

第1回天気予報研究会の報告

第1回天気予報研究会は2004年2月20日気象庁大會議室で開催され、100名を越す参加者があった。近年数値予報モデルの高度化等により気象予報の精度が向上し、気象情報の多面的利用が拡大している。また天気予報の自由化、気象予報士制度の創設、GPV (Grid Point Value: 数値予報の格子点値) 等の気象データの公開により気象産業の拡大、気象予報技術者の増加が実現している。このような情勢を背景に、気象庁・気象産業の予報従事者、気象予報士、気象情報の利活用者等多方面の実務者が交流し、最新の学問・技術の成果を取り入れつつ気象予報技術及び予報利用技術の向上、進歩を図るというのが天気予報研究連絡会の設立趣旨である。

今回は「人の介在による天気予報の精度と利用価値の向上」を主題にした。講演者は民間会社経験者、気象会社員、気象予報士、官庁にわたり、また記名して頂いた参加者の内訳は、会社 (28)、官庁 (43)、大学 (4)、その他 (16) で、多方面の交流を図るという目的は達したと考えている。以下に各講演者から頂いた要旨を紹介する。なお質疑応答を含め、当日の雰囲気伝える講演会メモを当研究会のホームページに掲載してあります (気象学会ホームページ→研究連絡会→天気予報研究連絡会又は直接 <http://members.jcom.home.ne.jp/tenkiyoho/>)。併せてご覧下さい。

天気予報研究連絡会運営委員

木俣昌久 (気象庁観測部)

高野 功 (気象庁予報部)

立平良三 ((財) 気象業務支援センター)

登内道彦 ((財) 気象業務支援センター)

富沢 勝 ((財) 日本気象協会)

古川武彦 ((財) 日本気象協会)

山岸米二郎 ((財) 気象業務支援センター)

吉野勝美 (全日本空輸株式会社)

1. 2003年10月13日に千葉県成田市、茨城県神栖町で発生した突風について

大久保 篤 (東京管区気象台気候・調査課)

東京管区気象台では、地域の防災機関としての気象台の役割を十分に果たすとともに地元気象台職員の災害に対する認識を深めることを目的に、即時的現地調査を実施している。これは、気象災害が発生した場合に可能な限り速やかに地元気象台職員が現地調査を行い、その結果を速報として公表するものである。

2003年10月13日に千葉県成田市、茨城県神栖町で発生した突風についても、翌日に銚子地方気象台と水戸地方気象台の職員が現地調査を行い、被害発生から2日後の10月15日に突風原因をダウンバーストと推定した速報を発表した。このような現地調査による突風原因の推定は、局地性が強く通常の観測網で捕らえることが難しい瞬発性強風にとって有効であり、その結果を積み重ねることが予測技術向上につながると考えている。この事例について、現地調査結果から突風原因をダウンバーストと推定した理由を報告する。

千葉県成田市での被害跡の特徴は、被害発生地点が帯状でなく面的に分布していることと、屋根瓦等の飛散方向がほぼ一定であることであった。また、聞き取り調査によると、被害発生時には強い雨が降っており、日中であつ被害発生を目撃しているにもかかわらず、竜巻の目撃証言はなかった。これらの状況から、千葉県成田市の突風原因をダウンバーストと推定した。

茨城県神栖町で発生した被害は岸壁に設置された大型クレーンが倒壊した他は、ビニールハウス損傷が主であった。クレーンの倒壊方向はクレーンが乗っている軌道に沿うため、被害跡からの風向推定は困難であった。しかし、被害地点が帯状でなく面的に分布していることや、聞き取り調査で竜巻の目撃証言がなかったことなど千葉県成田市と同じであった。これらの状況から茨城県神栖町で発生した突風原因もダウン

バーストと推定した。

なお、すべての即時的現地調査結果が、東京管区気象台ホームページ (<http://www.tokyo-jma.go.jp/>) で閲覧が可能です。

2. 2003年10月13日、千葉・茨城県で突風災害をもたらしたストームの3次元構造の推移

石部 勝 (気象研究所気象衛星・観測システム研究部)

