

2003年10月13日に千葉県，茨城県で発生した ダウンバーストについて

大久保 篤^{*1}・柴田 のり子^{*1}・根 口 光太郎^{*2}・辻 本 嘉 大^{*2}
橋 田 重 延^{*2}・大 石 喜 仁^{*2}・武 井 康 郎^{*3}・水 野 康 隆^{*3}
宮 原 寿 夫^{*3}・仲 居 史 志^{*3}

要 旨

2003年10月13日に千葉県成田市と茨城県神栖町で発生した突風について，現地調査をもとに原因を推定した。突風は，強い雨の中である程度の広がりを持って一方向に向かって吹いた可能性が高かった。そして，日中にもかかわらず竜巻の目撃証言がなかった。これらから，突風の原因をダウンバーストと推定した。

成田市の突風発生時の気象状況について，主にドップラーレーダーを用いて解析を行った。突風発生時はスパイラル状に組織化したエコーを伴った低気圧が，成田市付近に位置していた。そして，成田市宗吾で発生したダウンバーストは，スパイラル状エコーの通過時に発生した可能性が高かった。また，成田市赤荻で発生したダウンバーストの原因は，現地調査結果とあわせて考えることにより，低気圧の中心付近西側で発生したミソサイクロンを伴うストームによりもたらされた可能性が高いこともわかった。

1. はじめに

2003年10月13日に千葉県成田市と茨城県神栖町で突風が発生し，クレーン倒壊等による死傷事故や住家の損壊等の被害が発生した。この突風の原因を探るために地元気象台が現地調査を実施し，翌々日の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(東京管区気象台ほか，2003)。ダウンバーストのような瞬発性強風は住民や住宅等に対する被害だけでなく，航空機の安全運航にとっても重要な現象である。このような現地調査結果による突風原因の推定は，局地性が強く通常の観測網で捉えることは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て解析を行うことが予測技術向上につながると考えている。

本短報では，現地調査結果から突風の原因をダウンバーストと推定した理由を報告する。あわせて，ドップラーレーダーサイトに近い千葉県成田市で発生した

ダウンバーストについて，主にドップラーレーダーを用いた解析を行ったので，その結果も示す。

2. 現地調査結果を元に推定した突風原因

第1図に×印で示した千葉県成田市および茨城県神栖町で突風による被害が発生した。この地域について現地調査結果を元に突風原因の推定を行った。

2.1 千葉県成田市の突風の原因

突風は第2図に示すように成田市中心部に近い赤荻(A)と宗吾(B)で発生した。聞き取り調査から発生時刻は15時頃と推定される。現地調査によって得られた被害発生地点および屋根瓦等の飛散方向を第3図に示す。両地域ともに被害発生地点が帯状ではなく面的に広がっている。そして，飛散方向はほぼ一定している。このことは，突風がある程度の広がりを持って一方向に向かって吹いたことを示している。

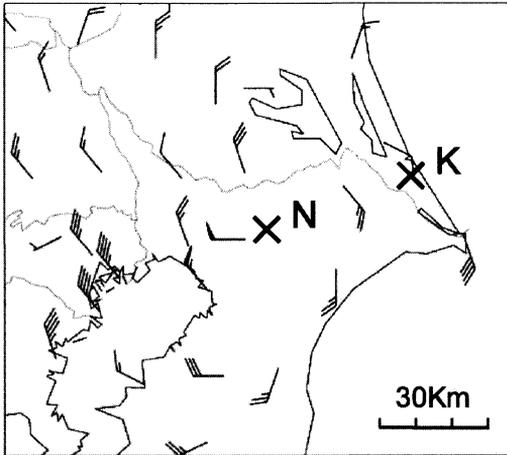
現地調査では被害発生時の状況についての聞き取りも行っている。東京管区気象台ほか(2003)に詳しいが，被害発生時に強い雨が降っていたとする証言が複数あった。また，日中であつ被害の発生を目撃しているにも関わらず，竜巻の目撃証言はなかった。

