

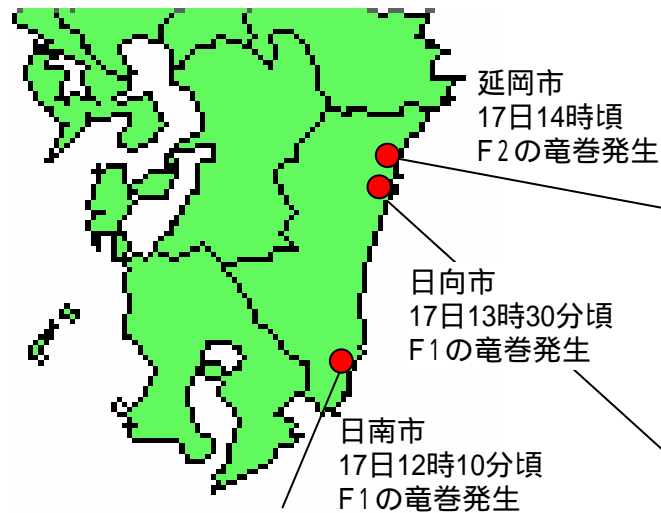
突風等短時間予測情報(仮称)の
発表に向けた取り組み

平成19年7月12日
第1回 突風等短時間予測情報利活用検討会
気象庁

- ・突風災害の現状
- ・気象庁における注意報・警報の仕組み
- ・技術の現状と今後

突風災害の現状

竜巻災害【事例1】：平成18年9月17日(台風に伴って発生)



宮崎県延岡市

被害長さ7.5km、最大幅300m

死者3名、負傷者143名

住家全壊79棟、半壊348棟

宮崎県日向市

被害長さ2.0km、最大幅200m

死者0名、負傷者7名

住家全壊1棟、半壊9棟

雨雲の様子 平成18年9月17日 (丸印:延岡市付近)

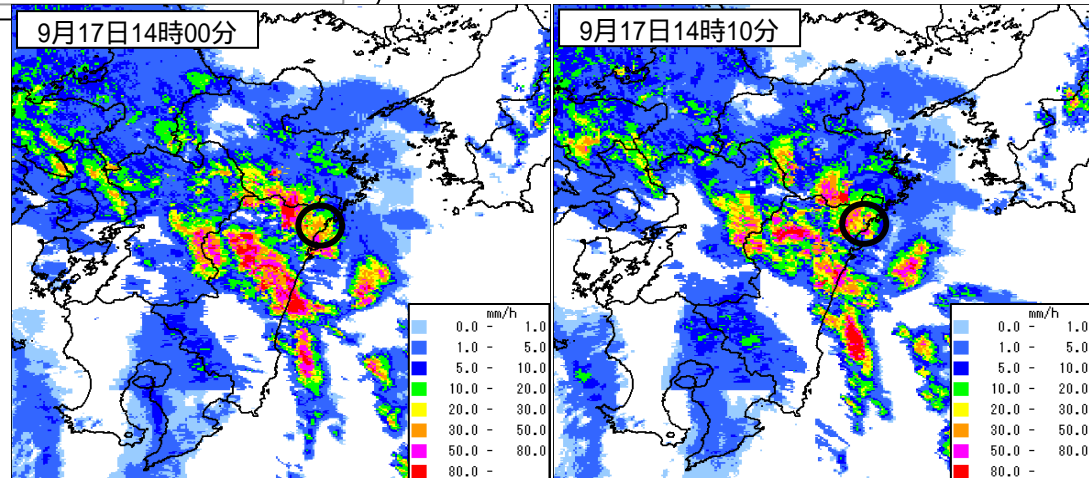
宮崎県日南市

被害長さ0.3km、最大幅80m

死者0名、負傷者1名

住家全壊1棟、半壊0棟

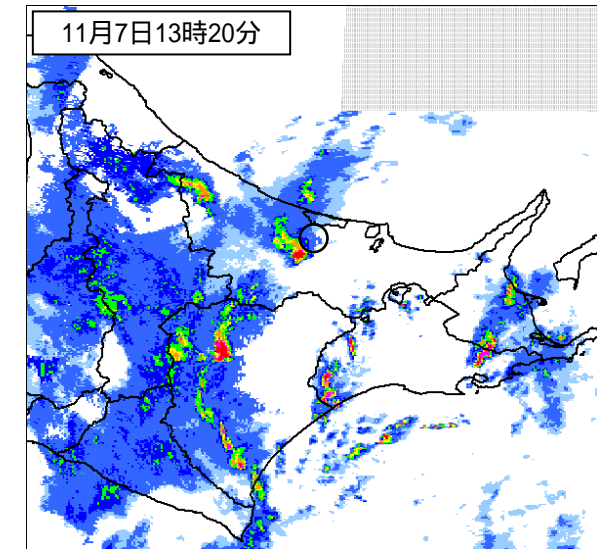
被害の数字については、台風による被害も含まれる



竜巻災害【事例2】：平成18年11月7日(寒冷前線に伴って発生)他



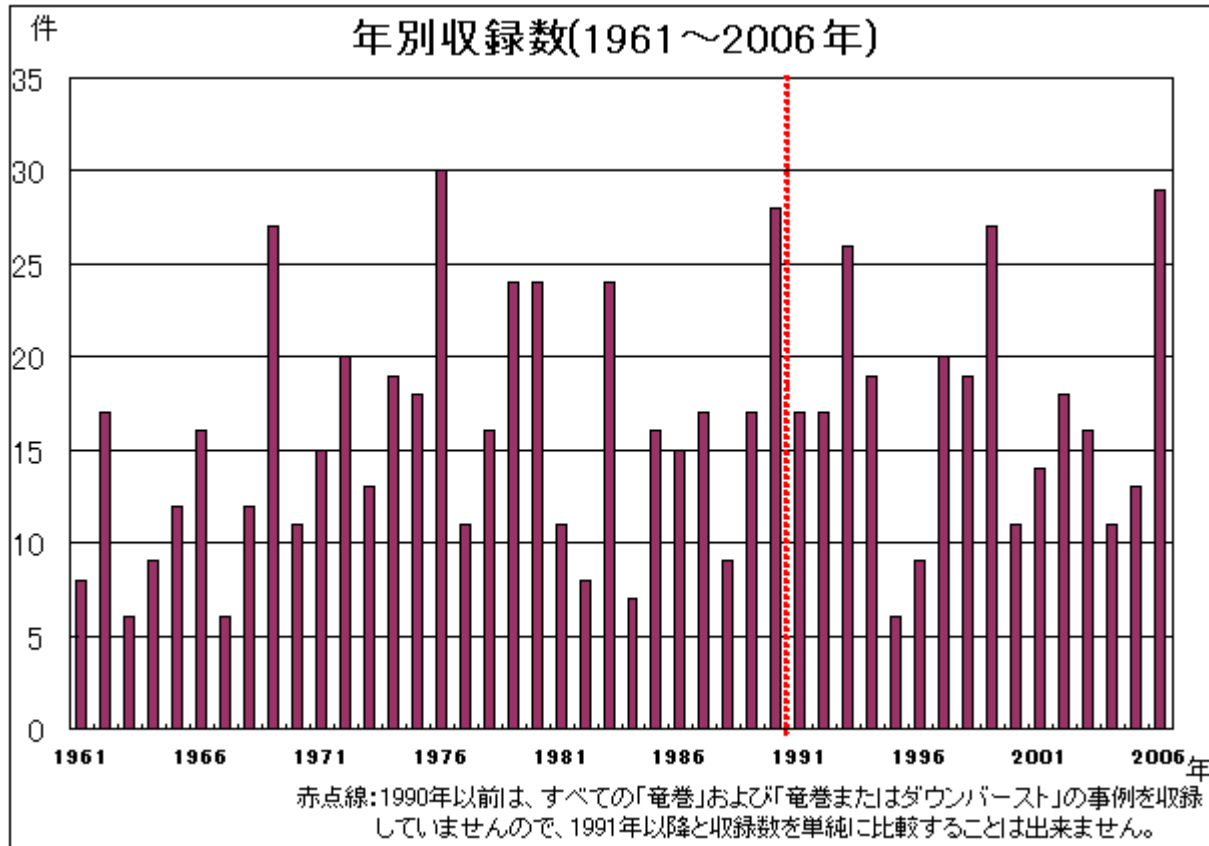
北海道佐呂間町
被害長さ1.4km、最大幅300m
死者9名、負傷者31名
住家全壊7棟、半壊7棟



北海道奥尻町
被害長さ1.5km、最大幅100m
死者0名、負傷者0名
住家全壊0棟、半壊0棟

北海道日高町
被害長さ2.5km、最大幅100m
死者0名、負傷者0名
住家全壊0棟、半壊0棟

竜巻 年別数(1961～2006年)

