

竜巻等突風予測情報改善検討会(第1回)

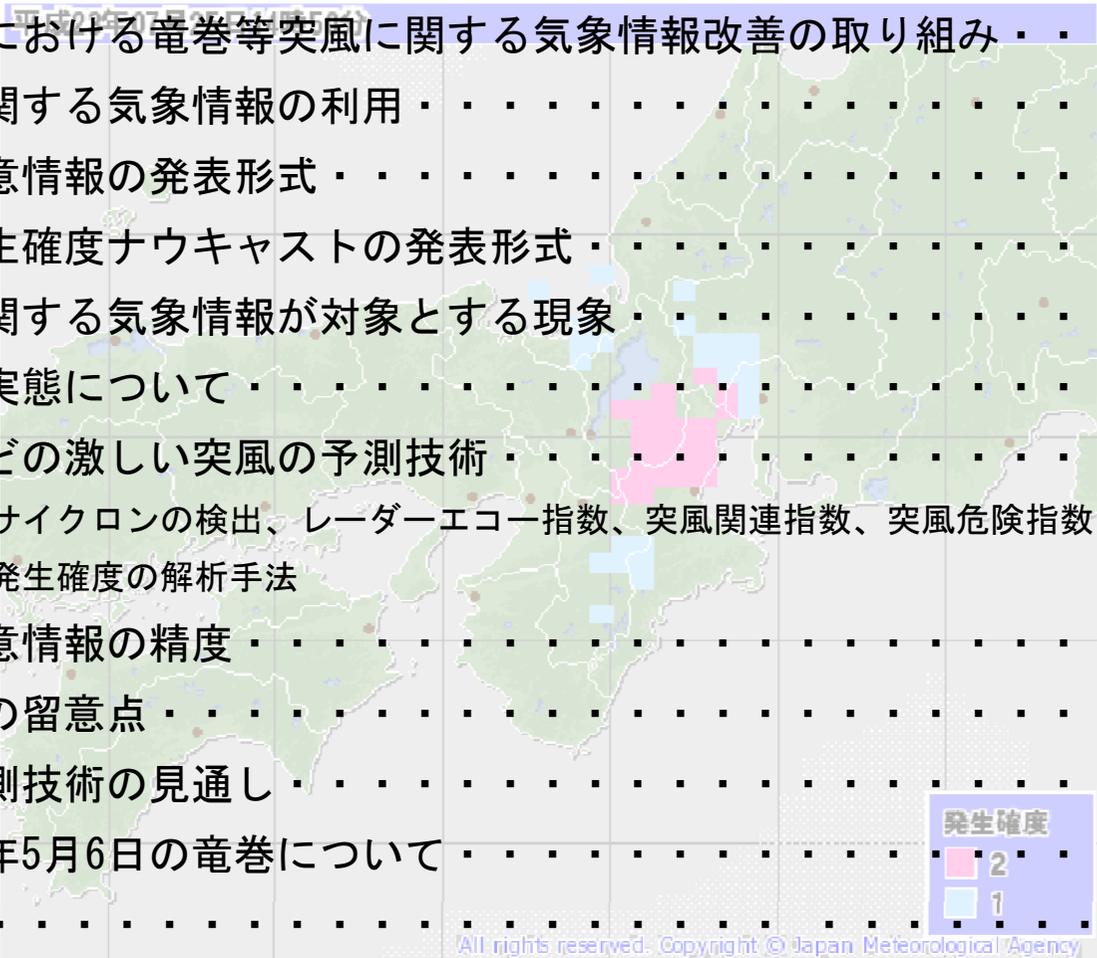
# 竜巻等突風予測情報に関わる現状と課題

平成24年5月31日

気象庁

# もくじ

□ 気象庁における竜巻等突風に関する気象情報改善の取り組み . . . . .	3
□ 突風に関する気象情報の利用 . . . . .	4
□ 竜巻注意情報の発表形式 . . . . .	7
□ 竜巻発生確度ナウキャストの発表形式 . . . . .	8
□ 突風に関する気象情報が対象とする現象 . . . . .	10
□ 竜巻の実態について . . . . .	11
□ 竜巻などの激しい突風の予測技術 . . . . .	14
□ メソサイクロンの検出、レーダーエコー指数、突風関連指数、突風危険指数	
□ 竜巻発生確度の解析手法	
□ 竜巻注意情報の精度 . . . . .	21
□ 利用上の留意点 . . . . .	25
□ 監視予測技術の見通し . . . . .	26
□ 平成24年5月6日の竜巻について . . . . .	28
□ まとめ . . . . .	35



All rights reserved. Copyright © Japan Meteorological Agency

# 気象庁における竜巻等突風に関する 気象情報改善の取り組み

3

■雷注意報及び気象情報のなかで、適宜、雷、突風等に対する警戒を呼びかけ

★平成17年12月25日：山形県で顕著な突風発生(羽越線事故)

平成18年度

平成17年度：東京気象レーダーをドップラー化

★突風等短時間予測情報の発表開始に向け、気象庁内の技術開発体制を構築

★平成18年9月17日：宮崎県で竜巻発生、延岡市で死者3名  
★平成18年11月7日：北海道で竜巻発生、佐呂間町で死者9名

平成19年度

平成18年度：仙台・新潟・名古屋の各気象レーダーをドップラー化

・内閣府が関係省庁による「竜巻等突風対策検討会」を開催

■突風等短時間予測情報利活用検討会(初年度目)を開催

★「竜巻注意情報」の提供を開始(平成20年3月26日)

平成20年度

平成19年度：沖縄・室戸岬・函館・釧路・松江・福岡・種子島の各気象レーダーをドップラー化

■突風等短時間予測情報利活用検討会(2年度目)を開催

★冊子「竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について」(平成21年3月27日)

平成21年度

平成21年度：石垣島・札幌・福井・大阪・広島の各気象レーダーをドップラー化

平成22年度

★「竜巻発生確度ナウキャスト」の提供を開始(平成22年5月27日)

平成23年度

★平成23年11月18日：鹿児島県徳之島町で竜巻発生、死者3名

平成24年度

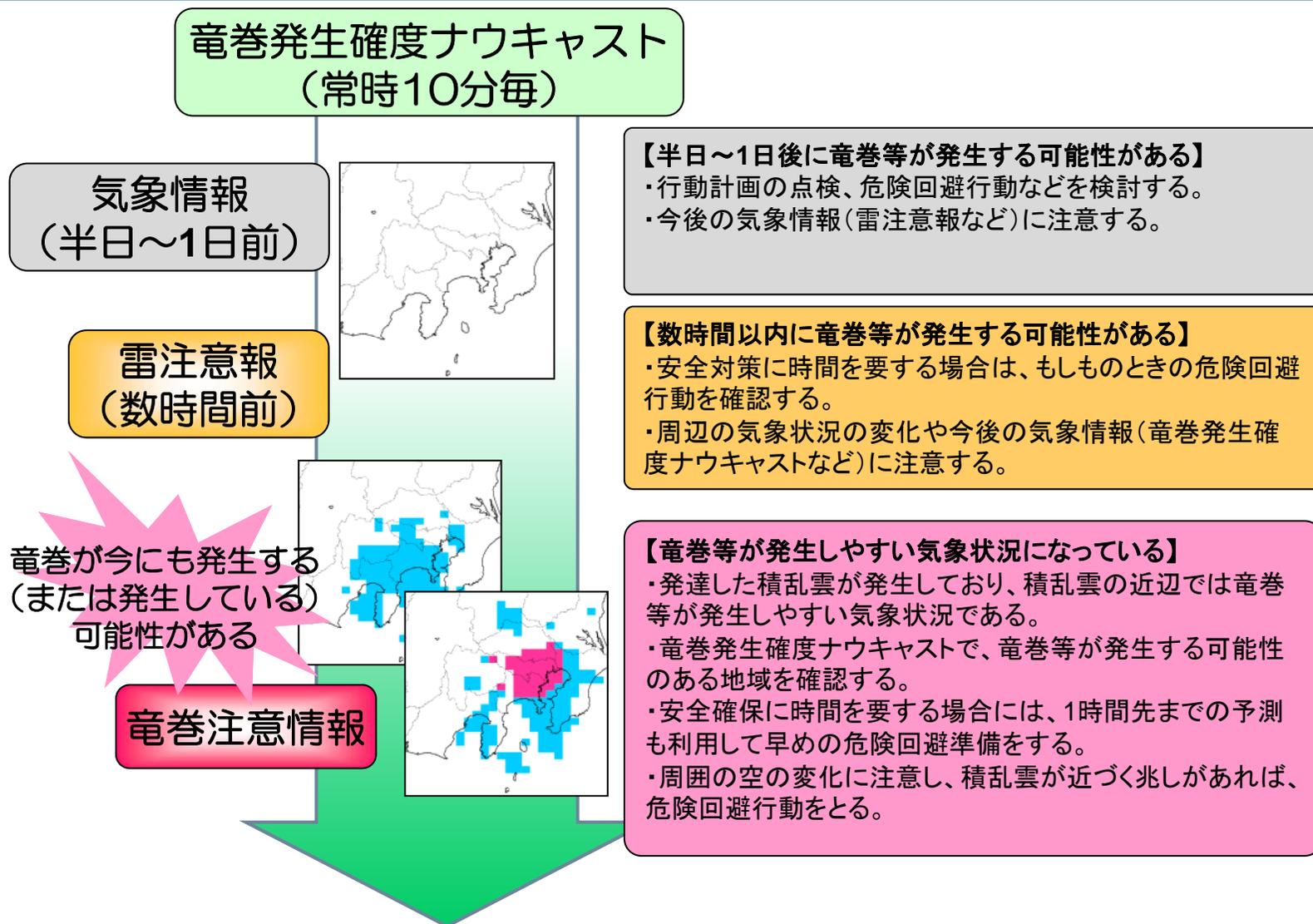
平成23年度：秋田気象レーダーをドップラー化

★平成24年5月6日：茨城県、栃木県で竜巻発生、つくば市で死者1名

平成24年度：長野・静岡・名瀬の各気象レーダーをドップラー化(予定)

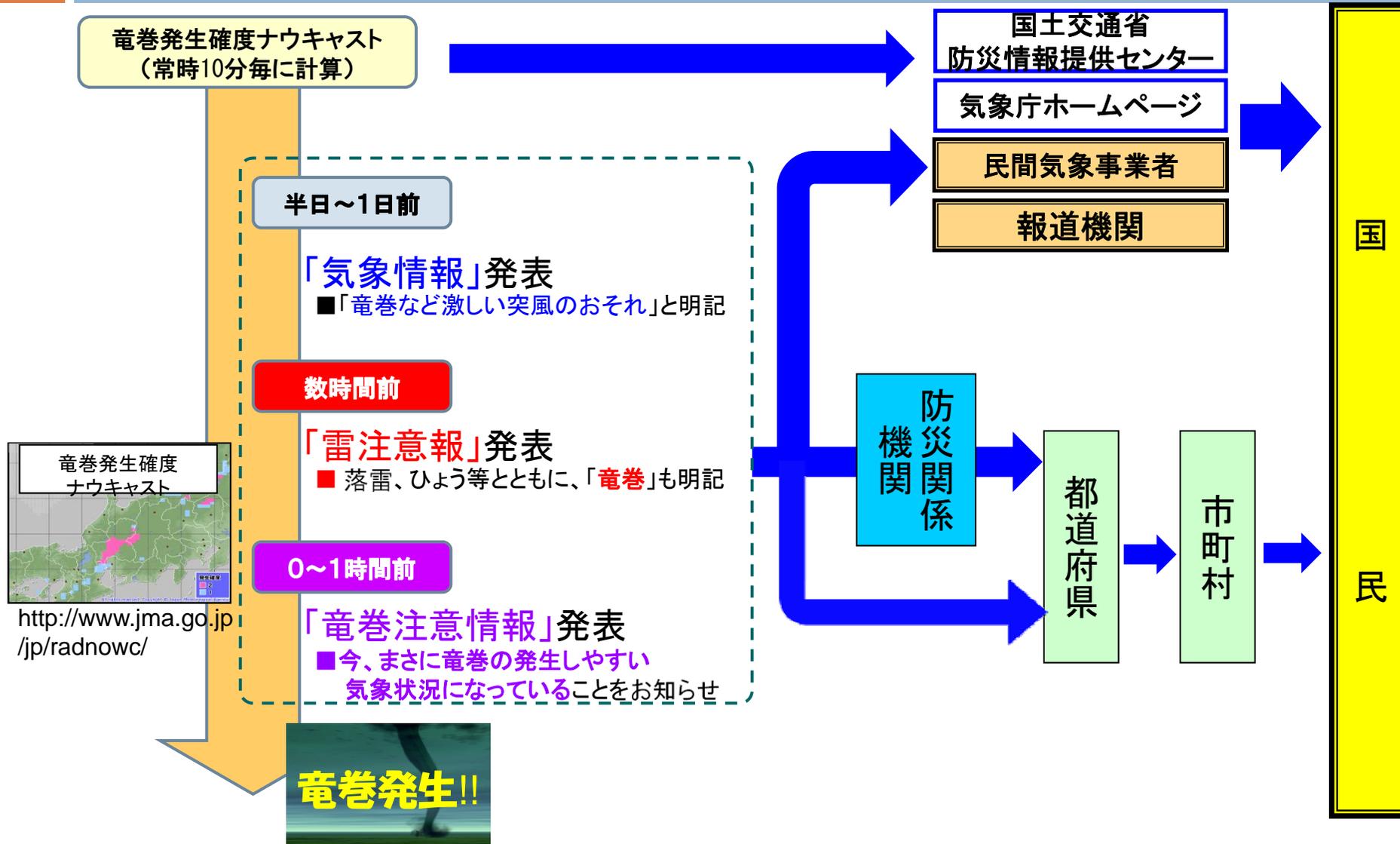
# 竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利用

