

# 沖縄で発生する気象災害と 防災気象情報

沖縄気象台 予報課  
防災気象官 国吉 真昌

# 沖縄で発生する気象災害



ひまわり8号による初画像  
平成26年12月18日午前11時40分(日本時間)

強風（暴風）災害

大雨災害  
（浸水害、洪水害、土砂災害）

高波災害・高潮災害・異常潮位

竜巻災害

# 強風（暴風）災害



気象庁のマスコット はれるん

# 暴風による被害



平成15年9月11日台風第14号  
(宮古島市内)

# 暴風による被害



暴風で車が横転

平成15年9月11日台風第14号  
(宮古空港駐車場)

# 暴風による被害

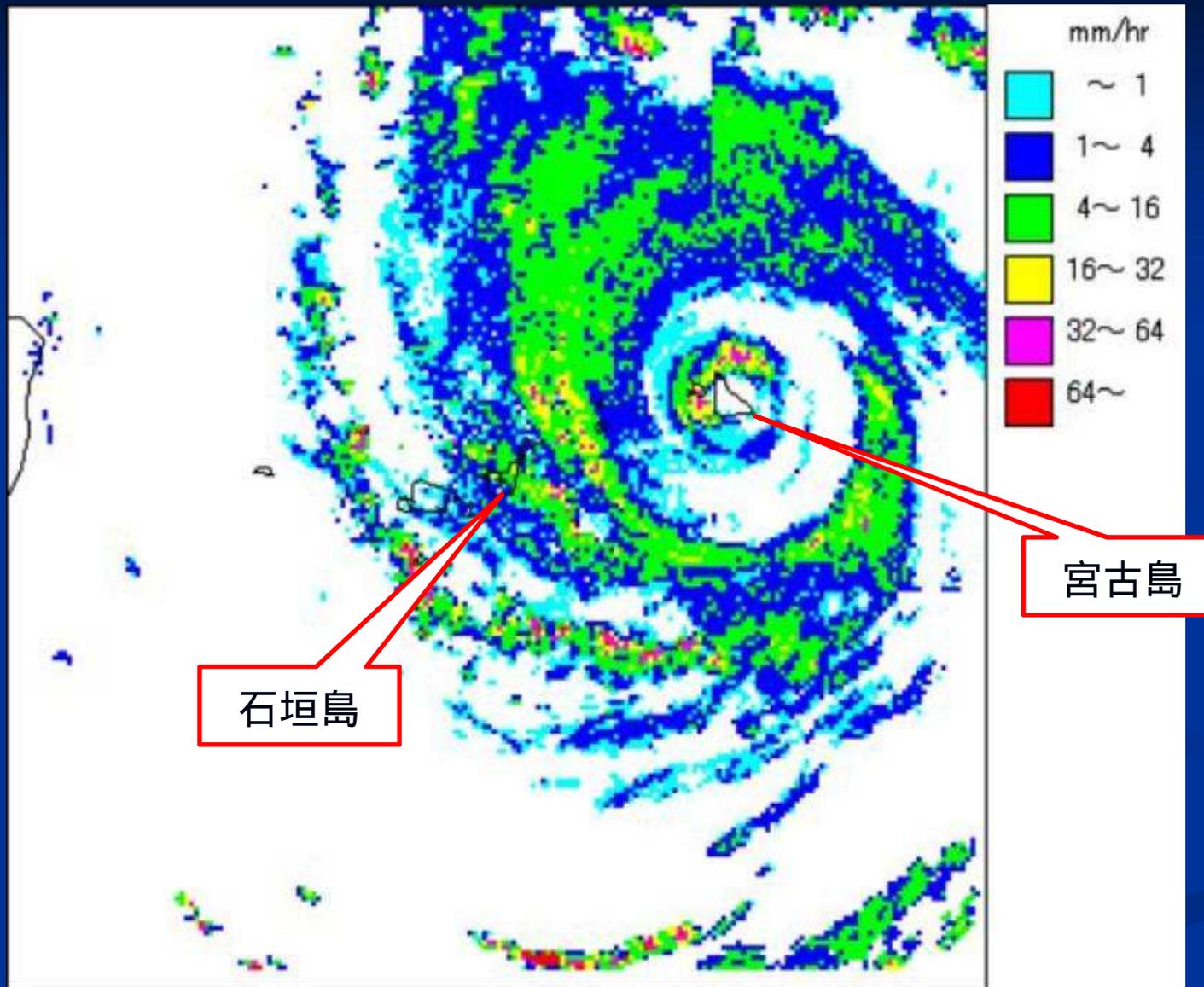


窓ガラスが破壊された  
宮古空港管制塔



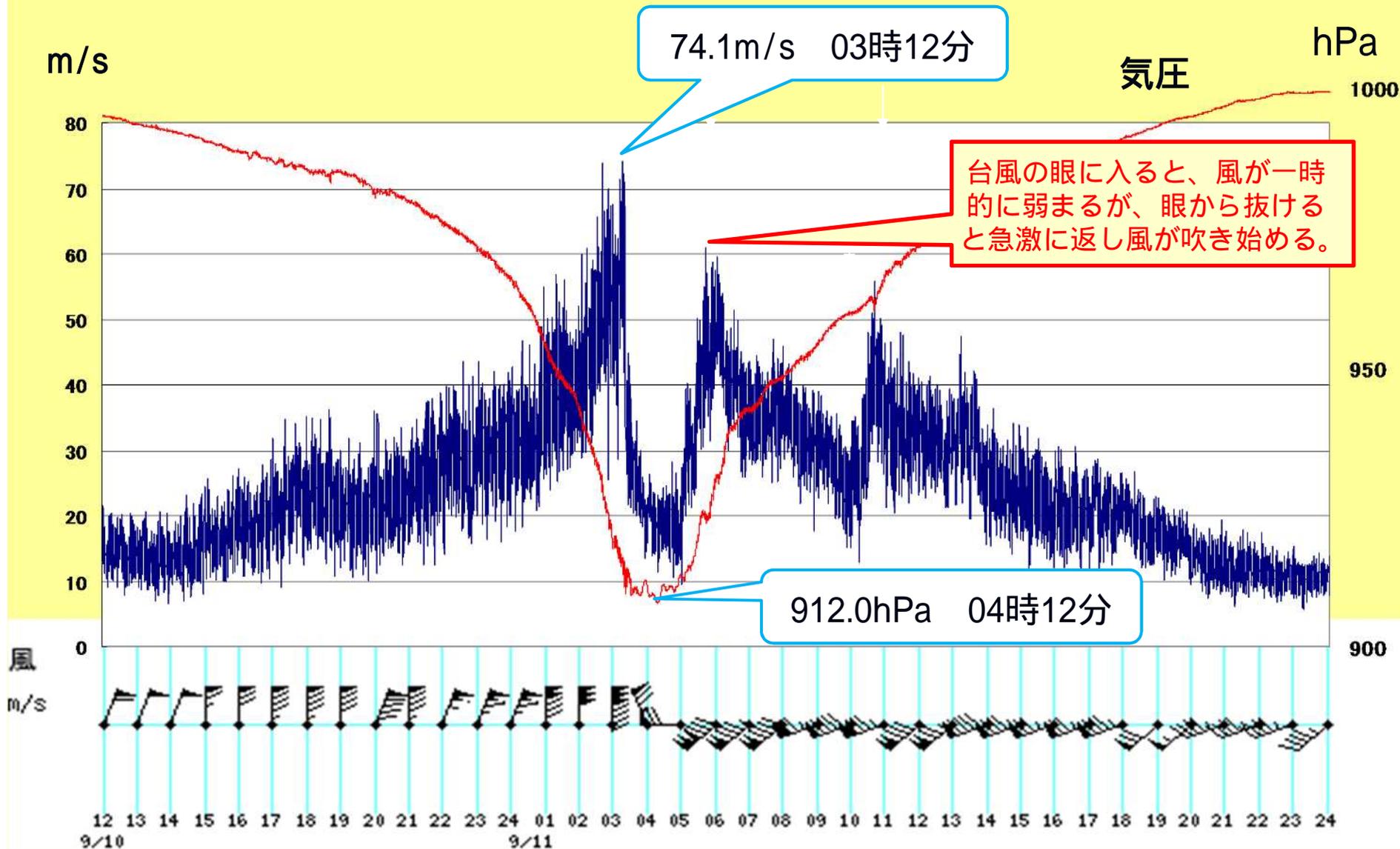
破壊された宮古空港管制塔内部

# 2003年台風第14号の雨雲の様子



レーダーエコー図 2003年9月11日04時00分

# 宮古島の瞬間風速・平均風速・気圧時系列 (平成15年9月10日12時～11日24時 台風第14号(マエミー))



# 大雨災害 (浸水害、洪水害、 土砂災害)



気象庁のマスコット はれるん

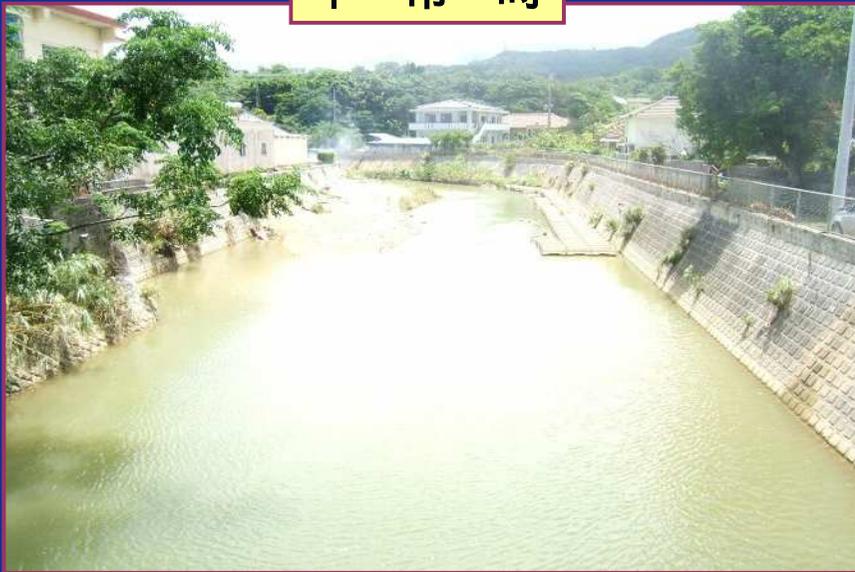
# 大雨災害



平常時



氾濫時



写真提供：今帰仁村在住大城氏



平成19年8月11日（今帰仁村仲宗根地区）

# 大雨災害

平成19年8月11日（那覇市国際通り）



安里川の氾濫で国際通りが浸水

平成19年8月11日（那覇市国際通り）



洪水で地下室へ水が浸入

# 局地的大雨の災害

平成21年8月19日  
那覇市での大雨災害

号外

## 沖縄タイムス

OKINAWA TIMES

2009年(平成21年)  
8月19日 水曜日  
発行所 那覇市おもろまち1丁目3番31号  
(郵便番号900-8609) 沖縄タイムス社  
電話代番 098(980)-3300

