



突風に関する防災気象情報の改善

—竜巻注意情報の発表開始—

瀧 下 洋 一*

1. はじめに

2005年12月に山形県で発生した突風による羽越線列車脱線事故を契機に、気象庁では竜巻などの激しい突風に関する気象情報の提供に向けた技術開発を進め、2010年度に「突風等短時間予測情報（仮称）」を開始することとした。この情報は、10分毎に解析と1時間先までの予測を分布図形式（格子点値）で提供する予定であり、積乱雲に伴う激しい現象として、突風の他に雷と強雨に関する情報も提供する。

一方、2006年には宮崎県延岡市や北海道佐呂間町において相次いで甚大な竜巻災害が発生したため、突風に関する新たな気象情報の提供を早期に開始する必要性が高まった。このため、開発中の技術を活用して2008年3月から、突風に関する従来の防災気象情報を改善するとともに、「今現在、竜巻などの激しい突風が発生する可能性が高まっている」ことを知らせる「竜巻注意情報」の発表を開始した。

本稿では、突風に関する防災気象情報の改善事項（第2章）、激しい突風をもたらす現象の特徴（スーパーセルとの関連）（第3章）、予測技術と利用方法（第4～7章）及び現在開発中の突風の短時間予測情報（第8章）について概要を紹介する。

2. 突風に関する防災気象情報の改善

2.1 予測対象とする突風

突風に関する防災気象情報は、積乱雲に伴って発生する激しい突風を対象としている。具体的には竜巻やダウンバースト及びガストフロントによる突風であ

り、台風などで平均的に風が強い状況で一時的に風が強まるいわゆる「風の息」の意味での突風や、地形による局地風、強い日射により発生する塵旋風などは対象としない。

2.2 防災気象情報の改善（第1図）

突風に関する防災気象情報について、予告的に発表する気象情報及び雷注意報の改善に加え、新たに竜巻注意情報の発表を開始した。これらの情報を時間経過及び現象の発生可能性の高まりに応じて発表する3段階の情報提供により、竜巻などの激しい突風発生の可能性の高まりを効果的に伝えることができると考えている。

① 予告的に発表する気象情報の改善

低気圧の発達などに関して半日から1日程度前に発表する予告的な気象情報では、竜巻などの激しい突風が予測される場合には、「竜巻などの激しい突風のおそれ」といったキーワードを用いて注意を呼びかける。

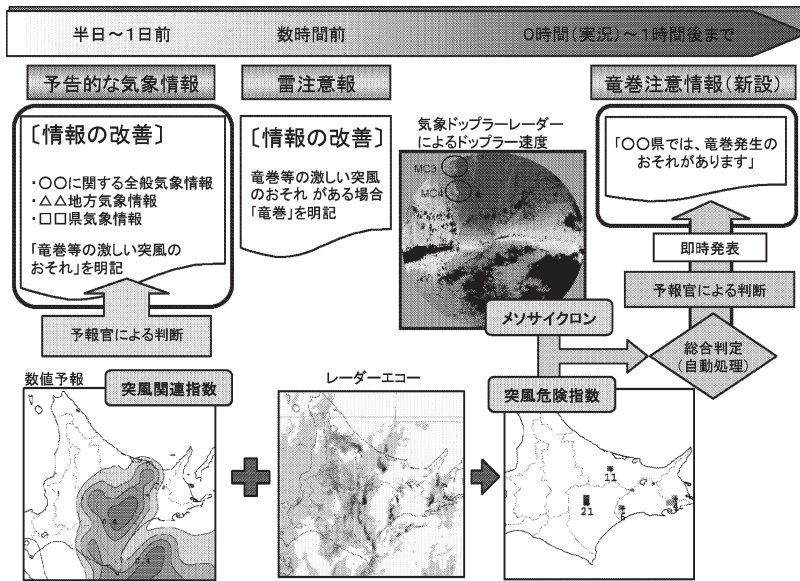
② 雷注意報の改善

雷注意報では、これまでも積乱雲に伴う「突風」に対する注意を呼びかけていたが、竜巻などの激しい突風が予測される場合には、数時間前に発表する雷注意報に「竜巻」というキーワードを用いて特段の注意を呼びかける。

③ 竜巻注意情報の新設

気象ドップラーレーダーによるメソサイクロンの検出と後述の突風危険指数から、「今まさに竜巻などの激しい突風が発生する可能性が高い気象状況である」と判断された場合には、即時に竜巻注意情報を発表する。竜巻注意情報は、雷注意報を補完する気象情報であり、各地の気象台などが担当している地域（概ね一