4



# 竜巻等突風に関する情報の流れ

5



# 茨城県、栃木県を対象とした竜巻注意情報等の発表状況(平成24年5月6日)

6

## ●茨城県(水戸地方気象台発表)

05時35分	雷と突風及び降ひょうに関する茨城県気象情報 第1号
05時47分	雷注意報
12時38分	茨城県竜巻注意情報 第1号
13時54分	茨城県竜巻注意情報 第2号
15時10分	茨城県竜巻注意情報 第3号
16時06分	茨城県竜巻注意情報 第4号
17時13分	大雨と雷及び突風に関する茨城県気象情報 第2号
17時19分	茨城県竜巻注意情報 第5号
20時47分	雷注意報 解除
21時04分	大雨と雷及び突風に関する茨城県気象情報 第3号

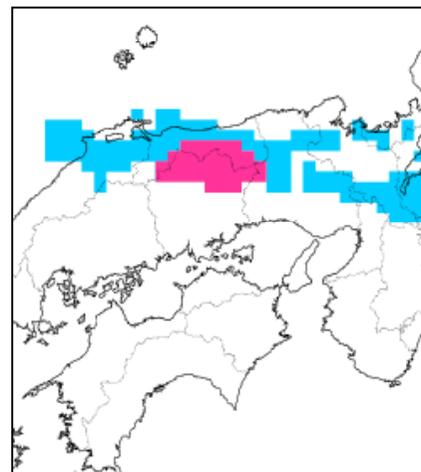
## ●栃木県(宇都宮地方気象台発表)

05時24分	雷と突風及び降ひょうに関する栃木県気象情報 第2号
06時06分	雷注意報
11時54分	栃木県竜巻注意情報 第1号
12時50分	栃木県竜巻注意情報 第2号
14時11分	栃木県竜巻注意情報 第3号
15時11分	栃木県竜巻注意情報 第4号
17時02分	大雨と雷及び突風に関する栃木県気象情報 第3号
19時38分	雷注意報 解除

# 竜巻注意情報の発表形式

7

- 竜巻発生確度が確度2となった地方(県など)に対して発表する。
- 有効期間は1時間先まで。



この例では鳥取県、岡山県、兵庫県に竜巻注意情報が発表される。

岡山県竜巻注意情報 第1号  
平成22年〇月△△日〇7時〇6分 岡山地方气象台発表

岡山県では、竜巻発生のおそれがあります。

竜巻は積乱雲に伴って発生します。雷や風が急変するなど積乱雲が近づく兆しがある場合には、頑丈な建物内に移動するなど、安全確保に努めてください。

この情報は、△△日〇8時10分まで有効です。

push型  
の情報

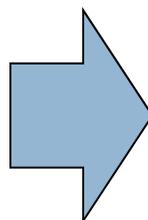
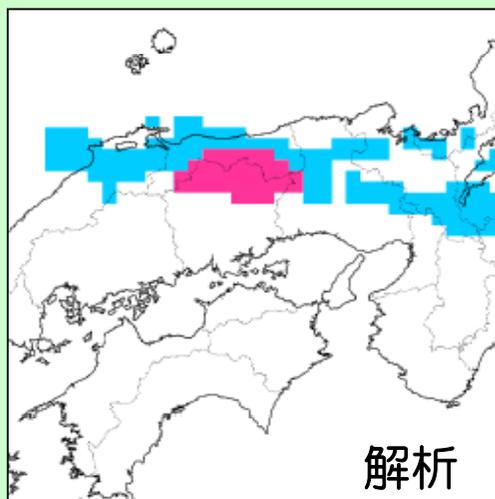
# 竜巻発生確度ナウキャストの発表形式

8

## 解析

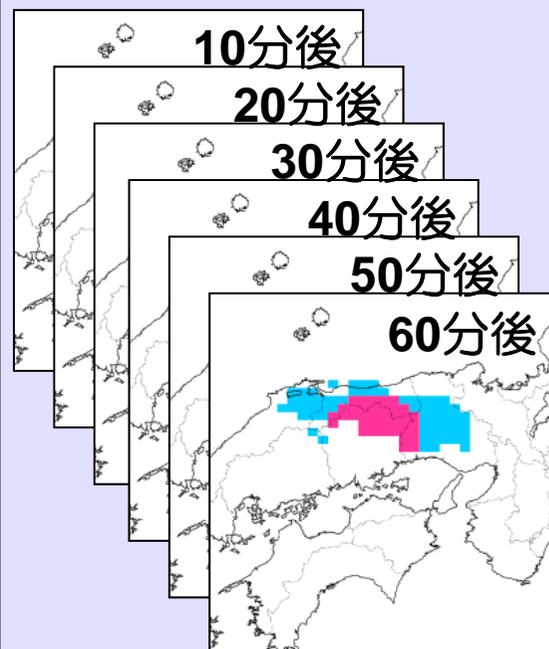
- ・ 解析時間：10分毎
- ・ 格子間隔：10 km

- 発生確度 2
- 発生確度 1



## 予測

- ・ 予報時間：10分毎に1時間先まで
- ・ 格子間隔：10 km



pull型  
の情報

# 発生確度の意味

9

竜巻などの突風は観測機器で実体を捉えられないので、

各種データから推定した「竜巻が今にも発生する（または発生している）可能性の程度」を「発生確度」として示す。

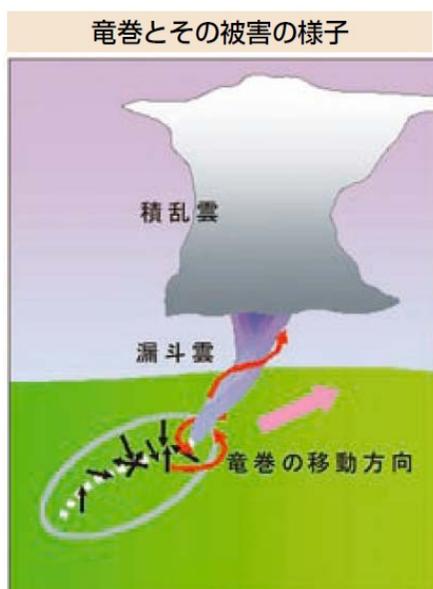
発生確度 2	予測の適中率は5～10%程度、捕捉率は20～30%程度である。発生確度2となっている地方(県など)には竜巻注意情報が発表される。
発生確度 1	予測の適中率は1～5%程度と発生確度2の地域よりは低いが、捕捉率は60～70%程度と見逃しが少ない。

※ 発生確度1や2が現れていないときでも、竜巻が発生することがあります。

# 突風に関する気象情報が対象とする現象

10

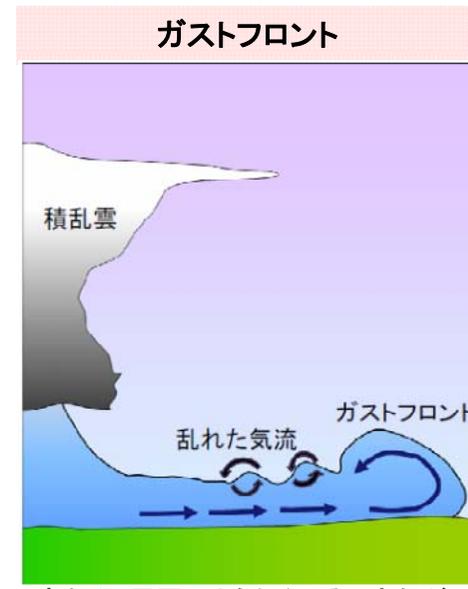
## 発達した積乱雲に伴う激しい突風 竜巻、ダウンバースト、ガストフロント 情報ではわかりやすさのために「竜巻」に集約している