表題の突風災害のうち、成田市内2か所 (宗吾地区・赤荻地区) で発生した突風について、成田空港のドップラーレーダーで観測されたエコーの3次元構造の特徴と推移を紹介した。

(1) 宗吾地区について

被害をもたらしたと推測されるエコー-Esは14:55頃被害地点を通過した。(以降の時刻は14:55からの相対時刻。) Esは-12分までは急速に発達するが、-10分以降は強いエコー域 (48 dBZ以上とすると高さ約3 km) の降下が始まる。その後、±0分に被害地付近を通過し、+2分に全てが地上へ降下し消滅した。

また、ドップラー速度では現業の監視画面で、強い発散域 (7 m/s/km, 最大風速差58 m/s) が観測された。

以上の特徴はダウンバーストの発生を示唆する。

さらに被災地から見て上流の下層でミソサイクロンが発生し、被災地へ到達直前に消滅した。田畑ほか (2001) は、下層の循環が作る鉛直気圧傾度力が下降流を強めると記述しているが、この事例についても関与しているか調査したい。

(2) 赤荻地区について

14:58頃ミソサイクロンが被害地点付近を通過した。このミソサイクロンは直径1.36 km, 鉛直渦度 $1.06 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$, 高さは地上から約2 kmであり、高度100 mで56 m/sの強風が吹いていたと考えられる。ドップラー速度では、-6分に収束が強まり、-3分に渦として観測された。

また、反射強度では、-15分にストーム後面の高度約3 kmでノッチ (乾燥空気の流入によって出来るクサビ状の反射強度の弱い部分で、雨滴の蒸発のため空気が冷却され下降流が強まる) が見られ、ストーム内へ深く進入した。このノッチの形状は渦巻状となり、ドップラー速度でも渦度の存在を示している。その後、ノッチは降下し-6分に地上へ達したと思われる。

ノッチの地上への降下と収束の強まりには時間的な一致 (-6分) が見られるが、因果関係の有無などに

ついて詳しく調査したい。

現時点では、定性的で不明確な点が多い。今後は定量的な解析を含めて、調査を進めていきたい。

参考文献

田畑 明, 石原正仁, 赤枝健治, 鈴木 修, 2001: 航空気運航とドップラー気象レーダー, 気象研究ノート, (200), 171-216.

3. 関東地方に突風をもたらした低気圧の解析

鈴木和史, 田畑 明, 金田昌樹 (気象庁予報部予報課)

(1) 突風をもたらした総観規模低気圧の特徴

2003年10月13日日本列島南岸沿いに進んだ低気圧は、その近傍で突風による被害を各地に引き起こした。この低気圧は9日に沖縄近海で前線上の低気圧として発生した。その後前線活動は衰弱したが、低気圧中心付近で活発な対流雲が発生し、300 hPaで周囲より2°C程度高い warm core が形成された。更に、雨雲のスパイラル構造やウインドプロファイラで進行前面 (東) に傾いたトラフ軸が確認されるなど、低気圧は熱帯性擾乱としての特徴が強かった。低気圧は北上を続け、南下してきた前線と13日9時に紀伊半島付近で併合し、熱帯性擾乱の特徴は弱まり西に傾いたトラフ軸をもつ偏西風波動として再発達した。

(2) 突風発生ポテンシャルの把握

高層観測 (館野) では、13日9時、500~600 hPa付近まで潜在不安定層 (相当温位差約30K) が形成されていた。更に不安定層上端に乾燥層が貫入しており、突風 (ダウンバースト) の発生に好都合な条件であった。アメダスでは、関東地方に低気圧性シアが持続的に観測され、メソサイクロンがシアライン上を進んだ。シアラインが、メソサイクロンの強化・維持に寄与したと考えられる。

ウインドプロファイラを用いて、竜巻発生に関連した指標のひとつである「stormに相対的なヘリシティ」 (stormに吹き込む下層風が stormの中へ運び込む回転 (渦) の大きさ) を10分ごとに計算した。その結果ヘリシティは、低気圧前面で正の極大が現れていたこと、突風発生地点近くの観測点で竜巻発生のリスクとされる $150 \text{ m}^2/\text{s}^2$ を超えたこと、ヘリシティの極大は突風発生の1時間程度以内に発現していたこと、がわかった。

