

# 防災気象情報について③

## ～解析雨量、降水短時間予報、ナウキャスト～

予報部予報課開発班(2003-07：降水短時間予報, 16：解析雨量,17-：降短)  
(広島2008-09,岐阜10-11,宮崎12-13,長崎13-14,東航15)

辻村 豊

# 大雨による災害から 人命や財産を守るには・・・



短時間で発生する都市型水害

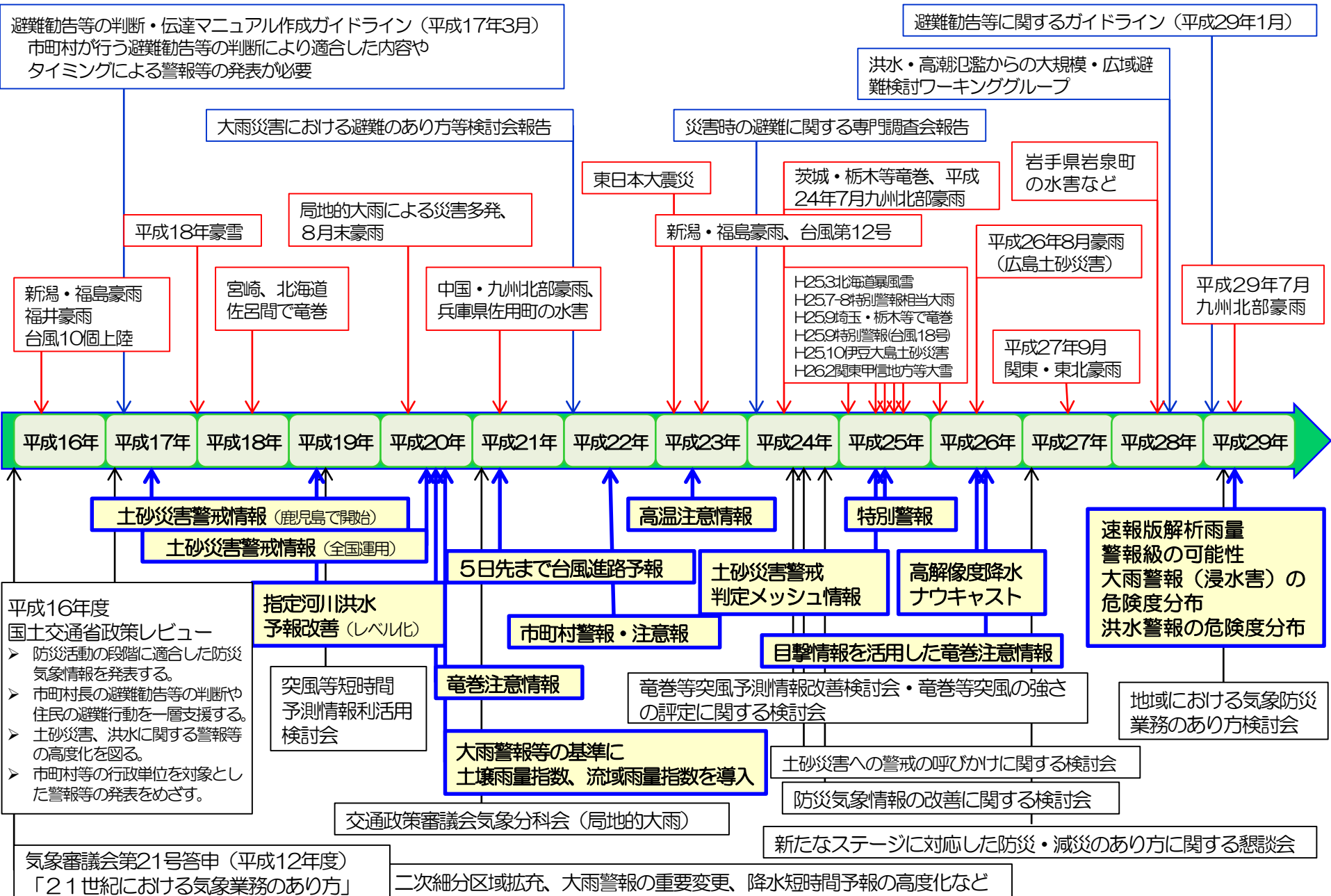


的確な情報提供や防災対策が講じられるよう、  
詳細な降雨状況の把握や  
正確な降雨予測が必要

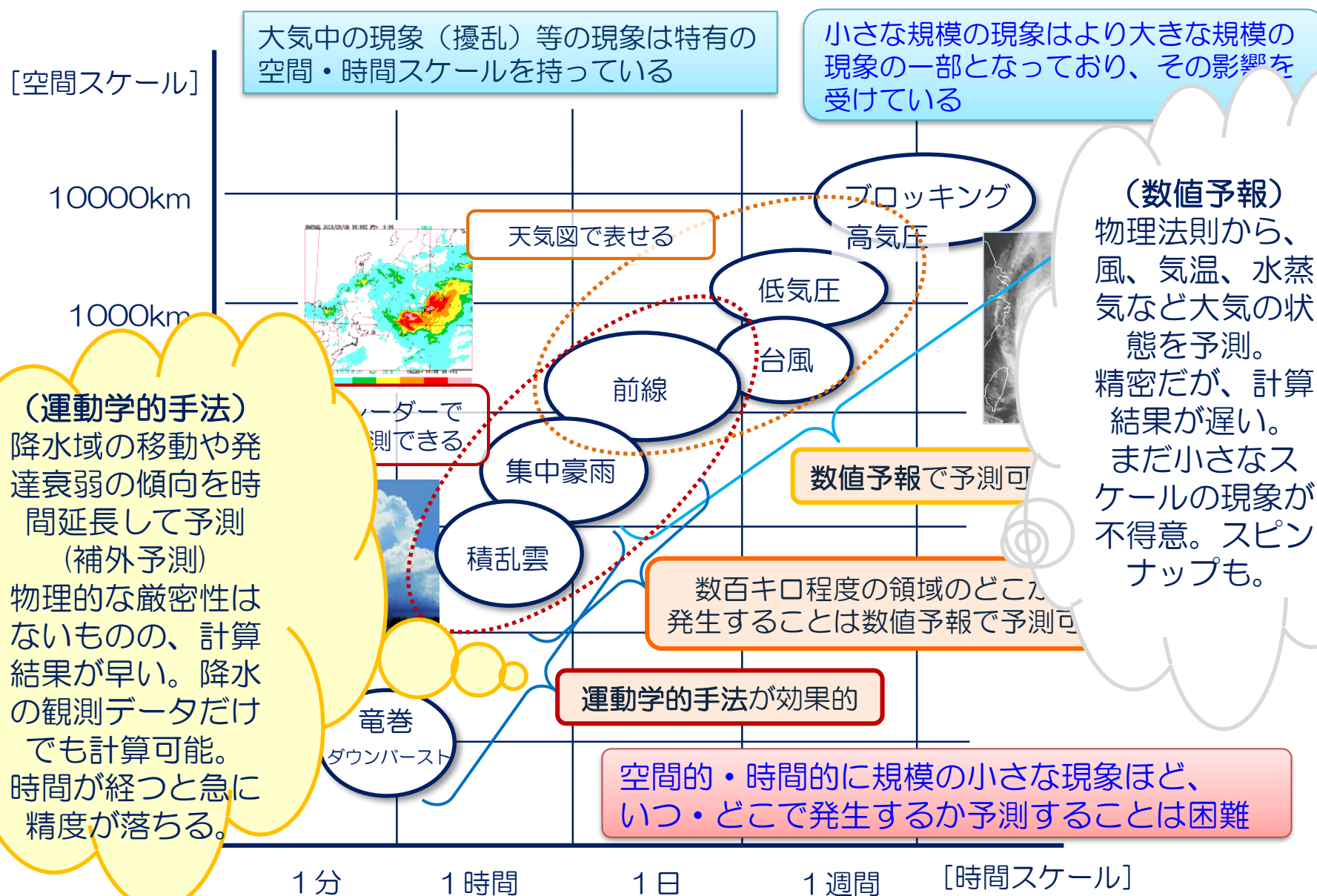
高齢化社会における  
避難支援



# 近年の災害と防災気象情報等の施策



# 気象情報が扱う現象のスケールとそれに応じた予測手法





# 気象庁が発表する雨に関する予測情報

常時定期的に発表  
予報プロダクト

週間天気予報

天気予報

降水短時間  
予報

降水  
ナウキャスト

直ちに使用  
できるプロ  
ダクトが  
必要

1週間前

2日～1日前

6時間前

1時間前

数値予報、統計的ガイダンス

運動学的手法

記録的短時間  
大雨情報

災害発生の可能性が  
高まったとき  
随時発表  
防災気象情報

土砂災害警戒情報

大雨警報・注意報

(大雨に関する)〇〇県気象情報

台風に関する気象情報(台風予報)

警報級の可能性

今の数値予報がまだ不得意な  
「数時間先まで」の「激しい降  
水現象」を予測する技術が必要



# 防災気象情報の大きな流れ

1999(平成11)年6月29日の6.29広島・呉豪雨(犠牲者32名)以後、土砂災害への対応が進む

⇒ **法整備、防災気象情報の充実**

## ① 長時間化・定量化・短時間化:ツールの充実

- ・ 降短予報6時間化へのMSM開発、LFM開発、解析雨量の高度化
- ・ 土壌雨量指数、流域雨量指数、表面雨量指数 ⇒ 警報基準に

## ② 連携化:情報提供の充実

- ・ 防災気象情報(気象情報⇒注意報⇒警報⇒土砂警⇒特別警報)
- ・ 「警報級の可能性」の発表
- ・ 防提HPでの情報提供⇔4月下旬の講習会の実施
- ・ ホットラインによる迅速な対応

現業室⇔防災担当 課長⇔危機管理監 台長⇔首長

## ・ **しかし、未だに道半ば・・・**

- ・ 2014年8月 平成26年8月豪雨(犠牲者84名)
- ・ 2015年9月 平成27年9月関東・東北豪雨(犠牲者14名)
- ・ 2017年7月 平成29年7月九州北部豪雨(犠牲者37名・不明4名)

# ①長時間化・定量化・短時間化： ツールの充実

- ・降短予報6時間化へのMSM開発、LFM開発
- ・解析雨量の高度化
- ・降水ナウキャストの開発

土壌雨量指数、流域雨量指数、表面雨量指数の導入  
⇒ 警報基準に

防災気象情報：危険度の高まりに応じた段階化  
⇒ 負担の小さな体制・対応から段階的に強化を  
警報級の可能性、気象情報⇒注意報⇒警報⇒土砂警⇒特別警報

## 時間の長短：道具の変遷を辿りながら

～気象災害の防止・軽減を目指して～

辻村 豊（長崎地方気象台）

今夏は、昨年の猛暑とは打って変わって、各地の降水量の多さや日照時間の少なさで記録的な年となった<sup>1</sup>。とりわけ、「平成26年8月豪雨」と命名された一連の豪雨のうち、8月20日未明の広島市安佐南区・安佐北区で起こった土石流によって74名もの多数の方が犠牲となられたことは全く残念でならない。筆者も広島に勤務していた経験があり、広島では平成11年（1999年）6月29日の32名に上る犠牲者を出した6.29広島・呉豪雨を教訓として、防災気象情報の改善や防災知識の普及・啓発、広島・呉豪雨のJRA25を利用したNHMによる再現などに取り組んだ。この15年間に土砂災害防止法などの法整備は進み、数値予報モデルや降水短時間予報などの予測手段は精度を増し、防災気象情報の整理も進んで昨年8月30日からは特別警報も運用開始された。にもかかわらず、今回のような気象災害を防止するには至らなかった。我々の取り組みにはまだ不十分な点が多々あるのだろう。

本稿では時間スケールの短い短時間強雨および長い時間スケールの土壌水分量の変化が根底にある土砂災害への対応を例に、この15年間の気象台での道具の変遷も紹介しながら、「時間の長短」をキーワードに防災・減災へ向けての取り組みについて記述したい<sup>2</sup>。防災機関にお勤めの会員や気象台職員には既に充分お馴染みなことだろうが、改めて大学・研究機関や予報士の皆さんにもお伝えして、気象学と社会の繋がりを実感して頂き、普及・啓発活動にもご助力頂ければ幸いである。

### ・時間の長短（その1）：R24から土壌雨量指数へ

大雨警報・注意報ではつい最近まで1時間降水量<sup>3</sup> R1、3時間降水量R3、に加えて24時間降水量<sup>4</sup> R24が雨量の基準として用いられていた。このR24は短時間強雨による土砂災害を警告する指標としては長すぎる一方で、数日間降り続いて地盤が緩んでいると考えられる状況を表現するには短すぎる、やや中途半端なものとして認識されるようになった。このため、平成20年（2008年）5月28日からは、土砂災害の危険性をより適確に表現できると考えられる土壌雨量指数 Soil Water Index を指標として用いている。

土壌雨量指数(図1)は土壌に含まれる水分量を3つのタンクで表し、タンク間の浸透・流出などから時定数の異なる土壌水分量の変化を表現するもので、R24よりも長い期間での先行降雨によって土中に溜まっていると考えられる水分量<sup>5</sup>などのより長い時間スケールの効果も加味しながら土砂災害発生のポテンシャルの実況把握と予測をしようというものである。土壌雨量指数は平成5年（1993年）8月6日に鹿児島市などに多くの被害をもたらした豪雨、いわゆる「86水害」をきっかけに開発に着手され、平成11年（1999年）6月29日の広島での災害を受けて警報への利用が始ま

## 防災気象情報と その道具の変遷

「時間の長短：・・・」(2014)

1999年の**広島呉豪雨**以降の15年間の  
変遷を記述しています

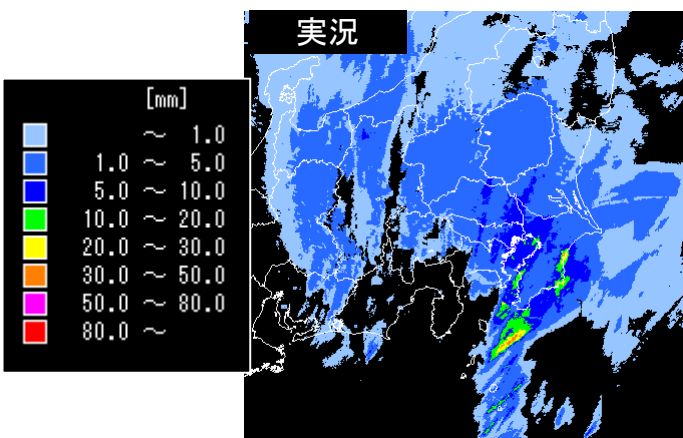
1982年の**長崎豪雨**以降の30年間に  
ついては九州支部だよりNo.116を参照

- 1 「九州・山口県では、8月の月間日照時間の少ない記録を68地点で、8月の月降水量の多い記録を16地点で更新」（福岡管区気象台9月1日発表資料）、「平成26年(2014年)8月の不順な天候について」（気象庁9月3日発表資料）
- 2 2年前の九州支部だよりNo.116の「支部会員からの便り」欄で当台職員が「昭和57年7月豪雨（長崎豪雨）から30年目の気象情報」と題して長崎豪雨当時と現状を紹介している。本稿が比較対象とする15年前の平成11年（1999年）の更に17年前の状況とも比較できるだろう。併せてお読み頂けるとありがたい。
- 3 1時間降水量R1が導入されたのは1972年と比較的新しく、当時次第に問題となりつつあった「短時間の大雨」に配慮した警報を発表できるようにした。
- 4 R24は任意の24時間での降水量。日降水量は日界を区切りとした0時～24時までの降水量。
- 5 もちろん、実際に各地の土壌中の水分量を測定しているわけではなく推定しているのであるが、多数の過去の災害事例を調べて災害との関係を調べ、妥当な基準値を算出して運用している。



# 解析雨量

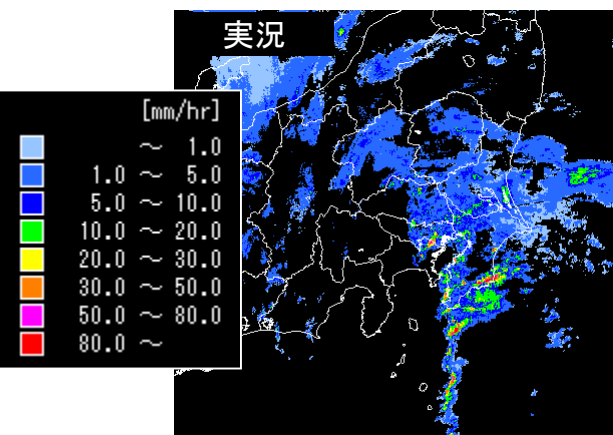
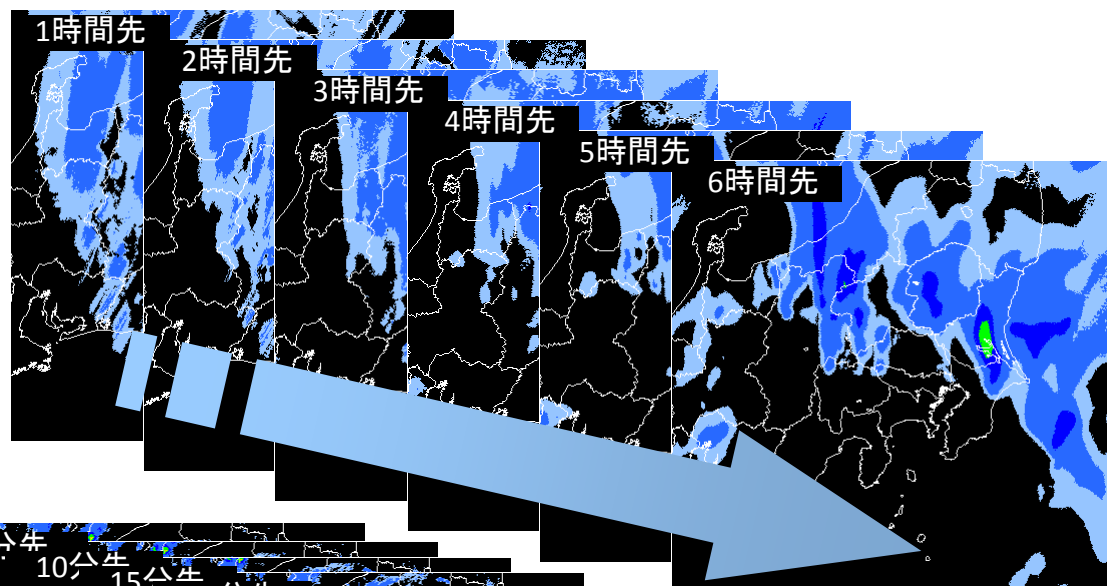
前1時間の詳細な降水分布  
1時間雨量の解析値



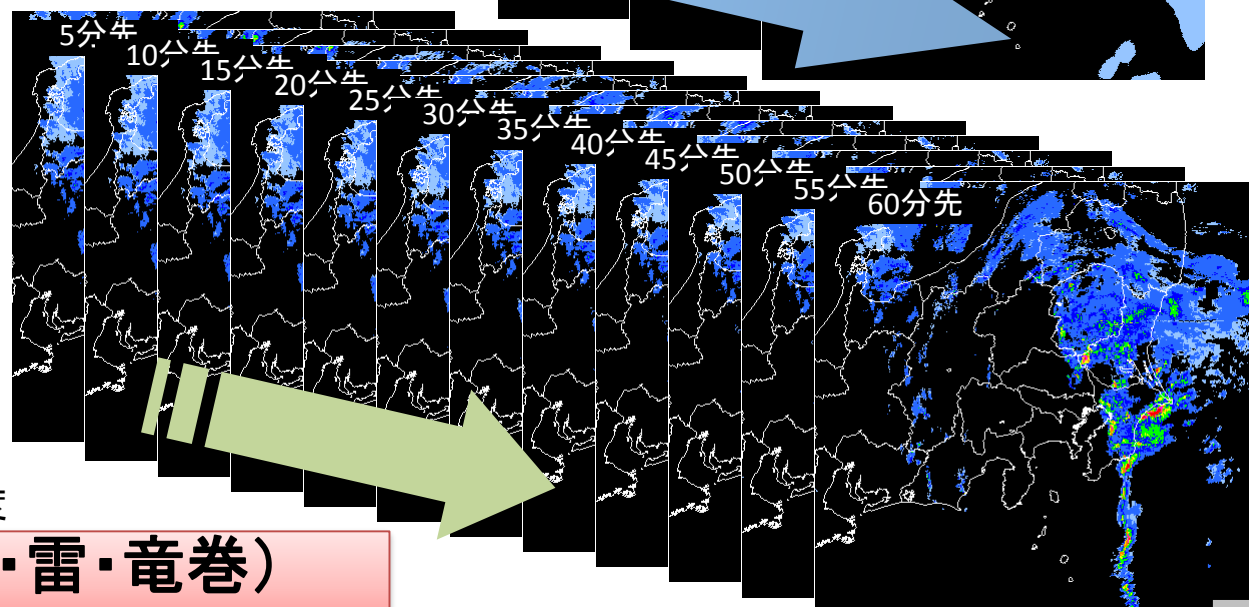
2011年4月18日2100UTCの解析雨量

# 降水短時間予報

目先数時間の詳細な降水分布  
6時間先までの1時間雨量の予測値



2011年4月18日2100UTCの  
全国合成レーダーエコー強度



**ナウキャスト(降水・雷・竜巻)**

5分先から60分先までの降雨強度・雷・竜巻発生確度の予測値

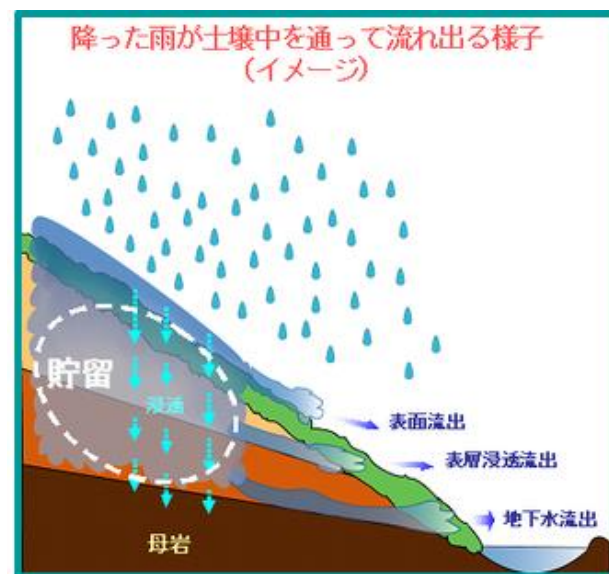
# 土壌雨量指数について

降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ貯まっているかを「タンクモデル」という手法を用いて指数化したもの。