# ガープ川増水 4人不明





## 作業員流され1人救助

### 那覇市樋川 局地的大雨原因か

19日午後2時5分ごろ、那覇市樋川のガープ川で「人が流された」と目撃者から119番通報があった。那覇署によると、流されたのは建設会社作業員の男性5人。樋の耐震調査のため作業していたところ、局地的な大雨の影響による増水で流されたという。現場は農運市場沿いのガープ川。回事によると、流された5人のうち30代後半の男性は同日午後3時25分ごろ、現場から約1キロ離れた同市牧志1丁目付近の下流で発見された。男性が目立った外傷などはなく、生命に別害はないという。残りの4人は40代の男性3人と50代の男性1人。消防や警察が捜索にあたりついているが、同日午後5時現在、発見されていない。関係者によると、樋の耐震調査作業は那覇市や豊見城市の3業者が請け負っていた。

①ガープ川に流され、救助された男性(左から2人目)  
＝同日午後2時24分、那覇市牧志

②水上バイクを下流して捜索に入る消防隊  
＝同日午後3時すぎ、那覇市牧志

詳しくはあすの紙面をお読みください <http://www.okinawatimes.co.jp/>

購読の申し込みは 0120-21-9674

# 事故発生地点



# 事故発生地点周辺の13時～14時までの1時間雨量

R/A解析雨量  
2009年8月19日14時00分

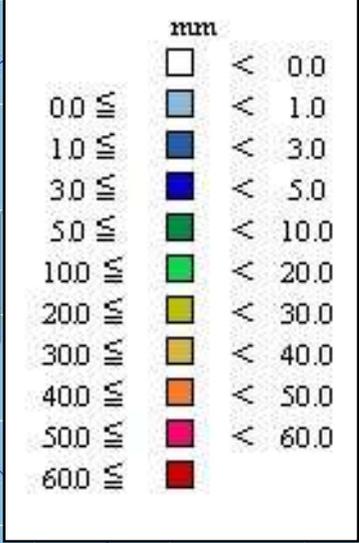
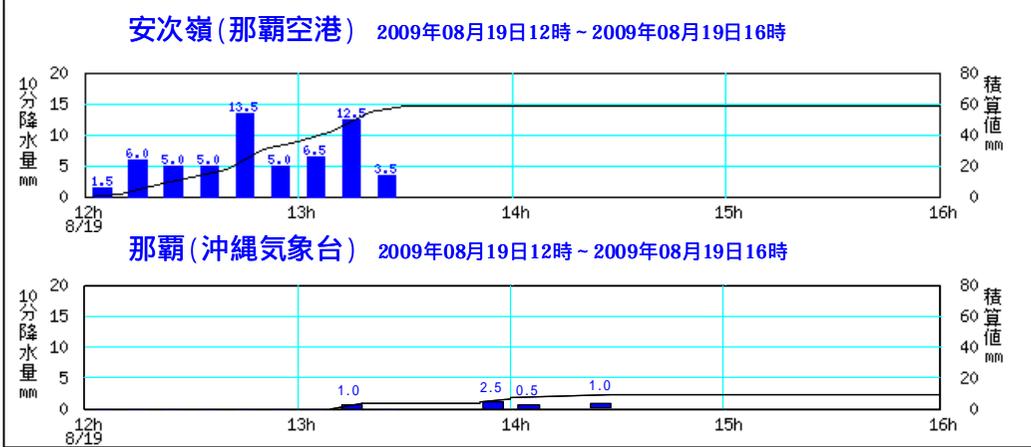
事故現場の上流で1時間に20～30mmの強い雨