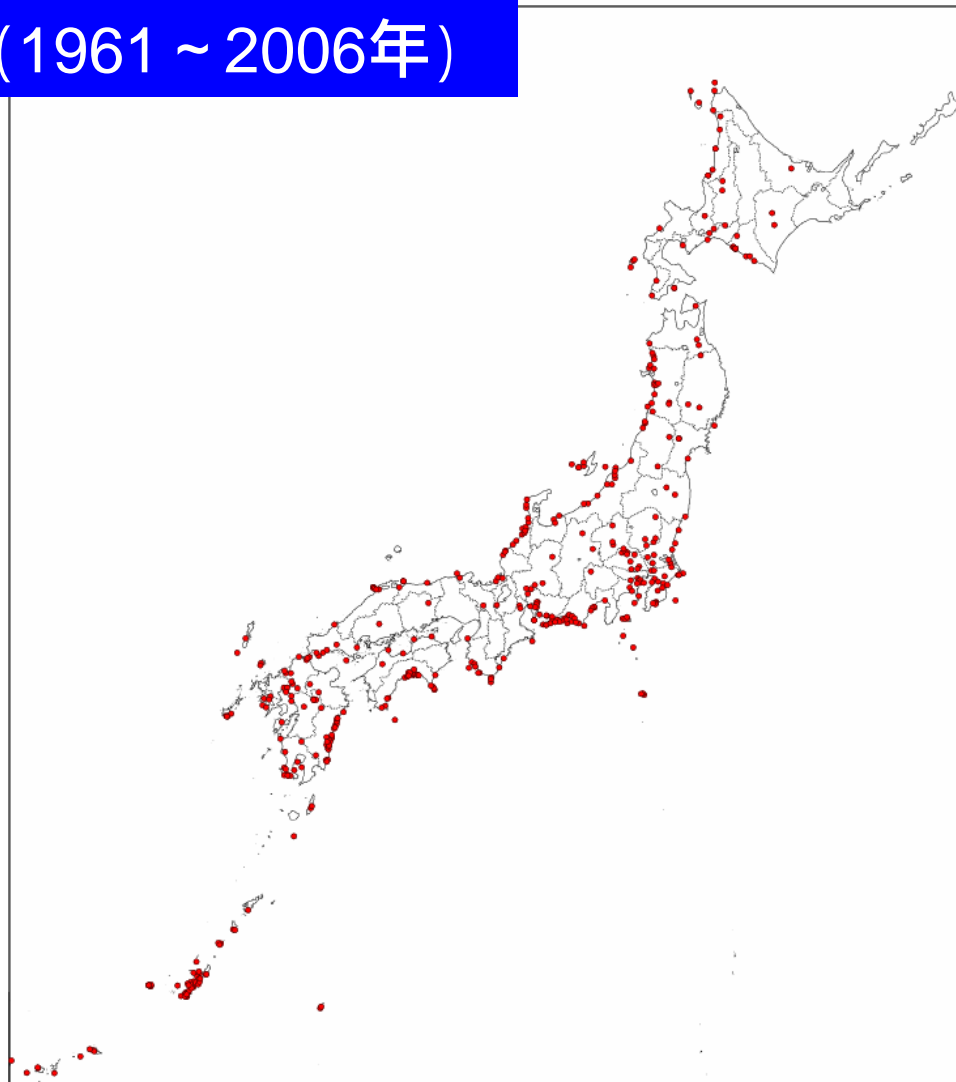


「竜巻等の突風データベース(気象庁)」での
竜巻事例の収録数は738個(1961-2006年)

1991年以降*の1年間の平均発生数は約17個

*1990年以前は、竜巻事例(「竜巻またはダウンバースト」の事例を含む)の全てを収録しているわけではないことから、1991年以降における平均値を求めている。

竜巻分布図(1961～2006年)



日本全国で発生
沿岸部で多く発生しているが、特に関東地方では内陸部でも発生
季節を問わず発生するが、9月から10月にかけて多く発生し、
9月が最も多い。
寒冷前線、台風などに伴って発生するものが多い

気象庁における

注意報・警報の仕組み

気象庁が発表する防災気象情報の種類

	全般気象情報	地方気象情報	府県気象情報	注意報	警報
概要	【予告的気象情報】 広い範囲で大雨、暴風、波浪などの可能性を予告したり状況を述べるもの 【補完的気象情報】 注意報・警報の発表中に、雨量や風速の経緯や予想、防災上の注意・警戒事項を解説するもの。			大雨、強風、波浪などによって災害が発生する恐れがある場合、その旨を注意する	大雨、強風、波浪などによって重大な災害が発生する恐れがある場合、その旨を警告する
発表時期 (時間は目安)	予告的気象情報は、現象発生のおおね12～24時間前 補完的気象情報は、現象発生時の必要に応じて			災害の原因となる現象が発生するおおね12～6時間前	災害の原因となる現象が発生するおおね6～3時間前
発表官署	気象庁本庁	管区気象台など	主として地方気象台		
対象地域	全国	北海道、東北、関東甲信、北陸、東海、近畿、中国、四国、九州北部、九州南部、沖縄の各地方予報区	都府県の範囲	各都道府県(北海道は支庁)を複数区域に細分した領域(平成19年7月1日現在、全国で373)	
伝達の方法	テレビ・ラジオ、新聞などの報道機関を通じた伝達			<ul style="list-style-type: none"> 各都道府県で定めた地域防災計画に基づく伝達(災害対策基本法による) 報道機関を通じた伝達 	<ul style="list-style-type: none"> 海上保安庁、都道府県、NHK、及び関係省庁への伝達 地域防災計画に基づく伝達 報道機関を通じた伝達

気象警報・注意報について

気象庁は、大雨や強風、大雪等によって災害が起こるおそれがある場合には「注意報」を発表し、更に重大な災害が起こるおそれがある場合には「警報」を発表している。

警報・注意報の種類

警報の種類(7種類)

大雨、暴風、暴風雪、大雪、高潮、洪水、波浪

注意報の種類(16種類)

大雨、強風、風雪、大雪、高潮、洪水、波浪、濃霧

雷、乾燥、なだれ、着氷、着雪、霜、低温、融雪

区域細分例(愛知県)



気象による影響は各地域によって異なるため、全国を373に細分した区域毎に発表基準を定め、警報・注意報を発表している。

雷注意報の例(神奈川県)

平成19年 5月31日16時45分 横浜地方気象台発表

東部「大雨、洪水警報」雷注意報
西部「大雨、雷、洪水注意報」
((東部では、これから31日夜遅くにかけて断続的に雷を伴って1時間に40ミリの激しい雨の降る所がある見込みです。土砂災害、浸水害、河川の増水、はん濫、落雷、突風、降ひょうに警戒して下さい。))

横浜・川崎 【発表】大雨、洪水警報 【継続】雷注意報
特記事項 土砂災害警戒 浸水警戒
雨 31日夜遅くまで
1時間最大雨量 40ミル
付加事項 はん濫 突風、ひょう

湘南 【継続】大雨、洪水警報 雷注意報
特記事項 土砂災害警戒 浸水警戒
雨 31日夜遅くまで
1時間最大雨量 40ミル
付加事項 はん濫 突風、ひょう

三浦半島 【発表】大雨、洪水警報 【継続】雷注意報
特記事項 土砂災害警戒 浸水警戒
雨 31日夜遅くまで
1時間最大雨量 40ミル
付加事項 はん濫 突風、ひょう

相模原 【継続】大雨、雷、洪水注意報
特記事項 土砂災害注意 浸水注意
雨 31日夜遅くまで
1時間最大雨量 40ミル
付加事項 突風、ひょう

突風や降雹に注意を呼びかけている

(発達した積乱雲により、)
落雷・突風・降雹等による被害が予想される場合、雷注意報が発表される。



また、警報や注意報を補完するものとして、より詳細な情報を広く周知するため、「気象情報」を発表している。

雷注意報ができるまで

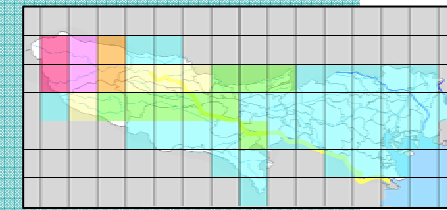
数値予報資料
(明日・明後日までの大気不安定性に関する数値データ)

大型計算機
による処理

過去の発雷観測データと数値予報資料
に基づく発雷確率予測式

発雷確率ガイダンス

(20km格子毎の3時間内発雷確率)



発雷確率ガイダンスの例
(地図表示イメージ)

