

竜巻などの激しい突風の予測技術について

～竜巻注意情報と竜巻発生確度ナウキャスト～

もくじ

2

平成23年07月25日14時50分

- 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
- 竜巻などの激しい突風の予測技術
- レーダーエコー指数
- 突風関連指数
- 突風危険指数
- 突風有無の判定
- 竜巻発生確度の解析手法
- 竜巻注意情報の発表形式
- 竜巻発生確度ナウキャストの発表形式
- 竜巻注意情報の精度
- 突風に関する気象情報の利用
- 利用上の留意点



All rights reserved. Copyright © Japan Meteorological Agency

気象庁HP

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

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)

突風に関する気象情報が対象とする現象

4

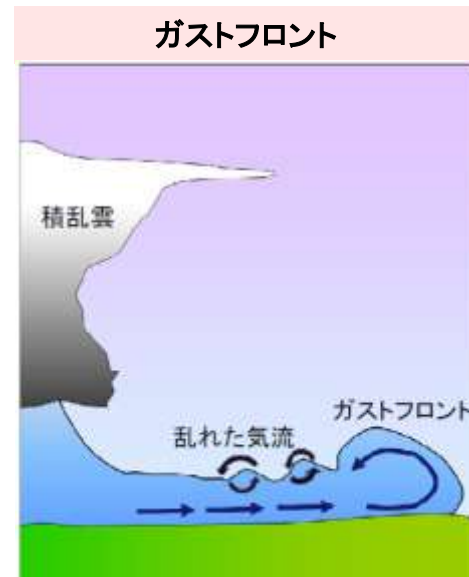
発達した積乱雲に伴う激しい突風 竜巻、ダウンバースト、ガストフロント 情報ではわかりやすさのために「竜巻」に集約している