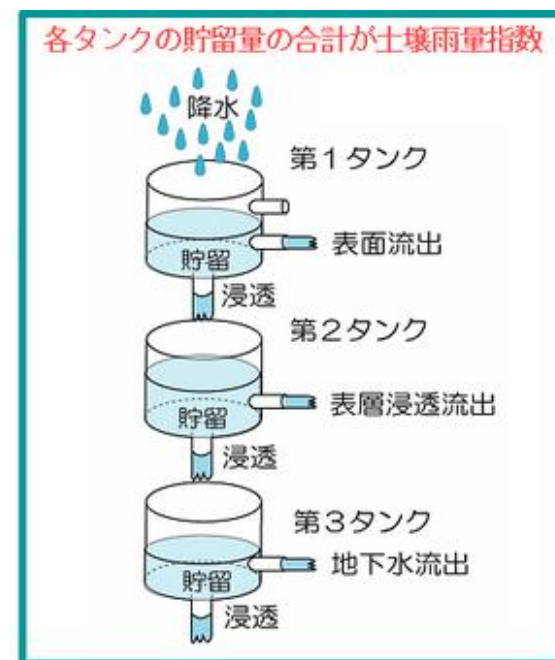
解析雨量・降水短時間予報を元に地表面を5km四方のメッシュに分けて計算。

※「解析雨量」は、レーダーとアメダス等の地上の雨量計を組み合わせ、降水量分布を解析したもので、雨量計の観測網にかからないような局所的な強雨も把握することが可能となります。

※「高頻度化した土壌雨量指数(1km,10分毎)」の5km格子内は同じ値



モデル化



# 土砂災害警戒判定メッシュ情報

「土砂災害警戒情報」が発表されたら「メッシュ情報」をご確認ください。

## 土砂災害警戒情報

### 広島県土砂災害警戒情報 第1号

平成26年8月20日 1時15分

広島県 広島地方気象台 共同発表

#### 【警戒対象地域】

広島市\* 廿日市市\*

\*印は、新たに警戒対象となった市町村を示します。

#### 【警戒文】

##### <概況>

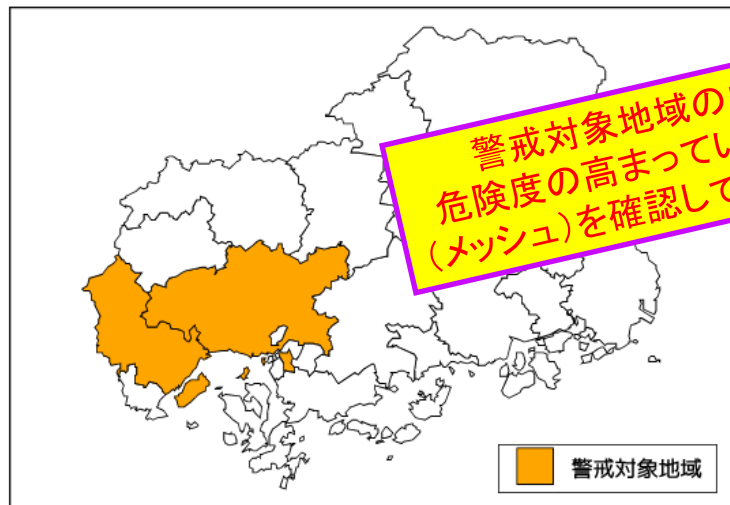
降り続く大雨のため、警戒対象地域では土砂災害の危険度が高まっています。

##### <とるべき措置>

崖の近くなど土砂災害の発生しやすい地区にお住まいの方は、早目の避難を心がけるとともに、市町から発表される避難勧告等の情報に注意してください。

##### <補足情報>

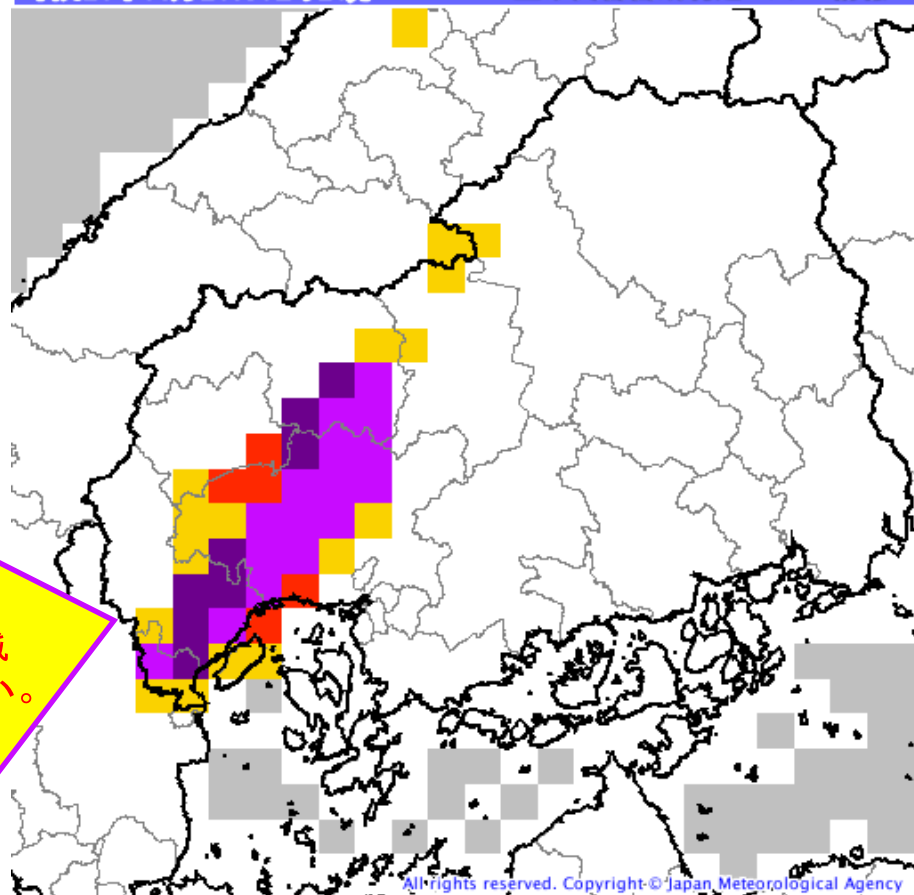
危険度の分布は、インターネットで確認できます。（「広島県土砂災害危険度情報」、  
「気象庁土砂災害警戒判定メッシュ情報」）



警戒対象地域の中で  
危険度の高まっている領域  
(メッシュ)を確認してください。

平成26年08月20日01時20分

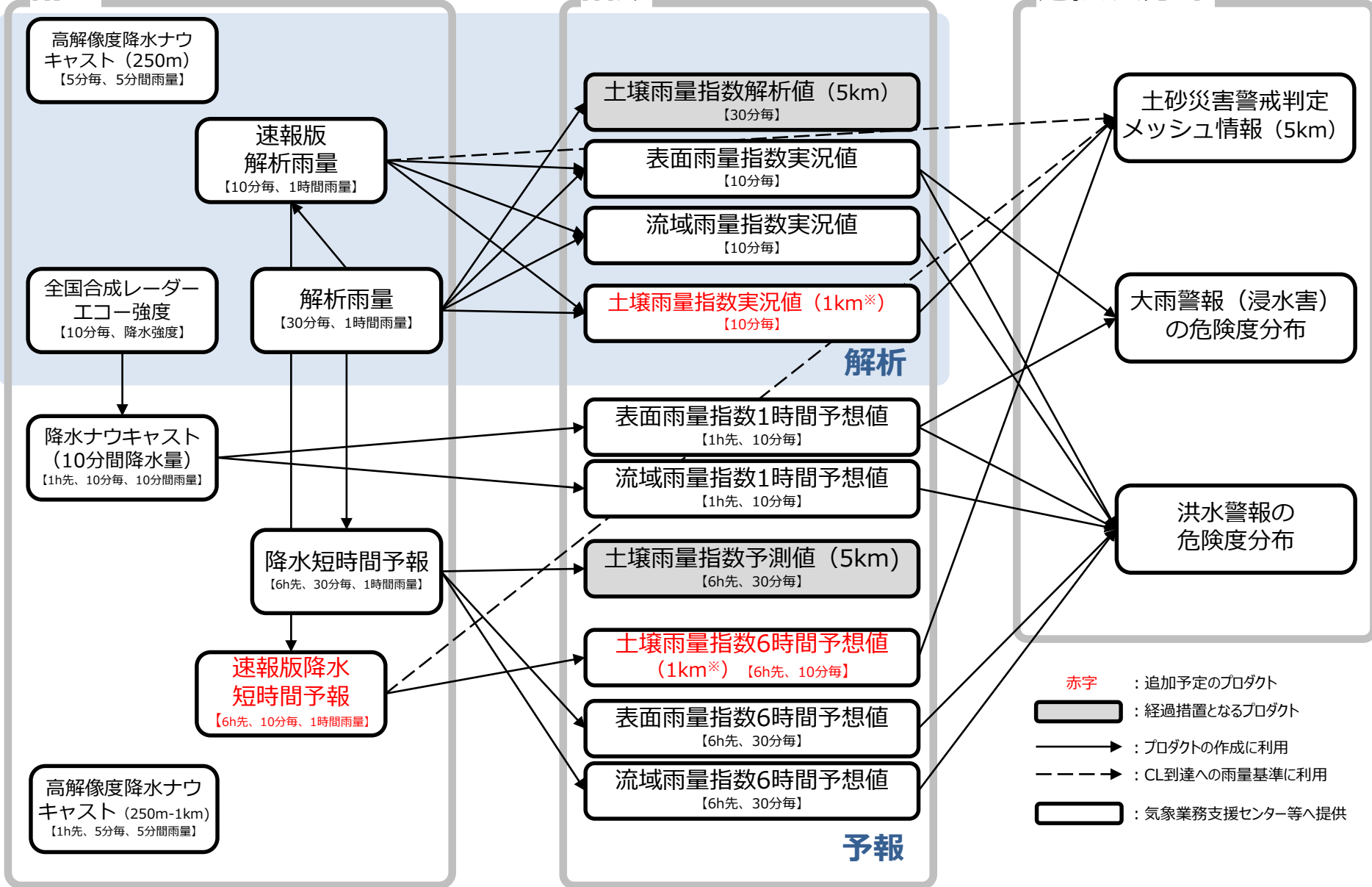
土砂災害警戒判定メッシュ情報



- : 実況で土砂災害警戒情報の基準を超過\*
- : 予想で土砂災害警戒情報の基準を超過\*
- : 実況または予想で大雨警報の土壌雨量指数基準を超過
- : 実況または予想で大雨注意報の土壌雨量指数基準を超過
- : 実況または予想で大雨注意報の土壌雨量指数基準未満

# 雨量・指数・危険度分布の主なプロダクト（H30.3時点）

## 雨量 指数 危険度分布



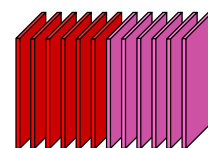
※「高頻度化した土壌雨量指数」の5km格子内は同じ値

20180301～



# 降水短時間予報システム

## 高解像度降水ナウキャスト

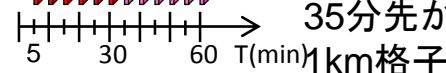


降水強度、5分間降水量

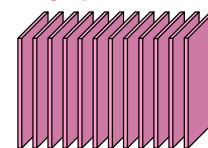
5分毎更新で

30分先まで0.25km格子

35分先から1時間先まで



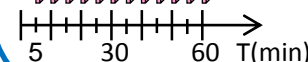
## 降水ナウキャスト



降水強度、10分間降水量

5分毎更新で1時間先まで

1km格子



高層・地上  
観測

雨量計観測

雨量計 約11000  
(2017年11月現在)

10分  
30分  
1時間毎

レーダー観測

5分毎/10分毎

エコー強度  
エコー頂高度

H30.3-

解析雨量

前1時間降水量

30分毎更新

1km格子

速報版解析雨量

前1時間降水量

10分毎更新

1km格子

降水分布

土壌雨量指数・流域雨量指数・表面雨量指数等

結合型予測 MRG

実況補外型予測 EX6

数値予報ブレンド 降水量

降水短時間予報/速報版

前1時間降水量

30分/10分毎更新で6時間先まで

1km格子

H30.3-



風向・風速、気温、比湿

予測降水量

予測降水量

メソ数値予報モデル MSM

(非静力学モデル : 5km格子) 39時間先まで 3時間毎

局地モデルLFM(2km格子)

9時間先まで 1時間毎

## ②連携化： 情報提供の充実

- 防災気象情報：危険度の高まりに応じた段階化  
⇒ 負担の小さな体制・対応から段階的に強化を  
警報級の可能性、気象情報⇒注意報⇒警報⇒土砂警⇒特別警報
- 自治体との連携
  - 防災情報提供装置（市町村毎のHP）での迅速な情報提供  
⇔ ex.長崎県：4月下旬の講習会の実施
  - ホットラインによる迅速な対応
    - 現業室 ⇔ 防災担当
    - 管理官（＝課長） ⇔ 危機管理監
    - 台長 ⇔ 首長

← 気象防災アドバイザー

当気象台では、長崎県と連携しながら、  
**市町の避難勧告等の防災対応の判断をこれまで以上に支援**していきます。

## 大規模災害時

- ・台風説明会
- ・災害警戒本部等への  
**支援資料提供、解説**



## 災害後

- ・災害時気象資料の提供
- ・避難勧告等の判断・伝達マニュアル  
の改善支援
- ・防災気象情報の改善等

都道府県

**連携**

気象台

市町村

## 平常時

- ・**避難勧告等の判断・伝達マニュアル  
作成支援**
- ・過去の災害時の気象データの提供
- ・防災気象情報利活用に関する啓発
- ・**防災メールによる情報提供**
- ・防災情報提供システムの利用促進
- ・地域防災計画への助言  
自治体防災訓練への参画、助言

## 大雨時

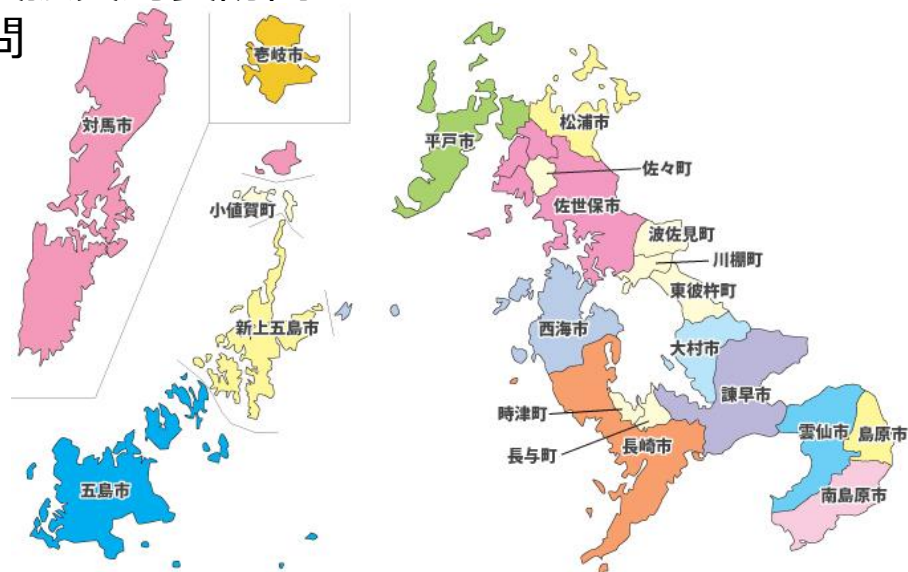
- ・**防災気象情報の発表**
- ・**防災情報提供システムによる情報提供**
- ・**地域防災支援用電話による最新の気象解説**



（防災情報提供システムのURL、ID・パスワード等が不明な場合は、気象台にお問い合わせください。）

# 地台長の首長訪問例(辻村)

20131107 新上五島町長訪問  
20131112 小値賀町長訪問  
20131119 平戸市長・松浦市長訪問  
20131121 県北振興局長・佐世保市長・佐世保海保長・西海市長訪問  
20131126 五島市長訪問  
20131202 壱岐振興局長・壱岐市長訪問  
20131203 対馬海保長・対馬振興局長・対馬市長訪問  
20131220 復興事務所長・島原振興局長・雲仙市長訪問  
20140121 大村市長・島原市長訪問  
20140123 南島原市長・諫早市長・県央振興局長訪問  
20140207 長崎振興局長・長与町長訪問  
20140225 佐々町長・波佐見町長訪問  
20140226 川棚町長訪問  
20140228 東彼杵町長・時津町長訪問  
20140317 長崎市長訪問





# ホットラインの実施に係る対応改善とその効果

## 説明心得と要領（現業室揭示）

### ■目的

ホットラインの応答が、市町の防災対応に真に役立つことにより、気象台への信頼性が向上し、頼られる気象台になること。  
（正のスパイラルを作る）

現業においては、忙しくとも有効な情報を簡潔に伝えられることを目的に、ホットラインの回答内容などの改善を実施

### ■改善内容

- ・説明の順序と心得（説明のスリーステップ）
- ・説明の要領（説明のスリーポイント）

※誰が対応しても、一定水準以上の対応となるようにする

### ■実施後の効果

- ・市町の防災担当者から「気象台の対応が変わった」「解説内容がより具体的で良くなった」などの感想を得る
- ・予報官及び補助者の部外向け説明能力の向上
- ・県内全域からのホットライン回数が増加
- 現業：平成28年度のホットライン回数は、前年に比べ倍増。  
平成29年度は警報発表回数が少なく回数は減少するが、改善前に比べて利用率は増加。
- 官執部署：平成28年度に前年の1.5倍増。平成29年度も同程度。警報級の可能性[中]など事前の問い合わせが増加。
- ・ホットラインを利用した担当者の理解促進と信頼関係の醸成  
⇒「身近な気象台」から「顔の見える関係」への発展

### 市町ホットライン対応 ～HOTライン～ほっとライン～

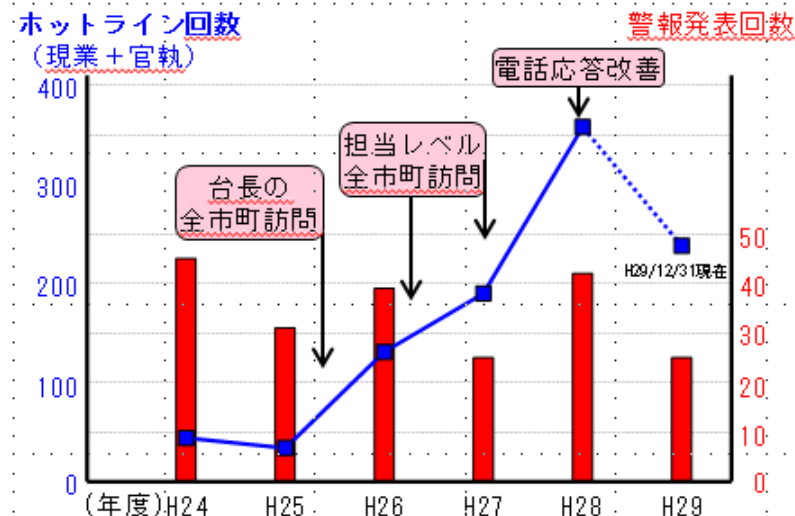
#### スリーステップ

- ①「〇〇市(町)では・・・」など、市町名から話し始める。
- ②「〇〇頃から大雨になっていますが・・・」など、簡単に実況を話す。
- ③ 専門用語や(気象庁)村言葉を使わずに、丁寧に予想を説明する。

#### スリーポイント

- ① 発表中の情報に拘らず、対象市町に関する最新情報を説明する。
- ② 発表情報に書いていない目算(見通し)があれば説明する。
- ③ 予想シナリオのズレや、サブシナリオがあれば説明する。

## ホットライン回数と警報回数



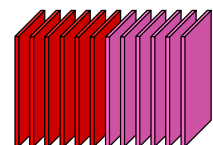
## ②連携化： 情報提供の充実

- 防災気象情報：危険度の高まりに応じた段階化  
⇒ 負担の小さな体制・対応から段階的に強化を  
警報級の可能性、気象情報⇒注意報⇒警報⇒土砂警⇒特別警報
- 自治体との連携
  - 防災情報提供装置（市町村毎のHP）での迅速な情報提供  
⇔ ex.長崎県：4月下旬の講習会の実施
  - ホットラインによる迅速な対応
    - 現業室 ⇔ 防災担当
    - 管理官（＝課長） ⇔ 危機管理監
    - 台長 ⇔ 首長

← 気象防災アドバイザー

# 降水短時間予報システム

## 高解像度降水ナウキャスト

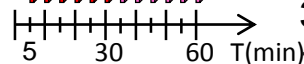


降水強度、5分間降水量

5分毎更新で

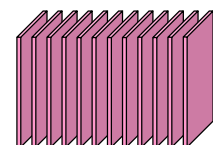
30分先まで0.25km格子

35分先から1時間先まで



1km格子

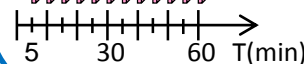
## 降水ナウキャスト



降水強度、10分間降水量

5分毎更新で1時間先まで

1km格子



高層・地上  
観測

雨量計観測

レーダー観測

5分毎/10分毎

エコー強度  
エコー頂高度

H30.3-

土壌雨量指数・流域雨量指数・表面雨量指数等

解析雨量

前1時間降水量

30分毎更新

1km格子

速報版解析雨量

前1時間降水量

10分毎更新

1km格子

結合型予測 MRG

実況補外型予測 EX6

数値予報ブレンド 降水量

降水短時間予報/速報版

前1時間降水量

30分/10分毎更新で6時間先まで

1km格子

H30.3-

降水分布



風向・風速、気温、比湿

予測降水量

予測降水量

メソ数値予報モデル MSM

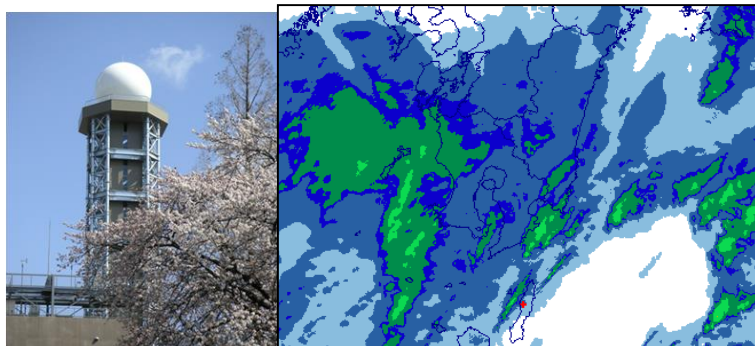
(非静力学モデル : 5km格子) 39時間先まで 3時間毎

局地モデルLFM(2km格子)