*1 東京管区気象台技術部気候・調査課。

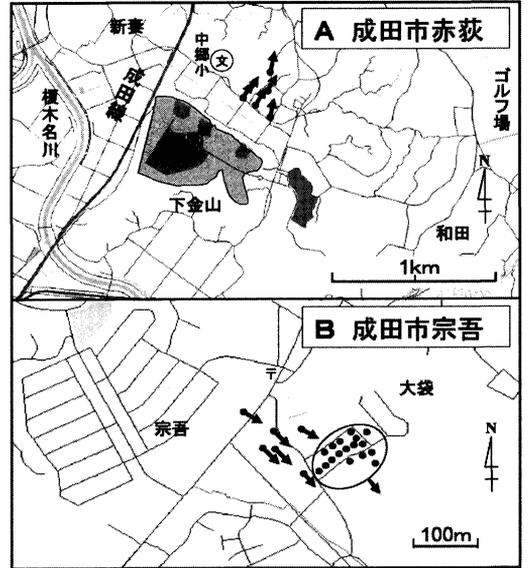
*2 水戸地方気象台。*3 銚子地方気象台。

—2003年12月12日受領—

—2004年3月15日受理—



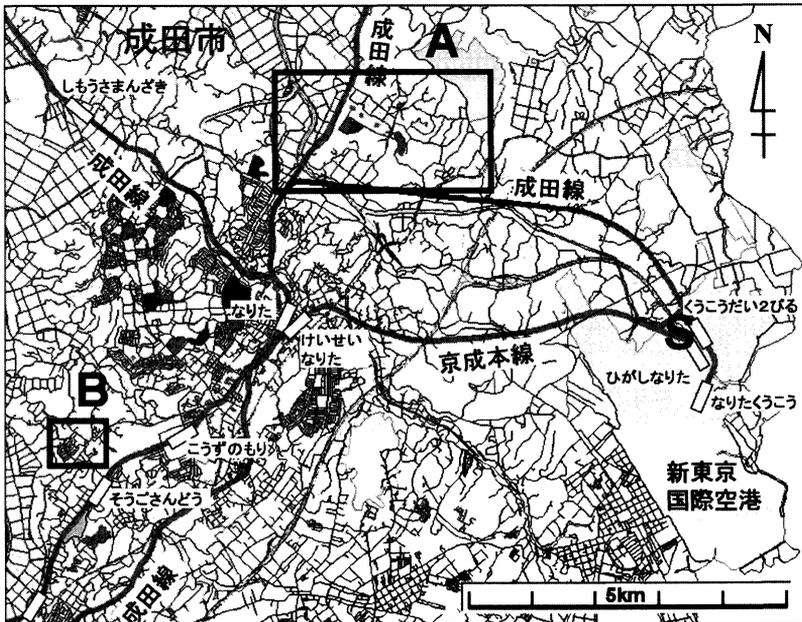
第1図 千葉県成田市(N)と茨城県神栖町(K)の位置。15時のアメダス風も付加してある(旗が10 m/s, 長矢羽根が2 m/s, 短矢羽根が1 m/s)。



第3図 第2図の被害地域の拡大図。●が被害発生地点, 矢印が屋根瓦等の飛散方向を示す。国土地理院「数値地図2500」を使用。

これらを総合すると、突風は強い雨の中で、ある程度の広がりを持って一方向に向かって吹いたことになる。一般場の風が強いときは、ダウンバーストによる

風は一方向を向く (Fujita, 1985)。第1図に示すよう



第2図 千葉県成田市の市街図。枠で囲った地域が被害のあった地域(Aが赤荻, Bが宗吾)を示す。Sは成田空港にある新東京航空地方気象台の空港気象ドップラーレーダーサイトの位置を示す。以下に出てくるレーダー関係の図はすべてこのレーダーサイトのもの。国土地理院「数値地図2500」を使用。