これらの指標により突風発生のポテンシャルを、現在の観測網から把握できる可能性がある。

4. 1999年8月24日に停電事故をもたらした雷雲の解析

鈴木智幸, 道本光一郎, 細川 尚 (防衛庁)

1999年8月24日に都内で多数の落雷事故が発生した。その際、JRを中心に数百本の電車が運休、遅れるなど多大な被害が発生した。

この雷雲は、寒冷前線付近に発生したものであった。都内を通過する雷雲の様子は、通信総合研究所のウインドプロファイラーによって、その際の落雷分布は東京電力のLPATSによってとらえられていた。このため、前線及び前線通過時の降雨、落雷分布の様子が詳細に解析できた。これを元にウインドプロファイラー及びLPATS(落雷位置評定システム)を用いた短時間予報の可能性について議論した。

5. 局地予報について考える

佐藤 元 (神奈川県気象予報士会)

私は元々は、コンピューター屋で、お客様の企業システムの構築をSystems Engineerとして、長年お手伝いしていました。扱ったコンピューターは昨今のPCでなく、メインフレームと呼ばれるものでした。

50歳を大分過ぎて、ある年、気象予報士の試験が行われたことを知るに及び、どうしても、気象を勉強したくて、また、ライフワークとして気象の本を書いてみようと考え、退職して気象の勉強を始めました。退職後4~5年になり、10冊を目標に本を書きたいと思っています。私のホームページで書いている、「気象・カオス・フラクタル」などが、目に止まり、今回、発表する機会を頂戴しました。

私は、お天気のローカル予報について、「市井の一市民として」、「予報の作成と利用」に関して、こうあってほしいと考えています。このことを、1つの問題提起として、お伝えしたいと思います。

利用者=自己責任で予報(将来を予測するのは、気象に限らず、基本的には自己責任で行うべきだ。)

気象予報士=予報則の構築(自己責任といっても、予想するための技法などが必要となろう。しかも地域ごとの。ある程度の気象の専門的知識を持っている気象予報士が、全国各地に散在している。このスキルとパワーを効果的に活用し、技法=予報則を構築できることが望ましい。)

気象学会=専門的指導(気象予報士は多士済々であるが、気象の学術的な専門家で無い人たちも多い。この観点からの技術的指導をお願いしたい。)

気象庁=舵取り(ローカルの天気予報は、自己責任で行うことの意識改革を国民に訴える、予報を自己責任で行えるようにするための仕組みづくりや、全体的な調整をお願いしたい。)

以上の四者が手を組んで、ローカルの予報則の構築に当たることが出来ないものか、と考えています。

出来れば、自分の予報則で、すなわち、自分で自分のための天気を予報したいと思っています。これは、ローカル予報に他なりません。気象庁に頼むと、「人がない金がない」といった話になるので、各地区の気象予報士が連携し(気象予報士会は、全国規模の組織であり、およそ2000人が属している、組織率50%)、10年で予報則を作るため、組織化して、局地予報のネットワークを作りたいと考えています。このため、上述の四者の連携した作業が望ましいと考えています。

6. 短時間予報におけるオブジェクト指向的考え方

山田真吾, 西垣語人 (気象庁予報部数値予報課)

気象庁では5年ほど前から、対流性降水に対する短時間予報の精度向上を目指して、オブジェクト指向の考え方による手法(Object-Oriented Modeling:以後OOMと略す)を開発してきた。オブジェクト化の利点は、予測対象を中心位置や最大強度・規模などの少数の特微量で記述するため、予測情報が簡略化されて情報の伝達や理解が容易になる点である。古典的な天気予報の主役である「前線」や「台風」はオブジェクト化が効果的な例である。

OOMは、空間的な構造とその時間発展が概念モデルとして把握できる対象に適用した場合に、特に有効である。メソスケール擾乱(以後メソ擾乱と略す)では、対流が組織化されてメソサイクロンやスコールラインのようなしっかりとした空間構造を持ったものが、OOMによる短時間予報に適用している。それらは孤立した対流システムであり、数時間程度の寿命を持つことから、擾乱の抽出と追跡が比較的容易だからである。これに対し、強制力を地形や総観場から受けるメソ擾乱の場合には、強制力の影響を受けて擾乱の移動や盛衰が複雑になるため、孤立した対流システムとは別の概念モデルを適用する必要がある。地形の複雑な我が国では、地形を考慮した概念モデルが必須である。また、総観スケールの強制力により、世代交代を繰り返しながら持続するメソ擾乱には、数値予報結果に基づく強制力の評価が有効であろう。