* Yoichi TAKISHITA, 気象庁予報部予報課。



第1図 突風に関する防災気象情報の流れと利用技術。

○○県竜巻注意情報 第1号
平成××年5月21日15時29分 △△地方気象台発表

○○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、21日16時30分まで有効です。

対象地域
中部、南部、東部

第2図 竜巻注意情報の文例。

つの県)を対象として文章形式で発表する(第2図)。

竜巻注意情報は、情報の名称に「竜巻」という用語を使用しているが、竜巻だけでなくダウンバーストやガストフロントによる激しい突風も対象としている。「竜巻」の名称は、情報を受け取った利用者が予備知識を持たなくても注意すべき現象のイメージが持てる言葉として用いたものである。

また、対象としている現象の継続時間が短いことから、竜巻注意情報では発表から概ね1時間の有効時間を設けている。有効時間を越えて突風の可能性の高い状況が続く場合には、竜巻注意情報を再度発表する。

2.3 突風等短時間予測情報利活用検討会

2010年度に提供開始予定の突風等短時間予測情報

(仮称)は、予測の難しい現象に関する情報であり、空振りが多いなど、予測精度に限りのある情報である。このような情報を有効に活用するための利用方法や留意点について、学識経験者、地方公共団体、報道機関などの関係機関からなる「突風等短時間予測情報利活用検討会」を設置し検討を行った。この検討会で竜巻注意情報についても検討を行い、以下のような結論を得た。

- ・竜巻などの激しい突風の予測は難しく、現状では精度は低いものの、科学的に裏付けられた技術に

基づいて注意を呼びかける竜巻注意情報を発表することには意義がある。

- ・まずは、一人でも二人でも人命が救えるよう、できることから気象情報の改善を始め、技術評価を行いながら予測技術を育てていく必要がある。
- ・竜巻などの現象、突風に関する気象情報の利用、予測の限界などについて理解を深めるための周知・広報活動が大切である。

これらの検討結果を受けて、竜巻注意情報の発表を2008年3月から開始することとした。

3. 激しい突風をもたらす現象の特徴(スーパーセルとの関連)

本章では、竜巻などの現象の特徴とスーパーセルとの関連を示す。スーパーセルと呼ばれる積乱雲は、強い竜巻やダウンバーストを発生させ、周辺にはガストフロントを形成するなど、激しい突風をもたらす現象と密接に関連している。竜巻などの現象は時空間スケールが非常に小さく、直接の観測や予測が極めて困難であるため、第4章以降で示す突風の予測技術は、主にスーパーセルに着目したものとなっている。

3.1 竜巻

竜巻は、積雲または積乱雲に伴って発生する鉛直軸を持つ激しい渦巻きで、しばしば漏斗状または柱状の雲を伴う。竜巻の主な発生メカニズムには次の2通り

があると考えられている (大野 2001)。

① 局地前線に伴って発生する地表付近の渦に、積乱雲に伴う強い上昇流が重なることにより渦管が引き伸ばされ強い渦 (竜巻) が発生する。

② スーパーセルと呼ばれる積乱雲に伴って竜巻が発生する。

スーパーセルは、通常の積乱雲に比べて寿命が長く、内部に直径数 km～数十 km のメソサイクロンと

呼ばれる低気圧性の渦を持つのが特徴である。大きな被害をもたらす強い竜巻の多くは、スーパーセルに伴って発生すると考えられている。

従来、日本では非スーパーセル型の竜巻が多いと考えられていたが、近年、日本でもドップラーレーダーによる解析を基にした竜巻の事例調査が進められ、顕著な竜巻の親雲の多くがスーパーセルであったことが分かってきた (水野ほか 2007)。

3.2 ダウンバースト

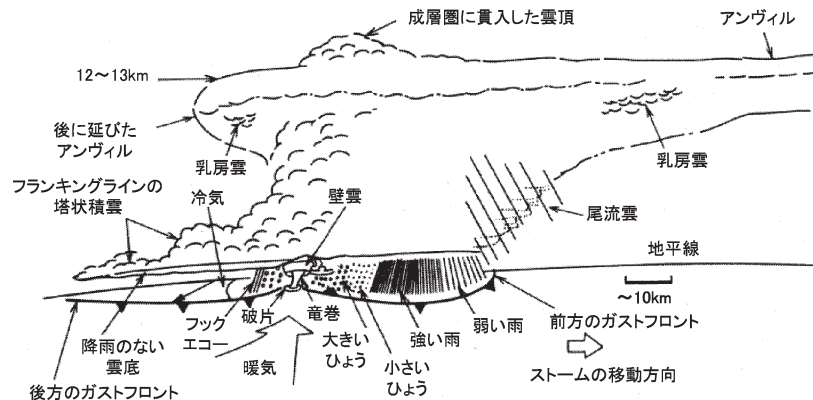
ダウンバーストは、積雲または積乱雲の下で発生する、地上付近に破壊的な風の吹き出しを起こす下降流である。ダウンバーストが発生する環境としては、以下の2種類があると考えられている (大野 2001)。