に、突風発生時は周辺では10 m/s前後の風が吹いていた。このことから、突風の原因をダウンバーストと推定した。後述するようにミソサイクロンが存在したことから竜巻が発生した可能性はある。しかし、目撃証言がないこと、被害地点が帯状でないこと、強い雨が降っていたことの3点から、被害をもたらした突風は竜巻によるものとは考えにくい。

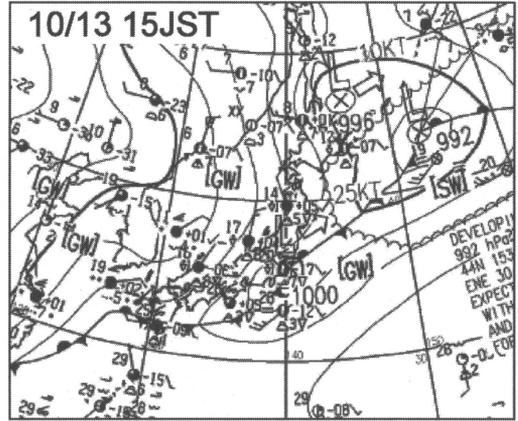
ダウンバーストの規模は、被害が屋根瓦の飛散が主であることから藤田スケール F1と推定した。

2.2 茨城県神栖町の突風の原因

突風は第4図に示すように鹿島港を中心に発生した。時刻は15時30分頃であ



第4図 茨城県神栖町の被害状況。矢印が港にあるクレーンの移動・倒壊方向，●がビニールハウスや家屋の被害地点，クレーンを乗せている軌道を二本の点線で示す。国土地理院「数値地図2500」を使用。



第5図 10月13日15時の地上天気図

る。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。被害状況は、被害発生地点が帯状でなく面的な広がりをもっており、被害発生時に強い雨を伴っていたことと竜巻の目撃証言がないことなど成田市と共通していた。このことから、突風の原因を成田市と同様にダウンバーストと推定した。なお、被害跡からの風向推定は、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困難であった。

ダウンバーストの規模は、ビニールハウス被害が主であるが、クレーンが倒壊し、クレーン倒壊現場にある60 m/sレンジの風速計が振り切れたことを作業員が目撃していることから、F1～F2と推定した。

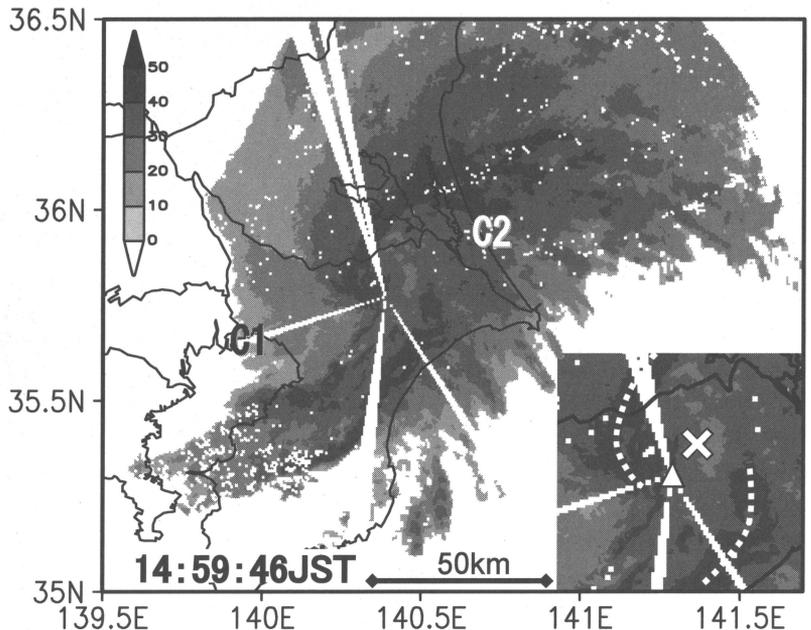
3. 千葉県成田市の突風発生時の気象状況

千葉県成田市の突風発生地域は成田空港にあるドップラーレーダーサイトから

5～10 km と近いことから、突風発生時の気象状況について、主にドップラーレーダーデータを用いた詳細な解析を行った。解析は主に約1分間隔で観測された仰角0.7°のデータを用いた。また、ビーム幅約0.6°から被害地域での水平分解能は約50～100 m である。

