

# 全球解析(速報・サイクル)とメソ解析

- 予報精度を高めるためにはなるべく多くの観測データを利用すべきであるが、予報プロダクトの提供が遅くなると情報価値が失われる → サイクル解析と速報解析の必要性
- 用途に応じて決められた時間までに入電したデータだけを利用
  - 全球速報解析、メソ解析
    - 直近の全球予報、メソモデルで利用する初期値を作成
    - データ待ち時間は短い: 全球 2時間20分、メソ 50分
  - 全球サイクル解析
    - できる限りデータの到着を待ち、改めて解析をやり直す。
    - 次回の全球解析における初期値のたたき台(第一推定値)を作成
    - データ待ち時間は速報解析より長い: 11時間35分 (00, 12 UTC)、5時間35分 (06, 18 UTC)

# 解析・予報サイクルスケジュール

Ma:メソ解析

Ea:全球(速報)解析

Da:全球(サイクル)解析

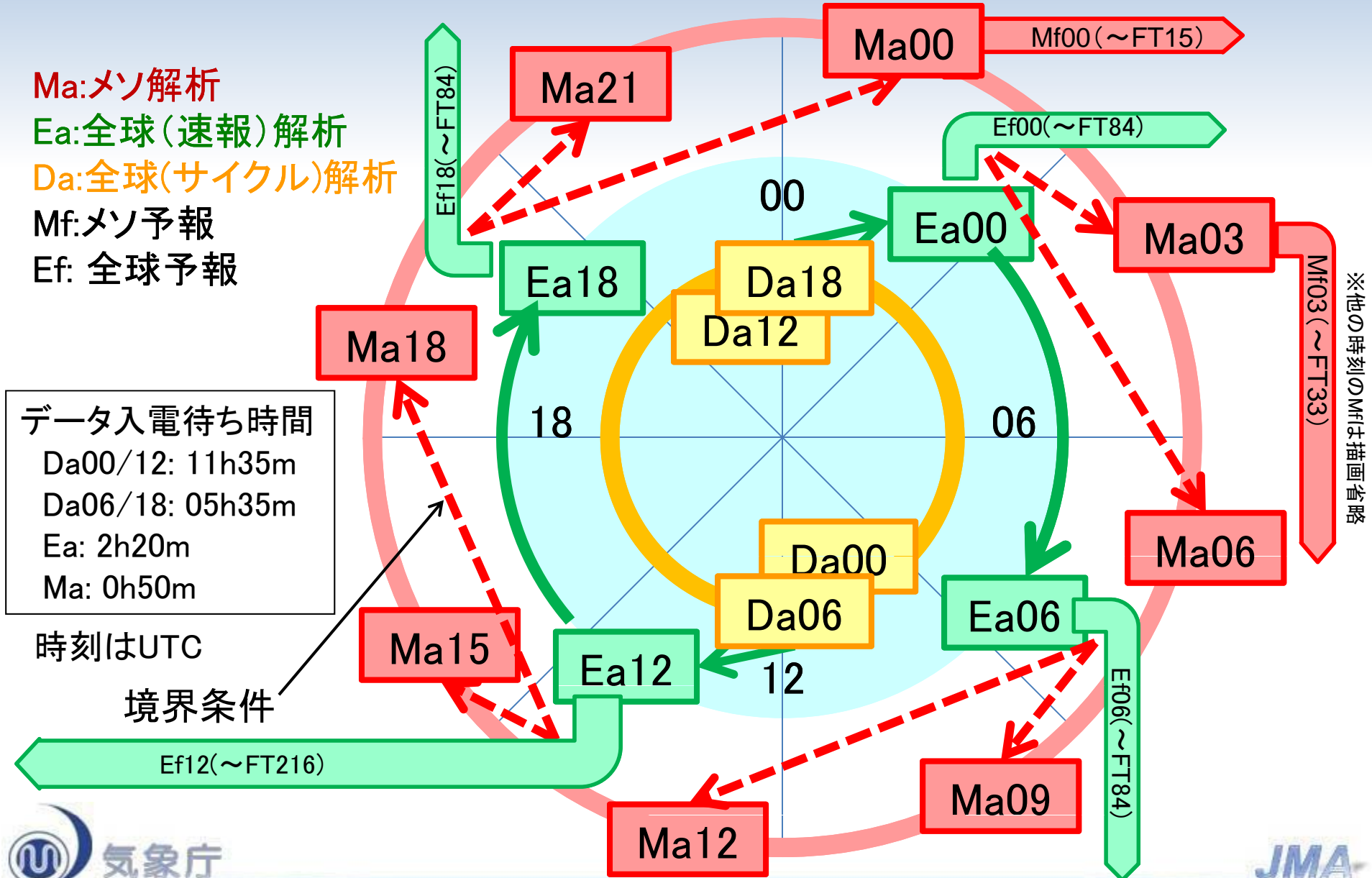
Mf:メソ予報

Ef: 全球予報

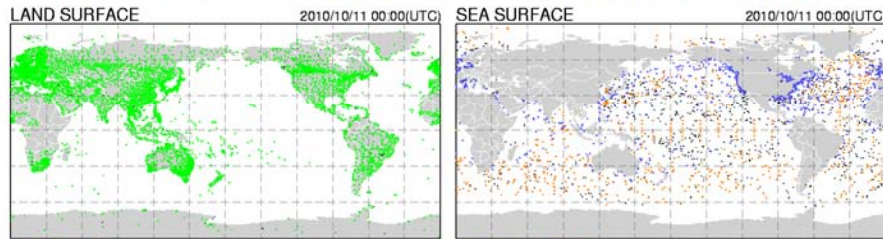
データ入電待ち時間  
 Da00/12: 11h35m  
 Da06/18: 05h35m  
 Ea: 2h20m  
 Ma: 0h50m

時刻はUTC

境界条件

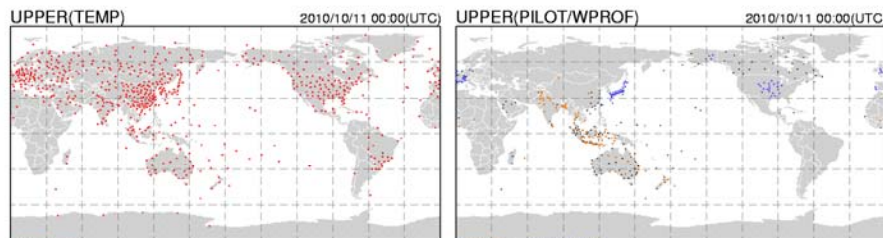


JMA GLOBAL ANALYSIS - DATA COVERAGE MAP - 1 (Ea00ps): 2010/10/11 00:00(UTC)



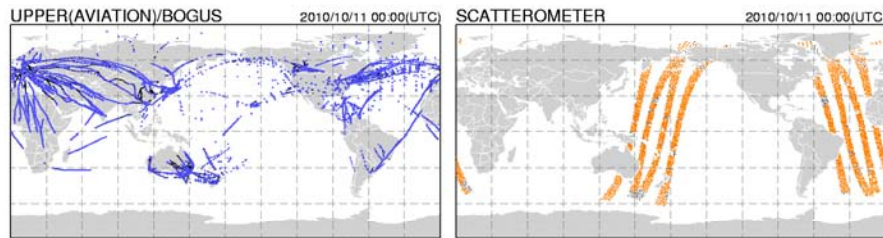
地上

海上



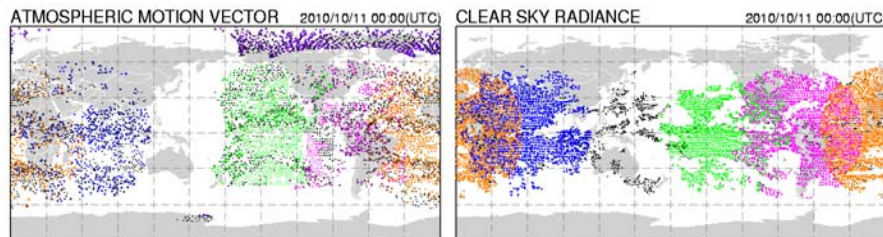
高層(TEMP)