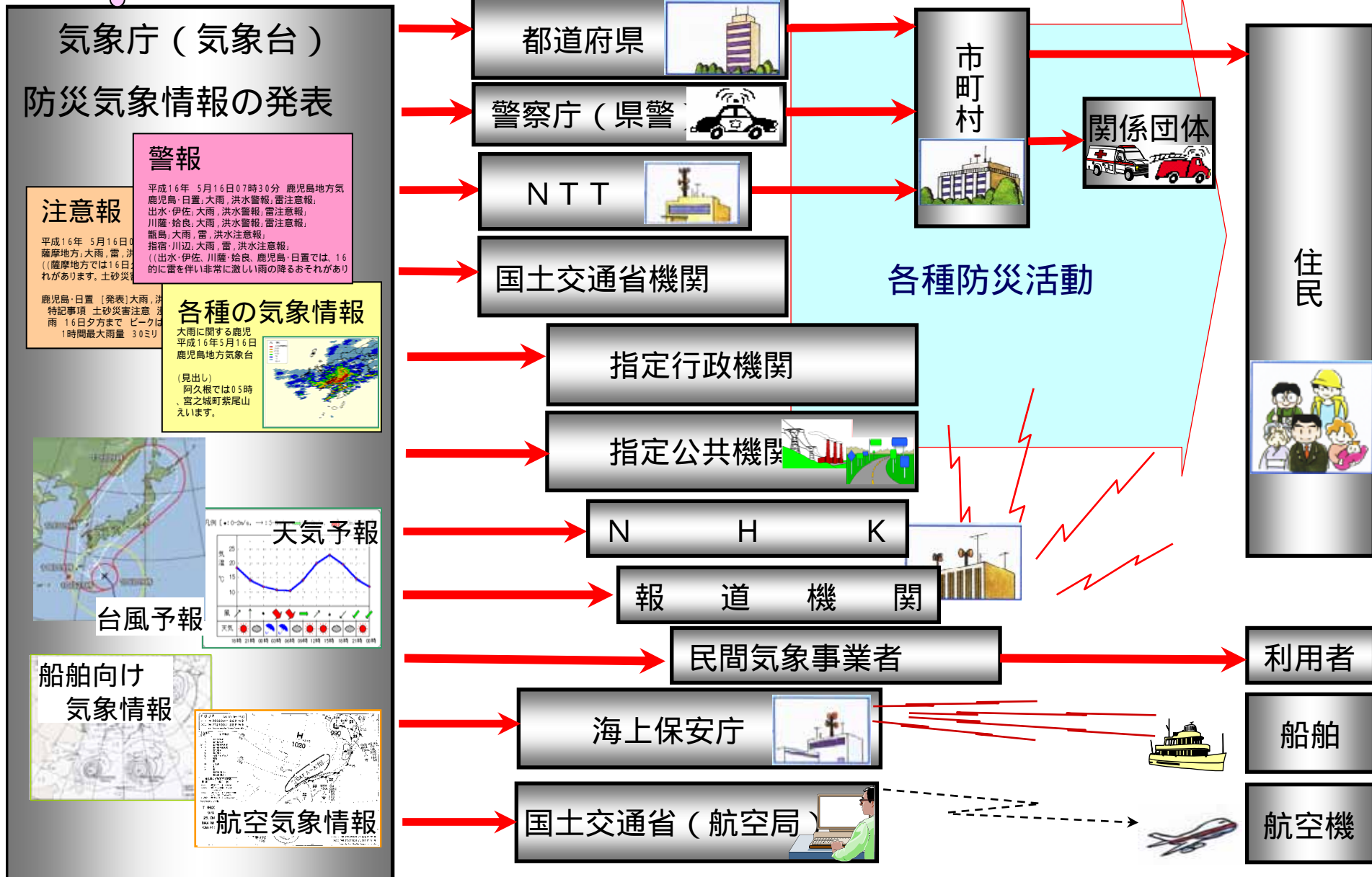
予報官による判断
自府県予報区内で、目先12時間以内に発雷確率が高くなるか
気象状況等から判断して、落雷等による被害が発生する可能性があるか

地方気象台
による作業

雷注意報文章作成

発表

防災気象情報の伝達



防災情報提供システムについて

気象庁から市町村へ、防災気象情報を直接提供
台風・豪雨時や地震等発生時に、市町村が行う防災対応判断を支援

気象庁
防災情報提供システム

- ・注意報・警報等をお伝えします
- ・市町村が必要な情報を選んで、電子メールで受信できます

警報等の電子メール



インターネット

- ・汎用のインターネット環境でご利用になれます

防災専用ホームページ

- ・アメダスや気象レーダー等の詳細な気象情報が閲覧できます
- ・大雨の状況等を詳しく監視できます

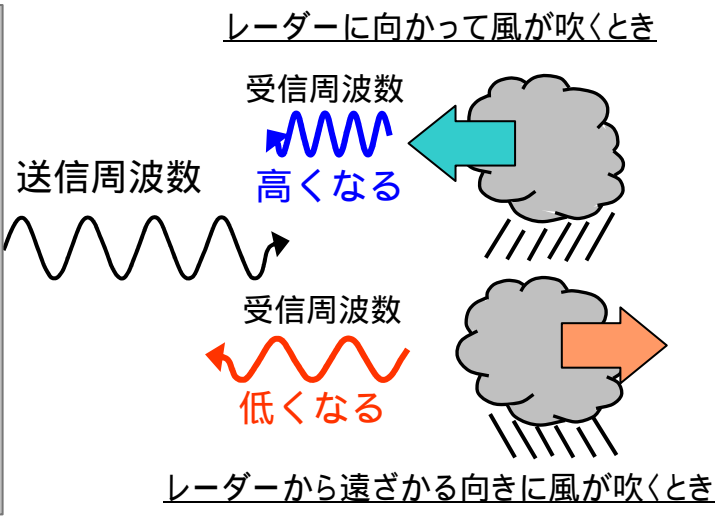
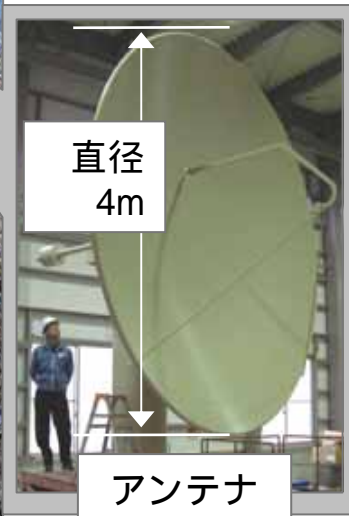
防災機関

都道府県、市町村、
消防署、消防団、水防団

技術の現状と今後

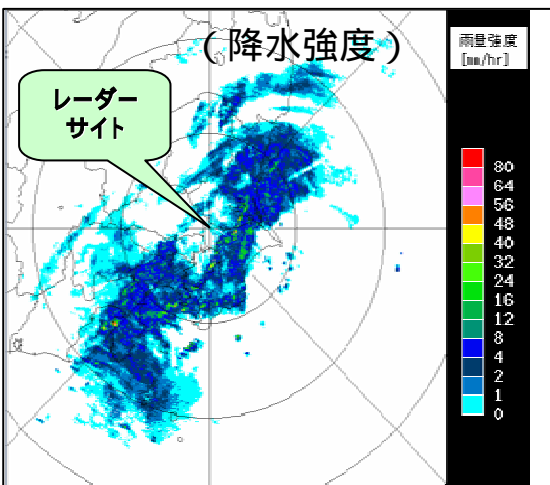
気象ドップラーレーダーの原理

気象ドップラーレーダーは、雨と風の詳細な立体分布データを取得し、短時間強雨、突風の監視・予測能力向上に資する観測システムです。

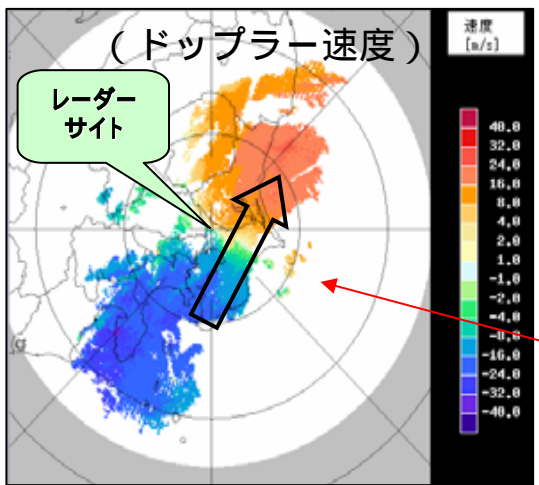


ドップラー効果

移動する物体から発せられた電波や音の周波数が、物体の速度に応じて変化する現象です。
救急車が近づくときにサイレンが高い音に、遠ざかるときに低い音に聞こえるのと同じ現象です。