3.1 低気圧とスパイラルエコ

第5図はダウンバースト発生時刻に近い15時の地上



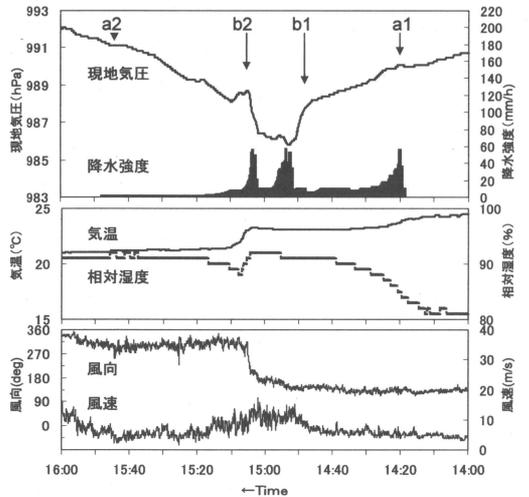
第6図 14時59分46秒の仰角0.7°のエコー強度 (dBZ)。右下にスパイラルエコー中心付近を2倍に拡大した図も示す。拡大図中の点線は40 dBZ 以上のエコーを結んだ線，×印はこれを元に主観的に求めたスパイラルエコーの中心位置，△はレーダーサイトの位置を示す。なお、広域図にあるC1は30分前，C2は30分後のスパイラルエコーの中心位置を示す。

天気図である。関東地方の低気圧は、前日夜から当日にかけて日本の南岸を東北東進してきたものである。ほぼ同時刻の14時59分のエコー強度分布を第6図に示す。低気圧のある関東地方南部でエコーがスパイラル状に組織化している。エコーの広がりには約100 kmで、中心付近でエコーが弱くなっている。スパイラルの大きな中心位置を前後30分も含めて記したが、70~75 km/hの速さで東北東に進んでいる。

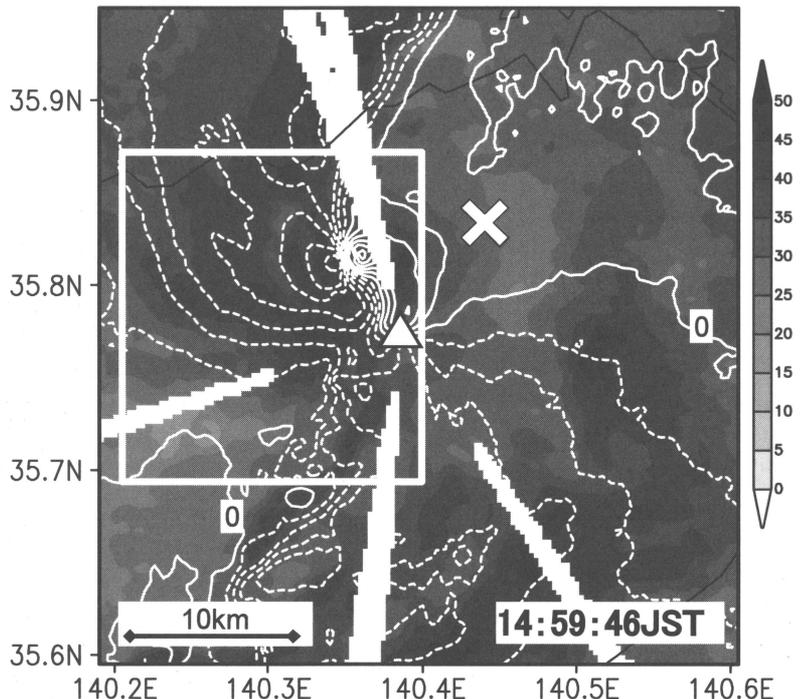
第7図は、レーダーサイトのある成田空港の気象観測値の時系列図である。気圧はレーダーサイトから南へ約1 km離れた地点、その他はレーダーサイトから南へ約3 km離れた地点での観測値である。第7図によるとa1~a2の時間帯は、その前後よりわずかだが気圧変化が急となっている。図は略すがa1はスパイラルを構成するエコーのうち前面の強い部分が通過した時間帯に対応し、a2は後面のエコー端に対応していた。a1~a2の時間は約80分間で、エコーの移動速度から計算すると水平スケール90~100 kmの気圧低下となる。これは、スパイラル状エコーの広がりとはほぼ同じである。このことから、スパイラル状に組織化したエコーは第5図の関東地方の低気圧に対応していると考えられる。