高層(PILOT/WPROF)



航空機/ボーガス

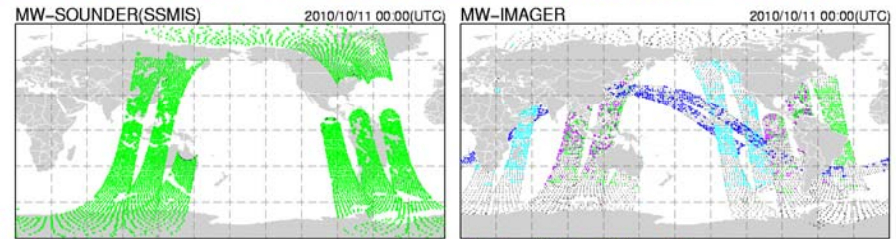
マイクロ波散乱計



AMV (静止衛星・MODIS)

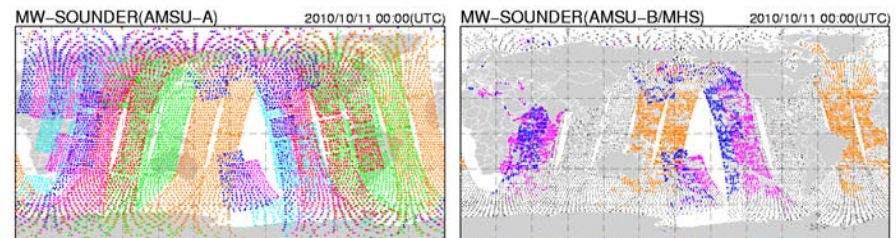
晴天輝度温度

JMA GLOBAL ANALYSIS - DATA COVERAGE MAP - 2 (Ea00ps): 2010/10/11 00:00(UTC)



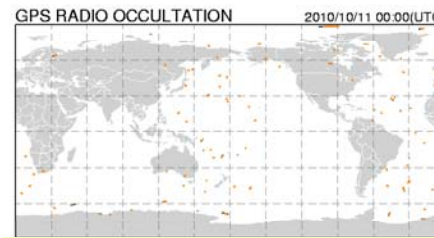
マイクロ波放射計(SSMIS)

マイクロ波放射計(イメージャ)



マイクロ波放射計(AMSU-A)

マイクロ波放射計(AMSU-B/MHS)



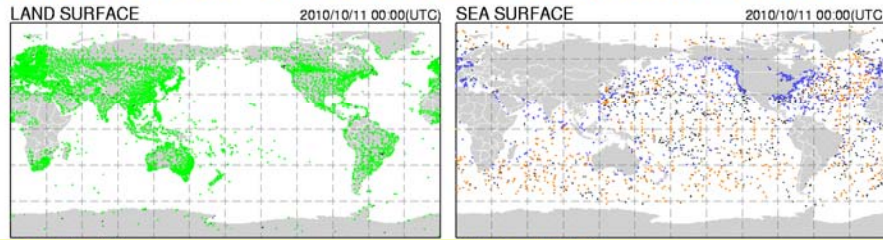
GPS掩蔽

# 全球解析(速報)で 利用されたデータ例

データ待ち時間: 2時間20分

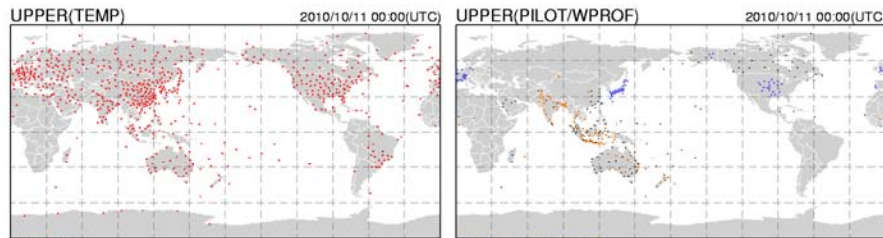


JMA GLOBAL ANALYSIS - DATA COVERAGE MAP - 1 (Da00ps): 2010/10/11 00:00(UTC)



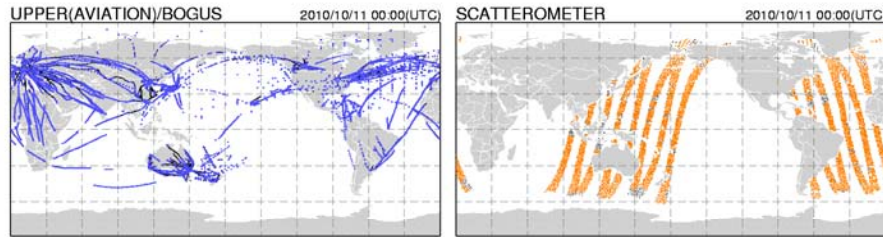
地上

海上



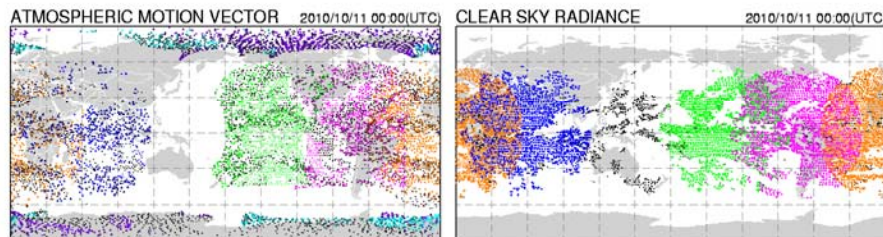
高層(TEMP)

高層(PILOT/WPR)



航空機/ボーガス

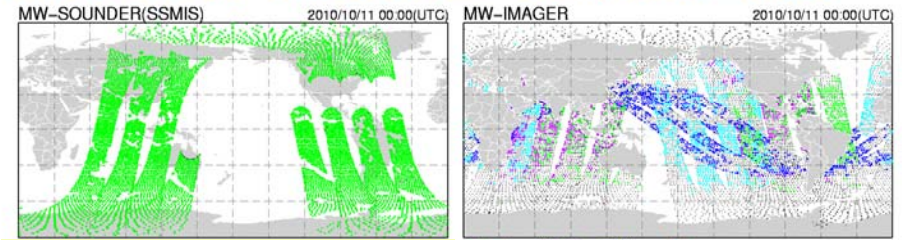
マイクロ波散乱計



AMV (静止衛星・MODIS)

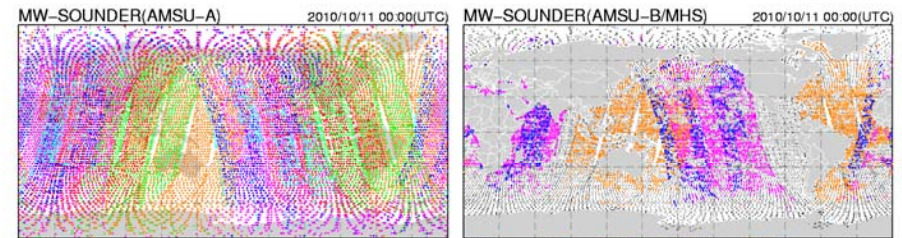
晴天輝度温度

JMA GLOBAL ANALYSIS - DATA COVERAGE MAP - 2 (Da00ps): 2010/10/11 00:00(UTC)



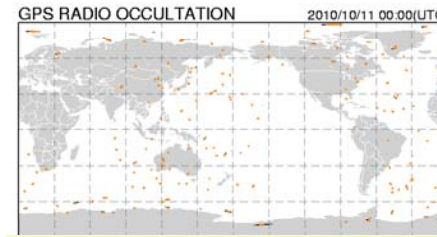
マイクロ波放射計(SSMIS)