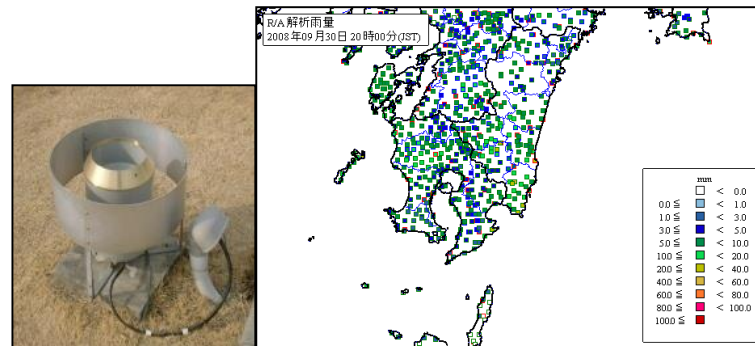
9時間先まで 1時間毎

# 詳細な降雨状況の把握

## 雨量を観測する測器



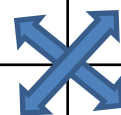
レーダー



雨量計

## レーダーと雨量計の特徴

	レーダー	雨量計
長所	観測密度が高い	観測精度が高い
短所	観測精度が低い	観測密度が低い

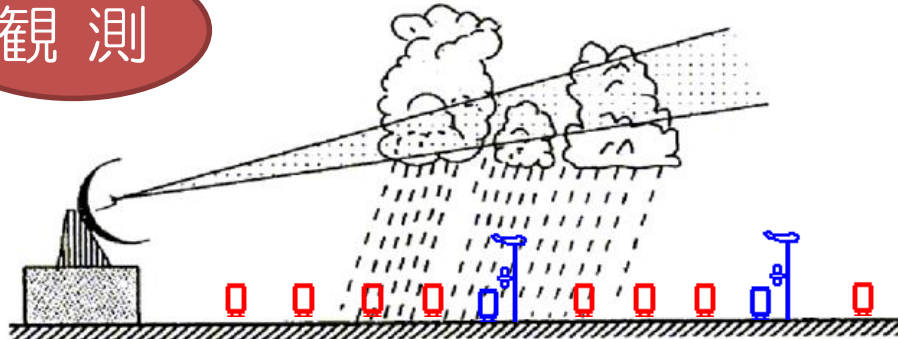




# 解析雨量の概要

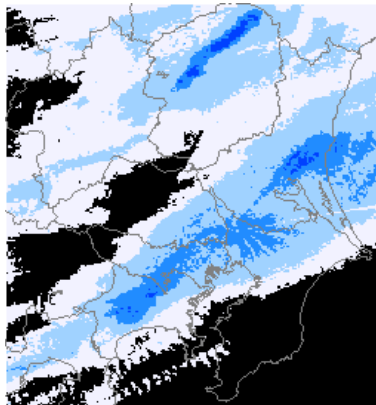
## 観測

← 面的な観測 →



気象レーダーの観測  
(面的な強度観測)

アメダス・国交省・自治体等  
雨量データ (点の量観測)



### 気象レーダー

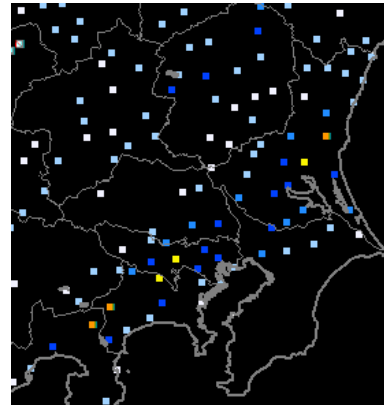
雨の降る領域・強度を  
面的に観測

※正確な雨量を求めることは困難

活用している気象レーダー

気象庁：20基

国土交通省：26基



### 地上雨量計

地点ごとの  
正確な雨量を観測

※面的な広がりで捉えることは困難

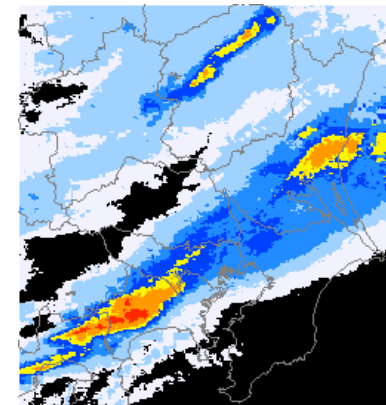
活用している地上雨量計

気象庁：約1,300点

国土交通省：約3,400点

都道府県：約5,800点

合計 約10,500点



### 解析雨量

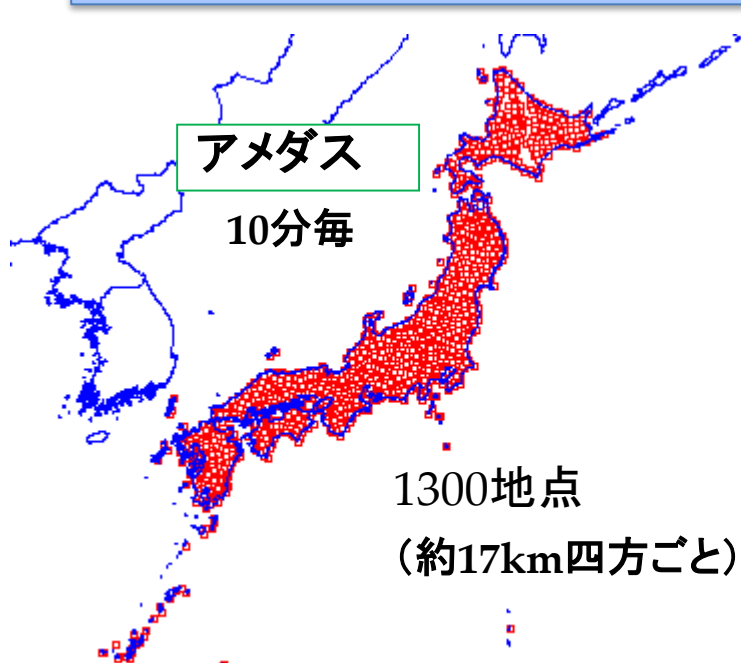
詳細な雨量分布

※気象レーダーにより、雨の降る領域を面的に捉え、これを地上雨量計で観測した正確なポイント雨量で補正

1 km四方格子、30分間隔で解析出力。  
処理等に15分程度を要する。

長所を併せ持つ

# 使用するデータとその特徴(1):雨量計



## ルーチンで利用した雨量計の数

2006/08/29

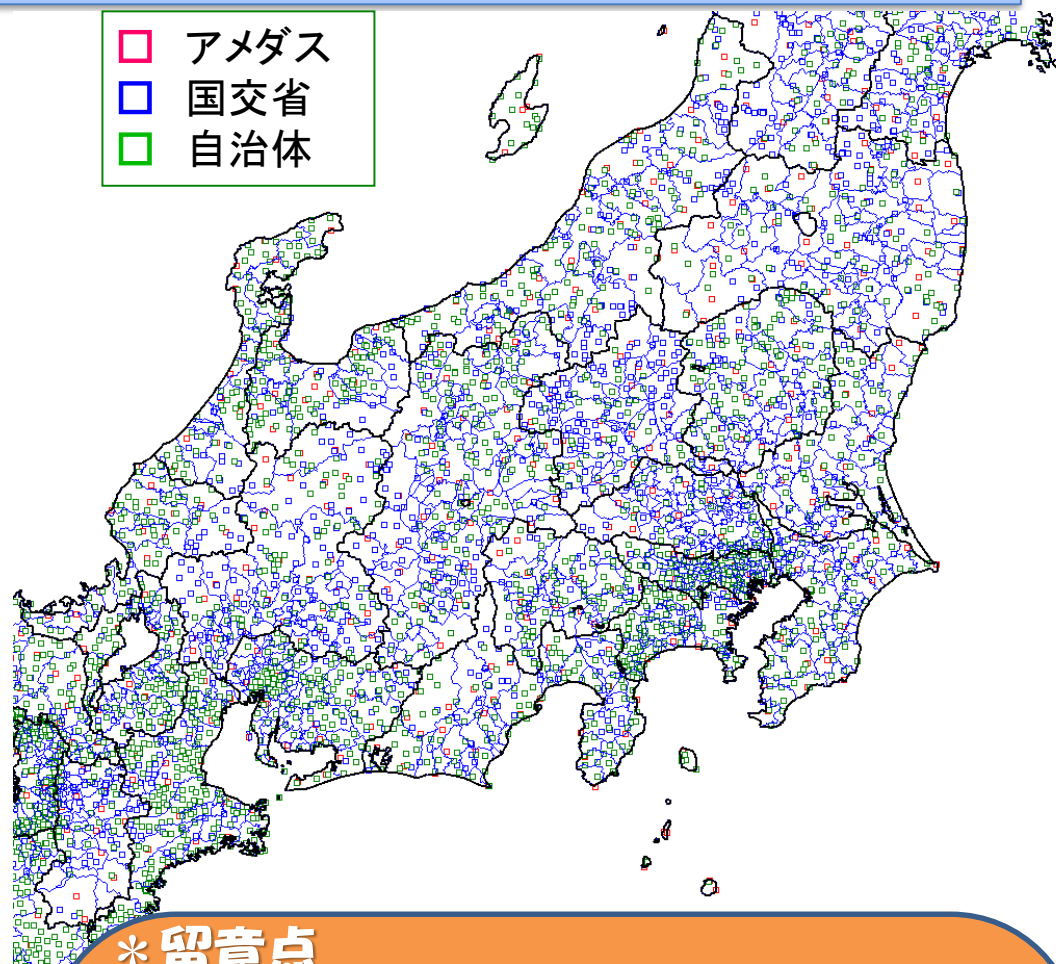
09:30JST 4169地点

10:00JST 6435地点

2012/06/10

09:30JST 7192地点

10:00JST 8385地点  
(6~7km四方ごと)



## \*留意点

- ◆時刻・季節による粗密
- ◆地域による粗密
- ◆観測環境維持、定期保守・コスト
- ◆真値として利用 (校正はできない)

# 使用するデータとその特徴(2):レーダー

## \* 特徴 \*

### ○気象庁レーダー 全国20ヶ所

→ エコー強度(約1kmメッシュ、5分毎), 頂高度(約2.5kmメッシュ、10分毎)

### ○国土交通省レーダ雨(雪)量計 全国26ヶ所

→ 降雨強度(極座標、5分毎)

### ○面的に観測値が得られる

降水タイプによる雨量係数(Z-R関係)

$$Z=BR^{\beta}$$

レーダー反射強度Z、降水強度R

気象庁では  $B=200$ ,  $\beta=1.6$  を一律に適用



## \* 留意点

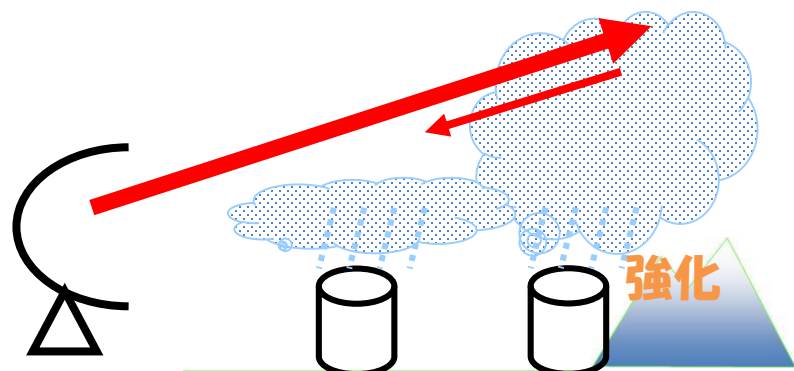
◆雨量を観測しているわけではない 雨量係数を用いて、雨量を推定

◆リモートセンシングであるため、誤差が入りやすい

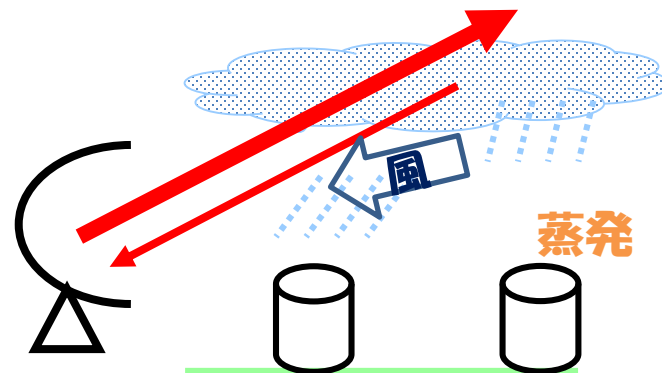
地形による遮蔽、強雨による減衰

異常エコー (クラッタ、上空エコー、フライトバンド、異常伝播・混信、降水以外、)

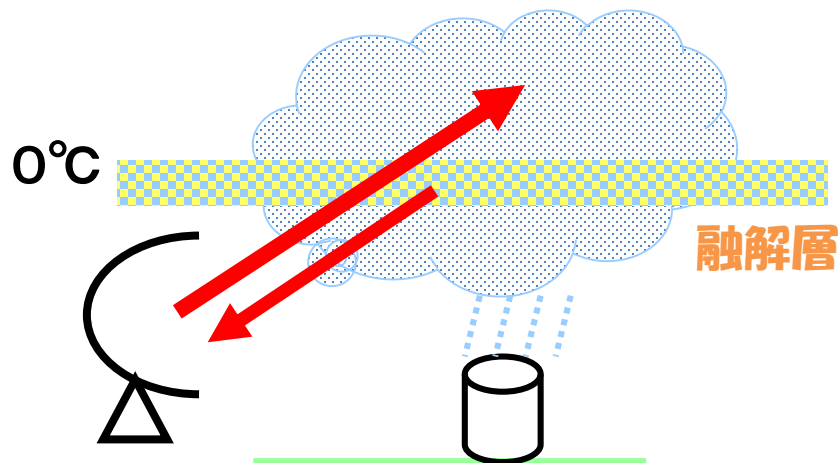
## 使用するデータとその特徴(2):レーダーの誤差の例



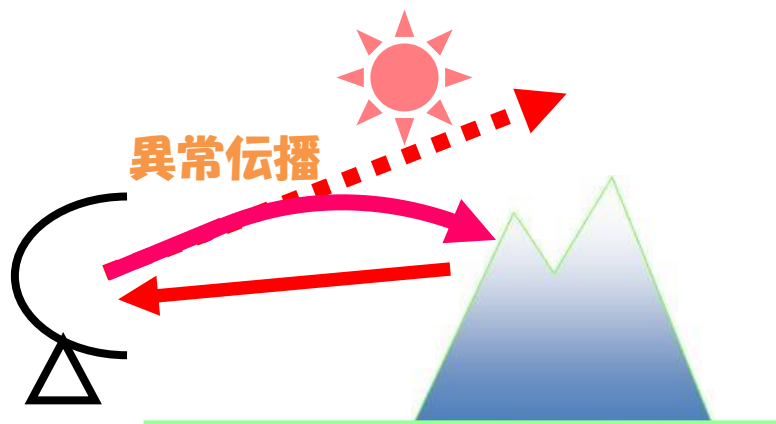
- ・レーダーの観測高度より低いところに雨雲があると捕えられない
- ・地形により低い高度で強化



- ・途中で雨が蒸発して、地上では雨量を観測しない(上空エコー)
- ・上空の風で降る位置が変わる



- ・雪から雨に変わる高度でレーダー反射強度が異常に強まる(ブライトバンド)



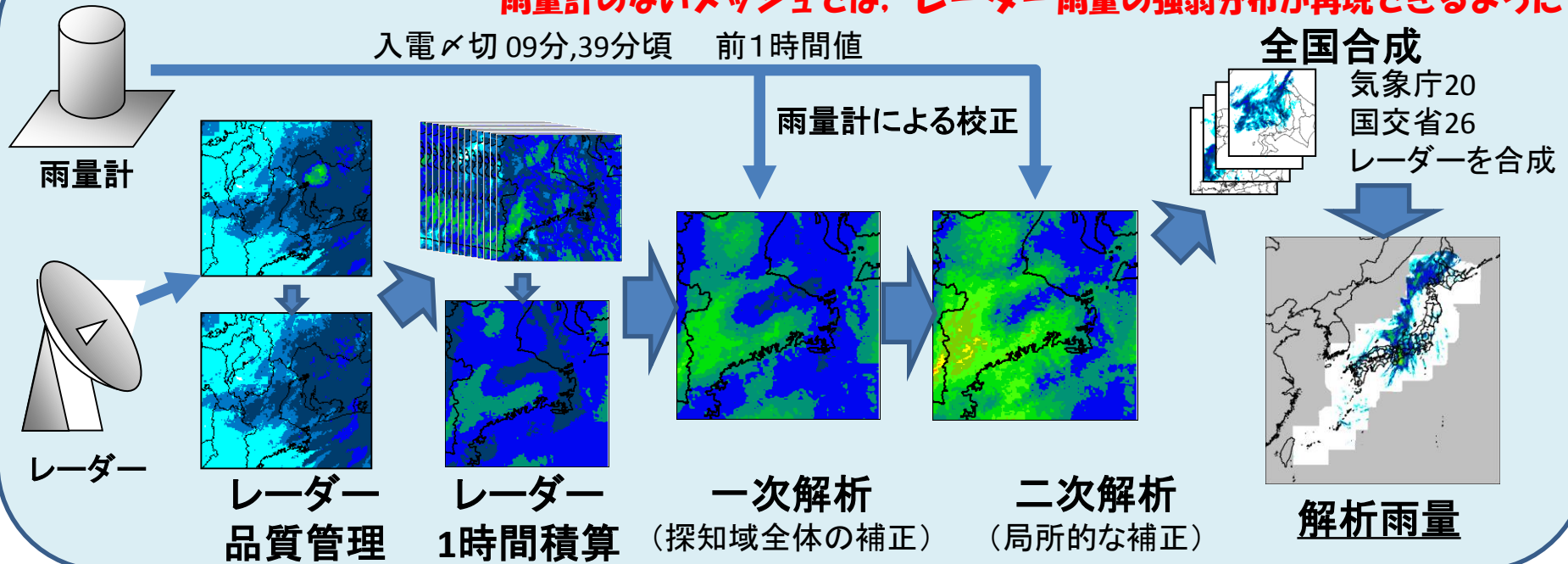
- ・電波の異常伝搬により地形エコーやシークラッタが映る
- ・その他(強雨減衰、航空機、鳥・虫、樹木、



# 解析雨量の処理の流れ

## 解析雨量の処理概要

雨量計のあるメッシュでは、観測雨量が再現できるように、  
雨量計のないメッシュでは、レーダー雨量の強弱分布が再現できるように



### ①レーダーデータの変換・品質管理・積算

- ・地形エコー等(クラッタ)の除去、ブライトバンド処理、サイト別異常格子マップによる処理、レーダーサイト周辺のエコー強度の推定、異常データの判定

- ・気象庁レーダーの積算
- ・国交省レーダーに対する処理(気象庁レーダーと同じ品質管理処理を行う)、国交省レーダーの変換・積算

### ②一次解析(探知域全体の補正)

- ・品質管理済みのレーダー積算雨量に、雨量係数を掛けて、雨量1次解析値に変換

### ③二次解析(局所的な補正)

- ・陸上の格子は、雨量一次解析値を雨量計雨量でさらに較正し、信頼性の高い雨量二次解析値に変換

### ④全国合成

- ・雨量解析値(陸上格子は二次解析値、海上格子は一次解析値)を全国をカバーする領域で合成
- ・雨量計がある格子に雨量計雨量を置き換え・埋め込み、解析雨量を作成

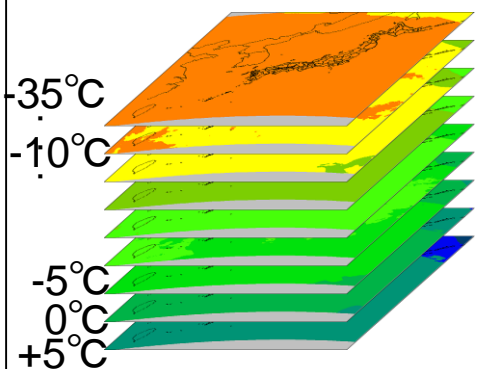
レーダーサイト毎に解析

全国一括に解析

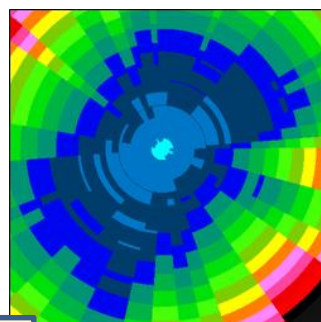
# ①品質管理の一例

## ○ブライトバンドの領域判定 ○ブライトバンドの量的補正

MSM温度別高度データ



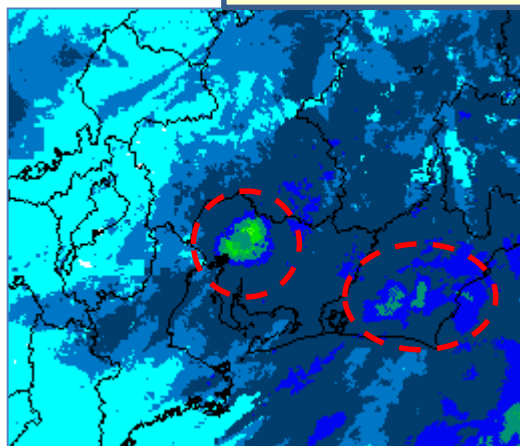
レーダー毎最下層  
高度情報



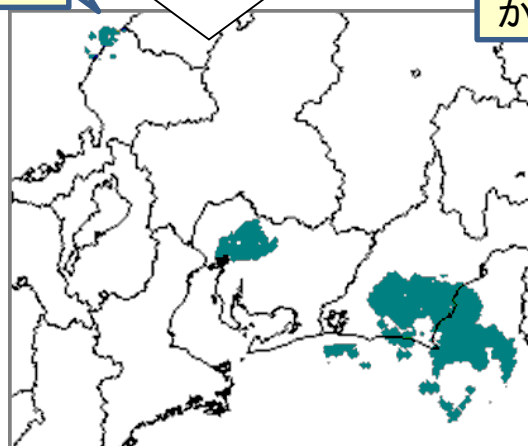
ブライトバンドとは融解層をレーダーで観測すると強い反射強度を示す現象。上空の温度(MSM)からブライトバンド領域を識別する。さらに、周囲より強度の強い領域を抽出する。

ブライトバンドの出現は層状性降水の場合が多いため、降水強度の面的一様性を仮定して、ブライトバンド判定領域の周辺の格子から距離重み付き内挿する。

融解層の抽出  
-1°C~4°Cの強雨領域

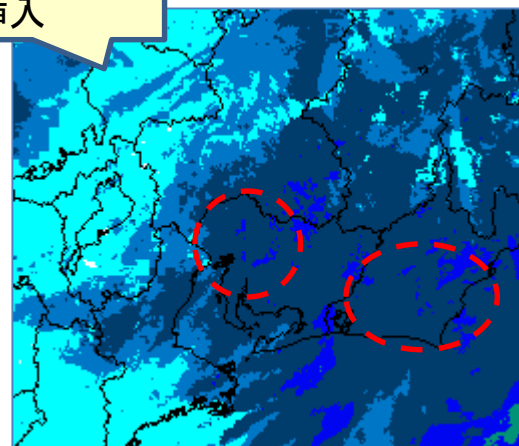


ブライトバンド処理なし



ブライトバンドの判定領域

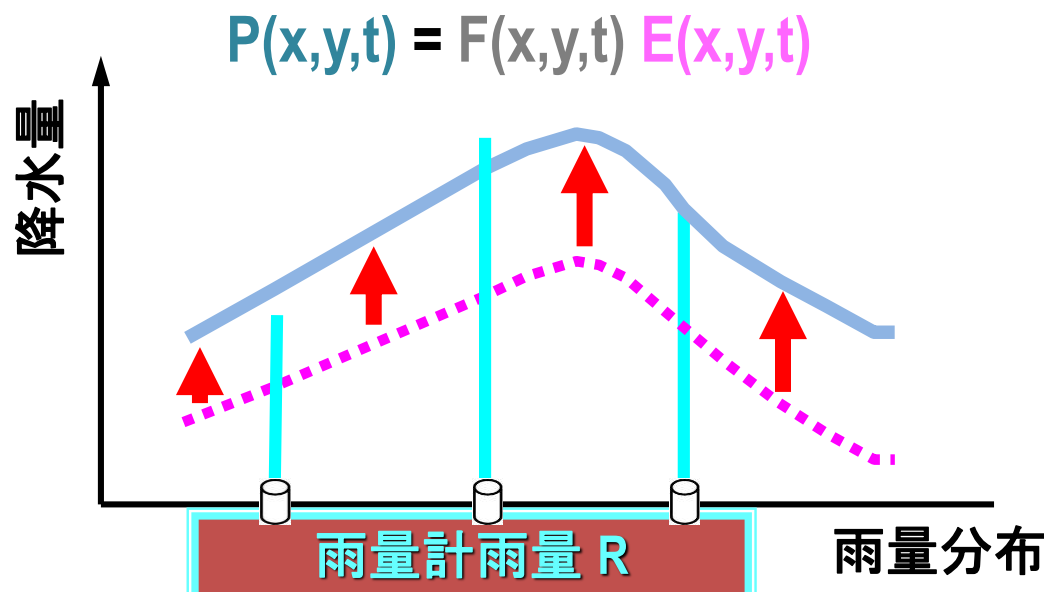
周辺の雨量強度  
から内挿



ブライトバンド処理(補正值)