降水の強さと降水域の分布

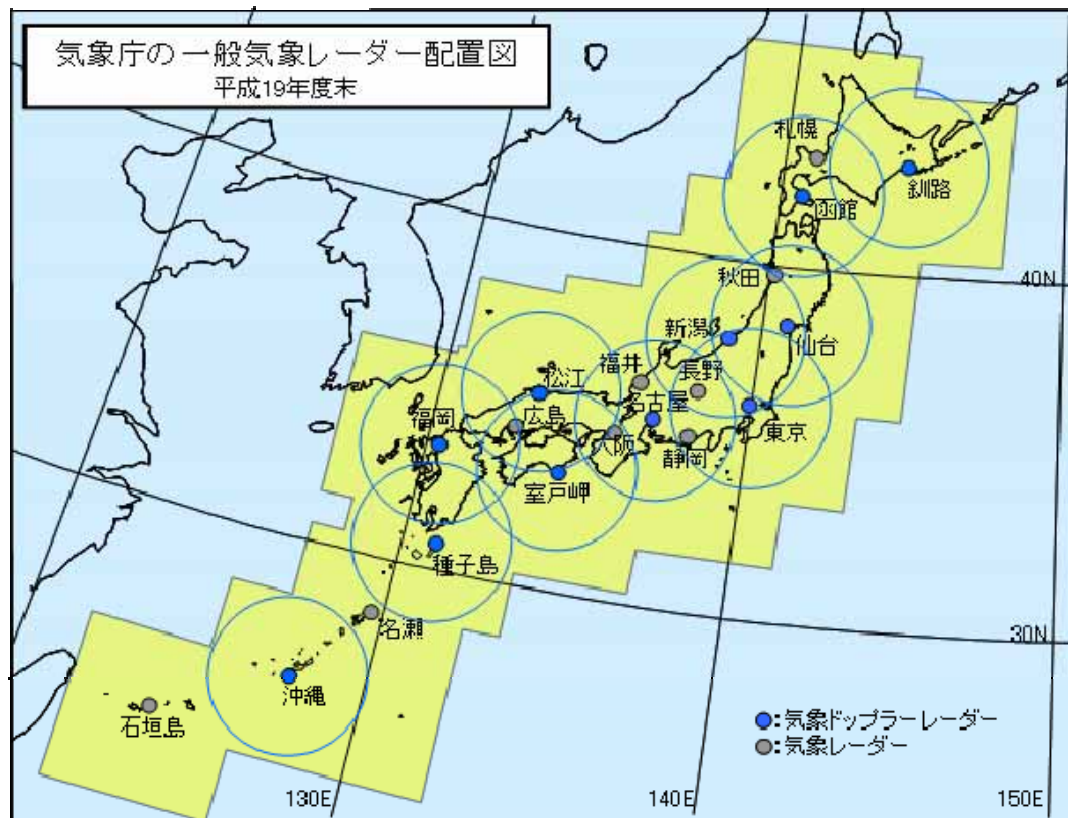


観測されたドップラー速度の分布

レーダーに近づく風の成分(ドップラー速度)を寒色、遠ざかる風の成分を暖色で表している。この分布から、図中矢印の向きに風が吹いていることが分かる。

気象ドップラーレーダーの整備

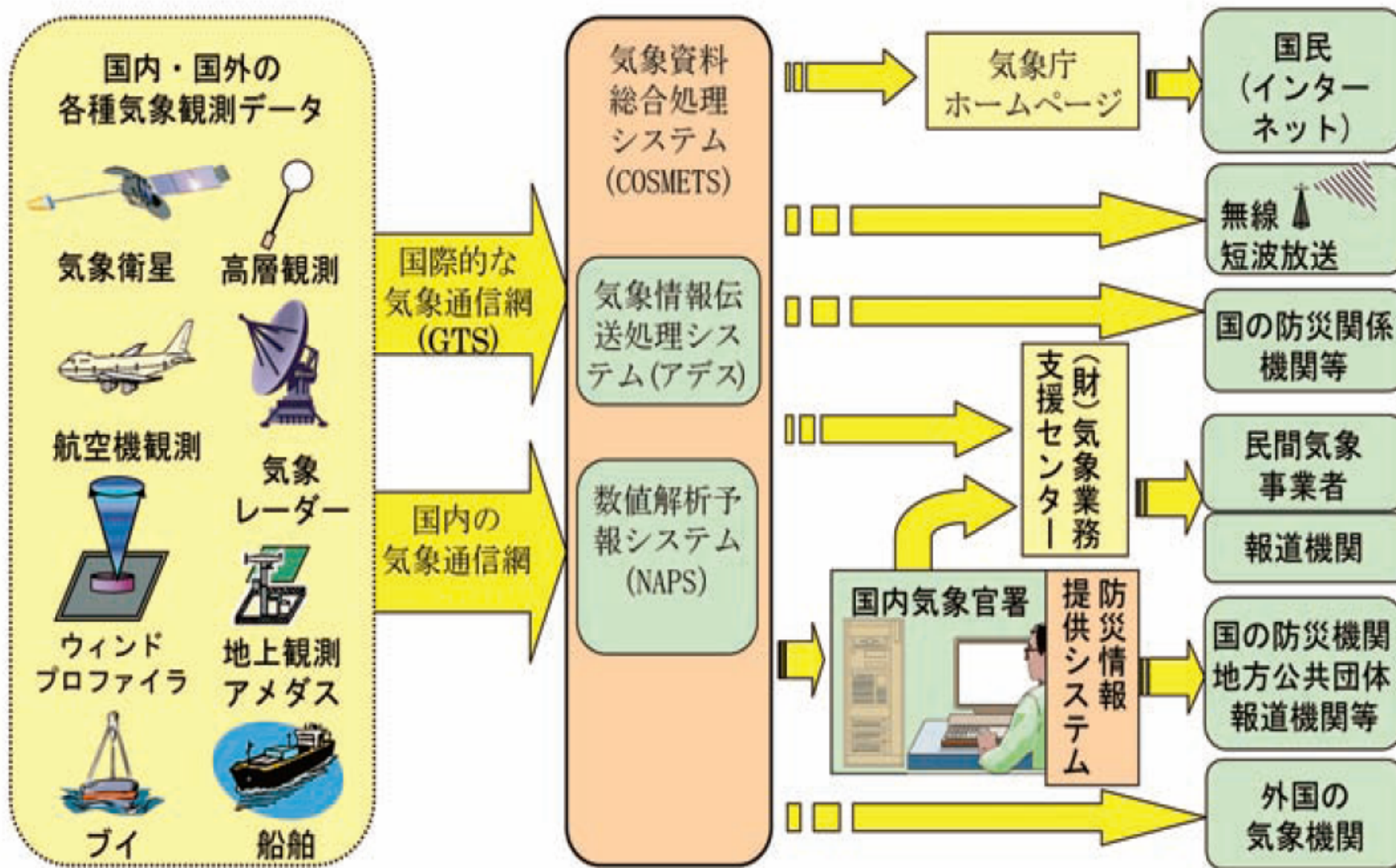
諸元



周波数	5300MHz帯 (降雨による電波の減衰は小さい)
距離分解能	500m (平成19年度末には250m)
方位分解能	1度
三次元観測間隔	10分
観測仰角	0度～30度
観測仰角数	15仰角

塗りつぶした領域が降水強度観測領域。
青丸が、ドップラー速度の観測領域。

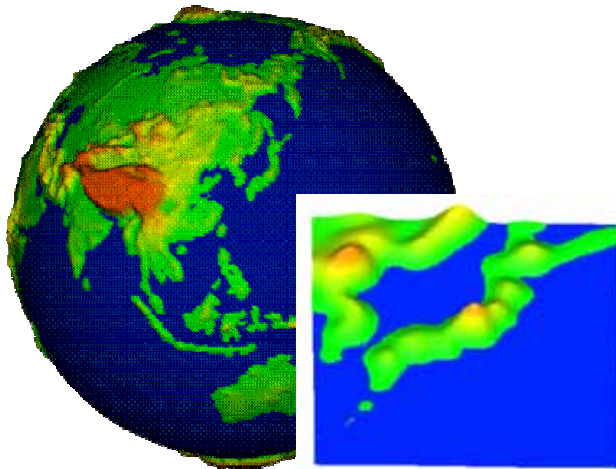
気象データの収集・処理と気象情報の伝達・発表



防災気象情報の基盤となる数値予報

全球モデル

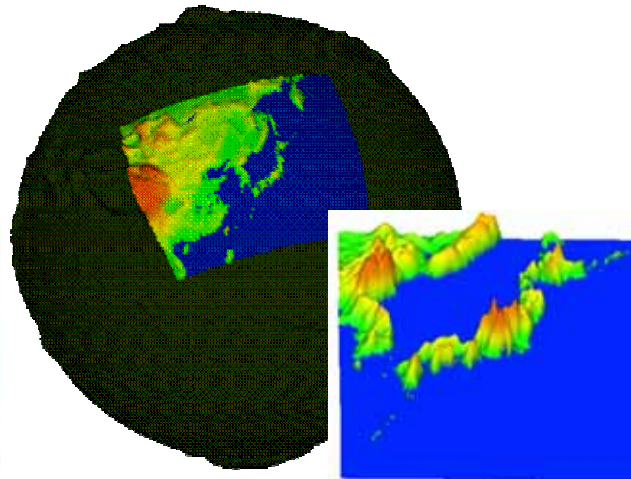
解像度：約60km
地球全体を予報
1日4回、～9日予報



天気予報、週間予報

領域モデル

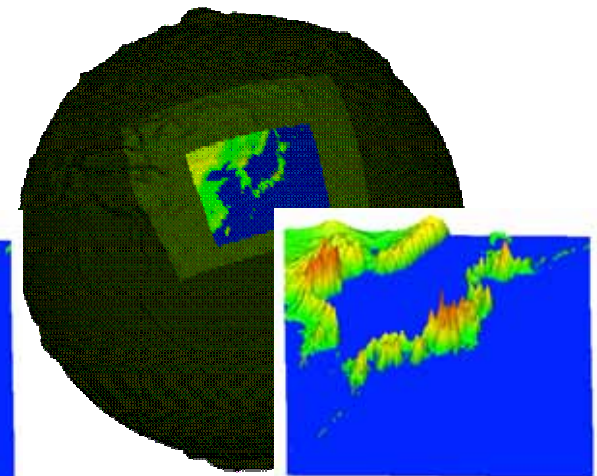
解像度：20km
東アジアを予報
1日2回、2日予報



天気予報、時系列予報、
分布予報

メソモデル

解像度：5km
日本周辺を予報
1日8回、～33時間予報



防災気象情報
降水短時間予報

台風モデル

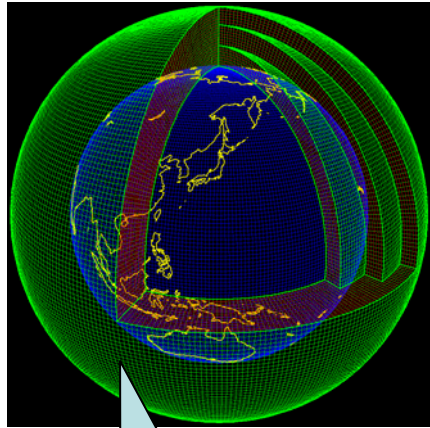
解像度：24km 3.5日予報 1日4回(台風存在時)