マイクロ波放射計(イメージャ)



マイクロ波放射計(AMSU-A)

マイクロ波放射計(AMSU-B/MHS)



GPS掩蔽

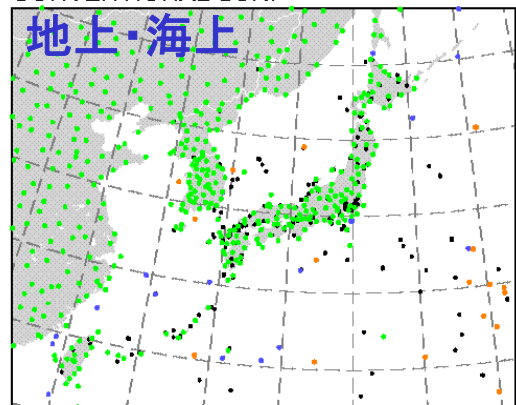
速報解析より  
データ増(特に衛星データ)

全球解析(サイクル)で  
利用されたデータ例  
データ待ち時間: 5時間35分  
(00,12のときは11時間35分)

# メソ解析で利用されたデータ例

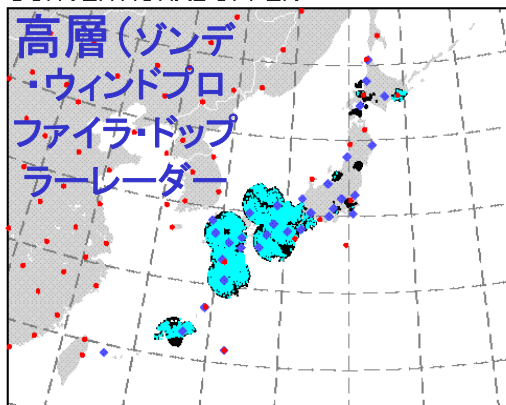
JMA MESO ANALYSIS – DATA COVERAGE MAP (Ma03ps): 2010/06/15 03:00(UTC)

CONVENTIONAL SURF



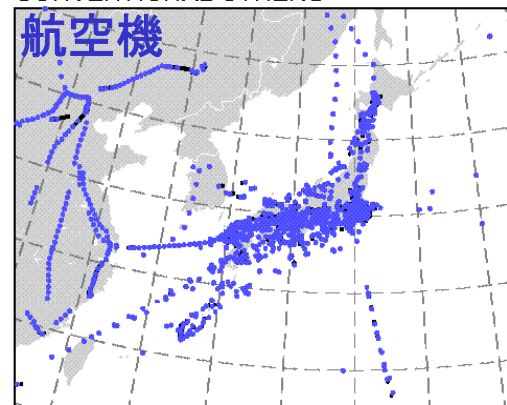
SYNOP[●]: 727 METAR NOUSE[●]: 2068 SHIP[●]: 22 DRIFTER[●]: 36  
 NOUSE[●]: 29 ALL: 756 NOUSE[●]: 8 NOUSE[●]: 153 ALL: 2068 ALL: 30 ALL: 189

CONVENTIONAL UPPER



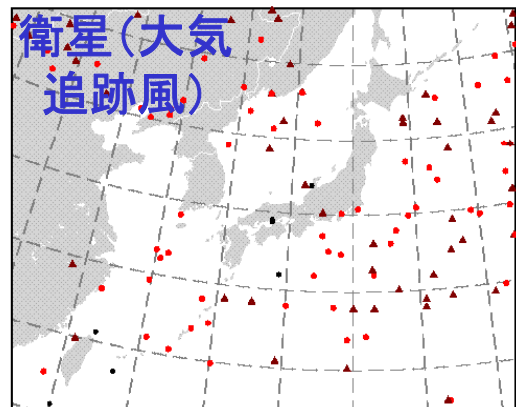
TEMP[●]: 64 PILOT[●]: 0 WPROF[●]: 96 DPR[●]: 7714  
 NOUSE[●]: 0 NOUSE[●]: 9 NOUSE[●]: 483 NOUSE[●]: 139267  
 ALL: 64 ALL: 9 ALL: 559 ALL: 146981

CONVENTIONAL OTHERS



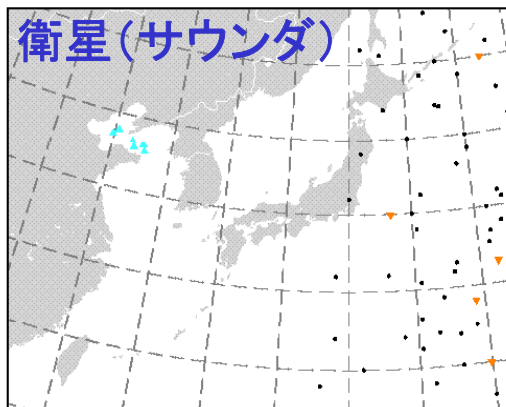
TYBOGUS[●]: 0 YHTC AVIATION[●]: 1328  
 NOUSE[●]: 0 NOUSE[▽]: 0 NOUSE[●]: 2549  
 ALL: 0 ALL: 0 ALL: 3877

AMV / SCATTEROMETER



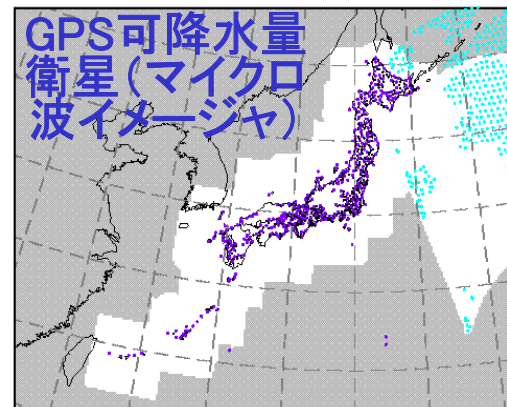
MTSAT-1  
 IR[●]: 63 VS[▽]: 0 WV[▲]: 49 NOUSE[●]: 7 ALL: 119