赤矢印：空気の流れ  
黒矢印：樹木等の倒壊方向  
白点線：竜巻の経路



青矢印：ダウンバーストの  
空気の流れ  
黒矢印：樹木等の倒壊方向

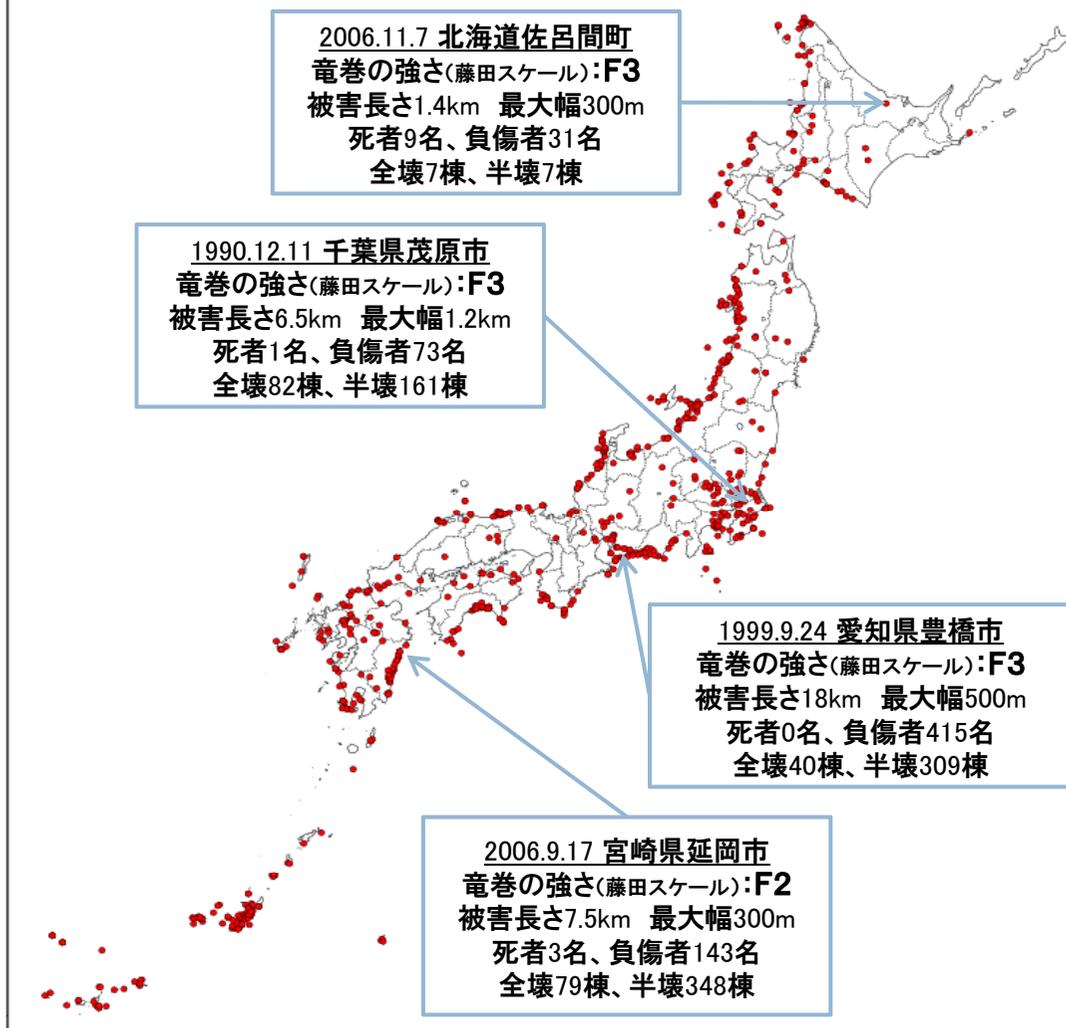


青矢印：周囲より冷たくて重い空気が  
周囲へ流出する流れ  
黒矢印：乱れた気流

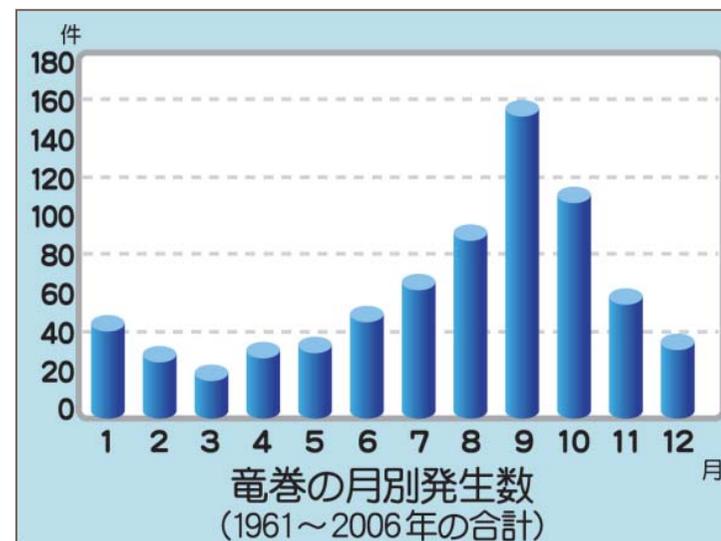
# 竜巻の実態について

11

## 竜巻の発生位置(1961年～2010年)



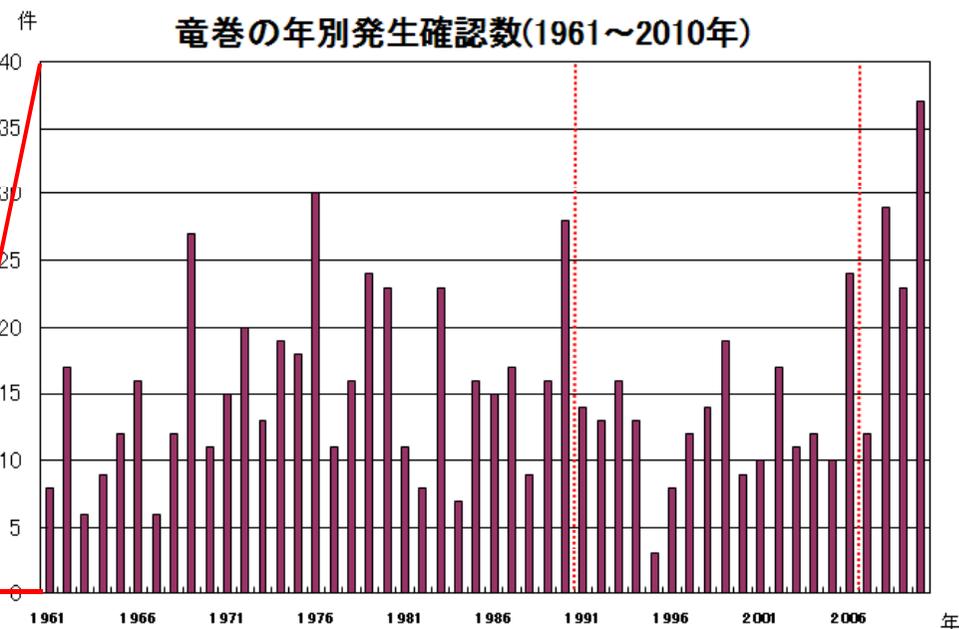
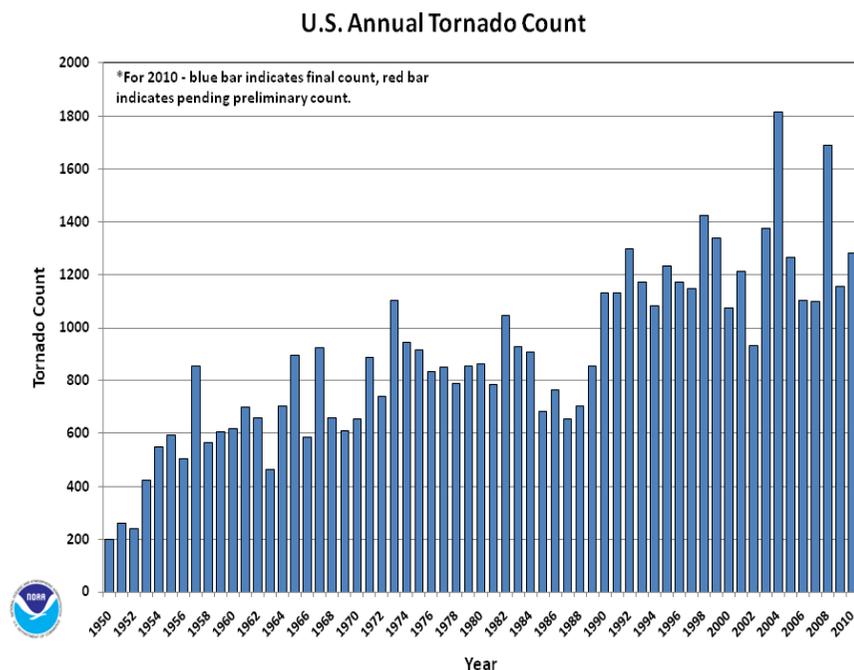
- 日本の**どこでも**発生。
- 季節を問わず**台風、寒冷前線、低気圧に伴って発生。
- 台風シーズンの**9月が最も多く**発生。
- 年平均で約17個**の竜巻が発生  
(※1991～2006年の平均)  
 日本で発生する竜巻の単位面積当たりの発生数はアメリカの3分の1



# 竜巻の確認数の推移

12

- 日米比較 -



米国における竜巻の年別発生確認数  
1950~2010年 (NOAA)  
最近の平均では1300個/年程度。

注1 1980年頃の増加傾向は、F0竜巻の報告の増加による人為的な原因と考えられている。

日本における竜巻の年別発生確認数<sup>注2</sup>  
1961-2010年 (気象庁)  
1991~2006年の平均で17個/年程度。

注2 「竜巻」及び「竜巻またはダウンバースト」、陸上で発生または海上で発生してその後上陸したもの数。

注3 1990年前後では竜巻の確認方法に違いがあること、2007年から突風調査の強化による人為的な原因での増加の可能性など、赤点線の前後の期間では、単純な比較はできない。

# 竜巻の寿命(継続時間)

13

- 日米比較 -

## 日本における竜巻

平均	12分
最大	41分

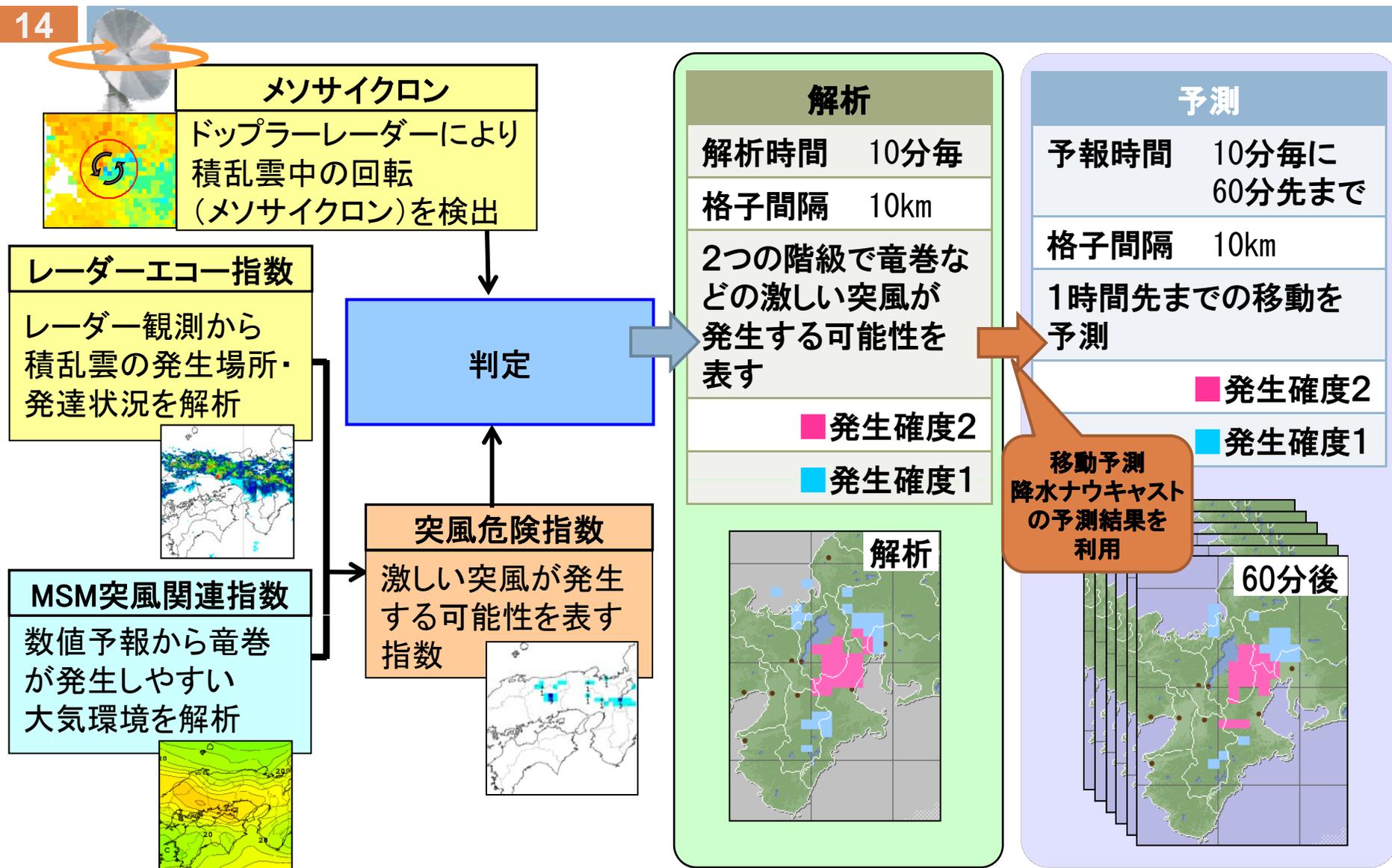
1961~1990年の統計  
(Niino et al. 1997より)

## 米国における竜巻

平均	15分	
	典型的な値	
	弱い竜巻(EF0-1)	2~3分
	強い竜巻(EF2-3)	8分
	激しい竜巻(EF4-5)	25分
最大	3時間30分 (この間、352km移動した)	

