

現地災害調査資料

平成21年11月11日に静岡県掛川市で発生した突風被害について

目次

- 1 突風の原因と気象概況
- 2 現地調査結果
- 3 気象の状況
- 4 警報・注意報の発表状況
- 5 参考資料

平成21年11月30日

注) この資料は、速報として取りまとめたもので、後日内容の一部訂正や追加をすることがあります。

1 突風の原因と気象概況

11月11日09時頃に静岡県掛川市千浜で突風が発生し、事務所の一部損壊などの被害が発生した。静岡地方気象台は、11日職員を気象庁機動調査班として派遣し、現地調査を実施した。

結果は以下のとおりである。

1-1 突風の原因の推定

(1) 突風をもたらした現象の種類

この突風をもたらした現象は竜巻と推定した。

(根拠)

- ・被害の発生時刻に被害地付近を活発な積乱雲が通過中であった。
- ・被害や痕跡は長さ約0.7km、幅10～20mのほぼ直線上に分布していた。
- ・被害や痕跡から推定した風向は、多くが南からの風であるが、一部に様々な風向が見られた。

(2) 強さ (藤田スケール)

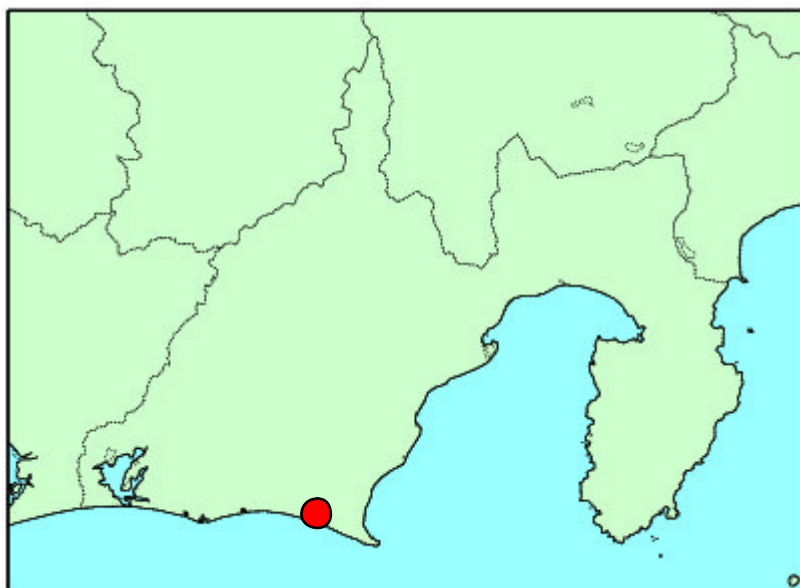
この突風の強さは、藤田スケールでF0と推定した。

(根拠)

- ・複数の樹木で幹や枝の折損があった。
- ・住家のドアや看板の損壊があった。

1-2 気象概況

11日09時、前線を伴った低気圧が渥美半島にあって、毎時35kmの速さで北東進していた。静岡県内は、南から南西の風が吹き込み、大気の状態が不安定となっていた。この影響で、静岡県では、遠州南を中心に積乱雲が発生し、所々で雨が降っていた。被害発生当時、活発な積乱雲が被害地付近を通過中であった。



● : 突風被害発生地域

2 現地調査結果

実施官署 静岡地方気象台

実施場所 静岡県掛川市千浜

実施日時 平成21年11月11日 14時から17時

2-1 被害状況（掛川市役所）

建物の被害 2件

- ・店舗兼事務所 1棟（窓ガラス及びサッシ一部破損・雨どい一部破損）（看板一部破損）
- ・事務所 1棟（1階出入り口ドア破損・2階窓亀裂による一部破損）（看板転倒及びウッドデッキの飾り一部破損）

