

# International Symposium on the Hazardous Winds Associated with Severe Storms

## 竜巻等突風に関する国際シンポジウム

場 所 : 気象庁2F 講堂

日 程 : 平成20年1月11日(金)13:30-17:20

### プログラム

- 13:30-13:40 開会の挨拶 平木 哲(気象庁長官)
- 13:40-14:40 米国における竜巻等突風研究  
                        ハワード・ブルースタイン教授  
  (オクラホマ大学)
- 14:40-15:30 ヨーロッパにおける竜巻等突風研究  
                        ニコライ・ドーツェク博士  
  (ドイツ大気物理研究所)
- (15:30-15:50 休憩)
- 15:50-16:20 日本における竜巻等突風研究  
                        新野 宏 教授  
  (東京大学海洋研究所)
- 16:20-16:40 気象庁が取り組む竜巻等突風対策  
                        海老原 智 予報官  
  (気象庁予報部)
- 16:40-17:10 「竜巻等突風に関する専門家会合」の概要紹介  
  鈴木 修 室長  
  (気象研究所)
- 17:10-17:20 「竜巻等突風に関する専門家会合」のまとめ  
  ハワード・ブルースタイン教授  
  新野 宏 教授
- 17:20 閉会の挨拶 小宮 学(気象庁気象研究所長)

---

主 催 : 気象庁

後 援 : 海洋政策研究財団

---

本シンポジウムは、海洋政策研究財団の海外交流基金による実施する事業です。

---

気象庁では、竜巻等の突風現象について、突風の実態や観測・予測技術に関する国内外の最新の知見を集約することにより、突風に関する研究開発を国際的に推進するため、海洋政策研究財団の海外交流基金による国際交流事業として、米国、カナダ、ドイツ、オーストラリア、中国、及び国内の著名な研究者を招待し、「竜巻等突風に関する専門家会合」（1月9日（水）～11日（金）午前）を開催しました。

この公開シンポジウムでは、竜巻等突風の最新の研究について、米国、欧州および日本の専門家が講演を行います。また、気象庁の突風対策や「竜巻等突風に関する専門家会合」の概要を紹介します。

---

**米国における竜巻等突風研究**  
ハワード・ブルースタイン教授  
(オクラホマ大学)

**Hazardous wind research in the United States**  
Prof. Howard B. Bluestein  
(The University of Oklahoma)

この講演では、竜巻が最も多く観測され、突風も頻発する米国中部におけるシビアストームの性質について議論する。米国における竜巻等突風の研究では、純粋な理論研究だけでなく、直接およびリモートセンシングによる観測、数値シミュレーション、実験室での模型実験が行われている。竜巻とその親雲は、他の気象現象にくらべて寿命が短く、影響する地表面の面積も非常に小さい。このような現象の研究に必要な適切な場所と時刻の高分解能データを「捕捉」するには、機動性のある乗り物で現象を「追跡」しなければならない。シビアストームを記録し研究するための、ドップラーレーダーや温度・気圧・風などの測定器のような、機動性のある観測機器の使用について詳しく述べる。竜巻の発生、構造、与える被害を例示するために、写真やレーダー画像を使用する。数値モデルを用いて定量化された実験を立案し、またその結果を検証するために、観測が必要である。機能が向上した観測装置や雲解像数値モデルを使用する際に、私たちが直面している課題についても述べる。

The nature of severe convective storms in the central portion of the United States, where tornadoes are most frequently observed and strong straight-line winds are prevalent, will be discussed. Research in the U. S. has involved direct and remote observations, numerical simulations, and laboratory modeling, as well as purely theoretical studies. Since tornadoes and their parent storms are relatively short lived and cover a very small surface area, it is necessary to “chase” them in mobile vehicles in order to collect high-resolution data at the right place and at the right time, so that the “captured” events may be studied. The use of mobile instrumentation such as Doppler radars and in situ instruments that measure temperature, pressure, wind, etc., to document and study severe storms, will be detailed. Photographs and radar imagery will be used to show examples of tornado formation, tornado structure, and what damage tornadoes can inflict. Observations are needed so that controlled experiments using numerical models can be devised and verified. The challenges we face in using improved instrumentation and numerical cloud models will also be addressed.