- ① 大気下層が乾燥し中層が湿潤な場合 (ドライダウンバースト)
- ② 大気下層が湿潤でその上が乾燥している場合 (ウェットダウンバースト)

大野ほか (1996) は1981年6月～1994年9月までの13年間に日本全国で発生したダウンバーストについて調査し、全てがウェットダウンバーストであったことを示した。また、スーパーセルがダウンバーストも発生させることが示されている (森・高谷 2004)。

3.3 ガストフロント

ガストフロントは、積雲や積乱雲の下で形成された冷たい空気のかたまりが、その重みによって周辺に流れ出ることによって発生する。流れ出る空気の手先は冷気と周囲の暖かい空気との境界であり、突風を伴うことからガストフロント (突風前線) と呼ばれている。水平の広がりや竜巻やダウンバーストより大き



第3図 目視によるスーパーセル雷雨の概観図 (小倉 (1997) から引用: H. Bluestein の未印刷の論文による)。竜巻を伴いつつ北東方向に進行中のスーパーセル型ストームを南東の方向から目視した概観図。

く、数十 km 以上に達することもある。

スーパーセルに伴う竜巻及びガストフロントの模式図を第3図に示す (小倉 1997)。この図では、ダウンバーストは表現されていないが、スーパーセルに伴い竜巻とダウンバーストが共存して発生する場合があることも知られている。

4. 数値予報資料を利用した突風発生の可能性に関する各種指数 (突風関連指数)

現在運用されている数値予報の空間・時間分解能では、個々の積乱雲の発達を直接予測することはできない。このため、竜巻やダウンバーストなどの現象はもとより、その親雲となるスーパーセルについても直接予測することはできない。しかし、スーパーセルのような強い積乱雲の発生に適した大気環境かどうかは、ある程度予測可能である。スーパーセルが発達しやすい環境場として、大気の状態が不安定であること、鉛直シアが大きいことが重要であり、米国では、これらを監視する指標として CAPE, SReH, EHI などの指数が利用されている (National Weather Service Storm Prediction Center HP 参照: <http://www.spc.noaa.gov/exper/mesoanalysis/help/begin.html>)。

4.1 CAPE

ある高度の空気塊を断熱的に持ち上げた場合、その温度が周囲の大気温度より高い層では浮力によって上向きの運動エネルギーを得ることになる。このエネルギーをすべて積算したものを CAPE (Convective Available Potential Energy: 対流有効位置エネルギー)

ギー) という。これは、大気鉛直安定度を定量的に示す指標のひとつであり、値が大きいほど大気の状態は不安定と考えられる。CAPEは大気下層に暖かく湿った空気が流入する台風の接近時や低気圧の暖域で大きな値となる。

4.2 SReH

スーパーセルの中に発生するメソサイクロンの鉛直渦度(鉛直軸まわりの回転)の起源は、大気下層の風の鉛直シアーによる水平渦度(水平軸まわりの回転)が、積乱雲の中の上昇流で立ち上がることによると考えられている。積乱雲がメソサイクロンを持つスーパーセルへと組織化するかどうかを、風の鉛直シアーと積乱雲の移動を用いて診断する指標としてSReH(Storm Relative Helicity: ストームに相対的なヘリシティ)がある。この値が大きいほど、積乱雲はスーパーセルに発達しやすいと考えられている(Davies-Jones *et al.* 1990)。

4.3 EHI

スーパーセルの発生には、積乱雲が発達するための成層不安定に加えて環境の風の鉛直シアーが必要である。これらを複合的に表現した指数としてEHI(Energy Helicity Index)がある。EHIは、CAPEとSReHの積により、スーパーセルや竜巻の発生しやすさを指標化したもので、米国では、CAPE単独あるいはSReH単独に比べると、竜巻発生との相関関係が高いとされている(吉野ほか 2002)。