## ②雨量分布の一次解析：サイト毎の広域の解析

レーダー雨量  $E$  を 雨量計雨量  $R$  で補正

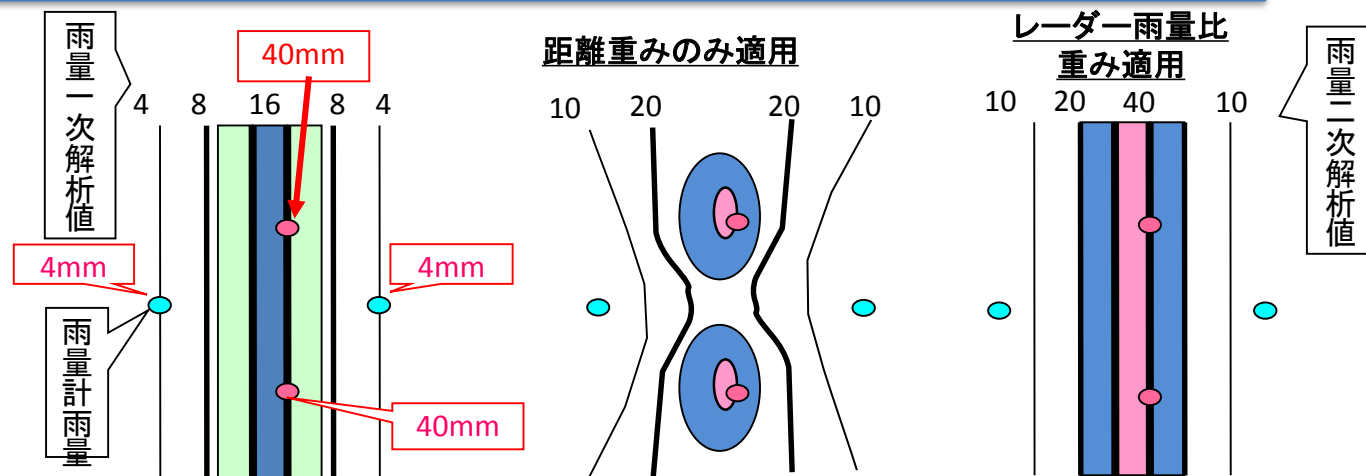


解析雨量  $P$

↑ × 雨量係数  $F$

レーダー雨量  $E$

## ③雨量分布の二次解析：局所的な解析



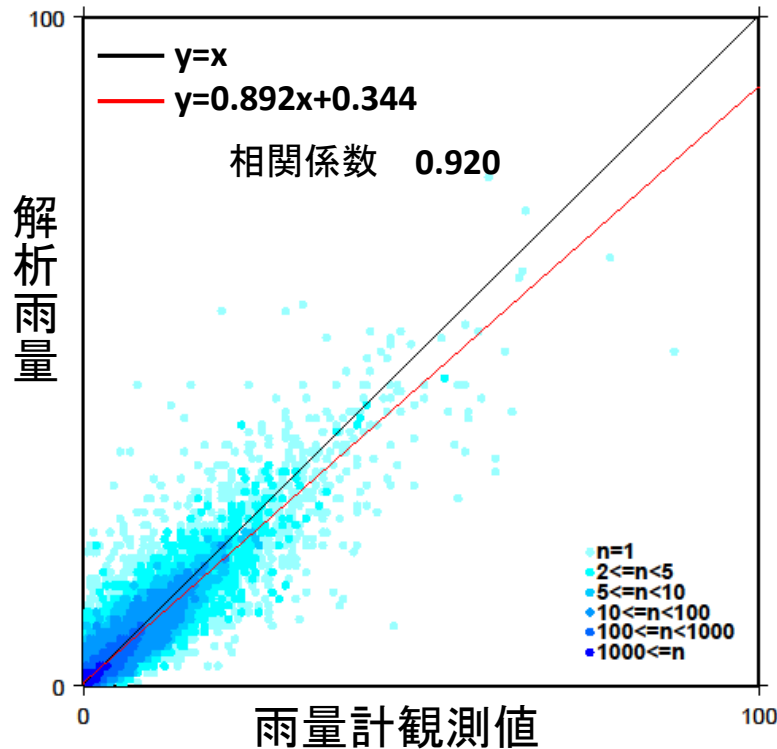
④

全国合成  
&雨量計  
置き換え  
処理等

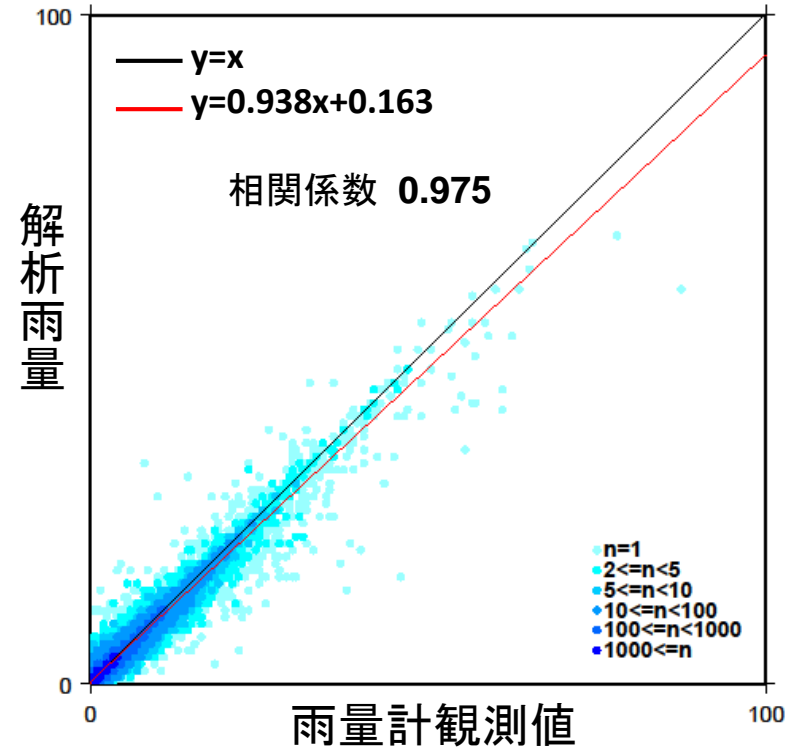
↓  
解析雨量

# アメダスを用いた精度比較

## アメダス真上の格子で比較



## 格子ずれを含めて比較



(検証方法) アメダス観測点の2割程度を使用せずに解析雨量を作成し、その地点の観測雨量と解析値をプロットする。

(結果) 1格子ずれを含めると、相関係数0.975の高い精度が期待される。

# 記録雨の迅速化⇒速報版解析雨量

## 【気象分科会の提言】

記録的短時間大雨情報の発表のための面的な雨量の算出を迅速化し、かつ、高頻度で行うことで、記録的短時間大雨情報をいち早く発表することができ、  
(以下略) (平成27(2015)年7月29日交通政策審議会気象分科会)

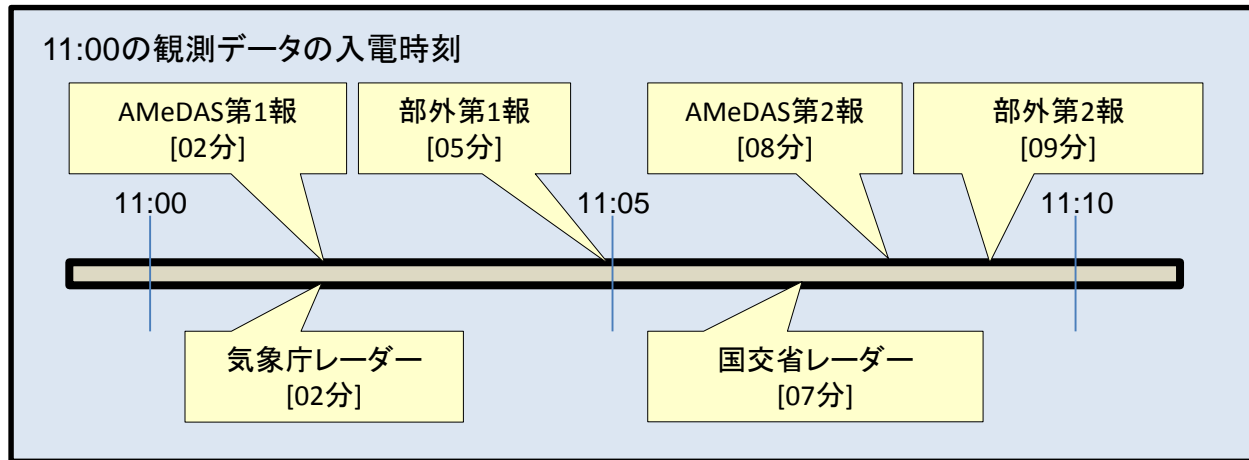
→高頻度速報版解析雨量（当時開発中）の利用が不可欠

- 通常版と高頻度速報版（当時開発中）の精度差を埋める必要
- 60分積算雨量のうち、部分的に通常版を使い、残りを高頻度速報版にして、精度を向上させる
  - 30分解析雨量（通常版） + 10分間解析雨量3つ：2016.9-2017.6
  - 50分解析雨量（通常版） + 10分間解析雨量1つ：2017.6-  
⇒ 速報版解析雨量として提供開始：2017.7-

20170704～



# 解析雨量の入力データの流れ



部外雨量計：部外第1報に間に合うデータは少ない。

⇒部外第2報を待つ必要がある。

国交省レーダー：観測時間後7分後に入電

観測時刻後9分後以降に解析雨量の計算を始めざるを得ない。

⇒解析雨量のできる時刻が遅くなる。

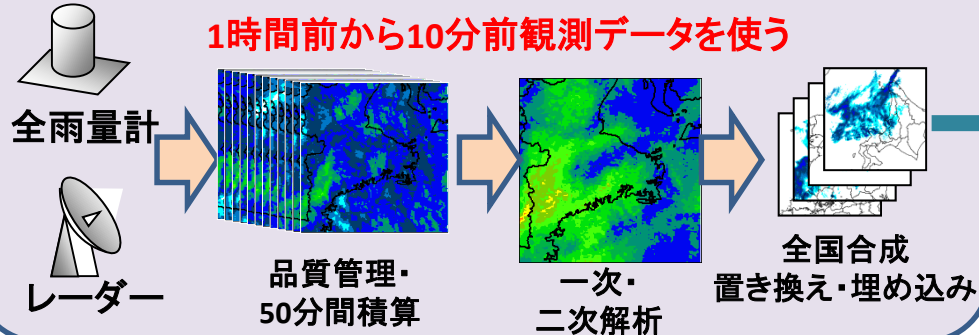


高速化を工夫：速報版解析雨量

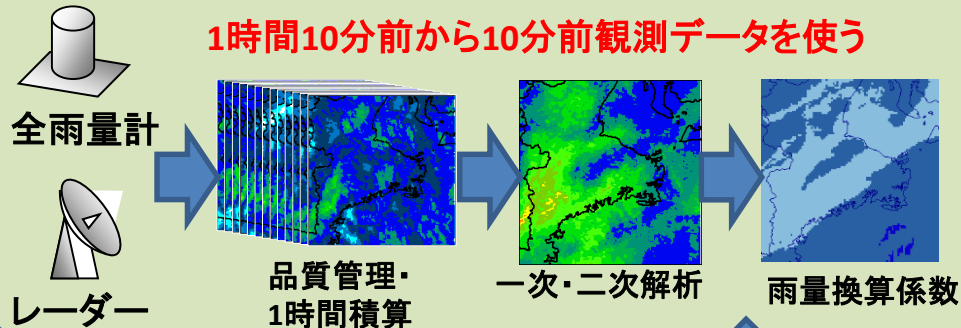
# 速報版解析雨量

20170704～

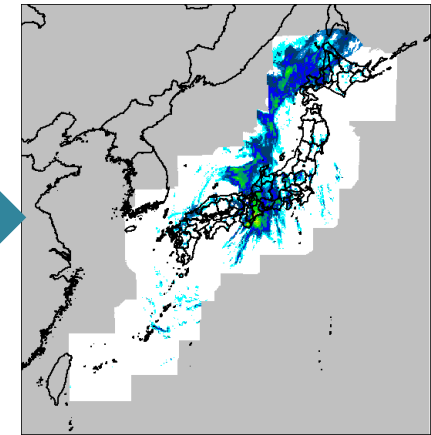
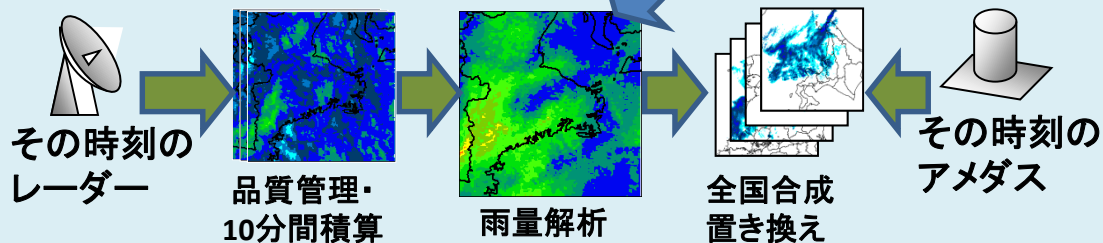
## 50分間解析雨量作成処理



## 10分間解析雨量用の雨量換算係数作成処理



## 10分間解析雨量作成処理

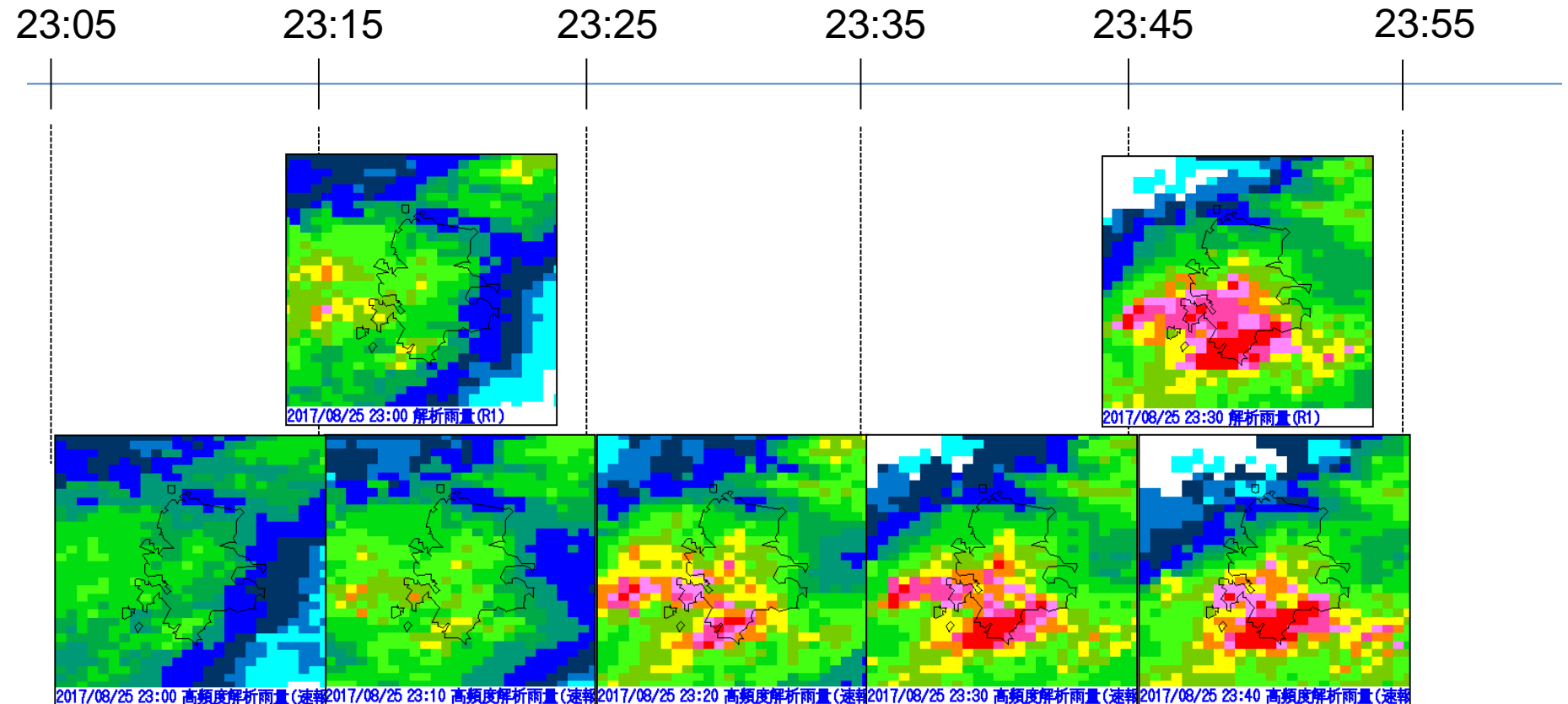


速報版解析雨量

速報版解析雨量は精度を高めるため、実時間での解析である**50分間解析雨量**と、10分前の解析を使う**10分間解析雨量**を組み合わせ、1時間雨量を作成する。

# 速報版解析雨量

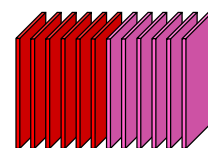
20170704～



警報発表等に役立てるため、できるだけ迅速に高頻度で解析雨量を提供できるように開発したのが**速報版解析雨量**である。通常の解析雨量は30分毎に解析時刻から約15分後に提供しているが、速報版解析雨量と10分間解析雨量は10分毎に解析時刻から約5分後に提供可能である。

# 降水短時間予報システム

## 高解像度降水ナウキャスト

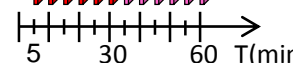


降水強度、5分間降水量

5分毎更新で

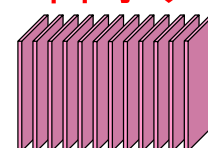
30分先まで0.25km格子

35分先から1時間先まで



1km格子

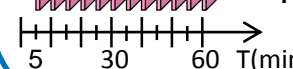
## 降水ナウキャスト



降水強度、10分間降水量

5分毎更新で1時間先まで

1km格子



高層・地上  
観測

雨量計観測

雨量計 約11000  
(2017年11月現在)

10分  
30分  
1時間毎

レーダー観測

5分毎/10分毎

エコー強度  
エコー頂高度

H30.3-

1

解析雨量

前1時間降水量

30分毎更新

1km格子

速報版解析雨量

前1時間降水量

10分毎更新

1km格子

H29.7-

降水分布

土壌雨量指数・流域雨量指数・表面雨量指数等

2

結合型予測 MRG

実況補外型予測 EX6

数値予報ブレンド 降水量

降水短時間予報/速報版

前1時間降水量

30分/10分毎更新で6時間先まで

1km格子

H30.3-



風向・風速、気温、比湿

予測降水量

予測降水量

メソ数値予報モデル MSM

(非静力学モデル : 5km格子) 39時間先まで 3時間毎

局地モデルLFM(2km格子)

9時間先まで 1時間毎

# 降水短時間予報の処理の流れ

初期値  
作成

## 初期値作成

○レーダーエコー強度と雨量換算係数(解析雨量の作成過程で算出)から、雨量強度合成値(瞬間値)を算出

## 移動ベクトルの計算

○パターンマッチングによる移動ベクトル算出

## 地形効果による補正

○地形の影響を受けている降水域を判別、MSMの利用  
○地形性降水を非地形性降水の分離、地形効果の予測

## 運動学的手法により降水の盛衰を予測

○直前の降水傾向から盛衰をパラメータ化し、外挿予測

## 予想降水量の計算・積算

○初期値(非地形性降水)を移動ベクトルによって移動  
○盛衰の加味・山越え判断  
○1時間積算値を6時間先まで計算

実況補外型予測  
(EX 9)

結合  
(MRG)

## 補外型予測と数値予報の雨量予測を組み合わせ、結合型予測

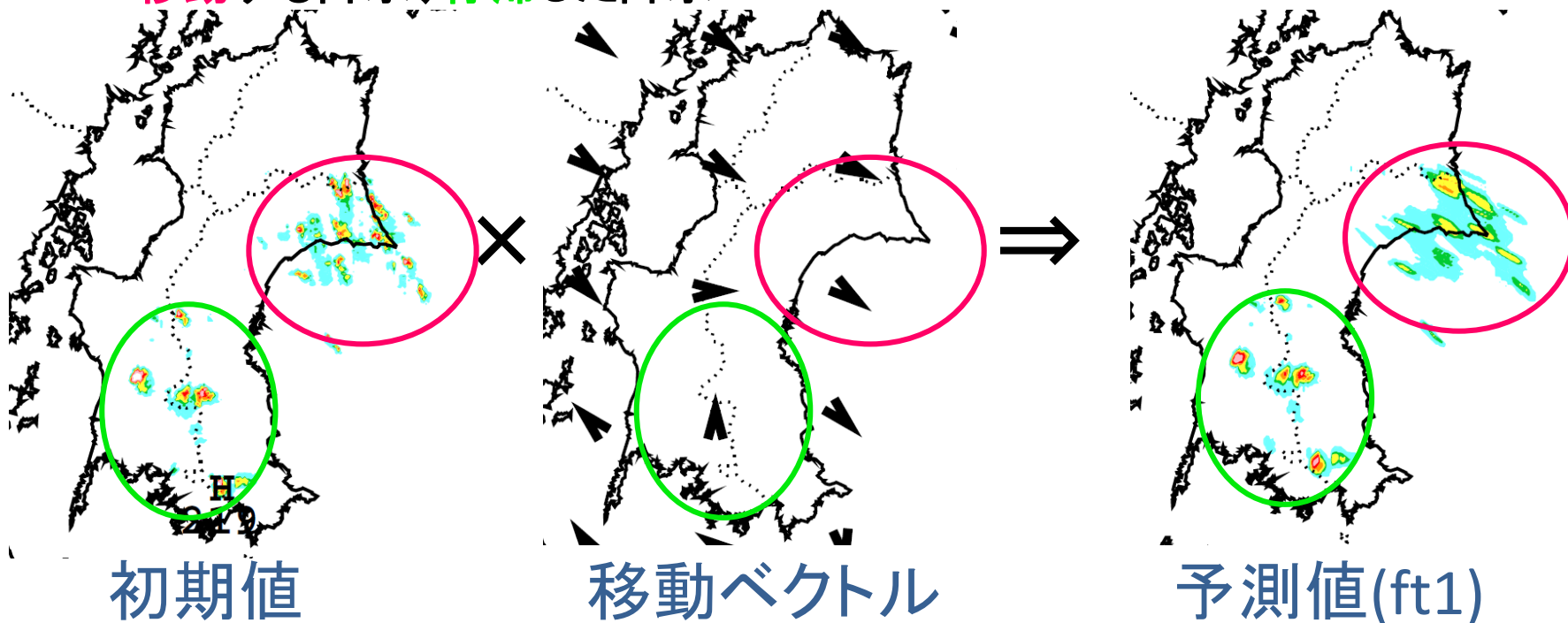
○実況補外予測とBLDの精度評価(FT3、全国13領域)  
○精度の重みで結合