# 竜巻などの激しい突風の予測技術

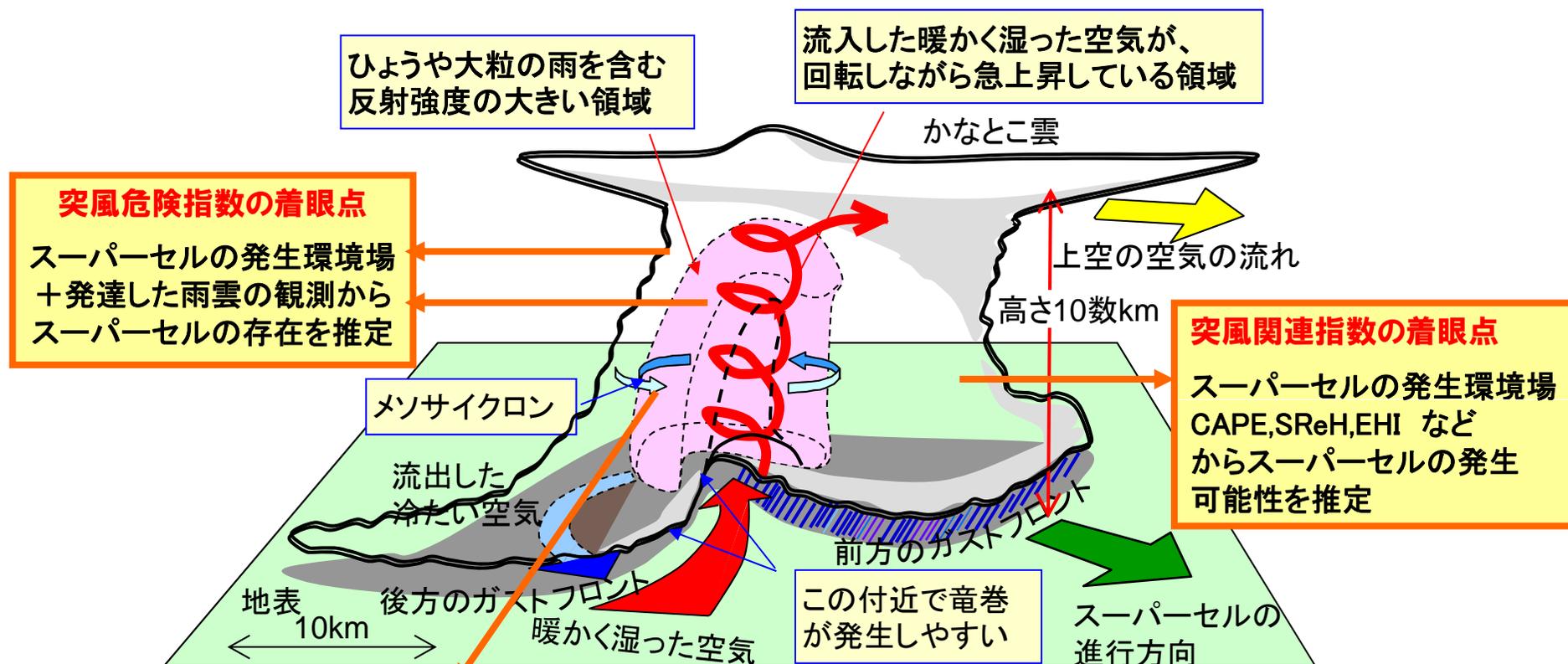
14



# スーパーセルを中心とした予測の着眼点

15

スーパーセルは強い竜巻やダウンバーストを発生させる



## 突風危険指数の着眼点

スーパーセルの発生環境場  
+ 発達した雨雲の観測から  
スーパーセルの存在を推定

## 突風関連指数の着眼点

スーパーセルの発生環境場  
CAPE, SReH, EHI など  
からスーパーセルの発生  
可能性を推定

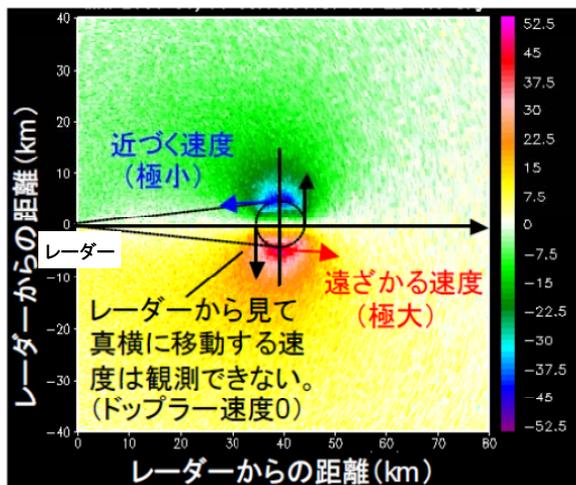
## ドップラーレーダーの着眼点

メソサイクロンの検出により  
スーパーセルの存在を推定

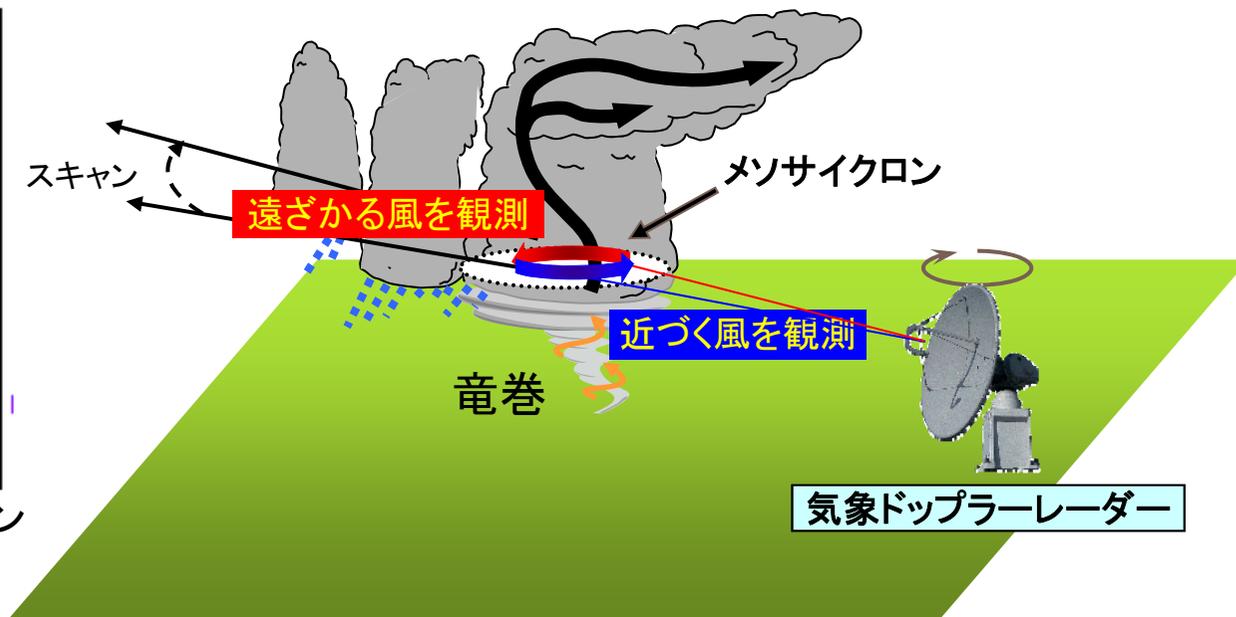
スーパーセルの概念図

# メソサイクロンの検出

16



ドップラー速度で見た渦のパターン



- 竜巻は小規模の現象なので気象ドップラーレーダーで直接捉えることはできない。
- 竜巻の親雲となる積乱雲は、スーパーセル(直径数km~十数kmのメソサイクロンといわれる渦を持つ積乱雲)であることが多い。
- 気象ドップラーレーダーでは、メソサイクロンを捉えることで竜巻監視を目指している。
- ただし、竜巻をもたらす積乱雲の中には、メソサイクロンを伴わないもの(非スーパーセル)もある。

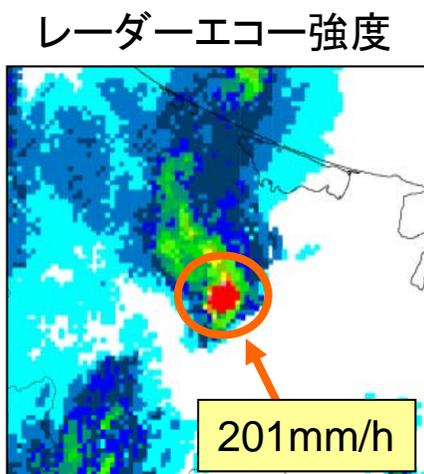
# レーダーエコー指数

17

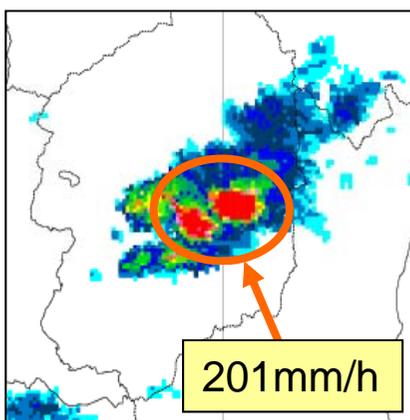
積乱雲の立体的な特徴を指数化し、積乱雲の発達状況を把握

地上での降水強度が同じでも立体的には違う特徴を有する

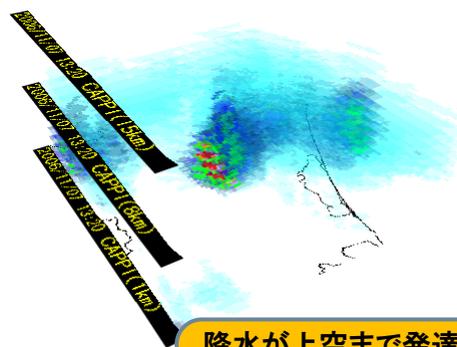
竜巻  
2006年11月7日  
13時20分  
北海道佐呂間町



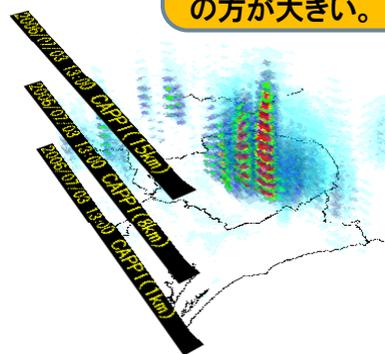
ダウンバースト  
2006年7月3日  
13時00分  
栃木県高根沢町



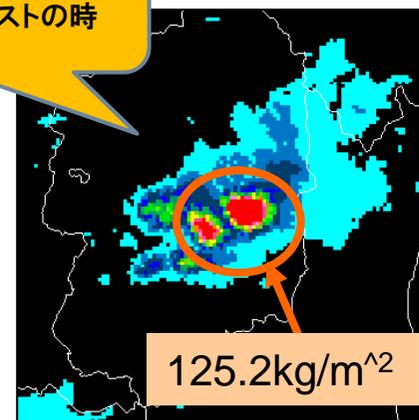
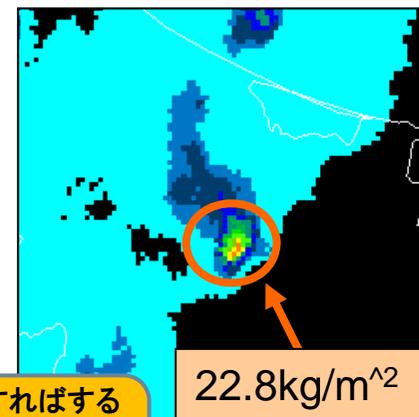
レーダーエコー  
強度の立体表示



降水が上空まで発達すればするほど大きい値になる指数。一般に竜巻よりダウンバーストの時の方が大きい。



レーダーエコー指数の例  
鉛直積算雨水量(VIL)



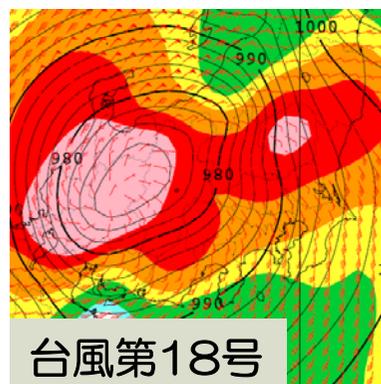
# 突風関連指数

## 18 竜巻などの激しい突風の発生と関係の深い大気環境の指数

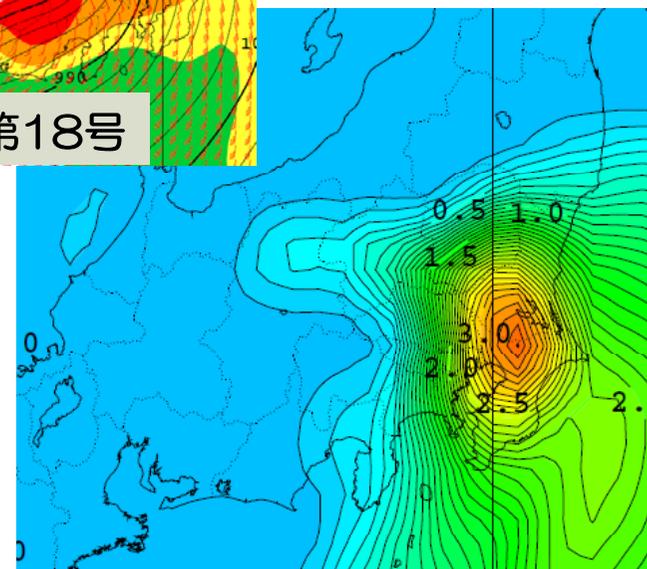
### 主な突風関連指数

指数名	指数の説明
<b>CAPE</b>	対流有効位置エネルギー 下層が高温多湿、上空が低温乾燥であるほど値が大きくなる指数。大気的不安定さを表す。
<b>SReH</b>	ストームに相対的なヘリシティ 下層から上空へ向かった風向風速がねじれながら変化していることを表す指数。積乱雲の寿命を延ばす要素と考えられている。
<b>EHI</b>	Energy Helicity Index CAPEとSReHの両方が大きいほどスーパーセルの形成を促す。EHIは両者を掛け算した値。