また、b1~b2で気圧低下がその前後より顕著となっている。図は略すが、この時間帯に第6図右下拡大図の白破線で囲まれた領域が通過している。この領域はスパイラル状エコーの中心付近であり、このことは、スパイラル状エコーと低気圧中心がほぼ一致し、低気圧が中心付近と周辺部で気圧傾度が異なる構造をしていたことを示している。

なお、b2で風向が大きく変化し、気温および相対湿度が低下している。低気圧後面のスパイラル状エコーがガストフロントを伴っていたと考えられる。



第7図 新東京航空地方気象台における現地気圧、降水強度、気温、相対湿度、風向、風速の時系列図。



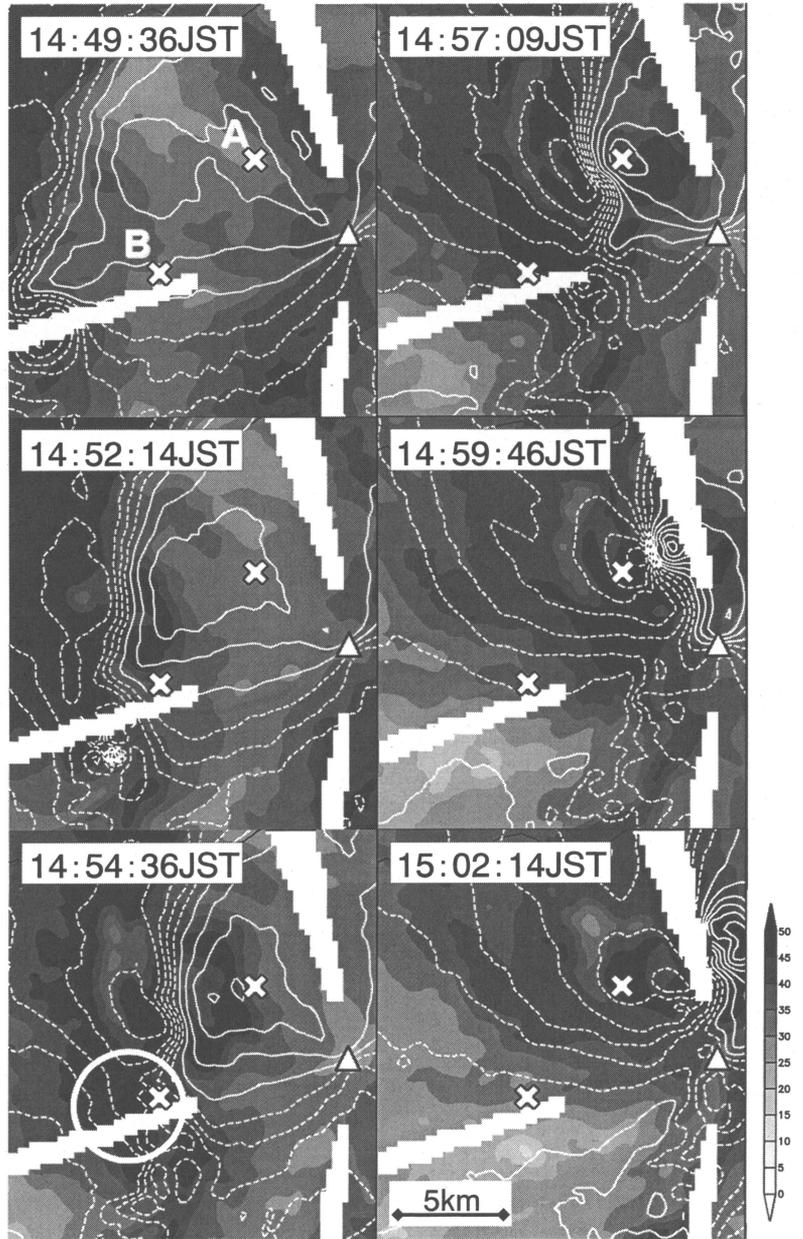
第8図 14時59分46秒の仰角0.7°のエコー強度 (dBZ) とドップラー速度 (m/s)。ハッチがエコー強度、実線および破線がドップラー速度等値線 (実線がプラス、破線がマイナスで5 m/s 間隔 (プラスがサイトから遠ざかる成分))。△はレーダーサイトの位置、×はスパイラルエコーの中心位置、白枠は第9図の拡大範囲を示す。