# 実況補外型予測 EX6

予測値  $\div$  初期値  $\times$  移動ベクトル

移動する降水、停滞した降水

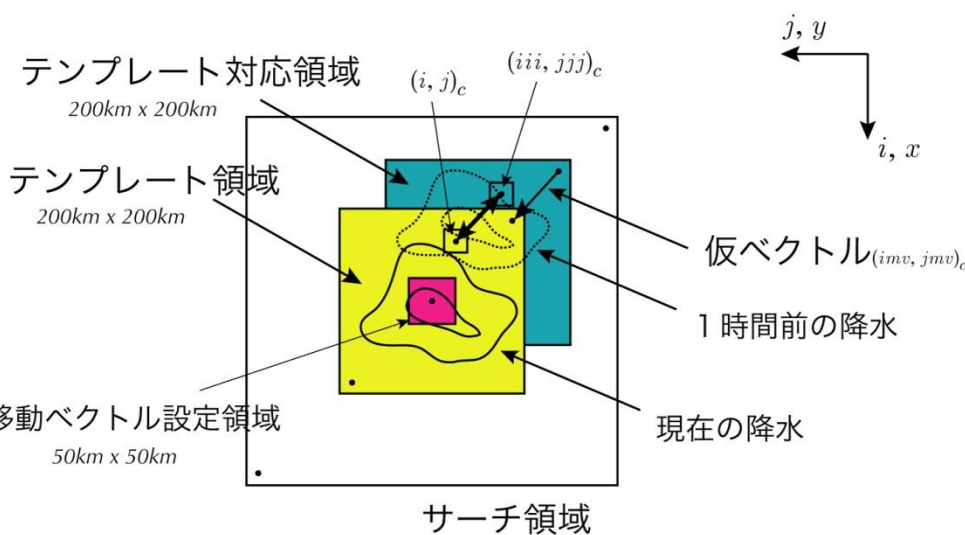
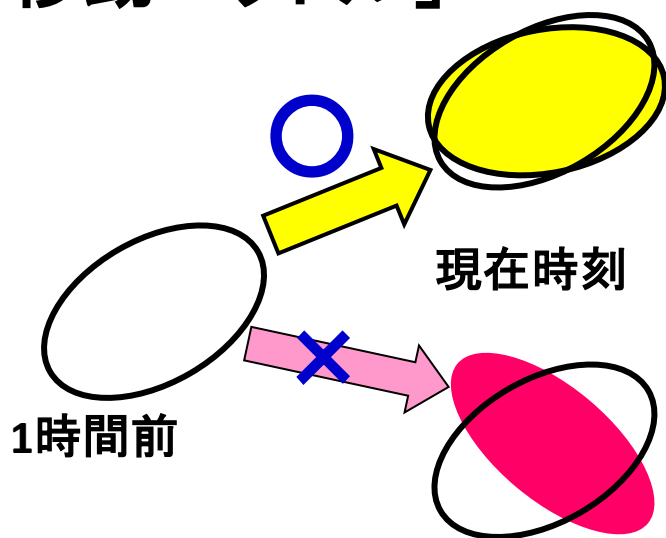


初期時刻の降水強度を、その場所の移動ベクトルで移動させ、通過する格子にその降水強度で降る降水を1時間分積算する

さらに、地形による発達・衰弱や直前の盛衰傾向を考慮

# 実況補外型予測 EX6

## 「移動ベクトル」



## パターンマッチングによる移動ベクトルの算出

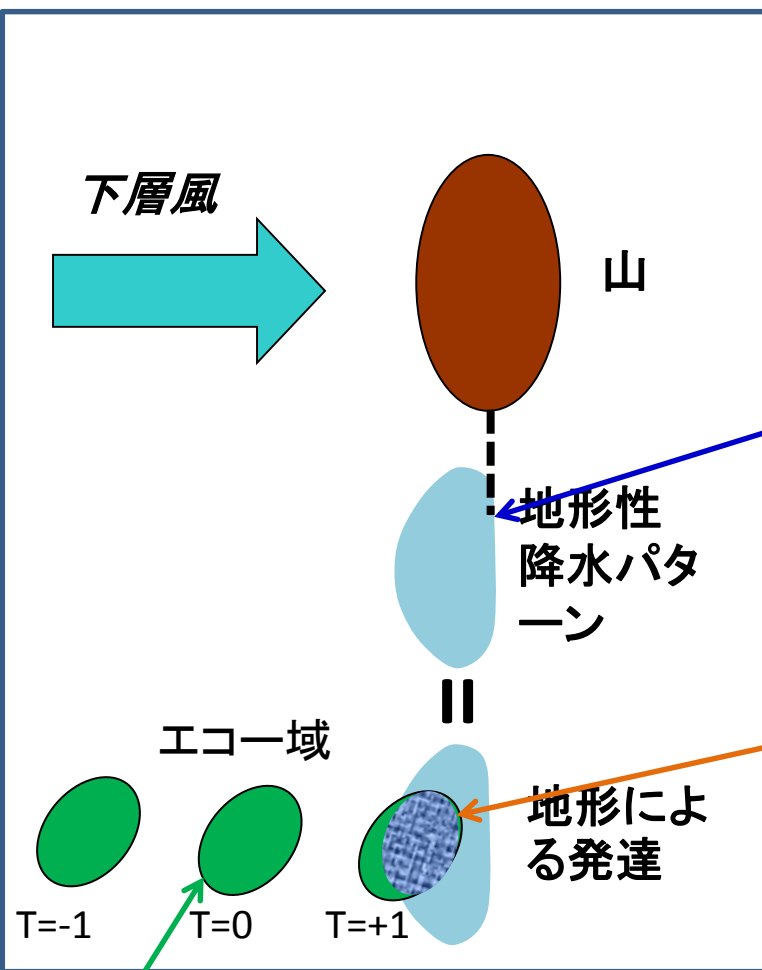
◆時刻の異なる2つの降水量分布を重ねて、最も似ている移動ベクトルを「その時刻の移動ベクトル」とする(過去3時間の解析雨量を用いる)

◆日本全国を50km格子に分割して、各領域を代表する移動ベクトルを算出する(降水域がないなどパターンマッチングが困難な時には、MSM700hPaの風を利用)。隣接格子の値を含めて重み付き平均し、移動ベクトルを1km格子ごとに割り当てる

◆強雨域は別に計算する(3種類: 0.4mm/h以上、10mm/h以上、30mm/h以上) 強雨域の移動ベクトル算出には瞬間値(全国レーダー合成)を用いている

# 地形性降水：地形による補正（発達と衰弱）

## 地形による発達



非地形性降水の強度を考慮

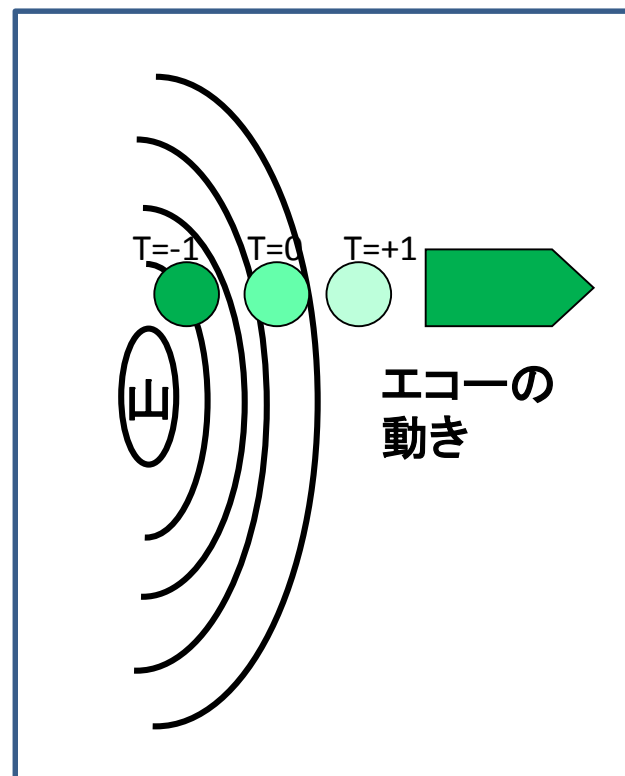
地形による強制  
上昇に伴う各層で  
の凝結量(MSM  
の下層)の積算が  
地形性凝結量

↓  
地形性凝結量の  
算出領域を地形  
性降水域とみな  
す

↓  
移流する非地形  
性降水と比較し、  
地形によって強化  
された部分を地形  
性降水として分離

↓  
分離した非地形  
性降水と地形性  
降水を用い、次の  
時刻の地形性降  
水を予測\*

## 地形による衰弱



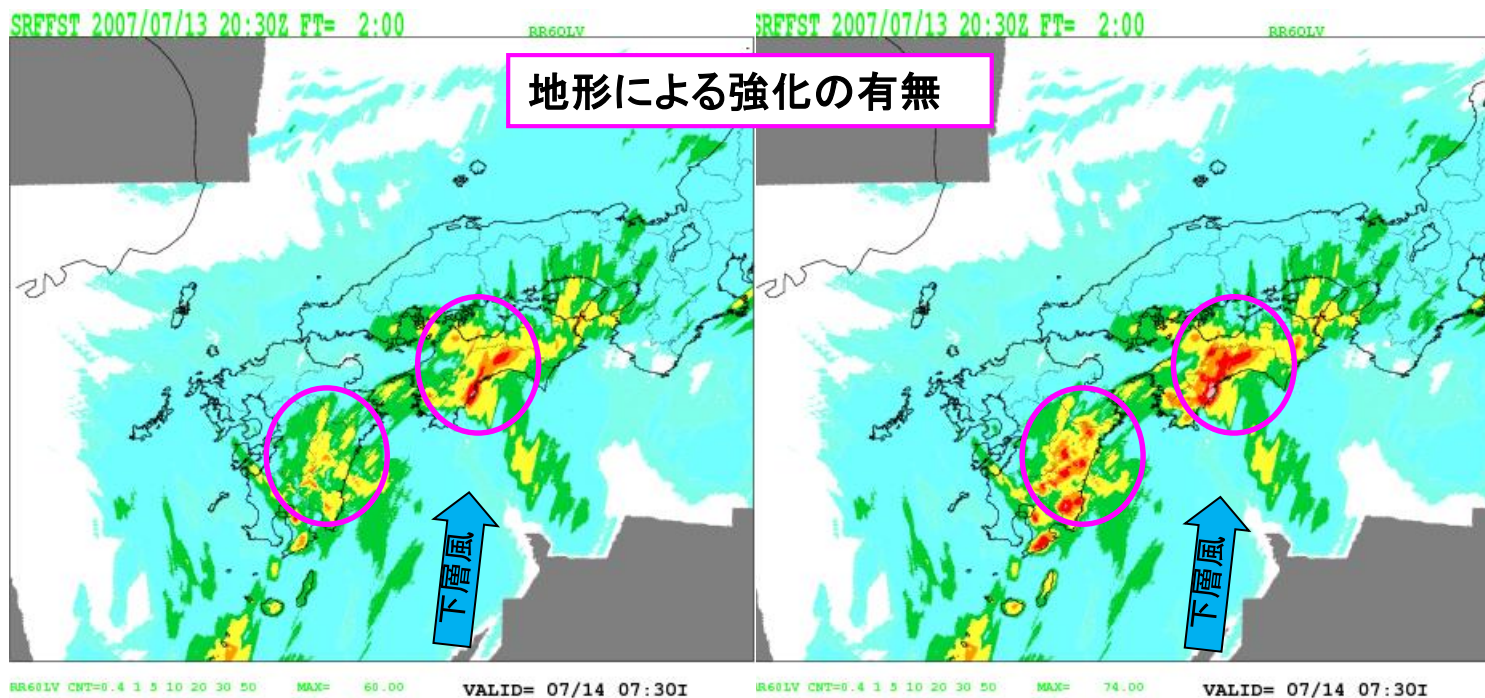
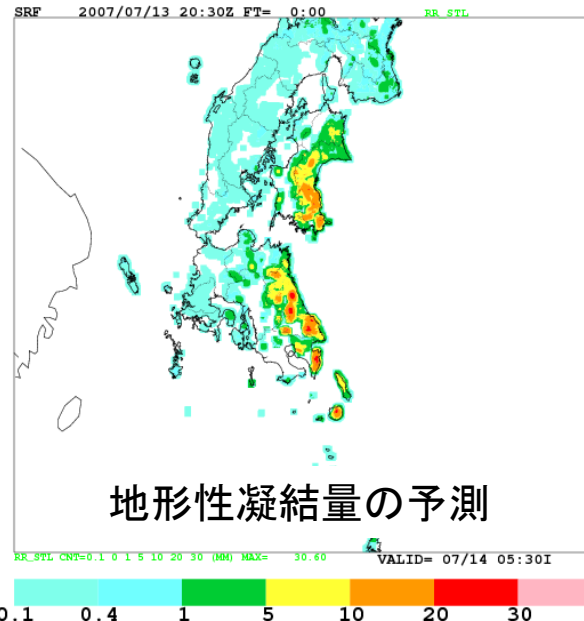
山越え後の時間経過から衰  
弱量を算出

\*) 地形性降水(FT) = 地形性降水(FT=0) × 非地形性降水(FT) / 非地形性降水(FT=0) × MSMの地形性凝結量(FT) / MSMの地形性凝結量(FT=0)

# 地形による発達衰弱の例

## (1) 発達(強化)

非地形性降水が予め計算してある地形性降水量に重なった時に両者を加算して予報値を算出する。



地形による強化を入れず

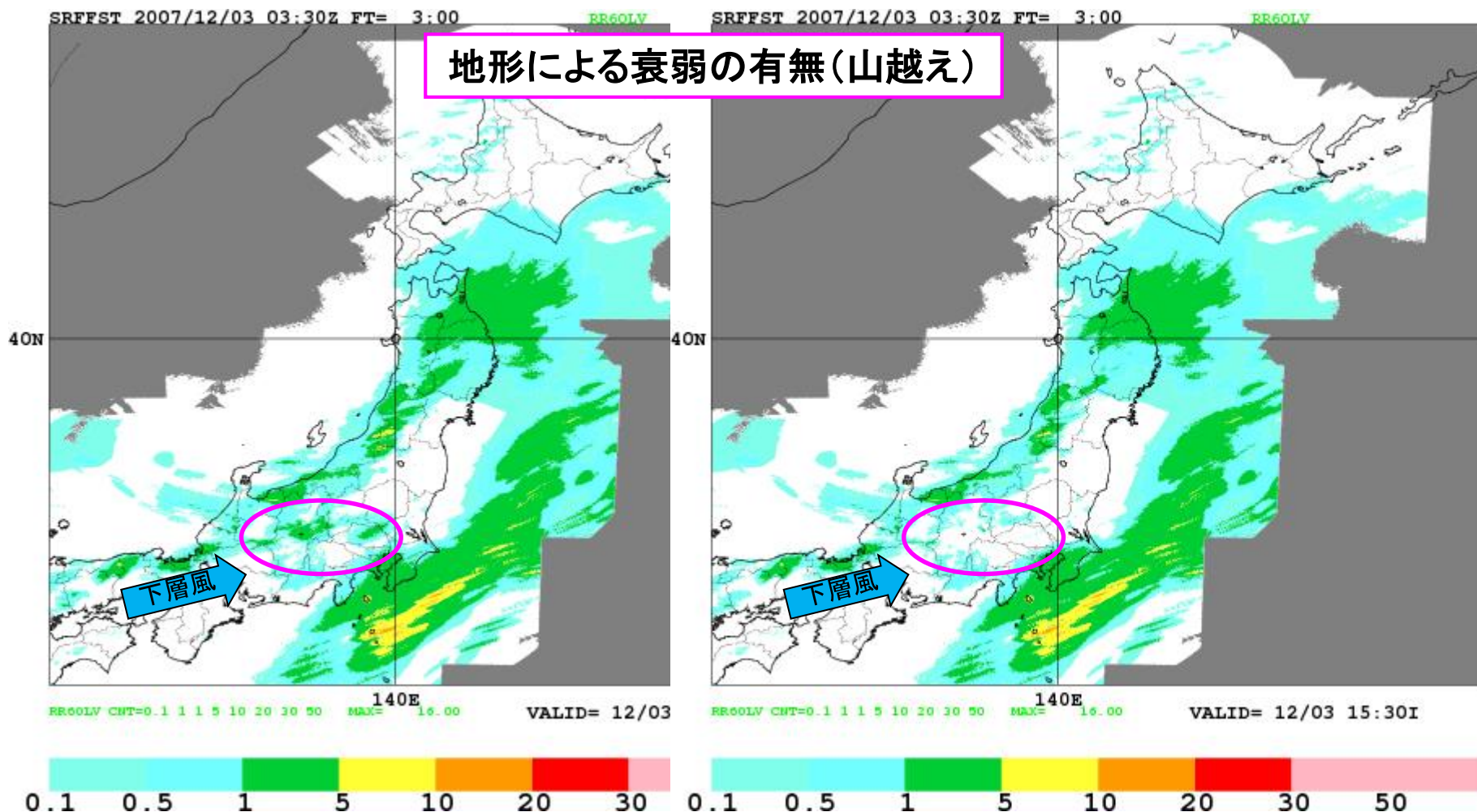
地形による強化あり



## (2) 衰弱(減衰)

予め、過去の降水分布を利用して山越え後に衰弱する度合いを求めておき、山越えした降水を山越え後の経過時間に従って衰弱させる。

### 地形による衰弱の有無(山越え)

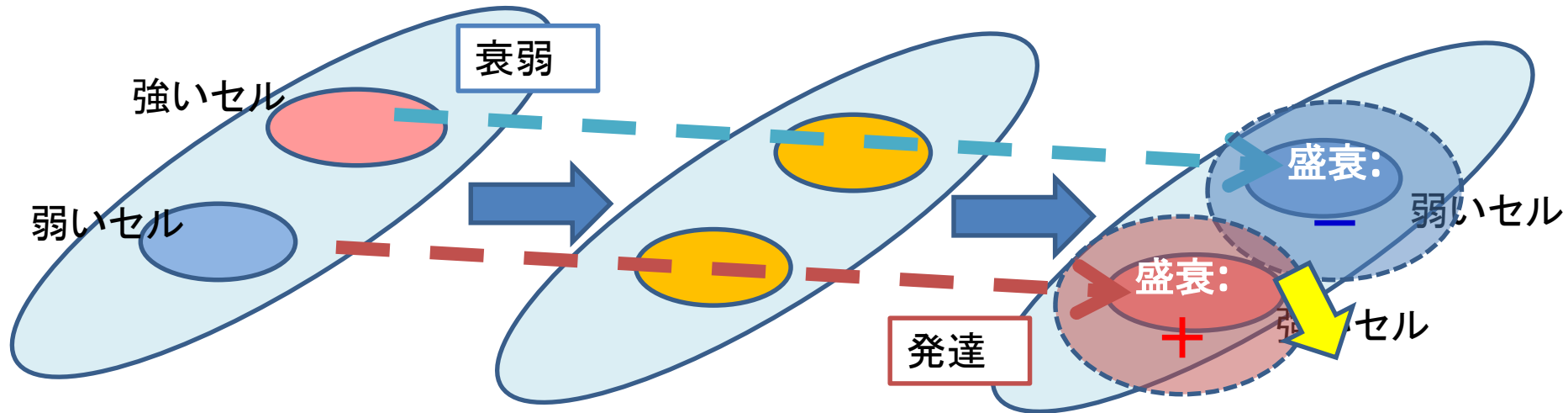


地形による衰弱なし

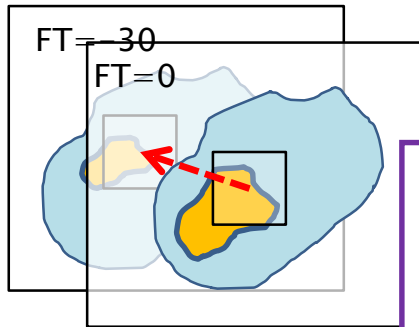
地形による衰弱あり



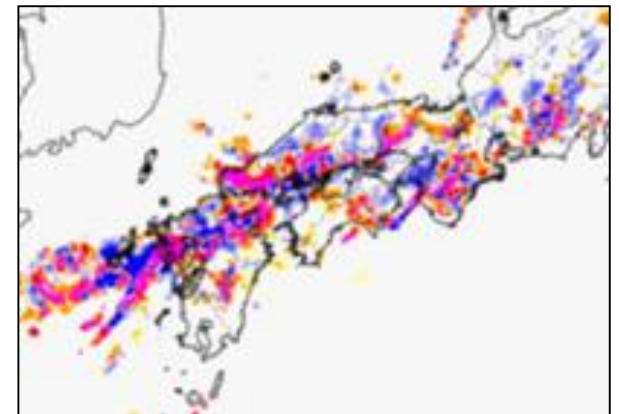
# 盛衰(発達・衰弱)の予測



降水系は東進しているが、強いセル●だけ見ると南下しているように見える。(例えば、東進するメソ降水系内のバックビルディング)



- ・ある領域の平均降水強度と、降水の移動ベクトルを使い、過去へ遡った領域の平均降水強度を比較してパラメータ化。
- ・降水セル個々の盛衰具合というより、ある程度の降水面積を盛衰させる“背景場”のイメージ



盛衰パラメータの例

# 最近の改善：1km化、時間外挿の全非線形化

20170626～

	FT1	FT2	FT3	FT4	FT5	FT6
格子間隔	1km					
予測時間ステップ	2min		5min			
移動ベクトル	前期	中期		後期		
セル・システムの移動	セルの寿命は徐々に減少 <small>(両者は漸近)</small>					
時間外挿	非線形					
実況降水変化率	徐々に利用率減少		0			
数値予報降水変化率	0	徐々に利用率増加				
地形性降水	実況重視から数値予報重視へ徐々に遷移					