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

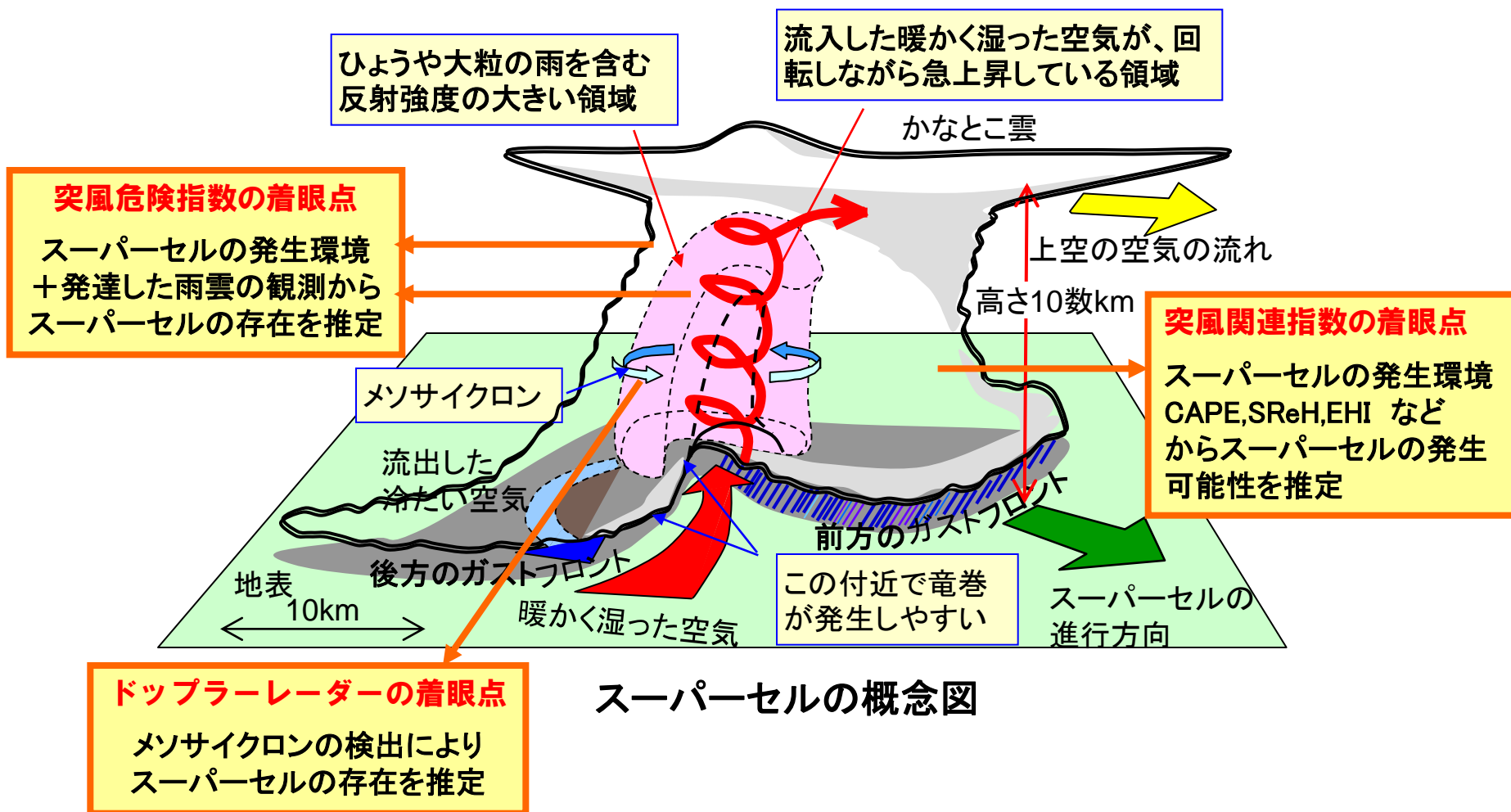


青矢印：周囲より冷たくて重い空気が
周囲へ流出する流れ
黒矢印：乱れた気流

スーパーセルを中心とした予測の着眼点

5

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



竜巻などの激しい突風の予測技術

6

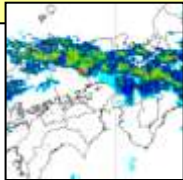


メソサイクロン

ドップラーレーダーにより
積乱雲中の回転
(メソサイクロン)を検出

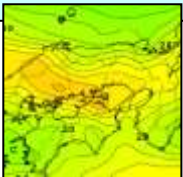
レーダーエコー指数

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

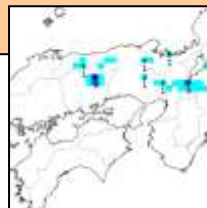
数値予報から竜巻
が発生しやすい大
気環境を解析



複合判定
または
単独判定
(TR型突風危険指数
DB型突風危険指数)