ヨーロッパにおける竜巻等突風研究  
ニコライ・ドーツェク博士  
(ドイツ大気物理研究所)

**Hazardous wind research in the Europe**  
Dr. Nikolai Dotzek  
(DLR - Institute of Atmospheric Physics)

シビアサンダーストームは、ヨーロッパにおける主な気象災害の1つであり、それに伴う損害額は年間総額 50-80 億ユーロに及ぶと見積もられている。ところが、社会全体の脆弱性の増加やあるいは気候変化の影響を受け、これらの被害は増加傾向を示しているにも関わらず、全ヨーロッパでのシビアサンダーストームに関するデータベースは数年前まで存在していなかった。このヨーロッパシビアウェザーデータベース (European Severe Weather Database : ESWD)の整備が推進力となって、ヨーロッパシビアストーム研究所 (European Severe Storms Laboratory : ESSL)は 2006 年に非営利の研究組織として認められた。

ESWD の主な目的は、ヨーロッパ全土における竜巻や突風、雹、豪雨等の顕著な気象現象に関する詳細かつ品質管理された情報を統一のデータ形式で収集し、Web 上 ([www.eswd.eu](http://www.eswd.eu))で公開することにより、公衆および協力する各国の気象水文機関 (National Meteorological and Hydrological Services : NMHS) の双方が、観測データの提供と、データの検索を可能にすることである。公衆の協力を得ることで、ESWD のデータの完成度は格段に高まっている。現在までに、DWD (ドイツ)、INM (スペイン)、ZAMG (オーストリア) の 3 つの気象水文機関が ESSL の協力機関となっている。今後は、さらに協力機関を増やし、対象とする現象の範囲を広げることを目標としている。

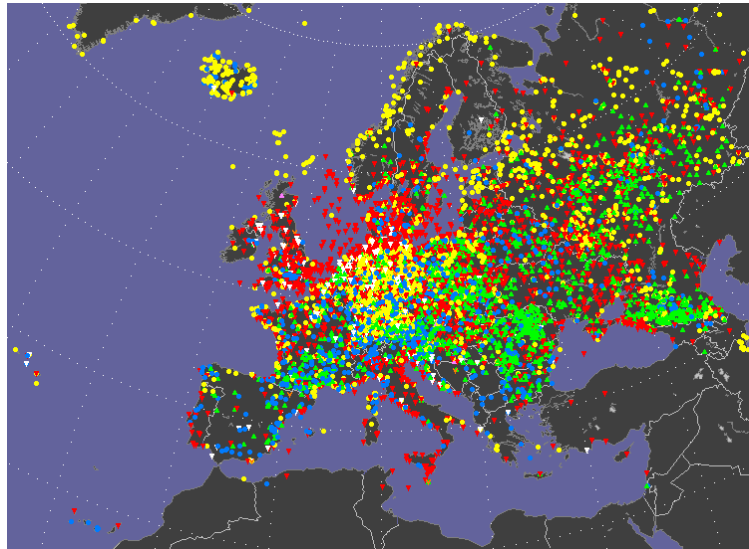
本講演ではまず、ヨーロッパ各国でこれまで行われてきた竜巻の脅威をより定量的に評価するための研究の取り組みについて概説する。これらは大きな発展を遂げてきたが、国を越えた一様な視点が必要な場合は、国単位の活動では限界がある。次に、ESWD の付加価値と、2 年間の運用で得られた知見についてお話すると共に、研究機関や NMHS から様々な利用者のために行われた協力活動についても概説する。

ESWD データベースはすでにいくつかの研究プロジェクトに貢献している。その一つの例が、ドイツにおける RegioExAKT ([www.regioexakt.de](http://www.regioexakt.de)) であり、これは将来的なシビアサンダーストームの脅威にどう適応するかを重点的に取り扱うものである。

Severe thunderstorms are one major weather hazard in Europe, with estimated total damage of 5-8 billion EUR each year. Even though the trend in damage points upward due to increases in vulnerability and possibly also due to climate change impacts, a pan-European database of severe thunderstorm reports had not existed until a few years ago. The development of this European Severe Weather Database (ESWD) provided the impetus for the establishment of the European Severe Storms Laboratory (ESSL) as a non-profit research organisation in 2006.

The main goal of the ESWD is to gather detailed and quality-controlled information on severe weather events (e.g. tornadoes, straight-line winds, hail, heavy precipitation) all over Europe in a uniform data format and a web-based user-interface ([www.eswd.eu](http://www.eswd.eu)) where both the public and collaborating national weather services (NMHS) can contribute and retrieve observations. Involving the public helps to raise completeness of the ESWD data significantly. By now, there are three NMHS partners: DWD, INM and ZAMG. Extending both the NMHS collaboration and the range of covered phenomena are further objectives.

The presentation will first review the research efforts in various European countries to better quantify their tornado hazard. These have led to much progress, but national-level activities have their limits when a homogeneous perspective across countries is desired. The added value of the ESWD and the experiences gained during two years of its operational availability will form the second part of the talk, also outlining opportunities for collaboration for various user groups from research and NMHS. The ESWD database already contributes to research projects, like RegioExAKT ([www.regioexakt.de](http://www.regioexakt.de)) in Germany, which focuses on adaptation to the future severe thunderstorm hazard.