農業施設の被害 3件

- ・ビニールハウスのビニールがめくれる 3棟

2-2 聞き取り状況

A氏

- ・突風の1分程前に強く雨（どしゃ降り）が降った。
- ・半透明の渦が巻き、松の枝が舞っていた。
- ・突風のとき、ゴーという音がした。

B氏

- ・雨は、8時には程々の降り、突風時にはザーと降っていた。
- ・突風のとき、ゴーという音がした。

○ 被害発生地域図（静岡県掛川市千浜）

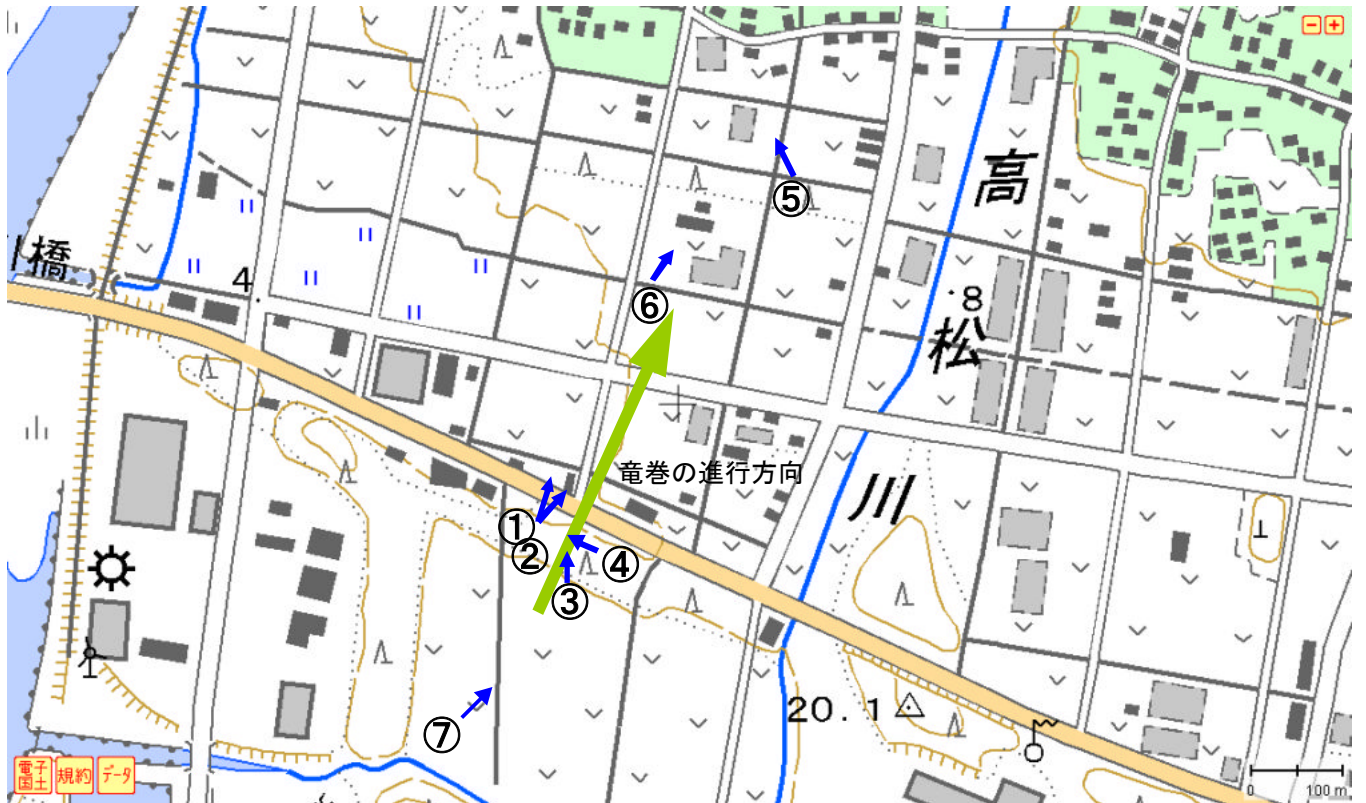


○ 被害発生地域拡大図（静岡県掛川市千浜）



黒実線矢印は草木や物が倒れた方向を、黒点線矢印は物が飛んだ方向を表している。

○ 写真撮影位置方向図（静岡県掛川市千浜）



番号は各被害写真番号に対応し、青矢印は撮影方向を表している。

○ 被害状況写真（掛川市千浜）



① 破損した雨どい



② 事務所看板の一部破損



西向きに倒れる

③ 倒壊した看板



④ 事務所玄関ドアガラスが破損
(ベニヤ板で修復後)