3.2 スパイラルエコーとダウンバーストの関係

3.2.1 成田市赤荻で発生したダウンバースト

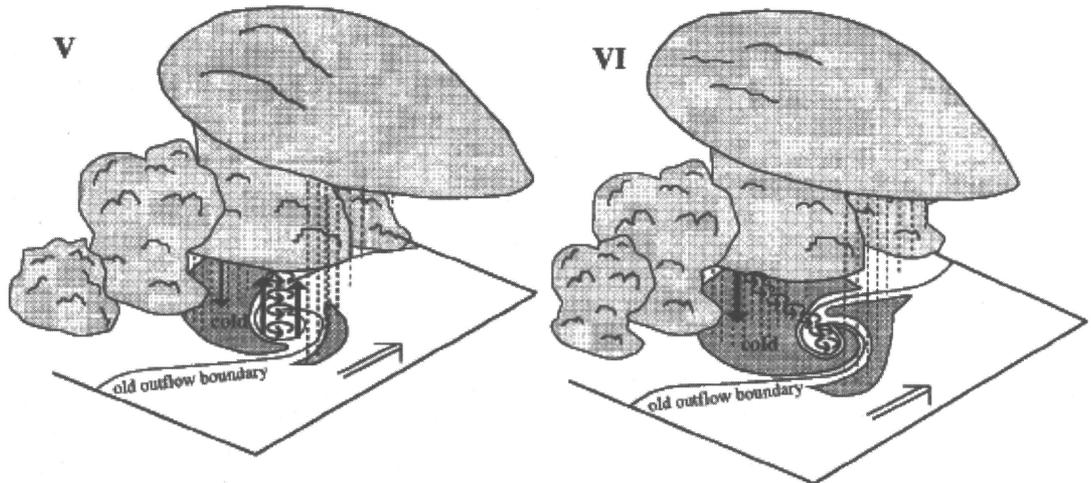
第8図は第6図を拡大しドップラー速度を加えたものである。スパイラル状エコーの中心西側したがって低気圧の中心付近西側の白枠で囲んだ領域に注目すると、団塊状の強いエコーがあり、ここでドップラー速度分布が正負一對のピークをもっている。ピークを結ぶ線はレーダーのビーム方向とほぼ直交し、ピーク間の距離 ($dL = \text{約}1.4 \text{ km}$) と速度差 ($dV = \text{約}67 \text{ m/s}$) から鉛直渦度 ($\xi = 2 \times dV / dL$) を計算すると、 $\text{約}9.6 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ となる。図は略すがこのような状況は仰角 9.2° (この付近では高度約 1500 m) まで見られた。このことは、強い循環が高度約 1500 m 以下の下層のみに存在したことを示している。

