

《特別企画》 エレガントな解説を求む

Q7: 竜巻はなぜ生ずるのでしょうか

新野 宏*

結論から先に言ってしまうと、残念ながら竜巻の発生メカニズムはまだ分かっていない。この研究の遅れは主に竜巻の時間・空間スケールが非常に小さいことによる観測の難かしさに起因するものであるが(竜巻の代表的な寿命は数分、直径は数百mである)、それでも近年アメリカのオクラホマの NSSL**を中心にドップラ・レーダなどによって積乱雲の中の空気の流れを求める努力がされてきた結果、少しずつこの現象に対する理解も深まってきたように思う。そこで、現在の段階で描き得る竜巻発生像について、筆者の主観もまじえて解説することにしたい。

まず最初に、非常に身近な例を挙げることにする。読者の方々はきっと、風呂桶の栓をぬいたときに強い渦ができた経験をお持ちのことと思う。あの渦はどうしてできたのであろうか? 風呂桶の渦ができるには、実は二つの要素が必要である。一つは明らかに栓を抜くことであるが、もう一つは風呂桶全体の水が最初からごくゆっくりと回転していることなのである(栓を抜くために手を風呂桶に入れる際に、いくらかの回転が与えられるものである)。ここで、フィギュア・スケートの選手がコマのように回転するときのことを思い出して頂きたい。彼等はどうしてあんなに速く回転できるのだらうか? 少し注意して選手の動きを見た人は、彼等が最初できるだけ低い姿勢で手足を上げた状態で回転に入り、それから伸び上がって手足を体の軸に近づけることによってより速い回転を得ていることが分かる。力学ではこのことを「角運動量保存則」の結果であるという。角運動量は、回転中心との距離 r と回転速度 v の積に比例するので、手足を回転軸に近づける(r を小にする)ことによって回転速度 v を大きくすることが可能なのである。風呂桶の場合にも全く同じことが言える。全体がゆっくり回っている(このことを以下では基本場の回転と呼ぶ)ときに栓を抜くと、遠方の水が中心に集められ、角運動量保

存の結果として強い渦が生ずるのである。ところで、なぜこのような例を持ち出したかと言うと、実は竜巻のメカニズムの研究は100年も前にこの風呂桶の栓を抜く問題に始まり、今なお表面的にはそこから一步も踏み出していないからである。風呂桶で渦が生ずる為の二要素——基本場の回転と収束を与える為の鉛直運動の強制——はそのまま竜巻発生の為の二要素である。したがって、竜巻の発生過程を調べる問題は、これらの二要素がいかにして作られるかを調べる問題に帰着する。

まず最初に基本場の回転の形成についてだが、これについては今のところ、鉛直シア一流中で積乱雲が長時間持続すると渦が作られるという以下の考え方が有力に思う。鉛直シア一流というのは、たとえば地面から上層へ行くにつれて風が強くなっている流れをいう。

今、このようなシア一流中で積乱雲のような対流が長続きすると、中層の上昇域には下層のゆっくりした水平速度を持った空気が運ばれてきて、その外側の比較的速く流れる空気との間に相対運動(渦)を生ずる。ただ、この渦を作る作用は比較的弱いものなので長時間対流が続くことが必要なのである。この説明は渦が積雲の中層で生じて下方へ伸びてくるという最近の観測結果にうまく合っているが、一方上昇流の両側に均等な反対回りの渦ができることになり(したがって、この基本場から生ずる竜巻はどちら回りもあり得る)、北半球の竜巻の大半が左巻きであることは説明しない。しかし、この点については、積乱雲を作り出す大規模場自体に低気圧性の回転が含まれている可能性があるので、改善の余地があるように思われる。

次に発生の引き金となる鉛直運動についてであるが、現時点では二通りの考え方がある。一つは、積雲の中に生じた雨滴に空気がひきずられて落ちるか、あるいは空気自身が雨滴の蒸発などで冷えて落ちるか——いずれにしても下降運動が引き金になるという考え方。もう一つは、積雲内で強い潜熱の解放があり、その為を生ずる上昇流が引き金になるという考え方である。現時点ではどちらのメカニズムを選ぶ明確な根拠もないが、筆者が最