事故発生場所

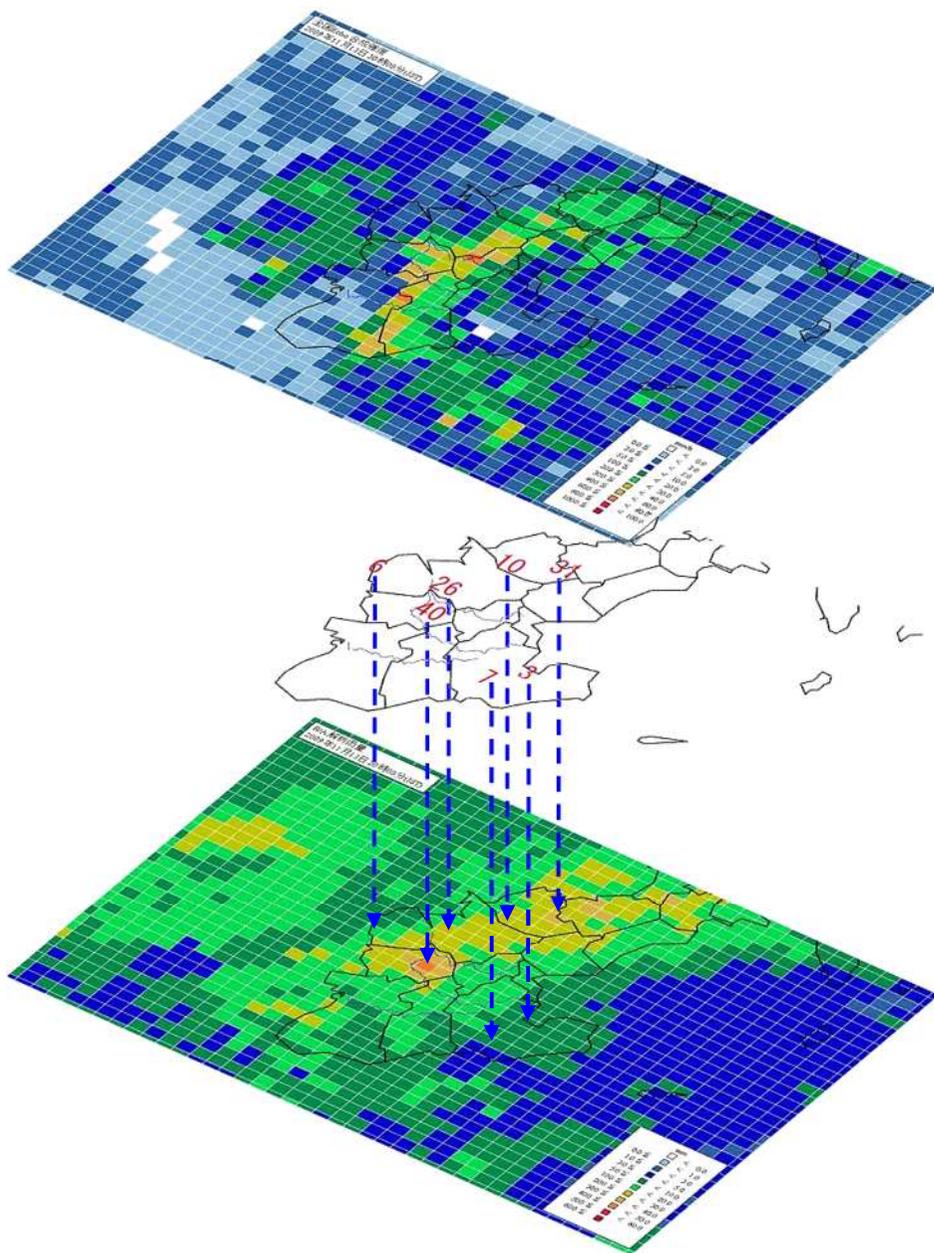
ガープ川源流付近

安次嶺（那覇空港）

沖縄気象台

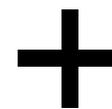


# 解析雨量とは



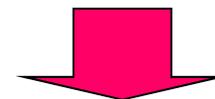
## レーダー観測値

面的に隙間のない雨量を推定できるが、雨量計の観測に比べると精度が落ちる。



## 雨量計による観測値

正確な雨量を観測できるが、雨量計による観測は面的に隙間がある。



## 解析雨量

気象レーダーによる観測をアメダス等の雨量計による観測値で補正して、面的に隙間のない正確な雨量分布（解析雨量）が得られる。

# 土砂災害

国頭村の土砂崩れ

平成12年8月台風第8号



平成13年9月29日台風第19号（西原町小橋川）



がけ崩れで駐車場ごと落下

沖縄気象台撮影



9月28日写真提供琉球新報社

# 土砂災害



写真提供：沖縄県本部町並里（平成19年8月11日13時頃）



写真提供：沖縄県 名護市大北（平成18年11月22日）



南城市ワンジン原団地（平成19年8月11日）



浦添市経塚（平成19年8月11日）

# 高波災害・高潮災害 ・異常潮位



気象庁のマスコット はれるん

高波

30メートル

台風接近時の南大東島の高波

# 高波災害

平成15年9月11日台風第14号（平良港）



高波で打ち上げられたヨット

平成18年9月16日台風第13号（本部港）



高波で打上げられた消波ブロック

平成18年9月16日台風第13号（本部港）



高波で建物の壁が崩壊

# 高潮災害



# 平成13年8月20日沖縄本島の異常潮位



20日 7時53分、那覇港明治橋付近

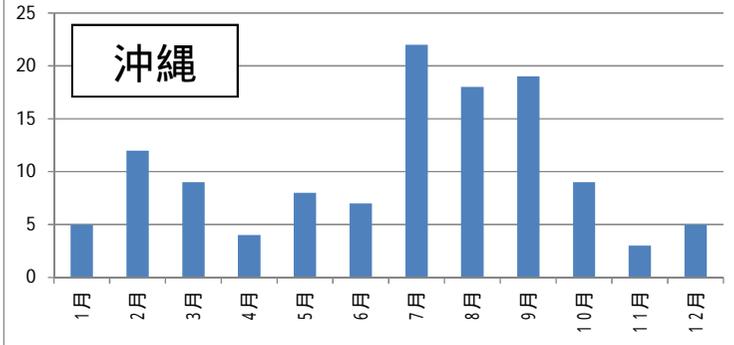
# 竜巻災害



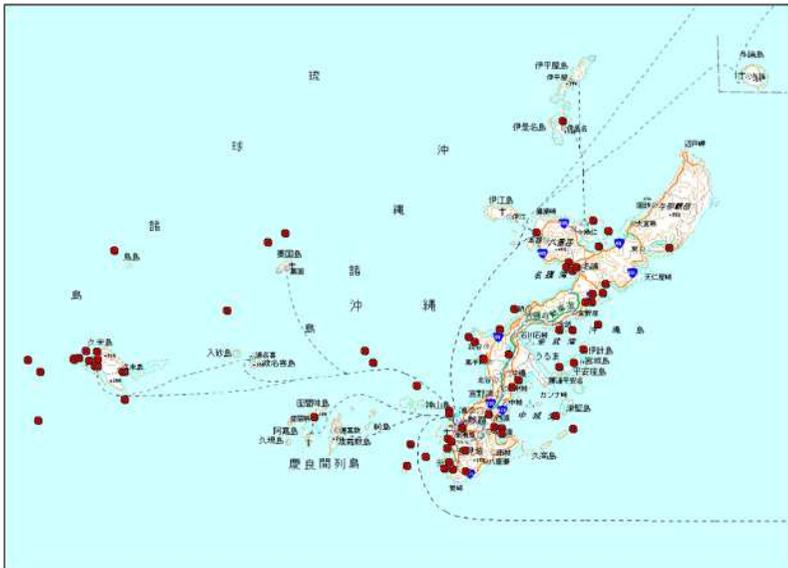
気象庁のマスコット はれるん

# 竜巻は日本のどこでも発生します

月別竜巻発生確認数(1991年～2013年)



## 日本で発生する竜巻は・・・



**竜巻は日本のどこでも発生します。**

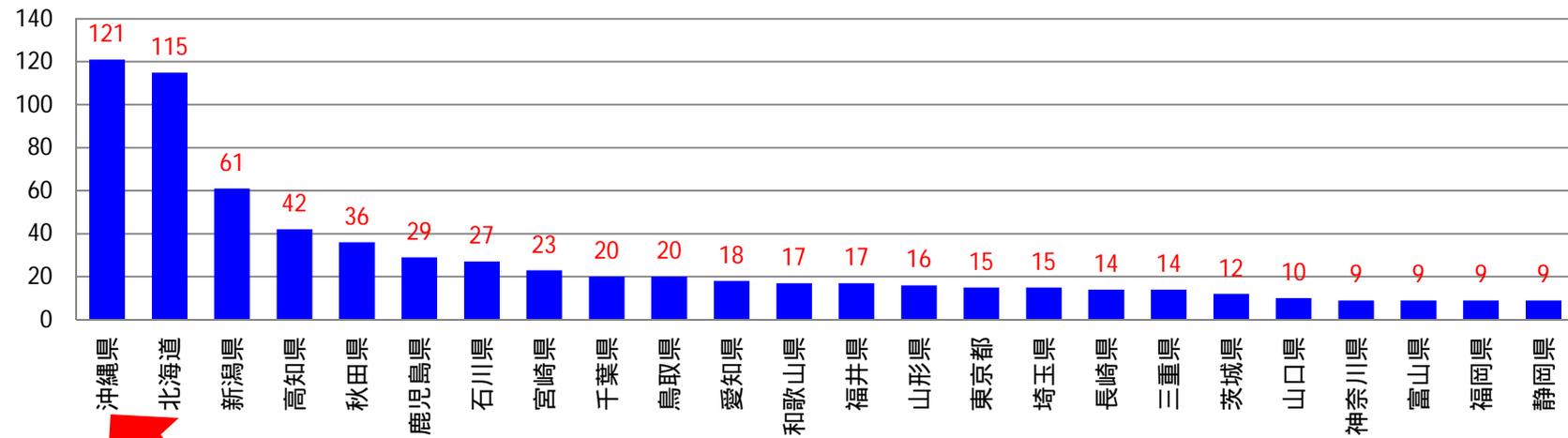
- 特に沿岸部で発生が多く確認されています。
- 季節を問わず台風、寒冷前線、低気圧などに伴い発生します。
- 台風シーズンの9月に発生が最も多く確認されています。
- 年間平均で25個程度の発生が確認されています。(2007年～2013年、海上竜巻をのぞく)

気象庁「竜巻等の突風データベース」より

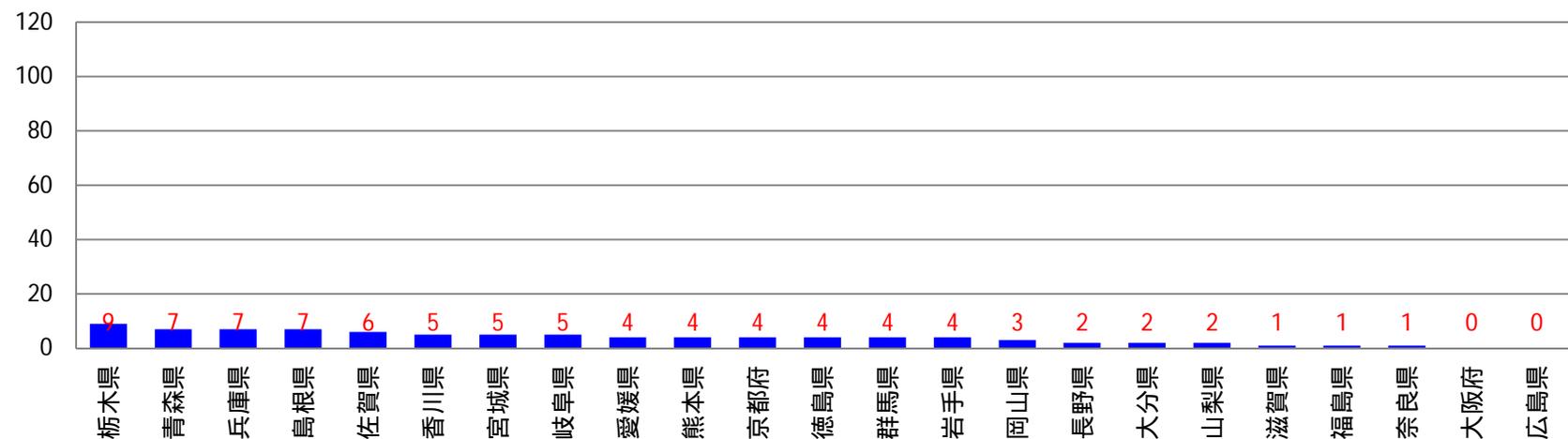
# 都道府県別竜巻発生確認数（1991年～2014年）

全国で765個、沖縄県で121個発生 沖縄の竜巻発生確認数は全国1

## 都道府県別竜巻発生確認数(1991年～2014年)



## 都道府県別竜巻発生確認数(1991年～2014年)



# 竜巻による大きな被害



竜巻が通過すると、その場所では猛烈な風により大きな被害が発生します。

# 竜巻による大きな被害(沖縄)



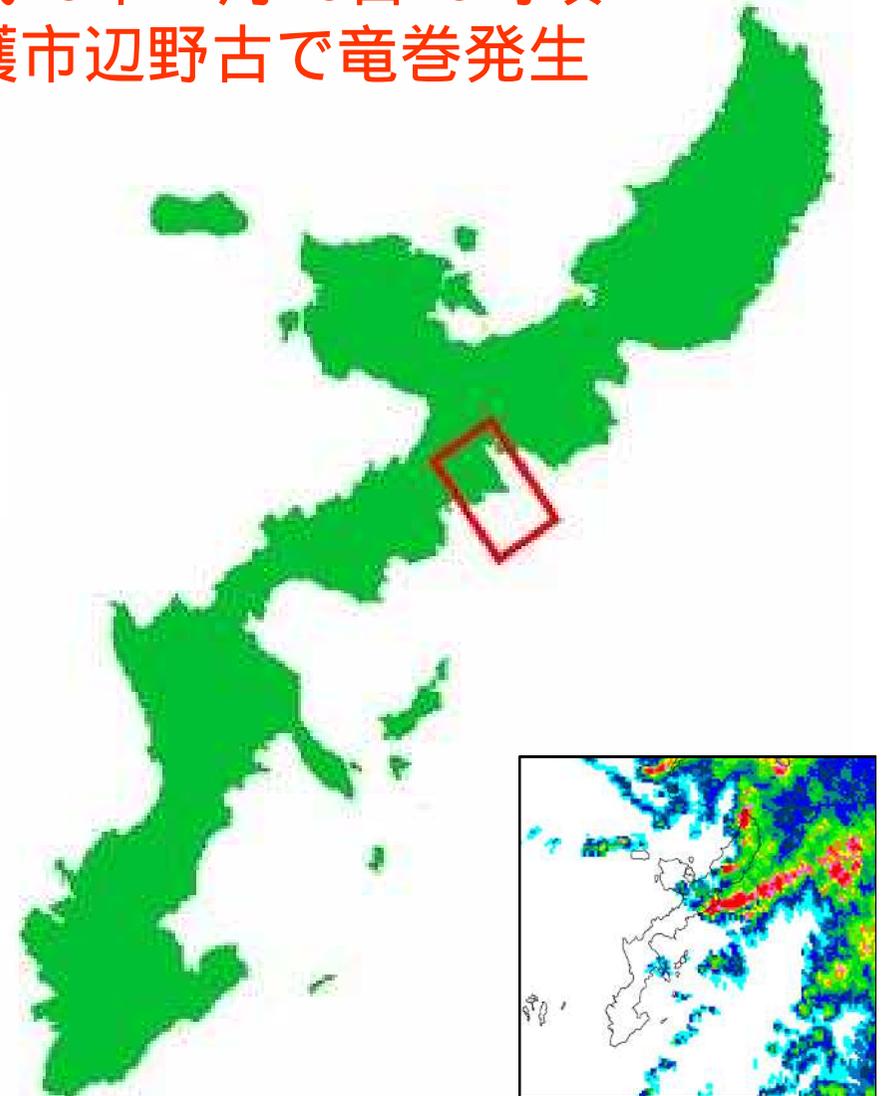
30m移動(沖縄県警提供)



5m空中に舞い上がり 130m移動  
(沖縄県警提供)

