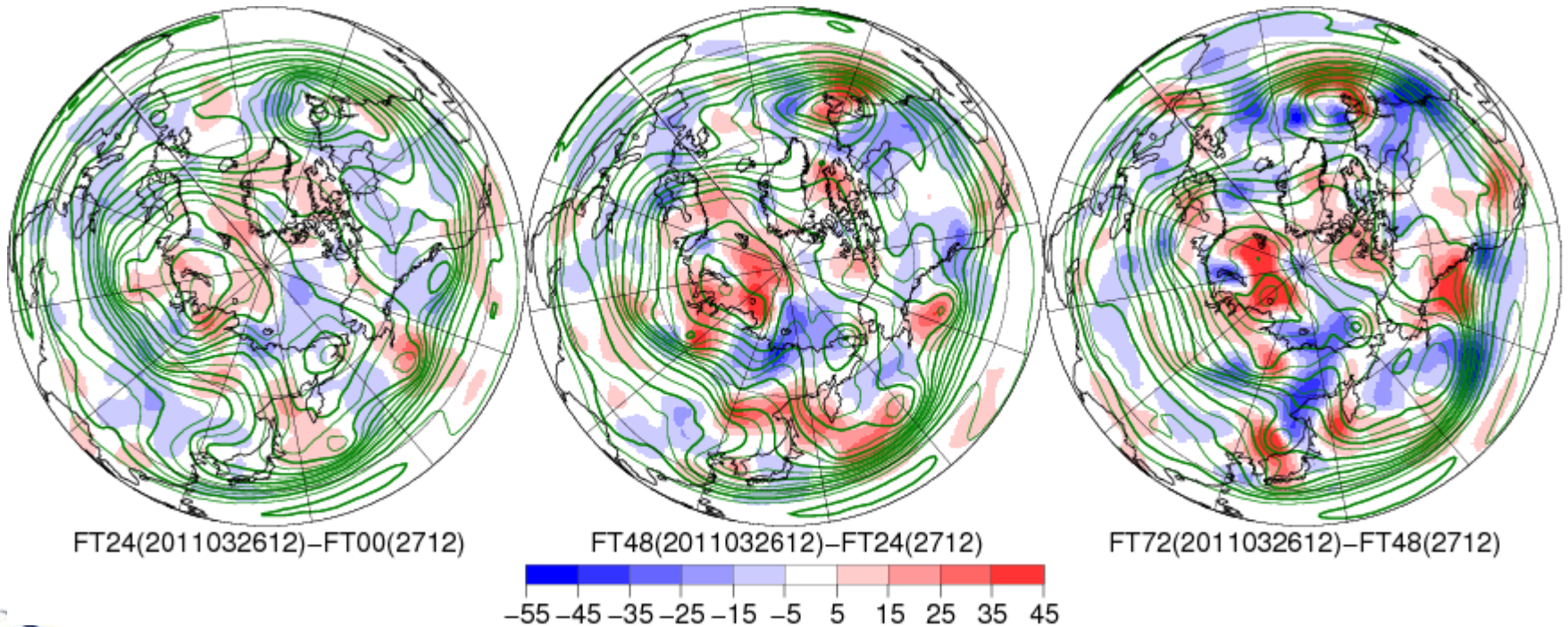
数値予報
今回初期値からの予報値



データ同化：
第一推定値（その時点で得られる最も確からしい場）を様々な観測で修正して実施。
この際、数値予報モデルの拘束条件等を考慮
ありえない値は同化しない、等

予報の初期値敏感性

- 同じ数値予報モデル、僅かに異なる初期値から予報をはじめても誤差は大きく成長
 - 異なる予報結果に
 - 2011年3月27日12UTCと前日（26日12UTC）の500hPa高度予報の、同じ予報対象時刻における差



気象庁の数値予報モデル (決定論的予報のみ)



GSM: Global Spectral Model (全球モデル)

短期・週間予報支援

TL959 (0.1875度 (約20km)) / 60層 (モデルトップ0.1hPa)

84時間予報 (00, 06, 18UTC初期値)

216時間予報 (12UTC)



MSM: MesoScale Model (メソモデル)

防災気象情報支援

5km (3600x2880km) / 50層 (モデルトップ22km)

15時間予報 (00,06,12,18UTC初期値)

33時間予報 (03,09,15,21UTC初期値)



LFM: Local Forecast Model (局地モデル)

飛行場予報支援、防災気象情報支援

2km (暫定: 1600x1100km) / 60層 (モデルトップ21km)

9時間予報 (00,03,06,09,12,15,18,21UTC)

【領域は暫定】

【試験運用中】

気象庁のデータ同化システム



GA: Global Analysis (全球解析、4D-Var)

水平解像度: アウターモデル: TL959/インナーモデル: T159 (TL319に近く変更)

データ入電打ち切り時間

速報解析: +2時間20分

サイクル解析: +11時間35分(00,12), 5時間35分(06,18)

同化ウィンドウ: -3時間~+3時間



MA: Mesoscale Analysis (メソ解析、4D-Var)

水平解像度: アウターモデル: 5km/インナーモデル: 15km

データ入電打ち切り時間: +50分.

同化ウィンドウ: -3時間~解析時刻



LA: Local Analysis (局地解析、3D-Var RUC)

水平解像度: 5km

データ入電打ち切り時間: +30分.

同化ウィンドウ: -30分~+30分

【領域は暫定】

【試験運用中】

目次

数値予報とは

全球モデルにおける観測データ利用

観測データの品質管理

Google Earthを利用した可視化

APIを用いたデータ連携

数値予報で利用している観測 - 多種多様



静止軌道衛星



直接観測

- 利点: **高品質**のデータが得られる
- 欠点: **時間・空間分解能が限られる**

遠隔観測 (地上設置型)

- 利点: **時間分解能が高い**
- 欠点: 必要な物理量への変換に工夫が必要

遠隔観測 (衛星観測)

- 利点: **時間・空間分解能が高い**
- 欠点: 地上設置型の欠点に加え、
 - **データの入電に時間がかかる**
 - **衛星には寿命がある**

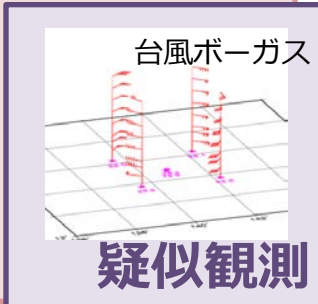
(同じ観測が続く保証はない)

疑似観測

人による解析結果を疑似的な観測データとして利用 (台風ボーガス)

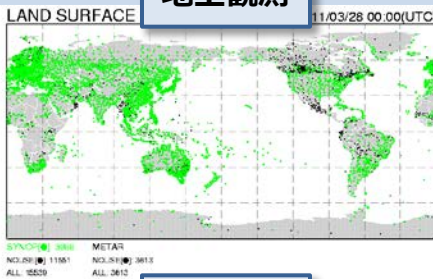


低軌道衛星

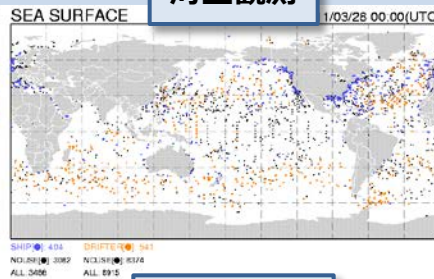


観測データ分布 (全球サイクル解析)