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

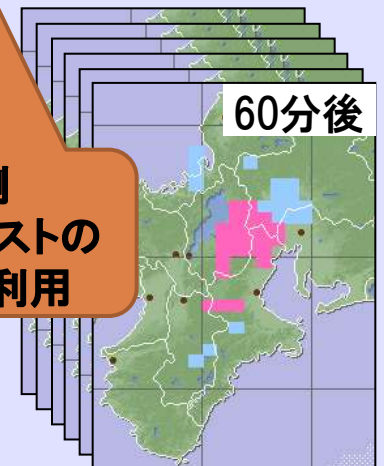
予報時間 10分毎に
60分先まで

格子間隔 10km

1時間先までの移動を
予測

■発生確度2

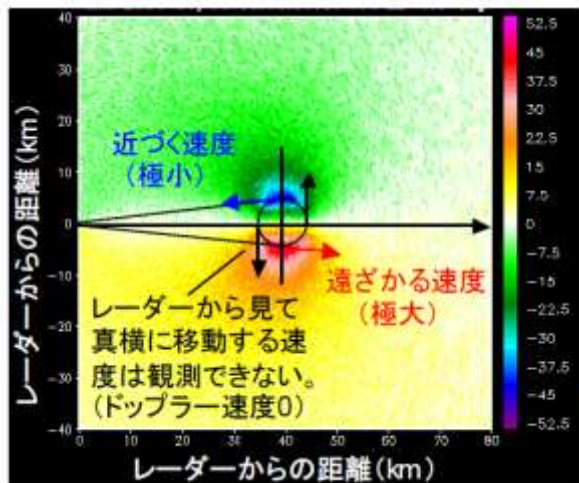
■発生確度1



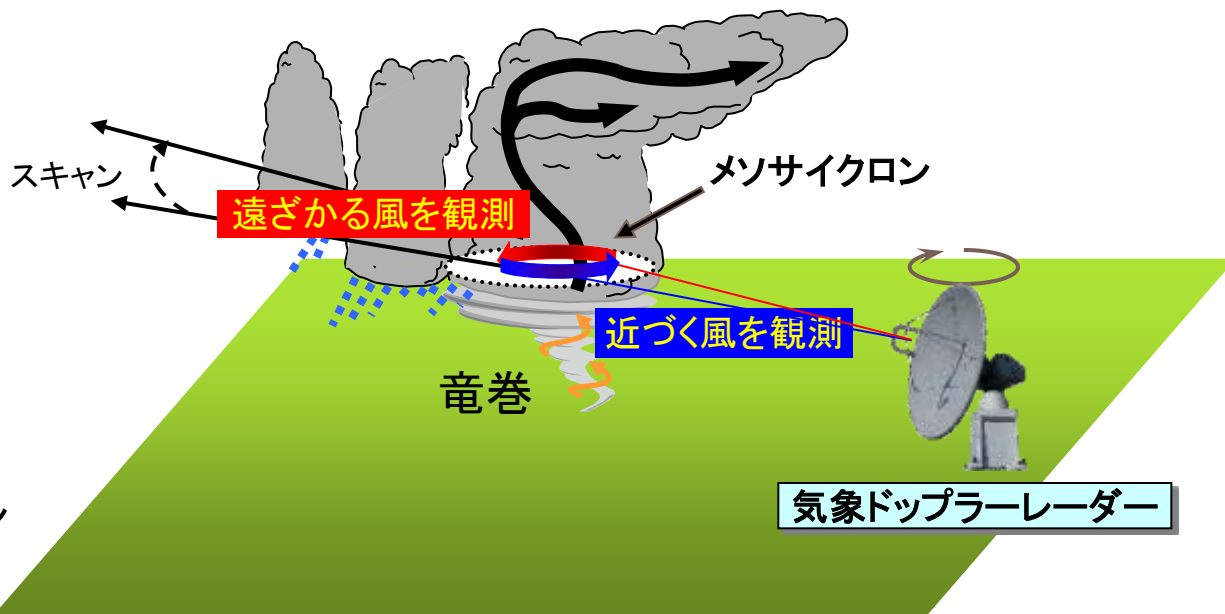
移動予測
降水ナウキャストの
予測結果を利用

ドップラーレーダーによるメソサイクロンの自動検出

7



ドップラー速度で見た渦のパターン



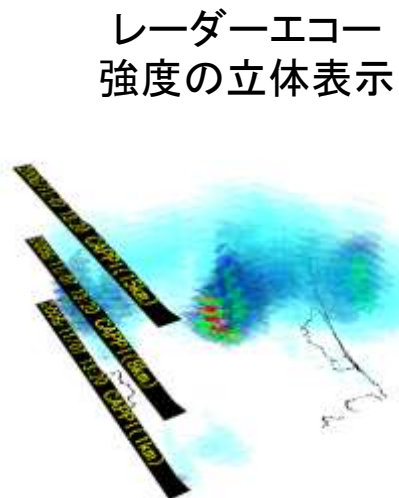
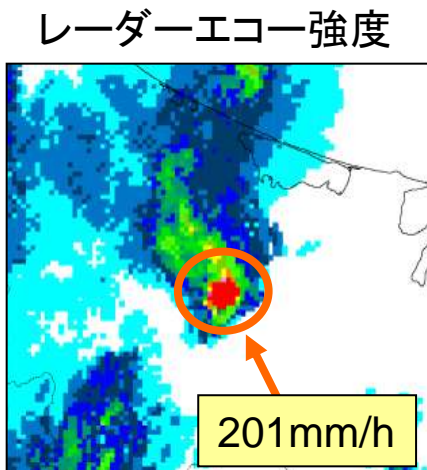
- 竜巻は小規模の現象なので気象ドップラーレーダーで直接捉えることはできない。