前日の数値予報（GSM）から計算し気象情報（後述）で竜巻の可能性に言及



平成21年10月7日  
00UTC  
24時間予報



**EHI**

10月8日朝、千葉県、茨城県でF1の竜巻発生

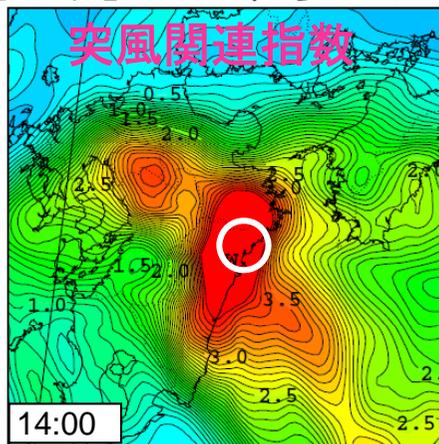
直前の数値予報（MSM）から計算し、最新のレーダー観測と合わせて突風危険指数の計算に利用（次ページ）

# 突風危険指数

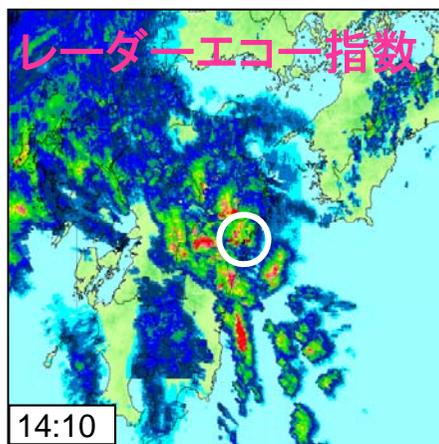
19 今まさに竜巻などの激しい突風が発生する可能性を表す指数

竜巻が発生しやすい大気環境

数値予報



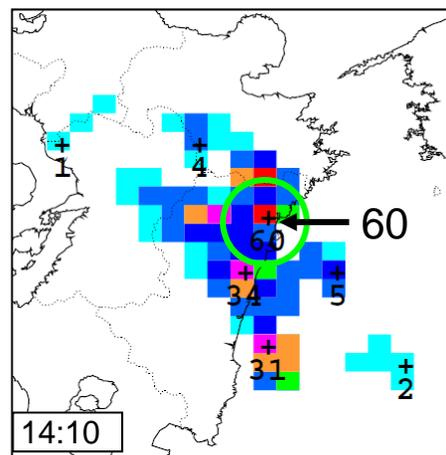
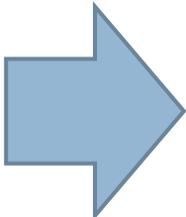
レーダー



積乱雲の発達状況

## 突風危険指数

MSMによる各種指数とレーダー観測値、及び過去の竜巻事例を統計的に処理した予測式から、現在の突風危険指数を計算する。



平成18年9月17日  
14時頃、宮崎県  
延岡市でF2の竜巻  
発生

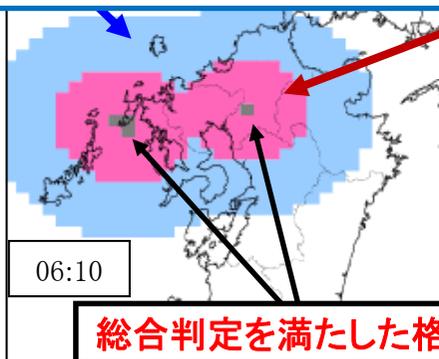
数値が高いと竜巻が発生する可能性がある

# 竜巻発生確度の解析手法

## 20 メソサイクロンと突風危険指数から総合的に判定

### 発生確度1背景

総合判定の条件を満たした格子の周辺100km



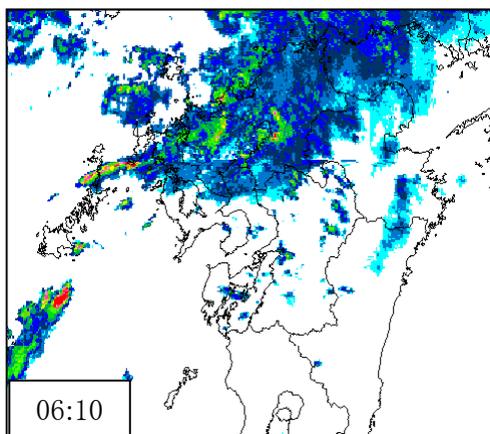
総合判定を満たした格子

(a)発生確度1・2背景

### 発生確度2背景

メソサイクロンと突風危険指数との総合判定の条件を満たした格子の周辺40km

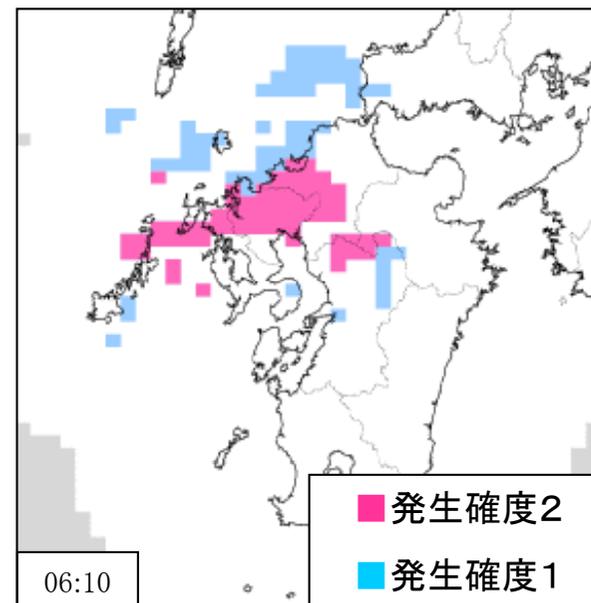
発生確度1、2の背景上でレーダーエコーの強い格子を抽出



(b)気象レーダー(降水強度)

### 総合判定

風の情報(メソサイクロン)と雨や大気の情報(突風危険指数)をバランス良く配分して発生確度背景の中心となる格子を判定している



(c)発生確度1・2格子の確定

平成23年8月21日

6時10分頃福岡県久留米市でFOの竜巻発生  
6時41分頃福岡県福岡市でF1の竜巻発生

# 竜巻注意情報の精度

21

	2008年 3月26日～12月31日	2009年 1月1日～12月31日	2010年 1月1日～12月31日	2011年 1月1日～12月31日	2012年 1月1日～5月10日
適中率 (括弧内)は注を参照	9% (22%)	5% (31%)	5% (28%)	1% (19%)	5% (60%)
捕捉率 [括弧内]はF1以上の 捕捉率	24% [31%]	21% [67%]	34% [63%]	21% [20%]	33% [100%]
発表数	172	128	490	589	78
突風回数 [括弧内]はF1以上の 突風回数	70 [13]	34 [6]	67 [8]	39 [5]	9 [2]

適中率：竜巻注意情報の発表数のうち、有効期間内に突風(竜巻、ダウンバースト、ガストフロント)の発生があった発表の数の割合。

適中率の(括弧内)：突風もしくはアメダスの最大瞬間風速20m/s以上のいずれかを対象県内で記録した場合を適中とみなし、その割合を示す。

捕捉率：実際に発生した突風回数のうち、竜巻注意情報が予測できた突風の数の割合。

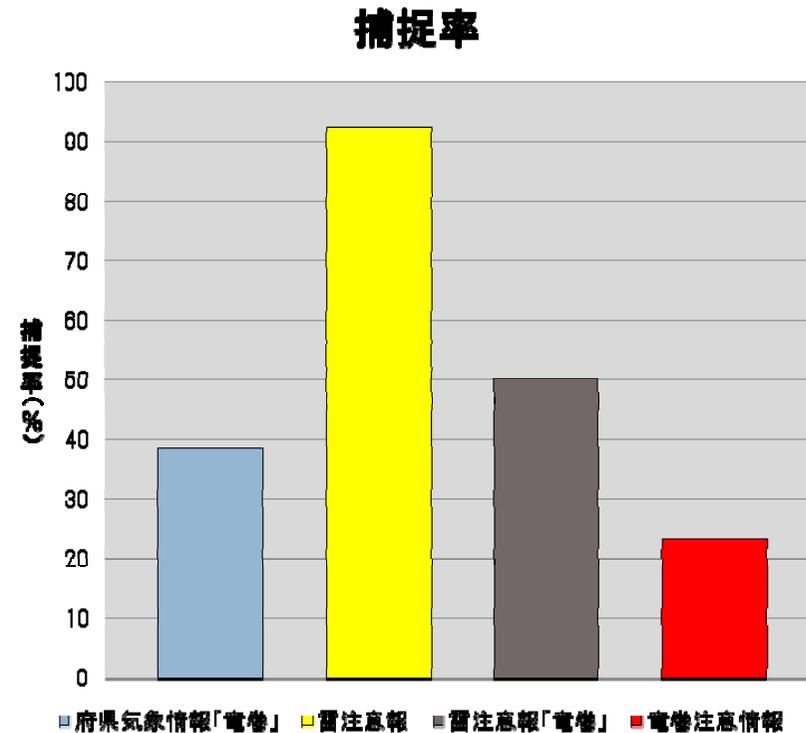
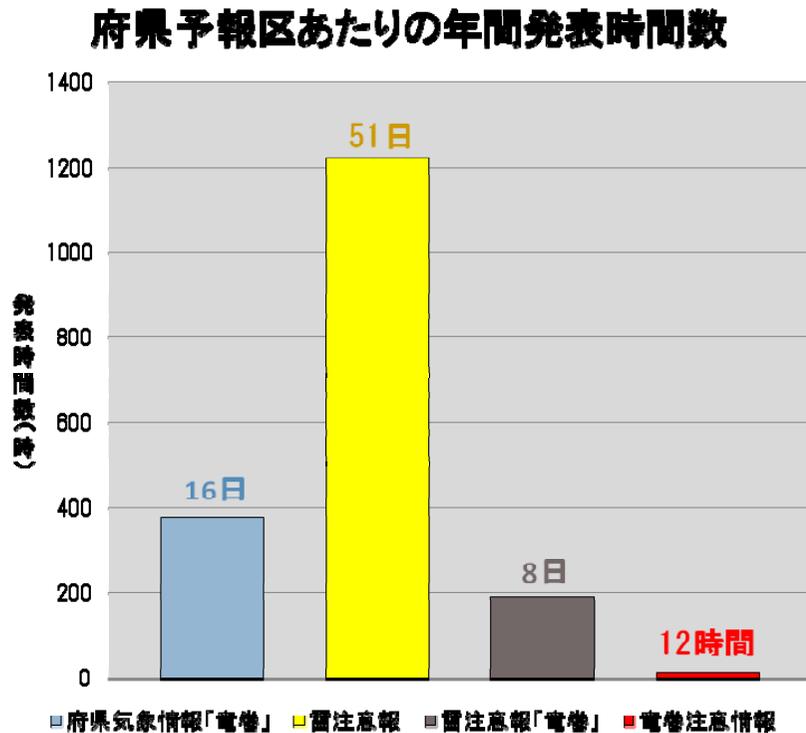
# 竜巻注意情報の精度の留意点

22

- 竜巻等の突風の発生は年々変動が大きいことや1年間に発生する回数が少ない(海上竜巻をのぞくと13回程度)ため、精度も年々変動が大きくなる。単年の精度だけで突風の予測技術全体を評価するのは難しいので、継続的な評価が必要。
- 竜巻等の突風の現象は局地的に発生するため、突風が起こっていても確認されない場合がある。