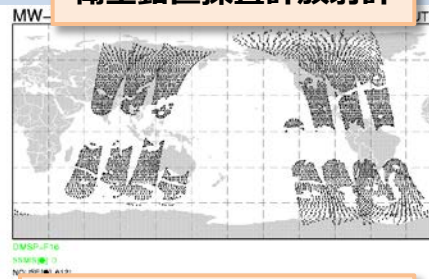
地上観測



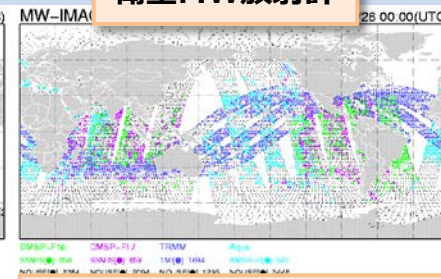
海上観測



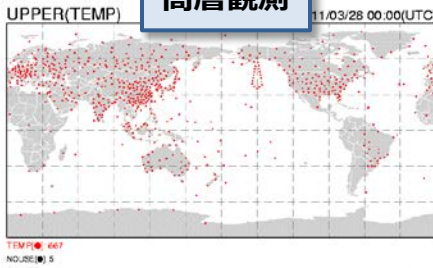
衛星鉛直探査計放射計



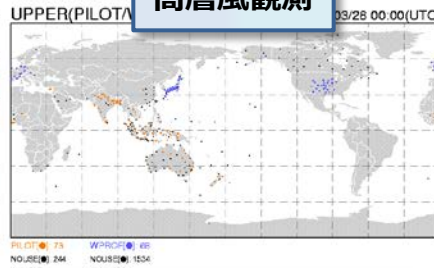
衛星MW放射計



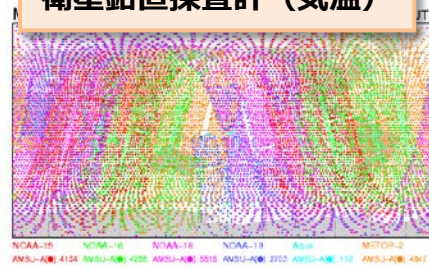
高層観測



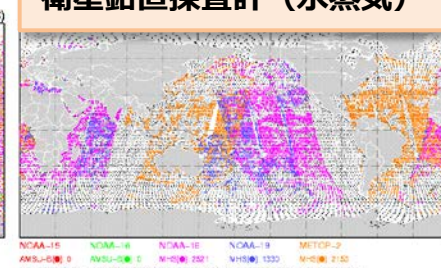
高層風観測



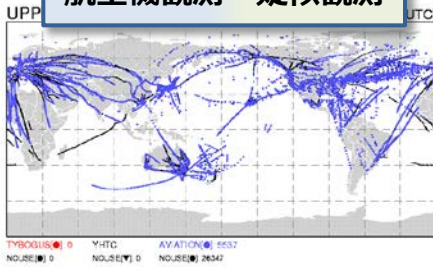
衛星鉛直探査計 (気温)



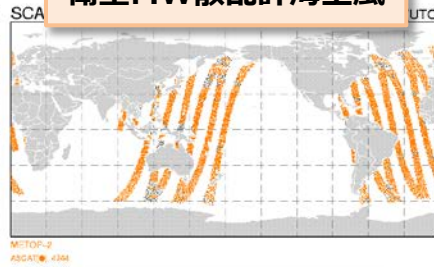
衛星鉛直探査計 (水蒸気)



