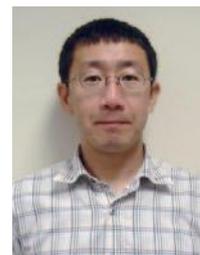


常総市・つくば市に被害をもたらした竜巻

竜巻の被害調査とMPレーダでみた親雲



水・土砂防災研究ユニット 主任研究員 鈴木真一

はじめに

2012年の大型連休最終日の5月6日の午後、私は豊里にある友人宅の庭での焼肉の会に出かけていました。天気予報は午前中から、今日は大気が不安定で雷や突風に注意してくださいと伝えていました。家を出る前にレーダ画像を確認すると、東海から関東にかけて雨域が移動しており、それがちょうどつくば周辺にもやってきそうでした。これは急な雨が降るだろう、もしかしたらどこかで突風もあるかもしれない、と思いながら、時々空を眺め、もしここに突風がきたらどうしよう、とりあえずみんなに家に入るように言うのかなあ、ということもぼんやり考えていました。そうこうしているうちに、雨は私たちの居たところのやや北側を通過したようで、友人宅には雨は降りませんでした。気が付くと停電になっていました。その時はまだ、どこかで雷が落ちたのかな、くらいに思っていました。家の人が発電機を持ち出してきました。

やがて、誰かが「竜巻があったらしいよ」という話をしているのが耳に入りました。竜巻があったらしい地域の近くに住んでいる人が自分の家を見に行くというので、同行させてもらいました。すると、

北部工業団地で大きな木や交差点の信号が倒れている場所に遭遇しました(写真1)。

現地調査

さっそく被害の調査を開始しましたが、とても一人では手に負えません。つくばにいて連絡のついた岩波さん、前坂さん、清水さんと一緒に、被害調査を始めました。

このような突風の被害の場合、私の調査の目的は突風の原因の特定・裏付けになります。それには被害の分布をつかむことが重要です。どうやら被害域は東西に延びた形をしているようなので、西側へどれくらい伸びているのか、東側へどれくらい伸びているのか、二手に分か



写真1 北部工業団地で倒れていた信号と樹木。

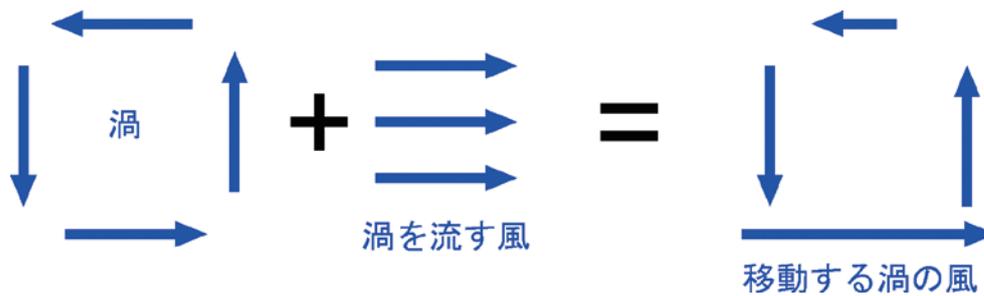


図1 渦の風に渦を流す風が重なった場合の風の分布の概念図

れて調査を行いました。私は東へ向かいました。すでにヘリコプターが数多く飛んでいます。筑波山方面にも爆音が響いていました。

北部工業団地から、山木、泉、小泉、北条と被害をたどることになりました。太い木が折れて吹き飛ばされていたり、墓石が倒れていたり、物置小屋が崩れていたり、というような被害が点々と続いていました。

調査では物が飛ばされたり倒れたりしている方向を調べることも重要です。今回の被害では、一番多いのは線状に伸びている被害域の方向と同じ、東北東方面でした。それ以外の方向を向いているものもありました。このような特徴は竜巻の被害に典型的です。竜巻は空気の渦ですので、あらゆる方向の風の成分をもっています。

反時計周りの竜巻であれば、南側は西風の成分、北側は東風の成分を持ちます。竜巻の移動は竜巻をもたらす積乱雲の移動に伴うのですが、この積乱雲は周囲の風で流されています。例えば、竜巻が東に動くようであれば、西風が吹いています。竜巻の渦にこの西風を加えると、竜巻の南側は渦の風に周囲の風が加わり、より強い西風になります(図1)。北側は渦の東風が周囲の西風の影響で弱められます。つまり、竜巻の進行方向に、より強い風が吹くことになります。