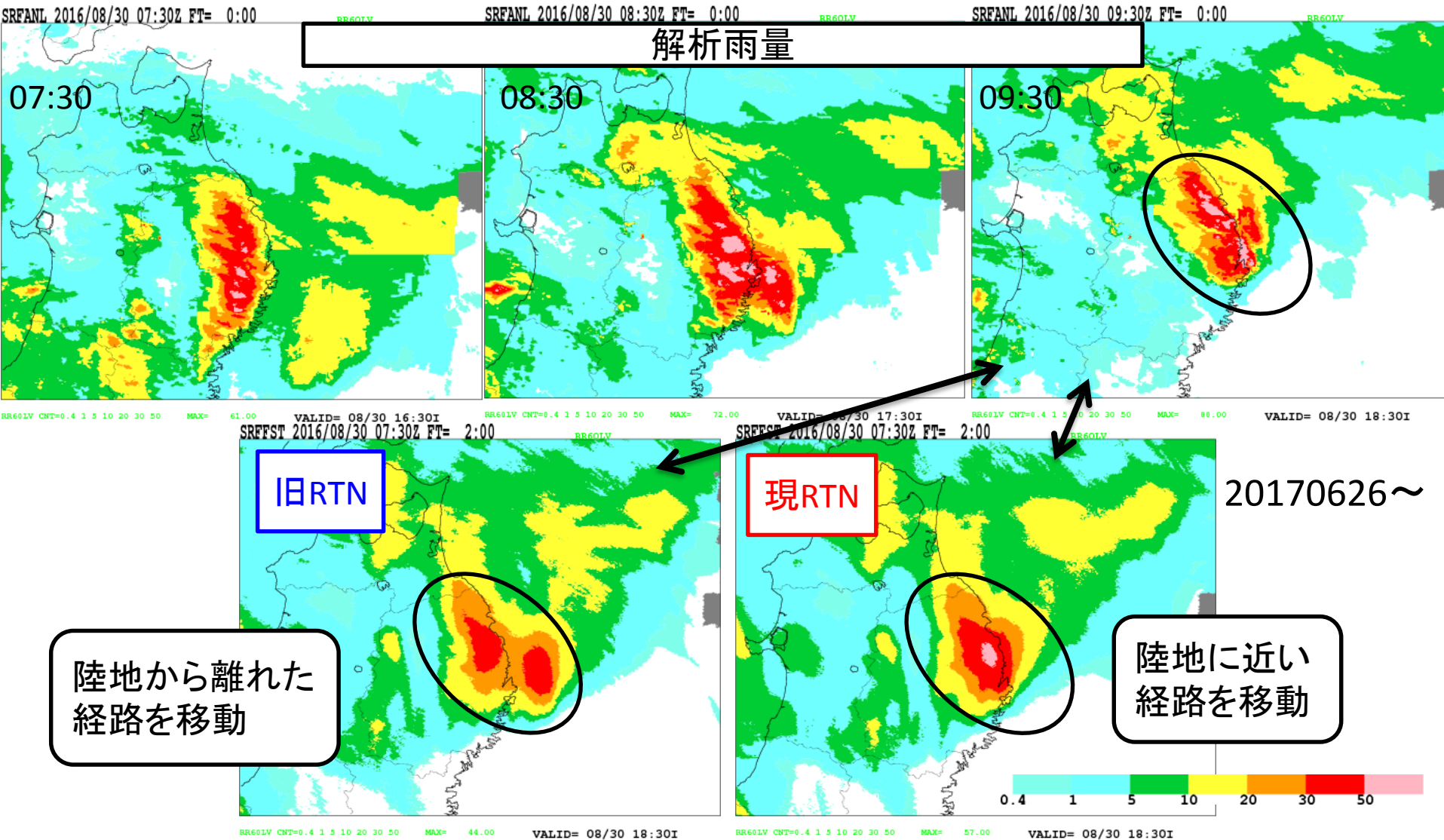
## 実況補外の基本: ラグランジュ法

「初期時刻で等間隔格子に一つ存在する降水粒子を、移動ベクトルによって移動させる」

降水粒子とは、降水システム・降水セルのペアを指す。  
 降水変化率や地形減衰・消滅は、降水粒子に対して適用される。  
 例外として、地形強化は粒子ではなく格子固有の処理である。

# 改善結果

2016年台風第10号  
8月30日07:30(UTC)のFT=2hを比較

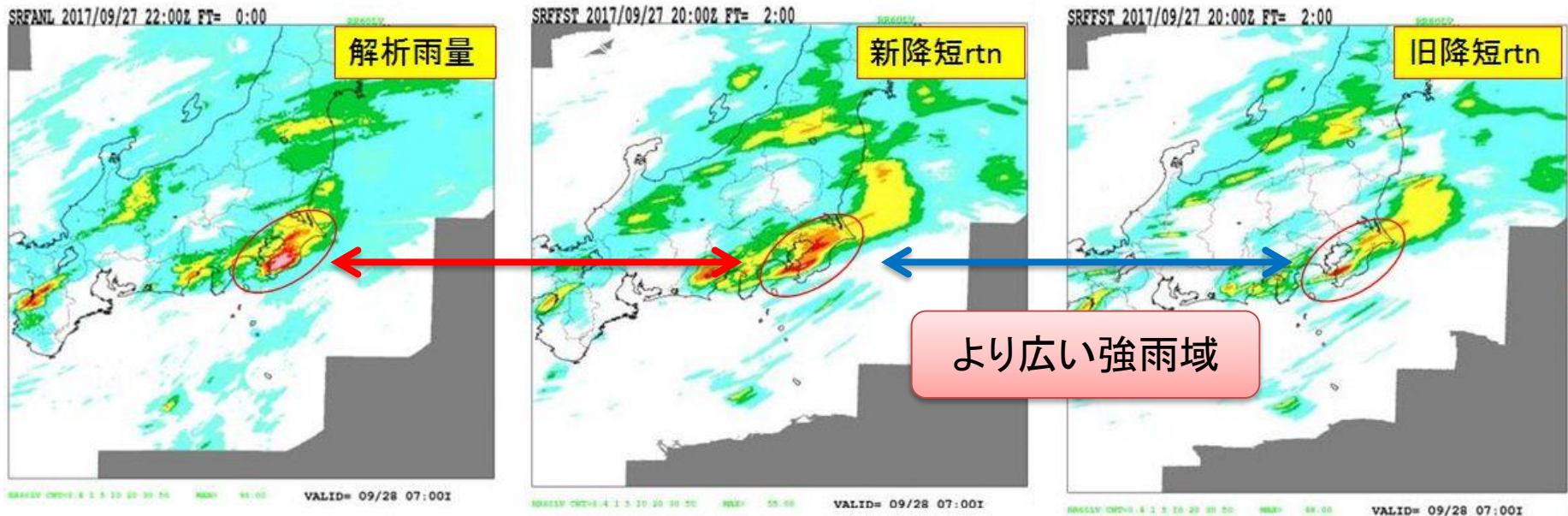


現RTN は 旧RTN に比べ、実況に近い予測をしている。

# 最近の改善：強雨予測の改善

20170626～

2017年9月28日05時00分 (JST) [=201709272000UTC]初期値の  
予報2時間目の検証結果



現RTN は 旧RTN に比べ、強雨域の広がりの予測が実況に近い。

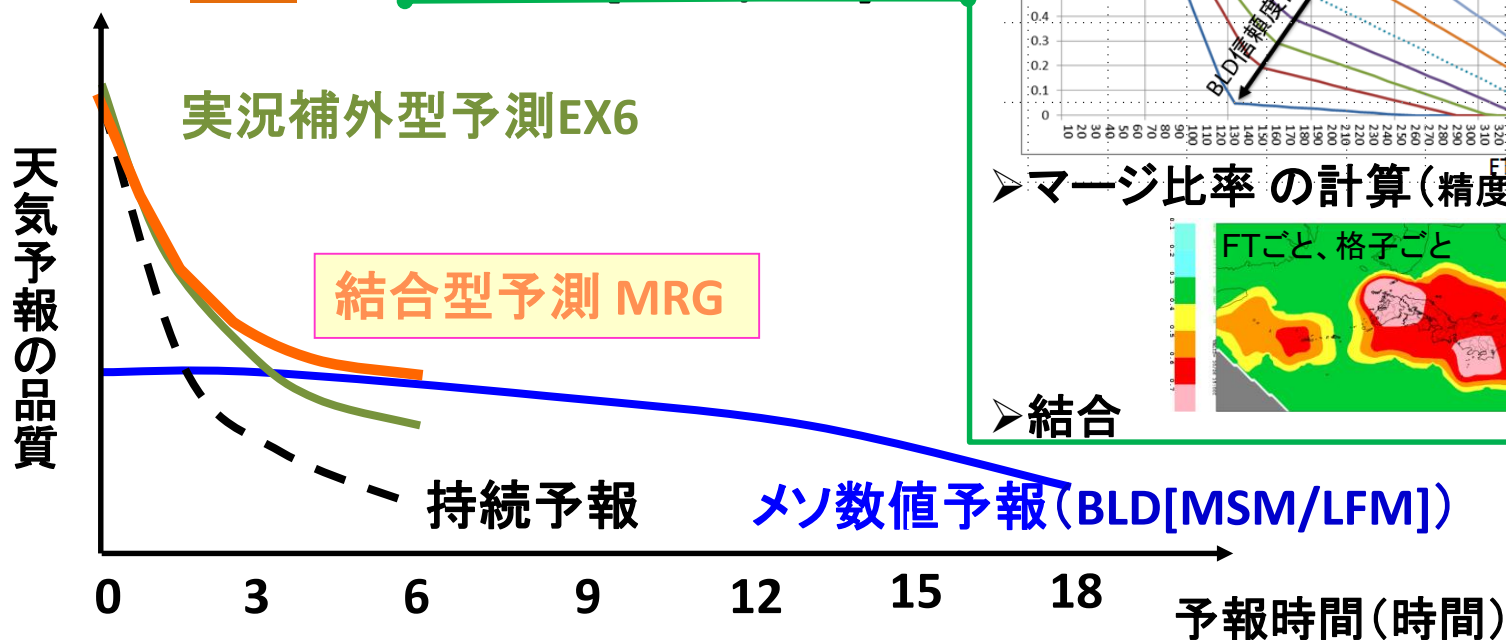


# 結合型予測(マージMRG)

- ・目先1～3時間の予測は、実況補外が有効
  - ・それより先はメソ数値予報BLDが有効
- ※BLDとはMSMと局所モデルLFMの重み付き平均予測のこと

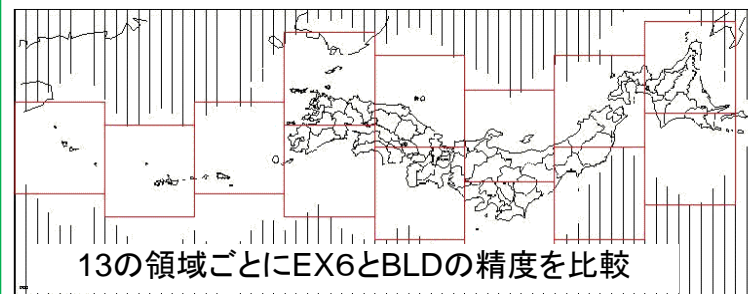


- ・実況補外予想とメソ数値予報BLDを精度による重みをかけて結合する:EX6+BLD[MSM/LFM]



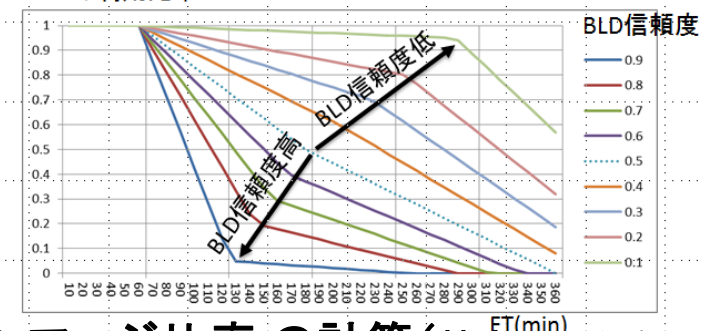
天気予報の品質(精度×きめ細かさ)と予報時間の関係の模式図

## ➤EX6とBLD[MSM/LFM]の精度比較

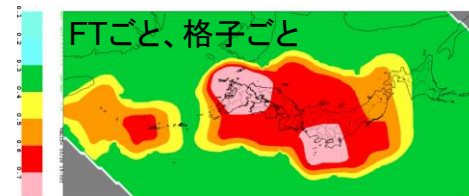


## ➤BLD[MSM/LFM]の信頼度の算出

EX6の利用比率



## ➤マージ比率の計算(精度による重み)



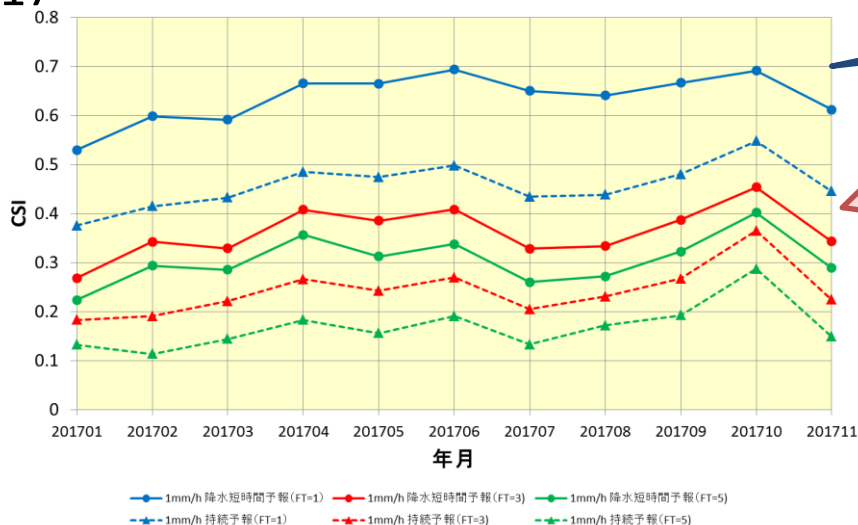
## ➤結合



# 降水短時間予報の特性：統計検証

2017

降水短時間予報:CSI(閾値1.0mm、全領域、20km平均) FT1, FT3, FT5



精度: 降水短時間予報 > 持続予報

※ 持続予報は最も単純な実況補外手法

FTとともに精度は減少

夏期間と冬期間の成績が悪い

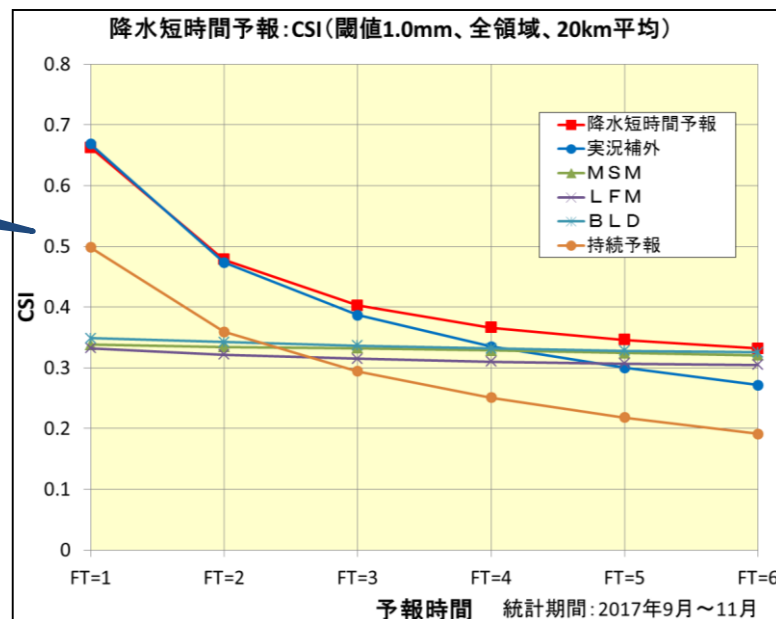
冬: エコー頂高度が低い

→ エコーを探知しづらい

夏: 雷雨性降雨の発達・衰弱を捕らえにくい

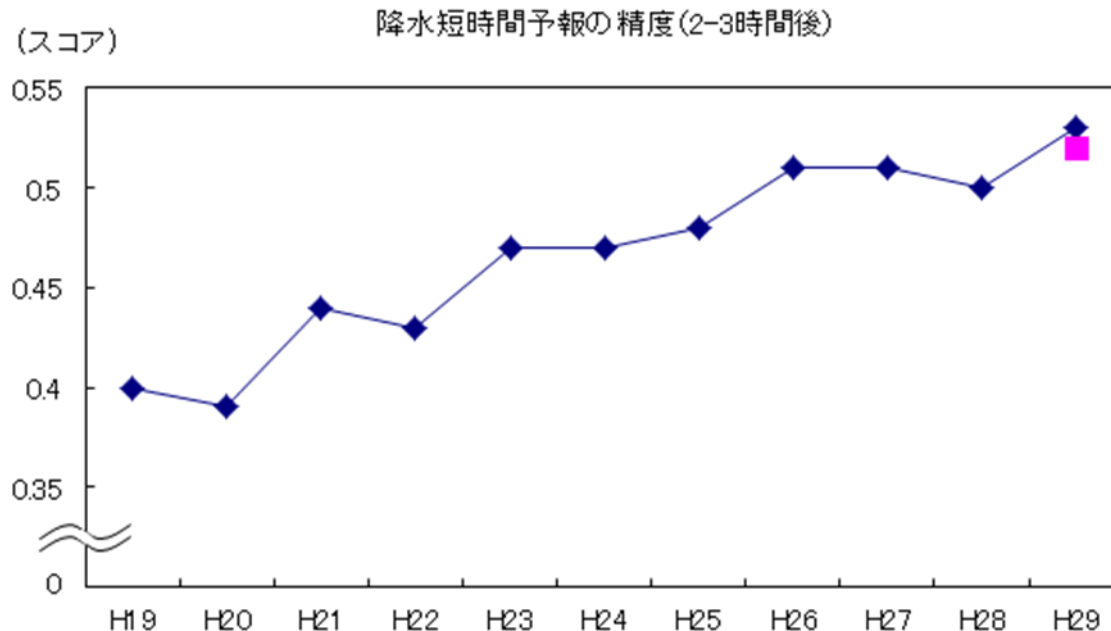
TS(色実線): 降短(PMF) > EX6, BLD, MSM, LFM, 持続(PST)

各予測手法の利点を活かした降水短時間予報は、単一手法よりも統計的な精度が高い。



# 降水短時間予報の業績指標

業績指標	(2) 大雨警報のための雨量予測精度		
評価期間等	中期目標	5年計画の5年目	定量目標
評価	A		目標値 0.52 (平成29年) 実績値 0.53 (平成29年) 初期値 0.47 (平成24年)



## ルーチン変更記録

平成29(2017)年6月26日 13:00JST(04:00UTC)  
 強雨予測等の改善

平成28(2016)年11月29日 13:00JST(04:00UTC)  
 マージ手法の改良

平成28(2016)年3月24日 15:00JST(06:00UTC)  
 地形減衰の改善

平成26(2014)年5月14日 11:00JST(02:00UTC)  
 移動ベクトルの改良・モデルの降水変化傾向の利用

平成25(2013)年10月29日 14:30JST(05:30UTC)  
 LFMの利用開始

平成25(2013)年3月26日 11:00JST(02:00UTC)  
 直前の盛衰傾向を加味した予測の改良

## 【降水短時間予報の業績指標の定義】

降水短時間予報の精度として、2時間後から3時間後までの5km格子平均の1時間雨量の予測値(=FT3)と実測値の合計が、20mm以上の雨を対象として予測値と実測値の比(両者のうち大きな値を分母とする)の年間の平均値を指標とする。

# 速報版降水短時間予報の概要

従前より高頻度かつ迅速な降水短時間予報

20180301～

## ■ 高頻度化

- ・ 30分毎の作成から**10分毎**の作成に。

## ■ 迅速化

- ・ 現在の30分ごとの降短は初期時刻の約18分後に提供しているが、速報版では**約10分早く**、初期時刻の約8分後に提供予定。
- ・ 基本的に従前の降水短時間予報と予測手法は大きく変わらないが、速報版解析雨量の技術を利用して予測を行うため、やや特性が異なる。
- ・ H30年3月から本運用開始予定。次期土砂システムで判定に利用される予定
  - － メイン判定、サブ判定の区別なく10分ごとの判定が可能になる。
- ・ 気象庁HPに1時間雨量予測を掲載予定（H30年度）

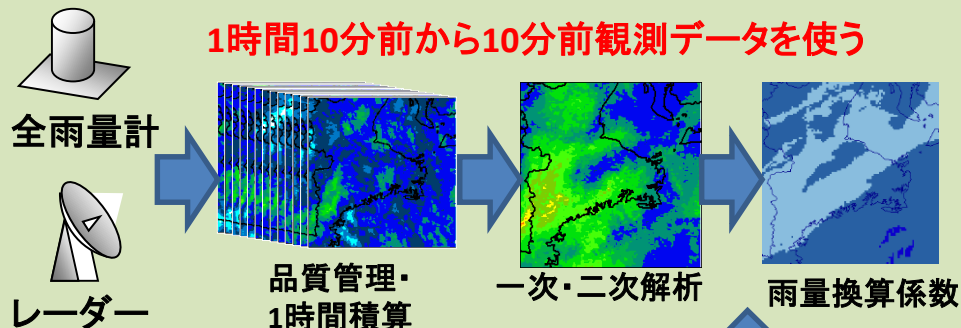
# 速報版初期値の作成手法

20180301～

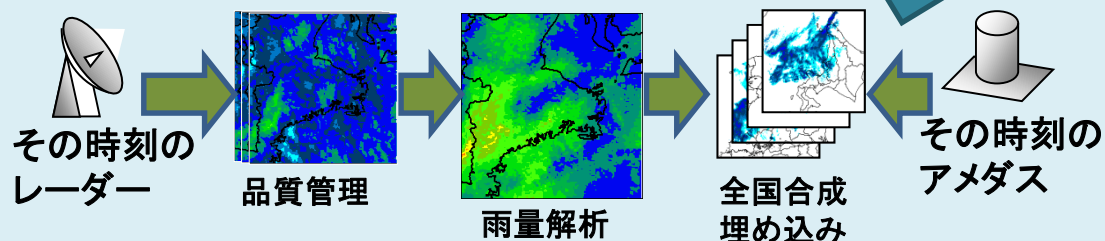
速報版降短で利用する初期値を「速報版初期値」と呼びます。

## 速報版用雨量換算係数作成処理

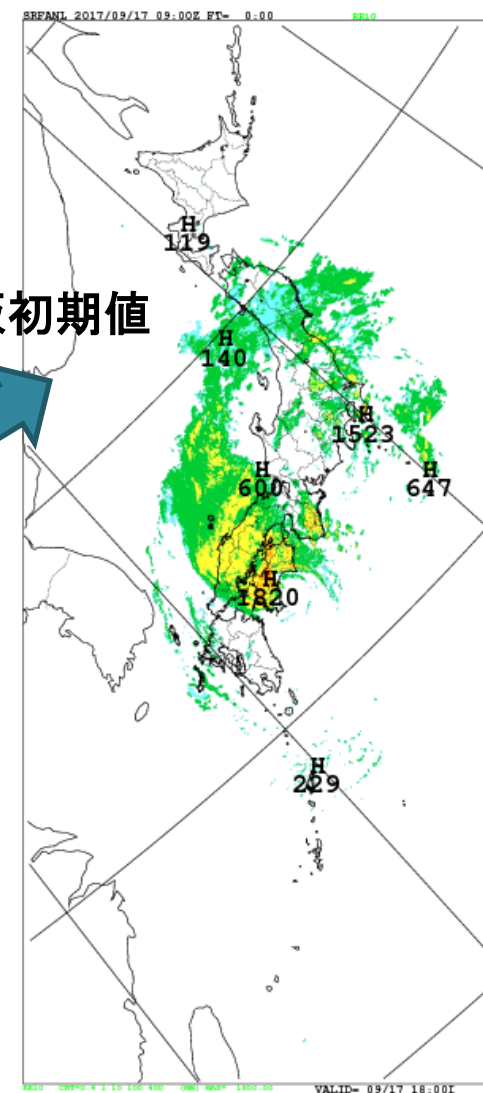
1時間10分前から10分前観測データを使う



## 初期値作成処理



速報版初期値



※「降短初期値(mm/h)＝降水強度×雨量換算係数」

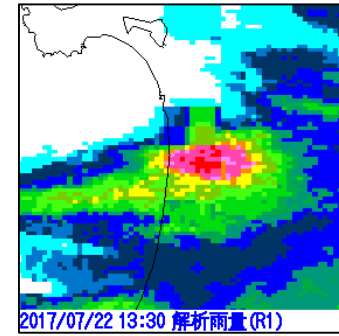
従前の降短初期値は、1時間前から初期時刻までの雨量換算係数を用いる。

# 事例検証

(参考) 13:30の解析雨量

## FT=1の降短と速報版降短のデータ入手時系列

～ 梅雨前線による秋田県での大雨 ～



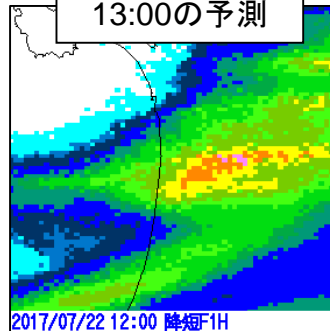
2017/07/22 13:30 解析雨量(R1)