平成18年11月18日13時頃  
名護市辺野古で竜巻発生

F2



レーダーエコー図

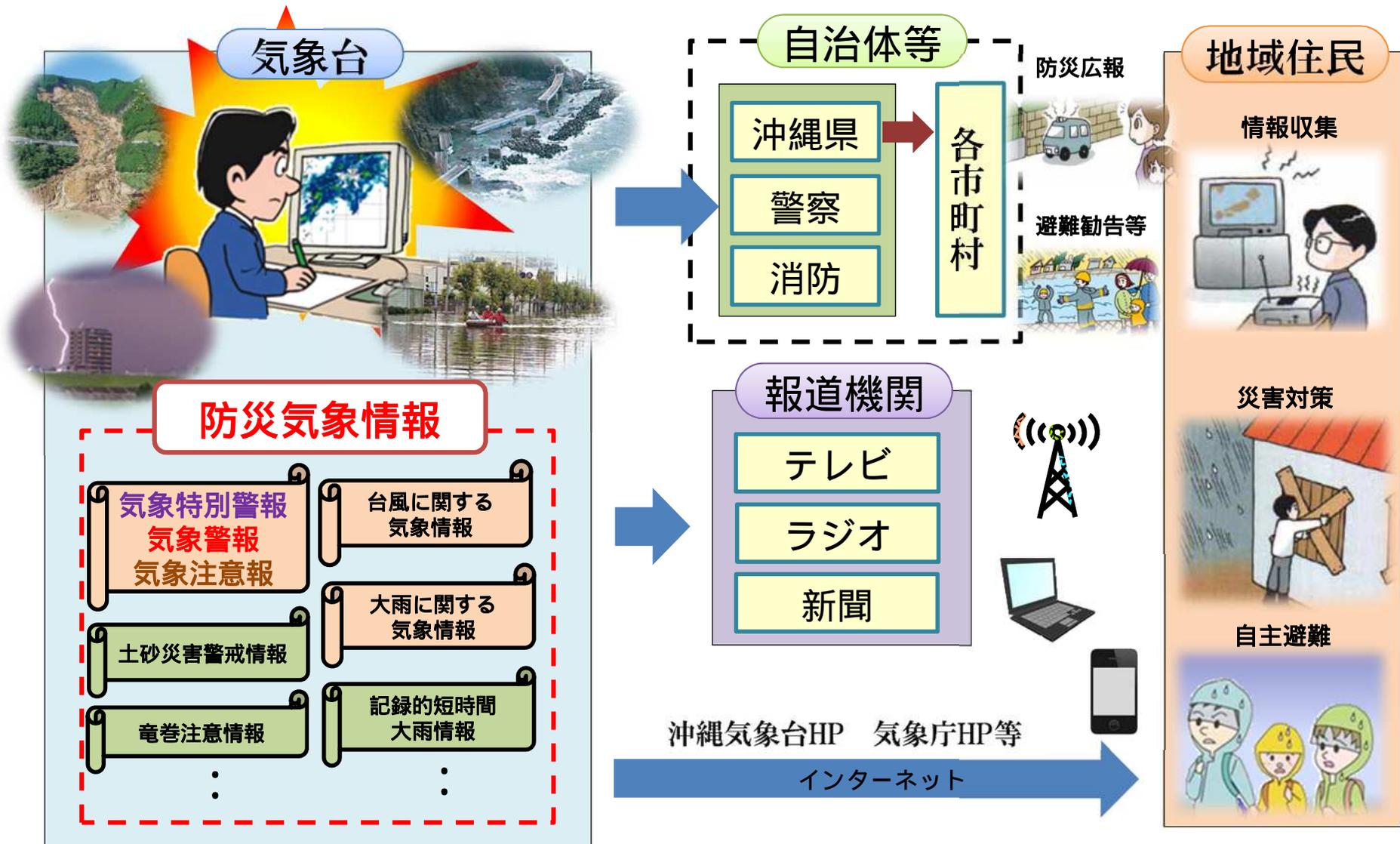
# 防災気象情報



ひまわり8号による初画像  
平成26年12月18日午前11時40分(日本時間)

# 防災気象情報の提供の流れ

気象台は、**災害のおそれがある場合に防災気象情報**を発表します。



# 気象特別警報・警報・注意報とは

大雨や強風などによって

災害が起こるおそれがあるときは「注意報」を発表

重大な災害が起こるおそれがあるときは「警報」を発表

さらに、

重大な災害が起こるおそれが著しく大きいとき「特別警報」を発表

	特別警報のあるもの					特別警報のないもの					
	大雨		暴風	高潮	波浪	洪水	雷	乾燥	濃霧	低温	霜
	(土砂災害)	(浸水害)									
特別警報	台風等を要因とするもの										
	雨を要因とするもの										
	大雨特別警報 (土砂災害)	大雨特別警報 (浸水害)	暴風特別警報	高潮特別警報	波浪特別警報						
警報	大雨警報 (土砂災害)	大雨警報 (浸水害)	暴風警報	高潮警報	波浪警報	洪水警報					
注意報	大雨注意報		強風注意報	高潮注意報	波浪注意報	洪水注意報	雷注意報	乾燥注意報	濃霧注意報	低温注意報	霜注意報

土砂災害警戒情報は、土砂災害の危険度が高まった市町村に対し沖縄県と共同で発表します。

# 防災気象情報の流れ(大雨)

予告的気象情報の発表(1日程度前)

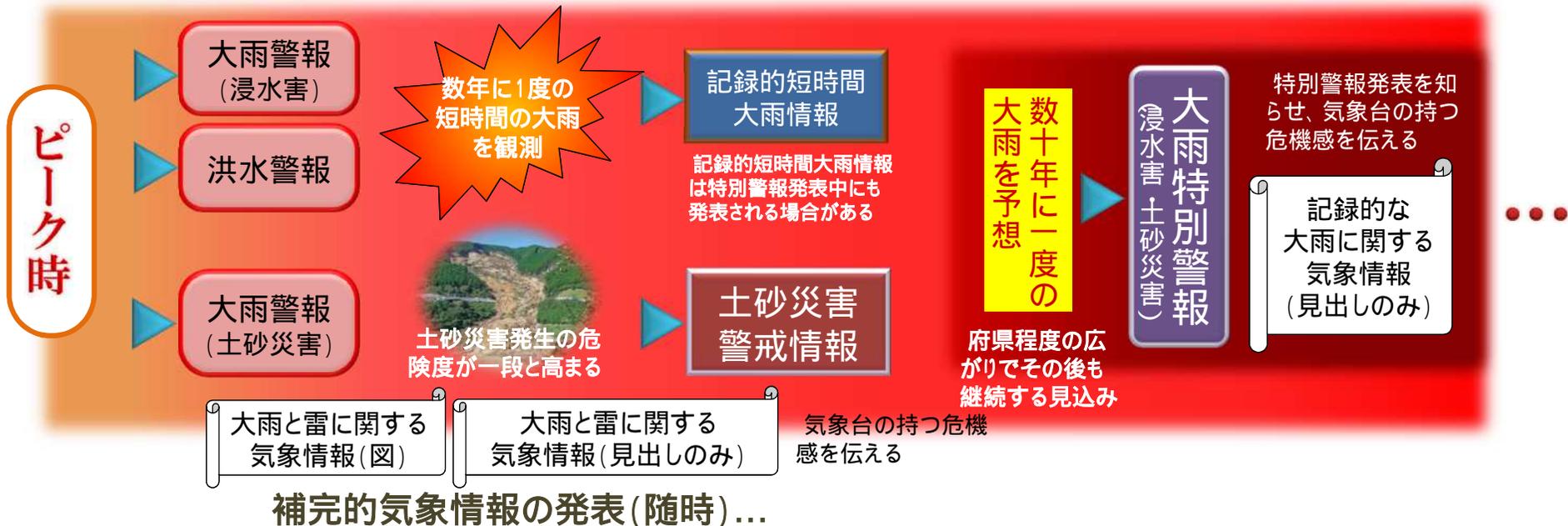
注意報等の発表(半日程度前)



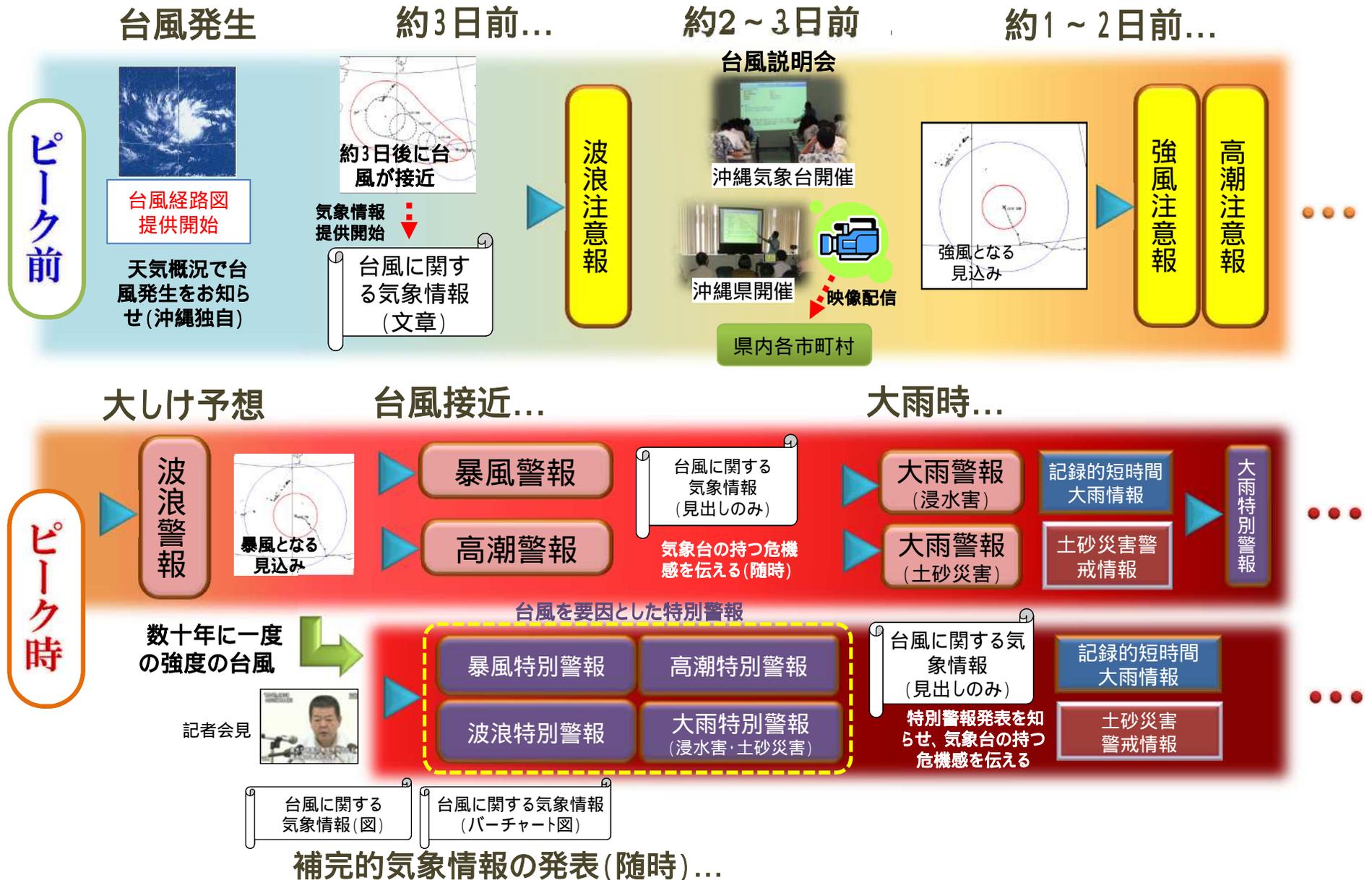
警報の発表  
(2~3時間前)

記録的短時間大雨情報や  
土砂災害警戒情報の発表...