したがって、線状に延びる被害域の方向(竜巻の進行方向)に倒れたり飛ばされたりした物が多いということは、移動する渦による被害を裏付けるものです。

他に、ダウンバーストという突風があります。これも積乱雲がもたらすもので、上空から冷たい空気が落下して地面にあたり、横に広がる突風です。この場合の被害は、樹木等の倒れる方向が放射状に広がった形になる傾向があります。

北条地区の被害は言葉を失うような状態でした(写真2)。多くの電柱が倒れ、家屋や蔵などの屋根や扉が損壊し、建物の破片が散乱していました。北条地区の北側にある筑波幼稚園近くでも電柱などが倒れていましたが、北条地区から山一つ越えた神郡地区では、被害を確認出



写真2 竜巻被害当日の北条の町の様子。

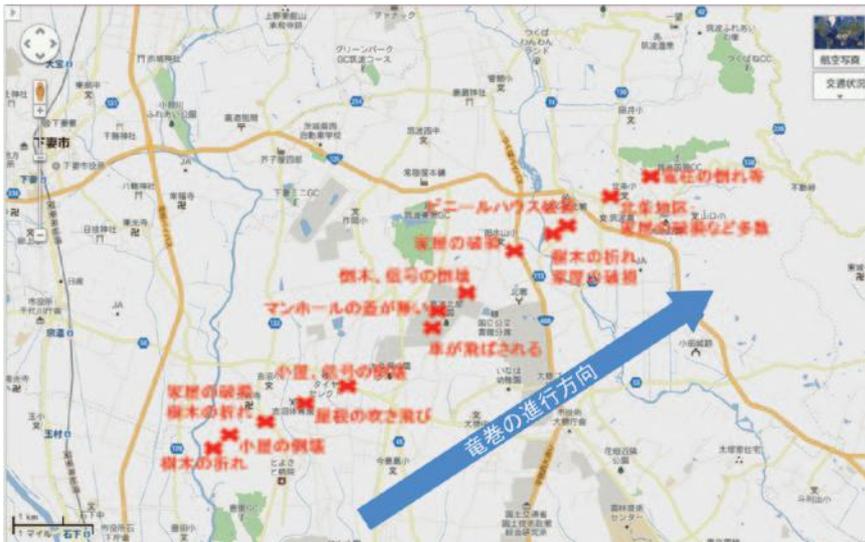


図2 5月6日に調査した竜巻被害の分布図。背景地図はgoogle mapを利用した。

来ませんでしたので、被害は北条地区の北側までと判断しました。北条地区調査中に、再び風が強くなって雨が降り始めました。つくばセンター付近や研究学園付近では、この時の積乱雲に伴って雹が降ったそうです。

一方、西の方へ調査に行ったチームは、吉沼地区付近まで線状に分布している被害を確認することができました。

このようにして5月6日に確認できた被害を図示したのが図2です。約10kmの長さにわたって直線的に被害が広がっていました。線状の被害域は竜巻に典型的な分布で、突風が竜巻であったことの裏付けとして十分なものでした。この図はWeb上で即日公開しました。後日、気象庁によって行われたより詳細な調査では、被害はもう少し長い17 kmの長さにわたっていたとのことです。

レーダで見えるもの

現象の発生機構を解明するような気象学の立場において、竜巻の研究には気象レーダが中心的な働きをしています。しかし、矛盾するようですが、竜巻をレーダで捉えることは通常でき

ません。例えば、今回の竜巻は被害の幅は、気象庁の現地災害調査速報によれば、最大で500m程度とされていますので、竜巻本体の大きさはこれより小さいと考えられます。ところが、防災科研のマルチパラメータ (MP) レーダでも一般的な水平解像度は500mです。これでは竜巻そのものを見ることはできません。また、多くの気象レーダは

雨粒より大きい粒子をみっていますが、竜巻の漏斗は雲粒なので、これも見ることはできません。例外的に、竜巻のごく近くで観測を行い、乱流や竜巻が巻き上げたガレキや土砂がレーダで見えているような事例はあります。

アメリカでは気象レーダを用いた竜巻の予測や監視が行われていますが、これは主に竜巻を引き起こす「親雲」を観測しています。過去の多くの観測例から、強い竜巻(トルネード)を引き起こす積乱雲は、雲の内部にメソサイクロンと呼ばれる渦を持ち、上昇流が長時間持続する「スーパーセル」と名付けられた構造の雲であることがわかってきました。アメリカでは、レーダでこのスーパーセルを監視しています。観測によれば、スーパーセルの中で竜巻が発生した確率は20%程度だそうです。