MW-SOUNDER



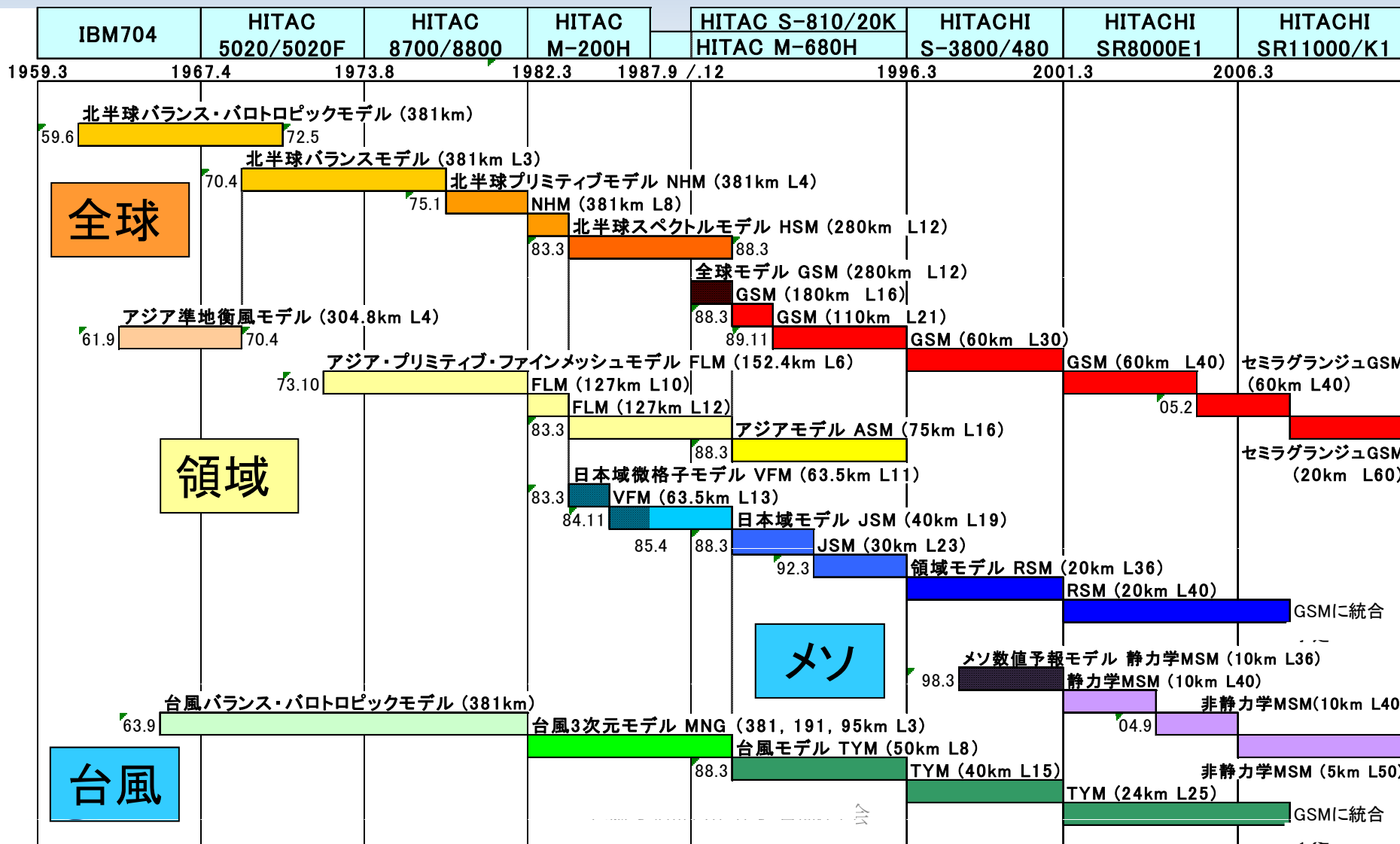
NOAA-15 NOAA-17 NOAA-18 NOAA-19 METOP-2  
 SATEM[●]: 0 SATEM[●]: 0 SATEM[●]: 0 SATEM[●]: 0  
 ATOVS[▽]: 0 ATOVS[▽]: 0 ATOVS[▽]: 0 ATOVS[▽]: 5  
 MSC[▲]: 6 MSC[▲]: 0 MSC[▲]: 0 MSC[▲]: 0  
 NOUSE[●]: 5 NOUSE[●]: 5 NOUSE[●]: 42  
 ALL: 6 ALL: 5 ALL: 47