このほど完成したプロトタイプ版のOOMにより対

流性降水を対象とした予報実験を行ったが、従来のパターンマッチングによる短時間予報を常に改善する結果ではなかった。プロトタイプ版では、レーダーの3次元情報を利用してないが、観測された現象の空間構造から、性格の異なる対流性降水を正しく区別して扱えば、精度の向上が期待できる。今後、ドップラー速度を含めた観測データを活用してメソ擾乱の空間構造を詳細に把握することを試みたい。

7. 不連続面に関するメソ天気系モデルの提案

楢尾守昭 (気象大学校)

激しい降水の付近には、原因であれ結果であれ、密度や風の不連続面が存在する。不連続面の傾きが鉛直に近いときは、 10 ms^{-1} 程度以上の上昇流や強い降水を伴うことがある。ドップラーレーダーで観測される不連続面の不連続性は、幅1 km程度である。

不連続に敏感である等の人間の特性を活かして数値予報結果を補完し、より正確な予警報を行うには、不連続面に着目した実況監視・解析・予測が有効である。不足がちな観測データを基に最新の実況を推定しその先を予測する技術を予報担当者が共有できるよう、不連続面に関するメソ天気系モデルを提案する。

不連続面に伴う降水の移動や盛衰には、不連続面の持続性や移動が支配的である。したがって、まず準連続的、準定常的な前線とそれ以外のメソ不連続面を区別し、次にメソ不連続面の成因を可能な限り推定する必要がある。確認であるが、前線には主要な気団どうしの境界である寒帯前線および北極前線、それに準じる、熱帯気団内の梅雨前線と寒帯気団内の前線がある。局地天気図に前線を解析することは、前線を一本の線で表すときは転移層の暖気側に引くという慣例に従えば可能なことが多いし、予測技術上の意義も大きい。

熱力学的性質や運動状態が気団とは異なる気塊や気流をメソスケールの構造と見て、その境界面をメソ不連続面と呼ぶこととする。気塊や気流の成因は不連続面の動向予測の要因である。水物質の相変化、境界層の過程、地形の力学的効果に大別し、さらに細分する。

単純な力学モデルを物理的整合性の下に拡張し適用すれば、多くの現象のメカニズムを推測できる。不連続面付近の風や上昇流等の解釈・予測に関し、重力流はメソ γ スケール、地衡風調節を拡張すればメソ β スケールの構造とメカニズムの実況解釈・予測に使える。

メソ気象予報の技術向上には、用語・概念を基本定義に基づいて共通化することが必要である。今後、数

式と観測値を利用した概算に基づくメソ気象理解法を提案する。

8. 確率予報を用いたリスクマネジメント

富山芳幸 (㈱ウェザーニューズ)

天気予報をどう作るかという話のほかにどう使うかという話がある。予報のメニューも精度も所与として、それをどう社会に有効に役立てるかという話である。

予報を「どう使うか」、ここでは一般的な意味ではなく、定常的に余分の利益を出す、コストを削減する、という限定した意味で考える。定量的リスクマネジメントである。定性的マネジメントとの違いを、気象情報、リスク情報、情報の検証、意思決定の評価、の4つの側面から比較した。

リスク情報とは、気象現象を誘因(のひとつ)とするリスクについて、気象現象そのものの情報でなく、もっとリスクテカーの意思決定に近いところまで翻訳した情報ということになる。すでに確立されているサービスとして、ウェザールーティングの例がある(ウェザー・ルーティング研究グループ, 1992)。ここでは、風、波、潮流などの情報は、「推薦航路」というリスク情報に翻訳されている。

リスクテカーはふつう、安全性と経済性という二律背反する要求の板ばさみのなかで意思決定を迫られる。ウェザールーティングの場合、危険の回避と航海時間の短縮という対立する要求はクライアントの価値付けに従って「推薦航路」に反映されている。リスクマネジメントは、不確実性のなかで、二律背反する要求に対して最適解を見出すことである。