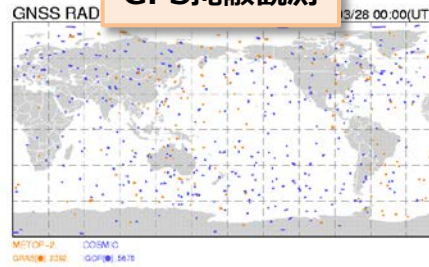
航空機観測・疑似観測



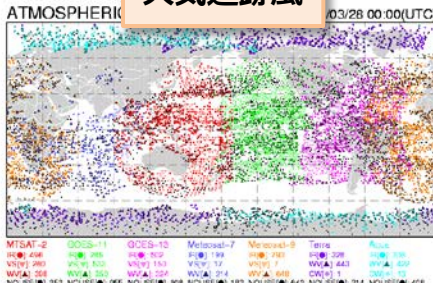
衛星MW散乱計海上風



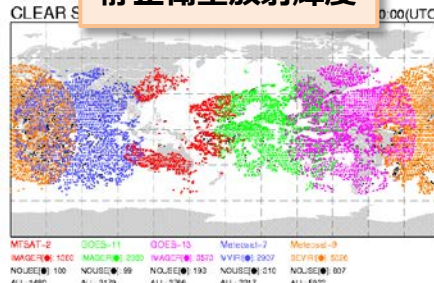
GPS掩蔽観測



大気追跡風



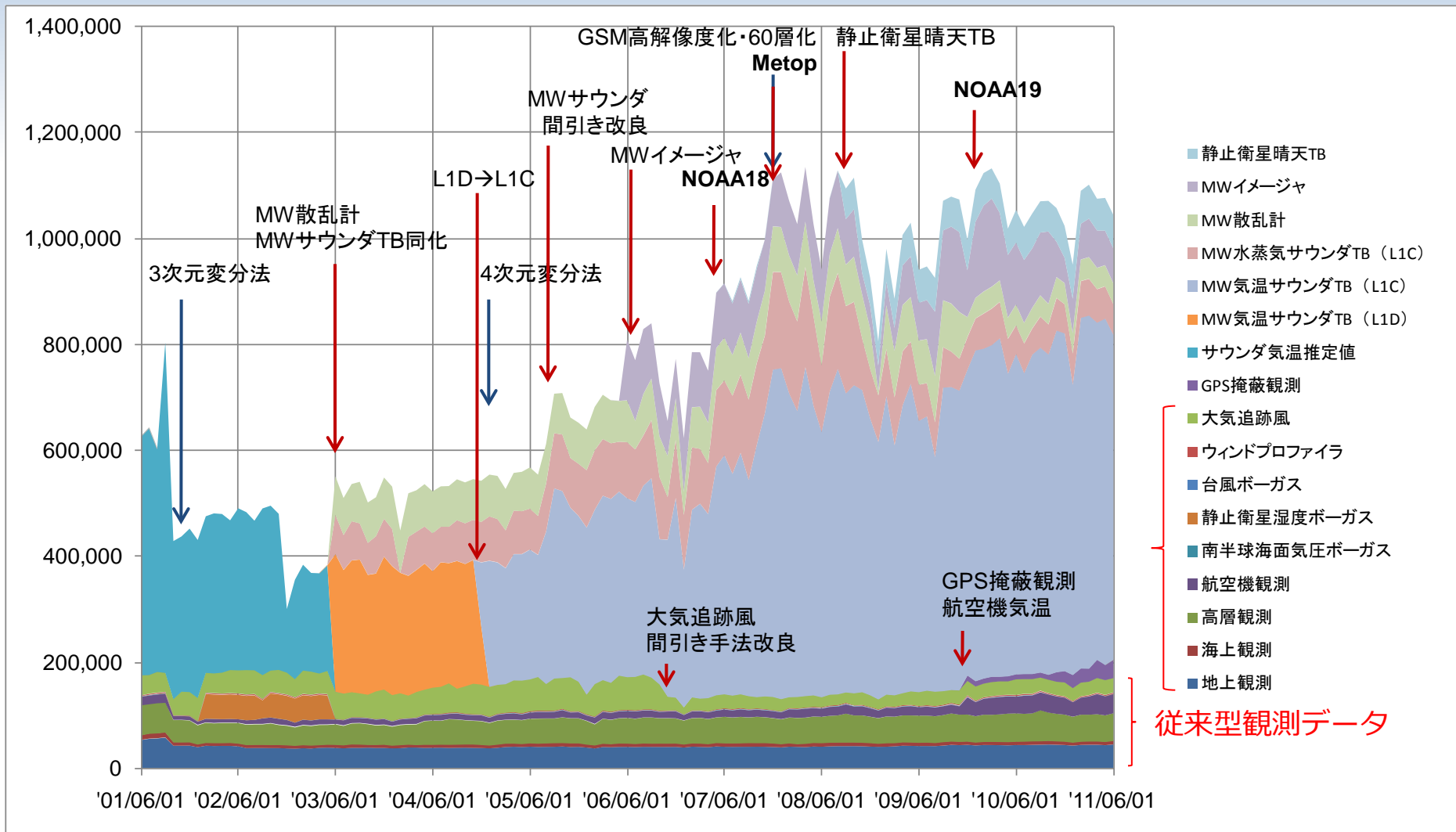
静止衛星放射輝度



衛星データ

非衛星データ

全球解析における利用観測データ数の推移



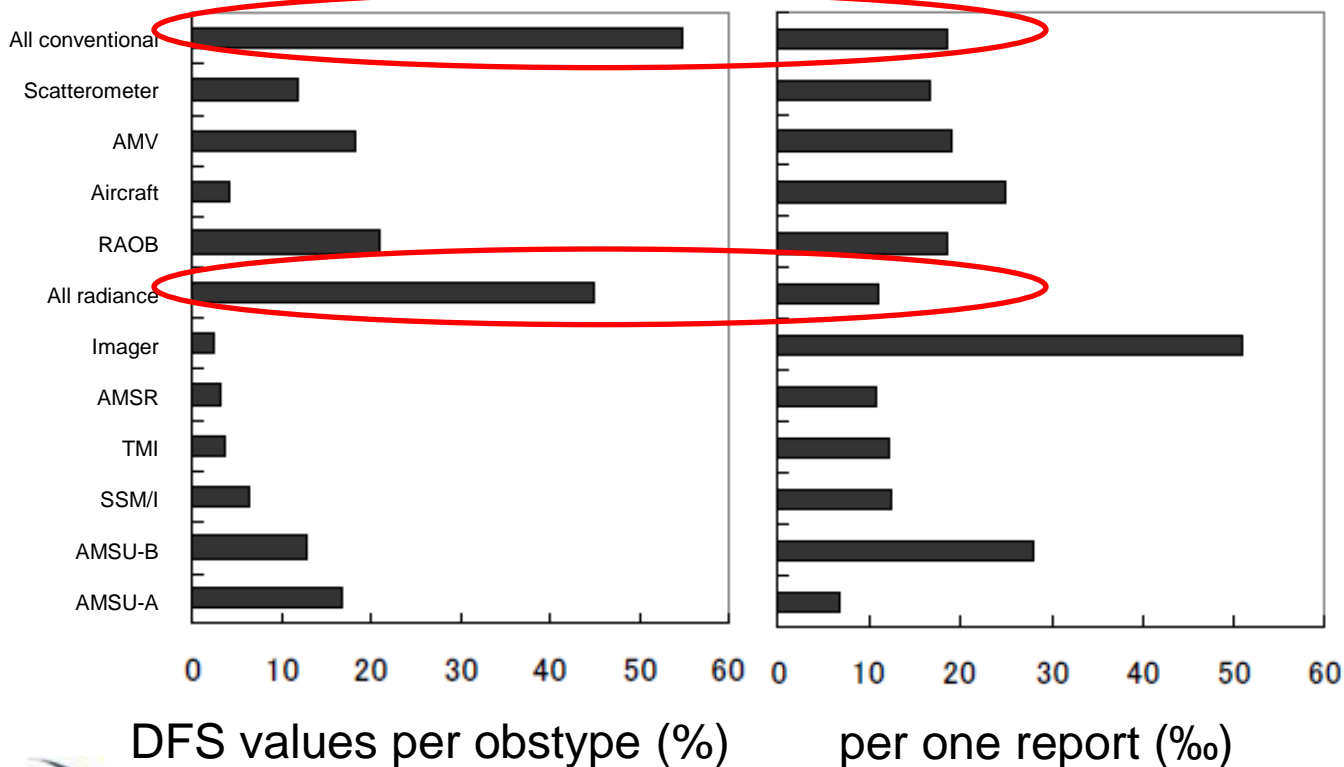
※MW:マイクロ波、TB:輝度温度
各月1日のみ描画

観測データのインパクト (種類別)

DFS (Degrees of Freedom for Signal)

Best Linear Unbiased Estimator (BLUE) approach ;

- Define a linear estimator
- Impose the condition to be unbiased



従来型データ (All conventional)
衛星データ (All radiance)

従来型データの観測数は少ないが、
観測一つ一つの影響は大きい

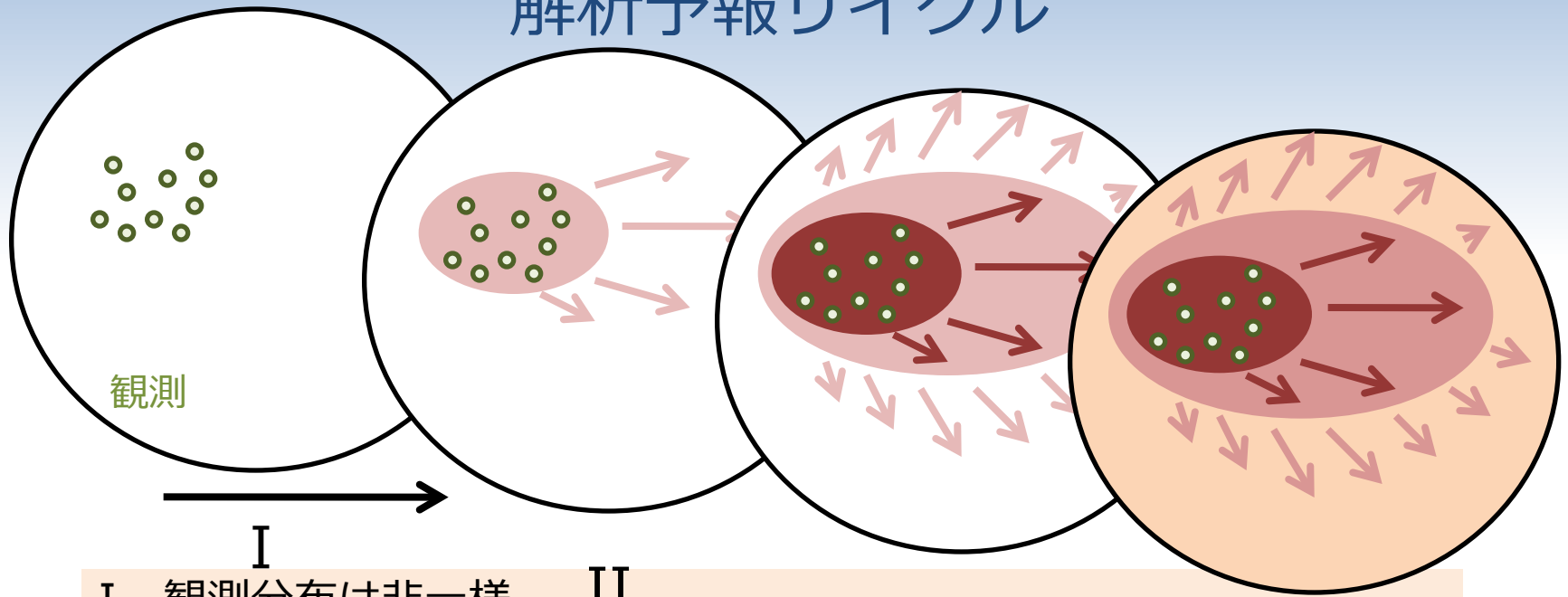
従来型:

1つの機器で観測できる数は少ない
⇒ 品質のチェックが膨大
(ほぼ観測数と同じ数のチェック)
個別の品質管理の徹底が重要

衛星:

1つの機器で観測できる数は膨大
⇒ 品質のチェックは容易
(同一センサーのバイアス補正)
高精度な状態を保ちやすい

解析予報サイクル



- I. 観測分布は非一様
- II. データ同化により、観測周りの大気状態はより良い精度で解析される。予報によって、良い精度の大気状態の範囲は拡大する。
- III. 次のデータ同化により、観測周りの大気状態はさらに良い精度で解析される。次の予報によって、より良い精度の大気状態の範囲はさらに拡大する。
- IV. これを繰り返すことによって、観測データの無いもしくは不十分な地域でも、ある一定の精度で大気状態が解析されることになる。

低品質の観測データが同化されると、悪い影響も長く残る

目次

数値予報とは

気象庁全球モデルにおけるデータ利用

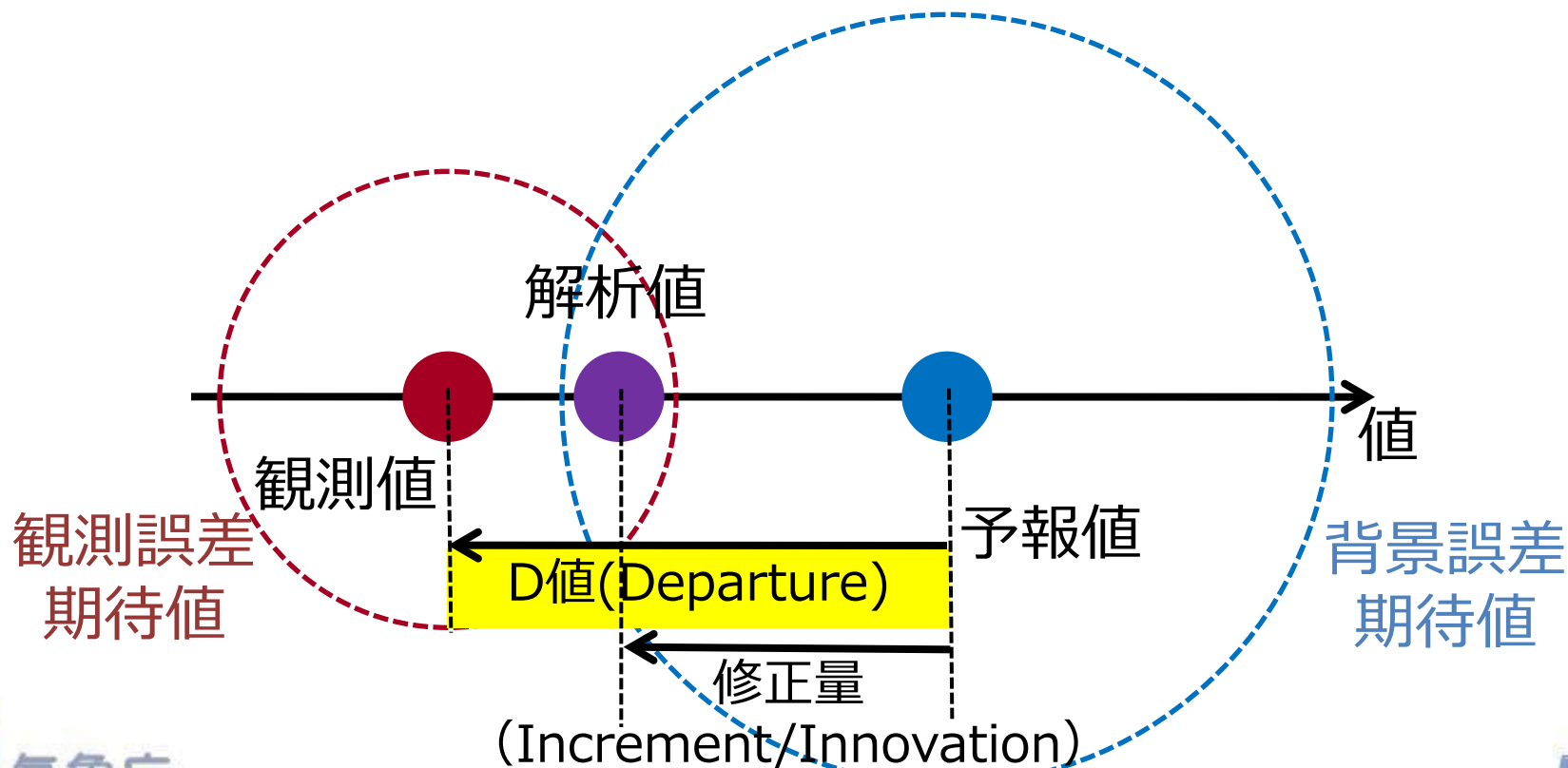
観測データの品質管理

Google Earthを利用した可視化

APIを用いたデータ連携

修正量の決定（誤差情報の利用）

- 予報値（背景値）には誤差がある
- 観測値にも誤差がある
 - 統計情報から誤差の期待値は得られる
 - それらを基に最も正しそうな値を得る ⇒ 解析値

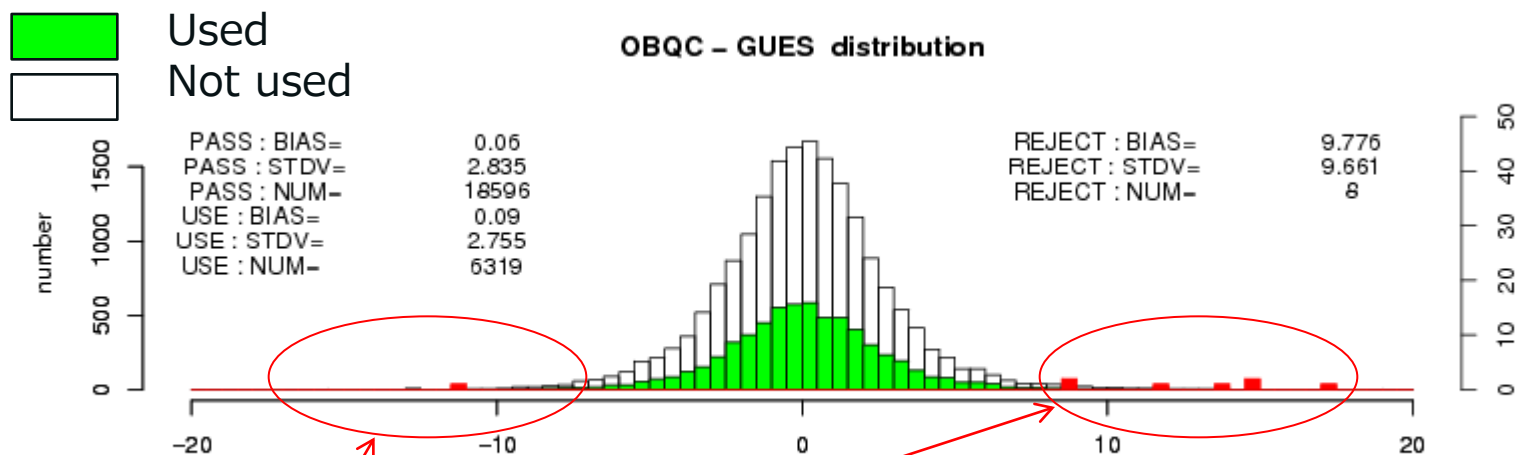


品質管理の概念

Observational data includes **false report** or **deviating from a background**.