この循環について時間を遡って追跡した図が第9図である。14時49分に領域の西端に現れる南北に帯状に伸びる強いエコー域はスパイラル状エコーの一部である。このエコー域は東進するが、進行方向前面でドップラー速度分布が収束を示しており、これが3.1項で成田空港の観測値から見出されたガストフロントに対応すると思われる。14時52分以降このガストフロント上でドップラー速度が正負一對のピークを持ちはじめ、14時57分からピークを結ぶ線とビーム方向とのなす角が 45° を超えて循環が明瞭化する。また、循環の明



第9図 14時49分36秒から15時02分14秒までの仰角 0.7° のエコー強度 (dBZ) とドップラー速度 (m/s)。領域は第8図の白枠部分。△はレーダーサイトの位置、×印が被害が発生した地域 (A が成田市赤荻, B が成田市宗吾)、他は第8図と同じ。

瞭化にあわせて線状のエコーの一部が団塊状に変化している。このことは、低気圧の中心付近西側のスパイラル状エコーに伴うガストフロント上で循環が発生したことを示している。Wilson (1986) は、シア・ライ



第10図 Lee and Wilhelmson (1997) から引用したノンスーパーセル竜巻の模式図。Vは最盛期、VIは衰弱期のもの。下向き矢印が下降流を示す。

ンに沿って発生する竜巻の解析を行い、その親雲の循環は2 kmより下層のみであることを示した。これは、今回の解析結果と類似している。したがって今回見られた循環は水平スケール (<4 km) からミソサイクロンであり、団塊状エコーはミソサイクロンを伴うストームであると考えられる。なお、循環の強さは14時59分頃がピークで15時02分以降は急速に衰弱している(図略)。

第9図には成田市赤荻の被害地域を記号Aとした×印で示してある。14時57分から59分間にこの被害地域の近傍を循環中心が通過している。このことは、成田市赤荻の被害地域で竜巻が発生してもおかしくない状況を示している。しかし、現地調査で竜巻の発生を示すような被害跡や証言は得られていない。

Lee and Wilhelmson (1997) はガストフロント上で発生するノンスーパーセル竜巻の数値実験を行い、最盛期以降は、親雲の中心付近の竜巻を伴う上昇流とは別に、進行方向右側に強い下降気流が発生し、竜巻と共にダウンバーストが発生する可能性を示している(第10図)。今回のミソサイクロンを伴うストームもガストフロント上で発生し、成田市赤荻の被害地域通過時が最盛期であった。このことから、このストームからの強い下降気流によってダウンバーストが発生したと考えると現地調査結果と矛盾しない。

以上をまとめると、ドップラーレーダー等を用いた解析からは、成田市赤荻で発生した被害の原因の特定までは困難であった。しかし、現地調査結果とあわせ

て考えると、低気圧の中心付近西側で発生したミソサイクロンを伴うストームがダウンバーストをもたらした可能性が高いといえることができる。

3.2.2 成田市宗吾で発生したダウンバースト

第9図には成田市宗吾での被害地域もBとした×印で記入してある。14時54分から57分間にスパイラル状エコーの一部が成田市宗吾を通過している。14時54分36秒の図に○で囲んである強いエコーは、その前面の被害地域付近でサイトに接近する風の成分が極大となっている。したがってこの極大域より西側では発散域となり、強いエコーとの対応から考えてここで下降流が発生したと考えることができる。被害地域はこの発散域よりも小さいが、このような環境の中で局所的にダウンバーストが発生した可能性が高い。発散域の東側に位置した成田市宗吾での瓦等の飛散方向が第3図に示したようにすべて東よりを向くこともこのことを裏付けている。