4.4 事例

2006年9月17日に宮崎県で発生した竜巻の事例につ

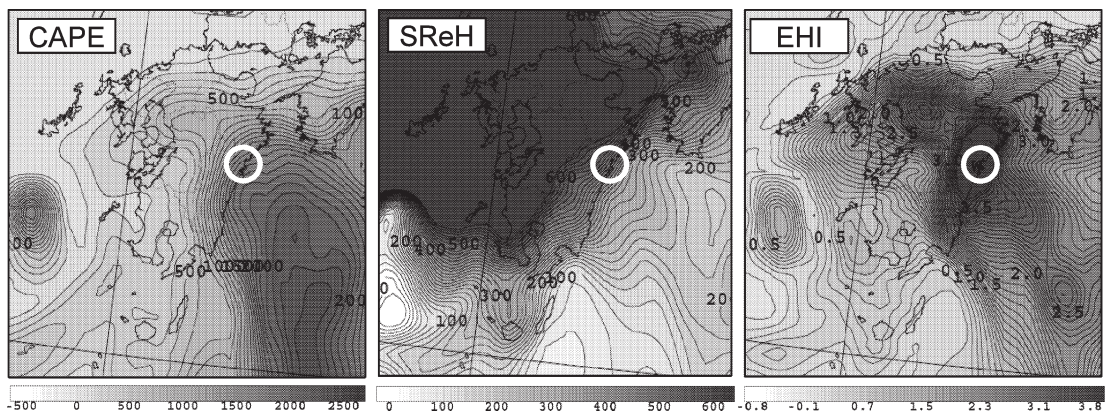
いて、数値予報(MSM)から計算した各指数を第4図に示す。南東海上から伸びる高いCAPE域は台風第13号のアウトバンドに対応している。一方、九州から対馬海峡にかけて広くSReHが高くなっているが、EHIの高い領域は、宮崎県から大分県を中心とした地域に限定されている。台風の北上に伴い高い値のEHI域も北上しており追跡が可能な事例であった。なお、突風関連指数の計算には気象研究所から提供を受けたCAPE7m(Ver.7.93:気象衛星・観測システム研究部 鈴木 修, 台風研究部 楠 研一, 予報研究部 瀬古 弘 作成)を利用している。

4.5 予告的な気象情報への利用

竜巻が発生した過去事例を見ると、竜巻は台風の進行方向を基準に右前方の象限、発達する低気圧の寒冷前線の近傍や暖域、上空寒気などで発生することが多い。このため、このような総観的気象状況から、突風が発生しやすい領域に着目して各指数の値を検討し、竜巻などの激しい突風が発生する可能性が高いと判断した場合には、半日から1日程度前に発表する予告的な気象情報で、「竜巻などの激しい突風のおそれがある」と注意を呼びかける。

5. 竜巻注意情報を支える技術

竜巻注意情報は、観測に基づき今まさに竜巻などの激しい突風が発生する可能性が高い気象状況であると判断したときに即時に発表する情報である。激しい突風の可能性の有無については、「気象ドップラーレーダー観測によるメソサイクロンの検出」と「数値予報



第4図 宮崎県延岡市の竜巻発生時における突風関連指数の事例。2006年9月17日14時03分頃発生。9月17日12時初期値、14時(2時間後)を予想した数値予報(MSM)から計算したCAPE(左)、SReH(中)、EHI(右)。丸印は、竜巻被害の発生場所。

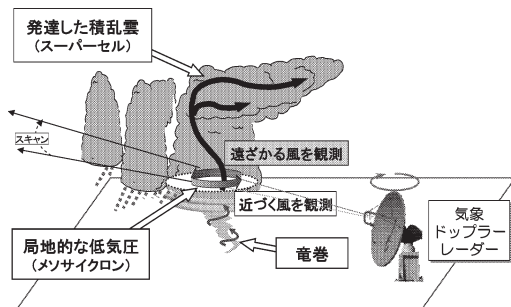
とレーダーエコー強度・頂高度を組み合わせた突風危険指数」から両者を総合した判定手法により推定している。

5.1 メソサイクロンの自動検出

気象ドップラーレーダーは、従来の気象レーダーが観測する雨の分布や強さに加え、電波のドップラー効果を利用して雨粒の動きから風の3次元分布を観測できる機能を加えたレーダーである。気象庁では、全国20か所に設置している気象レーダーについて、2008年3月までに11か所をドップラーレーダーに更新している。

ドップラーレーダーの分解能は、方位方向で約0.7°(レーダーから100 km離れた所で約1.2 km)、距離方向で500 mである。一方、竜巻の直径は、数十m～数百m程度と規模が小さいため、気象ドップラーレーダーで竜巻を直接観測することはできない。しかし、気象ドップラーレーダーで、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、積乱雲の中に直径数km～十数kmのメソサイクロンと呼ばれる低気圧性の回転があるかどうかを判別することが可能である(第5図)。このメソサイクロンを持つ積乱雲はスーパーセルと呼ばれ、海外や国内の研究から強い竜巻を発生させる可能性が高いことが判っている。

全国8か所の空港に整備している航空気象ドップラーレーダーのデータを利用して、1996年～2006年の間にレーダーの探知範囲内で発生した竜巻と考えられる26事例を調査したところ、約70%の18事例で竜巻発生地点の周辺にメソサイクロンが検出された。これにより、我が国においても竜巻はメソサイクロンを持つスーパーセルに伴って発生する割合が高いこと、また、気象ドップラーレーダーによる監視の有効性が確認された(気象庁2007)。