特別警報の発表...



# 防災気象情報の流れ(台風)



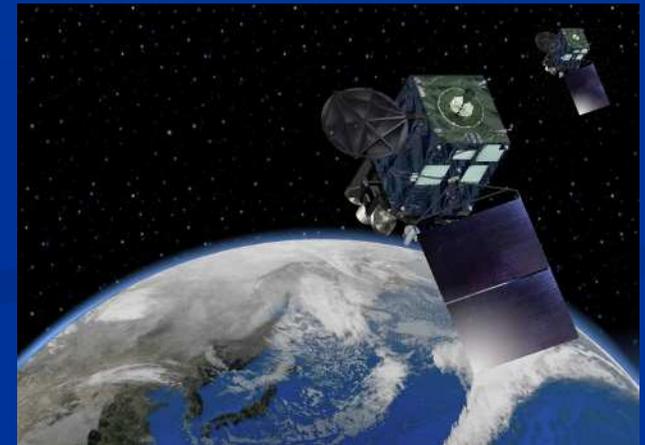
# リモートセンシングと 数値予報



気象レーダー（糸数）

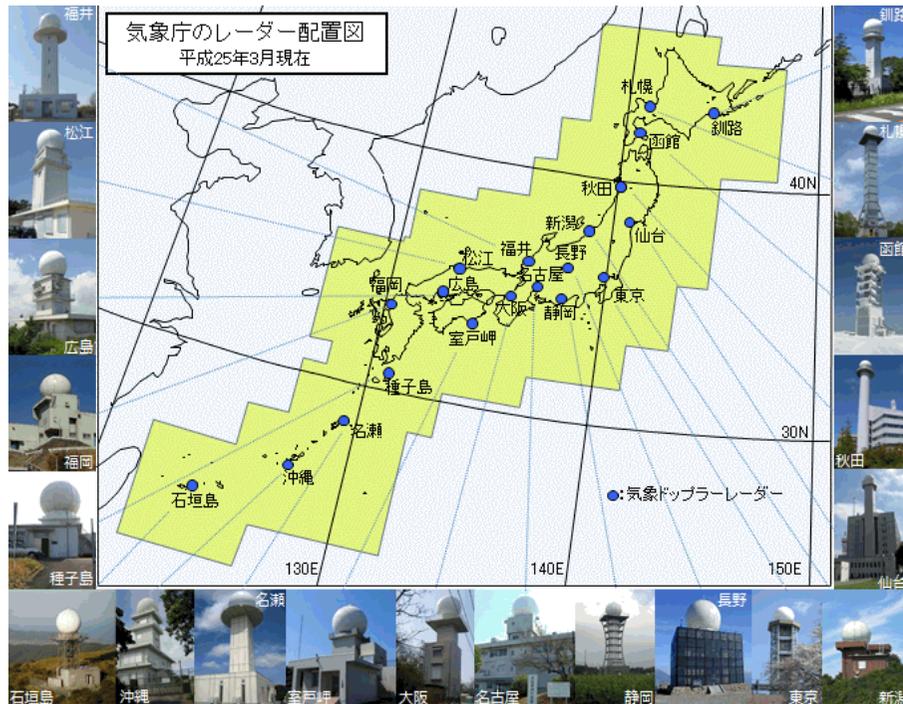


ウィンドプロファイラ（南大東島）

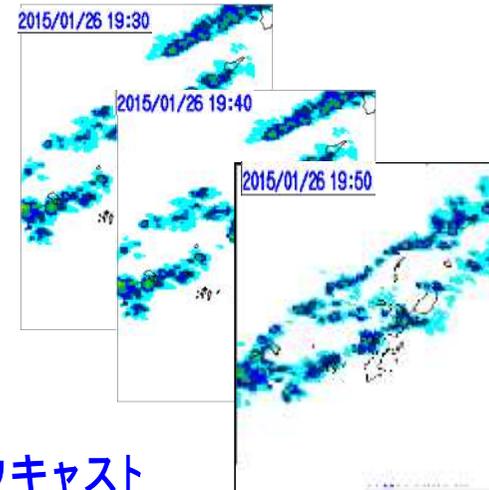


ひまわり8号

# 気象レーダー



気象庁のレーダー配置図(平成25年3月現在)

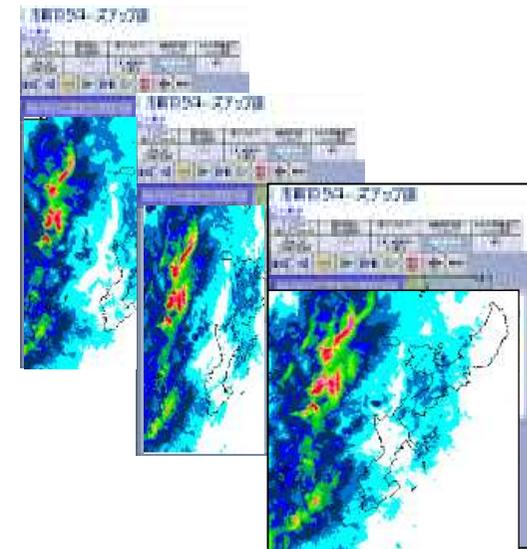


## 降水ナウキャスト

気象レーダーによる5分毎の降水分布から求めた、降水の短時間予報です。1kmメッシュ毎の降水の強さと動きを5分毎に1時間先まで予測します。

## 高解像度降水ナウキャスト

気象レーダーの観測データに加え、ウィンドプロファイラやラジオゾンデの高層観測データ、国土交通省Xバンドレーダ(XRAIN)のデータも活用し、降水域の内部を立体的に解析して30分先までを250mメッシュ、35分から1時間先までは1kmメッシュで予測します。高解像度降水ナウキャストは、主要道路や河川の情報とレーダーエコーを重ねて表示でき、川の氾濫や低地の浸水等の予測に有効です。

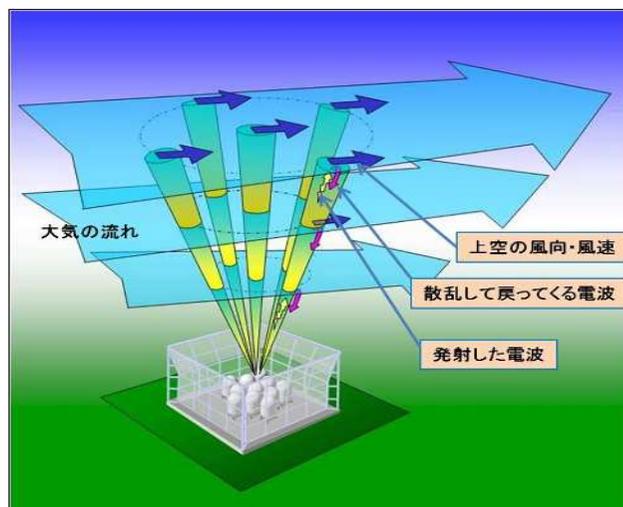


# ウィンドプロファイラ

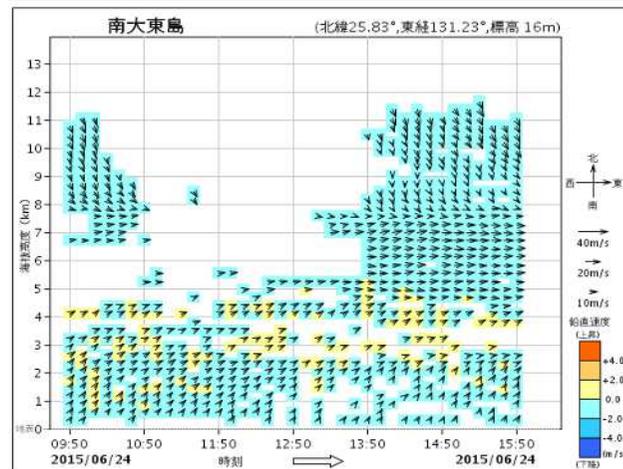
ウィンドプロファイラは、2001年4月から運用を開始し、**全国に33か所**あります。各ウィンドプロファイラで得られた観測データは、気象庁本庁にある中央監視局に集められ、きめ細かな天気予報のもととなる数値予報などに利用されています。この観測・処理システムは総称して「**局地的気象監視システム**」(略称:ウインドラス・**WINDAS:WInd profiler Network and Data Acquisition System**)と呼びます。



ウィンドプロファイラ観測網(平成25年4月現在)



