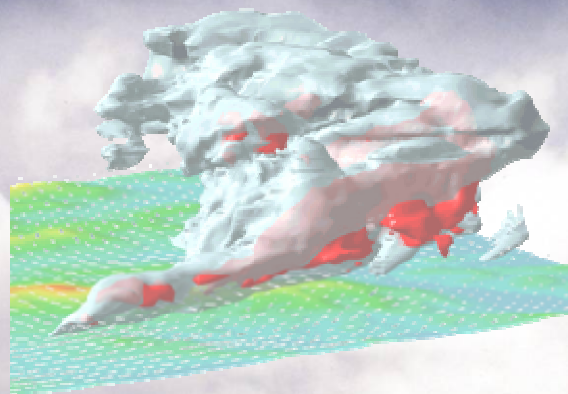




竜巻シンポジウム

—わが国の竜巻研究の今後の課題と方向性—



日時: 2007年 **1月23日** (火) 13:15~17:10
会場: 気象庁 講堂
主催: 気象庁気象研究所

第一部 講演

13:15~15:55

わが国における竜巻の発生状況とこれまでの研究の取り組みについて

新野 宏 東京大学 教授

わが国の竜巻の発生状況と竜巻の構造や発生機構に関する理解の現状について概観すると共に、わが国におけるこれまでの竜巻研究の取り組み・今後の課題について述べる。

竜巻の発生状況については、我々が作成した1961-1993年の日本の竜巻のデータベースに基づいて、様々な統計特性—発生個数・発生面積密度・再現期間・季節変化・日変化・被害域の大きさ・寿命・被害など—について調べた結果をアメリカの統計とも比較しながら紹介する。

竜巻の水平スケールは平均的には100m程度と小さく、寿命も10分程度と短いので、その構造や発生機構を観測的に調べることは容易ではない。しかし、近年新しい観測機器の登場や電子計算機の性能の向上により、その謎が解き明かされつつある。ここでは、竜巻の構造について、車搭載型のドップラーレーダーによる風速分布の観測、竜巻直下の気圧変化記録などを紹介する。また、竜巻の発生機構については、スーパーセルと呼ばれる特殊な積乱雲による場合と、局地前線による場合の2通りの環境場について、数値シミュレーションに基づいて得られた科学的な理解の現状について紹介する。とりわけ、強い竜巻を生ずることの多いスーパーセルの仕組みについて、メソスケールの環境場との関係も含めて解説する。

最後に、時間が許せばこれまでのわが国における竜巻研究への取り組み及び今後の課題について述べる。

竜巻の多様性 — 2006年9月17日台風13号に伴う竜巻を中心として—

小林文明 防衛大学校 助教授

2006年9月17日、台風13号の接近に伴い宮崎県内、大分県内、鹿児島県内、高知県内で竜巻や竜巻と考えられる突風災害が相次いだ。宮崎県延岡市では14時03分頃竜巻が発生し、約5分間延岡市内を駆け抜け、1400棟を越える家屋等に被害をもたらした。また、JR日豊線では特急にちりん9号が脱線・横転する事故も発生した。延岡市の被害は長さ7.5km、幅100~200mの狭い範囲に集中し、フジタ・スケールもF2と推定されている。これらの竜巻発生時の気象状況、現地調査による被害の特徴を、延岡市の被害を他の地点における被害と比較し述べる。

わが国では台風に伴う竜巻以外にも、低気圧や前線、熱雷や冬季寒気場内で発生する竜巻などさまざまな気象条件下で竜巻が発生する。竜巻の構造もスーパーセル型の竜巻やそうでない竜巻など多様である。本シンポジウムでは、近年温帯低気圧などの大規模な擾乱に伴い各地で同時多発的に発生した竜巻の事例や、ドップラーレーダーを用いて観測された竜巻なども紹介し、わが国で発生する竜巻の多様性について言及する。

2006年11月7日佐呂間町の竜巻の現地調査報告と今後の観測的研究の課題

鈴木 修 気象研究所 研究室長

2006年11月7日午後佐呂間町で発生した竜巻は、極めて狭い被害域にも関わらず、竜巻による年平均死者数0.5名を大きく越える9名の死者などの被害をもたらした。気象研究所は、気象庁・札幌管区・網走地方气象台と共に翌日から現地調査を実施した。その結果、この現象が竜巻によるものであり、長さ約1.4km×200~300m程度の極めて局所的な被害域、詳細な発生時刻、被害の強さ、飛散物が15km以上に渡って運ばれたことなど、竜巻に関する基本的事柄と親雲の特徴につながる手がかりなどの貴重な事実を得ることができた。