⑤ ビニールがめくれ上がったビニールハウス



⑥ 北向きに倒れた草木

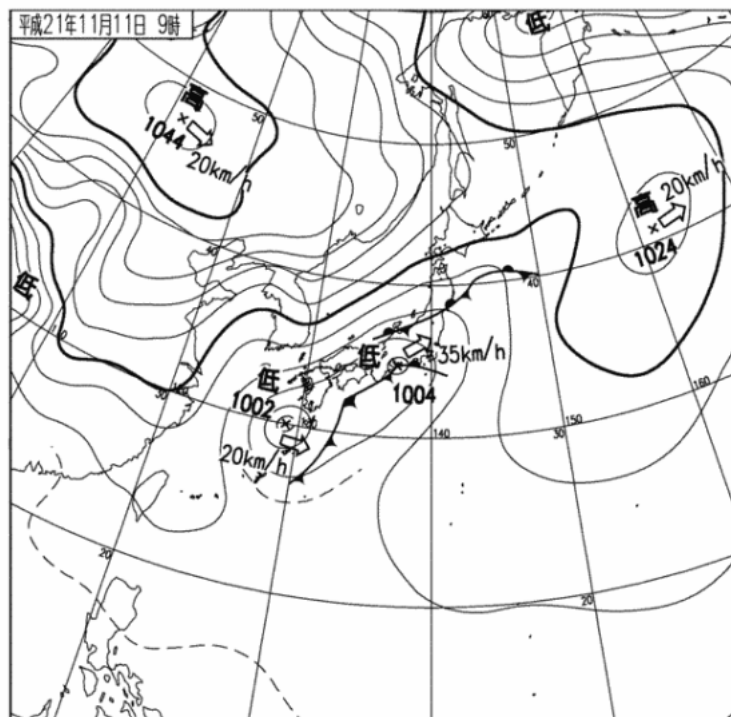


⑦ 折損した樹木

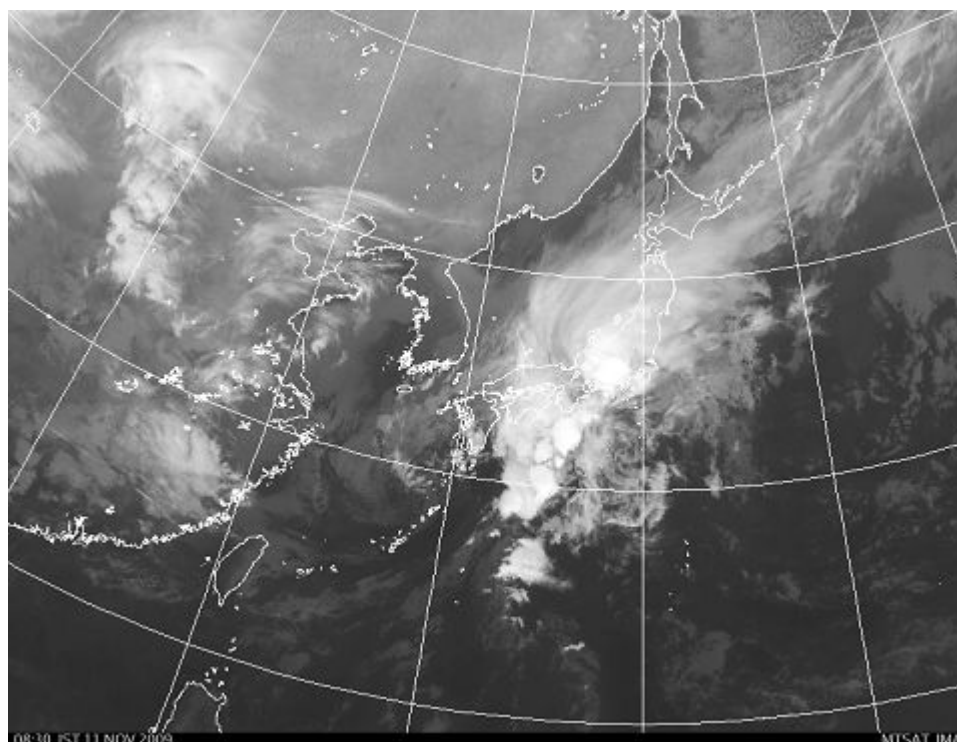
注: 商店名は、読めないように加工しています。

3 気象の状況

3-1 地上天気図および気象衛星画像



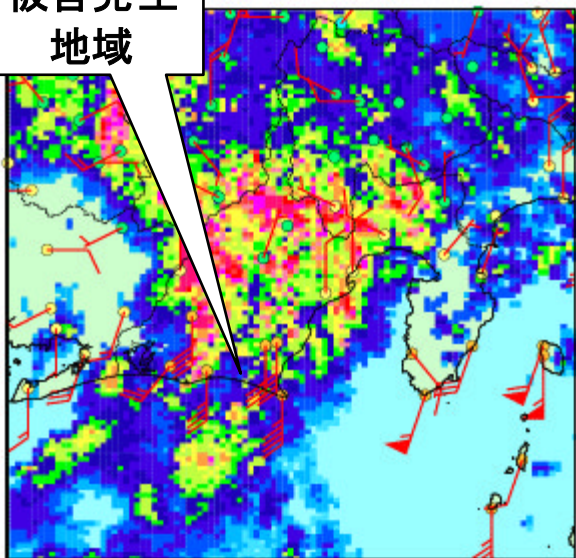
地上天気図 11月11日09時



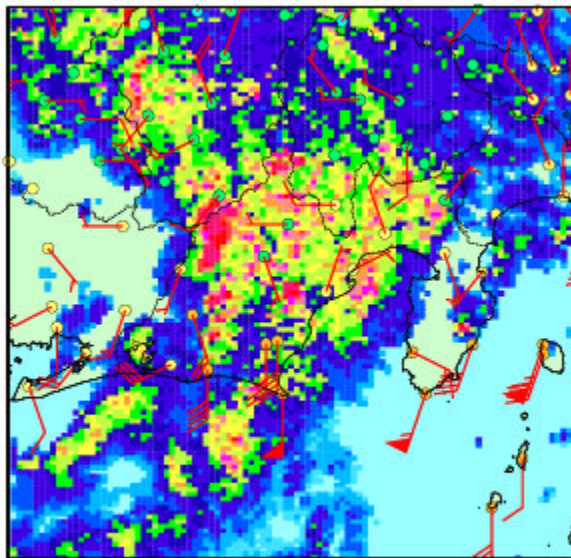
気象衛星「ひまわり6号」赤外画像11月11日09時

3-2 静岡県掛川市で突風被害の発生した時間帯のレーダーによる雨雲の様子