# 竜巻などの激しい突風に関する気象情報の 発表時間数・突風事例の捕捉率

23



- 2008年3月26日～2012年5月6日の各情報の府県予報区あたりの年間発表時間数と突風事例捕捉率。
- 有効期間が異なる情報を比較するため、発表回数の代わりに発表時間数で発表の母数を正規化した。
- 「竜巻」をキーワードとする府県気象情報は24時間、竜巻注意情報は1時間を有効期間と仮定した。
- 雷注意報、「竜巻」を付加した雷注意報は発表時間を1時間単位で集計した。(端数を切り捨て)
- 各情報の期間内に同一府県予報区で発生した突風事例を捕捉事例とした。

# 竜巻などの激しい突風に関する気象情報 発表時の突風発生可能性の比較

24

気候学的な発生率

1

半日～1日前

8倍

「竜巻」をキーワードとする  
予告的な府県気象情報

数時間前

20倍

「竜巻」を付加した  
雷注意報

0～1時間前

『竜巻注意情報』

200倍

ここに示した数値は、2008年3月26日～  
2012年5月6日までの全国の突風に関する  
気象情報を集計し、各情報が発表されてい  
る府県予報区で1時間内に突風が発生する  
可能性を算出した。  
楕円中の数字は、気候学的な発生率に対し  
て何倍可能性が高いかを示す。

- 予告的な府県気象情報は、情報の対象と  
する時間を発表時刻から24時間として集計  
した。
- 雷注意報は、発表期間を1時間単位で集計  
した。
- 竜巻注意情報は、有効時間を1時間として  
集計した。

『竜巻注意情報』が発表された時には、  
平常時に比べて約200倍、「竜巻」を付加  
した雷注意報発表時に比べて約10倍、  
竜巻等の突風が起こる可能性が高くなっ  
ていると言える。

竜巻発生!!



# 利用上の留意点

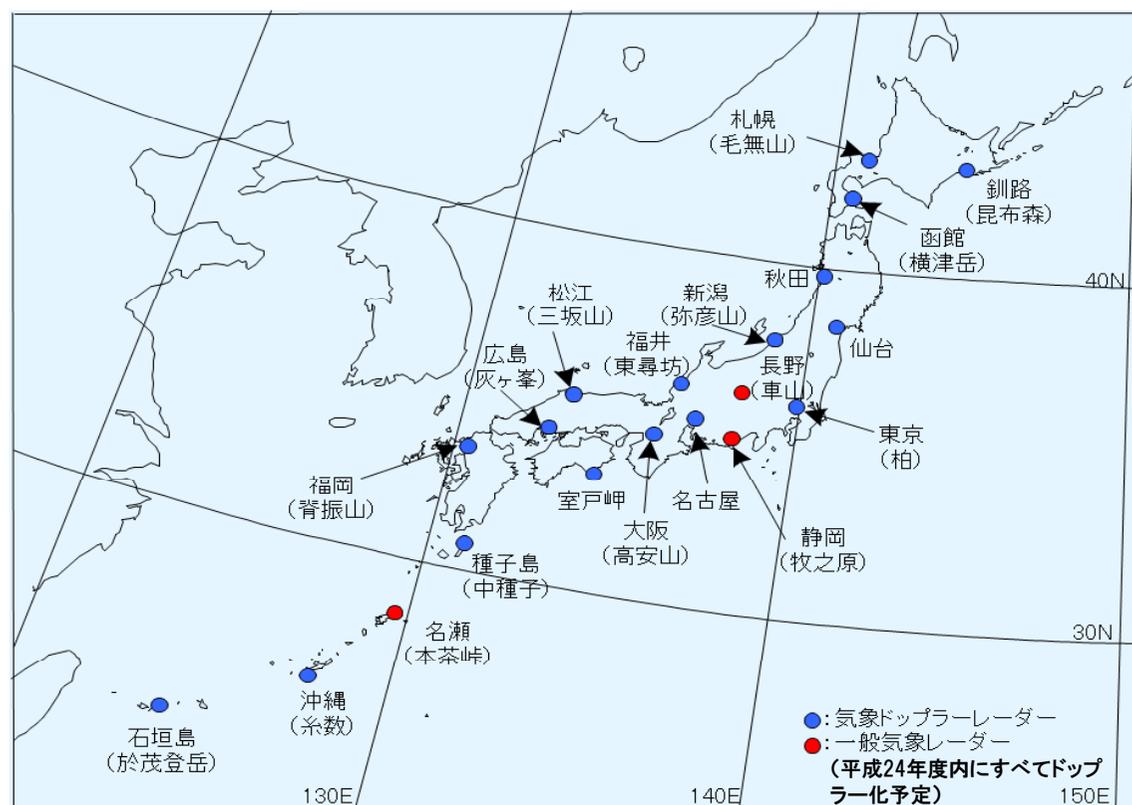
25

- 適中率の低い情報の効果的な利用
  - 空振りが多いので、情報発表に連動して負担の大きな対策を実施するのは難しい。
  - 「空の様子に注意する」など負担の小さな対策から実施し、発達した積乱雲の接近を確認した段階で、現場作業の中断など負担の大きい対応をとるのが現実的。
  - 屋外作業や行事など突風の影響を受けやすい状況では、気象情報を随時入手できる手段を確保するとともに、安全確保に時間を要する場合には、段階的に実施できる安全対策を検討しておくが良い。
- 身の安全を守ることが第一
  - 竜巻注意情報や竜巻発生確度ナウキャストは、竜巻などの激しい突風から身の安全を確保するための情報。
  - 空が急に暗くなるなど積乱雲の近づく兆候を確認したら、頑丈な建物に入るなど身の安全を図る行動をとることが大切。
  - 竜巻注意情報が発表されていない場合でも、竜巻等の激しい突風の発生につながる場合がある。

# 監視・予測技術の見通し

26

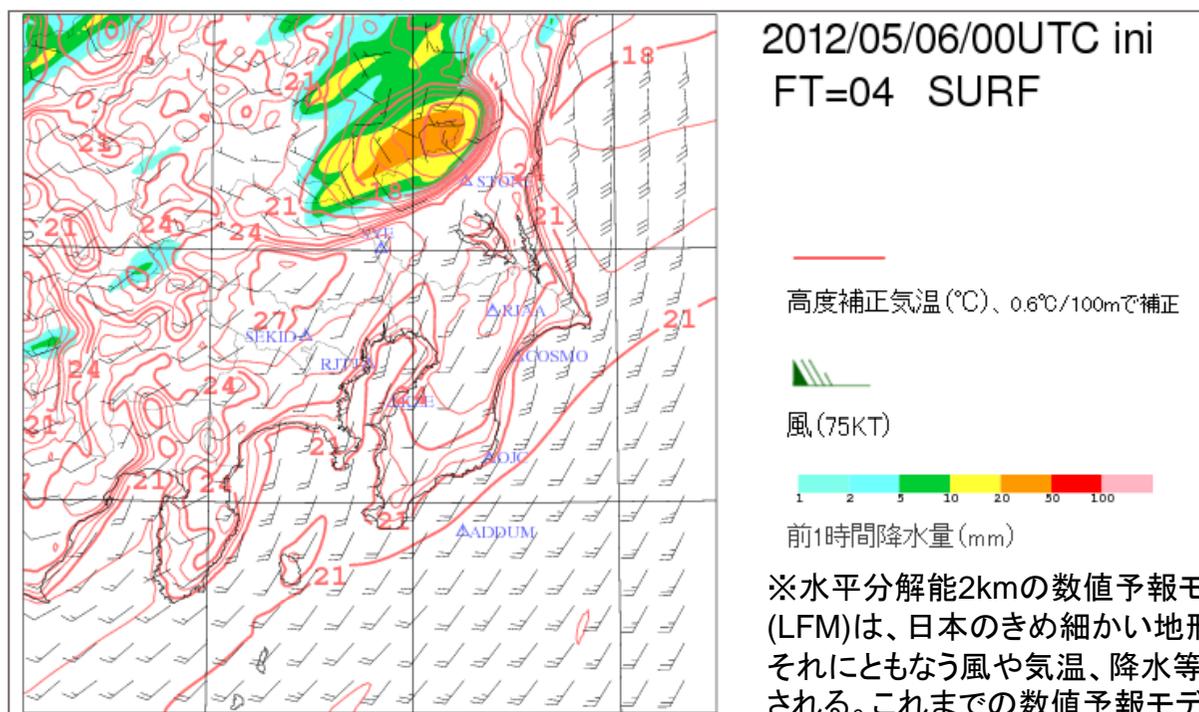
- 気象庁全国レーダー網のドップラー化の完成
  - メソサイクロンの監視が全国で可能となる
  - メソサイクロン検出アルゴリズムの精度向上



# 監視・予測技術の見通し

27

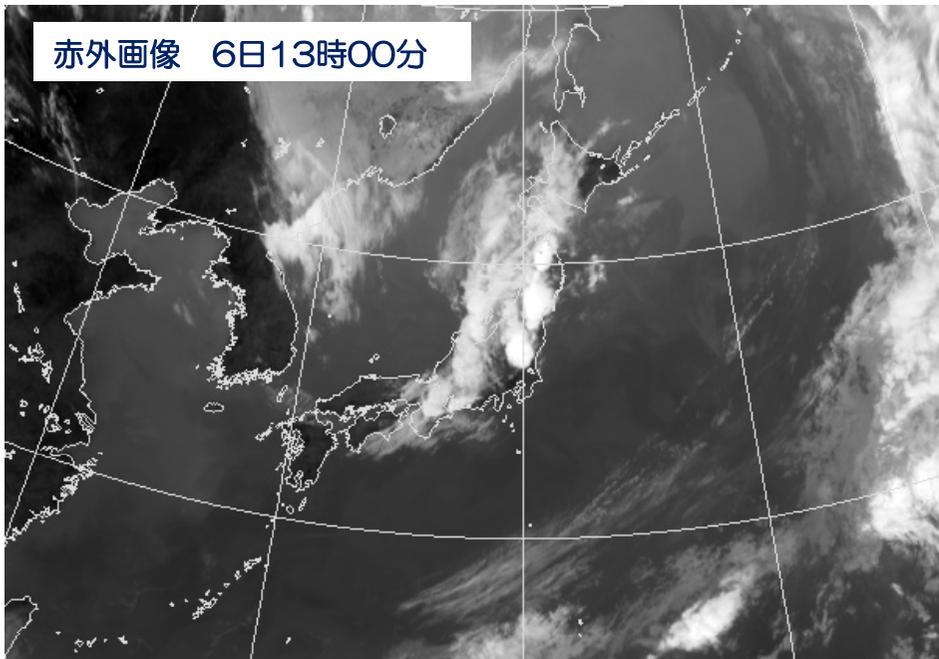
- 竜巻が発生しやすい環境場の分析の高度化
  - 局地モデル (LFM) を用いた環境場の分析 (突風関連指数、下層の気温や風の間)、等