図：ESWD への報告、全 12888 件を示す。(2007 年 9 月 3 日のもの。)：竜巻 (赤)、突風 (黄色)、雹 (緑)、豪雨 (青)、漏斗雲 (白) について。

Figure: All 12888 reports in the ESWD (as of 3 September 2007): Tornadoes (red), damaging winds (yellow), hail (green), heavy precipitation (blue), funnel clouds (white).

## 日本における竜巻等突風研究

新野 宏 教授  
(東京大学海洋研究所)

日本の風災害の多くは、台風と温帯低気圧によって引き起こされているが、ここでは、局地的な激しい風災害を引き起こす小スケールの大気現象の研究を取り上げる。これには、竜巻、ダウンバースト、台風中の小スケール擾乱が含まれる。

日本では、年間約20.5個の竜巻が発生し、平均0.5人の犠牲者が出ている。1990年代に、研究目的でドップラーレーダー観測が開始し、観測された古典的スーパーセルとミニスーパーセルの性質が明らかになり始めた。スーパーセルと竜巻の数値シミュレーションが2000年代に一般的となった。2006年に2つの竜巻によって12名が犠牲となった後、気象庁の11機の現業レーダーがドップラー化され、日本における竜巻を伴うストームの理解に貢献することが期待されている。

大野ら(1996)によれば、1981年6月から1994年9月の間に、25事例、75個のダウンバーストが日本で発生した。この期間に、少なくとも2つのダウンバーストに伴う航空機インシデント(偶発事象)が報告されたが、アクシデント(事故)は起こらなかった。少なくとも2名がダウンバーストによる突風で犠牲となり、家屋の損壊が報告されている。最近、冬季に乾いたダウンバーストの発生が報告されているが、日本におけるダウンバーストの多くは、湿ったダウンバーストである。大野らは、雹を伴ったダウンバーストが強い風を生じ、水平スケールが小さい傾向があることを見いだした。

1991年の台風19号の時には、局地的な風による杉への被害が大分県で数多く発生した。これらの被害は、境界層内のロールによるものと考えられ、large eddy (大渦)シミュレーション(LES)モデルによって数値的に調べられている。

文部科学省の科学技術振興調整費による資金援助を受け、突風に関する1年間の研究プロジェクトが2007年4月に始まった。工学と気象学分野の研究者の協力が、将来の風災害の軽減に貢献するものと期待されている。

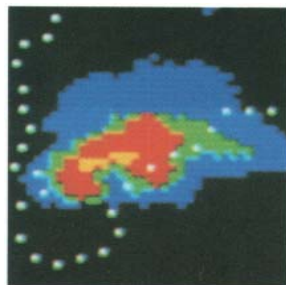
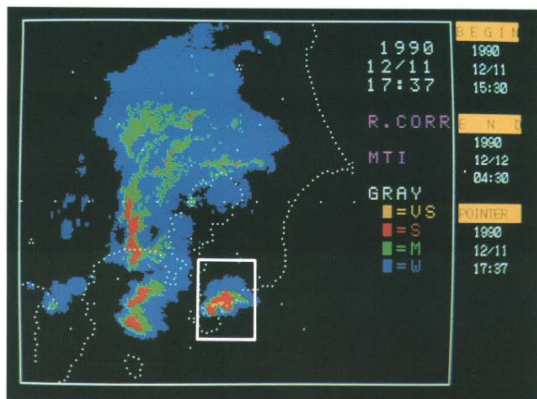
Although most of wind hazard in Japan is caused by typhoons and extratropical cyclones, I will focus on research on small-scale atmospheric phenomena that cause localized severe wind hazard. These include tornadoes, downbursts and small-scale disturbances in a typhoon.

About 20.5 tornadoes occur in Japan per year, and 0.5 fatalities on average per year. During 1990s, Doppler radars for research purpose started to observe classical and mini supercells to document their characteristics. Numerical simulations of supercells and tornadoes became popular in 2000s. After 12 persons were killed by two tornadoes in 2006, 11 operational radars of Japan Meteorological Agency are being dopplerized and are hoped to contribute to understanding tornadic storms in Japan.

According to Ohno *et al.* (1996), 75 downbursts associated with 25 events occurred in Japan between June 1981 and September 1994. No airplane accident due to a downburst has occurred, although at least two incidents are reported. At least two persons were killed by the strong surface wind due to downbursts and serious damage to houses has been reported. Most of the downbursts in Japan are wet ones, although occurrences of dry microbursts in winter are noted recently. Ohno *et al.* found that downbursts accompanied by hail tend to have a stronger wind and a smaller horizontal scale.

During the 19th typhoon in 1991, a number of localized wind damage to cedar trees occurred in Oita Prefecture. These may be due to boundary layer rolls and are being numerically studied by a large eddy simulation model.