MW-IMAGER / GPS / R/A



TRMM Aqua AMSR-E[●]: 331 NO\_RAIN GPS [●]: 762 NOUSE[●]: 1453 ALL: 2215

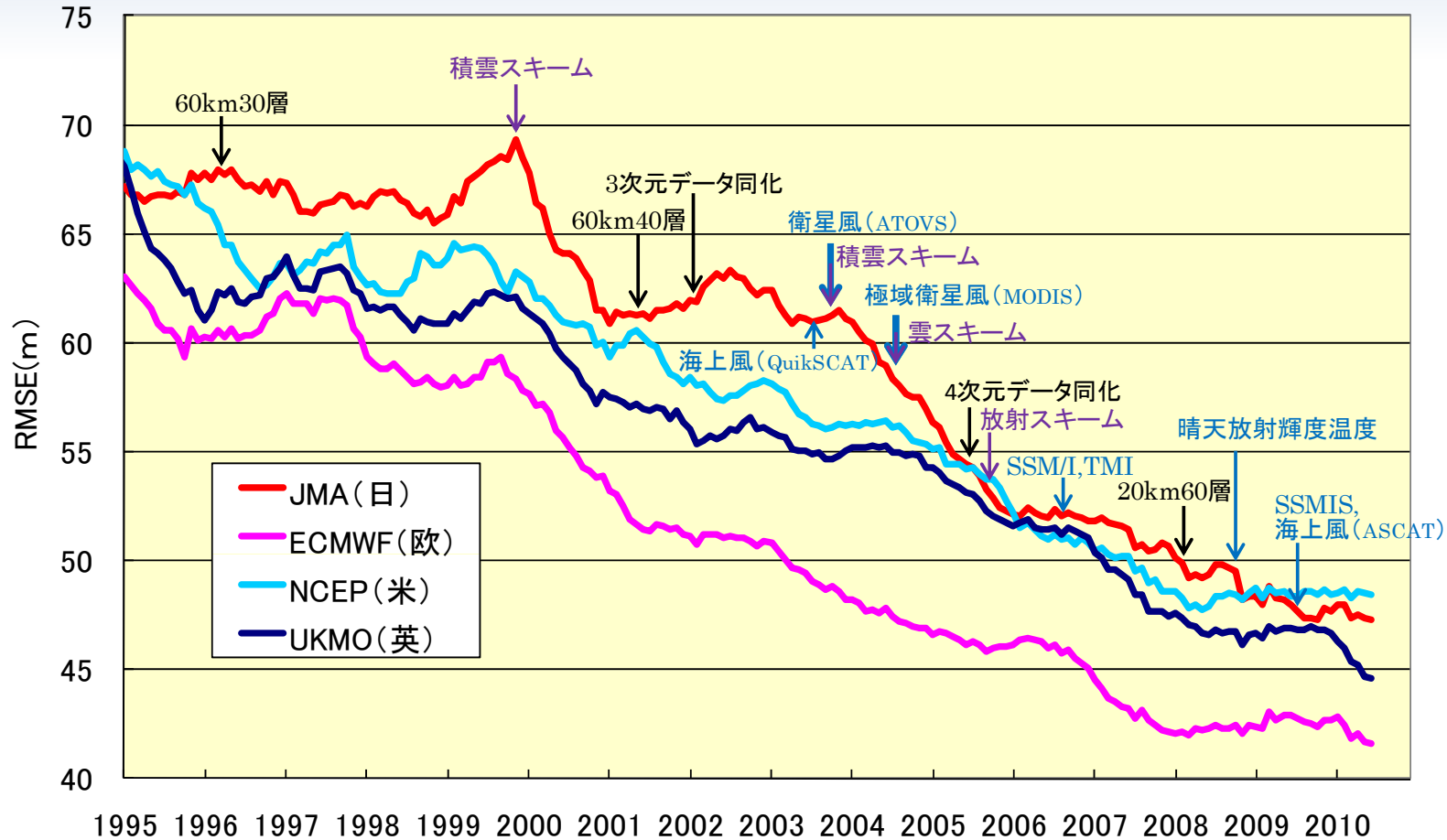
# 気象庁の歴代モデルと計算機





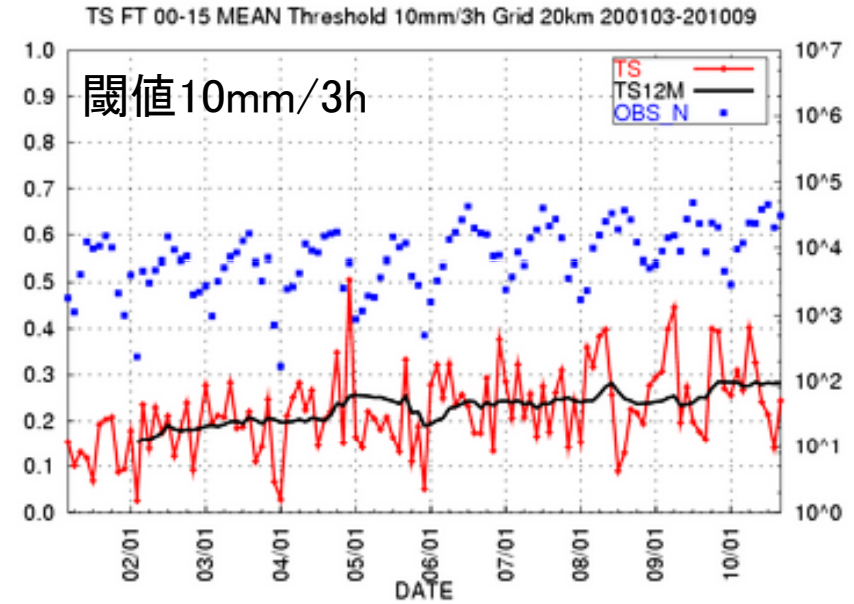
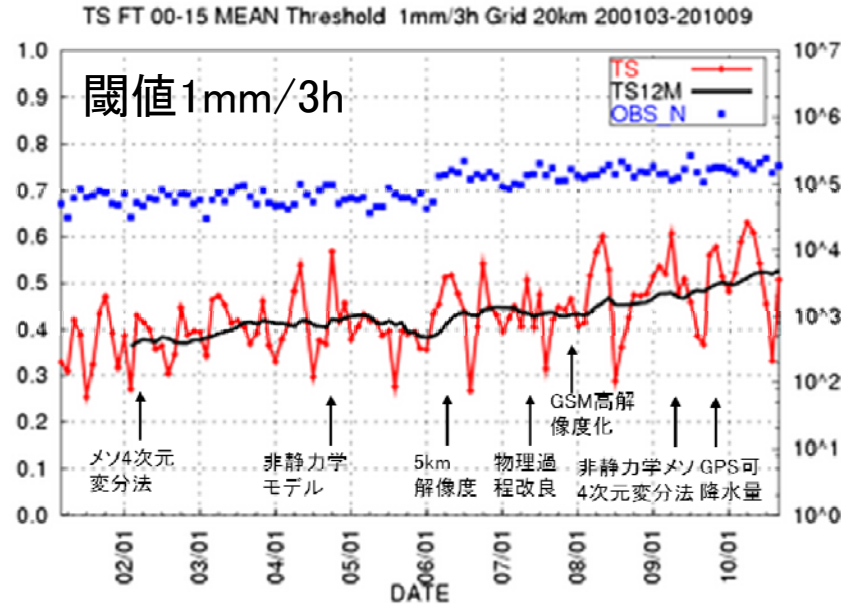
# 全球モデルの予報精度の推移

北半球500hPa高度予報誤差(5日予報)



# メソモデルの予報精度の推移

前3時間積算降水量のスレットスコア(検証格子20km)



TS (1ヶ月)  
 TS12M (1年)  
 OBS N (降水が観測された格子数)

$$TS \equiv \frac{FO}{FO + FX + XO}$$

スレットスコア(Threat Score: TS)

- 予報、または、実況で「現象あり」の場合の予報適中事例数に着目して予報精度を評価する指標
- 予報、実況ともに「現象なし」による寄与(XX)についての影響を除いて検証するのに有効
- 最大値1に近いほど予報の精度が高いことを示す

FO、FX、XO、XXはそれぞれの事例数を表す

		実況		計
		あり	なし	
予報	あり	FO	FX	FO+FX
	なし	XO	XX	XO+XX
計		M	X	N

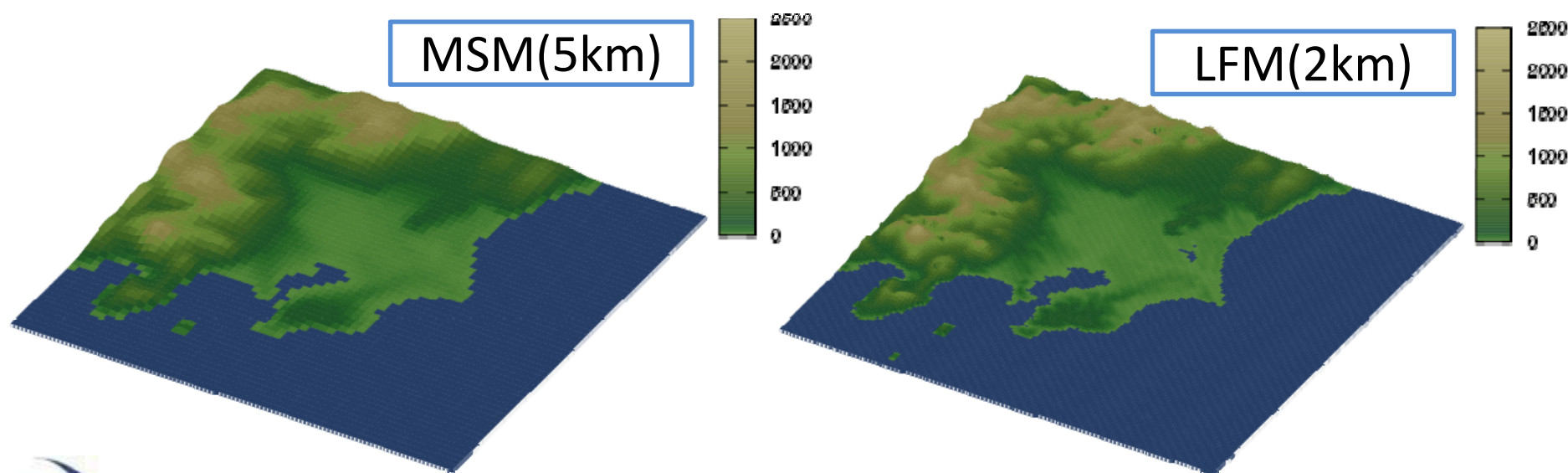


# 目次

1. 数値予報とは
2. 数値予報システムの概要
  - 解析システム
    - 観測データ品質管理・データ同化
  - 予報モデル
    - 力学過程・物理過程、アンサンブル予報
  - 数値予報プロダクトの応用技術
    - ガイダンス
3. 気象庁の数値予報システム
4. 最近の開発
  - 局地モデルの開発
5. 数値予報資料の見方

# 局地モデル(LFM)の開発

- 2013年運用開始予定
- 予定仕様
  - 水平解像度2km, 鉛直60層
  - 1日24回9時間予報
- 力学的短時間予報
  - 降水短時間領域を力学的予報
- 飛行場予報
  - 飛行場において重要となる局地的気象現象の予測



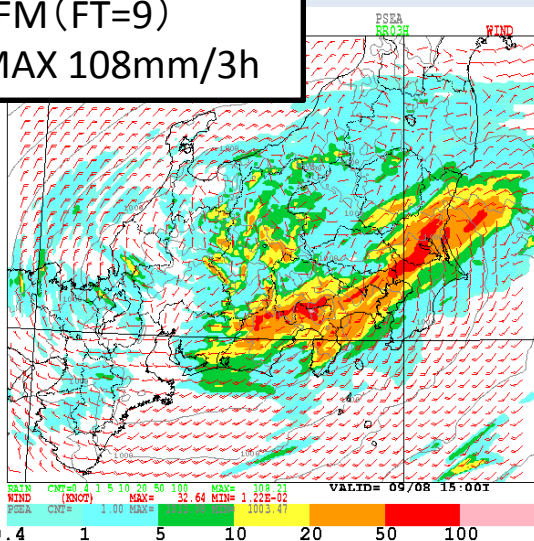
# LFMの主な仕様

	局地モデル (LFM)	メソモデル (MSM)
格子間隔	2km (800 × 550)	5km(721 × 577)
鉛直層	60層(地上～約21km)	50層(地上～約22km)
積分時間間隔	8秒	24秒
初期値	局地解析(LA) 非静力学3次元変分法	メソ解析(MA) 非静力学4次元変分法
境界値	メソモデル(MSM)	全球モデル(GSM)
予報時間	9時間	33/15時間
雲物理過程	雲水・雨・雲氷・雪・霰 の混合比を予報	雲水・雨・雲氷・雪・霰の混合 比と雲氷の数濃度を予報
積雲対流パラメタリ ゼーション	用いていない	Kain-Fritschスキーム