週間アンサンブル予報

解像度：約120km 51メンバー 1日1回、9日予報

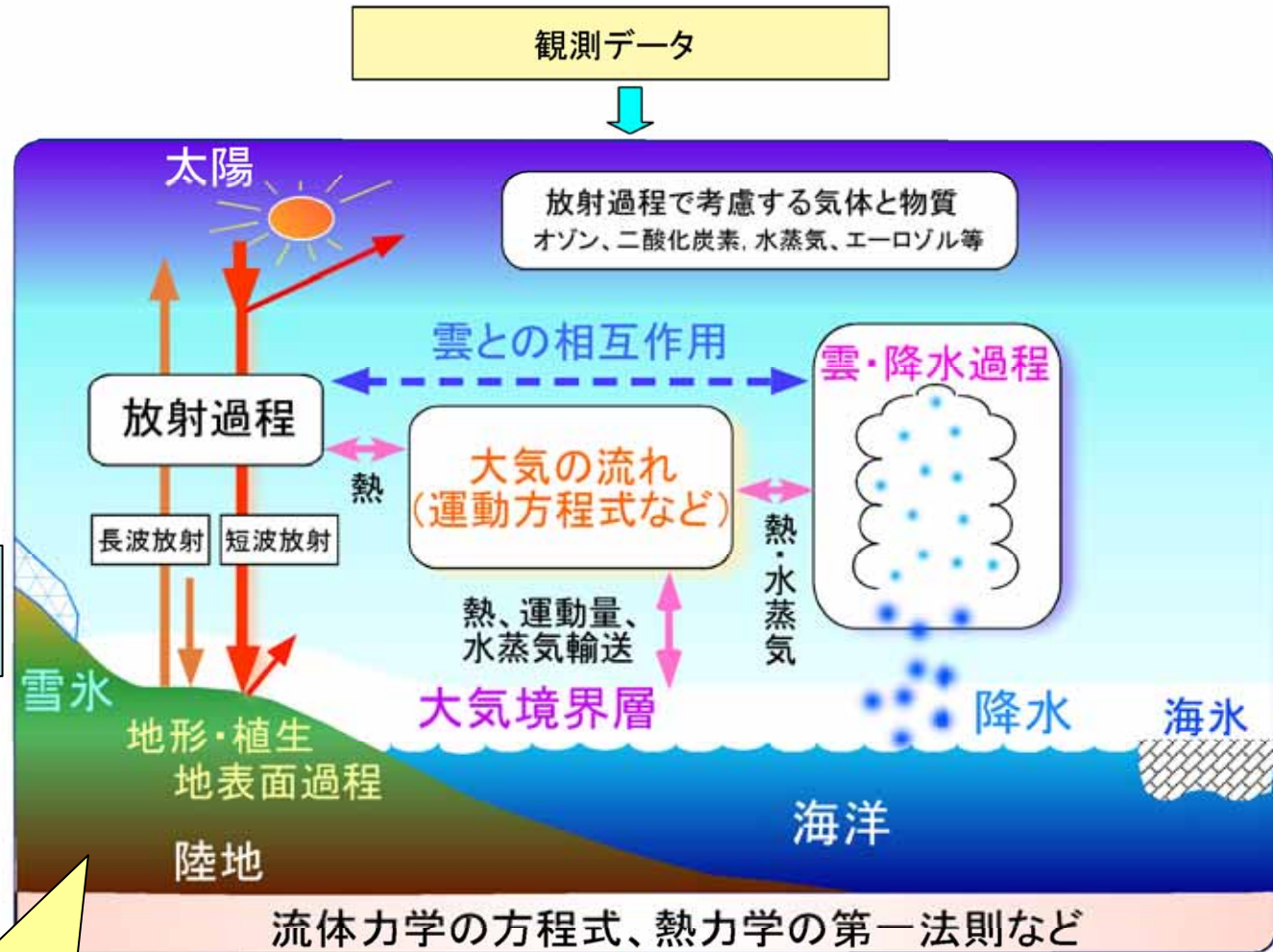
*このほか季節予報用の数値予報モデルを運用している。

数値予報モデル



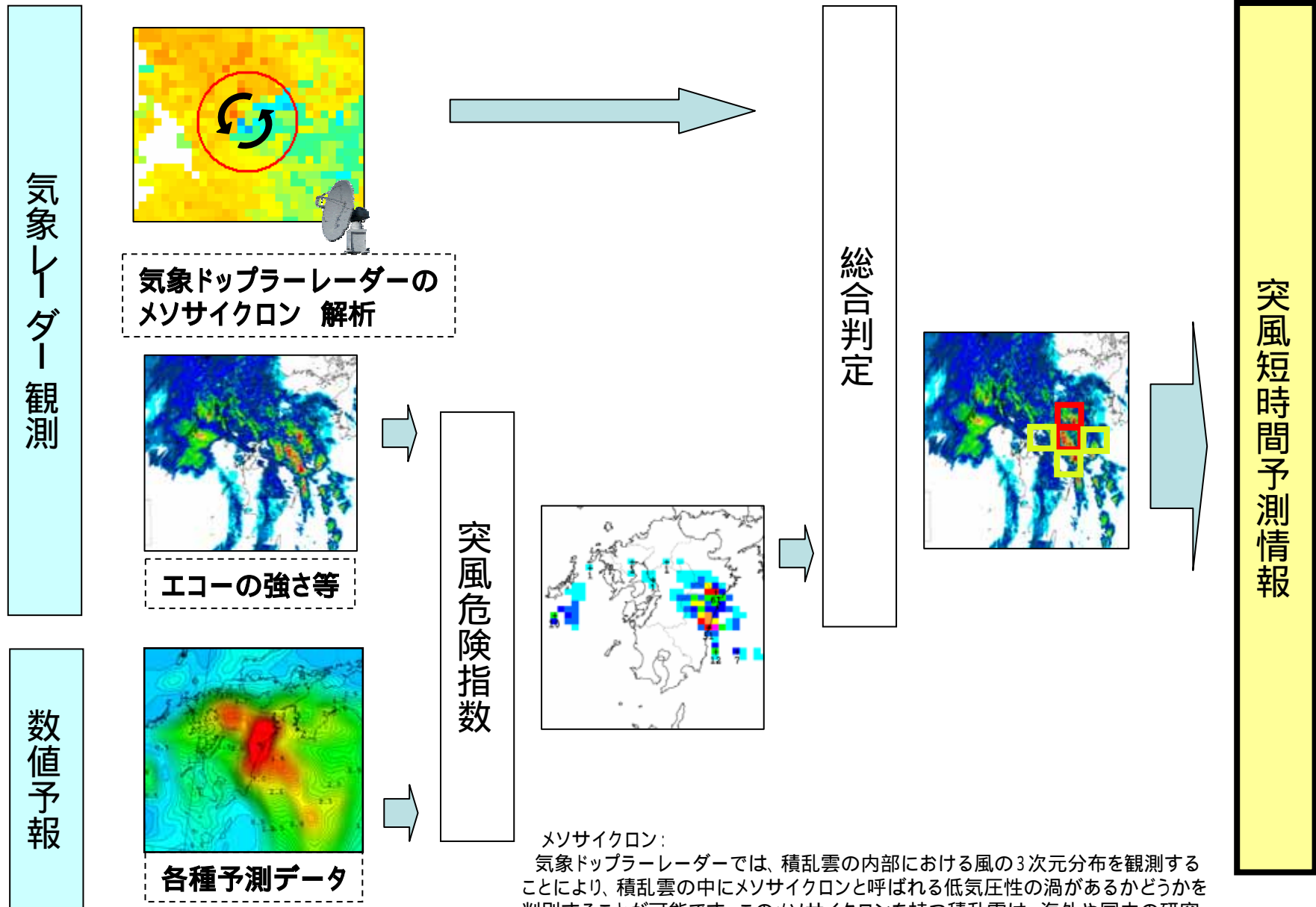
計算領域を水平・鉛直の格子点で覆う。

モデルの模式図。気象に関する様々な知見をプログラム化。



数値予報による予想天気図

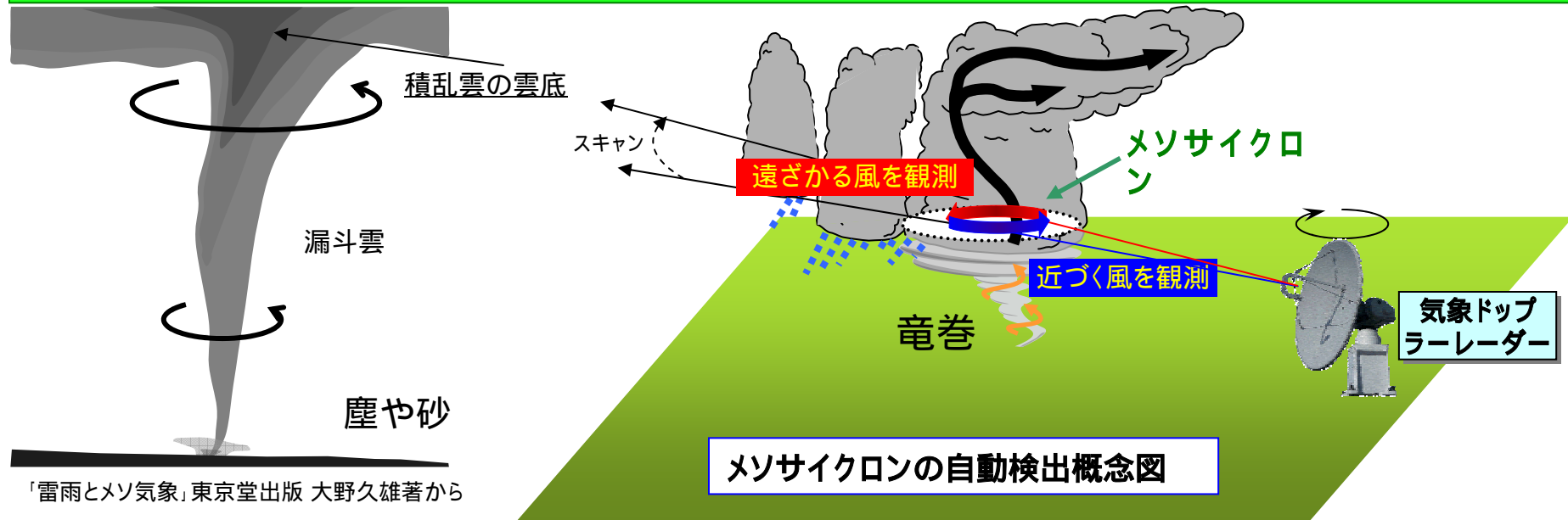
突風短時間予測情報に利用する技術の概要



メソサイクロン:

気象ドップラーレーダーでは、積乱雲の内部における風の3次元分布を観測することにより、積乱雲の中にメソサイクロンと呼ばれる低気圧性の渦があるかどうかを判断することが可能です。このメソサイクロンを持つ積乱雲は、海外や国内の研究から竜巻を発生させる可能性が高いことが分かっています。

気象ドップラーレーダーのメソサイクロン自動検出



竜巻の特徴:

積雲や積乱雲に伴う激しい渦巻きで、数百m規模で、寿命は数分から10分くらいのもものが多く、ロート状に垂れ下がった漏斗雲を伴うことがある。

気象ドップラーレーダーで観測できること:

- 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。