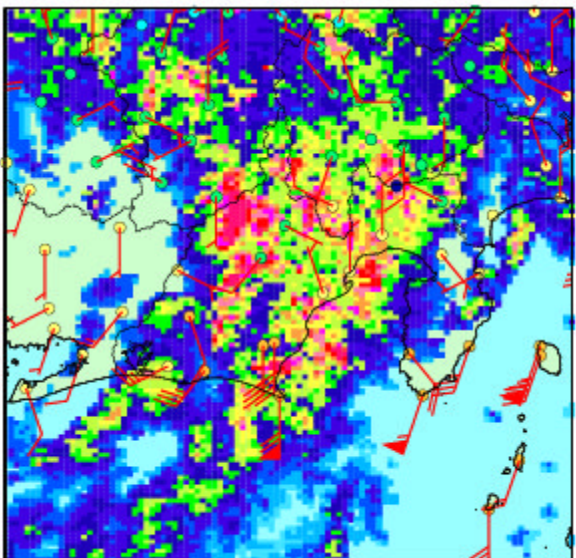
被害発生
地域



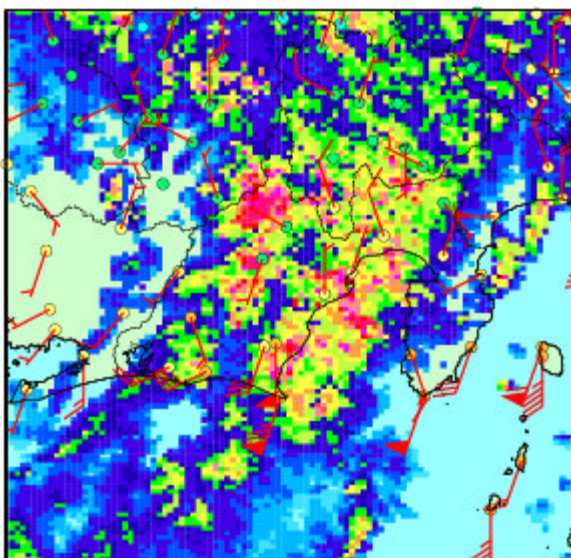
2009/11/11 08:40(JST)



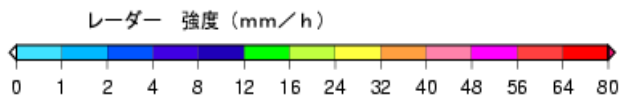
2009/11/11 08:50(JST)



2009/11/11 09:00(JST)



2009/11/11 09:10(JST)



レーダーエコー強度図（全国合成レーダー）

平成21年11月11日08時40分～09時10分

図中の矢羽根は、各観測点の風向風速を表し、
短い矢羽根；風速1m/s、長い矢羽根；風速2m/s、
フラッグは10m/sとなる。

3-1 静岡県掛川市近隣の風データ (H21. 11. 11 08:40-09:20)