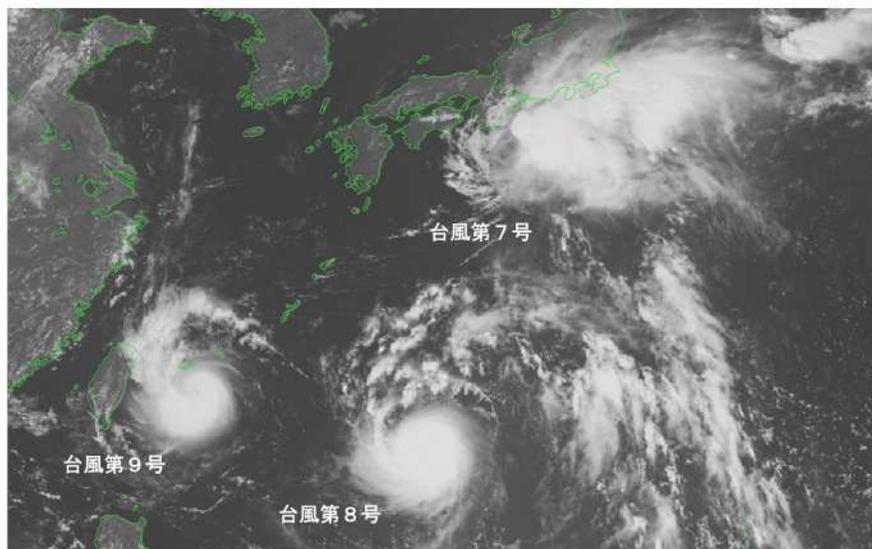
ウィンドプロファイラの観測原理の概要



時間・高度断面図

# 気象衛星

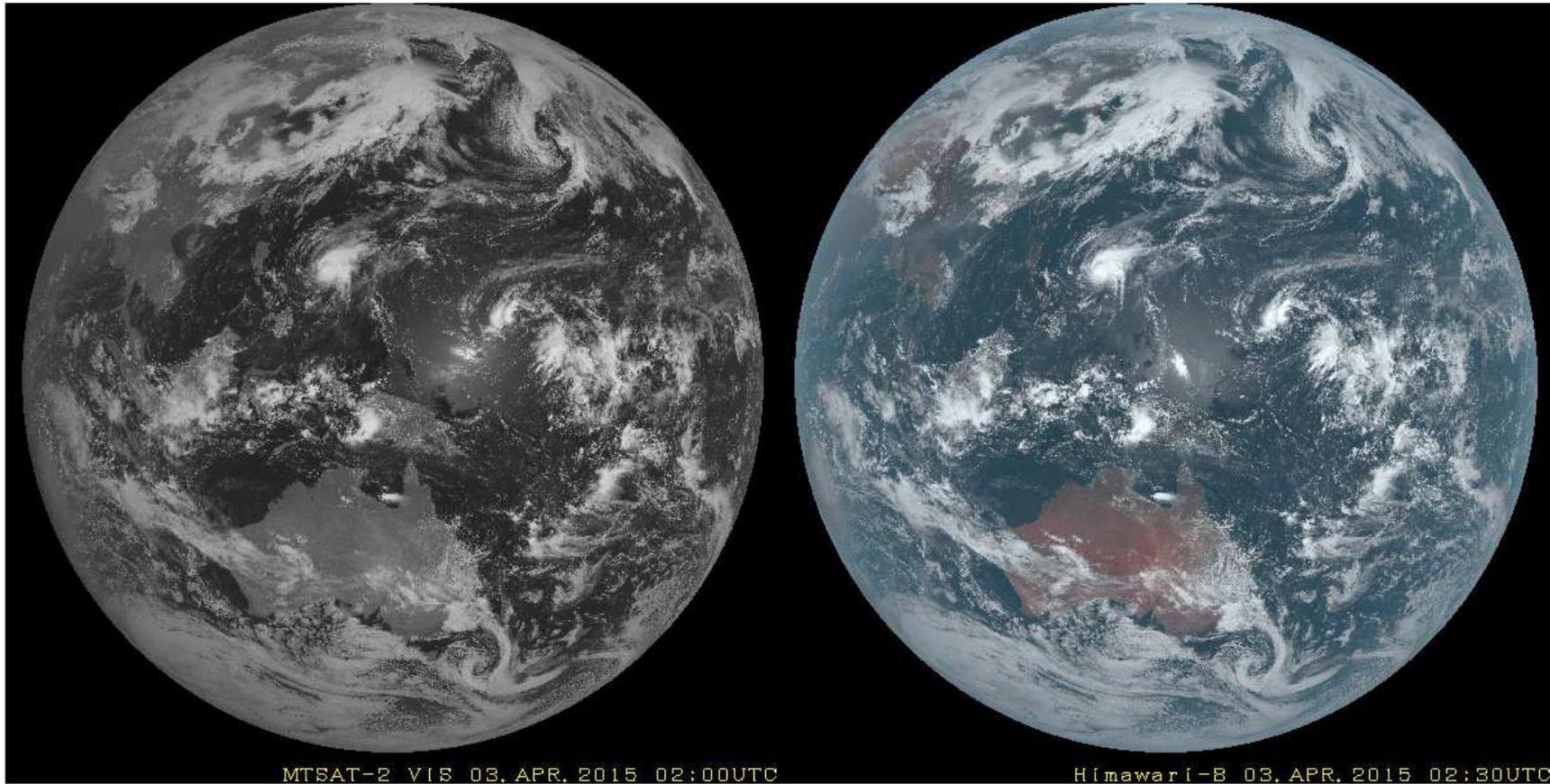
現在運用中の静止気象衛星		運用・打上げ予定の静止気象衛星	
ひまわり6号 運輸多目的衛星新1号(MTSAT-1R)		ひまわり7号 運輸多目的衛星新2号(MTSAT-2)	
			
運用状況	待機運用(スタンバイ)	運用状況	本運用(定常観測中)
運用予定期間*	待機運用 :平成27年ごろまで	運用予定期間*	本運用 :平成27年ごろまで
静止位置	東経約140度の赤道上空 約35,800km	静止位置	東経約145度の赤道上空 約35,800km
		ひまわり8号・9号 (Himawari-8 and -9)	
			
		打上げ日 打上げ予定	ひまわり8号:平成26年10月7日 ひまわり9号:平成28年度
		運用予定期間*	平成41年ごろまで
		静止位置	東経約140度の赤道上空 約35,800km



(可視画像 (2006年8月8日12時))

気象庁では、衛星で観測した雲の動きから上空の風を計算し、数値予報のデータとしても利用しています。

# 新旧ひまわりの時間分解能比較



2015年4月3日1時～22時(日本時間)

フルディスク(ひまわりから見える地球全体)

左:ひまわり7号の可視画像(1時間ごと)

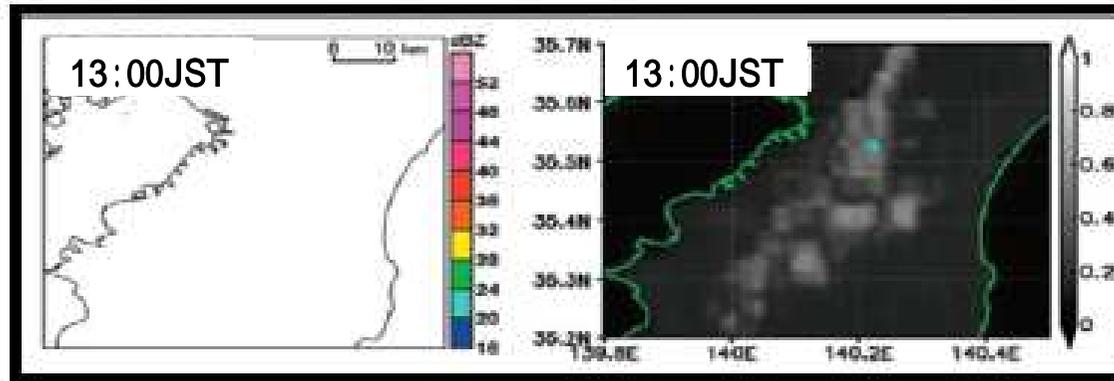
右:ひまわり8号の可視合成カラー画像(10分ごと)