このような利用にあたって気象情報に求められるのは、不確実性そのものについての情報である。確率予報の重要性がここにある。32°Cという最高気温予報は32°Cの不確実性については何も語っていない。このとき最高気温が35°Cを超える確率がどの程度あるのか、これを伝えるのが確率予報である。気温の確率予報を電力の需要想定に用いる簡単な定量的リスクマネジメントのモデル(富山, 2003)を紹介した。

はじめに「予報のメニューも精度も所与として」と述べた。予報の科学の世界とは別に利用の科学の世界がある、という意味である。しかし、利用が科学になるとき、予報には新たなメニューが求められ、精度には新たな要請が加わるはずである。

参 考 文 献

- 富山芳幸, 2003: 気温の確率予報を用いたリスク・マネジメント, 天気, 50, 175-187.
- ウェザー・ルーティング研究グループ, 1992: ウェザー・ルーティング—気象情報に基づく最適航法—, 成山堂書店.

9. 明後日予報も人手で改善できる (東京の日最高気温) 櫃間道夫 (元気象庁, 元東京電力)

「客観予報を人手で改善できるのは短時間予報の分野だ」とは斯界の常識であり, 私も気象庁時代には, 明後日以遠を人手で改善するのは難しいと信じていた. しかし, 電力会社で明後日予報を自分でやってみて, 改善できることを知った. なお, 電力会社では大型火力発電機をゼロから立ち上げ, フル運転まで到達させるのに2日かかるので, 明後日予報は重要である.

予報要素: 東京 (大手町) の明後日の日最高気温.
手法: 気温ガイダンスの検証を1か月や1年分など, まとめて行うのではなく, 日々おこない, 気圧パターンによるクセを見つけ出す.

結果: 現行ガイダンスは実況が高気温の時には低すぎ, 低温の時には高すぎる傾向がある. それが現れるのは, ① 夏型気圧配置, ② 南岸低気圧や二つ玉低気圧, ③ 日本海低気圧の場合である. 従って, これらの気圧配置が卓越する盛夏や寒候期に, 人手で改善しやすい. (①と③では+補正, ②では-補正.) 改善の程度は, それらの気圧配置の日に1~2°C, 時に3°Cであり, 二夏4か月の期間平均改善度はRMSEで0.8°C (=気象庁2.80-東電1.99), 一冬5か月の合計で0.6°C (気象庁2.38-東電1.80)であった.

	'01年6, 7月	'02年11月~'03年3月
期間日数	152	151
休日数	50	55
予報回数	102	96
4°C改善回数		1
3°C改善回数	5	7
2°C改善回数	14	17
1°C改善回数	35	25
中立	33	27
1°C改悪回数	15	13
2°C改悪回数		4
3°C改悪回数		1
4°C改悪回数		1
計	102	96

10. マニュアル化しにくい改善手法 (首都圏の大雪)

櫃間道夫 (元気象庁, 元東京電力)

ガイダンスの改善手法はマニュアル化が望ましいが, 現実には難しい場合が多い. 難しい理由の一つは事例の少なさであり, その一例に首都圏の大雪がある.

首都圏の大雪は, 近年とくに減少し, 東京 (大手町) で積雪10 cmを超えた大雪は最近6年間に2回しかない. この少数例 (1998年の2回) を材料にして, 3年後の2001年の大雪 (大手町で8 cm, 郊外では10 cm以上) を前日予測できた.

手法: 東京電力での予報作業の際に, 地上気温・風・降水量の時系列実況のハードコピー (A4サイズ1枚) を取り, これに地上・高層の数値予報図の主要部分を貼り付け, さらに館野の850 hPa 気温の予想値と検証結果とを付記しておく. この資料は毎日1枚を作り, 3か月90日分を1冊にファイルする. (別途, 数値予報資料から850 hPaの風など, 幾つかのキイデータを抽出し, パソコンに入れてデータベースを作る. これは上記のハードコピーファイルの検索を主目的とするものだが, 講演では深入りしない)

首都圏の雪のような少数事例では, 大雪だけでなく, 雪になりそうで雨だった場合を含めて, 上記ファイルから手作業での類似検索が簡便である.