浜松特別地域気象観測所

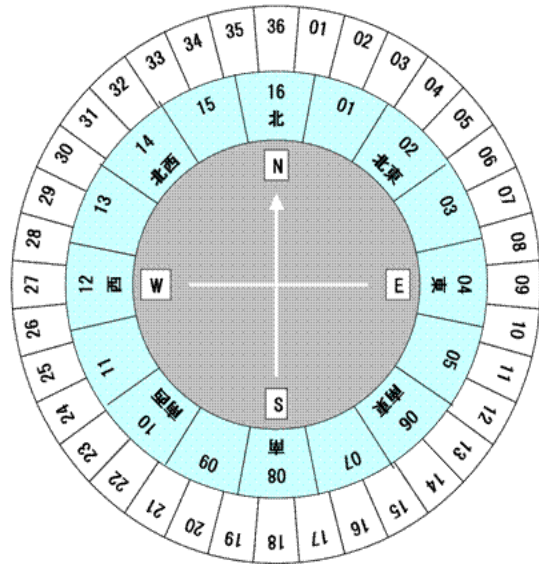
年	月	日	時	分	前1分最大瞬間風速 (m/s)	風向 36方位
2009	11	11	8	40	11.2	南西
2009	11	11	8	41	9.6	西南西
2009	11	11	8	42	11.4	西南西
2009	11	11	8	43	11	西
2009	11	11	8	44	11.3	西南西
2009	11	11	8	45	9.7	西南西
2009	11	11	8	46	6.9	西南西
2009	11	11	8	47	7	西南西
2009	11	11	8	48	8	西南西
2009	11	11	8	49	7.7	西南西
2009	11	11	8	50	7.3	西南西
2009	11	11	8	51	8.3	南西
2009	11	11	8	52	6.7	西南西
2009	11	11	8	53	6.7	南西
2009	11	11	8	54	7.2	西南西
2009	11	11	8	55	6.4	南西
2009	11	11	8	56	7.6	南西
2009	11	11	8	57	7.4	西南西
2009	11	11	8	58	6.9	西
2009	11	11	8	59	6	南西
2009	11	11	9	0	7.3	西
2009	11	11	9	1	7.3	西南西
2009	11	11	9	2	6.8	西南西
2009	11	11	9	3	7.7	西南西
2009	11	11	9	4	6.2	西南西
2009	11	11	9	5	4.6	西南西
2009	11	11	9	6	6.5	西南西
2009	11	11	9	7	6.7	西南西
2009	11	11	9	8	6.8	西南西
2009	11	11	9	9	7.7	西南西
2009	11	11	9	10	6.8	西南西
2009	11	11	9	11	5.4	西南西
2009	11	11	9	12	6.7	南西
2009	11	11	9	13	5.9	西南西
2009	11	11	9	14	5.2	西南西
2009	11	11	9	15	4.9	南西
2009	11	11	9	16	4.1	西南西
2009	11	11	9	17	4.6	南西
2009	11	11	9	18	5.2	南西
2009	11	11	9	19	5.2	西南西
2009	11	11	9	20	5.2	南西

磐田アメダス観測所

年	月	日	時	分	前1分最大瞬間風速 (m/s)	風向 36方位
2009	11	11	8	40	12.5	南
2009	11	11	8	41	11.1	南
2009	11	11	8	42	9.5	南
2009	11	11	8	43	10.9	南
2009	11	11	8	44	10.9	南
2009	11	11	8	45	13.3	南
2009	11	11	8	46	13.4	南
2009	11	11	8	47	10.8	南
2009	11	11	8	48	10.3	南
2009	11	11	8	49	11.2	南南西
2009	11	11	8	50	8.9	南西
2009	11	11	8	51	13.1	南西
2009	11	11	8	52	11.2	南西
2009	11	11	8	53	10.3	西南西
2009	11	11	8	54	11.9	西南西
2009	11	11	8	55	12.7	西南西
2009	11	11	8	56	12.7	南西
2009	11	11	8	57	7.9	西南西
2009	11	11	8	58	7.7	西南西
2009	11	11	8	59	7.9	西南西
2009	11	11	9	0	9.1	南西
2009	11	11	9	1	8.7	西南西
2009	11	11	9	2	9.1	西南西
2009	11	11	9	3	12.6	南西
2009	11	11	9	4	11.8	西南西
2009	11	11	9	5	10.2	南西
2009	11	11	9	6	10.6	西南西
2009	11	11	9	7	8.9	西南西
2009	11	11	9	8	11.1	南西
2009	11	11	9	9	10.5	南西
2009	11	11	9	10	8.5	西南西
2009	11	11	9	11	9	西南西
2009	11	11	9	12	9.3	西南西
2009	11	11	9	13	10.7	西南西
2009	11	11	9	14	8.5	南西
2009	11	11	9	15	8.5	南西
2009	11	11	9	16	9.7	西南西
2009	11	11	9	17	8.4	南西
2009	11	11	9	18	9.4	南西
2009	11	11	9	19	9.4	西南西
2009	11	11	9	20	7.1	西南西