* H. Niino, 東京大学院生

** National Severe Storms Laboratory

近行なった回転流体中での jet の実験結果によると、回転流体中では渦は jet の前方には成長しにくく、後方には極めて容易に発達するようであること、また、上述のように積雲内では中層に渦が生じて下へ伸びてくるといふ観測結果があることから、筆者の主観をまじえて敢えて言えば、後者のメカニズムの方がやや有力ではないか

と思う。

以上述べてきたことから分かるように、竜巻の生成の研究はまだ推測の域を出ていない。しかし、いずれにしてもその生成のメカニズムを考える際には、いま以上に積雲の中で起きているさまざまな現象の理解が必要であることは確かである。

日本気象学会 第20期 役員および委員 一覧表

1. 理事

1) 常任理事 (13名)

岸保勲三郎 (理事長), 小平信彦 (理事長代理), 浅井富雄, 内田英治, 植村八郎, 奥田 稷, 神山恵三, 河村 武, 関根勇八, 新田 尚, 松本誠一, 増田善信, 山下 洋

2) 理事 (14名)

孫野長治, 伊藤 宏, 田中正直, 清水逸郎, 柳原一夫, 石川晴治, 中島暢太郎, 伊藤昭三, 藤範晃雄, 山元竜三郎, 竹内清秀, 沢田竜吉, 坂上 務, 森安茂雄

2. 監事

朝倉 正, 当舍万寿夫

3. 評議員

(未決定)

4. 担当理事および委員

1) 庶務

担当理事: 小平信彦, 植村八郎, 山下 洋

委員: 旭 満

2) 会計

担当理事: 関根勇八, 奥田 稷

委員: 鈴木義男, 辻 武雄

3) 天気編集

担当理事: 内田英治, 山下 洋, 坂上 務

委員: 木村竜治, 廣田 勇, 加藤政勝, 嘉納宗靖, 花房龍男, 中村 繁, 竹村行雄, 櫃間道夫, 饒村 曜, 巽 保夫, 滝川雄壮, 住 明正, 田中康夫, 権藤光宏, 林 則雄, 藤本文彦

地区編集委員

北海道: 八田琢哉, 菊地勝弘

東北: 宇田川和夫, 田中正直

関東: 大石正二

中部: 岩坂泰信

関西: 大西慶市, 中島暢太郎

九州: 藤尾勝己, 宮原三郎

沖縄: 糸数昌丈

4) 気象集誌編集

担当理事: 浅井富雄, 新田 尚

委員: 青木忠生, 岩嶋樹也, 小林禎作, 近藤純正, 三崎方郎, 根本 茂, 二宮洸三, 新田 勲, 小野 晃, 斎藤直輔, 瓜生道也, 山岬正紀, 横山長之

5) 気象研究ノート編集

担当理事: 奥田 稷, 植村八郎

委員: 青木忠生, 足立 崇, 神子俊朗, 北出武夫, 黒岩大助, 児島 紘, 近藤洋輝, 酒井重典, 榊原 均, 島貫 陸, 野口晋孝

6) 講演企画

担当理事: 増田善信, 河村 武

委員: 嘉納宗靖, 多田一正, 中村 一, 二宮洸三, 能登正之, 花房龍男, 原田 朗, 福真吉美, 藤原美幸, 舟田久之, 八木正允

7) 学会賞候補者推薦

担当理事: 沢田竜吉

委員: 菊池幸雄, 近藤純正, 武田喬男, 廣田 勇

8) 藤原賞候補者推薦

担当理事: 沢田竜吉

委員: 浅井富雄, 片山 昭, 斎藤直輔, 吉野正敏

9) 奨励金候補者および各賞推薦

担当理事: 新田 尚, 松本誠一

委員: 黒沢真喜人, 駒林 誠, 島貫 陸, 関根正幸

10) 南 極