日本の竜巻については、被害調査の結果を基とした統計的な研究、個々の竜巻についての事例解析的な研究は蓄積されつつある。また、最近のドップラーレーダーを用いた解析からは、顕著な竜巻の親雲の多くがメソサイクロンを持つ積乱雲（スーパーセル）であったこと、台風に伴う竜巻の親雲はミニチュア・スーパーセルが多いこと、などの有益な知見が得られている。しかし、竜巻の発生メカニズムの研究に必要なドップラーレーダーデータがある事例数は全体の中のごく少数に過ぎない。ドップラーレーダー網の展開を受け、今後、現地調査の実施と併せた観測的研究はますます重要となっている。

気象庁／気象研雲解像モデルによる竜巻の再現シミュレーション

加藤輝之 気象研究所 主任研究官

気象研究所で開発中の雲解像モデル(水平解像度250m)を用いて、佐呂間町に竜巻をもたらした積乱雲の再現を試み、気象レーダーからだけではわからなかった積乱雲の内部構造を推測できた。その積乱雲は20～30kmの大きさ(通常の積乱雲は10km程度)を持ち、雨などの落下や蒸発によって作られる下降気流と雨雲を作り出す上昇気流が異なった場所に存在し続けるといった巨大な積乱雲(スーパーセル)の特徴を持っていた。また、下降流域から吹き出した冷気と上昇流域に暖かい湿った空気を送り込む南風が衝突して局地的な前線(ガストフロント)を作っていた。竜巻はそのガストフロント上で発生したと考えられる。その積乱雲を発生させた大気状態についても雲解像モデルの再現結果から調べた。北海道北方の発達した低気圧から延びる寒冷前線の東側(暖域内)で、竜巻をもたらした積乱雲は発生した。その後、積乱雲は寒冷前線の暖域内を移動して、佐呂間町で竜巻をもたらした。積乱雲の発生位置での地表付近では、山岳の影響を受け東よりの風になっていた。その地点での上空の風の分布は、高度3km付近で東風から西風成分を持つようになり、上空ほど風が強くなっていた(このような風の分布を持つときに、スーパーセルを発生させることが指摘されている)。また、佐呂間町付近ではフェーン現象により高温乾燥化し、その状況下スーパーセルにともなうガストフロントが強められたと考えられる。また、延岡に竜巻をもたらした積乱雲の再現結果についても報告する。

積乱雲と竜巻のシミュレーション実験

坪木和久 名古屋大学 助教授

竜巻とは「遠心力と気圧傾度力のバランス、すなわち旋衡風バランスが極めて高い精度で成立している大気の渦」と定義できる。このような渦は直径が数100m以下であり、通常、暴風を伴っており、しばしば災害をもたらす。そのような渦、すなわち竜巻はある特別な積乱雲に伴って発生する。スーパーセルはそのような積乱雲の代表的なもので、台風や寒冷前線に伴って発生することが多い。このため我が国ではこれらの大規模擾乱の付近でしばしば竜巻が発生する。

北海道佐呂間町や延岡市で発生した竜巻など甚大な被害をもたらす竜巻が続いて発生していることから、竜巻の予測について関心が高まっている。人的被害を軽減するためには発生予測が不可欠である。竜巻の予測には、ドップラーレーダーを用いて積乱雲を検出することで予測する方法がある。一方で近年の計算機のめざましい発達により、竜巻をもたらす積乱雲の発生をシミュレーションすることで、竜巻発生のパテンシャルを予測する方法が考えられる。前者の方法では積乱雲が発達してからでないと予測できないが、後者の方法では計算機が高速であれば、数時間前から竜巻ポテンシャルを予測することができる。

名古屋大学地球水循環研究センターでは、暴風や豪雨雪をもたらす気象のシミュレーションを目的として、雲解像モデルCReSS(Cloud Resolving Storm Simulator)の開発を行ってきた。このモデルは非静力学・圧縮系を基礎方程式とするシミュレーションモデルで、地球シミュレータなどの並列計算機で効率よい計算を行えるように設計されたものである。このモデルを用いて、竜巻とそれをもたらす積乱雲のシミュレーションを行った。このシンポジウムでは、1999年9月24日に豊橋市で発生した竜巻と、2006年9月17日に延岡市で発生した竜巻について、このモデルを用いた竜巻とそれをもたらした積乱雲についてのシミュレーション結果を報告する。また時間が許せば2006年11月に佐呂間町の竜巻などについても言及したい。