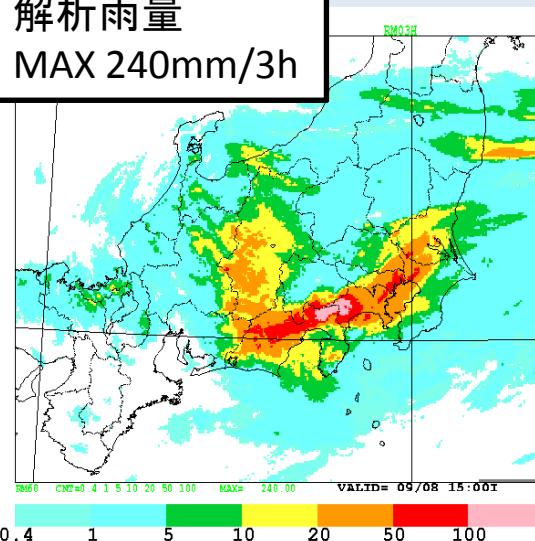


# LFMの予報事例(1)

LFM (FT=9)  
MAX 108mm/3h



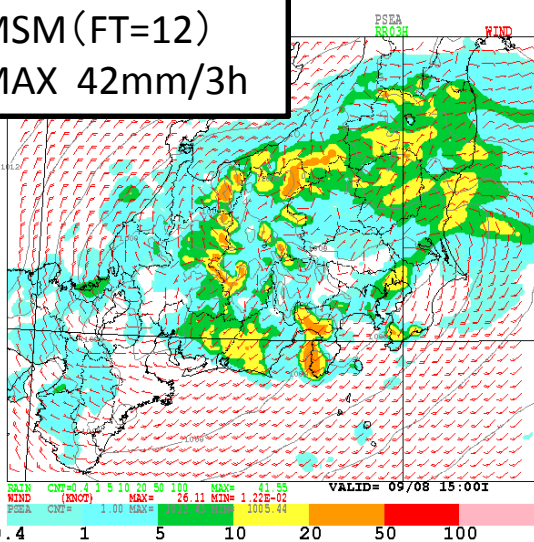
解析雨量  
MAX 240mm/3h



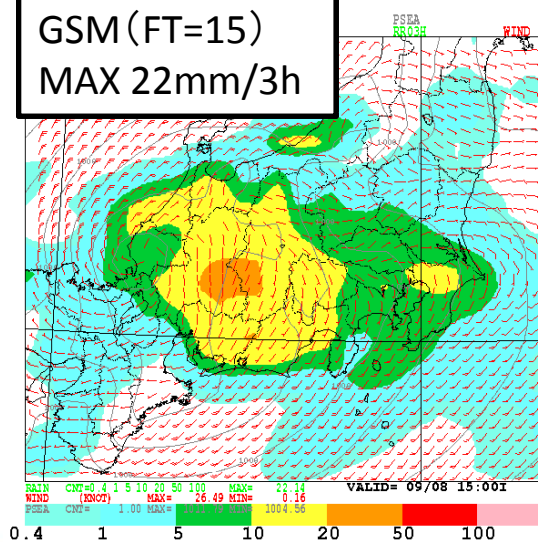
2010年 台風第9号  
2010/09/08 06UTCに對する  
前3時間降水量

LFMは静岡から関東にか  
けて組織化した降水域を  
再現。

MSM (FT=12)  
MAX 42mm/3h

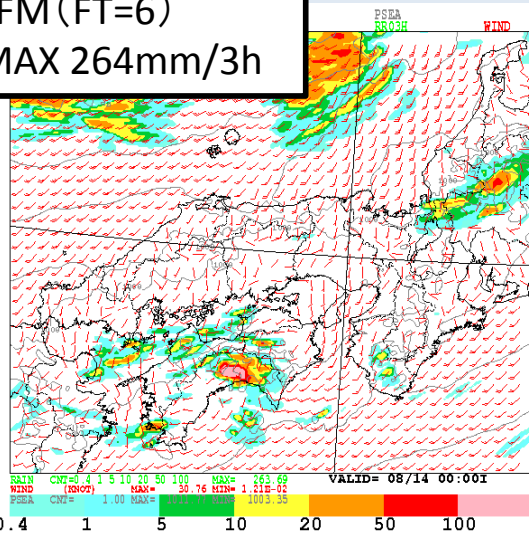


GSM (FT=15)  
MAX 22mm/3h

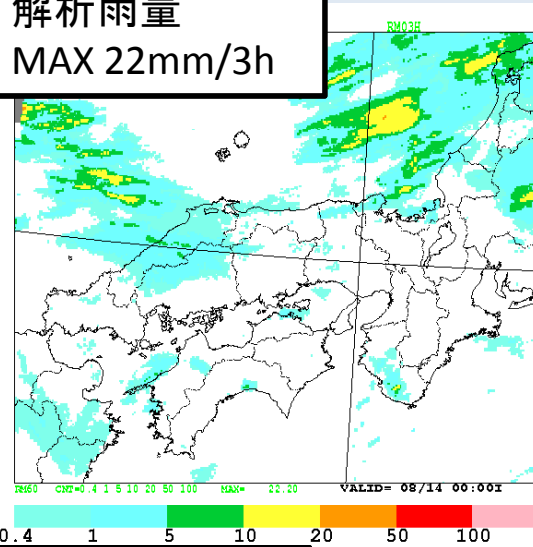


# LFMの予報事例(2)

LFM (FT=6)  
MAX 264mm/3h



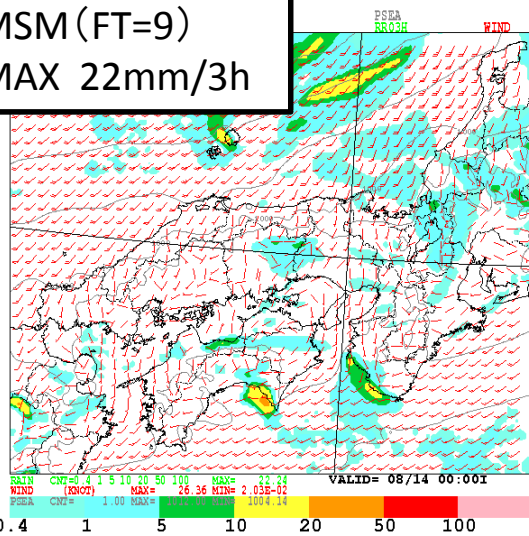
解析雨量  
MAX 22mm/3h



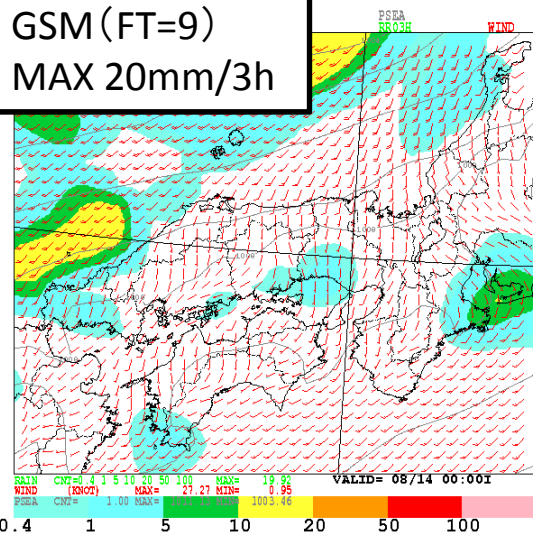
2010/08/13 15UTCに対する  
前3時間降水量

LFMは四国に過剰な降水  
を予想。(最大139mm/h)