第5図 気象ドップラーレーダーによるメソサイクロンの検出概念図。

5.2 突風危険指数

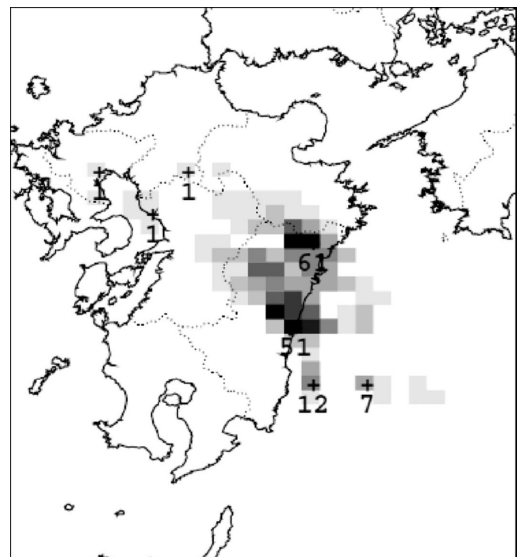
5.2.1 突風危険指数の概要

EHIなどの突風関連指数の値が大きな領域で積乱雲が発達している場合には、その場所で竜巻などの激しい突風が発生する可能性が高くなっていると考えられる。このような突風発生の可能性をリアルタイムに把握するため、数値予報による突風関連指数及び10分毎に得られるレーダーエコー観測値を説明変数として、統計的手法を使って突風発生危険性を表す「突風危険指数」を開発した。

突風危険指数の統計式には、統計モデルとして、現象の有無を表現するのに適しているといわれるロジスティック回帰分析を用いている。突風危険指数は、現在の突風発生危険性の高さを0～100までの数値で表現したものであり、値が大きいほど突風発生可能性が高いといえる。積乱雲の水平スケールが10～30 km程度であることから、突風危険指数は約10 kmの緯経度格子単位で計算する(第6図)。

5.2.2 統計式の作成

目的変数には、気象庁の「竜巻等の突風データベース」に収録された突風のうち、レーダーエコー強度やエコー頂高度から積乱雲に関連していると判断された事例を「突風有り事例」として抽出している。説明変



第6図 突風危険指数の事例。2006年9月17日14時(宮崎県延岡市で竜巻が発生した頃)の突風危険指数値。延岡市付近で最大61。

数は、レーダーエコー強度とエコー頂高度、MSM 資料を用いた突風関連指数（CAPE、鉛直シア、EHI など）から最適な組み合わせを選択している。

突風の発生頻度は非常に小さく、格子単位や地方単位で統計式を作成するのは適当でないため、全国を対象に1つの統計式を作成し、全国の格子に適用している（海老原・瀧下 2007）。

5.3 メソサイクロンの自動検出と突風危険指数を用いた総合判定

メソサイクロンが存在すれば必ず竜巻やダウンバーストが発生するわけではない。また、メソサイクロンの自動検出ではシアの強い部分などをメソサイクロンと誤検出してしまう場合もある。このため、メソサイクロンの自動検出だけで突風の有無を判定すると空振りが多くなる。一方、突風危険指数でも単独で突風の有無を判定するには精度上の限界があり、ある程度の捕捉率を確保するように閾値を設定すると空振りが非常に多くなる。そこで、「メソサイクロンの自動検出」と「突風危険指数」の AND 条件を使って空振りを減らす判定手法を開発した。これを、「総合判定」と呼ぶ。

5.3.1 総合判定の考え方

自動検出されたメソサイクロンと突風危険指数値について、時刻と場所を厳密に対応させると AND 条件が成立する事例が非常に少なくなり、逆に見逃しが多くなる。このため、次のように時間的、空間的にある程度幅を持たせた上で AND 条件を求めている。

- ① ある時刻・場所でメソサイクロンが検出された場合、その後しばらくの間は周辺も含めてメソサイクロンが発生するポテンシャルが高いと考えられる。
- ② 突風危険指数についても上記と同様に考える。具体的には、時刻 T に以下の2つの判定基準のいずれかが成立した格子（地点 A）では「突風有り」判定とする（第7図）。