誤データ

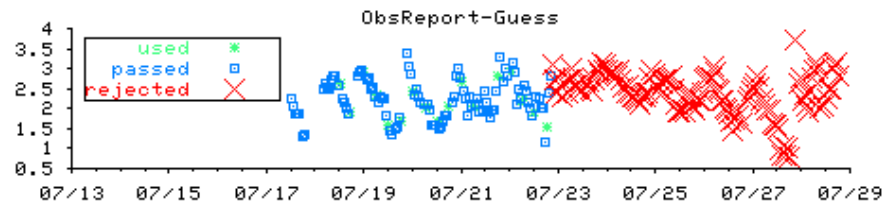
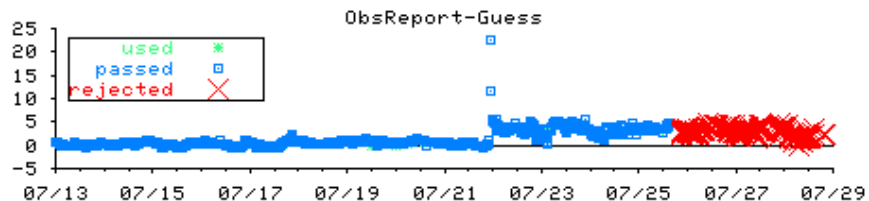
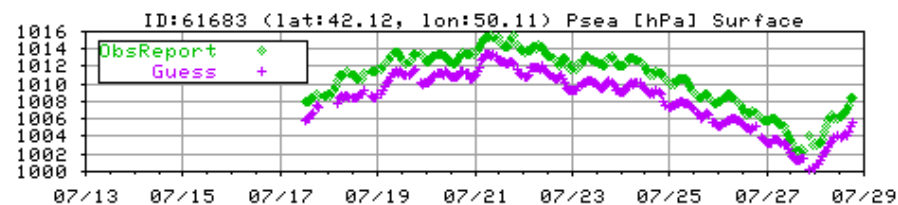
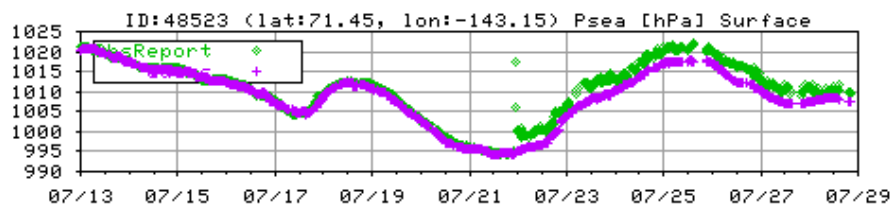
モデルとの乖離が大きなデータ



2009/10/01-10 Wind Profiler の
900~800hPa 高度東西風のD値ヒストグラム

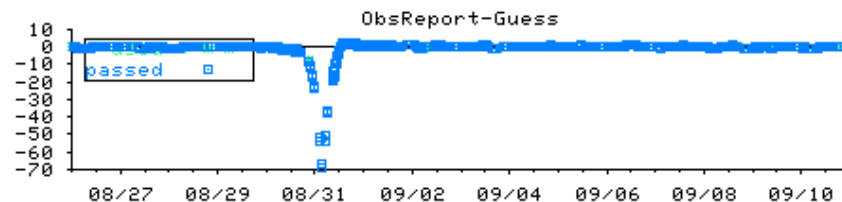
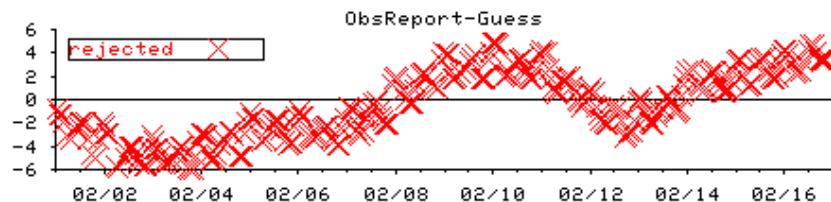
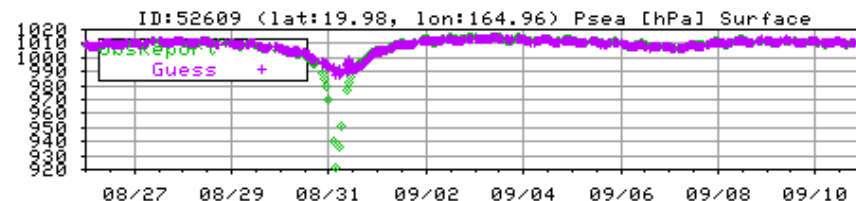
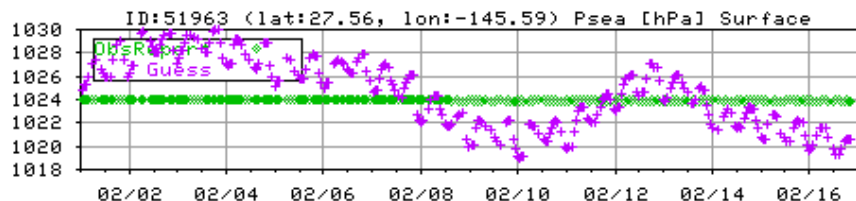
これらのデータを取り除く処理 = 品質管理

時系列による選別 (浮遊ブイ観測)