御前崎測候所

年	月	日	時	分	前1分最大瞬間風速 (m/s)	風向 36方位
2009	11	11	8	40	12.6	南
2009	11	11	8	41	14.5	南
2009	11	11	8	42	12.7	南
2009	11	11	8	43	13.7	南
2009	11	11	8	44	13.5	南
2009	11	11	8	45	16.6	南
2009	11	11	8	46	15.0	南
2009	11	11	8	47	16.7	南
2009	11	11	8	48	14.1	南
2009	11	11	8	49	15.0	南
2009	11	11	8	50	15.4	南
2009	11	11	8	51	17.1	南
2009	11	11	8	52	16.2	南
2009	11	11	8	53	15.1	南
2009	11	11	8	54	16.2	南
2009	11	11	8	55	18.0	南
2009	11	11	8	56	18.8	南
2009	11	11	8	57	18.5	南
2009	11	11	8	58	19.2	南
2009	11	11	8	59	23.1	南
2009	11	11	9	0	23.4	南
2009	11	11	9	1	22.8	南
2009	11	11	9	2	23.4	南
2009	11	11	9	3	25.5	南
2009	11	11	9	4	19.7	南南西
2009	11	11	9	5	21.4	南
2009	11	11	9	6	20.9	南南西
2009	11	11	9	7	18.7	南南西
2009	11	11	9	8	14.1	南南西
2009	11	11	9	9	15.7	南西
2009	11	11	9	10	19.0	南西
2009	11	11	9	11	17.8	西南西
2009	11	11	9	12	17.7	西南西
2009	11	11	9	13	16.7	西南西
2009	11	11	9	14	17.6	西南西
2009	11	11	9	15	13.9	南西
2009	11	11	9	16	10.8	南南西
2009	11	11	9	17	13.6	南南西
2009	11	11	9	18	13.3	南西
2009	11	11	9	19	15.0	西南西
2009	11	11	9	20	16.5	南西



16方位と36方位の表示

4 注意報・警報の発表状況

平成21年11月11日

静岡県（静岡地方气象台発表）

発表時刻	種類	細分区域	標題				
			大雨注意報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
11/11 05:03	注意報	中部南	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
		中部北	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		伊豆	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
		東部	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		遠州北	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		遠州南	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
11/11 07:13	警報	中部南	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
		中部北	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		伊豆	大雨警報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
		東部	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		遠州北	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		遠州南	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
11/11 07:58	警報	中部南	大雨警報	洪水警報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
		中部北	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		伊豆	大雨警報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
		東部	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		遠州北	大雨警報	洪水注意報	雷注意報		
		遠州南	大雨警報	洪水警報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
11/11 10:55	警報	中部南	大雨注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報	
		中部北	大雨注意報	雷注意報			
		伊豆	大雨警報	洪水注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報
		東部	大雨注意報	洪水注意報	雷注意報		
		遠州北	大雨注意報	雷注意報			
		遠州南	大雨注意報	雷注意報	強風注意報	波浪注意報	

注 掲載した発表時刻は、11日11時までに発表した警報・注意報を掲載した。

表の各区域に含まれる市町・地区名

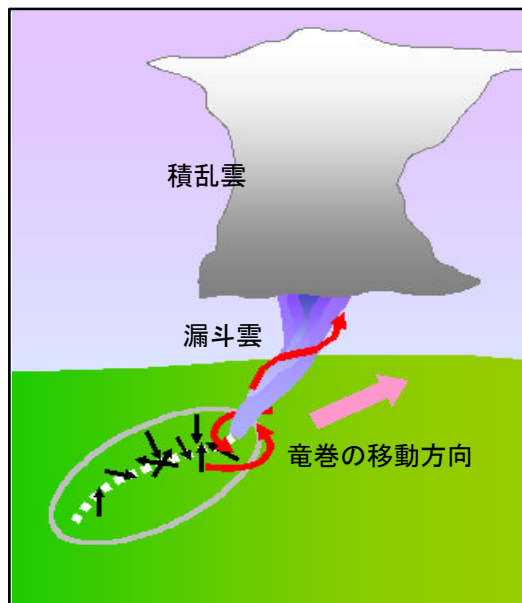
府県予報区	一次細分	二次細分	市町地区
静岡県	伊豆	伊豆北	熱海市、伊東市、伊豆市、伊豆の国市、函南町
		伊豆南	下田市、東伊豆町、河津町、南伊豆町、松崎町、西伊豆町
	東部	富士山南東	沼津市、三島市、御殿場市、裾野市、清水町、長泉町、小山町
		富士山南西	富士宮市、富士市、芝川町
	中部	中部北	静岡市葵区(相淵、相俣、赤沢、井川、岩崎、有東木、梅ヶ島、大沢、大間、奥池ヶ谷、奥仙俣、落合、鍵穴、柿島、上落合、上坂本、桂山、崩野、口坂本、口仙俣、黒俣、小河内、腰越、小島、坂ノ上、坂本、杉尾、内匠、田代、寺島、渡、栃沢、長熊、中沢、長妻田、中平、榑尾、入島、日向、平野、昼居渡、森腰、諸子沢、八草、湯ノ島、油野、横沢、横山、蕨野に限る)、 島田市(川根町家山、川根町笹間上、川根町笹間下、川根町笹間渡、川根町葛籠、川根町拔里、川根町身成、川根町上河内に限る)、川根本町
		中部南	静岡市(中部北の区域を除く)、島田市(中部北の区域を除く)、 焼津市、藤枝市、牧之原市、吉田町
	西部	遠州北	浜松市(天竜区に限る)
		遠州南	浜松市(遠州北の区域を除く)、磐田市、御前崎市、掛川市、 菊川市、湖西市、袋井市、森町、新居町