- 竜巻の親雲となる積乱雲は、直径数km～十数km、寿命は数十分～1時間程度のメソサイクロンといわれる渦をもつ、スーパーセルであることが多い。
- 気象ドップラーレーダーでは、メソサイクロンを捉えることで竜巻監視を目指している。
- ただし、竜巻をもたらす積乱雲の中には、メソサイクロンを伴わないもの(非スーパーセル)もある。

レーダーエコー指数

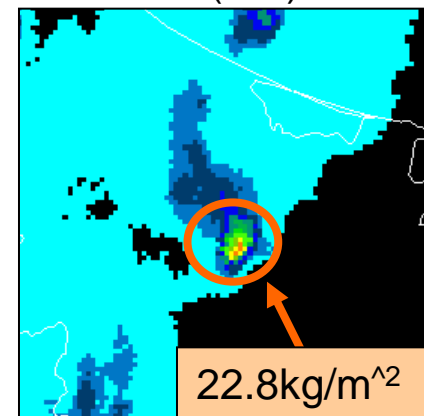
8

レーダーエコー指数による積乱雲の特徴の把握の例

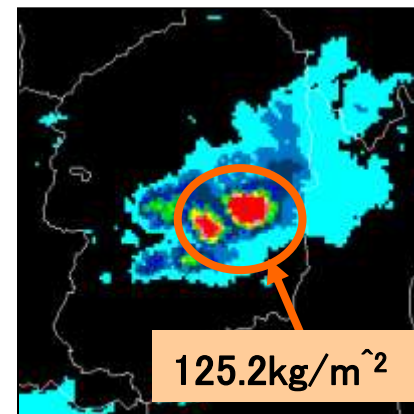
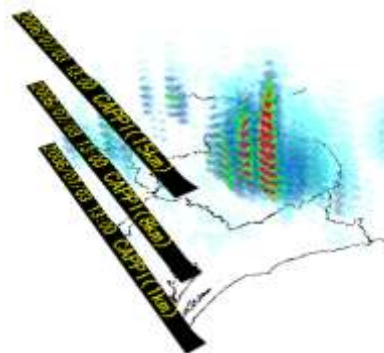
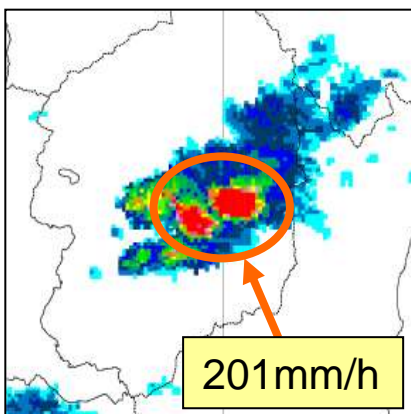
竜巻
2006年11月7日
13時20分
北海道佐呂間町



鉛直積算雨量(VIL)