◆判定基準 1

① 時刻 T の過去 1 時間以内に地点 A の周辺 100 km 以内のどこかで突風危険指数が閾値を超えている。

② 時刻 T に地点 A でメソサイクロンが検出された。

上記① AND ②を満たせば、時刻 T に地点 A で突風有りと判定。

◆判定基準 2

① 時刻 T の過去 1 時間以内に地点 A の周辺 100



第7図 総合判定における周辺100 kmの領域。地点 A の周辺100 km 範囲を示す。

km 以内のどこかでメソサイクロンが検出されている。

② 時刻 T に地点 A で突風危険指数が閾値を超えた。

上記① AND ②を満たせば、時刻 T に地点 A で突風有りと判定。

ここで、両判定基準それぞれにおいて、①を「背景条件」、②を「現在条件」と呼ぶ。背景条件における距離や時間を大きくすると、発表頻度が多くなり、捕捉率は増加するが適中率が減少する。背景条件の「過去 1 時間以内」、「周辺 100 km」は、時間と距離を様々に変化させて判定の精度が高くなるものを採用した。

なお、突風危険指数が大きな値となる場合には、突風危険指数単独でも「突風有り」と判定する。

5.3.2 総合判定の精度と発表頻度

2007年9月の段階で、気象ドップラーレーダーのデータが半年から1年程度蓄積されていた、東北地方南部から東海地方にかけての1都17県を対象に、前述の総合判定手法により予報区（概ね一つの県）毎に突風の有無判定を行い、竜巻注意情報の発表が想定される時刻から1時間以内に突風が発生した場合を適中として検証を行った。竜巻注意情報の発表が想定された144事例のうち実際に激しい突風が発生したのは10事例であり、適中率は7%であった。また、激しい突風

が発生した30事例のうち竜巻注意情報の発表が想定されたのは10事例であり、捕捉率は33%であった。なお、事例数が少ないため検証スコアの統計的な信頼性が低いことから、適中率は10%程度、捕捉率は30%程度と説明している。

1 予報区における想定される年間の平均発表回数は、11回で、雷注意報の発表回数の約1/12に相当する。また、雷注意報が発表されてから解除されるまでの平均的な時間は約12時間であるのに対し、竜巻注意情報の有効時間は1時間である。これらのことから、竜巻注意情報は雷注意報に比べ、竜巻などの激しい突風が発生する可能性が高い状況を時間的にも絞り込んで知らせることができる情報であるといえる。

5.3.3 雷注意報と比較した竜巻などの激しい突風発生の可能性

通常、突風に関する注意は雷注意報で呼びかけており、竜巻などの激しい突風が発生する可能性が特に高まった時に竜巻注意情報を発表している。そこで両者が発表されている時間内における、竜巻などの激しい突風が発生する可能性の大小を、単位時間当たりの発生確率として比較した。

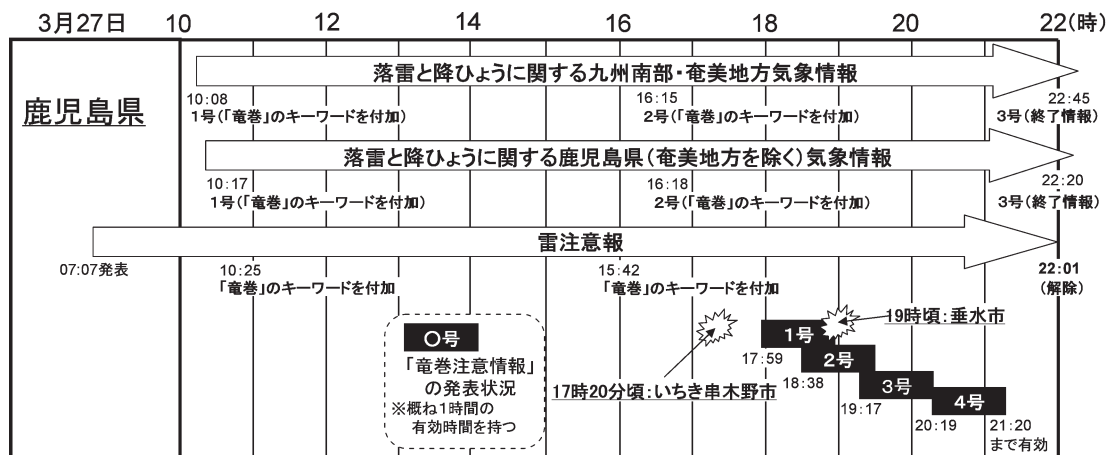
2006年5月～2007年9月の冬期(12～3月)を除いた13ヵ月間に、関東地方及び山梨県の1都7県で雷注意報が発表されていた延べ時間数、前述の総合判定により竜巻注意情報が発表されていたと想定される延べ時間数、及び発表期間中に発生した突風の回数から、それぞれの情報が発表された場合に、県内に竜巻などの激しい突風が発生する可能性を1時間当りの確率と