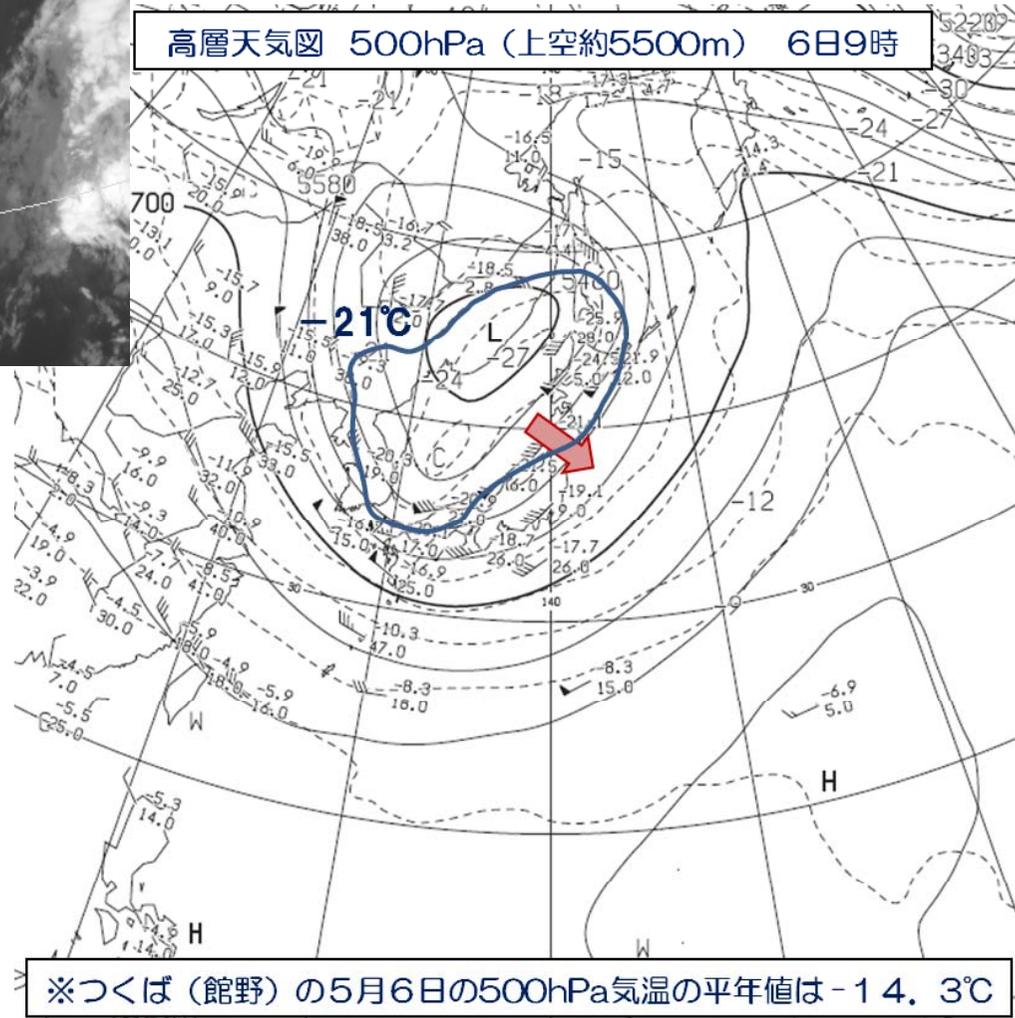
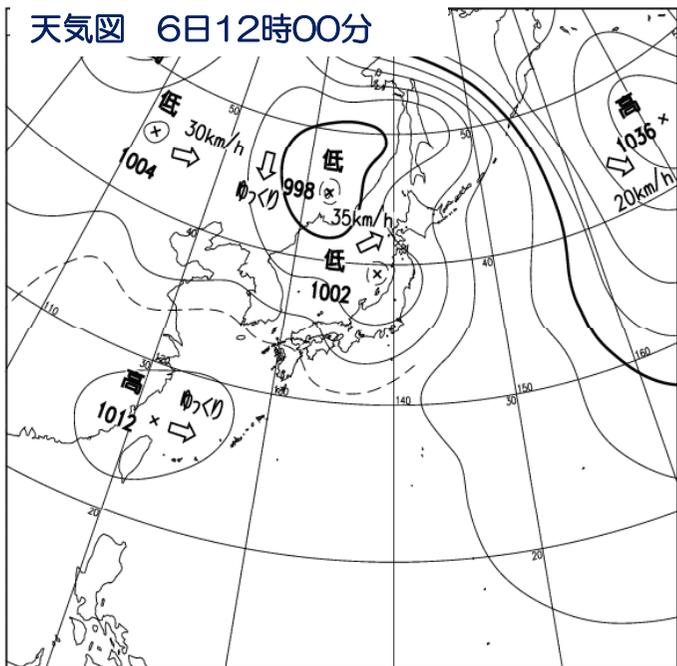
※水平分解能2kmの数値予報モデル「局地モデル」(LFM)は、日本のきめ細かい地形を表現することができ、それにとまなう風や気温、降水等の予測精度向上が期待される。これまでの数値予報モデル「メソモデル」(MSM)は水平分解能5km。

# 平成24年5月6日の竜巻について

# 平成24年5月6日に関東地方で発生した竜巻の気象概況



上空に強い寒気が流れ込み、大気の状態が非常に不安定となっていた。

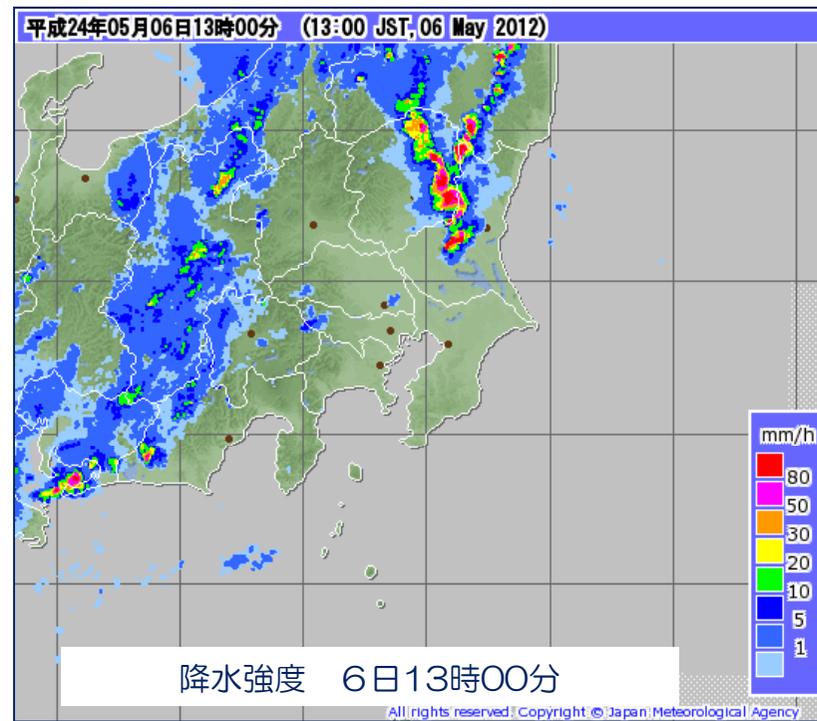
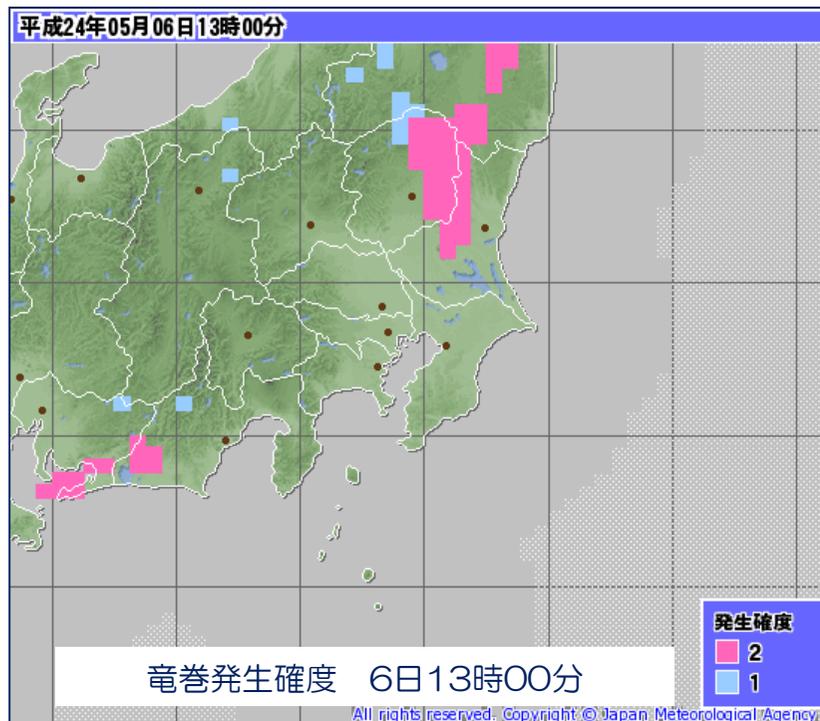


# 気象の概要と降水強度・竜巻発生確度

## 気象の概要

- 日本の上空約5500メートルには、氷点下21度以下の強い寒気が流れ込んだ。一方、日本海には低気圧があって、東日本から東北地方の太平洋側を中心に、この低気圧に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ。
- さらに、日射の影響で地上の気温が上昇したことから、東海地方から東北地方にかけて大気の状態が非常に不安定となり、落雷や突風、降ひょうを伴う発達した積乱雲が発生した。