ダウンバースト
2006年7月3日
13時00分
栃木県高根沢町



突風関連指数

9

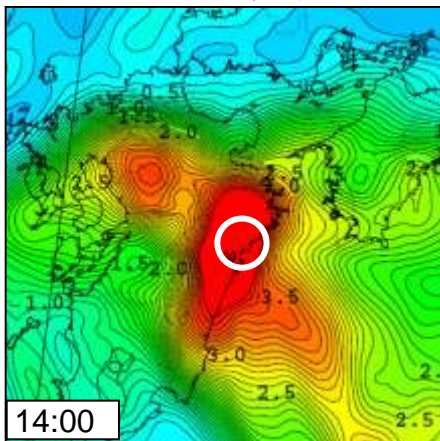
- 竜巻やダウンバーストなどの突風が発生しやすい大気の状態を数値予報資料を用いて表した指数。
- 大気の熱的な不安定性や鉛直シアーなどから算出した指数が多い。
 - 現在11個の指数(CAPE, SReH, EHI等)を監視に利用
 - CAPE 対流有効位置エネルギー
 - SReH ストームに相対的なヘリシティ
 - EHI Energy Helicity Index
- レーダーエコー指数と合わせて突風危険指数の計算に利用される(次のスライド)

突風危険指数

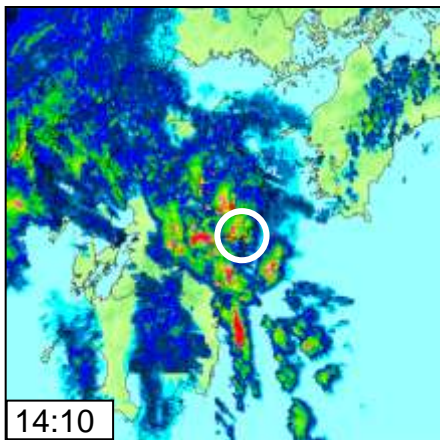
10

竜巻が発生しやすい大気環境

数値予報



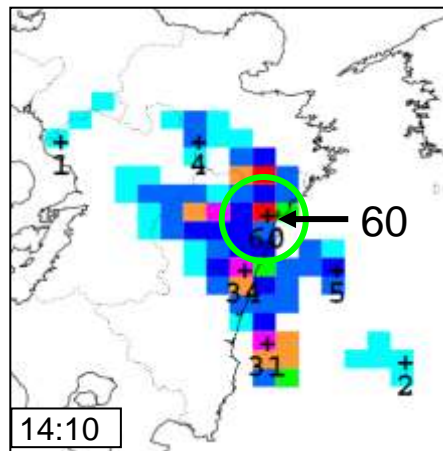
レーダー



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。



数値が高いと竜巻が発生する可能性がある

突風有無の判定

11

レーダーエコー指数で現象を分類

線形判別式* (説明変数: VIL, VILD, ZMAX等) により竜巻型 (TR型) とダウンバースト型 (DB型) に分類する。

(*) 2006~2008年の165突風事例 → TR型123事例、DB型42事例

突風関連指数を作成 (ALL型、TR型、DB型)