- 竜巻をもたらす積乱雲の中には、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があることが多い。
- 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もある。

メソサイクロンの自動検出技術

竜巻事例(26事例)

気象ドップラーレーダーの速度分布図で
メソサイクロンに相当する渦を確認(20事例)

自動検出プログラムで検出(18事例)

- 1996～2006年の空港気象ドップラーレーダーの探知範囲内で発生した26の竜巻事例を解析
- 20/26 事例で竜巻に対応して、渦(積乱雲の中の回転)を気象ドップラーレーダーの速度分布図から専門家が確認
- 18/26 事例をメソサイクロン自動検出プログラムが検出

我が国における竜巻監視として気象ドップラーレーダーによるメソサイクロン自動検出が有効

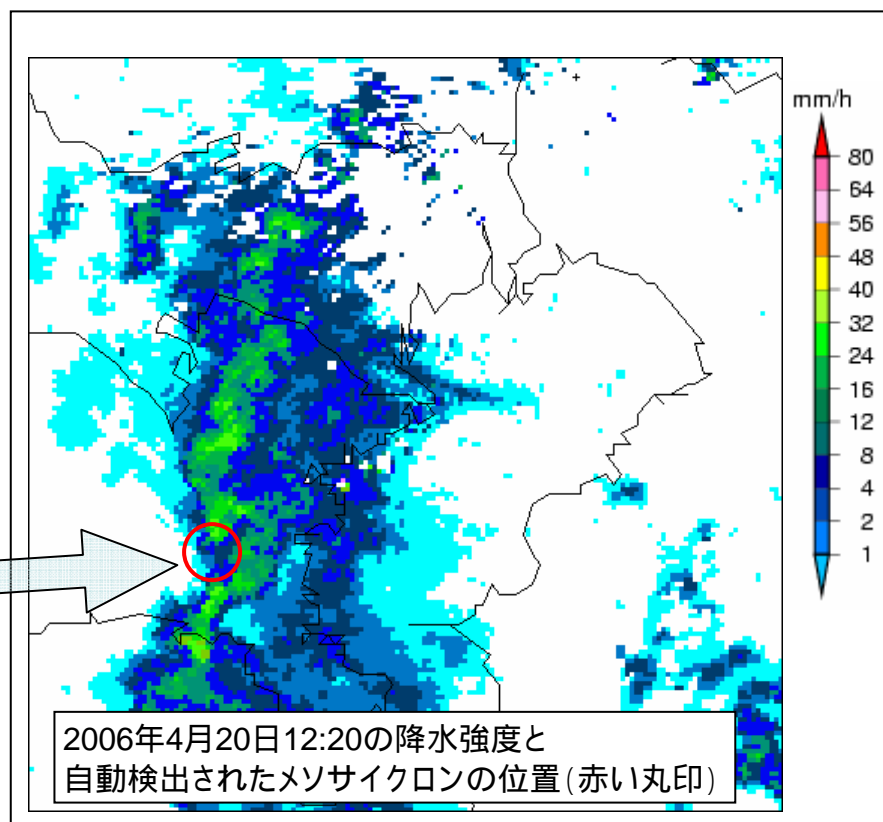
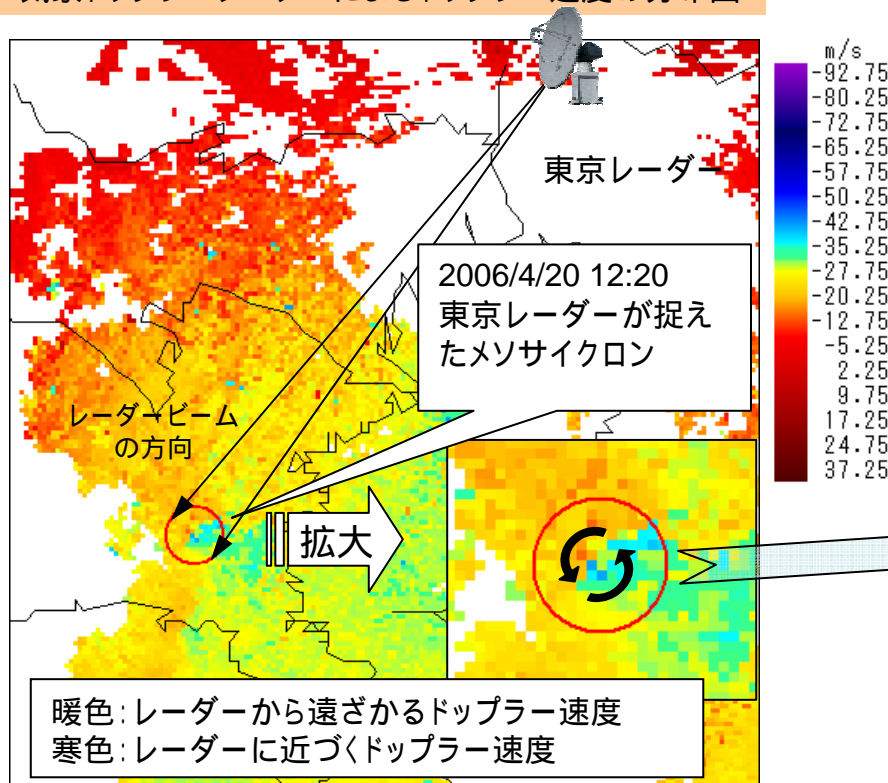
(以降、気象ドップラーレーダーのデータから、メソサイクロン自動検出プログラムで捉えたものを「メソサイクロン」と呼ぶ。)

突風発生時のメソサイクロン自動検出例(竜巻)