突然バイアスが大きくなった例

常に一定のバイアスがある例

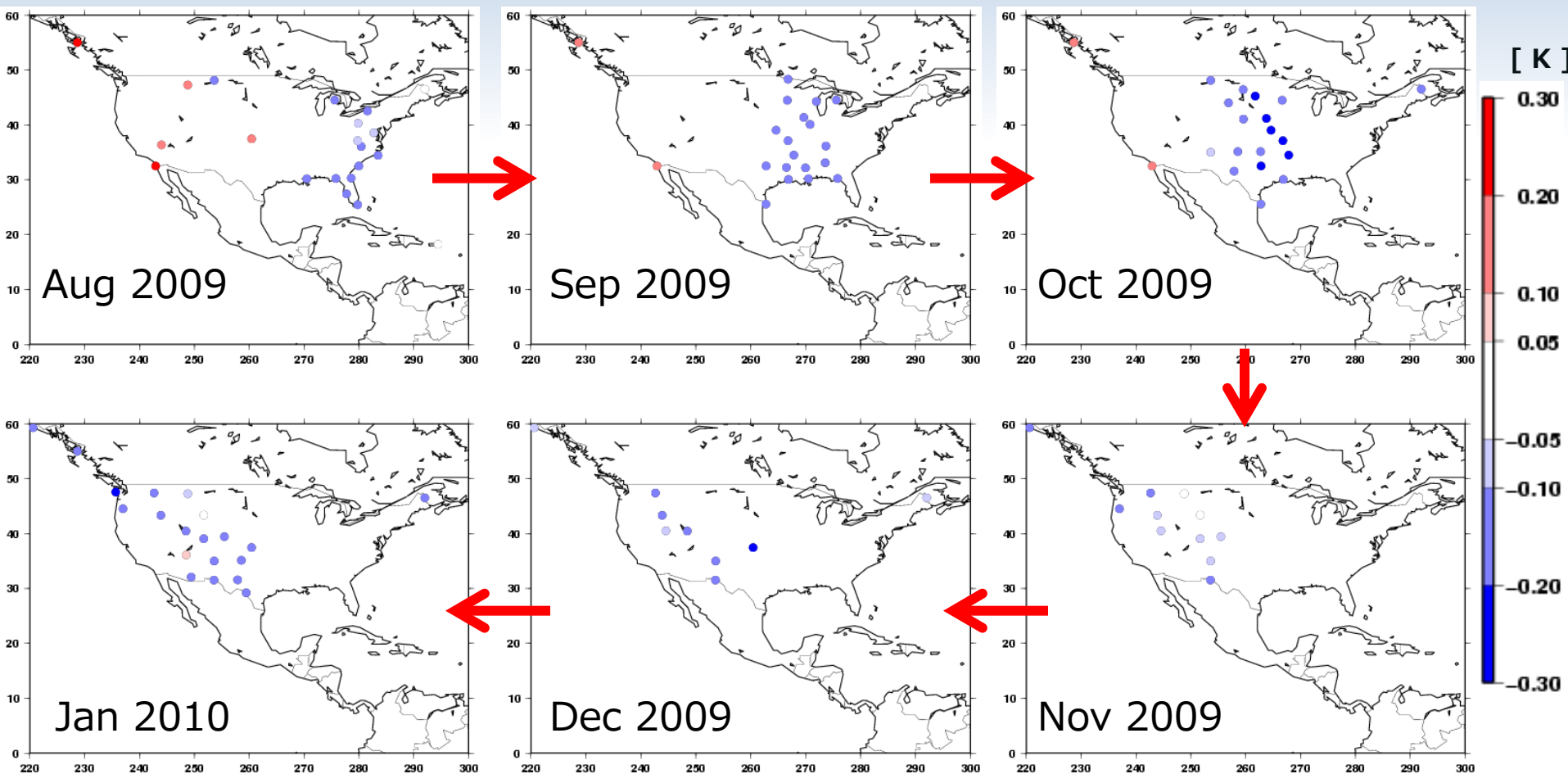


常に一定の観測値を報じる例 (故障)

台風中心が通過した例 (異常ではない)

D値平均による選別（高層観測）

高層観測は通常1日に1～2回観測。浮遊ブイの様には時系列での判断は難しい。



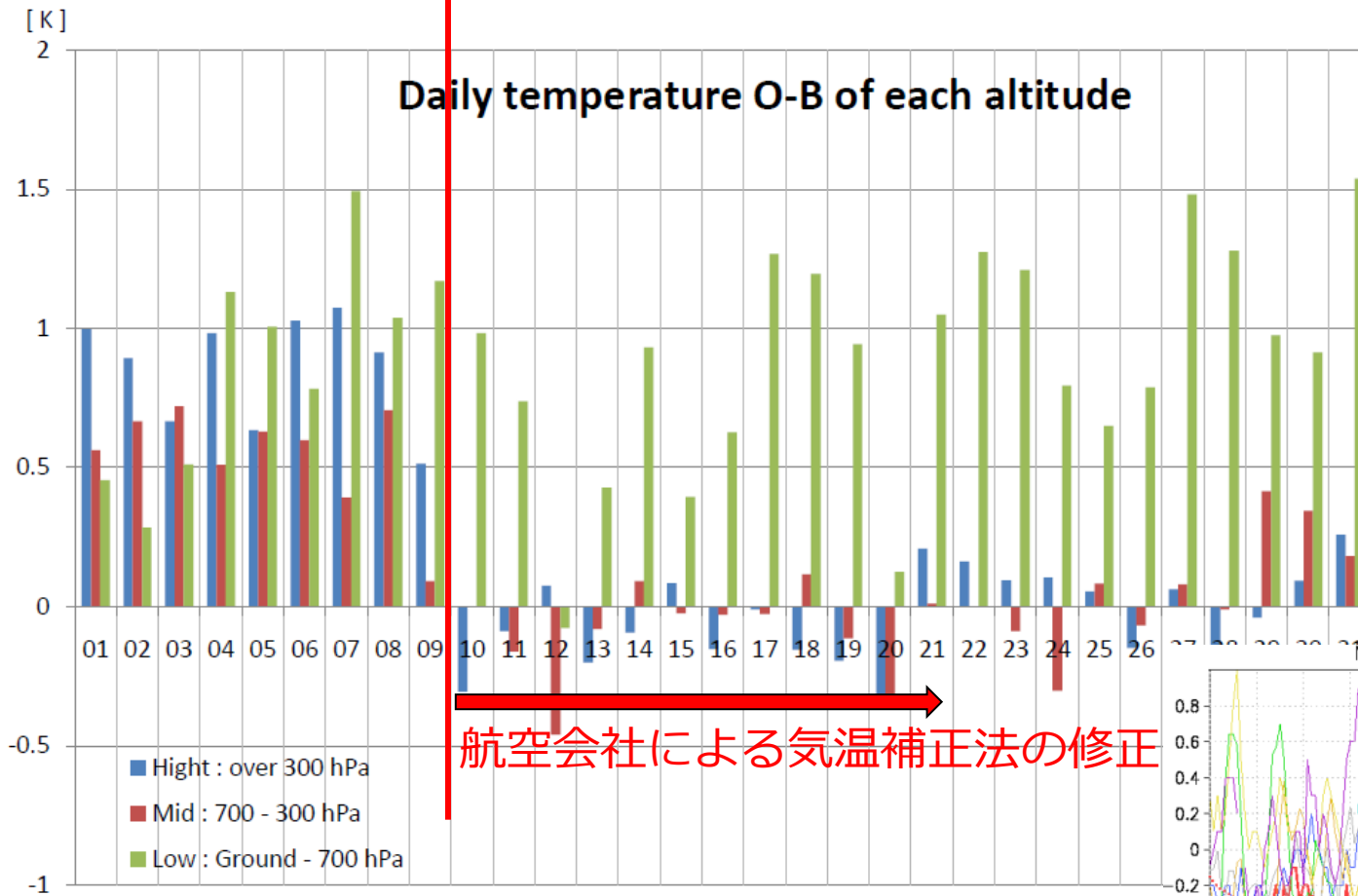
2009/08～2010/01における200hPa気温のD値月別平均の推移。

負バイアス（観測が低温）領域が西進している。

⇒ 太陽日射の影響を除去しきれていないのだろう

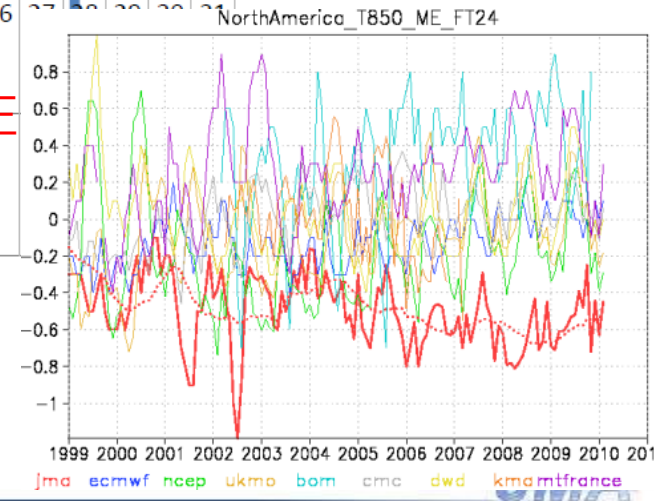
鉛直に層別化して選別（航空機観測）

離着陸時、巡航時など同一センサーで各高度を観測。



サウスウェスト航空（SWA,USA）による気温補正が
2010/03/10に実施された。所有する86機の通報が対象。

中・高層は改善、下層は大きな変化なし。
⇒ モデル下層にバイアスがあるため



データ種類に応じたチェック

- 観測データの種類は様々
 - SYNOP（地上観測）、SHIP（船舶観測）、BUOY（ブイ観測）、TEMP（高層観測）、AMDAR（航空機観測）など
- それぞれ観測している要素が違う
 - 気圧、気温、風、湿度など
- 観測の条件も違う
 - 測器メーカー、要素の算出法、観測時刻（太陽に当たるかどうか）など