して試算した。限定された地域と短い期間における試算ではあるが、雷注意報が発表されている場合には竜巻などの激しい突風が発生する可能性は約0.2% (雷注意報発表中に激しい突風が発生した回数24回/雷注意報の発表されたのべ時間12,324時間)、竜巻注意情報では約7.2% (竜巻注意情報が発表されていたと想定される間に激しい突風が発生した回数6回/竜巻注意情報が発表されていたと想定されるのべ時間83時間)となった。このように、単位時間当たりの発生確率で比較すると、竜巻注意情報は、雷注意報に比べ、竜巻などの激しい突風が発生する可能性が30倍以上高いという結果となった。

6. 段階的な情報の発表事例

2008年3月26日に竜巻注意情報の運用を開始した。その翌日には、鹿児島県のいちき串木野市と垂水市において竜巻が発生した。第8図に、予告的な気象情報、雷注意報、竜巻注意情報が段階的に発表された状況を示す。

いちき串木野市で竜巻が発生した時刻(17時20分頃)のおよそ7時間前(10時17分)には、奄美地方を除く鹿児島県を対象に「落雷と降ひょうに関する鹿児島県(奄美地方を除く)気象情報」が発表され、竜巻などの激しい突風に対して注意を呼びかけていた。一方、竜巻注意情報については、いちき串木野市で発生した竜巻に対しては、情報の発表が現象発生約40分後(17時59分発表)となり、事前発表はできなかった。しかし、その後、垂水市で発生した竜巻(19時



第8図 段階的な情報の発表事例。予告的な気象情報、雷注意報、竜巻注意情報の実際の発表事例(2008年3月27日鹿児島県いちき串木野市と垂水市において発生した竜巻事例)。

頃) に対しては、現象発生約1時間前に竜巻注意情報を発表していたことになる。

7. 竜巻注意情報を上手に利用するために

7.1 利用に当たっての留意点

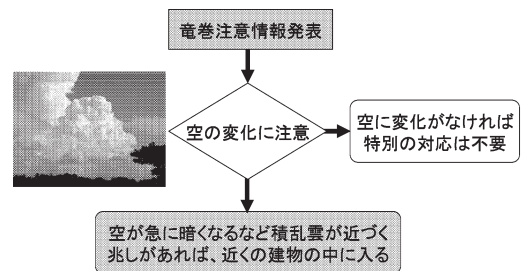
竜巻やダウンバーストは、非常に規模が小さく稀な現象であるため、最新の技術を用いても予測が難しい。前述の総合判定の検証から想定される竜巻注意情報の精度は適中率10%程度であることから、現状では10回発表したうち実際に突風災害が発生するのは1回程度である。しかし、情報が発表された場合は、竜巻などの激しい突風が発生する可能性が普段より格段に高い状況になっているので、いつもより入念に空の状況に注意を払い、危険が迫っている場合には身の安全を確保してほしい。

また、竜巻注意情報によって竜巻などの激しい突風現象を捉えることができる捕捉率は30%程度であり、竜巻注意情報が発表されていなければ安心ということではない。竜巻注意情報の発表時ほどではないが、雷注意報が発表されている時には、竜巻などの激しい突風が発生する可能性があるため、空の状況に注意してほしい。

7.2 竜巻注意情報の利用方法

激しい突風をもたらす竜巻などの現象は、継続時間が短く、発生する場所も極めて狭い範囲に限られる。一方、竜巻注意情報は比較的広い範囲(概ね一つの県)を対象に発表しているため、自分のいる場所で竜巻などの突風に遭遇するおそれがあるかは、積乱雲の動向次第である。このため、竜巻注意情報が発表されたからといってすぐに避難するのではなく、まず空の状況に注意を払い、竜巻などの激しい突風を発生させる積乱雲が近くにないかどうか確認することが重要である。例えば、「真っ黒い雲が近づき、周囲が急に暗くなる」、「雷鳴が聞こえたり電光が見えたりする」、「ヒヤッとした冷たい風が吹き出す」、「大粒の雨やひょうが降り出す」などの状況であれば、積乱雲が近づいている兆候であり、竜巻などの激しい突風に遭遇するおそれがあるため、近くの建物の中に入るなど身の安全を図る必要がある(第9図)。

また、人が大勢集まる屋外行事や高所作業のように、避難に時間がかかると予想される場合には、半日から1日程度前に発表される気象情報や数時間前に発表される雷注意報にも留意し、早めの危険回避行動を心がける必要がある。