突風発生(竜巻): 2006年4月20日 12時20分 神奈川県藤沢市

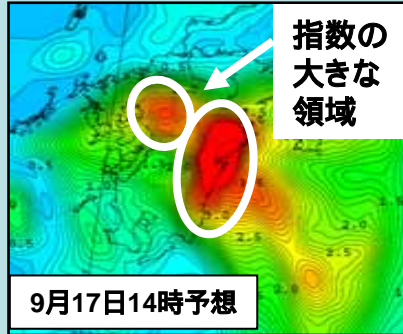
東京レーダーによるメソサイクロンの検出例

気象ドップラーレーダーによるドップラー速度の分布図



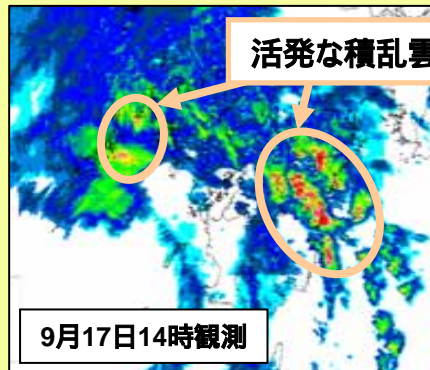
数値予報と気象レーダーを組み合わせた「突風危険指数」

数値予報を用いた指数



突風が発現する可能性のある気象状況を予測

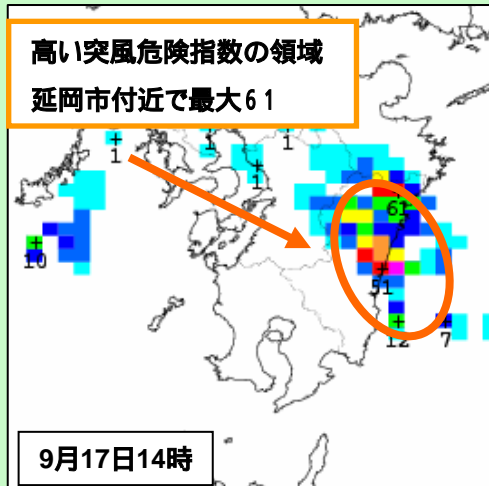
気象レーダーエコー



活発な積乱雲の強さや高さを監視

突風危険指数

「気象レーダーエコー」と「数値予報を用いた指数」を組み合わせることで、空振りが大幅に減り、それぞれを単独で用いるよりも精度が向上

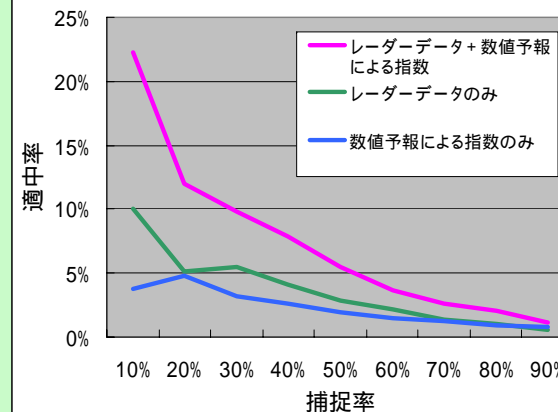


宮崎県

(2006年9月17日14:03)

延岡市他 竜巻:F=2

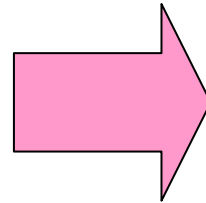
竜巻等突風の捕捉率と適中率(2004年-2006年)



気象ドップラレーダーと突風危険指数を組み合わせた「総合判定」

検証結果からみた総合判定の効果

メソサイクロン、突風危険指数とも、単独の判定では空振りが多く適中率が低い



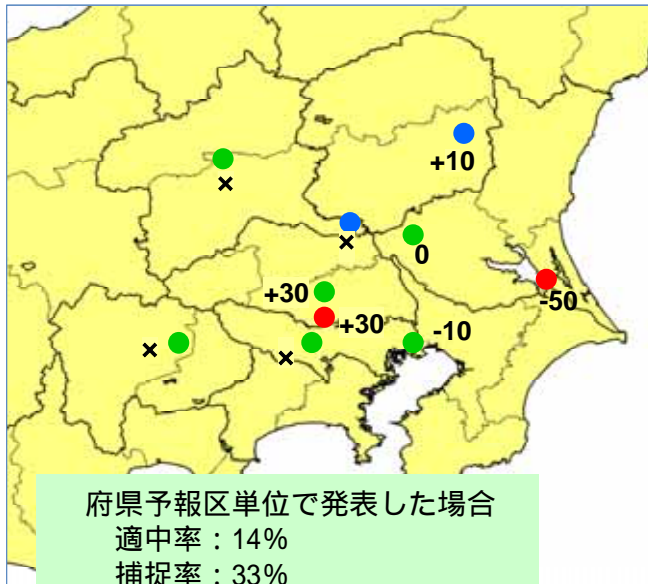
両者を組み合わせると空振りを減らし、適中率が大幅に改善される

	メソサイクロン 検出による判定	突風危険指数 による判定	メソサイクロン かつ 突風危険指数
予測数	47	87	13
適中数	4	6	4
見逃数	5	3	5
空振数	43	81	9
適中率	9%	7%	31%
捕捉率	44%	67%	44%

検証は、東京（冬季を除く2006年5月～2007年5月）・仙台・新潟・名古屋（2007年4～5月）4レーダーの周辺を対象としたもの。各判定時の前後30分以内に突風が発現した場合を適中としている。

気象ドップラーレーダーと突風危険指数を組み合わせた「総合判定」

気象情報の精度検証



府県予報区単位で発表した場合
適中率：14%
捕捉率：33%
1県当たりの発表回数：4回
想定される発表回数は、2ヶ月
に1回程度（現行雷注意報発表回
数の約1/20）

2006年5月～2007年5月の冬季を除く9ヶ月間に、東京レーダー周
辺の関東地方・山梨県において、メソサイクロンと突風危険指数
による総合判定で情報を発表した場合の精度。

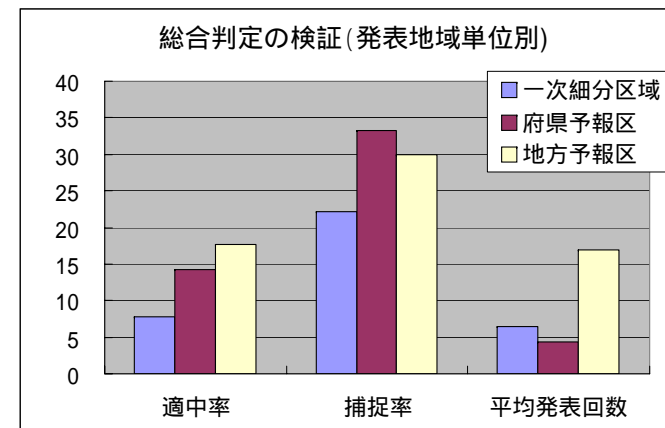
この期間に発現した突風10例のうち、竜巻は の2例、ダウン
バーストは の2例、その他の 6例は原因の特定なし。数値は、
突風有判定時刻 - 突風発生時刻(分)、×は突風有判定なし。

検証では、総合判定後1時間以内に突風が発現した場合を適中としている。

1次細分区域単位より、さらに広い府県予報区単位で発表した方が適中率は2倍、捕捉率は1.5倍程度良くなる

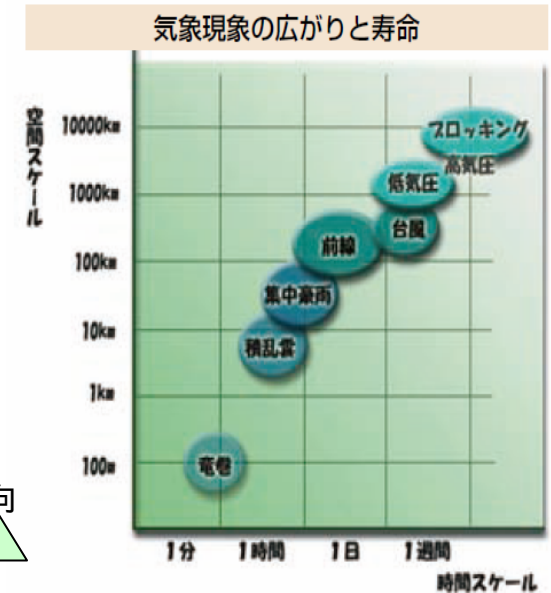
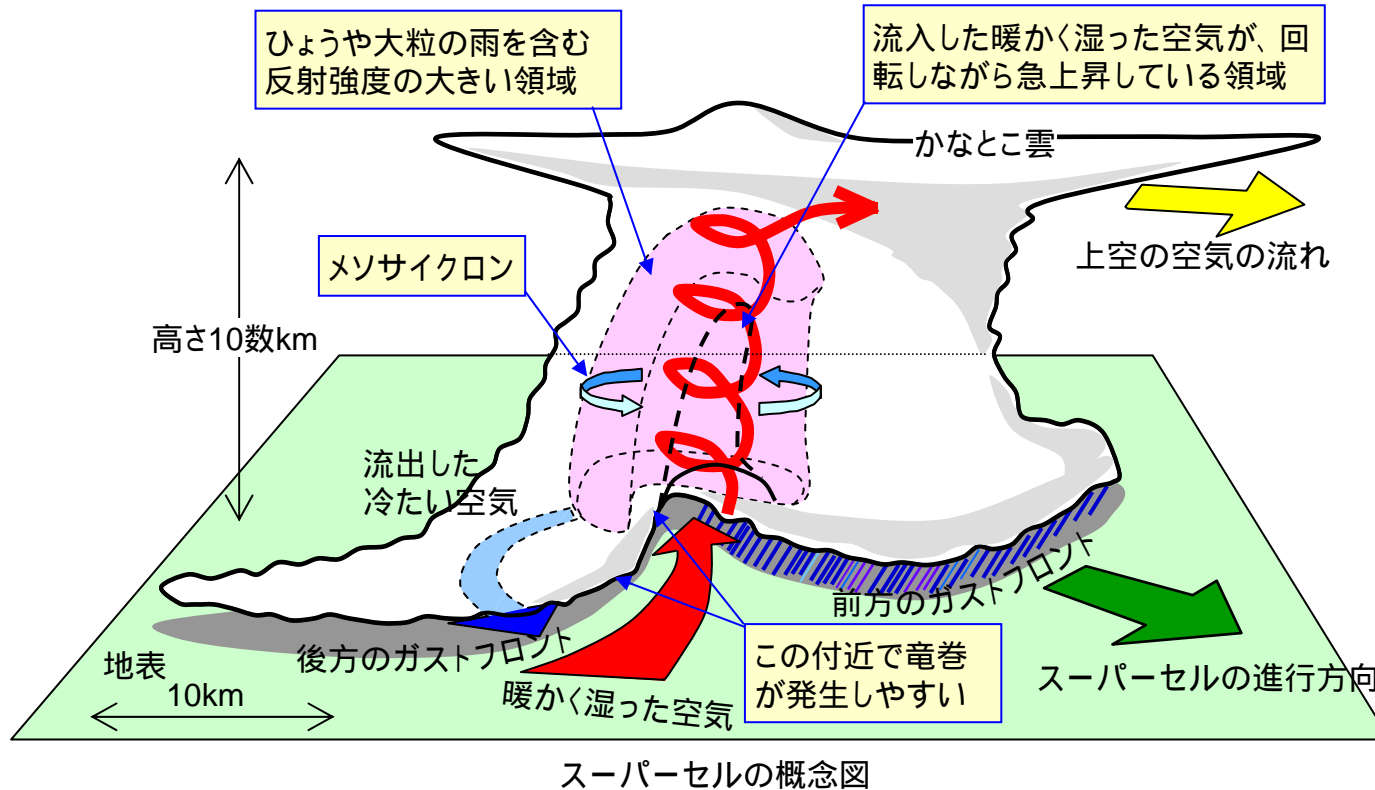
さらに広く地方予報区単位で発表すると適中率は約18%と上がるが、この情報を各府県予報区単位で検証すると適中率は約4%程度にしかない。これらを考慮すると府県予報区単位で発表するのが最も効果的と思われる。