SYNOP：観測密度が地域により異なる。測器の違いは小さい。・・・

SHIP/BUOY：位置の誤通報が多い。測器の故障が多い。・・・

TEMP:測器の違い（国別）が大きい。日射の影響が大きい。・・・

AMDAR:測器の違い（会社別）が大きい。位置の誤通報が多い。・・・



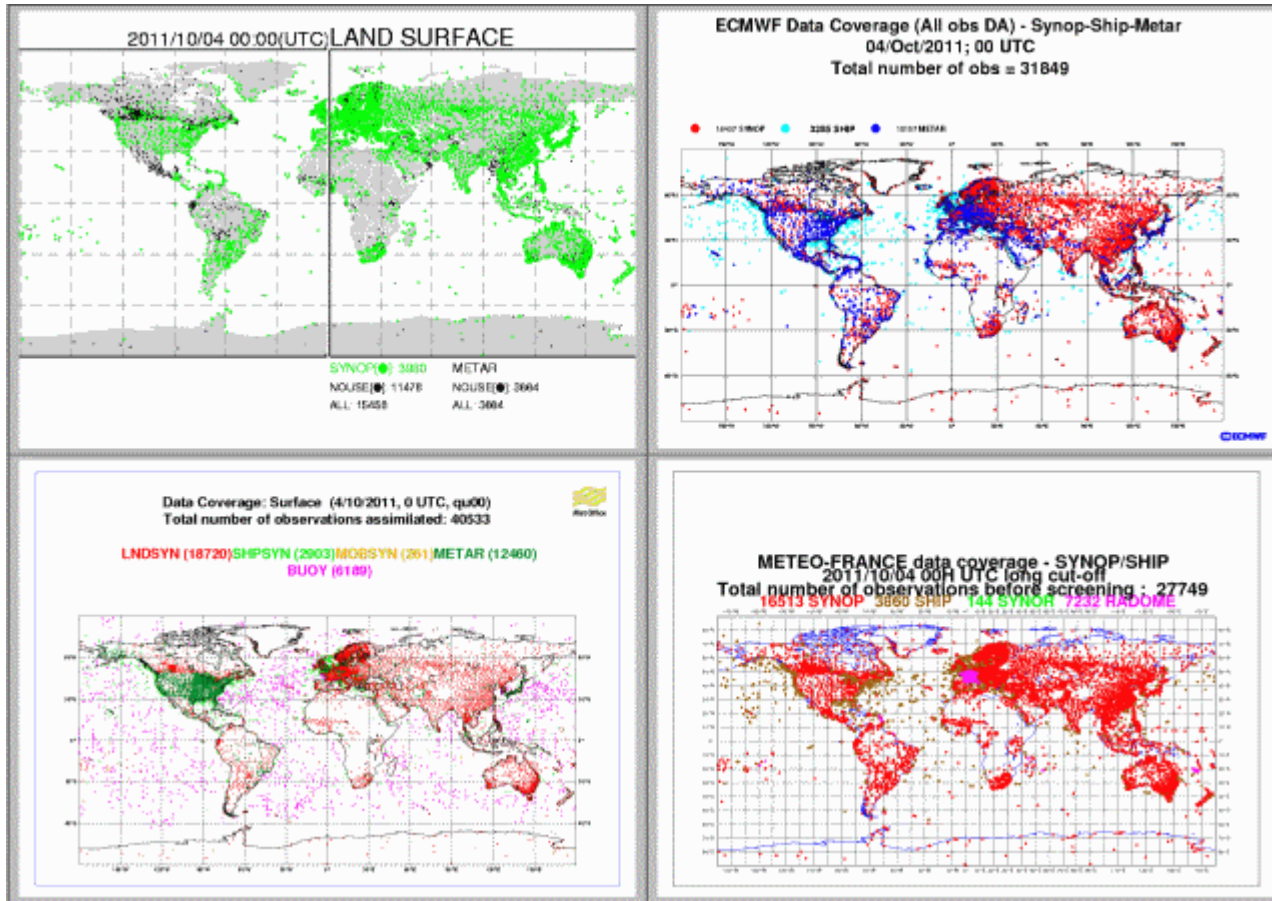
同一の評価法（D値の時系列で判断する、など）では無理

データカバレッジの比較

海外数値予報センターのデータ分布と比較

データの入電状況のチェック+新規データの探索

研究目的の特別観測プロジェクトが盛んに行われているが、すべてを把握するのは困難



目次

数値予報とは
気象庁全球モデルにおけるデータ利用
観測データの品質管理
Google Earthを利用した可視化
APIを用いたデモ

KML と Google Earth

- KML (Keyhole Markup Language) とは
 - 三次元地理情報を管理するために開発されたXMLベースのマークアップ言語。
 - 各地点は経緯度情報を持ち、高度など、より詳細なデータの記述も可能。
- Google Earth
 - Google社が無料で配布しているバーチャル地球儀ソフト。
 - KMLやKMZ (ZIP圧縮されたKML) が表示できる。