第9図 竜巻注意情報の利用。

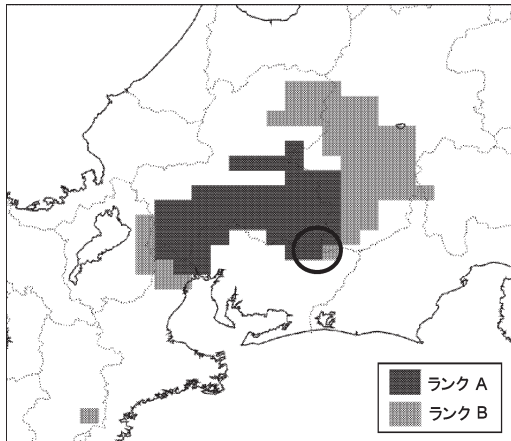
気象庁では、突風に関する防災気象情報の利用についてリーフレット「竜巻から身を守る」を作成しているので、以下の気象庁HPのURLからご覧いただきたい。(http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tatumaki/index.html)

8. 突風の短時間予測情報へ向けて

気象庁では、激しい突風の発生可能性の高さを分布図型式(10km格子点値)で、10分毎に1時間先まで予測する新たな情報を2010年度から提供する計画である。この情報では、「5.3総合判定」で説明した「メソサイクロンの自動検出」と「突風危険指数」から突風の可能性が高いとした範囲内で、レーダーエコー強度が強い格子をランクAまたはランクBと判定する。ランクAは、竜巻注意情報と同じくAND条件を基に判定するので、竜巻注意情報と同等の精度となり、同様に捕捉率が低い(見逃しが多い)という課題がある。このため、ランクBでは捕捉率を高めるためOR条件を基に判定する。ランクBはランクAに比べ捕捉率が高くなる代わりに適中率は低くなる。第10図は、現在開発中である突風の短時間予測情報の一例である。この情報を利用すると、より詳細に突風発生の可能性の大小や分布がわかるようになり、注意すべき場所や時間帯を絞り込むことができる。

9. 今後の課題

台風周辺で発生する竜巻では、その親雲にメソサイクロンが検出されても、レーダーエコー強度はそれほど強くないことがある。この場合、突風危険指数はレーダーエコー強度への依存性が強いので、大きな値が計算されず、総合判定で「突風有り」判定とならないことが課題となっている。このような状況を改善するため、突風危険指数のレーダーエコー強度への依存



第10図 突風の短時間予測情報の作成例（開発中）。2007年7月12日11時50分頃、愛知県豊田市（丸印中央付近）で発生した突風（ダウンバースト）に対して、短時間予測情報を作成した事例。11時10分のデータを基に40分後（突風被害が発生した頃）の危険度を予測したもの。竜巻注意情報と同等の判定基準のランクAと、適中率は低くても捕捉率を高める判定基準としたランクBなどの設定を考えている。

性を緩和する工夫を検討している。

また、現在は、突風危険指数の統計式を作成する際に、竜巻やダウンバーストなどの現象を区別していないが、これらの現象を区別した統計式の作成も検討している。これにより、ダウンバーストやガストフロン

トの予測精度の向上を図りたいと考えている。

一方、メソサイクロンについては、自動検出精度の向上に加えて、特に確実性の高い場合には、単独でも「突風有り」判定が出せるようなメソサイクロンの検出レベル設定が可能かどうかも検討している。

参考文献

- Davies-Jones, R. P., D. Burgess and M. Foster, 1990 : Test of helicity as a tornado forecast parameter. Preprints, 16th Conf. on Severe Local Storms, St. Louis, MO, Amer. Meteor. Soc., 588-592.
- 海老原 智, 瀧下洋一, 2007 : 突風予測技術. 平成19年度量的予報研修テキスト, 気象庁予報部, 1-16.
- 気象庁, 2007 : 竜巻等による突風災害対策に関する調査報告書. 平成18年度災害対策総合推進調整費, 118 pp.
- 水野孝則, 新野 宏, 小林文明, 鈴木 修, 加藤輝之, 坪木和久, 田村幸雄, 赤枝健治, 海老原 智, 2007 : 気象研究所主催「竜巻シンポジウム」報告. 天気, 54, 889-898.
- 森 真理子, 高谷美正, 2004 : 関東地方で発生した降ひょう・ダウンバーストを伴ったスーパーセルの事例解析. 天気, 51, 568-581.
- 小倉義光, 1997 : メソ気象の基礎理論. 東京大学出版会, 215 pp.
- 大野久雄, 2001 : 雷雨とメソ気象. 東京堂出版, 309 pp.
- 大野久雄, 鈴木 修, 楠 研一, 1996 : 日本におけるダウンバーストの発生の実態. 天気, 43, 101-112.
- 吉野 純, 石川裕彦, 植田洋匡, 2002 : 台風9918号により東海地方にもたらされた竜巻に関する数値実験. 京都大学防災研究所年報, (45 B), 369-388.