結果: 首都圏に雪を降らせる南岸低気圧では850 hPaの気温予報値が2~3°C高めに出ることが多かった. とくに, 予想降水量が多い場合にはこの傾向が顕著である. これを逆用して, 2001年1月27日の大雪を前日に予想できた. (大雪に至らなかった場合でも, 同様な気温の下方修正の成功例は多い. 前項参照)

発現頻度が少なく, しかも重要な現象では, このような手作業方式が原始的だが有効である.

11. 注警報発表作業における予報官のかかわり方

八尾 孝 (気象大学校)

2003年6月24日に京都府, 7月3~4日に静岡市で発生した大雨を取り上げ, 予報官の適切な介在が信頼度の高い注警報の発表にかかせないことを具体的に検証した.

京都府の大雨は活発化した梅雨前線の暖域で発生したものであるが, 数値予報は大雨を予測できず, 強雨発生時間帯の最大降水量ガイダンスの予測は0 mmであった. しかし予想される総観場を過去の大雨パター

ンと比較すると、前線の南下や、850 hPa で南西風の暖気移流場など、共通点が多かった。大雨発生の半日～1日前に行う大雨のポテンシャル予想では、最大降水量ガイダンスをうのみにするのではなく、過去に発生した大雨の特徴、地形特性などを考慮し、総合的に判断することが重要である。

次に大雨発生直前のステージでは実況監視・解析に基づく注警報発表作業が予報官の最も重要な役割である。京都府に強雨をもたらした線状エコーはすでに数時間前に四国地方や淡路島で強雨を降らせていたが、予報官はこのような数値予想で予想されていないエコーを見逃さずに監視し、エコーを発生させている場の特徴や発生原因などを考察し、今後の動向を予測しなければならない。高知や和歌山のウインドプロファイラーを見ると線状エコー通過時間帯に中下層で南西風が強まっており、暖気移流の強まりがエコーを発達させた一つの要因と考えられる。また地表付近では、先行する降水で生成されたと思われる冷気が淀川流域に流出し、紀伊水道からの暖気との間で収束場を形成していたが、これが対流性エコーの維持に寄与した一要因と推定される。

一方、静岡の大雨事例では数値予想で予想されていない沿岸前線やメソ低気圧の発生が、最大降水量ガイダンスを大きく上回る大雨をもたらした要因と思われる。これらの状況は局地天気図、アメダス、ウインドプロファイラーなどで、まえもって把握、追跡できるので、このような大雨につながるシグナルを見逃さずに監視し、信頼度の高い注警報を発表していくこの重要性が、あらためて確認できた。

12. 連続地上天気図に基づく天気図解析法の提案

沢井哲滋 (気象大学校)

大気中で最も明瞭な周期変化である季節変化に基づく、時系列天気図の体系的な命名法を提案する。各季節を特徴付ける高低気圧や前線などの気圧系に注目し、天気図の時間変化を4から6種類の1週間程度の繰返しパターンに分ける。1年間に現れる(つまりは、すべての)天気図は、例外的な時期を除いて、これらのパターンのどれかの期間に属する。

各パターンは、気圧系の位置や強さの時間変化により、いくつかのステージに分けることができる。各パターンは、そのステージの特徴に基づき体系的(客観的)に細分できる。結果として、個々の天気図がパターンに分けられた期間のどのステージに属するかを考慮することにより、すべての天気図に名前を付けることが可能になる。これまでの天気図命名法では、名前を付ける必要に迫られた天気図だけに注目していたため、1枚の天気図に複数の名前が付くことがある一方で、天気図の大部分は「名無しの権兵衛」のままであった。

すべての天気図に名前が付くということは、天気図を仲立ちにして、ある現象が起きた時の総観場の特徴を客観的に記述できることを意味する。例えば、気象が関係する各種データベースのキーワードとして天気図名を使えば、気象の顕著現象や自然災害を総観場の特徴から検索でき、気象や災害が起きた原因やメカニズムの特定が容易になることが期待される。

(詳細については、『月刊海洋』の2004年4月号に掲載予定)