MPレーダで見えた親雲の特徴

図3はさいたま市に設置されている国土交通省のXバンドMPレーダで12時32分に観測された、竜巻を引き起こしたと考えられる積乱雲の降雨強度分布と、同レーダと気象庁東京レーダの2台のレーダの観測データから求めた積乱

雲に相対的な風です。この時刻は、竜巻の発生する直前の観測だと思われます。

青丸の位置に、雨の分布がフック状(半円の円弧状)になった部分があります。レーダで観測されるこのような形状の降雨域は、「フックエコー」と呼ばれています。このような分布形は雨の領域の境界で渦状の循環があるときに見られ、スーパーセルによく見られる特徴で、この位置で竜巻が見られることがあります。このフックエコーは、この後積乱雲が東北東へ移動するのに伴い、黒線で示された被害域を通過しました。

風の分布をみると、フックエコーのフックの形に添って反時計回りに回転するような風が検出されています。この渦は渦度という量でいうと $2 \times 10^{-2} \text{ 1/s}$ 程度あり、メソサイクロンと呼ばれる雲の中の低気圧性の循環の基準を満たすものになっています。このように、スーパーセルに見られる特徴が見えていました。

しかしながら、これがスーパーセルと呼ぶべきものかは議論の対象です。日本で見られるこのような雲は、数時間持続するアメリカの典型的なスーパーセルよりも寿命が短く、規模も一回り小さい印象があります。アメリカの気象学会の用語辞典には ミニスーパーセルという項目があり、日本で発生したスーパーセルと呼ばれている積乱雲の多くは、これに相当すると考えています。MPレーダの観測の解析から、積乱雲が最も活発だった時期は30分程度と考え

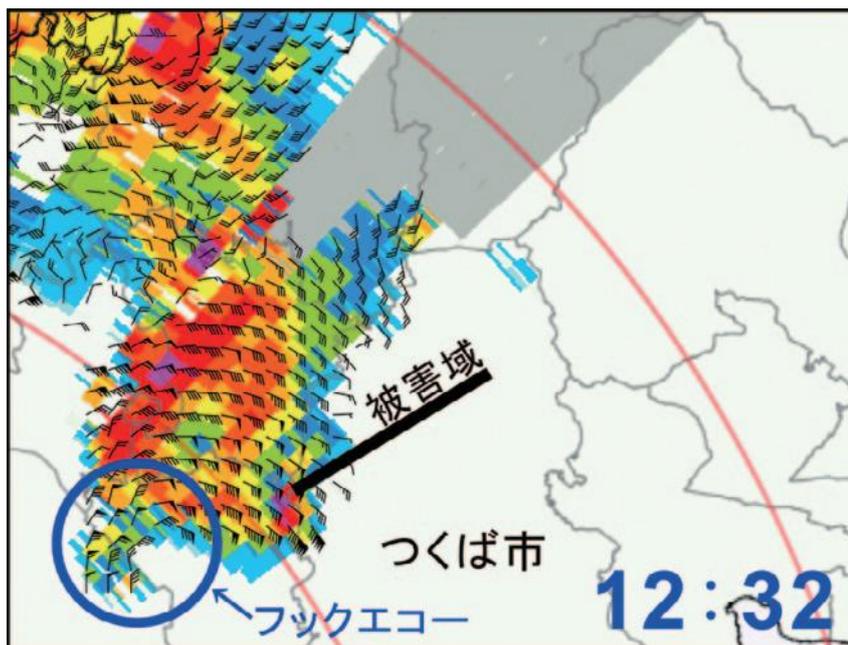


図3 さいたま市に設置された国土交通省XバンドMPレーダで観測された高さ1.5 kmでの降雨強度(色, mm/h)と、同レーダ及び気象庁東京レーダによって観測された積乱雲に相対的な風(矢羽)。黒い太線は図2の被害域のおよその位置を示す。青丸については本文参照。データの解析と作図は前坂剛氏による。

られます。このようなことから、今回の積乱雲もミニスーパーセルと呼ぶべきものであった可能性が高いと考えています。

おわりに

5月6日に発生した竜巻は、常総市からつくば市にかけて被害をもたらしたものだけではなく、筑西市から桜川市にかけて及び栃木県真岡市から茨城県日立大宮市にかけての、合計3つの線に沿った場所で竜巻が確認されています。

竜巻はどこでも起こりうること、関東地方では珍しくないこと、当日は突風が起こりやすい気象条件であったことを承知していましたが、一方で、まさかこんな近くでこのような大きな被害が起こるとは思わなかった、という気分もあります。今更に過ぎるかもしれませんが、自然災害は身近にあるものだとすることを再認識しました。