竜巻のシミュレーションでは、上記の定義のように遠心力と気圧傾度力のバランスが成立する渦が再現されなければならない。このため実験の解像度は数10mであることが必要である。このような計算は非常に大規模になるので、膨大な計算機資源が必要である。豊橋市と延岡市の竜巻について、そのような大規模なシミュレーション実験でこれらの竜巻がどの程度再現されるのか、また、予測された竜巻がどのような構造を持ち、その親雲の積乱雲とどのような関係があるのかなどについて示したい。さらにこの結果をふまえて、雲解像モデルによる竜巻予測の可能性について話題提供する。

竜巻に対する構造物等の設計上の問題点と気象分野への期待

田村幸雄 東京工芸大学 教授

一般の建築物や土木構造物では、竜巻を設計対象とはしていない。理由は、個々の建築物等に注目するとき、竜巻に遭遇する確率は非常に小さく、このように稀な事象に対して耐えられるように設計することは極めて不経済となるからである。また、事象が時空間的に極めて小規模で従来の気象観測網では捉えられず、強風特性などが不明なため、具体的な設計荷重の見積もりが難しいということもある。しかし、建築物群としての都市、あるいは鉄道や送電線などのライン状施設等を考えるとき、遭遇確率は遙かに高くなり、人命保護、都市防災、ライフラインの確保などの観点から、別の見方が要求される。災害時に機能が維持されなければならない役所、消防署、警察施設などの公的建築物や病院、体育館等の災害時避難施設、原子力発電所を含む電力施設など、重要度に応じて異なった考え方も必要である。最近の竜巻被害からは、飛散物による被害の連鎖や人命損傷の問題も、注目される場所である。現行の基規準類には飛散物に関する規定がなく、外装仕上材の耐風性能評価にも飛散物に対する耐力は考慮されていない。竜巻のみならず、台風時も含めて、早急な対策が必要である。さらには、佐呂間町の作業小屋被害で顕在化した仮設構造物の設計荷重の問題など、考えるべき課題は多い。以上の点を、建築物等の構造安全性や大量輸送機関の安全運行の立場から議論するとともに、気象分野への期待を述べる。

第二部 総合討論

16:00~17:10

「わが国の竜巻研究の今後の課題と方向性」

司 会

新野 宏 東京大学 教授

コメンテーター

竜巻実況把握に向けたドップラーレーダー観測の現状と課題

赤枝健治 気象庁観測部 課長補佐

ドップラーレーダーは、積乱雲中の数km～十数kmスケールの低気圧性循環(メソサイクロン)が観測可能であり、竜巻の発生頻度が高いメソサイクロンを持つ積乱雲(スーパーセル)の監視が可能である。気象庁では、平成19年度末までにドップラーレーダーを新たに7ヶ所整備する。今年度末までに整備を完了する4台とあわせ計11台のドップラーレーダーを運用することとなり、これらのデータから竜巻の監視・予測能力の向上をはかり、竜巻災害の防止・軽減を図ることとしている。

ドップラーレーダーからメソサイクロンを検出する手法については、新たに気象研究所で開発された技術をベースとすることとし、今後蓄積されるデータに基づいてメソサイクロンと竜巻の関係の分析、検出手法の改良を実施し竜巻の実況監視能力を高めることが課題である。

突風等に対する短時間予測情報の検討状況

海老原 智 気象庁予報部 予報官

気象庁では平成22年を目途として、突風等に対する短時間予測情報の提供を開始するための検討を進めている。突風の主な原因である竜巻の監視にはドップラーレーダーによるメソサイクロンの検出が有効である場合があり、この検出技術の実用化に向けて気象研究所で開発された検出アルゴリズムの精度の確認と改良を進めている。一方、数値予報の現業モデルは竜巻を直接予測することは出来ないが、その発生と関連のある大気不安定度や鉛直シアーなどは対応良く予測している場合が多いので、数値予報データの利用も検討している。

竜巻による突風等については、局所的に短時間に発生する現象であるため、発生時刻や発生場所を特定して予測することが難しく、見逃しを少なくすれば空振りが多くなることが避けられない。このような特性の情報の利用方法や情報内容のあり方などを、平成19年度に利用者に参加していただく検討会において検討し、この検討に基づいて平成22年を目途に計画している情報の内容を定める計画である。なお、現在想定している情報の概要は次の通りである。

- ・積乱雲に伴い発生する局地的な突風、雷、強雨を予測対象とする。
- ・10分毎に解析を行い突風等の発生可能性が高い領域を特定する。
- ・特定された危険域について最長で1時間先までの移動予測を行う。

気象庁気象研究所 企画室
〒305-0052 茨城県つくば市長峰1-1
TEL 029-853-8535
e-mail: houkoku2006@mri-jma.go.jp
URL: <http://www.mri-jma.go.jp>