## 関東地方における降水強度と竜巻発生確度



# 平成24年5月6日に発生した竜巻の被害域(関東)

③

茨城県筑西市・桜川市  
竜巻(F1)  
被害長さ約21km、被害幅約600m

②

栃木県真岡市・益子町・茂木町・  
茨城県常陸大宮市  
竜巻(F1~F2)  
被害長さ約31km、被害幅約650m

①

茨城県常総市・つくば市  
竜巻(F2)  
被害長さ約17km、被害幅約500m

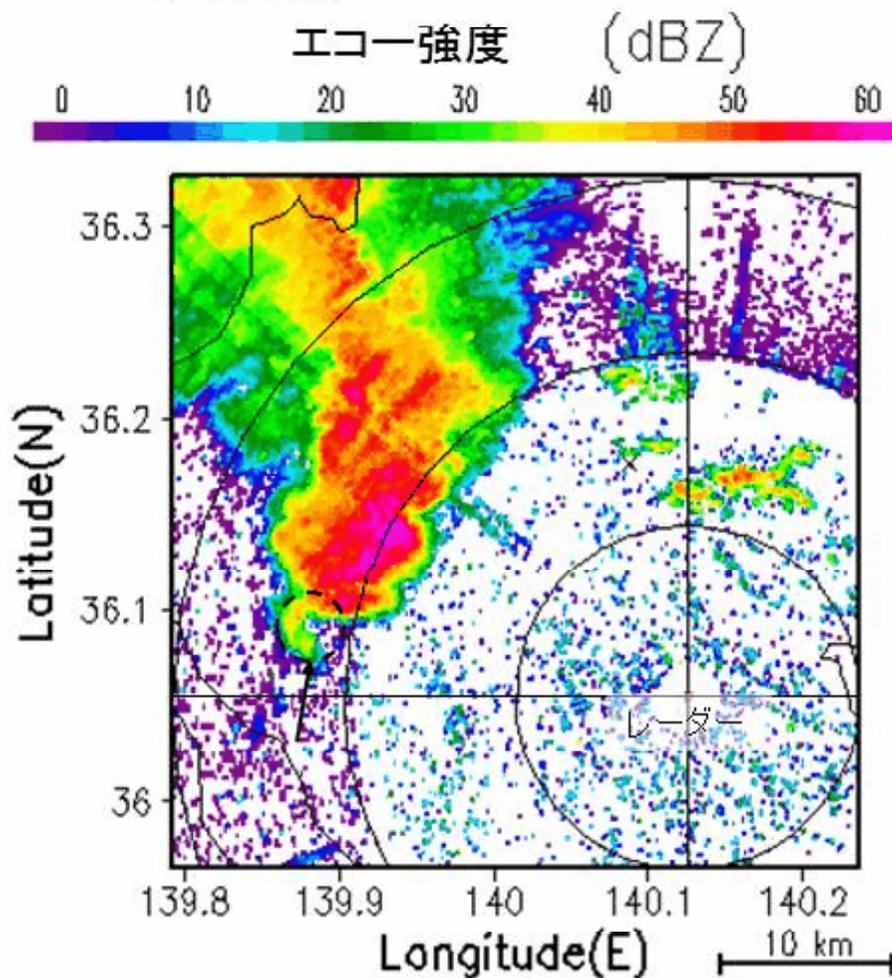
つくば市での調査



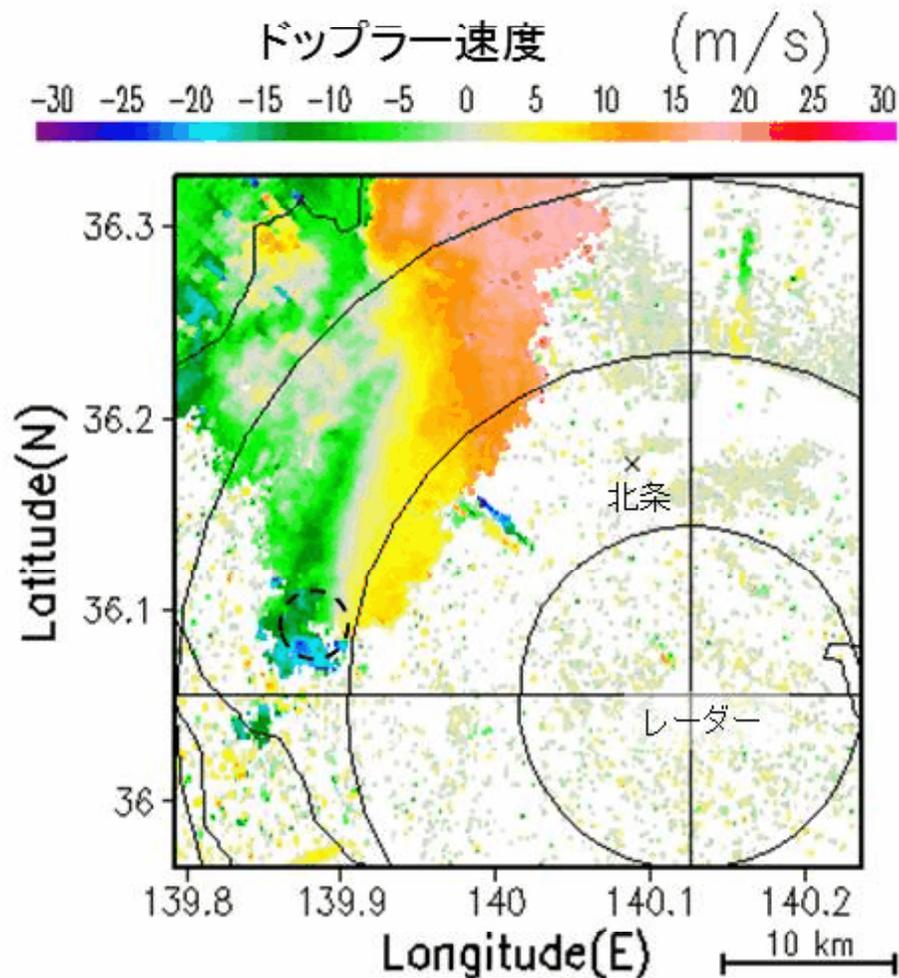
# 気象研究所レーダーによる詳細解析

12時29分

## 大気下層の渦 (高度約100m) の東北東進を捕捉



気象研究所レーダーは同心円の中心に位置する  
×印はつくば市北条の位置を示す



寒色系: 近づく風  
暖色系: 遠ざかる風

# レーダーが捉えた渦と、被害分布は一致 移動速度は約60km/h

● 被害の発生した地点  
(主な地点をプロット)

筑波国際カントリークラブの  
クラブハウスのタン屋根の損傷

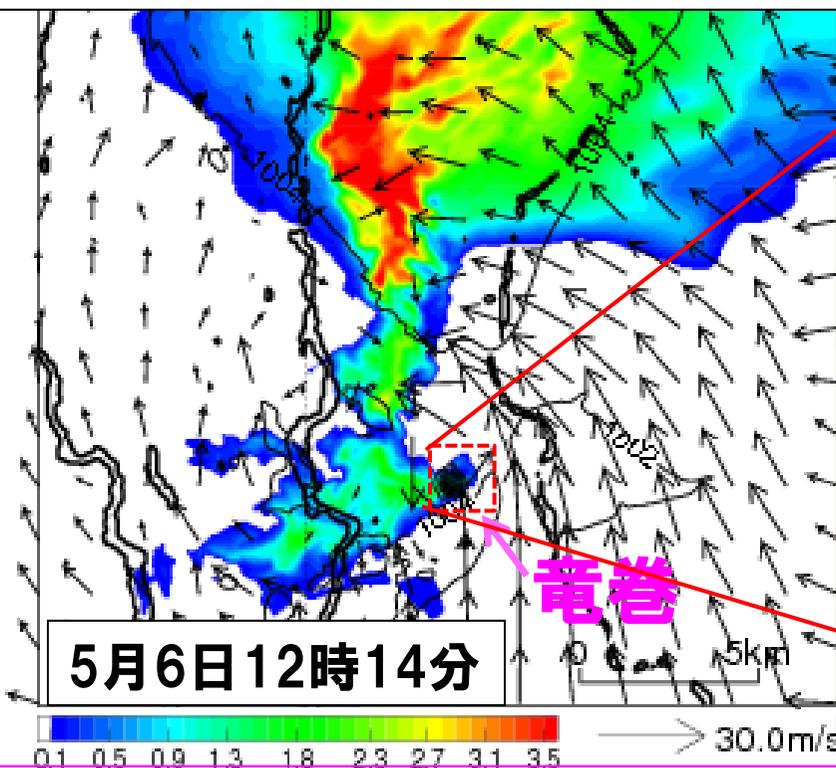


- レーダーが捉えた渦と、被害分布は良く対応している.
- 渦は約17kmを18分で通過している(時速約60km).

# 50m数値シミュレーションで再現された竜巻

34

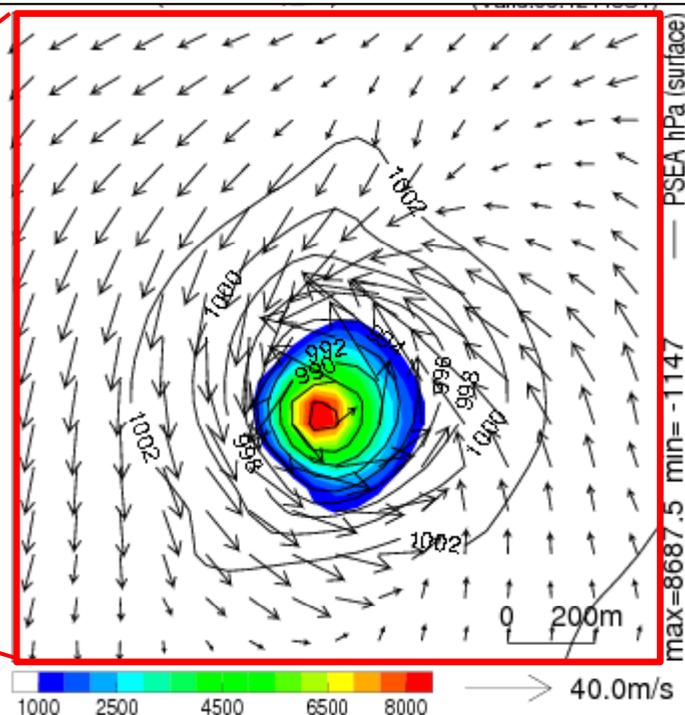
高度1kmの雨粒・あられなどの降水物質の分布  
(同高度の水平風、平均風を除去)



竜巻はフックの先端かつガストフロント上(略)で発生  
⇒ 典型的なスーパーセル竜巻の発生形態

\*実際の竜巻と比べて、4kmほど北側、30分ほど早い

高度30mの鉛直渦度の分布  
(同高度の水平風、平均風を除去)



鉛直渦度は約 $1.0s^{-1}$ 、気圧偏差は約20hPa、  
風速の最大は50m/s以上

# まとめ

- 気象庁では、平成17年、18年の突風災害を受け、ドップラーレーダー網の整備、竜巻注意情報等の新たな情報提供を行ってきた。
- 竜巻などの激しい突風は、直接観測や予測ができないため、監視・予測では親雲や環境場の情報から間接的に行うこととなる。そのため、「竜巻等突風が今にも発生する(または発生している)可能性」の予測であり、直接の竜巻等突風そのものの情報でないことが適中率が低い原因。
- 竜巻注意情報は、F1以上に限れば捕捉率5割程度ではあるが、全体としては、適中率が低く空振りが多くなるため、発表と連動して負担(対策に要する時間や手間及び対策の影響)の大きな対策を実施するのは難しいのが現状。したがって、「空の様子に注意する」など、負担の小さな対応を行い、負担の大きな対策は、現場の気象状況を加味して判断するのが現実的な利用方法。
- 今年度は、ドップラーレーダー網が全国をカバーし、新スーパーコンピュータの運用開始により今後数値予報データの精度向上が見込まれ、監視・予測にポジティブな効果が期待される。
- 5月6日の竜巻の詳細な解析が気象研究所等で行われており、それらの知見は将来の監視・予測にも役立つ。

# 竜巻等突風予測情報の改善に向けた課題 1

36

## (1) 竜巻等の突風に対する監視・予測技術の高度化の可能性及び中長期的な開発の方向性

- 竜巻等突風は発現時間が短く、空間的にも極めて小規模なため、これを全国規模で直接監視、予測するのは極めて難しい(メソサイクロンから竜巻が発生する確率は、米国での調査によると約20%)。
- 予測の不確実性のため、対象地域の広さとリードタイムはトレードオフの関係にある。
- 予測の不確実性のため、適中率と捕捉率はトレードオフの関係にある。
- 竜巻等突風予測情報の精度改善のために求められる監視・予測技術はどのようなものか。また、それによって、短期的さらに中長期的にどの程度の改善が期待できるか。

# 竜巻等突風予測情報の改善に向けた課題 2

## (2) 竜巻等突風予測情報の発表、伝達のあり方

- 発達した積乱雲は竜巻等の突風だけではなく、「雷」、「雹」、「局地的な大雨」などの激しい大気現象によっても被害をもたらす。これらの現象を包含した情報のあり方如何。
- 「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」の体系が分かりにくい。
- 「竜巻注意情報」の名称、意味合い、警報・注意報との違いなどが分かりにくい。
- 「竜巻注意情報」の対象地域(概ね県単位)が広域すぎる。
- 「竜巻注意情報」は適中率、捕捉率が低く、実際に竜巻等の突風に遭遇する地域も局地的なため、情報の伝達、放送、利活用が難しい。

# 竜巻等突風予測情報の改善に向けた課題 3

38

## (3)住民への利活用推進策

- 情報の利用と「自助」も含めた安全知識の普及啓発のあり方。
- 情報を受け取ったとき、または、竜巻が迫ってきたときに、どのような行動をとれば良いのかわからない。
- 情報入手する手段が分からない。
- どのような利活用推進策が有効か。

# 付録

Fスケール(藤田スケール)とは、竜巻やダウンバースト等の風速を、構造物などの被害調査から簡便に推定するために、シカゴ大学の藤田哲也博士により1971年に考案された風速のスケールである。日本ではこれまでF4以上の竜巻は観測されていないと言われている。Fスケールの各スケールの下限Vは $V=6.3*(F+2)^{1.5}$  (m/s)で与えられ、F1はビューフォートの風力階級(気象庁風力階級)の第12階級(開けた平らな地面から10mの高さにおける10分間平均風速で32.7m/s以上)、F12はマッハ1(音速:約340m/s)になるよう定義している。ただし、ビューフォートの風力階級のような10分間の平均風速に基づくものではなく、ある点を吹きぬけた空気が1/4マイル(約400m)進む間の平均風速とされている。Fスケールと被害との対応は、藤田によると右のとおりとなる。

スケール	風速	被害
F0	17~32m/s(約15秒間の平均)	テレビアンテナなどの弱い構造物が倒れる。小枝が折れ、根の浅い木が傾くことがある。非住家が壊れるかもしれない。
F1	33~49m/s(約10秒間の平均)	屋根瓦が飛び、ガラス窓が割れる。ビニールハウスの被害甚大。根の弱い木は倒れ、強い木は幹が折れたりする。走っている自動車が横風を受けると、道から吹き落とされる。
F2	50~69m/s(約7秒間の平均)	住家の屋根がはぎとられ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れたり、ねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、車が脱線することがある。
F3	70~92m/s(約5秒間の平均)	壁が押し倒され住家が倒壊する。非住家はバラバラになって飛散し、鉄骨づくりでもつぶれる。車は転覆し、自動車はもち上げられて飛ばされる。森林の大木でも、大半折れるか倒れるかし、引き抜かれることもある。
F4	93~116m/s(約4秒間の平均)	住家がバラバラになって辺りに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。鉄骨づくりでもペシャンコ。列車が吹き飛ばされ、自動車は何十メートルも空中飛行する。1トン以上ある物体が降ってきて、危険この上もない。
F5	117~142m/s(約3秒間の平均)	住家は跡形もなく吹き飛ばされるし、立木の皮がはぎとられてしまったりする。自動車、列車などがもち上げられて飛行し、とんでもないところまで飛ばされる。数トンもある物体がどこからともなく降ってくる。