複合判定

ALL型

+

メソサイクロン検出

単独判定

竜巻型

DB型

突風危険指数が閾値以上かつ
メソサイクロン検出で突風有りと判定

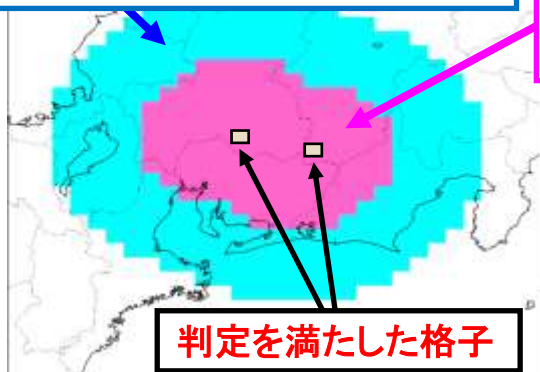
分類された型の突風危険指数が閾値以上で
突風有りと判定

竜巻発生確度の解析手法

12

発生確度1背景

条件を満たした格子の周辺100km

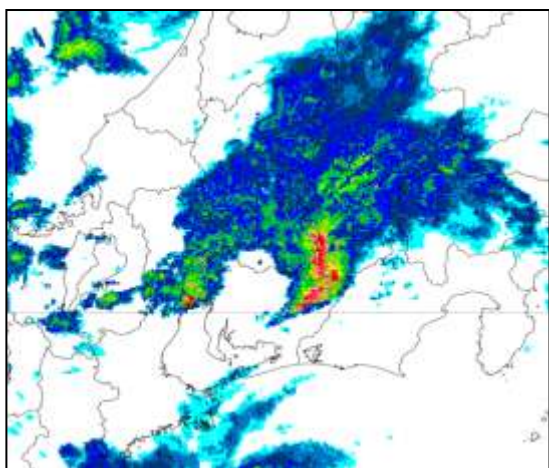


(a)発生確度1・2背景

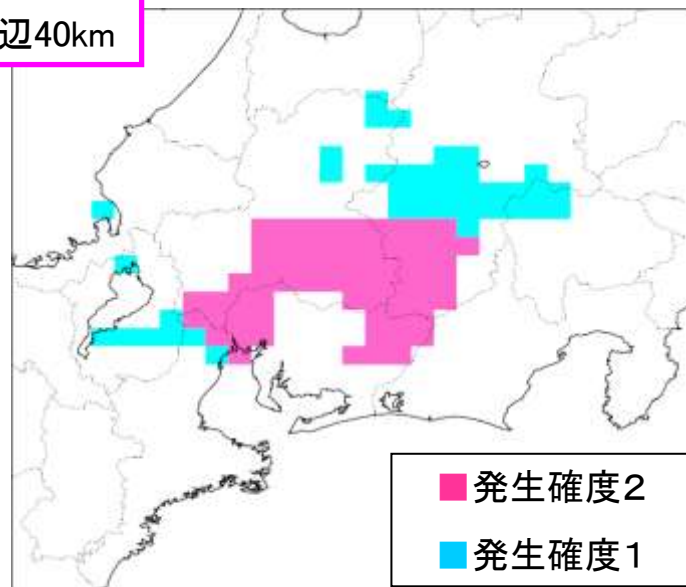
発生確度2背景

- ①メソサイクロンとALL型複合判定
 - ②TR型/DB型単独判定
- いずれか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)



(c)発生確度1・2格子の判定

発生確度の意味

13

竜巻などの突風は観測機器で実体を捕られないので、

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。

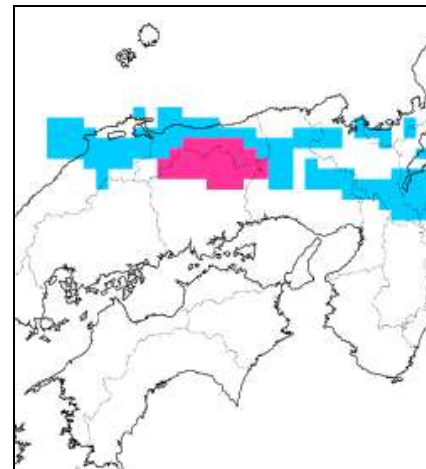
発生確度 2	予測の適中率は5～10%程度、捕捉率は20～30%程度である。発生確度2となっている地方(県など)には竜巻注意情報が発表される。
発生確度 1	予測の適中率は1～5%程度と発生確度2の地域よりは低いが、捕捉率は60～70%程度と見逃しが少ない。

※ 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。

竜巻注意情報の発表形式

14

- 竜巻発生確度が確度2となった府県に対して発表する。
- 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