5 参考資料

風に関する現地災害調査報告では、被害状況や聞き取り調査から突風の原因を「竜巻」、「ダウンバースト」、「その他の突風」のうち、どの現象によってもたらされたかを推定しています。また、竜巻やダウンバーストによる被害の場合には、「Fスケール」というものさしを使って被害の状況から風速を推定しています。ここでは、それぞれの現象とその被害の特徴、Fスケールについて紹介します。

竜巻とは

竜巻とは、積乱雲または積雲に伴って発生する鉛直軸をもつ激しい渦巻きで、しばしば漏斗状または柱状の雲（「漏斗雲」といいます。）を伴っています。また、竜巻の中心では周囲より気圧が低くなっていますので、地表面の近くでは風は渦に向かって内側に、普通は反時計回りの方向に回転しながららせん状に吹き込み、漏斗雲の中に急速に巻き上がっていきます。



竜巻とその被害の様子

赤矢印は空気の流れ、黒矢印は樹木等の倒壊方向、白点線は竜巻の経路を表しています。竜巻の発生時にはしばしば積乱雲から漏斗状の雲がのびています。竜巻は周囲の空気を吸い上げながら移動しますので、倒壊物等は竜巻の経路に集まる形で残ります。



実際の竜巻の移動経路と風向分布
(新野ほか、1991)

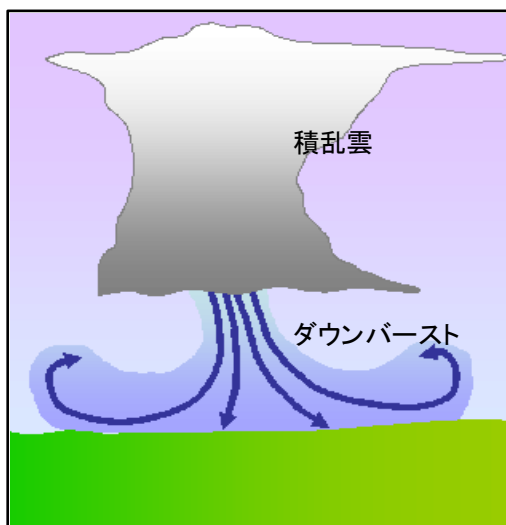
平成2（1990）年12月11日千葉県茂原市で日本では戦後最大級ともいわれる竜巻が発生しました。この図は、地面近くの構造物や畑の作物の倒れ方の調査から推定した竜巻の移動経路（点線）と風向分布（矢印）です。このように、現地調査を行うことで竜巻の移動経路や風向を知ることができます。また被害の程度から竜巻の強さを知ることができます。

竜巻の現象・被害等の特徴をまとめると次のようになります。

- 竜巻の移動とともに風向が回転する。
- 発生場所付近に対応するレーダーエコーがある。
- 気圧が下降する。急激な気圧低下に伴って、耳に異常を訴える場合がある。
- 被害地域は細い帯状となることが多い。
- 残された飛散物や倒壊物はある点や線に集まる形で残る。
- 重量物（屋根・扉など）が舞い上げられたように移動する。
- 漏斗雲を目撃したり、飛散物が筒状に舞い上がっているのを目撃する。飛散物が降ってくる。
- ゴーというジェット機のような轟音がすることが多い。

ダウンバーストとは

積雲や積乱雲から爆発的に吹き下ろす気流およびこれが地表に衝突して吹き出す破壊的な気流をダウンバーストといいます。ダウンバーストはその水平的な広がり的大小により2つに分類することがあり、広がり4 km以上をマクロバースト、4 km以下をマイクロバーストと呼んでいます。