12:10

降水短時間予報  
FT=1

12:20

12:00初期値  
13:00の予測



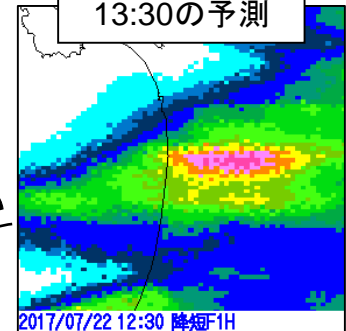
2017/07/22 12:00 降短1H

12:30

12:40

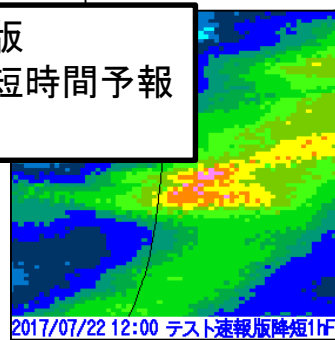
12:50

12:30初期値  
13:30の予測



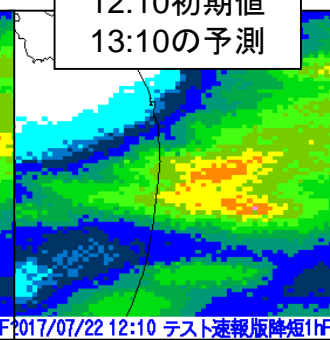
2017/07/22 12:30 降短1H

速報版  
降水短時間予報  
FT=1



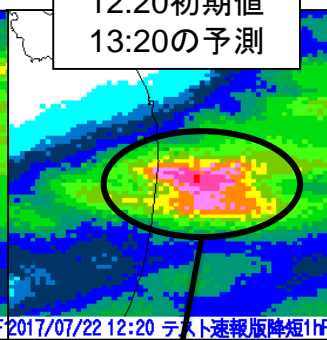
2017/07/22 12:00 テスト速報版降短1H

12:10初期値  
13:10の予測



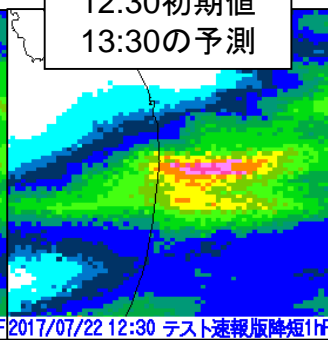
2017/07/22 12:10 テスト速報版降短1H

12:20初期値  
13:20の予測



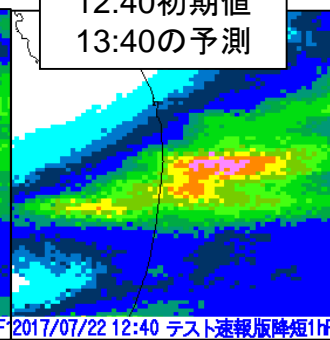
2017/07/22 12:20 テスト速報版降短1H

12:30初期値  
13:30の予測



2017/07/22 12:30 テスト速報版降短1H

12:40初期値  
13:40の予測



2017/07/22 12:40 テスト速報版降短1H

高頻度化で  
10分早い  
迅速化で  
約10分早い

この事例では高頻度化・迅速化により、  
強雨の顕在化を約20分早く察知できる

20180301～



# 降水15時間予報（仮称）の目的と概要

## 【降水15時間予報（仮称）の目的】

201806?～

台風等により夜間から明け方に大雨となる可能性がある地域を夕方の時点で把握できるようにするなど、現状より早い段階で市町村長の避難準備・高齢者等避難開始や住民の自主避難の判断を支援するため

## 【降水15時間予報（仮称）の概要】

### ➤予報内容：7～15時間後の前1時間降水量

- 降水短時間予報は6時間後まで予測しており、その先をカバーする

### ➤作成頻度：1時間ごと

### ➤予測手法：MSMとLFMを統計処理するなどして加工したデータ等を組み合わせて作成する

- 組み合わせ方については現在検討中のため、精度や利用に関する留意点等詳細な情報は後日お知らせする予定

### ➤格子間隔：約5km（緯度3分×経度3.75分）

- 降水短時間予報は約1km（緯度0.5分×経度0.75分）

### ➤運用開始：2018年6月を予定（次期NAPS運用開始時）

# 降水15時間予報（仮称）と降水短時間予報の相違点

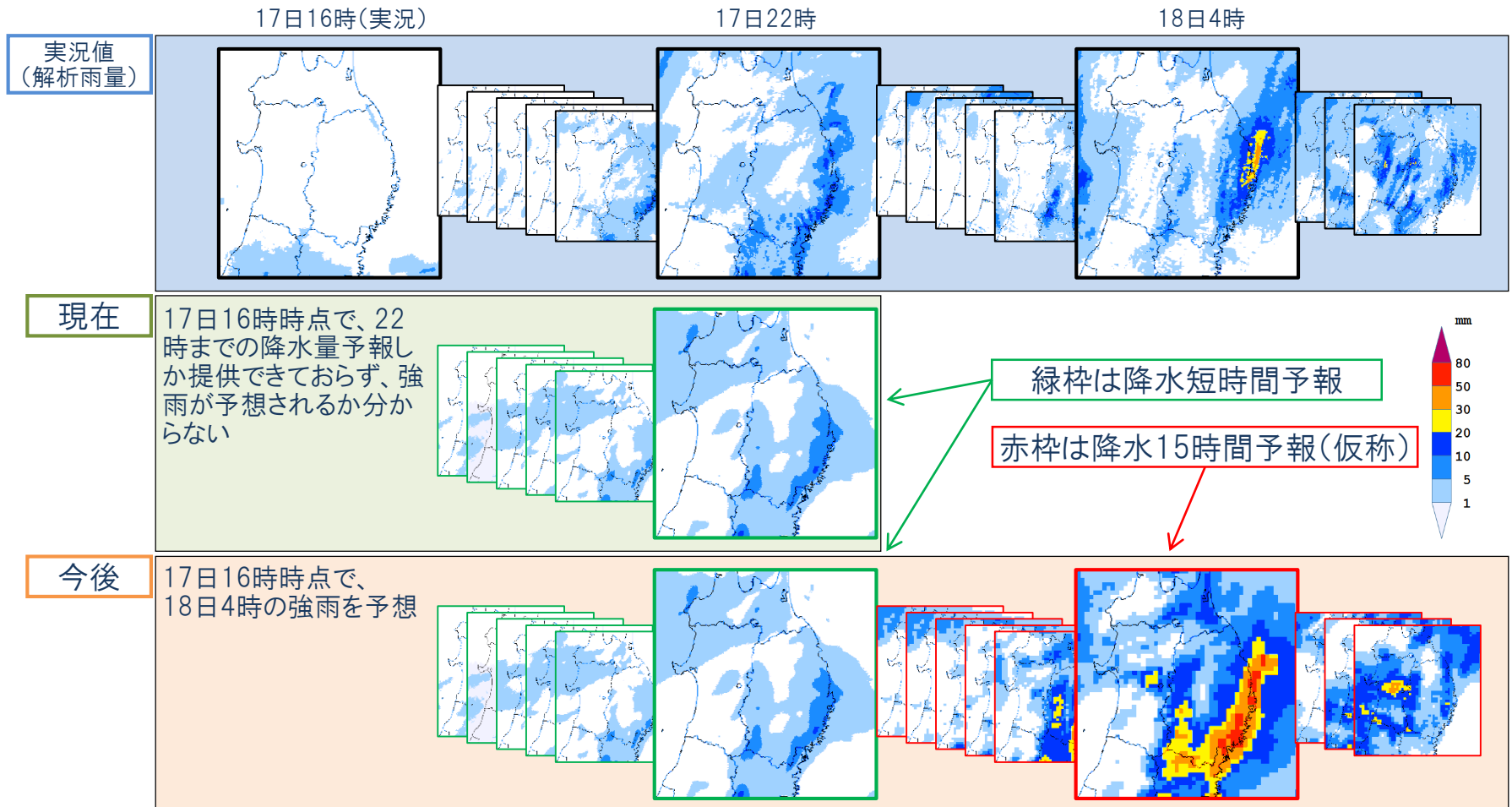
	降水15時間予報（仮称）	降水短時間予報
予報時間	7時間～15時間	1時間～6時間
作成頻度	1時間ごと	30分ごと (2018年3月に10分ごとの速報版も追加)
計算手法の概要	数値予報資料を加重平均	実況補外予測(EX6)と数値予報資料(BLD)を加重平均(MRG)
出力	1時間降水量	1時間降水量 10分降水量
格子間隔	約5km (緯度3分×経度3.75分)	約1km (緯度0.5分×経度0.75分)

201806?～

# 降水15時間予報（仮称）の予報例

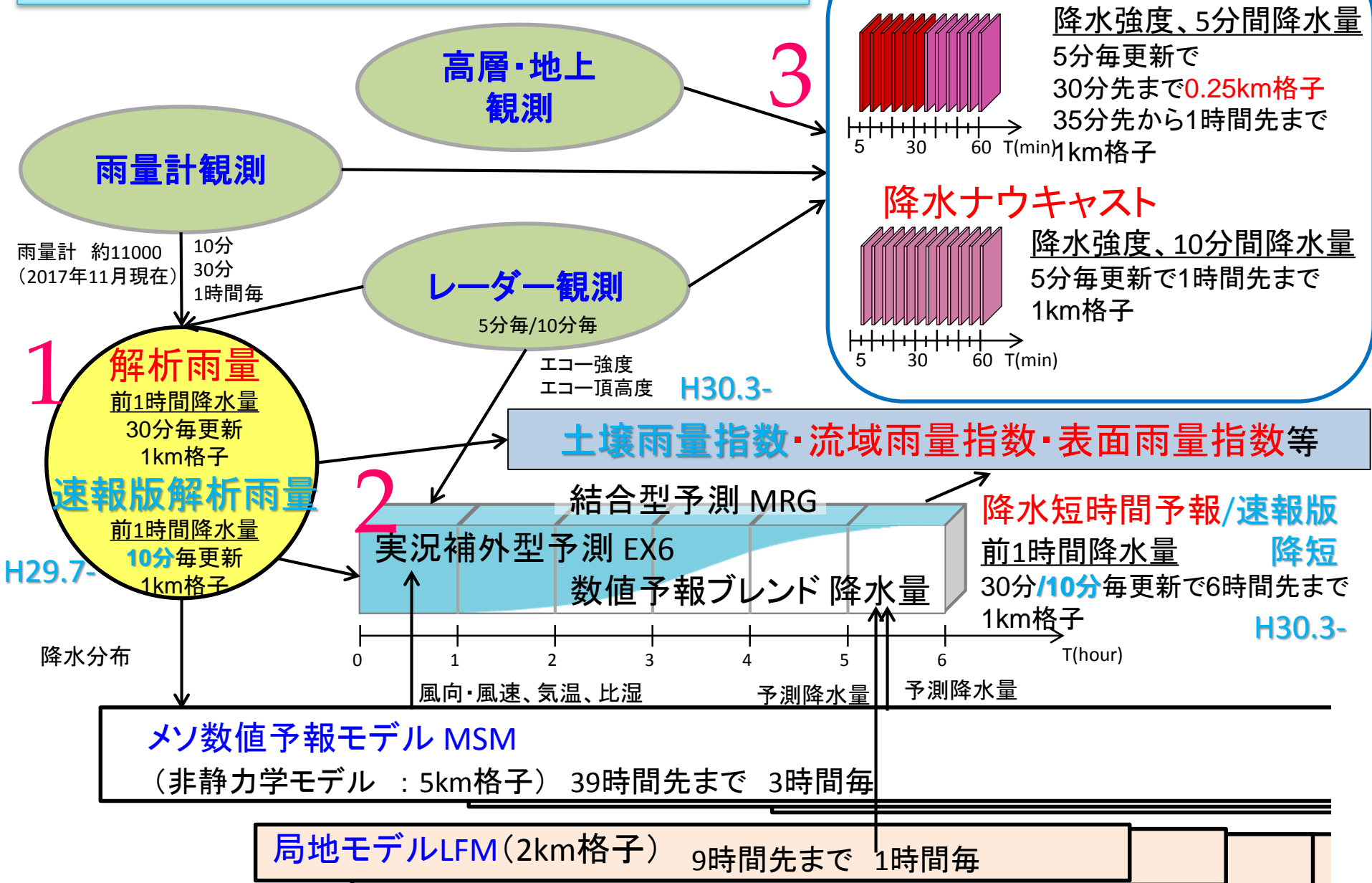
平成29年(2017年)9月17日16時の例

201806?～



- 上記の平成29年台風第18号の例のように、降水短時間予報に比べて解像度は低くなるものの、降水15時間予報（仮称）では夜間から明け方における降水量予測を前日夕方のうちに提供することが可能になる。

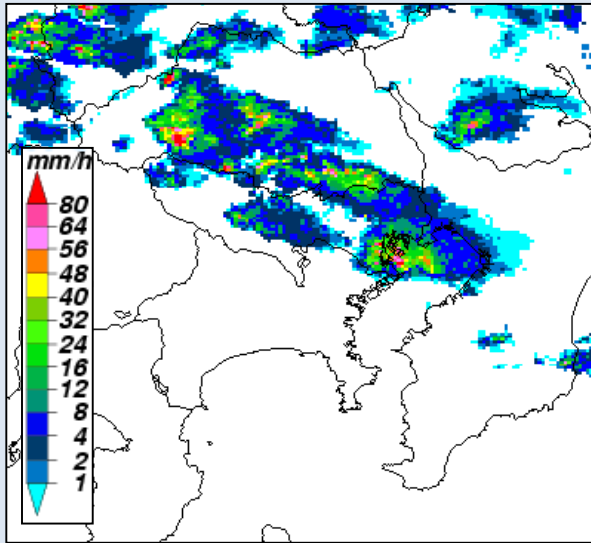
# 降水短時間予報システム



※1999(平成11)年～2014(平成26)年までの変遷などについては参考資料「時間の長短: 道具の変遷を辿りながら」参照

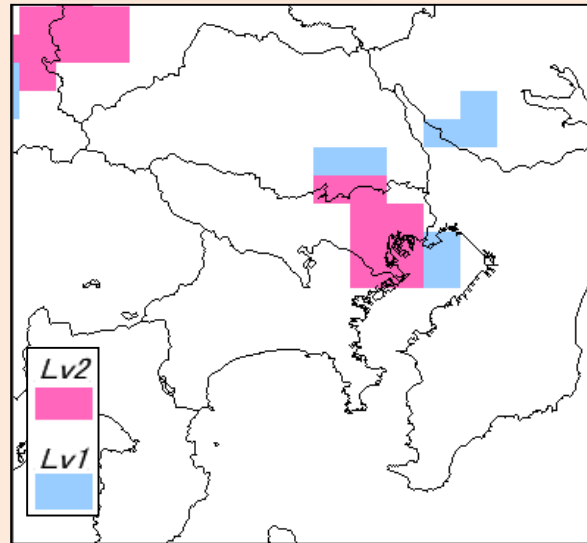
# 気象庁のナウキャスト

## 降水ナウキャスト



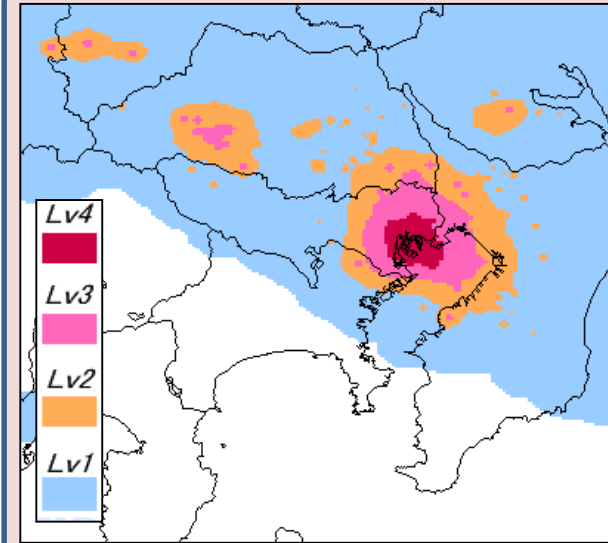
- 降水量・分布を解析・予測
- 5分毎、60分先まで
- 国交省XRAIN等を利用した高解像度NCもある

## 竜巻発生確度 ナウキャスト



- 竜巻等の激しい突風の発生確度を解析・予測
- 確度は2段階で表示
- 10分毎、60分先まで

## 雷ナウキャスト



- 雷の激しさ・雷の可能性を解析・予測
- 10分毎、60分先まで



# 降水ナウキャスト

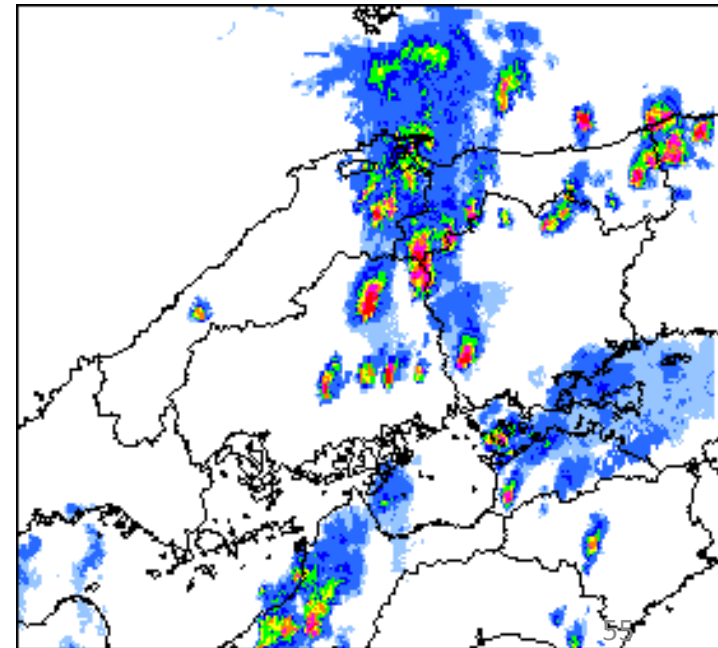
予測手法は降水短時間予報に準じた実況補外

レーダー観測後3分以内に配信

⇒計算高速化が必要

- 1) 5分毎のレーダー合成図を利用
- 2) 移動ベクトルは毎回算出(2011年3月～)
  - ・レーダーエコー強度の動きから
  - ・降水セルではなく、降水パターンを追跡
  - ・小規模な降水系にも対応
  - ・強雨域の停滞も表現
- 3) 強雨域と地形性降水域の発達・衰弱を予測
- 4) 台風周辺では、回転成分を考慮

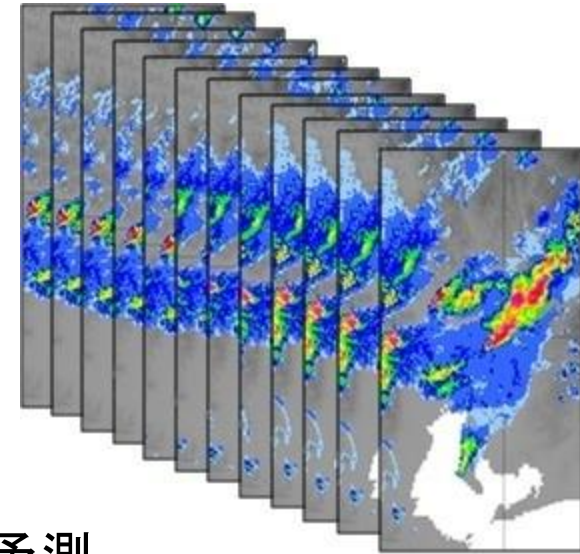
強雨域の停滞例



# 降水ナウキャスト

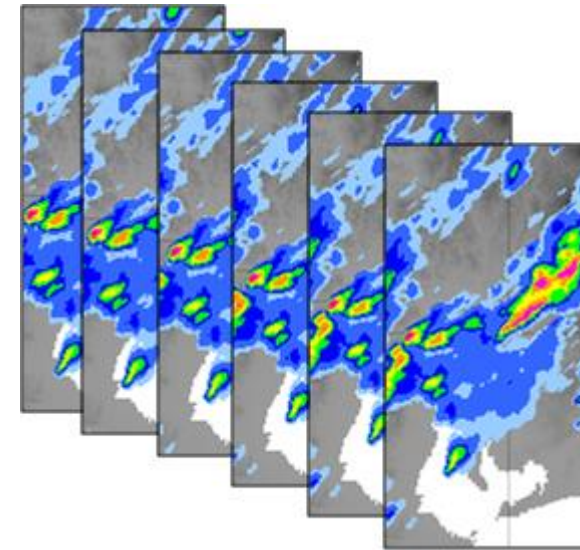
## ○ 降水ナウキャスト

- ・5分毎に起動して1時間先までの降水強度を予測
- ・降水パターンを人間の目で捉えるのに適している
- ・気象庁ホームページなど



## ○ 降水ナウキャスト(10分間降水量)

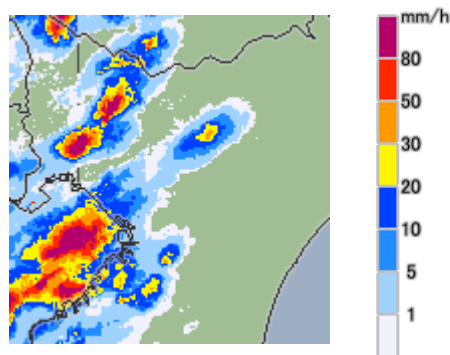
- ・10分毎に起動して1時間先までの10分間降水量を予測
- ・2011年3月までの「降水ナウキャスト」
- ・防災上の利用に適している
- ・指数の1時間先までの予測値に利用されている。