MSM (FT=9)  
MAX 22mm/3h



GSM (FT=9)  
MAX 20mm/3h



# 目次

1. 数値予報とは
2. 数値予報システムの概要
  - 解析システム
    - 観測データ品質管理・データ同化
  - 予報モデル
    - 力学過程・物理過程、アンサンブル予報
  - 数値予報プロダクトの応用技術
    - ガイダンス
3. 気象庁の数値予報システム
4. 最近の開発
  - 局地モデルの開発
5. 数値予報資料の見方



# 数値予報の利用

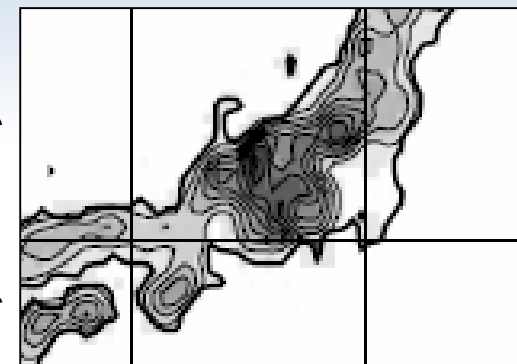
- 数値予報は大気状態の変化を科学的・客観的に計算した最も信頼できる気象予測の基礎資料
- 降水の可能性等の天気現象の予測への利用だけではなく、大気の三次元構造を知り、現象の推移を予測するヒントを得ることも可能
- ただし、着目する現象が数値予報で適切に表現されるためには、以下の条件が必要
  - 現象のスケールが数値予報モデルで解像できる(表現可能な)範囲に入っていること
  - 用いる方程式系が適切で、力学過程が精度よく計算されること
  - 対象とする現象にとって重要な物理的プロセスや境界条件が数値予報モデルに組み込まれていること
  - 初期値が現象(気象擾乱)の「種」を捉えていること

# 数値予報利用の留意点

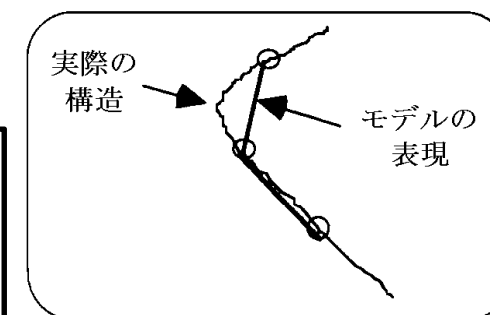
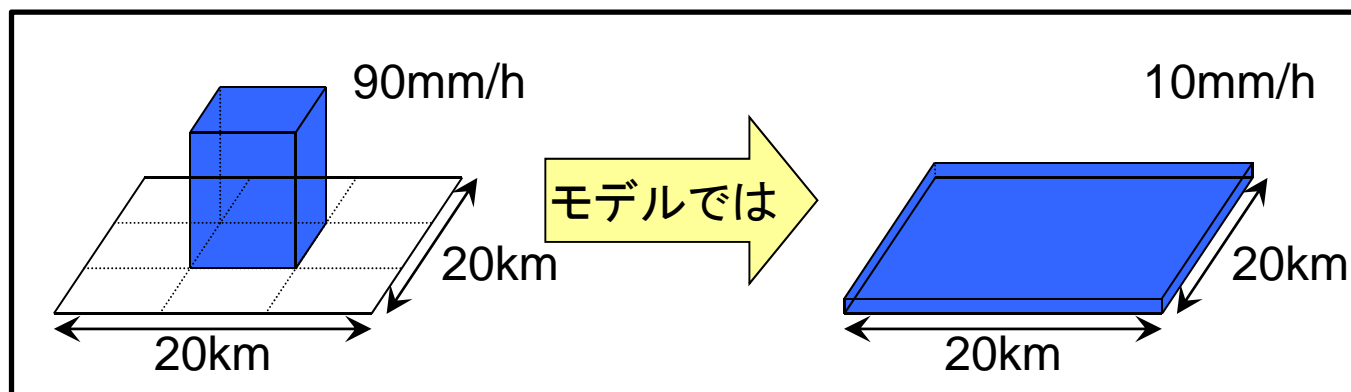
- 数値予報資料を鵜呑みにしてはいけない！
  - － 数値予報の特性を理解し、何を信用して、何を疑うのかの吟味が必要
- 数値予報の限界
  - － 数値予報モデルは対象とする大気現象を完全に表現することはできない
    - 初期値の不確実性
    - モデルの不完全性
- 数値予報の限界と誤差の特性を把握した上で利用することが重要

# モデルの解像度起因する制約

- モデル解像度より細かい現象は表現できない
  - 格子間隔の5～8倍程度がモデルで表現できる最小スケール
  - 微細な地形による現象、局地的な現象は表現できない
  - 境界層の構造や、逆転層などの構造も十分な表現ができない
  - 格子点値はその格子の平均値である



20kmGSMのモデル地形



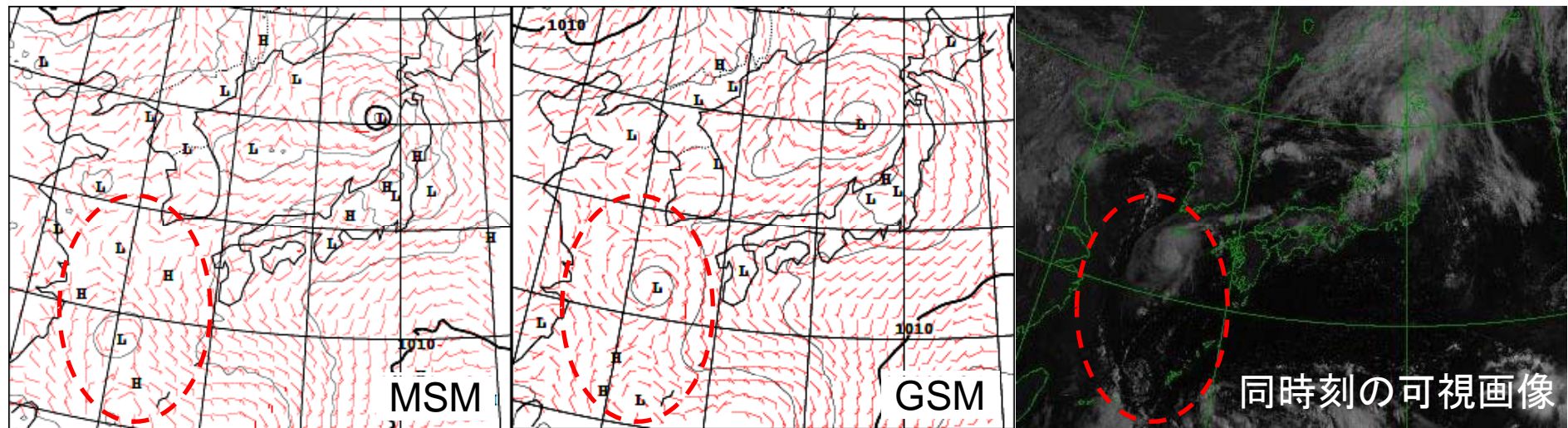


# 物理過程の不完全さに起因する制約

- サブグリッドスケールの現象による格子スケールの場への効果を見積もるパラメタリゼーションは、現象の一部しかモデル化していない
  - 詳細に扱うためには計算資源が不足する場合がある(雲水から雨、雲氷から雪への変換など)
  - モデル化しようとする現象について、理解が不十分な場合がある(氷晶の生成など)
  - モデル化しようとする現象が複雑なので簡略化(放射過程における雲や波長への依存性、乱流、対流)