適切な発表地域単位の大きさ、適中率・捕捉率、発表回数については、今後の検証結果を基に決定する。



參考資料

メソサイクロンとスーパーセル



スーパーセルは、内部の上昇流域に、一定以上の渦度(渦の強さ)のメソサイクロン(小低気圧)をもつ積乱雲です。

メソサイクロンでは回転の遠心力と釣り合うために中心の気圧が低く、地表付近の空気が吸い込まれます。地表付近においてスーパーセルの進行方向の右側から流入した暖かく湿った空気は、メソサイクロンの中心で急上昇します。この時、含まれていた水蒸気は凝結し雲粒になります。雲粒が成長して、雨粒やひょうが生成されます。

藤田スケール (Fスケール)

竜巻などの強風の規模を示す手段としては、昭和46年(1971年)に米国シカゴ大学の藤田哲也博士により考案された藤田スケール(Fスケール)を用います。Fスケールは被害から風速の範囲を推定するもので、Fスケールと被害との対応を示します。Fスケールによる風速の規模は、実際に被害が起こったときの風速とは必ずしも同一ではないことに注意が必要です。

これまで我が国でFスケールが確認されている竜巻は、F0とF1のものが大半を占め、一番強いもので平成18年(2006年)11月7日に北海道佐呂間町で発生した竜巻を含めF3となっています。一方、米国では、Fスケールの最大のF5に相当する竜巻が発生しています。

藤田スケール

	17~32m/s (約15秒間の平均)
F0	テレビアンテナなどの弱い構造物が倒れる。小枝が折れ、また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。
	33~49m/s (約10秒間の平均)
F1	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、強い木の幹が折れたりする。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。
	50~69m/s (約7秒間の平均)
F2	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。
	70~92m/s (約5秒間の平均)
F3	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。汽車は転覆し、自動車が持ち上げられて飛ばされる。森林の大木でも、大半は折れるか倒れるかし、引き抜かれることもある。
	93~116m/s (約4秒間の平均)
F4	住家がバラバラになってあたりに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。鉄骨づくりでもベシャンコ。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トン以上もある物体が降ってきて、危険この上もない。
	117~142m/s (約3秒間の平均)
F5	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、列車などが持ち上げられて飛行し、ど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。

注) 風速と被害との関係は、個々の建造物の特性や風の吹き方に影響を受けるため単純ではなく、被害から推定したFスケールを風速の測定値と混同してはならない。

我が国で確認された最大の強さ(F3)であると推定された竜巻と被害状況(平成2年(1990年)以降)

発生日時	発生場所	藤田スケール	被害幅 m	被害 長さKm	主な被害状況				気圧配置など
					死者	負傷者	住家全壊	住家半壊	
1990/12/11 19:13	千葉県 茂原市	F3	500~1200	6.5	1	73	82	161	暖気の移流・気圧の谷・寒冷前線
1999/09/24 11:07	愛知県 豊橋市	F3	50~550	18	0	415	40	309	台風
2006/11/07 13:23	北海道網走支庁 佐呂間町	F3	100~300	1.4	9	31	7	7	寒冷前線・暖気の移流

我が国でこれまで強さが確認されている竜巻の数(平成3年(1991年)~平成18年(2006年))

Fスケール	F0	F0~1	F1	F1~2	F2	F2~3	F3
個数(1991~2006年)	27	29	94	11	18	0	2

「気象業務はいま 2007 気象庁」より転載

F0: 17 ~ 32m/s



F3: 70 ~ 92m/s



F1: 33 ~ 49m/s



F4: 93 ~ 116m/s



F2: 50 ~ 69m/s



F5: 117 ~ 142m/s



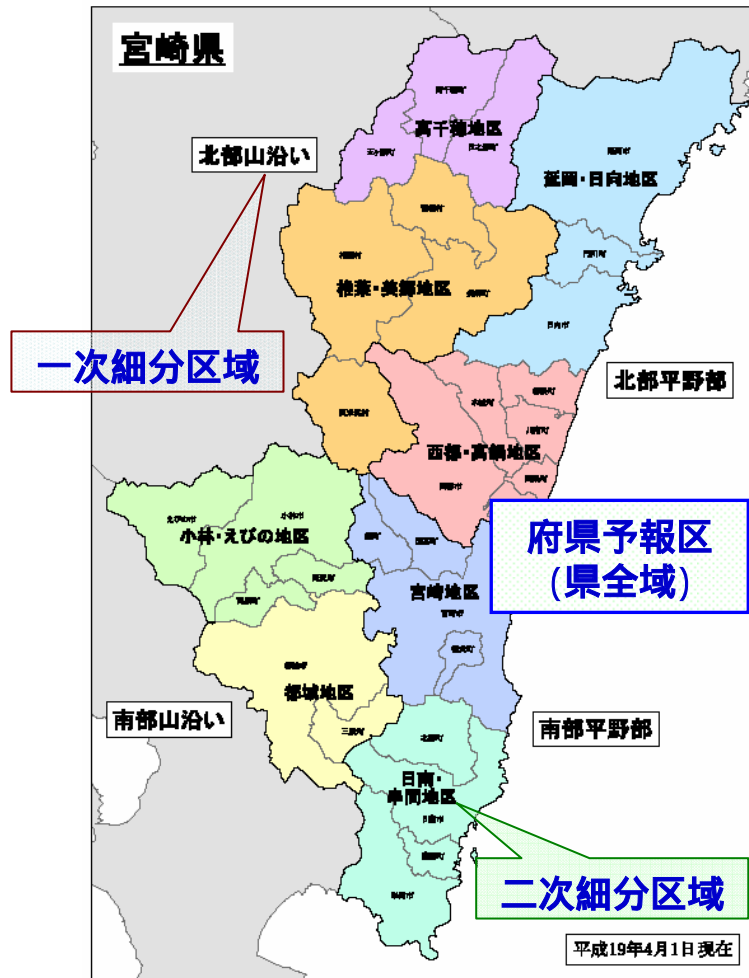
【上記被害写真】

NOAA s National Weather Service

Storm Prediction Center ホームページより転載

<http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/f-scale.html>

〈解説〉 予報・警報等の地域〔宮崎県の例〕



『府県予報区』

広大な北海道と島嶼部が離れている沖縄県を除いて、各都府県にある気象台が管轄している都府県を対象とした区域。府県気象情報はこの区域を対象に発表する。

左図では、宮崎県全域。

『一次細分区域』

ひとつの府県予報区をいくつかの地域に細分した区域で、天気予報の発表単位。

左図では、枠で囲まれた4つの地域。

『二次細分区域』

ひとつの一次細分区域をさらにいくつかの地域に細分した区域で、注意報・警報の発表単位。

左図では、塗り分けられた8つの地域。

全国(平成19年4月現在)

府県予報区 : 56

一次細分区域(天気予報) : 141

二次細分区域(警報・注意報) : 373