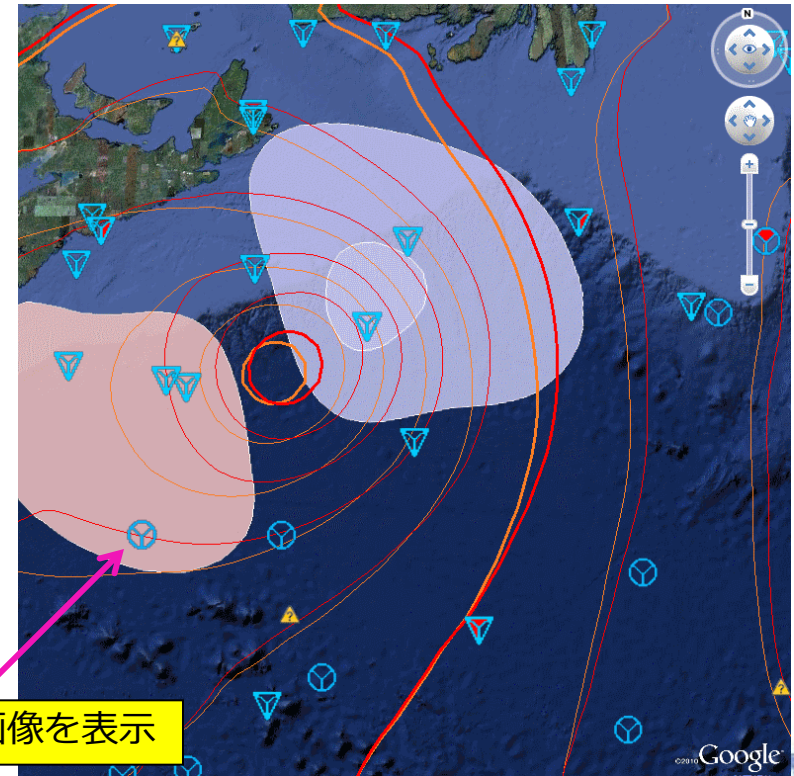
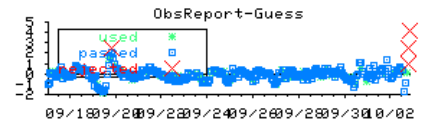
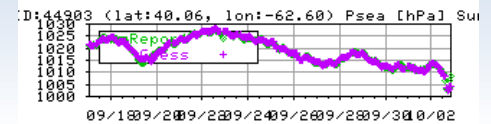
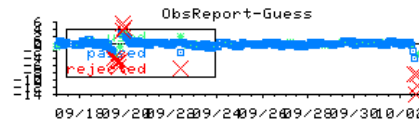
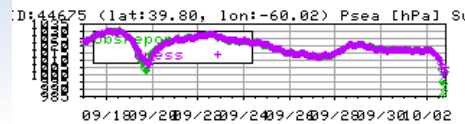
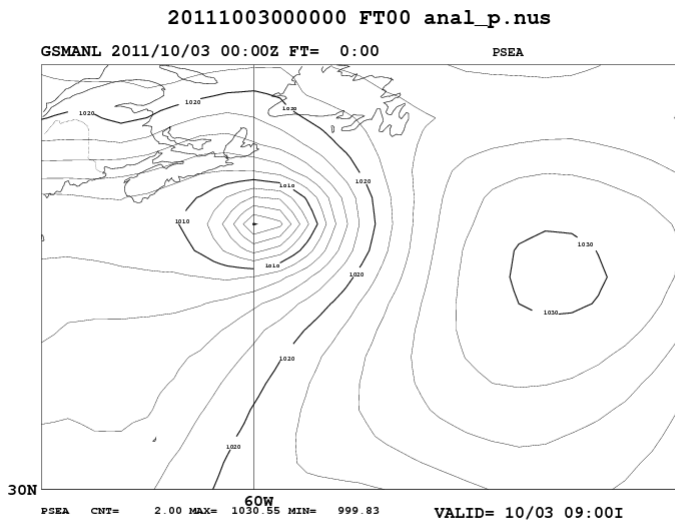
複数の観測データやモデルの値（背景場）などを併せて表示することで、品質管理の作業を容易にする。

「作図しない」ことがメリット。

⇒ 図にしてしまうと様々な制約

(作図に時間がかかる、極域が歪む、など)

たとえば・・・2011/10/03_00UTCの例 北大西洋の低気圧



橙線：海面気圧（前回モデルの予報値）

+

青三角：SHIP観測、青丸：BUOY観測

↓

赤線：海面気圧解析値

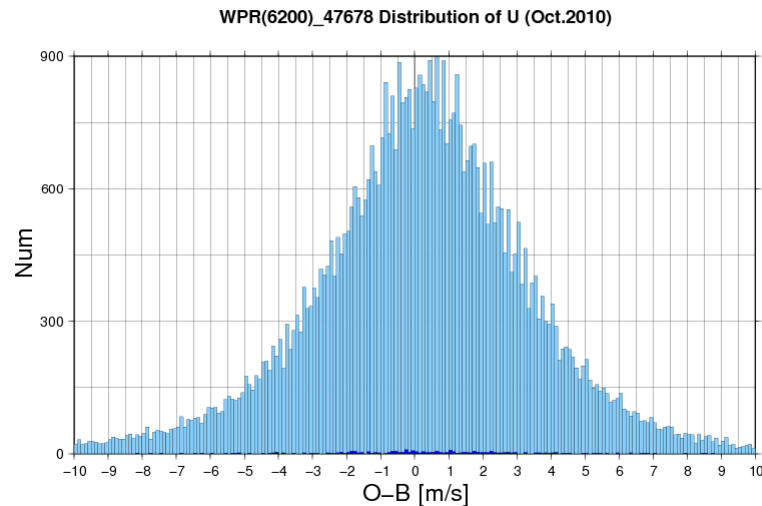
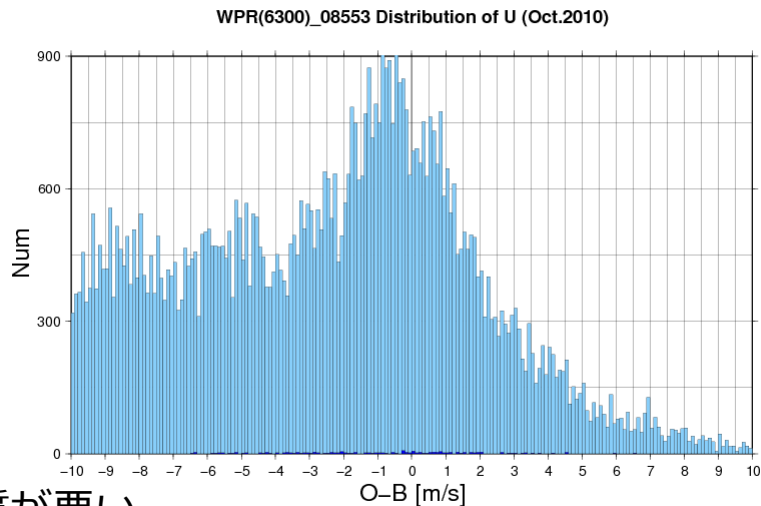
(塗りつぶし領域：前回モデルからの修正量)

各観測点をクリックすることで、時系列画像を表示

Google Earth 利用のメリット？

ヨーロッパWPR_08553 の
東西風D値ヒストグラム

日本WPR_47678 (八丈島) の
東西風D値ヒストグラム



品質が悪い

⇒ そもそもWPRデータではなく、ドップラーレーダーのVAD (Velocity Azimuth Display) 風が同じ電文ヘッダーで流れていたことが判明。画像を見てはじめて気がついた・・・



KMLの作成

- XMLベースのテキスト形式で記述
- 最低限必要な情報は、地点の緯経度

以下はオプション

- アイコンの種類や向きを変更できる
 - 観測の種類や観測のD値に応じたアイコンを設定
 - 風データなどは風向を視覚的に表示
- ポリゴン表示や画像張付けができる
 - 解析値や予報値のGPV表示
 - 場所を指定して任意の画像を貼り付け
- 地点ごとに詳細情報を追加できる
 - タグ情報を追加することで自由に拡張できる
 - HTMLでの記述が可能なので、別に作成しておいた画像やページなどへリンクさせたり・・・

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
<Document>
  <Placemark>
    <Point>
      <coordinates>
        135.221432,34.654418,0
      </coordinates>
    </Point>
  </Placemark>
</Document>
</kml>
```

<Placemark>が地点の単位
この下に<description>タグを追加することで、その地点に関する任意の情報を
書き込むことができる。

KML作成に技術的な問題はない。

【どのような情報が知りたくて、どのように情報を表示させるか】が重要。

目次

- 数値予報とは
- 気象庁全球モデルにおけるデータ利用
- 観測データの品質管理
- Google Earthを利用した可視化

APIを用いたデモ

Google Earth と Google Earth API

Google Earth API : Google Earthをブラウザ表示できるAPI

- API使用のメリット
 - Google Earthとほぼ同等の操作性
 - 他のWebコンテンツと連携しやすい
- API使用のデメリット
 - Windowsマシン以外は未対応
 - XSS対策 (<script>, <object>, <iframe>タグ等は禁止)
 - イン트라ネットでの使用はライセンスが必要
 - ローカルファイルが読めない (KMLはサーバ上)
 - * 開発用にローカルサーバ用APIも公開している

APIを使ったデモ <http://localhost/>

おわり

ご清聴ありがとうございました。