# 初期値の信頼性

- 初期値で現れている擾乱はどこまで信頼してよいか？
- 初期値・予報初期の場が実況にあっているか？
  - － 地形性の擾乱は比較的信頼度が高い
  - － 観測のない領域の擾乱は信頼度が低い

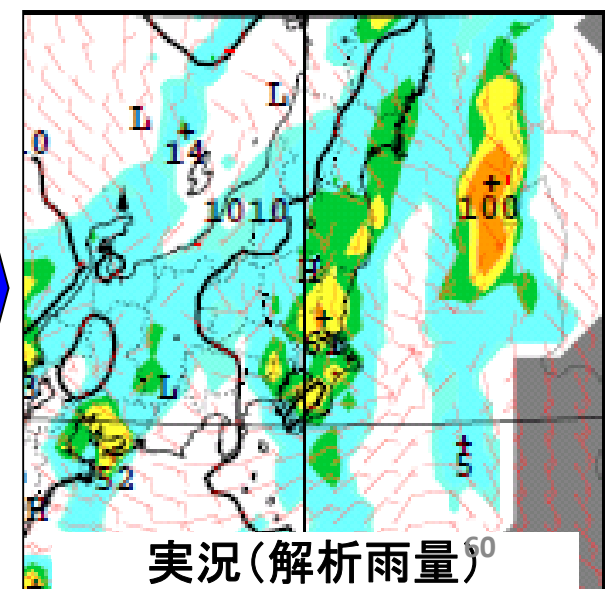
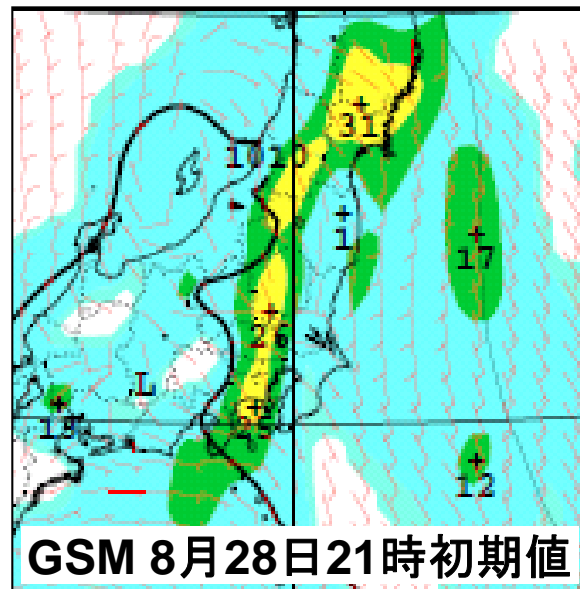
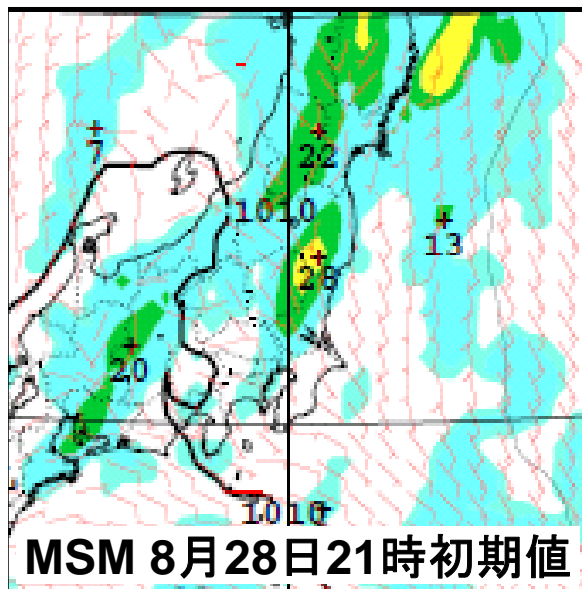


2008年8月14日9時(00UTC)の初期値

# 位置のずれ、時刻のずれ

- 特定の点・領域、時刻だけを見るのではなく、その周辺にも注意する
  - モデルが表現する現象が必ずしもその場所で起きるとは限らない
  - 位置のずれ、タイミングのずれを考慮する

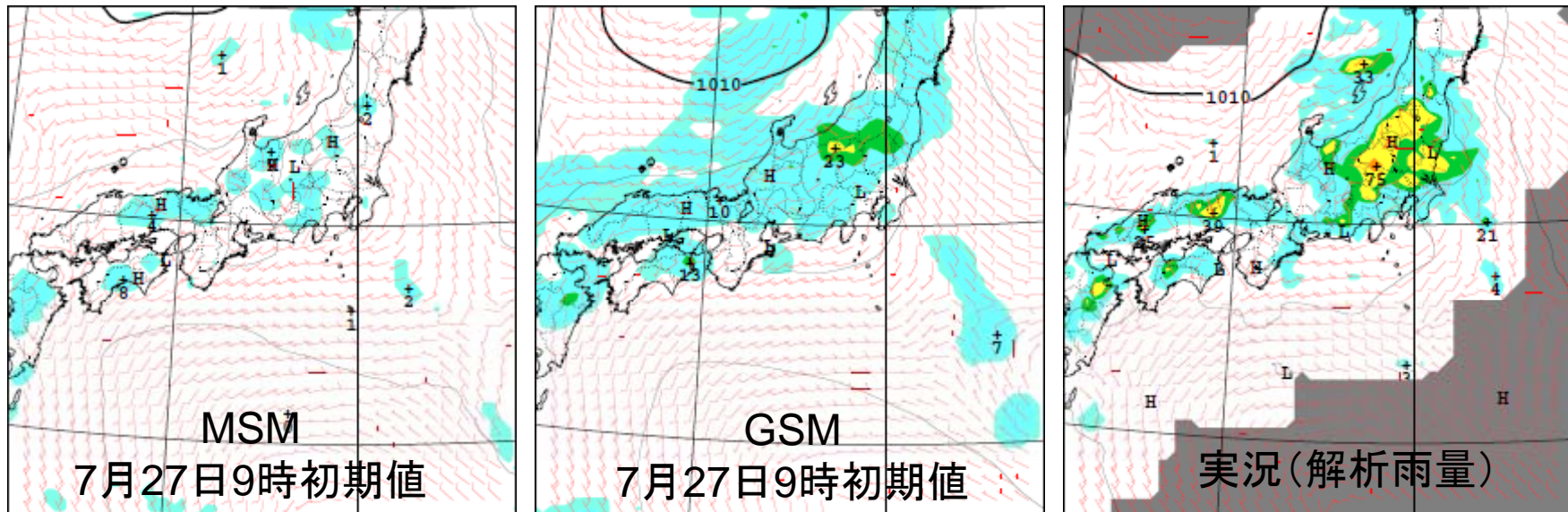
例 2008年8月29日9時(日本時間)までの6時間降水量予想・実況





# 数値予報モデルの特性を考慮

例 2008年7月27日21時(日本時間)までの6時間降水量予想・実況



MSMは不安定性降水  
が出にくい。

GSMは雨が弱く広い。

モデルの雨表現以外(不安定指数など)にも注目し、  
不安定性降水の可能性を読み取る必要がある

# 数値予報の利用のまとめ

- 数値予報は大気状態の変化を科学的・客観的に計算した最も信頼できる気象予測の基礎資料
- ただし、数値予報は現実の大気状態を完璧に予測することはできない ← 数値予報モデルの不完全さや初期値の僅かな誤差などにより、予測誤差が時間とともに増大しうる
- 数値予報プロダクトを予報作業に利用する際には、
  - **その特性を十分に理解**し、時間的・空間的な予測のずれや、量的な誤差を常に考慮する必要がある
  - **幅広い大気現象の特性をよく理解**した上で、数値予報の結果から現象の特性(特徴・範囲・強さ等)や、発生・発達・消滅の可能性を読み取る力が必要