ひまわり7号では可視が1バンドのみのため白黒画像でしたが、ひまわり8号では、赤・緑・青の3バンドを合成してカラー画像を作成することができます。

なお、地球の赤道付近を横切っていく光が見えますが、これは太陽が地球の表面に映っているものです。

# ひまわり8号画像の沖縄での活用

- (1) 急激に発達する積乱雲の発生やライフサイクルの短い現象の推移を監視し、リードタイムをもった防災気象情報の発表が可能になる。

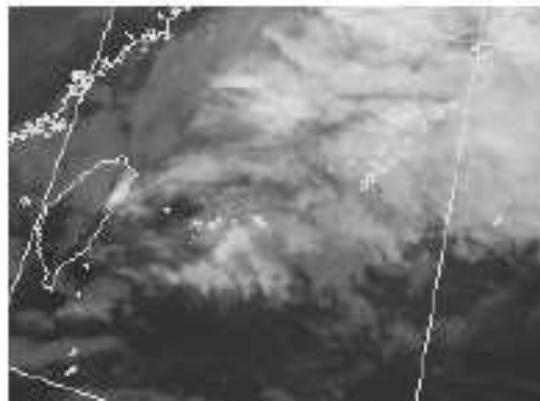


東京レーダー画像

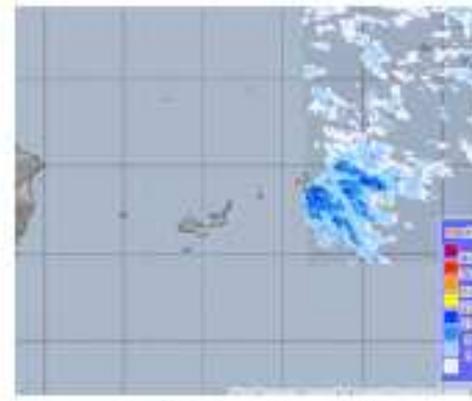
衛星可視画像

衛星画像は  
ひまわり7号

- (2) 気象レーダーの観測精度低下地域(大東島地方など)におけるシビア現象の監視や気象レーダー休止の際の代替監視として活用できる。



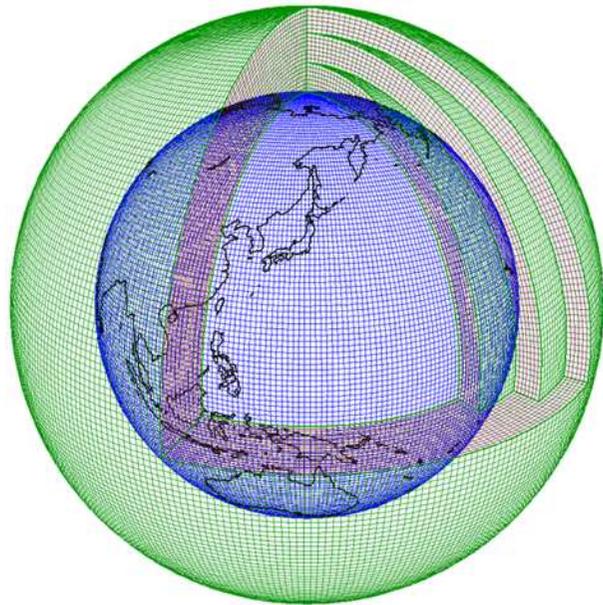
衛星可視画像



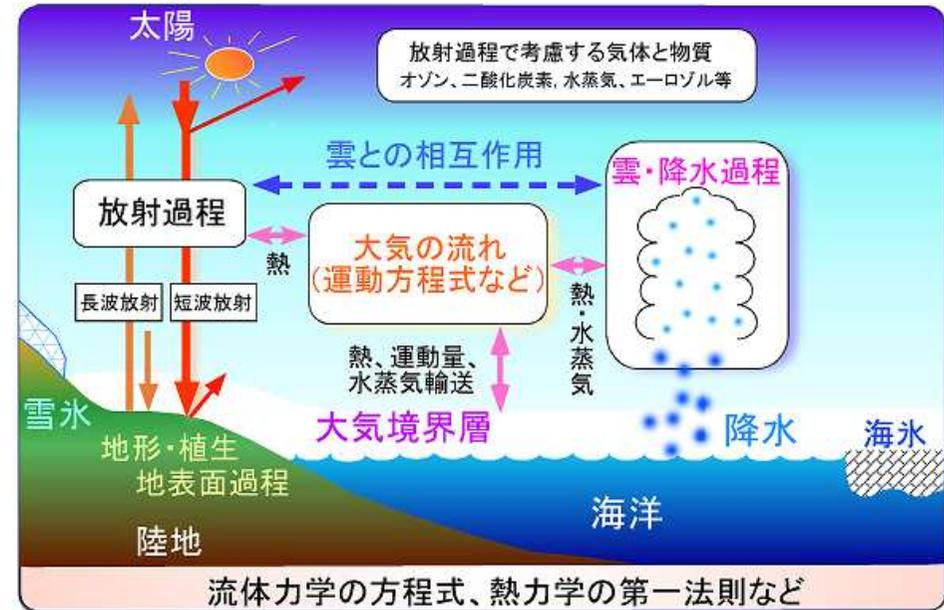
石垣レーダー休止

衛星画像は  
ひまわり7号

# 数値予報モデルの概念図

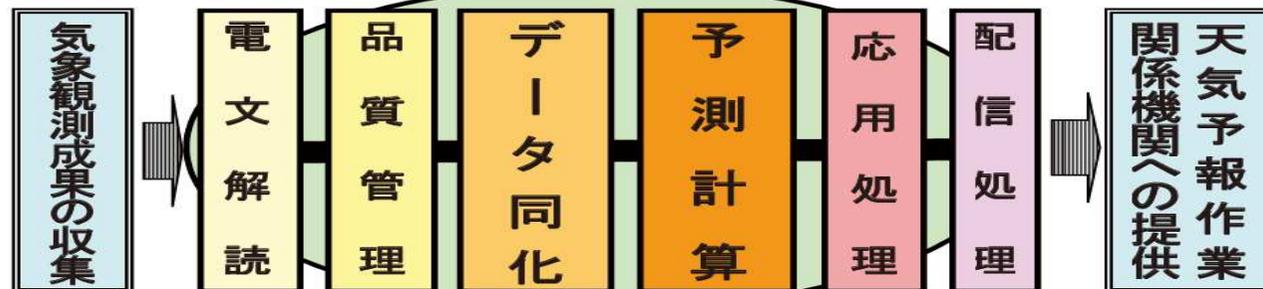


数値予報モデルは、大気を立体の格子で区切り、格子上での大気の状態を計算します。



大気の状態を気圧や気温、湿度などの物理量で表し、これら物理量に従う物理法則を用いて大気の将来の状態を計算できるようにしたものを「数値予報モデル」と呼びます。

## 数値解析予報システム



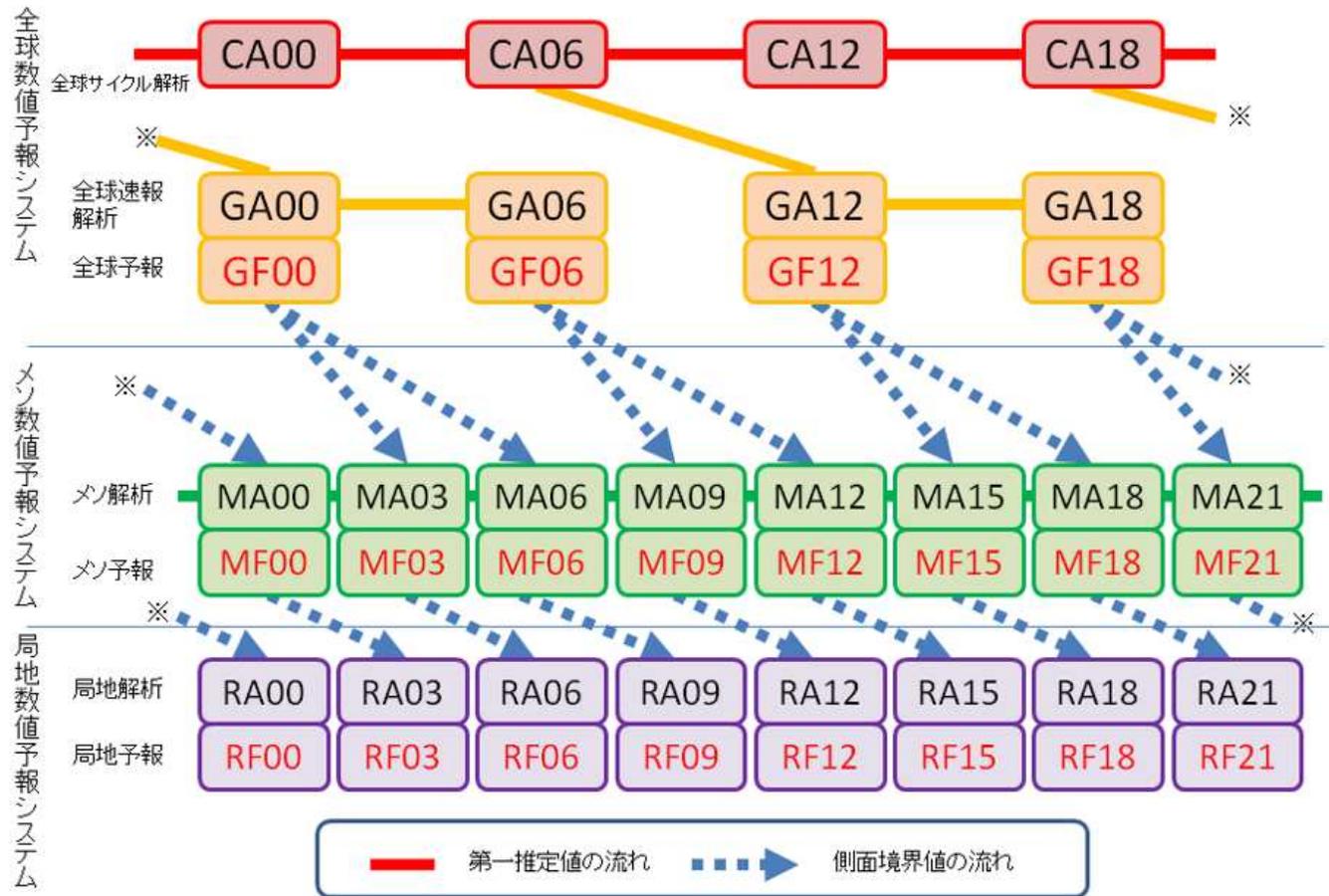
数値解析予報システムのしくみ：観測→解析(データ同化)→予報→提供

# 数値予報モデル一覽

数値予報モデル (略称)	水平分解能	鉛直層数 (最上層)	予報期間 (初期値の時刻 または実行頻度)	初期 値	主な利用目的
全球モデル (GSM)	約 20km	100 層 (0.01hPa)	84 時間 (00, 06, 18UTC、 毎日) 264 時間 (12UTC、毎日)	全球 解析	天気予報・週間天 気予報、台風の進 路・強度予報、MSM の側面境界条件
メソモデル (MSM)	5km	50 層 (約 22km)	39 時間 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC、毎日)	メソ 解析	防災気象情報、 降水短時間予報、 航空気象情報
局地モデル (LFM)	2km	60 層 (約 20km)	9 時間 (毎時)	局地 解析	航空気象情報、 防災気象情報、 降水短時間予報
週間アンサンブル 予報モデル	約 40km	60 層 (0.1hPa)	11 日間、27 メンバー (00, 12UTC、毎日)	全球 解析	週間天気予報
台風アンサンブル 予報モデル	約 40km	60 層 (0.1hPa)	5.5 日間、25 メンバー (00, 06, 12, 18UTC)	全球 解析	台風の進路予報
1 か月アンサンプ ル予報モデル	約 55km	60 層 (0.1hPa)	34 日間及び 17 日間、 各 50 メンバー (12UTC、毎週 各 1 回)	全球 解析	1 か月予報 異常天候早期警 戒情報
季節アンサンブル 予報モデル	大気約 180km 海洋約 100km	大気 40 層 (0.4hPa) 海洋 50 層	7 か月間、計 51 メンバ ー (00UTC、毎月)	気候 デー タ 同化	3 か月予報 暖・寒候期予報 エルニーニョ予 測

目先数時間程度の大雨等の予想には2km格子の局地モデルを、数時間～1日先の大雨や暴風などの災害をもたらす現象の予報には5km格子のメソモデルを、1週間先までの天気予報には約20km格子全球モデルと約40km格子の週間アンサンブル予報モデルを使用しています。また、1か月先までの天候予測には約55km格子の1か月アンサンブル予報モデルを使用しています。さらに、1か月より先の季節予報には、大気海洋結合モデルである3か月 / 暖寒候期アンサンブル予報モデルを使用しています。

# 解析予報サイクルと数値予報システム



CA : 全球サイクル解析 GA : 全球速報解析 GF : 全球予報  
 MA : メソ解析 MF : メソ予報 RA : 局地解析 RF : 局地予報

数値予報では、データ同化と数値予報モデルとは互いに影響を及ぼしあう関係にあります。気象庁の現業数値予報システムの解析予報サイクルと数値予報モデル、その側面境界値の関係を示したのが上の図です。全球数値予報システムは、全球サイクル解析では6時間間隔の、メソ数値予報システムでは3時間間隔の、いずれも解析予報サイクルとなっている。