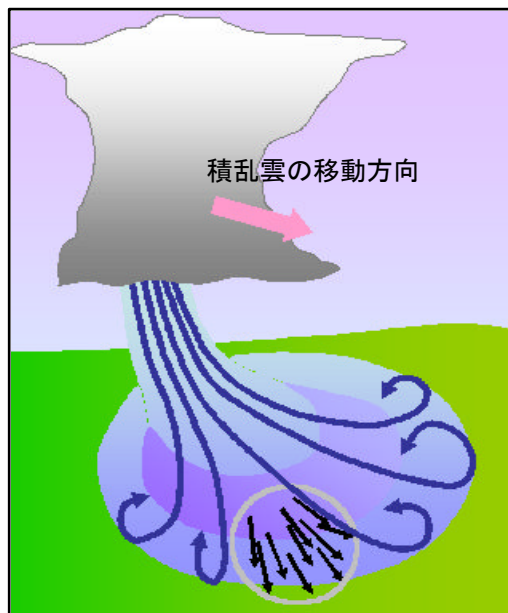
ダウンバーストのイメージ図

ダウンバーストは積乱雲から発生する、冷えて重くなった強い下降流のことで、地面に到達後激しく発散します。青矢印はダウンバーストの空気の流れを表しています。

ダウンバーストの現象・被害等の特徴をまとめると次のようになります。

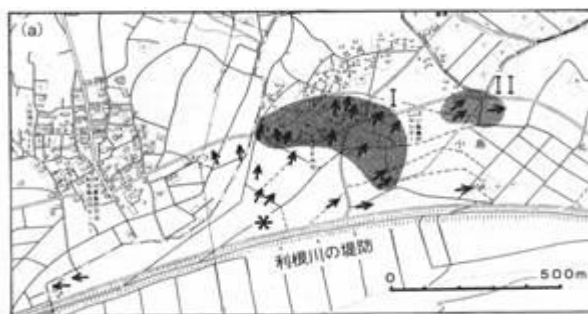
- 強風の吹き始めから終わりまでほぼ風向が一定である。
- 発生場所付近に対応するレーダーエコーがある。
- 気圧が上昇する。
- 強風の開始と同時に気温が下降し、湿度が上昇する。
- 被害地域が竜巻のように「帯状」ではなく、「面的」に広がる。
- 残された飛散物の飛散方向や倒壊物の方向は同じか、ある点から広がる形となる。

□ 竜巻の時のようなゴーという音はしない。



ダウンバーストの被害の様子

青矢印はダウンバーストの空気の流れ、黒矢印は樹木等の倒壊方向です。積乱雲が移動している場合には、このように移動方向の吹き出しのみが強くなる場合がほとんどです。吹き出しの強さに対応して倒壊物の方向も一方向や扇状になることが少なくありません。



実際のダウンバーストの被害 (大野, 2001)

平成2 (1990) 年7月19日午後、埼玉県妻沼町で発生したダウンバーストの被害の調査結果です。矢印はとうもろこしや樹木が倒れたり、屋根が飛んだ方向を示しています。*印のところから放射状に被害が広がっています。影域は被害が甚大な領域で、大木が折れたり家屋が倒壊したりしました。

その他の突風

その他の突風には、ガストフロントによる突風やじん旋風などがあります。ガストフロントは雷雨から流れ出して周囲へと広がる冷気の手先で、“突風前線”と呼ばれることもあります。じん旋風は竜巻と同様に鉛直軸をもつ強い渦巻きですが、竜巻のように積乱雲や積雲に伴って発生するのではなく、晴れた日の昼間などに地表面付近で温められた空気が上昇することによって発生します。

Fスケール(藤田のスケール)とは

Fスケール(藤田のスケール)とは、竜巻やダウンバーストなどの風速を、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により1971年に考案された風速のスケール(日本気象学会編、1992)です。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ます。

Fスケールの各スケールの風速の下限Vは

$$V=6.3(F+2)^{1.5} \quad (\text{m/s})$$

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ます。ただし、ビューフォートの風力階級のように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)遠方まで達するのに要する時間内の平均風速によると考えて求めたものです。各スケールと被害との対応は、藤田によると次のとおりとなります。

【参考文献】

大野久雄著(2001):雷雨とメソ気象. 東京堂出版, 309pp.
新野宏・藤谷徳之助・室田達郎・山口修由・岡田恒(1991):1990年12月11日に千葉県茂原市を襲った竜巻の実態と

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、汽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。汽車は転覆し、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。

その被害について. 日本風工学会誌, 第48号, 15-25.
日本気象学会編(1998):気象科学辞典. 東京書籍, 637pp.
Fujita, T.T.(1992):Mystery of Severe Storms. The University of Chicago, 298pp.

現地被害状況に関する報告資料について

今回、竜巻と推定される現象確認の作業を実施したことから「現地被害状況に関する報告資料」を作成しました。

この報告資料を作成するにあたり、掛川市役所、同市役所大東支所など関係機関の方々から、多くのご協力をいただきました。あらためて、ここに謝意を表します。

静岡地方気象台

問い合わせ先

静岡地方気象台 防災業務課

電話：054-286-3521