どちらも計算過程は同じ

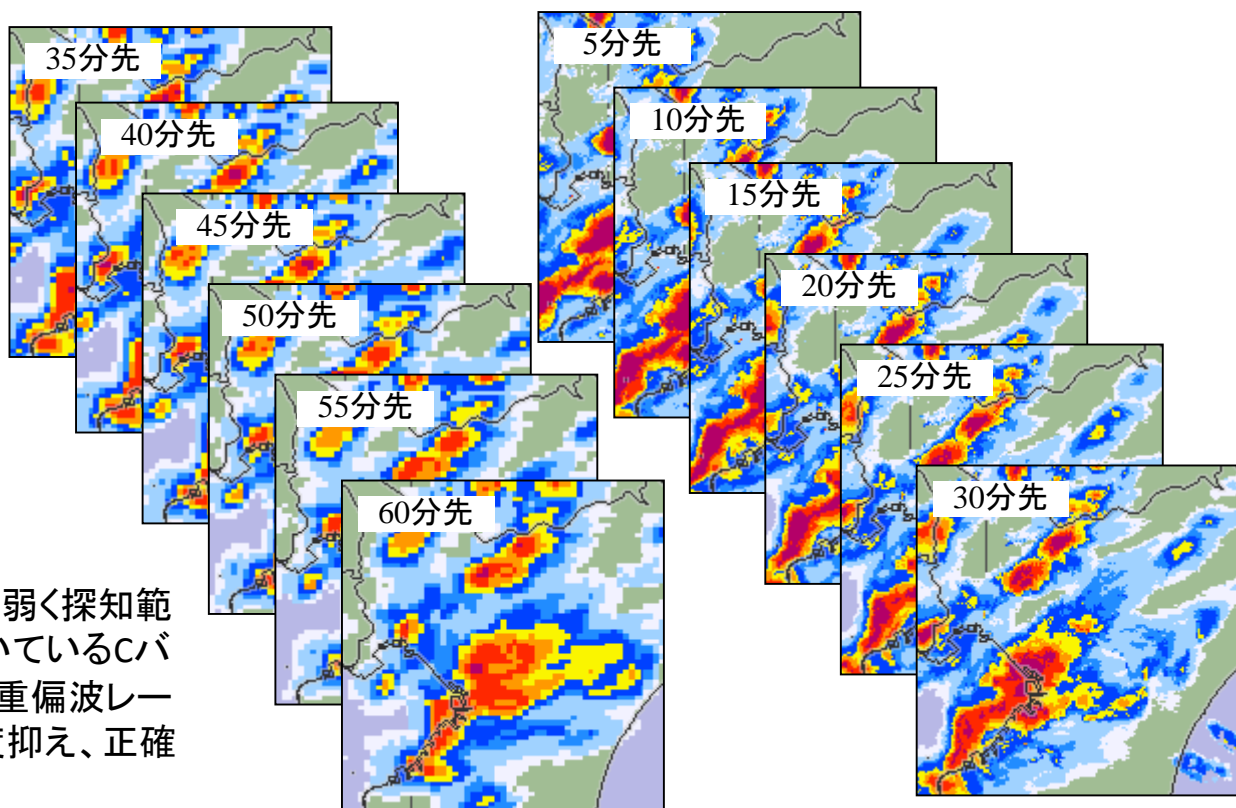
# 高解像度降水ナウキャスト

XバンドMPLレーダ(\*)と気象庁レーダーそれぞれの仰角別データから5分毎に、**30分までを250mメッシュ**で、**35分から60分までを1kmメッシュ**で予測。



2015/05/21 02:00(JST)  
の実況解析値

\*XバンドMPLレーダは、降水による減衰に弱く探知範囲が狭いが、高感度なため気象庁で用いているCバンドより精細な情報を得られる。また、二重偏波レーダーの機能により減衰の影響をある程度抑え、正確な雨量を算出できる特徴がある。



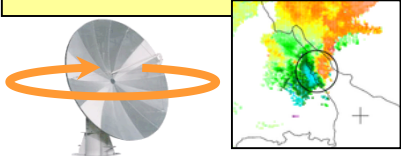
1kmメッシュ

250mメッシュ

# 竜巻発生確度ナウキャスト

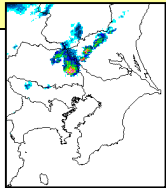
## メソサイクロン指数

ドップラーレーダーで積乱雲の回転(メソサイクロン)を検出



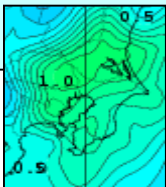
## レーダーエコー指数

レーダー観測から積乱雲の発生場所・発達状況を解析



## MSM突風関連指数

数値予報から竜巻が発生しやすい大気環境を解析

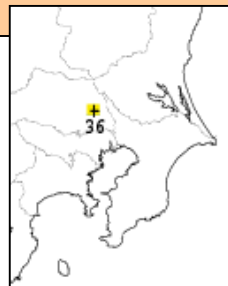


## 突風判定

(ALL型  
TR型  
DB型)

## 突風危険指数

激しい突風が発生する可能性を表す指数



## 解析

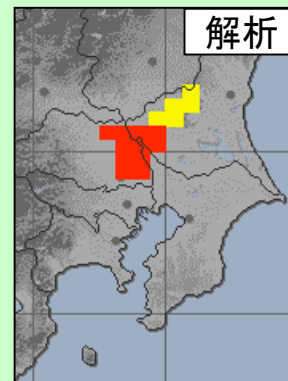
解析時間 10分毎

格子間隔 10km

2つの階級で竜巻などの激しい突風が発生する可能性を表す

■ 発生確度 2

■ 発生確度 1



## 予測

予報時間 10分毎に  
60分先まで

格子間隔 10km

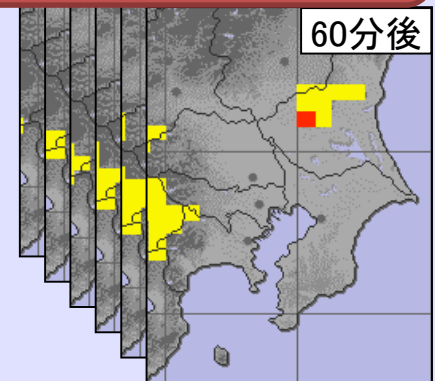
1時間先までの移動を予測

■ 発生確度 2

■ 発生確度 1

## 移動予測

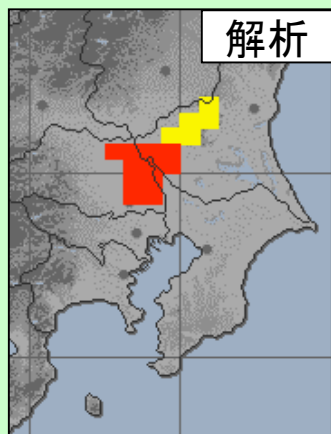
降水ナウキャストの  
降水強度予測値を利用



# 竜巻発生確度ナウキャスト

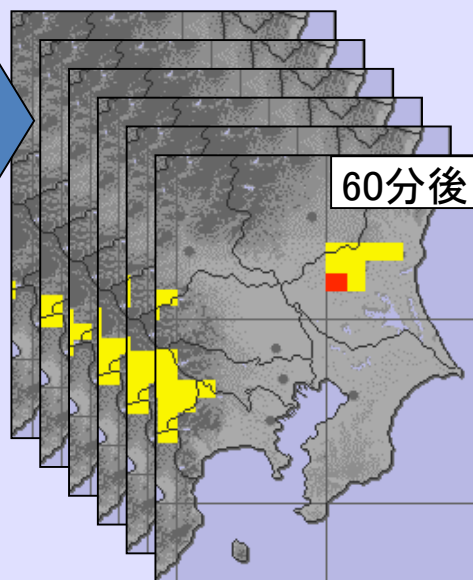
## 解析

解析時間	10分毎
格子間隔	10km



## 予測

予報時間	10分毎に 60分先まで
格子間隔	10km



「発生確度」という言葉を使い、ドップラーレーダー観測などのデータから推定した「竜巻などの突風が今にも発生する(または発生している)可能性の程度」を示す。

## 発生確度

発生  
確度  
2

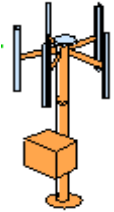
竜巻などの激しい突風が発生する可能性があり注意が必要である。  
適中率: 5～10%程度  
捕捉率: 20～30%程度  
発生確度2となっている地方(県など)に竜巻注意情報が発表される。

発生  
確度  
1

竜巻などの激しい突風が発生する可能性がある。  
適中率: 1～5%程度  
捕捉率: 60～70%程度  
発生確度2の地域よりの中率は低いが見逃しが少ない。

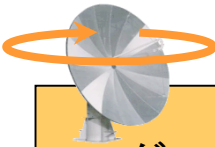


# 雷ナウキャスト



## LIDEN雷解析

放電の検知から  
発雷密度を解析



## レーダー雷解析

レーダー3次元データ等から  
落雷を解析

## 雷可能性の解析

レーダー3次元データ等から  
落雷の可能性のある  
雨雲を解析

### 解析

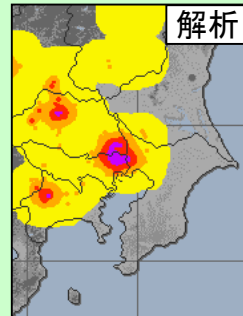
4つの階級で雷の激しさ  
及び落雷の可能性を表す

解析時間 10分毎

格子間隔 1km

### 活動度(雷の激しさ)

4	■	激しい雷
3	■	やや激しい雷
2	■	雷あり
1	■	雷可能性あり



### 移動予測

### 盛衰傾向

### 予測

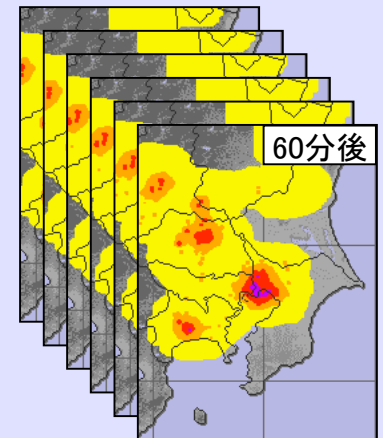
1時間先までの移動を予測する

解析時間 10分毎に  
60分先まで

格子間隔 1km

### 活動度(雷の激しさ)

4	■	激しい雷
3	■	やや激しい雷
2	■	雷あり
1	■	雷可能性あり



# 雷ナウキャストの解析・予測技術

雷可能性の解析(衛星データの利用)20170719～

- 急発達する夏季日中の雷について、レーダーで明瞭となる前に活動度1を解析

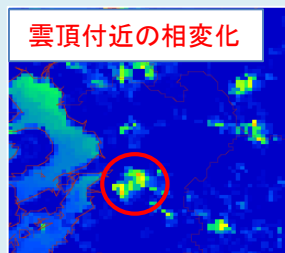
## 衛星データの解析による発雷可能性判定

使用するデータ

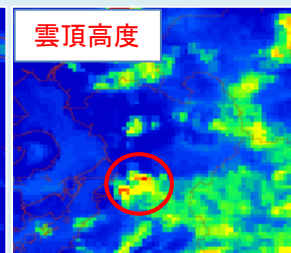
- ひまわり8号観測データ  
(2.5分間隔の観測・計7バンドのデータ)
- 数値予報モデル(MSM)

### 主な着目点

雲頂付近の相変化



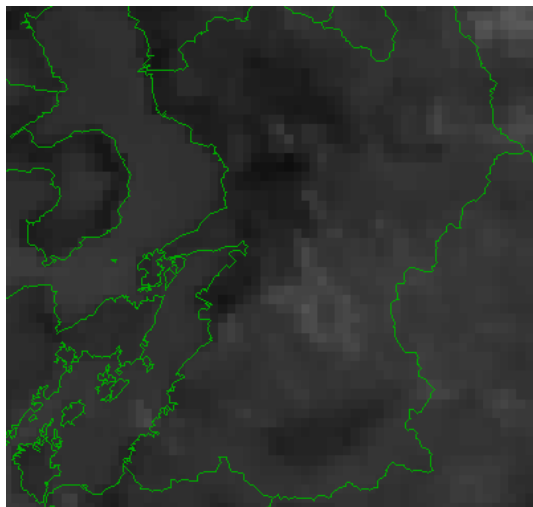
雲頂高度



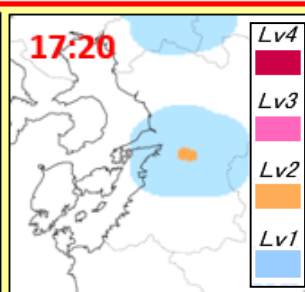
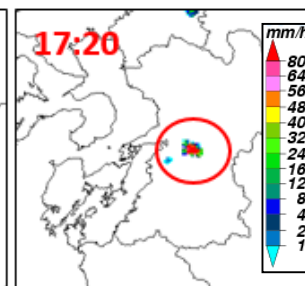
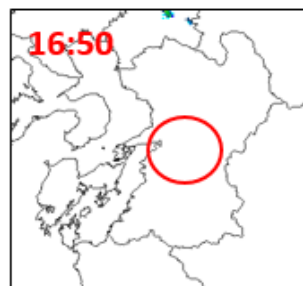
雲頂上昇



ひまわり8号画像(B07:3.9μm)



2015/08/06 0730Z 衛星B07 IR4



改善例 2015年8月6日(試行事例)

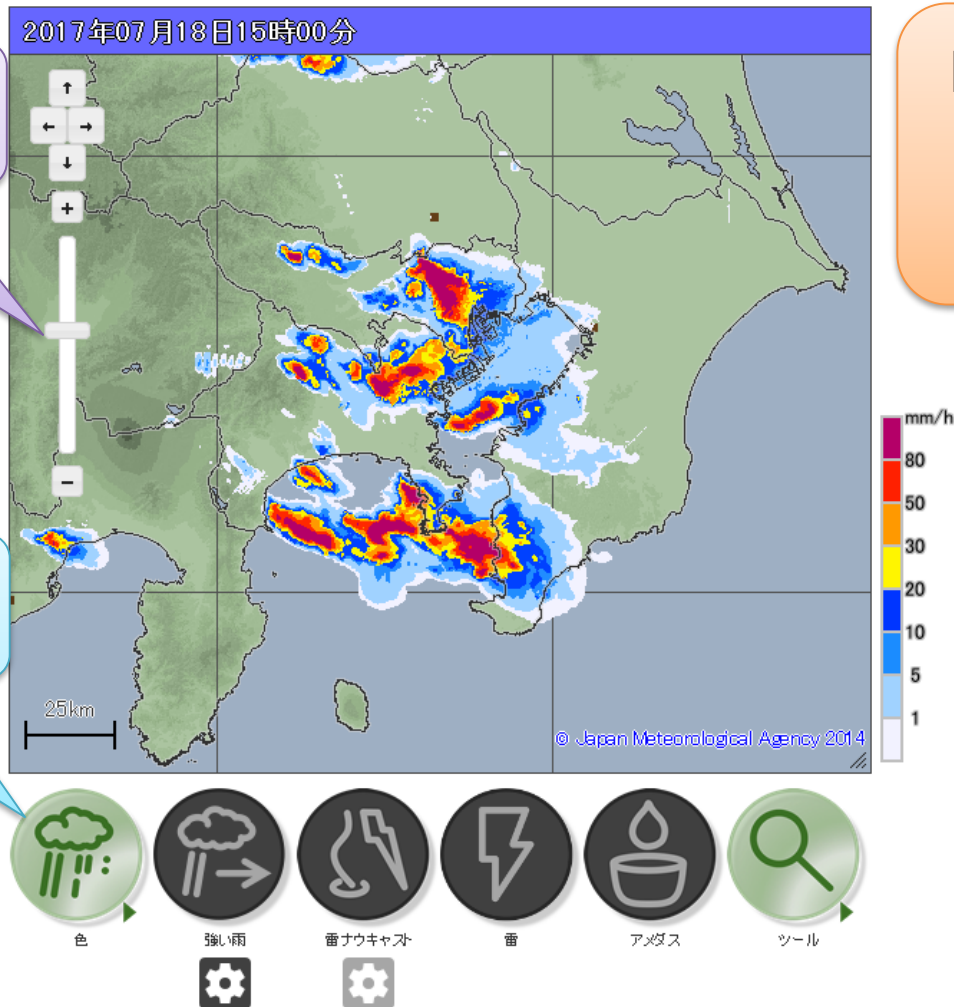
# 気象庁のナウキャスト

## 高解像度降水ナウキャストビューアでの表示

<https://www.jma.go.jp/jp/highresorad/>

スライダーで拡大縮小

デフォルトは降水強度

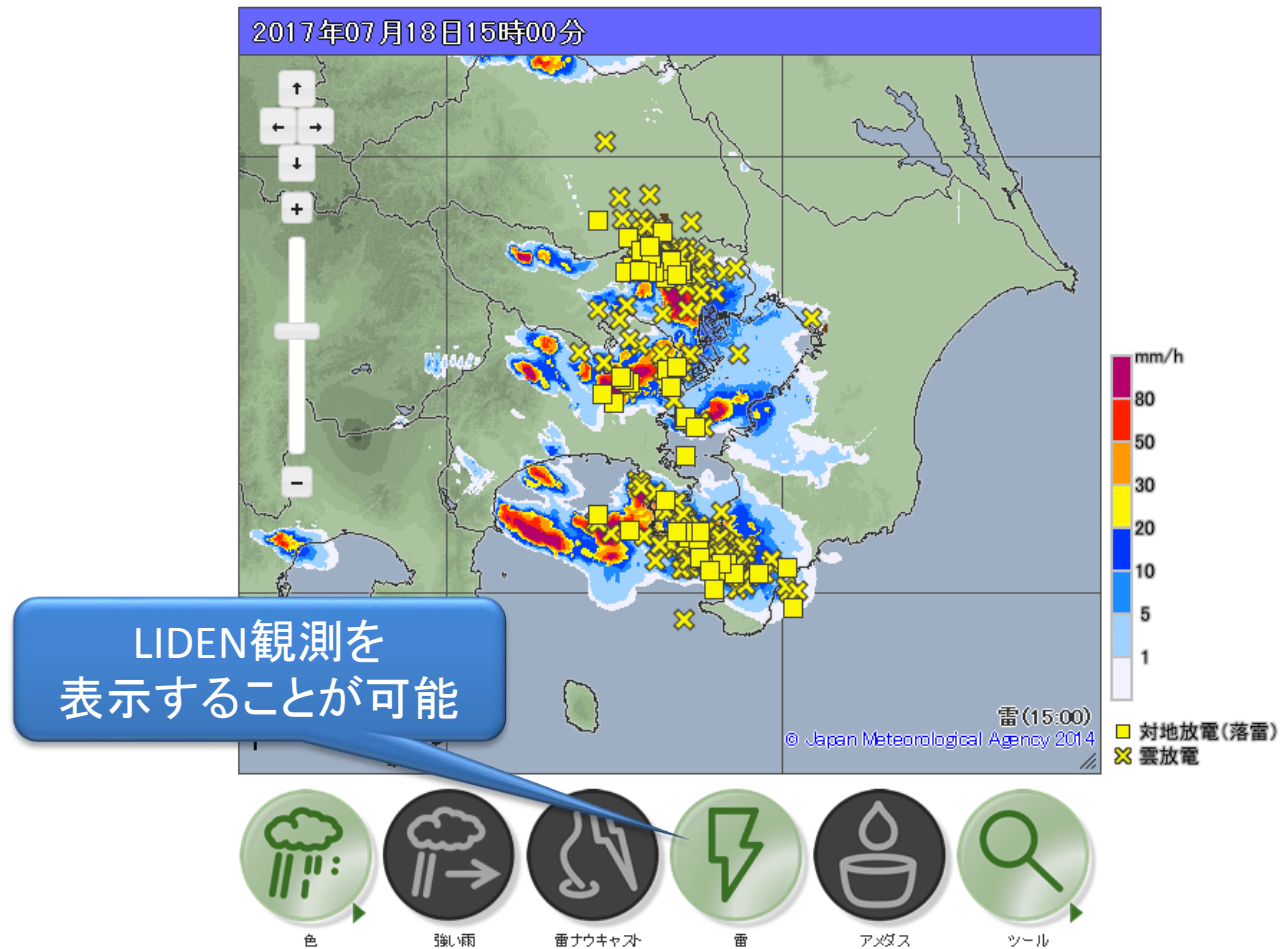


降水・竜巻発生確度・  
雷ナウキャストの  
重ね合わせた表示も  
ボタン設定で可能

# 気象庁のナウキャスト

## 高解像度降水ナウキャストビューアでの表示

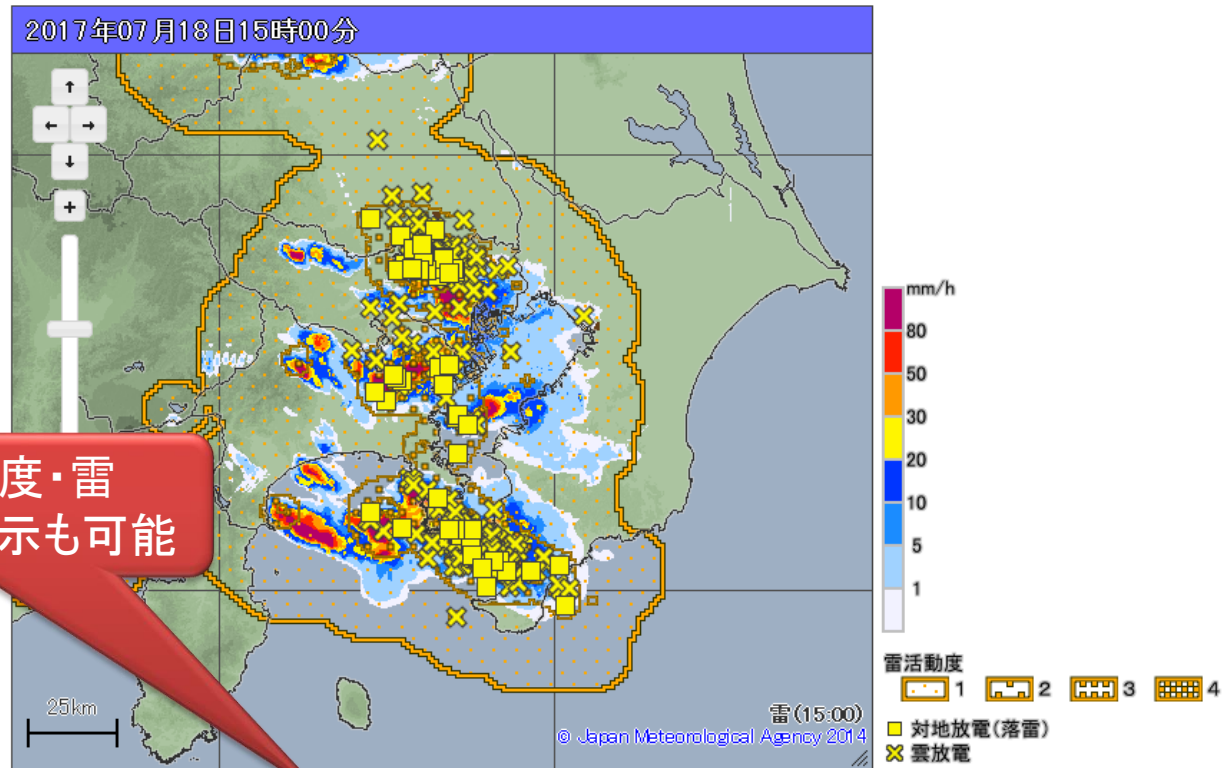
<https://www.jma.go.jp/jp/highresorad/>



# 気象庁のナウキャスト

## 高解像度降水ナウキャストビューアでの表示

<https://www.jma.go.jp/jp/highresorad/>



竜巻発生確度・雷  
ナウキャスト表示も可能



- 竜巻1・雷2(ナウキャスト)
- 竜巻2・雷4(ナウキャスト)
- 竜巻発生確度ナウキャスト
- 雷ナウキャスト



色



強い雨



雷ナウキャスト



雷



アメダス



ツール



ご清聴、  
ありがとうございました

おしまい