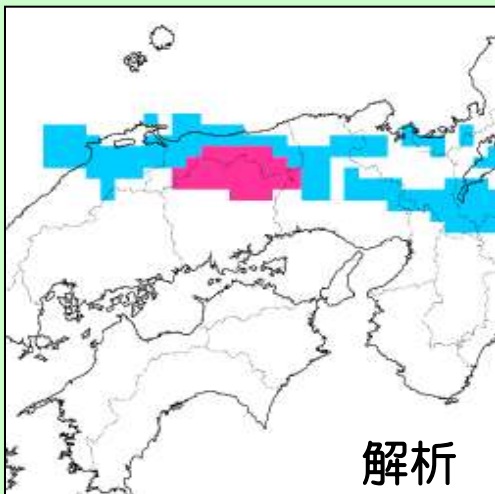
竜巻発生確度ナウキャストの発表形式

15

解析

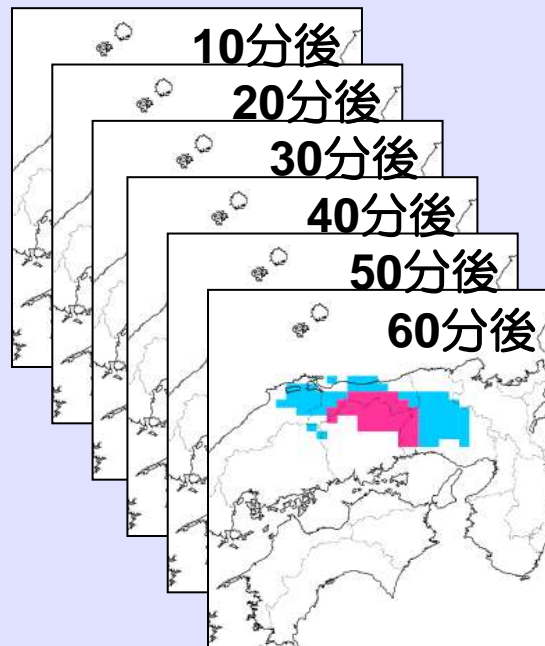
- ・ 解析時間：10分毎
- ・ 格子間隔：10 km

- 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

竜巻注意情報の精度

16

	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6日
適中率 (括弧内)内は注を参照	9% (22%)	5% (31%)	5% (28%)	1% (19%)	6% (60%)
捕捉率 [括弧内]はF1以上の捕捉率	24% [31%]	21% [67%]	34% [63%]	21% [20%]	44% [100%]
発表数	172	128	490	589	67
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

17

- 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。

突風に関する気象情報の利用

18

竜巻発生確度ナウキャスト
(常時10分毎)

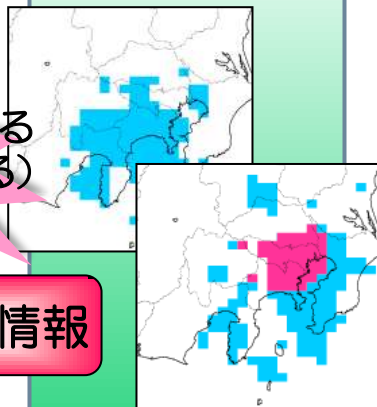
気象情報
(半日~1日前)



雷注意報
(数時間前)

竜巻が今にも発生する
(または発生している)
可能性がある

竜巻注意情報



「竜巻などの激しい突風」への注意
を呼び掛ける。
⇒ 事前の心構えをしておく！

発生する時間帯が近づいている。
⇒ 竜巻発生確度ナウキャスト
の監視を強めるのが効果的！

竜巻などの激しい突風が発生しやす
い気象状況となっている。
⇒ 刻々と変化する状況を竜巻発生
確度ナウキャストで確認し、危
険な地域の詳細や移動を把握！

情報の発表状況の事例

19

竜巻発生確度ナウキャスト
(常時10分毎に計算)

半日～1日前

5月6日05時35分
水戸地方气象台発表
「雷と突風及び降ひょうに関する
茨城県気象情報」

「気象情報」発表

数時間前

5月6日05時47分
水戸地方气象台発表
「雷注意報等」

「雷注意報」発表

0～1時間前

5月6日12時38分
水戸地方气象台発表
「茨城県竜巻注意情報」

「竜巻注意情報」発表

■今、まさに竜巻の発生しやすい
気象状況になっていることをお知らせ

竜巻発生!!

利用上の留意点

20

- 精度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。
- 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。
 - ▣ これらの情報が発表されているときに、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。