One year project on severe local wind hazard supported by Special Coordination Funds for Promoting Science and Technology by the MEXT started in April 2007. It is hoped that a close cooperation between scientists of engineering and meteorology will contribute to future mitigation of wind hazard.



左上図：気象庁の羽田空港レーダーで 1990 年 12 月 11 日 17:37 分（日本時間）に観測されたレーダー反射強度

左下図：スーパーセルの拡大図

右上図：雷光で照らされた茂原竜巻の漏斗雲（鈴木、新野、1991）

Reflectivity as observed by JMA Haneda Airport Radar at 1737 JST (Japan Standard Time) on 11 December 1990 (upper left), closed-up view of the supercell (lower left) and the funnel cloud of the Mobarato tornado illuminated by lightning (upper right) (Suzuki and Niino, 1991).

## 気象庁が取り組む竜巻等突風対策

海老原 智 予報官  
(気象庁予報部)

気象庁では、平成 18 年に発生した宮崎県延岡市や北海道佐呂間町の竜巻災害など、近年多発している突風災害の軽減を目指して、平成 20 年 3 月から「竜巻注意情報」の発表を開始することとした。さらに、平成 22 年には 1 時間先までの予測を含めた「突風等短時間予測情報（仮称）」の提供を予定するなど、突風に関する気象情報の改善を進めている。これらの情報に必要な竜巻の監視にはドップラーレーダーが有効であり、平成 20 年 3 月までに 11 機のドップラーレーダーで全国をほぼカバーするよう整備を進めている。

平成 20 年 3 月から開始する「竜巻注意情報」は、ドップラーレーダーの観測から竜巻など激しい突風の発生する可能性が高いと判断したときに随時に発表する文章形式の情報である。この他に、従来の気象情報や雷注意報の中でも竜巻など激しい突風に対する注意を呼びかけるなど、突風に関して気象情報全般の改善を行う。

平成 22 年からの提供を予定している「突風等短時間予測情報」は、竜巻など激しい突風のおそれのある地域を 10km 四方程度の格子単位で特定し、その 1 時間先までの移動予測を行うという情報である。このような情報を 10 分毎にデータ形式で提供することにより、さらに高度な利用が可能と考えている。

気象庁では、ドップラーレーダーによる観測と数値予報から計算した突風発生ポテンシャルを組み合わせた予測手法を開発した。しかし、竜巻などの激しい突風は予測が難しい現象であり、発表される情報には不確実性が伴う。竜巻などの激しい突風による災害を軽減するには、この情報の効果的な利用方法を知るとともに、竜巻などの現象に対

する正しい理解が必要である。このため、気象庁ではこれらの知識の周知・広報にも努めている。

In the last 3 years, hazardous severe storms, such as tornadoes in Nobeoka city, Miyazaki prefecture and in Saroma town, Hokkaido in 2006, and a severe wind event in Sakata city, Yamagata prefecture in 2005, occurred, and they killed 14 persons. Under the circumstances, Japan Meteorological Agency (JMA) has been intensively developing both the observation system and the prediction system for such severe storms, although average annual number of tornado occurrences are 20 at most and seldom people died for them before the recent years. With 11 operational Doppler radars deployment, which enables the detection range to cover most of Japan, and on the basis of results of the investigation using tornado-related atmospheric indices, JMA starts issuing tornado-related “Hazardous Wind Watch” in March 2008. JMA also plans to issue detailed hazardous wind forecasts up to one hour ahead, namely “Severe Weather Forecast (tentative name),” from 2010.

Hazardous Wind Watches are new bulletins issued when hazardous winds are likely to occur in an area of about 7,000 km<sup>2</sup>. In addition, existing weather information bulletins and advisories, which are issued in advance, are being improved by including messages on the possibility of severe winds urging people to watch out for tornadoes and other hazardous winds.

Severe Weather Forecast is more detailed information showing areas where hazardous winds are likely to occur in one hour with the resolution of 10km grid. This information will be issued every 10 minutes in GPV format.

Tornado paths are very narrow and not long, several kilometers at most in Japan, and their life-times are generally short. For these reasons and a few occurrences in Japan, it is pretty difficult to forecast hazardous winds with high accuracy on time and space. Japanese people are not accustomed to the performances of the information, the nature of hazardous winds, and how to self-defend to those winds. JMA therefore makes every effort for people to understand hazardous wind phenomena and the information.

---

## **「竜巻等突風に関する専門家会合」の概要紹介**

鈴木 修 室長

(気象研究所気象衛星・観測システム研究部)

「竜巻等突風に関する専門家会合」(2008年1月9日から11日午前)における各国専門家による発表内容についての概要を紹介します。

## **「竜巻等突風に関する専門家会合」のまとめ**

ハワード・ブルースタイン教授、新野 宏 教授

「竜巻等突風に関する専門家会合」においてとりまとめた、この分野の研究開発の現状と今後の方向性について紹介します。