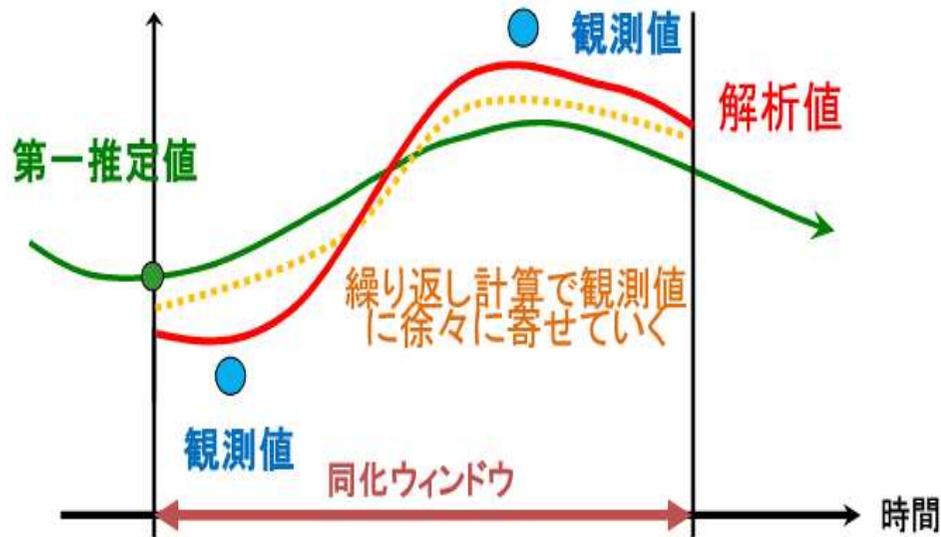
# データ同化

全球解析、メソ解析、局地解析、気候データ同化に使用するデータ一覧

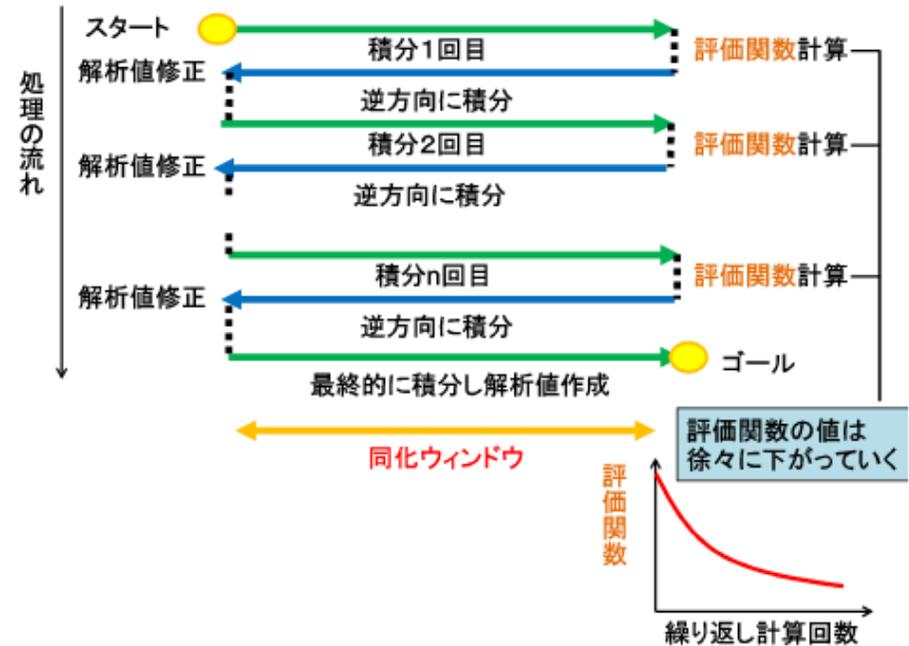
	データの種類	解析に使用する観測要素	使用先			
			全球	メソ	局地	気候
直接観測	固定観測点の地上観測 (アメダスを除く)	気圧	○	○	○	○
		湿度	—	—	○	—
	船舶・ブイ	気圧	○	○	○	○
		気温、風、湿度	○	○	○	○
	航空機	風	○	○	○	○
		気温	○	○	○	—
	アメダス	降水量(解析雨量)	—	○	—	—
気温、風		—	—	○	—	
レーダー	ウィンドプロファイラ	風	○	○	○	○
	一般気象レーダー	反射強度(解析雨量)	—	○	—	—
		反射強度から算出した相対湿度	—	○	○	—
		ドップラー速度風または動系風	—	○	○	—
空港気象レーダー	ドップラー速度風または動系風	—	○	○	—	
衛星観測	可視・赤外イメージャ	画像上の雲や水蒸気パターンから算出した風	○	○	○	○
		輝度温度	○	○	—	○
	マイクロ波イメージャ	輝度温度から算出した降水強度	—	○	—	—
	赤外サウンダ	輝度温度	○	○	—	○
	マイクロ波サウンダ	輝度温度	○	○	—	○
	マイクロ波散乱計	散乱断面積から算出した海上風	○	—	—	○
	GNSS 掩蔽観測	大気による電波の屈折率	—	—	—	○
		大気による電波の屈折角	○	—	—	—
GNSS 地上観測	大気遅延量から算出した可降水量	—	○	○	—	
	大気遅延量	○	—	—	—	
他	気象庁台風解析データ	海面気圧	○	○	—	—
		風	○	○	—	○

データ同化は、直近の予報値と空間的、時間的に不均一な観測データとを、それぞれの誤差の大きさを考慮して利用し、物理的整合性をもった最適な解析値を格子点データ(GPV)の形で求める技術です。気象庁では現在、4次元変分法を用いた全球及びメソ解析システム及び気候同化システムと、3次元変分法を用いた局地解析システムを運用しています。

# 4次元変分法



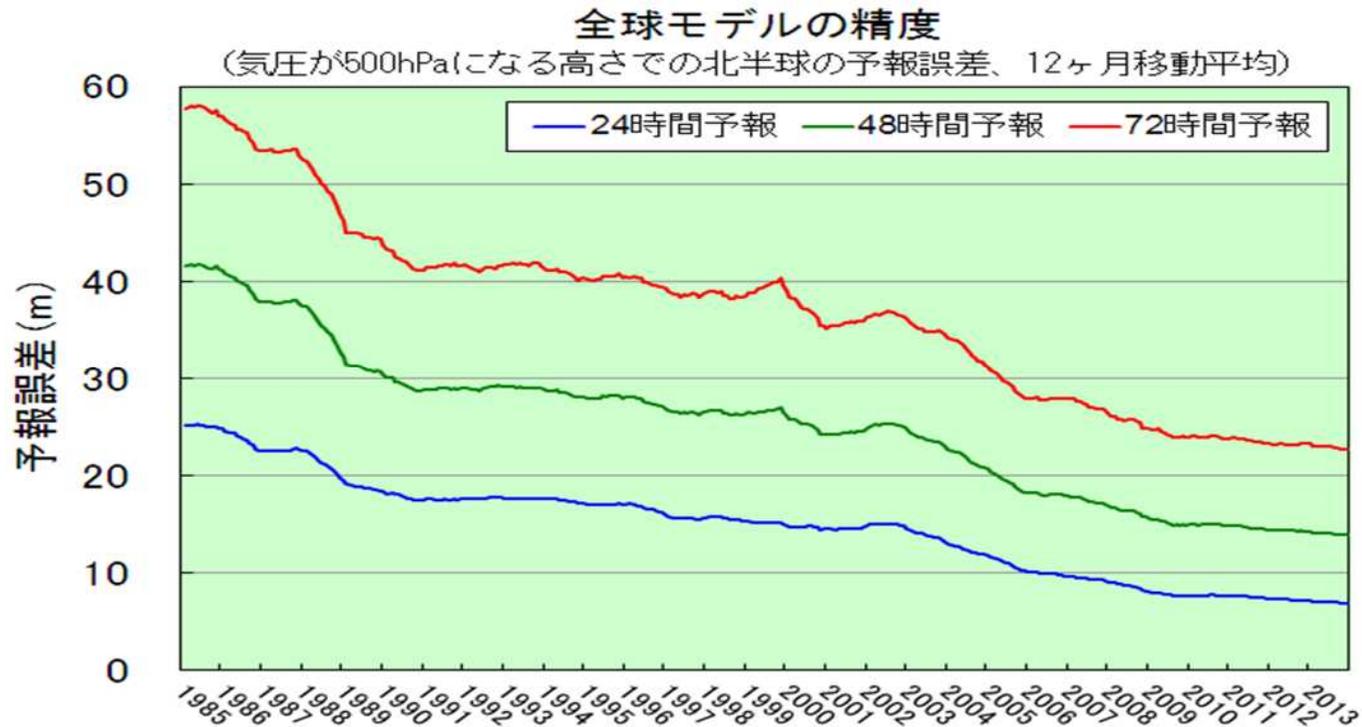
4次元変分法の考え方



4次元変分法の処理の流れ

4次元変分法を用いたデータ同化では、数値予報モデルを実行して少しずつ解析値を修正させることにより、第一推定値と観測値との間でもっともバランスのとれた最適な解析値を探すという求め方を行います。最適であるかどうかの指標には、「評価関数」を用います。評価関数は、現在の解析値が第一推定値や観測値からどのくらい離れているかを、定量的に示す数値で、小さいほどより適しているとみなします。

# 数値予報の精度向上



数値予報の精度は年々向上しています。それをもたらしているのは、数値予報モデルの精緻化、解析手法の高度化、観測データの増加・品質改善、そして数値予報の実行基盤となるコンピュータの性能向上です。

全球モデルの予報誤差は、上の図に見られるように年々小さくなっています。上空約5,000～6,000mの高度に相当する500hPaの高度の予報は、1980年代半ばの1日予報が現在の3日予報と同程度の誤差です。

全球モデルの水平格子間隔/鉛直層は、1980年代半ばは280km/12層という粗いものでしたが、現在では20km/100層という非常に精細なものとなっています。この精細なモデルを実行する気象庁のコンピュータは、現在では1秒間に847兆回という膨大な計算を行う性能を有しています。

ご清聴  
ありがとうございました