4. まとめ

2003年10月13日に千葉県成田市と茨城県神栖町で発生した突風について、現地調査をもとに原因を推定した。突風は、強い雨の中である程度の広がりを持って一方向に向かって吹いた可能性が高かった。そして、日中にもかかわらず竜巻の目撃証言がなかった。これらから、突風の原因をダウンバーストと推定した。

ドップラーレーダーサイトに近い成田市の突風について、主にドップラーレーダーを用いた解析を行った。

突風発生時はスパイラル状に組織化したエコーを伴った低気圧が成田市付近に位置していた。突風は成田市の赤荻と宗吾の2か所で発生していたが、宗吾で発生したダウンバーストは、スパイラル状エコーの通過時に発生した可能性が高かった。また、成田市赤荻に関しては、低気圧の中心付近西側で発生したミソサイクロンを伴うストームが通過していることから竜巻の可能性も否定は出来ない。しかし、現地調査結果とあわせて考えると、成田市赤荻で発生した突風は、低気圧の中心付近西側で発生したミソサイクロンを伴うストームによりもたらされたダウンバーストの可能性が高いと結論づけた。

今後さらに調査も進め、突風発生時の気象状況を明らかにしていきたいと考えている。

謝 辞

現地調査実施にあたりご協力いただいた関係機関、千葉県成田市と茨城県神栖町の住民の方々に感謝いたします。ドップラーレーダーデータ解析用ソフト「Draft」は気象研究所より提供を受けました。空港気象ドップラーレーダーおよび航空気象観測データは新東京航空地方気象台より提供を受けました。論文の作

成にあたり、気象研究所気象衛星・観測システム研究部の大野久雄部長、高谷美正第四研究室長、石部勝研究官、東京大学海洋研究所の新野宏教授、気象庁観測部観測システム整備運用室の赤枝健治調査官には多くの有用な助言をいただきました。この場をかりて御礼申し上げます。

参 考 文 献

- Fujita, T. T., 1985: The Downburst, SMRP, (210), The University of Chicago, 122pp.
- Lee, B. D. and R. B. Wilhelmson, 1997: The numerical simulation of nonsupercell tornadogenesis. Part II: Evolution of a family of tornadoes along a weak outflow boundary, *J. Atmos. Sci.*, **54**, 2387-2415.
- 東京管区気象台, 水戸地方気象台, 銚子地方気象台, 2003: 平成13年10月13日に茨城県神栖町と千葉県成田市で発生した突風による風害について, 突風や大雨, 台風等の気象資料 (<http://www.tokyo-jma.go.jp/>, 2003年12月11日参照)
- Wilson, J. W., 1986: Tornadogenesis by nonprecipitation induced wind shear lines, *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 270-284.

Downbursts in Chiba and Ibaraki Prefectures on 13 October 2003

Atsushi OOKUBO*¹, Noriko SHIBATA*², Koutaro NEGUTI*³,
Yoshihiro TSUJIMOTO*³, Shigenobu KITTA*³, Yoshihito OOISHI*³,
Yasuo TAKEI*⁴, Yasutaka MIZUNO*⁴, Hisao MIYABARA*⁴,
and Hitoshi NAKAI*⁴

*¹ (Corresponding author) Tokyo District Meteorological Observatory, Technical Department Climate and Weather Research Division, Chiyoda-ku, 100-0004, Japan.

*² Tokyo District Meteorological Observatory.

*³ Mito Local Meteorological Observatory, Mito, 310-0066, Japan.

*⁴ Choushi Local Meteorological Observatory, Choushi, 288-0001, Japan.

(Received 12 December 2003 ; Accepted 15 March 2004)